

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y**  
**FORESTAL**



**“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MATERIAL  
PARTICULADO (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>), METALES Y MERCURIO GASEOSO,  
GENERADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA ARTESANAL EN LA  
ZONA DE ANTAHUILA – LA RINCONADA, 2022”**

**Bach. Lisbeth Alarcon Gozme**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AMBIENTAL Y FORESTAL**

Asesor: Dr. Jose Luis Pineda Tapia

Juliaca, 2024

## Ficha Catalográfica

Alarcón, L. (2024). *Determinación de la concentración de material particulado ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ), metales y mercurio gaseoso, generados por la actividad minera artesanal en la zona de Antahuila – La Rinconada, 2022* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Juliaca.

**AUTOR:** Lisbeth Alarcón Gozme

**TÍTULO:** Determinación de la concentración de material particulado ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ), metales y mercurio gaseoso, generados por la actividad minera artesanal en la zona de Antahuila – La Rinconada, 2022.

**PUBLICACIÓN:** Juliaca, 2024

**DESCRIPCIÓN:** Cantidad de páginas (172 pp.)

**NOTA:** Tesis (**Ingeniería Ambiental y Forestal**) - Universidad Nacional de Juliaca

Escuela profesional de Ingeniería Ambiental y Forestal

**CÓDIGO:** 01-000034-01/A35

**NOTA:** Incluye bibliografía

**ASESOR:** Dr. Jose Luis Pineda Tapia

**PALABRAS CLAVE:** Material particulado, mercurio gaseoso, metales, minería artesanal.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA**  
**AMBIENTAL Y FORESTAL**

**“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>), METALES Y MERCURIO GASEOSO, GENERADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA ARTESANAL EN LA ZONA DE ANTAHUILA – LA RINCONADA, 2022”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL Y FORESTAL**

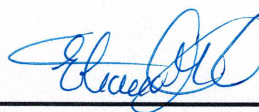
**Presentada por:**

**Bach. Lisbeth Alarcon Gozme**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:**

M. Sc. Eliana Mullisaca Contreras

**PRESIDENTE DE JURADO**



M. Sc. Hugo Apaza Aquino

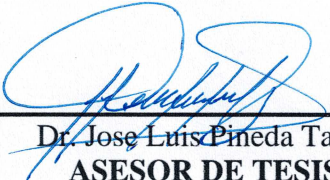
**JURADO (Secretario)**

**2° MIEMBRO**

M. Sc. Milton Quispe Tisnado

**JURADO (Vocal)**

**3° MIEMBRO**



**Dr. Jose Luis Pineda Tapia**  
**ASESOR DE TESIS**

NOMBRE DEL TRABAJO

**DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO (PM10, PM2.5), METALES Y MERCURIO GASEOSO**

AUTOR

**Lisbeth Alarcon Gozme**

RECUENTO DE PALABRAS

**42722 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**206738 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**185 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**45.5MB**

FECHA DE ENTREGA

**Jul 24, 2024 10:23 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Jul 24, 2024 10:26 AM GMT-5**

● **9% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 6% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 7% Base de datos de trabajos entregados
- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)



## **DEDICATORIA**

A ti, mi Dios por ser fuente de luz y mi guía en cada paso que doy. A mis amados padres, Perhsy e Ines, por ser mi fortaleza y brindarme su respaldo inquebrantable en mi formación profesional y personal, su amor, enseñanzas y dedicación han sido pilares importantes para lograr mis metas. A mis hermanos Thalia y Jefferson; por sus palabras de aliento para concluir la presente investigación.

A todas aquellas personas que con su conocimiento, esfuerzo y voluntad buscan hacer del planeta un lugar mejor para las generaciones futuras.

## **AGRADECIMIENTO**

Mi agradecimiento a Dios, por cada día vivido, por siempre estar presente en mi vida y permitirme alcanzar este momento, dándome la fortaleza y voluntad para el logro de mis metas.

A Perhsy e Ines, mis amados padres, por brindarme su amor infinito, y ser mi fortaleza en los días difíciles, y mi alegría en los momentos de celebración. Gracias por confiar en mí y permitirme realizarme como profesional.

A mis hermanos, Thalia y Jefferson, por su cariño, por creer en mí y en mis capacidades, por estar presente en mis momentos difíciles y subirme el ánimo con sus ocurrencias.

Mi gratitud a Gustavo Rodríguez, por su apoyo y escucharme cuando lo necesité.

Al doctor Jose Luis Pineda Tapia, mi asesor, por su paciencia y orientación a lo largo de esta investigación.

A la Universidad Nacional de Juliaca, mi alma mater, y en especial a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Forestal, su esmero, conocimiento y gran entusiasmo por la enseñanza han sido esenciales en mi crecimiento académico y personal.

A cada uno de los miembros del jurado, su valiosa crítica y aportes, fueron importantes para la consolidación del presente trabajo de investigación.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
ÍNDICE GENERAL .....	v
ÍNDICE DE TABLA .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS .....	x
RESUMEN .....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN .....	3
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	5
1.1 Situación problemática .....	5
1.2 Objetivos de la investigación.....	7
1.3 Justificación.....	7
1.4 Formulación de hipótesis.....	8
CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	9
2.1 Antecedentes.....	9
2.2 Marco teórico.....	12
2.2.1 La atmósfera .....	12
2.2.2 Contaminación atmosférica.....	12
2.2.3 Material particulado .....	14
2.2.4 Metales .....	15
2.2.5 Mercurio .....	15
2.2.6 Mercurio en la atmósfera.....	16
2.2.7 Estándares de calidad ambiental para aire (ECAs - aire).....	16
2.2.8 Meteorología .....	17
2.2.9 Actividad minera .....	19
2.2.10 Minería artesanal de oro en el Perú.....	19
2.2.11 Uso del mercurio en minería de oro artesanal .....	20
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	21
3.1 Ubicación de la zona de estudio .....	21
3.2 Metodología de la investigación.....	22



3.2.1	Enfoque de investigación .....	22
3.2.2	Diseño de la investigación.....	22
3.3	Materiales, equipos e insumos.....	23
3.3.1	Equipos.....	23
3.3.2	Materiales .....	24
3.3.3	Software .....	24
3.4	Validez de las mediciones .....	24
3.4.1	Equipos de monitoreo.....	24
3.4.2	Laboratorio de ensayo .....	24
3.5	Análisis y diseño de contrastación de hipótesis .....	25
3.6	Procedimiento metodológico.....	25
3.6.1	Determinación de las cantidades de PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> y mercurio gaseoso (MGT), generados por la actividad minera en la zona de Antahuila, La Rinconada.....	26
3.6.2	Evaluación de la composición metálica del material particulado PM <sub>10</sub> en la zona de Antahuila, La Rinconada. ....	29
3.6.3	Determinación de las condiciones meteorológicas de la zona de Antahuila, La Rinconada.....	30
3.6.4	Realizar una propuesta para el control de la concentración del material particulado.....	32
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>		<b>33</b>
4.1	Determinación de las cantidades de material particulado (PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> ) y mercurio gaseoso (MGT), generados por la actividad minera en la zona de Antahuila, La Rinconada. ....	33
4.1.1	Monitoreo de material particulado PM <sub>10</sub> .....	33
4.1.2	Monitoreo del material particulado PM <sub>2.5</sub> .....	35
4.1.3	Monitoreo de mercurio gaseoso (MGT).....	37
4.2	Evaluación de la composición metálica (Pb, As, Fe, Cu) del material particulado PM <sub>10</sub> en la zona de Antahuila, La Rinconada.....	50
4.3	Determinación de las condiciones meteorológicas de la zona de Antahuila, La Rinconada.....	57
4.4	Propuesta para el control de la concentración del material particulado. ....	66

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	68
5.1 Conclusiones.....	68
5.2 Recomendaciones.....	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
ANEXOS .....	82

## ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas del mercurio .....	16
Tabla 2. Estándares de calidad ambiental para aire .....	17
Tabla 3. Modelo de variables descriptivo transversal .....	23
Tabla 4. Equipos .....	23
Tabla 5. Equipos de monitoreo calibrados.....	24
Tabla 6. Puntos de muestreo .....	26
Tabla 7. Frecuencia y periodo de monitoreo .....	28
Tabla 8. Elementos principales evaluados en el PM <sub>10</sub> .....	30
Tabla 9. Variables meteorológicas evaluadas .....	31
Tabla 10. Requerimientos técnicos para la instalación de estaciones meteorológicas .....	31
Tabla 11. Valores de PM <sub>10</sub> hallados .....	33
Tabla 12. Valores de PM <sub>2.5</sub> hallados.....	35
Tabla 13. Resultados de la concentración de mercurio gaseoso (MGT) .....	37
Tabla 14. Concentración de material particulado PM <sub>10</sub> - Estación ECA-01 y ECA-02 .....	41
Tabla 15. Parametros estadisticos - Material particulado PM <sub>10</sub> .....	42
Tabla 16. Concentración de material particulado PM <sub>2.5</sub> - Estación ECA-01 y ECA-02 .....	44
Tabla 17. Parametros estadisticos - Material particulado PM <sub>2.5</sub> .....	45
Tabla 18. Concentración de mercurio gaseoso total - Estación ECA-01 y ECA-02 .....	47
Tabla 19. Parametros estadisticos - Mercurio gaseoso total .....	48
Tabla 20. Concentración de metales (µg/m <sup>3</sup> ) hallados en el PM <sub>10</sub> .....	50
Tabla 21. Concentración de metales en PM <sub>10</sub> en estación ECA-01 y ECA-02.....	54
Tabla 22. Parametros estadisticos - concentración de metales en PM <sub>10</sub> .....	55
Tabla 23. Datos meteorológicos: promedio, máximo y mínimo .....	57
Tabla 24. Fuentes generadoras de material particulado en la zona de Antahuila .....	66
Tabla 25. Medidas de control para el material particulado.....	67



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flujograma de procesos para la extracción del oro. ....	20
Figura 2. Localización geográfica del área de investigación. ....	21
Figura 3. Localización satelital del ámbito de estudio. ....	22
Figura 4. Ubicación de los puntos de monitoreo ....	27
Figura 5. Flujograma de procesos para la realización de la propuesta. ....	32
Figura 6. Concentración de PM <sub>10</sub> comparados con los ECA para aire y OMS. ....	34
Figura 7. Concentración de PM <sub>2.5</sub> comparados con los ECA para aire y OMS. ....	36
Figura 8. Concentración de MGT y ECA para aire respecto a MGT. ....	38
Figura 9. Niveles de mercurio gaseoso durante 24 horas en el punto ECA-01. ....	38
Figura 10. Niveles de mercurio gaseoso durante 24 horas en el punto ECA-02. ....	39
Figura 11. Curva de distribución t-Student para las hipótesis ....	43
Figura 12. Curva de distribución t-Student para las hipótesis ....	46
Figura 13. Curva de distribución t-Student para las hipótesis ....	49
Figura 14. Concentración de metales ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en PM <sub>10</sub> para la estación ECA-01. ....	51
Figura 15. Concentración de metales ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en PM <sub>10</sub> para la estación ECA-02. ....	51
Figura 16. Curva de distribución t-Student para las hipótesis ....	56
Figura 17. Comportamiento de la temperatura promedio en los puntos de monitoreo. ....	57
Figura 18. Comportamiento de la temperatura en los días de monitoreo – ECA-01. ....	58
Figura 19. Comportamiento de la temperatura en los días de monitoreo – ECA-02. ....	58
Figura 20. Comportamiento de la humedad relativa en los puntos de monitoreo. ....	59
Figura 21. Temperatura vs. Humedad Relativa de la estación ECA-01 ....	59
Figura 22. Temperatura vs. Humedad Relativa de la estación ECA-02 ....	60
Figura 23. Comportamiento de la velocidad del viento en ECA-01 y ECA-02. ....	60
Figura 24. Comportamiento de la velocidad del viento en la estación ECA-01. ....	61
Figura 25. Comportamiento de la velocidad del viento en la estación ECA-02. ....	61
Figura 26. Comportamiento de la presión atmosférica en ECA-01 y ECA-02. ....	63
Figura 27. Rosa de viento de la estación ECA-01 y ECA-02 (10/10/22 – 11/10/22). ....	63
Figura 28. Rosa de viento de la estación ECA-01 y ECA-02 (11/10/22 – 12/10/22). ....	64
Figura 29. Rosa de viento de la estación ECA-01 y ECA-02 (12/10/22 – 13/10/22). ....	64
Figura 30. Rosa de viento de la estación ECA-01 y ECA-02 (13/10/22 – 14/10/22). ....	65
Figura 31. Rosa de viento de la estación ECA-01 y ECA-02 (14/10/22 – 15/10/22). ....	65

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Registro fotográfico. ....	83
ANEXO 2. Data de la estación meteorológica. ....	89
ANEXO 3. Certificado de calibración - Analizador automático de mercurio. ....	93
ANEXO 4. Certificado de calibración - Estación meteorológica. ....	100
ANEXO 5. Certificado de calibración - Muestreador de partículas de alto volumen (Hi-Vol)	120
ANEXO 6. Certificado de calibración - Muestreador de partículas de bajo volumen (Low-Vol)	
.....	125
ANEXO 7. Informe de ensayo. ....	130
ANEXO 8. Cadena de custodia. ....	156

## RESUMEN

Actualmente, los procesos industriales y actividades extractivas han ocasionado un incremento en la contaminación del aire a causa de la emisión de partículas y gases nocivos para la salud. Se determinó las concentraciones de  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ , metales y Hg gaseoso, generados por la actividad minera artesanal aurífera en la zona de Antahuila – La Rinconada. La investigación fue de tipo no experimental cuantitativa con un diseño descriptivo transversal; la evaluación se realizó en octubre, en temporada seca, considerándose 02 sitios de muestreo, con una campaña de monitoreo de 05 días contiguos durante 24 horas. Se empleó el método gravimétrico para medir  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ ; CVAAS con corrección Zeeman para Hg gaseoso, ICP-MS para metales, y se utilizó una estación meteorológica portátil para registrar las variables meteorológicas. Los valores máximos de  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  y MGT en la estación ECA-01 fueron: 164.86, 27.95 y 1.570  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente; y 157.31, 26.7 y 2.153  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en la estación ECA-02. Respecto a los metales evaluados a detalle en  $PM_{10}$  corresponden a: Fe 8,493, Al 3.205, Si 3.057, Cu 0.2, As 0.132 y Pb 0.0173  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , valores máximos. Por otra parte, se registró  $T^\circ$  que oscilan entre -5.2 y 14.7  $^\circ\text{C}$ ; HR de 5 y 90%, viento máximo de 2.7 m/s, presión atmosférica promedio de 562.67 mbar y dirección predominante de SSE. En conclusión, los niveles hallados en  $PM_{10}$  y MGT, sobrepasan los ECA para aire y OMS; para el caso del Cu, Pb, Si y As, no excedieron la norma internacional de calidad de aire, no obstante, en Fe y Al, los resultados en la estación ECA-01, sobrepasan el valor límite. Finalmente, los resultados encontrados interesarán como instrumento base para posteriores estudios relacionados al tema, además permitirán tener información básica de las condiciones ambientales de la zona en el periodo evaluado.

**Palabras clave:** Material particulado, mercurio gaseoso, metales, minería artesanal.

## ABSTRACT

Currently, industrial processes and extractive activities have caused an increase in air pollution due to emissions of particles and gases that are harmful to health. The concentrations of PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, metals and gaseous Hg, generated by artisanal gold mining activity in the Antahuila – La Rinconada area, were determined. The research was quantitative non-experimental with a cross-sectional descriptive design; The evaluation was carried out in October, in the dry season, considering 02 sampling sites, with a monitoring campaign of 05 contiguous days for 24 hours. The gravimetric method was used to measure PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>; CVAAS with Zeeman correction for gaseous Hg, ICP-MS for metals, and a portable weather station was used to record meteorological variables. The maximum values of PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> and MGT at the ECA-01 station were: 164.86, 27.95 and 1,570 µg/m<sup>3</sup>, respectively; and 157.31, 26.7 and 2.153 µg/m<sup>3</sup>, at the ECA-02 station. Regarding the metals evaluated in detail in PM<sub>10</sub>, they correspond to: Fe 8.493, Al 3.205, Si 3.057, Cu 0.2, As 0.132 and Pb 0.0173 µg/m<sup>3</sup>, maximum values. On the other hand, temperatures ranging between -5.2 and 14.7 °C were recorded; RH of 5 and 90%, maximum wind of 2.7 m/s, average atmospheric pressure of 562.67 mbar and predominant direction of SSE. In conclusion, the levels found in PM<sub>10</sub> and MGT exceed the ECA for air and WHO; In the case of Cu, Pb, Si and As, they did not exceed the international air quality standard, however, in Fe and Al, the results at the ECA-01 station exceed the limit value. Finally, the results found will be of interest as a base instrument for subsequent studies related to the topic, and will also allow basic information on the environmental conditions of the area in the evaluated period.

**Keywords:** Particulate matter, gaseous mercury, metals, artisanal mining.

## INTRODUCCIÓN

La minería artesanal se distingue por ser una actividad de pequeña escala que implica la extracción de minerales utilizando métodos y tecnologías rudimentarias (Chavez et al., 2023). A diferencia de la minería a gran escala, la minería artesanal generalmente se lleva a cabo por comunidades locales o individuos, a menudo en regiones rurales o áreas remotas donde la presencia del gobierno es limitada (IIED, 2002). Aunque esta forma de minería puede proporcionar una fuente de ingresos para las comunidades locales, suele ir acompañada de diversos desafíos y problemas (Trelles & Muñoz, 2021), puesto que no solo conduce a la contaminación ambiental, sino que también representa un riesgo laboral para los trabajadores mineros (Nakazawa et al., 2016).

La actividad minera artesanal conlleva como una de sus consecuencias significativas la contaminación atmosférica. Este fenómeno se produce debido a diversas prácticas y procesos involucrados en la extracción y procesamiento de minerales, generando la emisión de partículas y gases contaminantes a la atmósfera (Cantos, 2019), así como la liberación de trazas de metales y metaloides, y mercurio, que son originados en el traslado de mineral, la movilización de materiales, equipos y personal, explotación de canteras, la construcción y/o mejoramiento de vías de acceso, movimientos de tierra (DGFM, 2017) y proceso de fundición (Cantos, 2019). La volatilización del mercurio mediante el proceso de fundición de las amalgamas a temperaturas relativamente bajas, permite a los mineros separar fácilmente el oro del mercurio con un mínimo esfuerzo (Weinberg, 2010). El proceso de fundición y posterior vaporización del mercurio representa una fuente puntual importante de exposición ambiental y humana (Kiefer et al., 2014).

La zona industrial de Antahuila se ubica en el centro poblado de La Rinconada, donde la minería de oro artesanal y en pequeña escala ofrece una importante oportunidad de empleo (Chavez et al. 2023). En dicha zona se realizan actividades de beneficio en el que se procesa material de baja ley para la obtención del oro; lo cual involucra el transporte, chancado, molienda, fundición y refinación del oro (Huanca, 2023), influyendo en la calidad ambiental de la zona y partes aledañas.

Por lo tanto, la presente investigación busca determinar la concentración de  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ , metales y mercurio gaseoso, generados por la minería aurífera artesanal en la zona de Antahuila – La Rinconada. Los resultados encontrados interesarán como instrumento para posteriores

estudios relacionados al tema, además, permitirán tener información básica de las condiciones ambientales locales, que ayudarán en la proposición de medidas de atenuación que favorecerán en la preservación de los elementos naturales. Asimismo, se podrá identificar la correlación entre estos datos y el estado de salud de las personas. promoviendo su prevención.

La presente investigación se estructura como sigue:

El capítulo I plantea el problema, describe los objetivos de investigación y justifica el estudio.

El capítulo II aborda los antecedentes y establece el marco teórico relacionado a material particulado, metales y mercurio gaseoso.

El capítulo III expone la metodología empleada en el estudio, incluyendo el proceso de realización de la investigación y la descripción de los materiales y equipos utilizados.

El capítulo IV presenta la discusión de los hallazgos y los compara con otros estudios relacionados a material particulado, metales y mercurio gaseoso.

Por último, el capítulo V muestra las conclusiones y recomendaciones obtenidas a partir del análisis.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Situación problemática

La actualidad y a nivel mundial, la contaminación del aire constituye un tema de suma preocupación que afecta a todos los seres vivos (Romero, Diego & Álvarez, 2006) y es uno de los principales problemas ambientales generados por la minería artesanal (Ramírez et al., 2019). La actividad minera artesanal conlleva a la liberación de material particulado (MINAM, 2017), metales y metaloides, y gases contaminantes a la atmósfera (Cantos, 2019), especialmente mercurio gaseoso durante el proceso de obtención del oro, en la etapa de descomposición térmica de la amalgama, para separar el oro del mercurio (Veiga, Angeloci & Meech, 2014).

Se ha comprobado que el material particulado  $PM_{10}$  está relacionado con las enfermedades que afectan al sistema respiratorio, principalmente perjudican a niños y adultos mayores, en ellos se presentan infecciones crónicas y agudas que dañan las vías respiratorias bajas y altas, llevándolos a la muerte (Gavidia, Pronczuk & Sly, 2009). Además, el aumento del material particulado ( $PM_{10}$ ), generado por la actividad minera, incrementa el número de atenciones hospitalarias durante el clima seco (Robles, Medina & Medina, 2019) y el deterioro de la calidad del aire. Las partículas en el aire pueden tener una composición variada, incluyendo la presencia de metales (Doria, 2020). Los metales como As, Cr, Cu, Mn y Zn están relacionados con emisiones directas provenientes de la minería (Birmili, Allen, Bary & Harrison, 2006).

En relación con el mercurio, hay un consenso generalizado de que las emisiones anuales liberadas al medio ambiente provenientes de la minería artesanal y de pequeña escala continúan siendo persistentemente elevadas (Consejo Mundial del Oro, 2022) provocando la contaminación del suelo, agua y aire a través de los relaves y del vapor de mercurio. Esto tiene graves consecuencias para el medio ambiente, la vida silvestre y la salud humana. Asimismo, en las personas, el sistema nervioso es altamente susceptible a todas las variantes de mercurio, siendo el metilmercurio y los vapores derivados del mercurio metálico especialmente perjudiciales debido a su rápida capacidad de llegar al cerebro (Weinberg, 2010).

El proceso extractivo del oro de forma artesanal en las plantas de beneficio de la zona de Antahuila, conduce a la exposición de contaminantes presentes en el aire, falta de higiene y la vivencia en situaciones vulnerables, perjudicando la salud pública como la calidad ambiental. En ese sentido, en esta investigación se determinó la concentración de material particulado (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>) y mercurio gaseoso, se evaluó la composición de metales presentes en el PM<sub>10</sub>, dado que se realizan actividades de transporte y descarga de material donde se generan cantidades significativas de material particulado y metales, de igual manera durante la fundición en el que se produce en mayor porcentaje el mercurio gaseoso (Cuentas & Velarde, 2019); así también, se determinó la condición meteorológica de la zona y se realizó una propuesta para la regulación de la concentración del material particulado PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>.

### **1.1.1. Problema general**

¿Cuáles serán las concentraciones de material particulado (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>), metales y mercurio gaseoso, generados por la actividad minera artesanal en la zona de Antahuila – La Rinconada, 2022?

### **1.1.2. Problemas específicos**

- ¿Cuál será la cantidad de material particulado (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) y mercurio gaseoso, generados por la actividad minera artesanal en la zona de Antahuila.
- ¿Cuál será la composición metálica del material particulado PM<sub>10</sub> en la zona de Antahuila?
- ¿Cuáles son las condiciones meteorológicas evaluadas en la zona de Antahuila, La Rinconada?
- ¿Cómo será la propuesta para el control de la concentración del material particulado?



## **1.2 Objetivos de la investigación**

### **1.2.1 Objetivo general**

Determinar las concentraciones de material particulado ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ), metales y mercurio gaseoso, generados por la actividad minera artesanal en la zona de Antahuila – La Rinconada, 2022.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Determinar las cantidades de material particulado ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ) y mercurio gaseoso, generados por la actividad minera artesanal en la zona de Antahuila.
- Evaluar la composición metálica del material particulado  $PM_{10}$  en la zona de Antahuila.
- Determinar las condiciones meteorológicas de la zona de Antahuila, La Rinconada.
- Realizar una propuesta para el control de la concentración de material particulado.

## **1.3 Justificación**

La investigación se justifica desde el aspecto ambiental, puesto que, en el centro poblado La Rinconada se dedican a la minería artesanal y estudios previos han señalado la variedad de problemas ambientales, principalmente por la actividad de extracción y procesamiento de oro, haciendo de este lugar un caso de estudio prioritario para la región (Goyzueta & Trigos, 2009). A causa de las actividades realizadas, es que se emiten  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ , metales y Hg gaseoso, afectando el entorno en la zona de Antahuila del centro poblado de La Rinconada, por lo que resulta esencial contar con información sobre la calidad de aire en esta área, si se encuentran por encima o debajo de los estándares, por ello, se desarrollaron los monitoreos pertinentes en esta investigación, con el objeto de tener la información más reciente de las condiciones ambientales de la localidad, que contribuirá en la proposición de medidas de mitigación. Asimismo, se podrá identificar la correlación entre estos datos y el estado de salud de las personas.

La investigación se justifica desde el aspecto social, ya que la presencia de material particulado, metales y mercurio gaseoso, son un problema social porque provoca varias enfermedades respiratorias y aumenta los efectos de otras enfermedades cardiovasculares. Ante ello, la investigación permitirá generar alternativas y una base de

datos para su disminución (Valdivia, 2017), puesto que, todos los ciudadanos tienen derecho a vivir en un lugar sano sin ningún tipo de contaminación y se les debe proporcionar una mejor calidad de vida (Paredes & Surco, 2020). Además, los resultados encontrados servirán como antecedentes teóricos y prácticos para posteriores estudios relacionados al tema.

La investigación se justifica desde una perspectiva económica, ya que las altas concentraciones de contaminantes en la atmósfera impactan negativamente en la salud de la población, lo que podría provocar enfermedades que limiten su capacidad para llevar a cabo sus actividades cotidianas, resultando en una disminución de sus ingresos.

## **1.4 Formulación de hipótesis**

### **1.4.1 Hipótesis general**

La concentración de material particulado ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ), metales y mercurio gaseoso se encuentran en niveles bajos respecto a los estándares de calidad de aire en la zona de Antahuila, originado por la actividad minera artesanal – La Rinconada, 2022.

### **1.4.2 Hipótesis específicas**

- Las cantidades de material particulado ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ) y mercurio gaseoso, generados por la actividad minera artesanal en la zona de Antahuila, no sobrepasan los estándares de calidad ambiental para aire.
- La composición metálica de material particulado  $PM_{10}$  en la zona Antahuila, está dada por plomo, arsénico, hierro y cobre.
- Las condiciones meteorológicas evaluadas son la velocidad del viento, dirección del viento, humedad relativa y presión atmosférica en la zona de Antahuila.
- La propuesta de control planteada tendrá un impacto positivo en la reducción de la cantidad de material particulado.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 Antecedentes

##### 2.1.1 Internacionales

López (2022), determinó el impacto ambiental que producen las actividades desarrolladas en Mina Sierra Miranda sobre el entorno cercano a la explotación minera, obteniéndose que el tránsito de los camiones por caminos no pavimentados de forma general representa las mayores contribuciones de los contaminantes a las emisiones totales de la mina, principalmente en la ruta de la mina hacia el botadero de estériles siendo el 64% de las emisiones totales de  $PM_{10}$  y el 72% de las emisiones de  $PM_{2.5}$ . Además, evidenció que luego de esta actividad, la que mayores emisiones aporta es la erosión eólica de los acopios de materiales producto de la acción del viento, con una contribución del 20% de  $PM_{10}$  y 23% de  $PM_{2.5}$ ; en tanto que los contaminantes provenientes de los tubos de escape de las maquinarias empleadas constituyen las de menor impacto del total de emisiones con un 0,01%.

Núñez (2019), cuantificó la contribución de fuentes de material particulado ( $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ ) en Barranquilla, se efectuaron muestreos por períodos de 48 horas, obteniéndose que la concentración promedio de  $PM_{10}$  fue  $46.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $12.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para  $PM_{2.5}$ . Las principales contribuciones fueron de BC, Cl y Ca en  $PM_{10}$ , mientras que para  $PM_{2.5}$  fueron de BC, S y Cl. Se obtuvieron fuentes similares para ambas fracciones de PM: aerosol marino (Cl y  $\text{Na}^+$ ), suelo suspendido (Al, Si, Ti, Fe) y tráfico vehicular (BC, Mn y Zn). Adicionalmente, el  $PM_{2.5}$  estuvo asociado a dos fuentes mixtas: combustión de combustible e industria de fertilizantes (S, V, P,  $\text{K}^+$  y  $\text{SO}_4^{2-}$ ), y otra fuente secundaria y obras civiles ( $\text{Ca}_2^+$  y  $\text{NO}_3$ ). El  $PM_{10}$ , también estuvo asociado a obras civiles y suelo suspendido (Ti, Mn, Fe) así como la industria metalúrgica (S, Zn y Cu).

Martínez (2019), evaluó la calidad del aire para la Región de Cananea, Sonora, México, respecto a  $PM_{10}$  y metales pesados (Cu, Fe, Mn y Pb) para el periodo anual 2017. Se obtuvo que para  $PM_{10}$ , las concentraciones se mantenían dentro del límite diario normado en un 77% de los días muestreados, sin embargo, el promedio anual ( $52.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), sobrepasó lo establecido en la NOM-025-SSA1-2014. Para Cu, Mn

y Pb, las concentraciones se encontraron muy por debajo de los límites de comparación permisibles, y en el caso del Pb, fueron menores al límite de detección por Espectroscopía de Absorción Atómica, sin embargo, el metal Fe, en dos ocasiones sobrepasó su límite máximo permisible. Se acepta parcialmente la hipótesis de trabajo, puesto que, se considera mala la calidad del aire con respecto al límite diario y al límite anual de  $PM_{10}$ ; mientras que para los metales Cu, Mn y Pb, los resultados son aceptables y satisfactorios, únicamente en el caso del Fe se considera que incumple.

Andi & Vega (2019), evaluaron la concentración de material particulado volátil de  $2,5 \mu m$  y  $10 \mu m$ , así como el material particulado sedimentable en el sector Calpi Cantón Riobamba por incidencia industrial, los resultados muestran promedios de concentraciones máximas de  $43.67 \mu g/m^3$ ,  $47.62 \mu g/m^3$  y mínimas de  $18.67 \mu g/m^3$ ,  $16.57 \mu g/m^3$  para  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  respectivamente. Con relación al MPS se determinó un nivel máximo de  $1.218 mg/cm^2/mes$ , superando el valor establecido por la OMS y el TULSMA; y  $0.102 mg/cm^2/mes$ , nivel mínimo. Además, se analizaron las muestras de MPS en las que se encontró elementos mayoritarios como Sb, Ca, Rb, Si, Al, Fe y Mg.

Rojano, Angulo & Restrepo (2015), determinaron la concentración de PST,  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ , así como su relación, en comunidades cercanas a la minería a tajo abierto en Cerrejón, Colombia. Durante el período de enero a junio de 2012, se recolectaron muestras de estas partículas cada seis días, con mediciones de 24 horas. Los resultados mostraron variaciones en las concentraciones entre  $18.20 \mu g/m^3$  y  $198.2 \mu g/m^3$  para PST,  $11.96 \mu g/m^3$  y  $100.05 \mu g/m^3$  para  $PM_{10}$ , y  $3.37 \mu g/m^3$  y  $54.50 \mu g/m^3$  para  $PM_{2.5}$ . Las proporciones de  $PM_{10}$  respecto a PST fluctuaron entre 0.12 y 0.93, en tanto que las proporciones de  $PM_{2.5}$  respecto a  $PM_{10}$  oscilaron entre 0.33 y 0.51.

### **2.1.2 Nacional**

Arutaype & Soto (2020), caracterizaron las concentraciones de material particulado ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ) y mercurio gaseoso y simularon escenarios de dispersión de  $PM_{10}$  mediante el programa AERMOD; se tomó dos puntos de monitoreo y se obtuvo que: En la estación AIR-1, las concentraciones más altas de  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  y Hg gaseoso fueron, 152.8, 77.1,  $0.201 \mu g/m^3$ , respectivamente, en tanto que en la

estación AIR-2, registraron 185.9, 92.5, 0.224  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente; en lo referente a  $\text{PM}_{10}$  y  $\text{PM}_{2.5}$ , sobrepasaron los ECA de aire en ambas estaciones de muestreo. Asimismo, en comparación con los estándares correspondientes, las concentraciones de mercurio gaseoso no mostraron niveles elevados.

Hinojosa (2020), analizó la concentración de material particulado suspendido en aire ( $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$  y  $\text{PM}_1$ ) y su efecto durante las labores de acarreo de mineral mediante la red de monitoreo Rocky en mina Justa Empresa Minera Marcobresac; resultando que los días con menor concentración de MPS fueron lunes, miércoles, viernes y domingo, siendo el viernes el día con menor concentración acumulada de  $\text{PM}_{10}$ : 1735  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $\text{PM}_{2.5}$ : 313  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $\text{PM}_1$ : 92.23  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , registrando un promedio en la velocidad de 48.14 km/h; y los días con mayor concentración de MPS fueron martes, jueves y sábado, siendo el martes el día con mayor concentración acumulada de  $\text{PM}_{10}$ : 2554  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $\text{PM}_{2.5}$ : 504.40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $\text{PM}_1$ : 138.54  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , registrando un promedio de velocidad de 44.14 km/h.

Vivanco (2019), evaluó la concentración de  $\text{PM}_{10}$  y Pb en los pueblos cercanos a los depósitos de minerales que se encuentran en el distrito del Callao y su interrelación con las variables meteorológicas; se recopilieron datos de las estaciones ubicadas en las viviendas cercanas a los depósitos, realizándose un muestreo cada tres días durante el año 2016. En los resultados del estudio, la mayor parte de los puntos de monitoreo se ajustaron a los ECA de aire para  $\text{PM}_{10}$  y Pb, excepto en el punto E-04A, donde se presentaron concentraciones mayores. En los puntos E-02, E-03, UL-7 y E-07 se estableció una correlación significativa entre las concentraciones mensuales de  $\text{PM}_{10}$  y Pb. En relación a las condiciones meteorológicas, se observó una asociación destacada con los niveles mensuales de  $\text{PM}_{10}$  en la mayoría de las estaciones, excepto en la estación E-03. Sin embargo, las asociaciones entre Pb y las condiciones meteorológicas fueron en general bajas.

### **2.1.3 Regionales**

En los antecedentes a nivel regional, no presenta ninguna referencia en investigaciones sobre material particulado derivado de la actividad minera artesanal, sin embargo, se considera lo siguiente:

Hanco (2017), evaluó  $PM_{10}$  en tres zonas de Juliaca. Los resultados indicaron que la Zona Centro fue la más contaminada con  $PM_{10}$ , registrando  $56.7 \pm 40.27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , seguida por la Zona Sur-Este con  $49.9 \pm 16.70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y la Zona Oeste con  $25.9 \pm 19.27 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de concentración. La cantidad media de tráfico vehicular fue de 11488 vehículos cada 24 horas. Además, se constató que los espacios verdes, incluyendo plazas y parques, abarcaban 59.2 hectáreas para una población de 278444 habitantes, lo que equivale a  $2.13 \text{ m}^2/\text{hab}$ . Comparado con los estándares internacionales, hubo un déficit de  $5.87 \text{ m}^2/\text{hab}$  según INADUR y  $6.87 \text{ m}^2/\text{hab}$  según la OMS.

Huanca (2016), determinó la concentración de material particulado menores o iguales a  $PM_{2.5} \mu\text{m}$  para la gestión de áreas verdes en la ciudad de Juliaca; tomando 9 estaciones de monitoreo y cubriendo un área total de  $50.62 \text{ km}^2$ . Los resultados mostraron que la Zona Centro fue la más contaminada con una concentración de  $55.63 \pm 1.44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , seguida por la Zona Sur-Este ( $24.36 \pm 4.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y la Zona Oeste con  $19.80 \pm 0.45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## **2.2 Marco teórico**

### **2.2.1 La atmósfera**

La atmósfera de la Tierra es una capa de aire que rodea al planeta, muy compleja y dinámica, ya que su composición química y la meteorología dependen de la altitud, con la cual varía la temperatura y la presión, dependiendo en la capa atmosférica en la que se encuentre (Herrera, 2019).

Prieto (2016), refiere que los principales gases que componen la atmósfera son: Nitrógeno ( $N_2$ ) con un 78 % total del aire, oxígeno ( $O_2$ ) con un 21 % del total, dióxido de carbono ( $CO_2$ ) con un 0.033 % del total y gases nobles como el argón (Ar) que representa el 0.93 %; kriptón (Kr) 0.000114 %; neón (Ne) 0.00182 %; helio (He) 0.000524 %, Hidrógeno y metano.

### **2.2.2 Contaminación atmosférica**

Según Aldas (como se citó en Gallo & Paredes, 2019) la contaminación se define como un estado en el cual la atmósfera se encuentra impurificada debido a la introducción y presencia temporal de gases, material líquido o sólido, o radiaciones solares que no son parte de su composición natural o que están en cantidades

superiores a lo normal. Los contaminantes del aire son sustancias que están presentes en la atmósfera (MAE (como se citó en Flores, 2020)) y afectan de manera adversa a los seres vivos; dañan materiales o interfieren con el disfrute de la vida (MAE, 2015).

La combustión que proviene de la industrialización, ya sea en fuentes estacionarias o móviles, son los principales mecanismos de contaminación atmosférica, generando CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub>, entre otros contaminantes. Igualmente, algunas industrias emiten gases nocivos en sus procesos productivos, como cloro o hidrocarburos que no han realizado combustión completa (Gallo & Paredes, 2019).

#### **a. Fuentes de contaminación atmosférica**

Se clasifican en naturales y antrópicos (SEMARNAT, 2011). El primero proviene de emisiones de agentes contaminantes en donde no hubo intervención de actividades humanas; se clasifican en biogénicas (relacionados con los seres vivos) y los geogénicos (relacionados con procesos geológicos), tales como incendios forestales, erupciones volcánicas, actividades sísmicas (Díaz & Linares, 2010) y descomposición de la materia orgánica en el suelo y en los océanos; mientras que los antrópicos, son originados y emitidos por la acción del hombre; como el CO producidos por la combustión incompleta de vehículos, partículas, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, aldehídos, amoniaco, CO, producidas por actividades industriales y agrícolas (Barrios, 2007).

#### **b. Clasificación de los contaminantes**

Las partículas atmosféricas se dividen en primarias y secundarias (Suárez, Álvarez, Bendezú & Pomalaya, 2017).

- **Contaminantes primarios**

Los contaminantes primarios son aquellas sustancias contaminantes que son vertidas directamente a la atmósfera (Manahan, 2007; SEMARNAT, 2011). Según Medina (2014), los contaminantes primarios, provenientes de diversas fuentes, generan contaminación convencional. Su naturaleza varía, clasificándose por estado físico (partículas, metales) o elemento químico (contaminantes gaseosos). Entre los contaminantes atmosféricos frecuentes se encuentran aerosoles, SO<sub>2</sub>, CO, NO, hidrocarburos, O<sub>3</sub> y CO<sub>2</sub>.

- **Contaminantes secundarios**

Medina (2014), señala que los contaminantes secundarios no se emiten directamente a la atmósfera, sino que resultan de transformaciones, reacciones químicas y fotoquímicas de contaminantes primarios como ozono ( $O_3$ ), ácido sulfhídrico ( $H_2S$ ) e hidrocarburos oxidados (Miranda & Ortiz, 2008; Semiqué, 2015). Estos generan alteraciones atmosféricas principales:

- **Contaminación fotoquímica:** Se produce como consecuencia de la aparición en la atmósfera de oxidantes, originados al reaccionar entre sí los  $NO_x$ , los hidrocarburos y el  $O_2$  en presencia de la radiación ultravioleta de los rayos del sol (Díaz & Linares, 2010).
- **Acidificación del medio ambiental:** La acidificación del suelo y agua ocurre al retornar a la superficie, en forma de ácidos, los óxidos de azufre y nitrógeno emitidos a la atmósfera. La contaminación por  $SO_x$  y  $NO_x$  afecta directa o indirectamente a agua, suelo y ecosistemas (CMAAIT, s.f.).
- **Deterioro de la capa de ozono:** La destrucción de la capa de ozono comienza con la liberación de gases halogenados, como los CFCs y halones, que contienen cloro y bromo. Estos compuestos, emitidos desde la superficie terrestre, son los principales responsables de la disminución del ozono estratosférico (IDEAM, s.f.).

### 2.2.3 Material particulado

El material particulado deriva de un agregado de partículas líquidas y sólidas (Suárez et al., 2017) que se encuentra en suspensión en la atmósfera (EPA, 2023), las mismas que difieren en tamaño, composición y origen (Aragón et al., 2006), por lo que, el tamaño de las partículas suspendidas en el aire varía, desde nanómetros a decenas de micrómetro, siendo así que conviene clasificarlo mediante sus propiedades aerodinámicas o también llamado diámetro aerodinámico, el cual es un factor trascendental y decisivo para el transporte y eliminación de las partículas en el aire (Andi & Vega, 2019).

Así también, el material particulado es clasificado en dos categorías según la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, 2023): partículas finas



(menores a 2,5 micrómetros, PM<sub>2.5</sub>) y partículas gruesas (mayores a 2,5 micrómetros y menores a 10 micrómetros, PM<sub>10</sub>).

**a. Material particulado (PM<sub>10</sub>)**

Las PM<sub>10</sub> se definen como partículas con un diámetro inferior a 10 µm (Koçak et al., 2011). La principal afectación a la salud que puede producir el PM<sub>10</sub> es su acumulación en los pulmones, de la misma manera generan daño a la infraestructura debido a su acumulación y asentamiento (Hanco, 2017).

**b. Material particulado (PM<sub>2.5</sub>)**

Las partículas finas PM<sub>2.5</sub> son todas aquellas partículas de diámetro aerodinámico igual o inferior a 2.5µm (Colman, Orte & Giuliani, 2018). Estas partículas se pueden acumular en el sistema respiratorio y son asociadas con numerosos efectos negativos de salud, como aumento en enfermedades respiratorias y disminución del funcionamiento pulmonar (Huanca, 2016).

**2.2.4 Metales**

Las fuentes principales de metales en las partículas atmosféricas abarcan la actividad industrial, la minería, la fundición de metales y las fuentes móviles (Doria, 2020). Aunque los metales presentes en la fracción PM<sub>10</sub> constituyen solo una parte pequeña de su masa total, son significativos por dos razones: sirven como buenos indicadores de ciertas fuentes de emisión (Nicolás et al., 2011), además pueden presentar una alta toxicidad y persistencia ambiental (Álvaro Clemente, 2018).

**2.2.5 Mercurio**

El mercurio se encuentra en forma natural en el ambiente y se presenta en diversos estados (PNUMA, 2002). El mercurio metálico, también conocido como mercurio elemental o líquido, es un metal particular que a la temperatura ambiente forma un denso líquido plateado, éste a temperatura ambiente se volatiliza, y en la fase gaseosa puede depositarse sobre el suelo y las masas de agua, reaccionando para formar otros compuestos inclusive más nocivos para la salud (Arutaype & Soto, 2020).

Tabla 1

*Propiedades fisicoquímicas del mercurio*

<b>Propiedades fisicoquímicas del Mercurio</b>	
Símbolo químico	Hg
Masa atómica relativa	200.59 g
Densidad	13.55 g/cm <sup>3</sup>
Densidad relativa del gas	6.93
Punto de ebullición	357.3°C
Punto de fusión	-38.9°C
Presión de vapor	163 x 10 <sup>-3</sup> Pa

Fuente: Arutaype & Soto (2020)

### **2.2.6 Mercurio en la atmósfera**

En la atmósfera, el mercurio se encuentra en tres formas primarias: el mercurio elemental gaseoso, mercurio oxidado gaseoso y mercurio unido a partículas, siendo el primero el más común en las emisiones antropogénicas y naturales a la atmósfera (>90%) (Fu, Feng, Shang, Wang, & Zhang, 2012; UNEP, 2013). El Mercurio Gaseoso Total (MGT) está representado por la suma de las emisiones antropogénicas y naturales de Hg y está relacionado con el mercurio gaseoso elemental y el mercurio oxidado gaseoso (Vaselli et al., 2013). Asimismo, Veiga, Angeloci & Meech (2014) establecen que, en el proceso de extracción del oro, la fase en donde se emite cantidades significativas de mercurio a la atmósfera es durante la descomposición térmica de la amalgama para separar el oro del mercurio. Por tanto, la repercusión en la calidad del aire está asociada con la contaminación atmosférica por mercurio gaseoso, generando efectos perjudiciales (Ramírez et al., 2019).

### **2.2.7 Estándares de calidad ambiental para aire (ECAs - aire)**

Los estándares de calidad del aire son una referencia obligatoria para que los titulares de actividades productivas, extractivas y de servicios, diseñen y apliquen instrumentos de gestión ambiental (MINAM, 2017).

Tabla 2

*Estándares de calidad ambiental para aire*

<b>Parámetros</b>	<b>Método de análisis</b>	<b>Período</b>	<b>Valor [<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>]</b>	<b>Criterios de evaluación</b>
<b>PM<sub>2.5</sub></b>	Gravimetría	24 horas	50	No más de 7 ocasiones al año
		Anual	25	Promedio anual
<b>PM<sub>10</sub></b>	Gravimetría	24 horas	100	No más de 7 ocasiones al año
		Anual	50	Promedio anual
<b>MGT</b>	Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS) o Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío (CVAFS) o	24 horas	2	No exceder
	Espectrometría de absorción atómica Zeeman. (Métodos automáticos)			
<b>Pb en PM<sub>10</sub></b>	Método para PM <sub>10</sub> (Espectrofotometría de absorción atómica)	Mensual	1.5	No más de 4 veces al año
		Anual	0.5	Promedio de valores mensuales
<b>C<sub>6</sub>H<sub>6</sub></b>	Cromatografía de gases	Anual	2	Promedio anual
<b>SO<sub>2</sub></b>	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)	24 horas	250	No más de 7 ocasiones al año
<b>NO<sub>2</sub></b>	Quimioluminiscencia (Método automático)	1 hora	200	No más de 24 ocasiones al año
		Anual	100	Promedio anual
<b>CO</b>	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)	1 hora	30000	No más de 1 ocasión al año
		8 horas	10000	Media aritmética móvil
<b>O<sub>3</sub></b>	Fotometría de absorción ultravioleta (Método automático)	8 horas	100	Máxima media diaria No más de 24 ocasiones al año
<b>H<sub>2</sub>S</b>	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)	24 horas	150	Promedio

Fuente: Tomado de D.S. N° 003-2017-MINAM, 2017

**2.2.8 Meteorología**

Es la disciplina que analiza el tiempo atmosférico. Los principales parámetros estudiados por la meteorología (temperatura atmosférica, presión atmosférica, vientos, humedad y precipitaciones) se denominan también elementos del clima

(Motocanche, 2019). Los factores que influyen en el clima son la latitud, la altitud, el relieve y las corrientes oceánicas (Useros, 2012). En varios sistemas de categorización climática, tanto la temperatura del aire y las lluvias son las bases para precisar las tipologías de climas y poder distinguirlos entre sí (Motocanche, 2019).

#### **a. Temperatura**

La temperatura es una magnitud fundamental para describir el estado de la atmósfera y está vinculada con la velocidad de movimiento de las partículas de la materia. A mayor agitación de las partículas, mayor es la temperatura (Rodríguez, Benito & Portela, 2004).

#### **b. Presión atmosférica**

La presión atmosférica, según Lozano (2018), es el empuje que la masa de aire ejerce en todas direcciones sobre un cuerpo.

#### **c. Viento**

Cáceres (2017), menciona que el viento se genera debido a las diferencias de presión y temperatura, se mueve de áreas de alta a baja presión. La dirección del viento se refiere al punto cardinal de donde proviene, siendo los principales el norte (N), sur (S), este (E) y oeste (W).

#### **d. Humedad**

Viene a ser la cantidad de agua o vapor de agua presente en la atmósfera (Cáceres, 2017).

- **Humedad absoluta:** Es la cantidad de vapor de agua en  $1\text{m}^3$  de aire ( $\text{g}/\text{m}^3$ ) y que expresa, de manera directa, cuánta agua en el aire en un lugar determinado, a una hora concreta y en condiciones climáticas específicas (Rodríguez et al., 2004).
- **Humedad específica:** Lozano (2018), indica que la cantidad de vapor de agua en gramos contenido en un metro cúbico o kilogramo de aire húmedo, variando principalmente con la presión atmosférica y la temperatura.
- **Humedad relativa:** Corresponde al porcentaje de la relación entre la cantidad de agua presente en el aire y la que todavía se le podría incorporar en las mismas condiciones de saturación (Lozano, 2018), si este es bajo

significa que el aire puede absorber aún más vapor, y si es alto, el aire se halla próximo a la condensación.

#### **e. Precipitación**

Se denominan así a todas las formas de agua en estado sólido o líquido que cae sobre la superficie terrestre (Puelles, 2015). La precipitación es un evento con alta variabilidad en espacio y tiempo (Tapia, 2016).

### **2.2.9 Actividad minera**

La actividad minera implica la extracción selectiva de minerales y materiales de la corteza terrestre, a menudo requiriendo la remoción de grandes cantidades de material para obtener volúmenes reducidos del producto deseado (Dammert & Molinelli, 2007). Los productos mineros, tanto metálicos como no metálicos tienen propiedades únicas que permiten su amplio uso.

Su proceso productivo está conformado por varias etapas: exploración, explotación, beneficio y comercialización. La exploración identifica nuevos yacimientos, la explotación extrae el mineral, y el beneficio procesa el mineral para producir concentrados. Estos concentrados se refinan para obtener productos mineros metálicos que luego se comercializan y distribuyen a los centros de demanda (OSINERGMIN, 2017).

#### **2.2.10 Minería artesanal de oro en el Perú**

La minería artesanal de oro en Perú tiene una tradición que se remonta a miles de años (Sanborn & Manrique, 2021). Según Ipenza (2013), la minería artesanal se refiere a la extracción y procesamiento de minerales utilizando métodos manuales y equipos básicos, con una capacidad productiva limitada y en áreas menores a mil hectáreas.

En las últimas décadas, ha cobrado importancia económica y social. Se ha convertido en una fuente vital de subsistencia para muchas personas afectadas por la crisis económica. Su crecimiento continuo indica que, en lugar de disminuir, se ha consolidado como una estrategia efectiva de empleo y combate a la pobreza para diversos grupos de la población (Mosquera, Chávez, Pachas & Moschella, 2009). Por lo tanto, la Organización Internacional del Trabajo (OIT), identifica cinco principales riesgos para la salud en la Minería Artesanal y en Pequeña Escala

(MAPE): inhalación de polvo que causa silicosis, exposición a mercurio y químicos, efectos del ruido y vibración, problemas de ventilación y condiciones laborales difíciles como el esfuerzo físico y la falta de equipo adecuado (Español, 2012).

### 2.2.11 Uso del mercurio en minería de oro artesanal

Español (2012) indica que, en minería artesanal, el mercurio cumple una función crucial en el proceso de separación y extracción del oro presente en rocas. Se utiliza para formar una amalgama con el oro, lo que facilita su separación de la roca, arena u otros materiales. Posteriormente, se aplica calor a la amalgama para que el mercurio volatilice, dejando únicamente el oro. La amalgamación es uno de los métodos de extracción de oro más antiguos, sin embargo, culmina en el mayor daño ambiental (Veiga et al., 2014).

#### Flujograma de procesos para la extracción del oro mediante amalgamación en minería artesanal

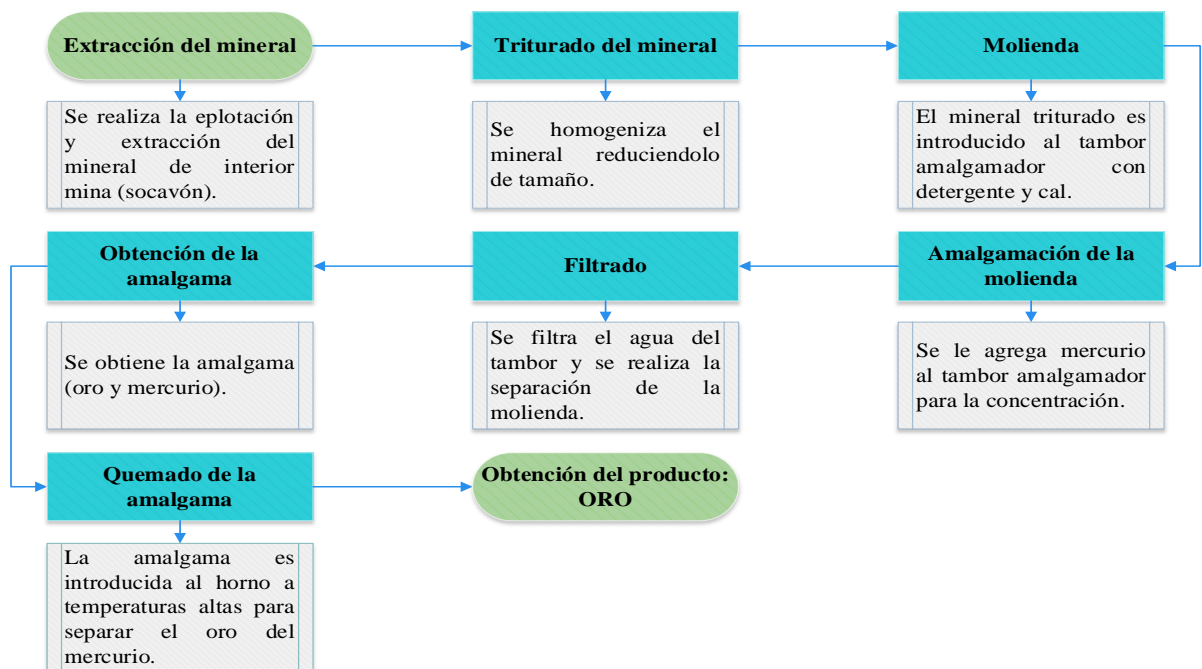


Figura 1. Flujograma de procesos para la extracción del oro.

# CAPÍTULO III

## MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 Ubicación de la zona de estudio

El presente estudio se desarrolló en la zona de Antahuila, ubicado en el centro poblado La Rinconada, distrito de Ananea, provincia de San Antonio de Putina, región Puno, a una altitud de 4963 msnm.

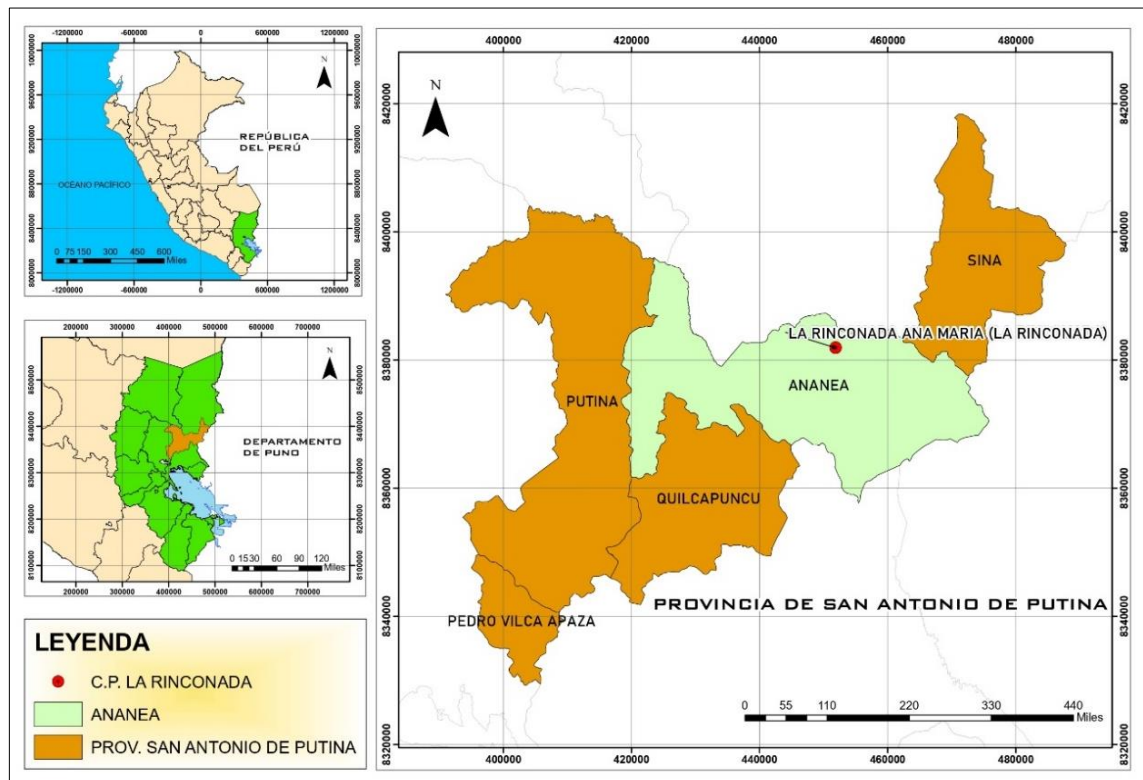


Figura 2. Localización geográfica del área de investigación.



*Figura 3.* Localización satelital del ámbito de estudio.  
Fuente: (Google Earth, 2021a)

## 3.2 Metodología de la investigación

### 3.2.1 Enfoque de investigación

De enfoque cuantitativo, dado que la presente investigación se basó en la recopilación de datos para poner a prueba la hipótesis mediante la medición numérica y el análisis estadístico (Hernández & Mendoza, 2018).

### 3.2.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación fue no experimental, transversal descriptivo porque se evaluó las concentraciones de material particulado, metales y mercurio gaseoso, así como la composición metálica en  $PM_{10}$  y las condiciones meteorológicas de la zona de Antahuila, La Rinconada, sin alterar las variables, en un momento dado y de manera independiente (Hernández & Mendoza, 2018).



Tabla 3

*Modelo de variables descriptivo transversal*

<b>Variables descriptivo transversal</b>	
<b>Descripción</b>	El interés es cada variable tomada individualmente en un tiempo único
<b>Se recolectan datos y se describe categoría concepto, variable</b>	$X_1$
<b>Se recolectan datos y se describe categoría concepto, variable</b>	$X_2$
<b>Se recolectan datos y se describe categoría concepto, variable</b>	$X_k$

Fuente: (Hernández & Torres, 2018)

### 3.3 Materiales, equipos e insumos

Los materiales, equipos e insumos utilizados para ejecutar los objetivos planteados en la presente investigación se presentan a continuación.

#### 3.3.1 Equipos

Tabla 4

*Equipos*

<b>Equipos</b>	<b>Marca - modelo</b>	<b>Serie - código</b>
Equipo de muestreo de partículas de alto flujo (Hi-Vol)	Thermo Scientific - VFC-PM10	P9543X – EL/MPA/06
Equipo de muestreo de partículas de alto flujo (Hi-Vol)	Thermo Scientific - VFC-PM10	P9563X – EL/MPA/09
Equipo de muestreo de partículas de bajo flujo (Low-Vol)	Marca BGI - PQ 200	90038 – EL/MPB/20
Equipo de muestreo de partículas de bajo flujo (Low-Vol)	Marca BGI - PQ 200	90039 – EL/MPB/21
Estación meteorológica	Davis Instruments/ Vantage Pro 2 – 6152	AM140115012 – EL/EM/02
Estación meteorológica	Davis Instruments/ Vantage Pro 2 – 6152C	BF210210014 – EL/EM/08
Analizador automático de mercurio (Sensor de flujo)	Lumex instruments - RA-915 AM	117 - EL/AGHG/09
Analizador automático de mercurio (Sensor de flujo)	Lumex instruments - RA-915 AM	147 - EL/AGHG/10
GPS	Garmin Etrex 10	
Laptop	Acer Nitro 5 - Core I5	
Cámara fotográfica		

### 3.3.2 Materiales

Cables de conexión eléctrica, filtros de cuarzo, carta de flujo, trípodes, pinza, sobres manila, pizarra, plumón, lapiceros, cuaderno de campo, equipos de protección personal – EPP.

### 3.3.3 Software

Excel, WRPLOT, ARCGIS y Software MINITAB.

## 3.4 Validez de las mediciones

### 3.4.1 Equipos de monitoreo

Dada la importancia de calibrar los instrumentos de medición para determinar la veracidad de los resultados, los equipos de monitoreo (tabla 5) contaban con certificado de calibración vigente, en las fechas en donde se realizaron los monitoreos en campo (ver los anexos 3, 4, 5 y 6).

Tabla 5

*Equipos de monitoreo calibrados*

Equipos	Marca	Modelo	Serie	Código
Muestreador de partículas de alto volumen (Hi-Vol)	Thermo Scientific	VFC-PM10	P9543X	EL/MPA/06
Muestreador de partículas de alto volumen (Hi-Vol)	Thermo Scientific	VFC-PM10	P9563X	EL/MPA/09
Muestreador de partículas de bajo volumen (Low-Vol)	Marca BGI	PQ 200	90038	EL/MPB/20
Muestreador de partículas de bajo volumen (Low-Vol)	Marca BGI	PQ 200	90039	EL/MPB/21
Estación meteorológica	Davis Instruments/ Vantage Pro 2	6152	AM140115012	EL/EM/02
Estación meteorológica	Davis Instruments/ Vantage Pro 2	6152C	BF210210014	EL/EM/08
Analizador automático de mercurio (Sensor de flujo)	Lumex instruments	RA-915 AM	117	EL/AGHG/09
Analizador automático de mercurio (Sensor de flujo)	Lumex instruments	RA-915 AM	147	EL/AGHG/10

### 3.4.2 Laboratorio de ensayo

Las concentraciones de material particulado (PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub>), mercurio gaseoso fueron determinados por el laboratorio “Paz Laboratorios S.R.L.”

Las concentraciones de metales se determinaron en el laboratorio de ensayo “ALS S.A.C.”, certificado por INACAL (Instituto Nacional de Calidad), con registro N° LE – 029 (ver anexo 7).

### **3.5 Análisis y diseño de contrastación de hipótesis**

En la investigación para analizar los resultados de la concentración de material particulado ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ) y mercurio gaseoso derivado de la actividad minera artesanal en la zona de Antahuila, se aplicará la prueba t-Student. Por consiguiente, aquellos coeficientes con una probabilidad del estadístico “t” inferior a 0.05 son aceptados en el modelo, ya que en el caso de los coeficientes con probabilidad mayor que 0.05 no rechazamos la hipótesis nula de que su verdadero valor es cero y el valor obtenido se debe al azar (Espinoza, 2020).

Criterio para determinar:

$P < \alpha$ , aceptamos la  $H_1$

- Las concentraciones de  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  y mercurio gaseoso, generados por la actividad minera artesanal en la zona de Antahuila, no superan los “estándares de calidad ambiental para aire”.

$P \geq \alpha$ , aceptamos la  $H_0$

- Las concentraciones de  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  y mercurio gaseoso, generados por la actividad minera artesanal en la zona de Antahuila, superan los “estándares de calidad ambiental para aire”.

### **3.6 Procedimiento metodológico**

Las actividades de minería artesanal en la zona de Antahuila, se desarrollan de manera rutinaria por semana, el transporte y el proceso extractivo del oro que incluye la conminución, amalgamación con mercurio y fundición, se efectúan de lunes a viernes. Por ende, se determinó las concentraciones de  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ , metales y Hg gaseoso (MGT) en la zona de Antahuila tomando 5 muestras diarias contiguas en 2 puntos de monitoreo, en el mes de octubre, considerándose que la actividad que se realiza cada semana, es similar según la estación del año. Además, se realizaron mediciones de las condiciones meteorológicas, como son la velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad relativa y presión atmosférica, para evaluar su intervención en la distribución de los contaminantes.

### 3.6.1 Determinación de las cantidades de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> y mercurio gaseoso (MGT), generados por la actividad minera en la zona de Antahuila, La Rinconada.

Se aplicó el siguiente procedimiento de monitoreo para la determinación de las cantidades de material particulado (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) y mercurio gaseoso (MGT).

- **Reconocimiento de las áreas potenciales de contaminación.**

Para el desarrollo del monitoreo inicialmente se realizó una exploración en campo (zona de Antahuila) en el que se identificó las áreas potenciales de contaminación, es decir, las áreas donde realizan la actividad minera como procesamiento del oro de manera continua.

- **Identificación de los puntos de muestreo y localización de las estaciones de muestreo.**

Luego de haber ubicado el área donde se realiza mayor actividad minera como procesamiento del oro, se procedió a identificar dos puntos de monitoreo donde se colocaron los equipos, con la ayuda de un GPS se obtuvieron las coordenadas. Estos puntos se ubicaron de acuerdo al “Protocolo de monitoreo de la calidad del aire”, un punto de monitoreo en barlovento y el otro punto de monitoreo en sotavento (D.S. N° 010-2019-MINAM, 2019), cuyos puntos de monitoreo se observan en la tabla 6.

Tabla 6

*Puntos de muestreo*

Estación	Coordenadas UTM Zona 19 L		Altitud (msnm)	Parámetros	N° de mediciones
	Este	Norte			
<b>ECA – 01 Barlovento</b>	451370	8382031	4963	PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> y Hg gaseoso	05
<b>ECA – 02 Sotavento</b>	451357	8382256	4958	PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> y Hg gaseoso	05



*Figura 4.* Ubicación de los puntos de monitoreo  
Fuente: (Google Earth, 2021b)

### **Criterios para la ubicación de las estaciones de muestreo**

- Fácil acceso debido a que se realizaron visitas regulares al mismo punto para recolectar muestras.
- Garantía de seguridad de los equipos de monitoreo.
- Suministro eléctrico disponible
- Libre de obstáculos

### **• Frecuencia y periodo de monitoreo**

Según el protocolo de monitoreo (D.S. N° 010-2019-MINAM), el monitoreo debe realizarse con una frecuencia y periodo que permita obtener data confiable y representativa, por tanto, en la tabla 7 se describe la frecuencia y periodo por cada contaminante evaluado.

Tabla 7

*Frecuencia y periodo de monitoreo*

<b>Parámetro</b>	<b>Tipo de tecnología</b>	<b>Tipo de monitoreo</b>	<b>Periodo</b>	<b>Mínima suficiencia de información válida requerida</b>	<b>Frecuencia</b>
<b>PM<sub>10</sub></b>	Manual	Discontinuo	24 horas	>90% (22 horas)	5 muestras contiguas
<b>PM<sub>2.5</sub></b>	Manual	Discontinuo	24 horas	>90% (22 horas)	5 muestras contiguas
<b>MGT</b>	Automática	Continuo	24 horas	>75% (18 horas)	Continua/ 5 días

Nota: Tomado del D.S. N° 010 – 2019 – MINAM, 2019

**a. Monitoreo del material particulado PM<sub>10</sub>**

Se utilizó dos muestreadores de alto volumen (Hi-Vol) para realizar la recolección de muestras, en la segunda semana del mes de octubre, considerando 2 sitios de muestreo, en barlovento y sotavento, con una campaña de monitoreo de 5 días contiguos, tomándose una muestra cada 24 horas, conforme al “Protocolo nacional de monitoreo de la calidad ambiental del aire” para áreas vinculadas a actividades extractivas, productivas y de servicio.

- **Instalación del equipo**

Durante la instalación de los equipos de monitoreo se consideró una altura de 1.5 metros sobre el suelo, con una distancia horizontal de 1 m entre cada equipo de monitoreo.

- **Operación del equipo**

Después de encender el equipo se procedió a configurar el cronómetro para que funcione por 24 horas, luego se instaló el disco registral Dixon y el filtro previamente tratado en el laboratorio para dar inicio al monitoreo. Transcurridas las 24 horas, el equipo se apagó y se retiró el porta filtro que contenía la muestra de PM<sub>10</sub>, éste fue conducido al laboratorio para su análisis correspondiente. Se repitió el mismo procedimiento para todos los muestreos de PM<sub>10</sub>.

- **Recolección de partículas**

Consistió en retirar cuidadosamente el filtro con muestra de PM<sub>10</sub> del porta filtros, mismo que se guardó en un sobre manila para su análisis en el laboratorio. Luego se procedió a colocar otro filtro enumerado, previamente

pesado, con la cara rugosa hacia arriba y se registró la información en el formato de registro de campo.

#### **b. Monitoreo del material particulado PM<sub>2.5</sub>**

El monitoreo de PM<sub>2.5</sub> se efectuó con el equipo Low-Vol, bajo las mismas consideraciones de frecuencia y periodo aplicados al muestreo de PM<sub>10</sub>.

- **Operación del equipo**

Luego de encender el Low-Vol, se programó el tiempo de muestreo e inició el monitoreo de PM<sub>2.5</sub>. Transcurridas las 24 horas, se procedió a retirar el porta filtro con la muestra de PM<sub>2.5</sub>, el cual fue trasladado al laboratorio para su respectivo tratamiento. Se realizó el mismo procedimiento para todos los muestreos en ambas estaciones.

- **Recolección de partículas**

Consistió en retirar el portafiltro del impactador para luego extraer cuidadosamente el filtro con guantes y pinza. En seguida se guardó el filtro doblado en el sobre de manila, registrándose la hora y las condiciones ambientales. Para los procedimientos de preparación de filtro, tiempo de muestreo y pesaje, se aplicó mismo procedimiento del equipo Hi-Vol.

#### **c. Monitoreo de mercurio gaseoso total (MGT)**

Se empleó un analizador portátil (LUMEX RA-915 AM) para realizar mediciones continuas de mercurio elemental gaseoso en la zona de estudio. El procedimiento analítico de los dispositivos LUMEX se basa en la Espectrometría de Absorción Atómica Zeeman, que elimina el efecto de las impurezas interferentes. El instrumento permite la determinación directa de Hg en el aire con un límite de detección ultra bajo en tiempo real (Higuera et al., 2013).

### **3.6.2 Evaluación de la composición metálica del material particulado PM<sub>10</sub> en la zona de Antahuila, La Rinconada.**

Se utilizó el método de Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS por sus siglas en inglés) para el análisis químico y el cálculo de la concentración de metales en los filtros del PM<sub>10</sub>. Este proceso se llevó

a cabo en el laboratorio "ALS LS Perú S.A.C.", el cual está certificado por el INACAL (Instituto Nacional de Calidad del Perú) con registro N° LE-029.

Para la evaluación de los resultados, se utilizaron valores de referencia establecidos por entidades internacionales, porque a la fecha en el Perú no se cuenta con una normativa para los metales presentes en el aire ambiental y las existentes solo presentan valores para plomo (D.S. N° 003 – 2017 – MINAM, 2017) y arsénico (D.S. N° 011-2023-MINAM, 2023).

Tabla 8

*Elementos principales evaluados en el PM<sub>10</sub>*

N°	Parámetro	Unidad
1	Plomo	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
2	Arsénico	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
3	Hierro	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
4	Cobre	$\mu\text{g}/\text{m}^3$

### **3.6.3 Determinación de las condiciones meteorológicas de la zona de Antahuila, La Rinconada.**

Se utilizó una estación meteorológica portátil automático DAVIS, modelo Vantage Pro2, por cada sitio de muestreo para la determinación de las condiciones meteorológicas de la zona Antahuila.

Los datos de las variables meteorológicas fueron consolidados en el software MINITAB para obtener descriptores estadísticos como el promedio, así como los valores máximos y mínimos.

- **VARIABLES METEOROLÓGICAS A EVALUAR**

La deposición, dispersión y transporte de los materiales particulados son influenciados por las variables meteorológicas, permitiendo orientar su análisis frente a la información hallada. En el desarrollo de la investigación se evaluaron las siguientes variables meteorológicas observadas en la tabla 9.



Tabla 9

*Variables meteorológicas evaluadas*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Símbolo</b>
Velocidad del viento	Metro por segundo	m/s
Dirección del viento		
Humedad relativa	Porcentaje	%
Presión atmosférica	Milibar	mBar
Temperatura	Grado celsius	°C

A continuación, se muestra la tabla 10 donde se explica el correcto procedimiento para instalar la estación meteorológica según el “Protocolo nacional de monitoreo de la calidad ambiental del aire”.

Tabla 10

*Requisitos técnicos para la instalación de estaciones meteorológicas*

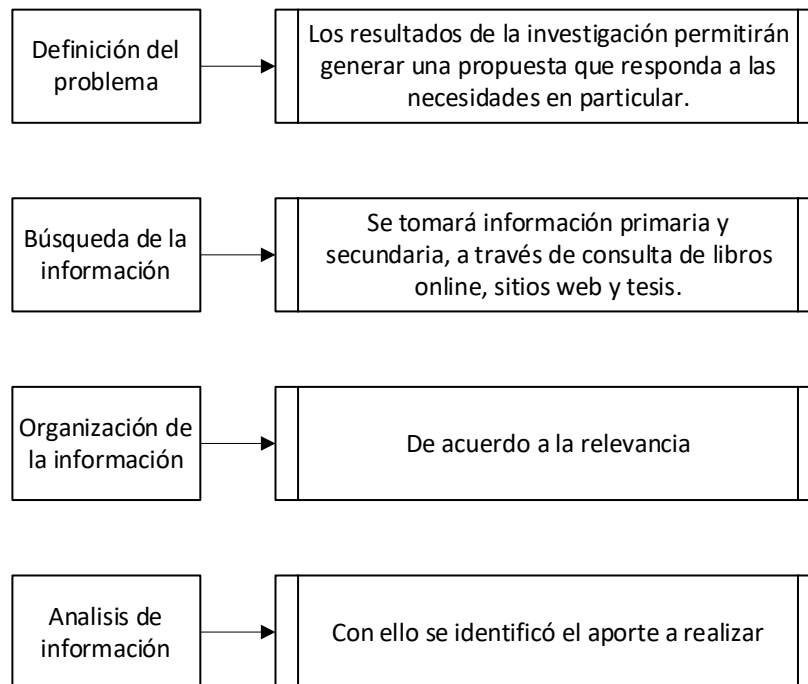
<b>Parámetro</b>	<b>Distancia de un obstáculo</b>	<b>Altura sobre el suelo</b>	<b>Comentarios</b>
Dirección/ velocidad de viento	10 veces la altura de un obstáculo	10 m	
Temperatura ambiente/ humedad relativa	1.5 veces el diámetro de la torre	1.25 m – 2 m	Los sensores deben evitar superficies como concreto o asfalto, ya que la reflexión de estas superficies podría interferir con las mediciones. Los sensores deben estar protegidos por un protector contra radiación y colocados donde no estén expuestos directamente a la luz solar, precipitación, rocío o viento. Es importante que el entorno tenga una temperatura uniforme y constante, evitando la exposición directa al sol y manteniéndolo alejado de corrientes de aire o fuentes de calor. El sensor debe situarse con la entrada de aire conectada al ambiente exterior, dentro de la plataforma de recolección de datos. Si se instala fuera, debe estar a 1.5-2 metros de altura, utilizando un dispositivo para minimizar el efecto de la presión dinámica del viento.
Presión atmosférica	1 m	1.5m- 2m	Para evitar salpicaduras, se debe evitar colocar el medidor sobre superficies como asfalto o concreto. Además, debe situarse a una altura adecuada para prevenir que quede cubierto por la nieve.
Precipitación	3 a 4 veces la altura de un obstáculo	1 m- 1.5 m	

Fuente: D.S. N° 010-2019-MINAM, tomado de EPA 2008 y SENAMHI 2013.

### 3.6.4 Realizar una propuesta para el control de la concentración del material particulado.

La propuesta para el control de la concentración de partículas en suspensión se planteó conforme a los resultados obtenidos, tomando en cuenta la siguiente metodología:

#### Metodología que se presenta para generar la propuesta



*Figura 5.* Flujograma de procesos para la realización de la propuesta.  
Fuente: Gómez, Fernando, Aponte & Betancourt (2014).

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Determinación de las cantidades de material particulado (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) y mercurio gaseoso (MGT), generados por la actividad minera en la zona de Antahuila, La Rinconada.

##### 4.1.1 Monitoreo de material particulado PM<sub>10</sub>

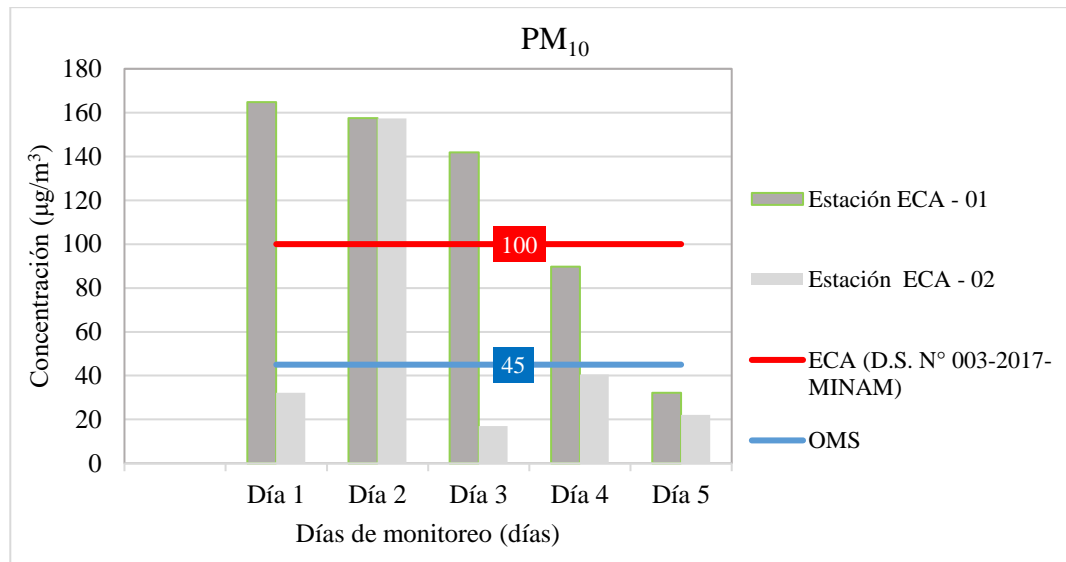
Tabla 11

*Valores de PM<sub>10</sub> hallados*

Día de muestreo	Fecha de muestreo	Concentración promedio de PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )		ECA (D.S. N° 003-2017-MINAM)
		Estación ECA - 01	Estación ECA - 02	
Día 01	10/10/2022 – 11/10/2022	164.86	32.20	<b>100 µg/m<sup>3</sup></b>
Día 02	11/10/2022 – 12/10/2022	157.44	157.31	
Día 03	12/10/2022 – 13/10/2022	141.95	16.96	
Día 04	13/10/2022 – 14/10/2022	89.80	40.52	
Día 05	14/10/2022 – 15/10/2022	32.23	22.16	
<b>Promedio</b>		<b>117.256</b>	<b>53.83</b>	

En la tabla 11, se detallan las concentraciones medidas en las dos estaciones, durante los días 10, 11, 12, 13 y 14 de octubre, donde la estación ECA-01 (barlovento) reporta mayores concentraciones (164.86, 157.44, 141.95, 89.80 y 32.23 ug/m<sup>3</sup>, respectivamente) frente a la estación ECA-02 (sotavento) con concentraciones de 32.20, 157.31, 16.96, 40.52 y 22.16 µg/m<sup>3</sup>, respectivamente. Esto ocurre porque las partículas son llevadas vientos que provienen del Sureste (SSE) hacia el lado barlovento, lo que resulta en un aumento de la cantidad de partículas en esa zona. Este hallazgo concuerda con lo que sostiene Licla (2021), quien menciona que la velocidad y dirección del viento son fundamentales para evaluar la dispersión de contaminantes del aire ambiental. Asimismo, la operación de las plantas de procesamiento del mineral y la ubicación de las estaciones de monitoreo influyeron de manera importante en los resultados, dado que la estación ECA 02, se ubicó en la parte baja de la zona de Antahuila y en un área con mayor población, a diferencia de la estación ECA-01, el cual se posicionó en la parte alta y en un sitio menos poblado de la zona de Antahuila, lo cual coincide con lo

establecido por Arutaype & Soto (2020), quienes indican que los resultados obtenidos se ven influenciados por la distribución de su jornada laboral y la ubicación del punto de monitoreo. Por su parte Arciniégas (2012), menciona que la concentración y distribución del material particulado, depende de muchos factores locales del área que pueden o no ser controlados.



**Figura 6.** Concentración de PM<sub>10</sub> comparados con los “ECA para aire” y OMS.  
**Nota:** Los niveles de PM<sub>10</sub> están indicados en µg/m<sup>3</sup>.

La figura 6 muestra la concentración en función de los días evaluados en ambos puntos de monitoreo de la zona de Antahuila. En la estación (ECA-01) se observa que las concentraciones obtenidas de PM<sub>10</sub> en los tres primeros días de evaluación, es decir, del 10 al 12 de octubre, sobrepasan el estándar de calidad ambiental de aire (D.S. 003-2017 - MINAM), por otra parte, los resultados obtenidos de los 4 primeros días de evaluación (10 al 13 de octubre) también sobrepasan las Directrices de calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud (OMS), cuyo valor es de 45 µg/m<sup>3</sup>, lo cual representa un riesgo significativo para la salud de la población expuesta (WHO, 2021) y para el medio ambiente.

En la estación (ECA-02), se presentan resultados inferiores a los “Estándares de Calidad Ambiental para Aire” (D.S. 003-2017 - MINAM), con excepción del día 02, en el que se registró un valor de 157.31 µg/m<sup>3</sup>, el cual fue tomado en el momento de descarga de material para procesar. En ese sentido, López (2022), determina que las operaciones mineras generan dispersión de contaminantes PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>, principalmente a través de actividades como la carga y descarga de

materiales, ya sean estériles o minerales; la circulación de vehículos en caminos sin pavimentar; la erosión eólica sobre los acopios de materiales y la combustión de motores de maquinaria y camiones utilizados.

#### 4.1.2 Monitoreo del material particulado PM<sub>2.5</sub>

Tabla 12

*Valores de PM<sub>2.5</sub> hallados*

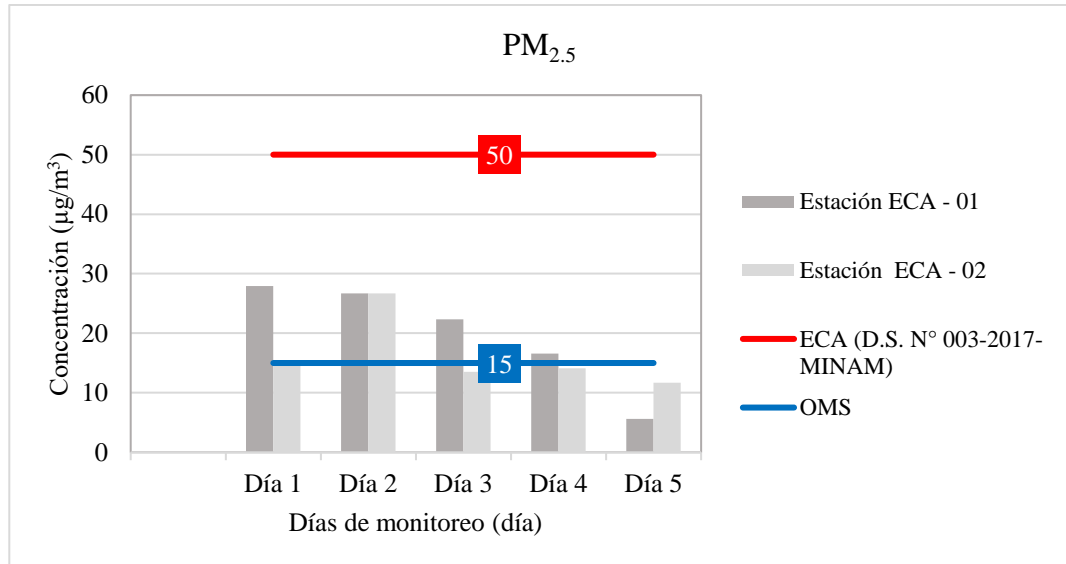
Día de muestreo	Fecha de muestreo	Concentración promedio de PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )		ECA (D.S. N° 003-2017-MINAM)
		Estación ECA - 01	Estación ECA - 02	
Día 01	10/10/2022 – 11/10/2022	27.95	15.16	50 µg/m <sup>3</sup>
Día 02	11/10/2022 – 12/10/2022	26.70	26.70	
Día 03	12/10/2022 – 13/10/2022	22.33	13.54	
Día 04	13/10/2022 – 14/10/2022	16.58	14.08	
Día 05	14/10/2022 – 15/10/2022	5.62	11.70	
<b>Promedio</b>		<b>19.836</b>	<b>16.236</b>	

En la tabla 12 se evidencian los datos de PM<sub>2.5</sub> registrados durante 24 horas en las estaciones ECA-01 y ECA-02, entre el 10 de octubre al 15 de octubre del 2022.

En la estación ECA 01, la máxima concentración (27.95 µg/m<sup>3</sup>) se obtuvo en el primer día de evaluación (10/10/2022 al 11/10/2022), mientras que la mínima concentración (5.62 µg/m<sup>3</sup>) se halló en el último día de evaluación, del 14/10/2022 al 15/10/2022. Por otra parte, en la estación ECA-02, la máxima concentración (26.70 µg/m<sup>3</sup>) se obtuvo en el segundo día de evaluación (11/10/2022 al 12/10/2022), mientras que la mínima concentración (11.70 µg/m<sup>3</sup>) se obtuvo en el último día de evaluación, a consecuencia del aumento de la humedad relativa (véase figura 20), lo cual se corrobora con la investigación de Silva & Canchala (2013), donde concluyen que existe una correlación negativa entre las concentraciones de material particulado y la humedad relativa.

Durante el periodo de monitoreo, las concentraciones medias de PM<sub>2.5</sub> fueron: estación ECA-01, con 19.836 µg/m<sup>3</sup> y estación ECA-02, con 16.236 µg/m<sup>3</sup>. La estación 01 registró mayor concentración de PM<sub>2.5</sub>.

Los niveles de PM<sub>2.5</sub> registrados en la zona podrían ser atribuidos en mayor medida a fuentes antropogénicas derivados de procesos de combustión de diésel, petróleo, carbón, gasolina, o de procesos industriales que implican la fundición, tal como indica Andi & Vega (2019).



*Figura 7.* Concentración de PM<sub>2.5</sub> comparados con los ECA para aire y OMS.

**Nota:** Los niveles de PM<sub>2.5</sub> están indicados en µg/m<sup>3</sup>.

En la figura 7, se evidencia que las concentraciones de PM<sub>2.5</sub> en las estaciones ECA-01 y ECA-02 cumplen con los “Estándares de Calidad Ambiental para Aire”, fijados en 50 µg/m<sup>3</sup>. Sin embargo, para la OMS representa una amenaza importante en la salud de las personas que viven y trabajan en el lugar, puesto que, superan el valor límite establecido (15 µg/m<sup>3</sup>). Datos similares fueron reportados por Arutaype & Soto (2020), quienes obtuvieron concentraciones que sobrepasaron los Estándares de calidad Ambiental para Aire, con valores de 77.1 µg/m<sup>3</sup> y 95.5 µg/m<sup>3</sup> en dos puntos de monitoreo, derivado de la actividad minera artesanal en la localidad de Secocha.

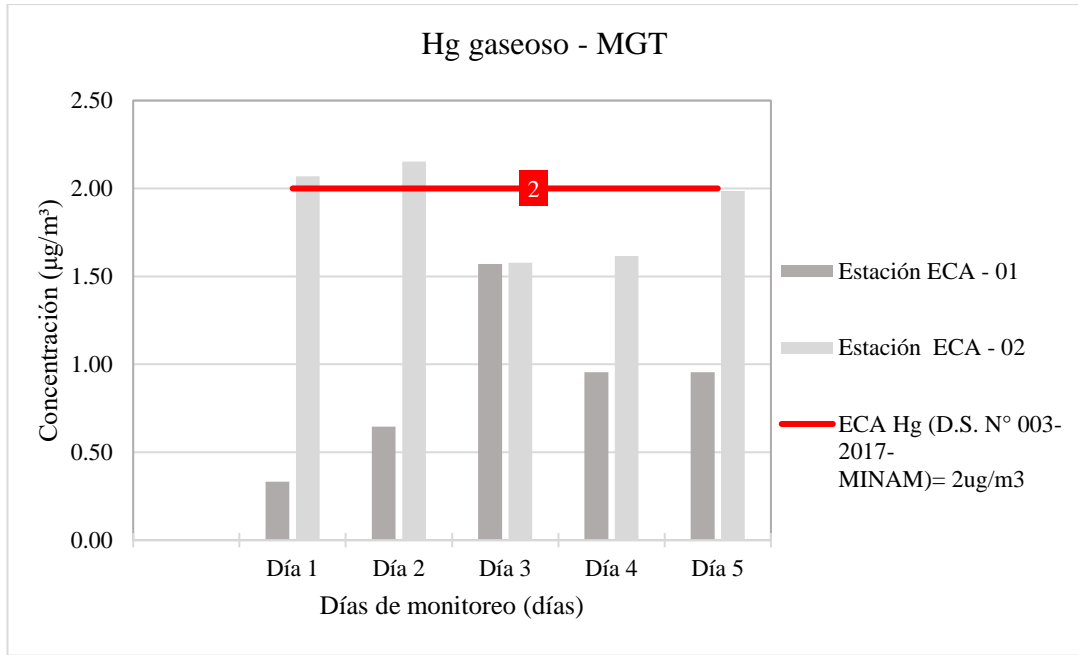
### 4.1.3 Monitoreo de mercurio gaseoso total (MGT)

Tabla 13

*Resultados de la concentración de mercurio gaseoso total (MGT)*

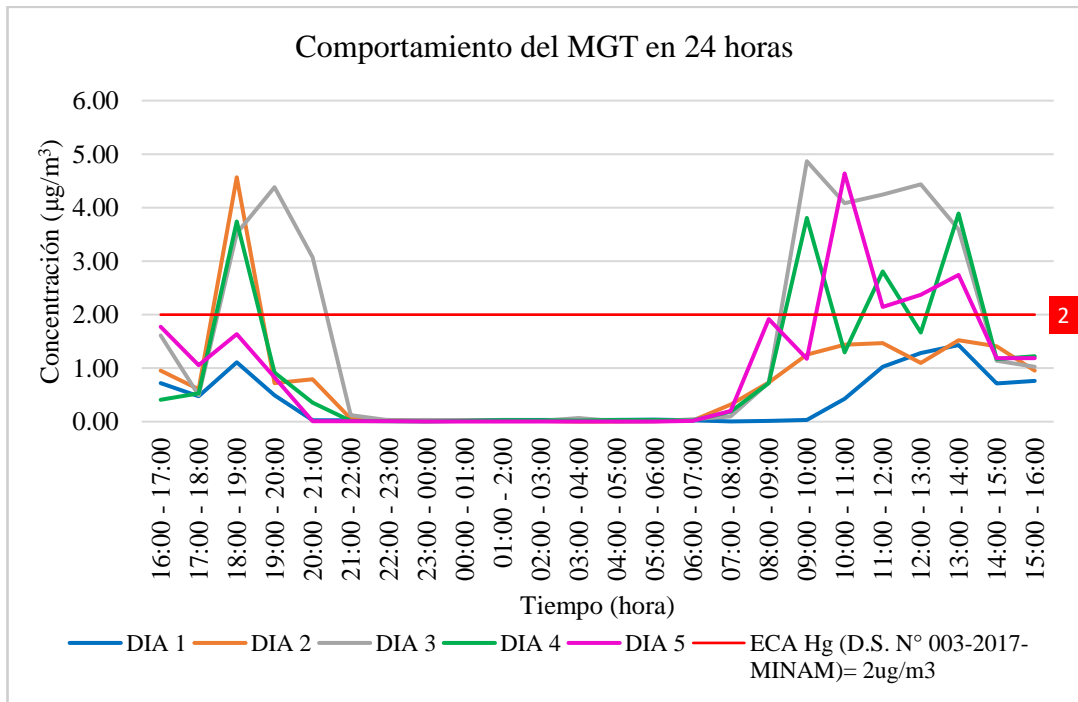
Día de muestreo	Fecha de muestreo	Concentración promedio de MGT ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		ECA (D.S. N° 003-2017-MINAM)
		Estación ECA - 01	Estación ECA - 02	
Día 01	10/10/2022 – 11/10/2022	0.332	2.070	<b>2 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>
Día 02	11/10/2022 – 12/10/2022	0.646	2.153	
Día 03	12/10/2022 – 13/10/2022	1.570	1.578	
Día 04	13/10/2022 – 14/10/2022	0.955	1.616	
Día 05	14/10/2022 – 15/10/2022	0.955	1.986	
<b>Promedio</b>		<b>0.892</b>	<b>1.881</b>	

Las concentraciones promedio de mercurio gaseoso total (MGT) de la estación 01 (ECA-01) en la zona de Antahuila durante el 10 al 15 de octubre de 2022 osciló entre 0.332 y 1.570  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; mientras que en la estación 02 (ECA-02), los resultados variaron entre 1.578 y 2.153. La concentración de MGT en la estación 02 fue claramente más alta que las concentraciones de la estación 01, mismos que sobrepasan los valores establecidos por los “Estándares de Calidad Ambiental para Aire” (2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en dos oportunidades, debido a que se ubicó en un área con mayor cantidad de fuentes de emisión (hornos artesanales). Esto se corrobora con el resultado de Alva (2019), en donde el comportamiento de las concentraciones de un contaminante a una distancia determinada, empezaron a disminuir a medida que se alejan de la fuente de emisión, es decir, la concentración del contaminante es mayor, mientras más cerca esta la fuente de emisión. Asimismo, cabe precisar que la velocidad del viento es otro factor que incide en los niveles de concentración del mercurio, ya que, a mayor velocidad, menor será la concentración de estos, puesto que dispersa rápidamente los agentes contaminantes (Grijalbo, 2016).



*Figura 8.* Concentración de MGT y ECA para aire respecto a MGT.  
**Nota:** Los valores de mercurio gaseoso están indicados µg/m³.

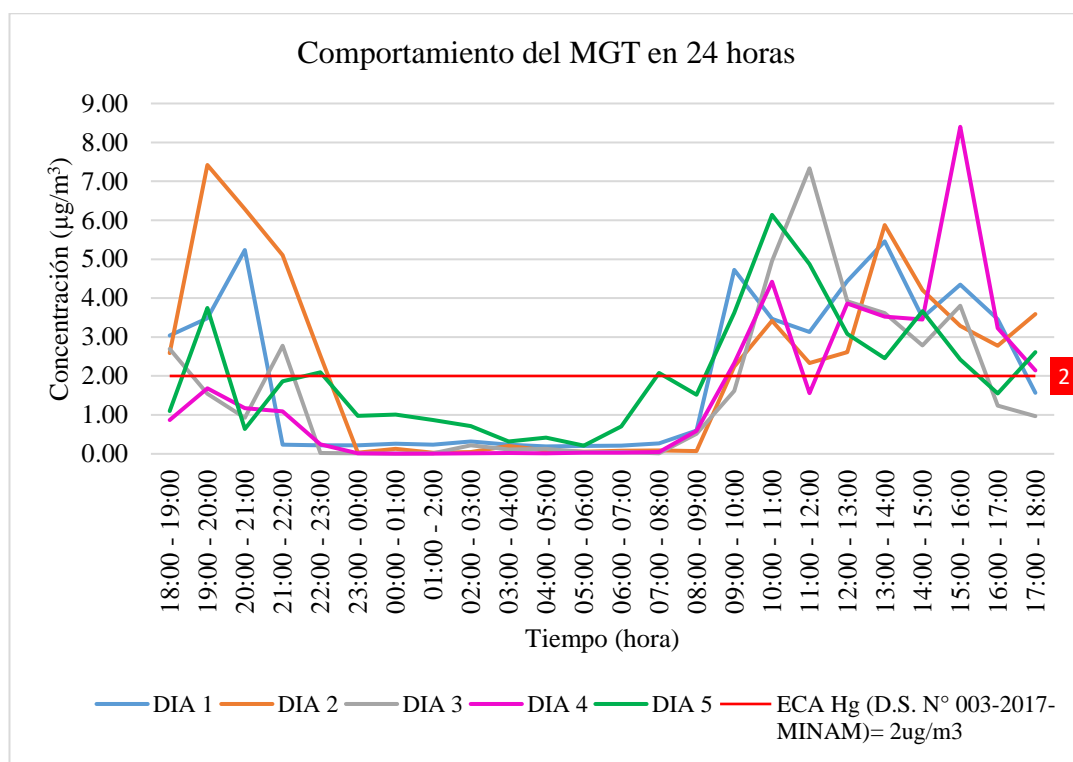
**Niveles de mercurio gaseoso durante 24 horas en el punto ECA – 01**



*Figura 9.* Niveles de mercurio gaseoso durante 24 horas en el punto ECA–01.  
**Nota:** Los valores de mercurio gaseoso están expresados en µg/m³.



## Niveles de mercurio gaseoso durante 24 horas en el punto ECA – 02



*Figura 10.* Niveles de mercurio gaseoso durante 24 horas en el punto ECA-02.

**Nota:** Los valores de mercurio gaseoso se encuentran expresados en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

De las figuras 9 y 10, se deduce que el incremento de las concentraciones de mercurio durante el día se atribuye a la jornada laboral en la zona, así como al aumento de temperatura en el día (horas de sol), puesto que éste tiende a volatilizarse, incluso a temperatura ambiente al estar expuesto (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2024). Las bajas concentraciones durante la madrugada podrían deberse a que el mercurio gaseoso se condensa fácilmente por un descenso de temperatura, especialmente en horas de la madrugada (véase figura 9 y 10); y en consecuencia son encapsulados por el material particulado presente en la atmósfera, tal como concluye Arutaype & Soto (2020). Por su parte Zhang-wei, Zuo-shuai, Ning & Xiao-shan (2007) deducen que, las bajas concentraciones de mercurio gaseoso se dan en invierno, debido al descenso de la temperatura del aire y menor radiación, esta variación también fue consistente con los estudios realizados en América del Norte y Europa, donde los niveles máximos se registraron en primavera o verano, y alcanzaron valores bajos en invierno (Slemr & Scheel, 1998). No obstante, la “Organización Mundial de la Salud” propone un valor tolerable de  $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para la exposición a largo plazo de

mercurio elemental, por lo tanto, los resultados exhiben que la población que vive en la zona de Antahuila esta enfrentando niveles de mercurio que superan los límites de exposición fijados por la OMS.

Las emisiones de mercurio de las actividades de la minería artesanal son un problema ambiental y de salud crítico en muchos países en desarrollo. El mercurio elemental gaseoso es particularmente peligroso para la salud humana (Kiefer et al., 2014). Según PNUMA (2002), la vía de exposición al mercurio elemental ocurre por inhalación de sus vapores principalmente, que son absorbidos por los tejidos pulmonares. Los síntomas que se podrían presentar son: pérdida de la memoria, dolores de cabeza, temblores, labilidad emocional, insomnio y cambios en el sistema neuromuscular, incluso podría ocasionar mortalidad si ha ocurrido una exposición alta.

En América del Sur, prevalecen los centros mineros artesanales urbanos, donde se quema la amalgama sin capturar el Hg evaporado (Nakazawa et al., 2016). Cordy et al. (2013), informaron que las emisiones de Hg de varios de estos centros mineros oscilaron entre 0.01 y 43.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Telmer & Veiga (2009), estimaron que de los 1000 mg de mercurio que ingresan al medio ambiente a través de las actividades de extracción artesanal de oro, 400 mg de mercurio elemental se volatilizan cada año directamente de los procesos de extracción artesanal de oro. Estos resultados indican que las concentraciones de Hg en el aire en los sitios que se dedican a la actividad minera son relativamente altas.

- **Contrastación de prueba de hipótesis**

**Material particulado PM<sub>10</sub>**

Los resultados de concentración de PM<sub>10</sub> en las estaciones de muestreo ECA-01 y ECA-02 están detallados en la Tabla 14.

Tabla 14

*Concentración de material particulado PM<sub>10</sub> - Estación ECA-01 y ECA-02*

Concentración promedio de PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )		ECA (D.S. N° 003-2017-MINAM)
Estación ECA-01	Estación ECA-02	
164.86	32.20	
157.44	157.31	
141.95	16.96	100 µg/m <sup>3</sup>
89.8	40.52	
32.23	22.16	

**a. Hipótesis:** El ECA para PM<sub>10</sub> según al D.S. N° 003-2017-MINAM es 100 µg/m<sup>3</sup>. Por lo tanto, se plantearon las siguientes hipótesis estadística para las estaciones de muestreo ECA-01 y ECA-02:

H<sub>0</sub>:  $\mu \geq 100$  (La concentración de PM<sub>10</sub> es mayor o igual a los “Estándares de Calidad Ambiental”).

H<sub>1</sub>:  $\mu < 100$  (La concentración de PM<sub>10</sub> es menor a los “Estándares de Calidad Ambiental”).

**b. Nivel de significación:** Para la evaluación estadística de los datos de muestreo, se consideró un nivel de significación  $\alpha = 0.05$ .

**c. Estadística:** Población normal, con varianza desconocida y  $n = 5$ . Si: H<sub>0</sub>  $\mu \geq 100$  es verdadera, la estadística fue:

$$t = \frac{\bar{x} - 100}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \quad (1)$$

La cual se distribuye según una t-Student con 4 grados de libertad. Los datos de los parámetros estadísticos se muestran en la tabla 15.

Tabla 15

*Parámetros estadísticos - Material particulado PM<sub>10</sub>.*

Estación	Tamaño de la muestra (n)	Media muestral ( $\bar{x}$ )	Media poblacional ( $\mu_0$ )	Desviación estándar (s)
ECA-01	5	117.256	100	55.843
ECA-02	5	53.830	100	58.557

**d. Región crítica:** Con un nivel de significación  $\alpha = 0.05$ , grados de libertad igual a 4 y una prueba de hipótesis unilateral con cola a la izquierda, según la tabla de probabilidades de t-Student se tiene que:  $t_{0.95, 4} = 2.132$ . En este caso la región crítica es:  $RC = \{t < -2.132\}$ .

**e. Cálculos:** Según los datos de la Tabla 15 se obtiene:

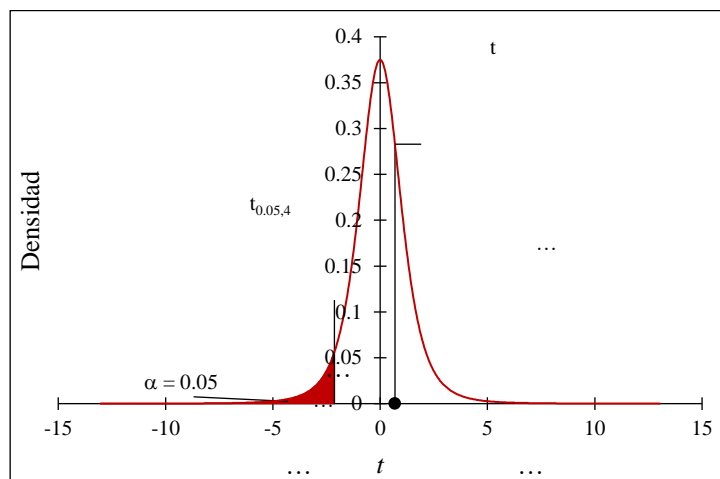
Para estación ECA-01:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} = \frac{117.256 - 100}{\frac{55.843}{\sqrt{5}}} = 0.691 \quad (2)$$

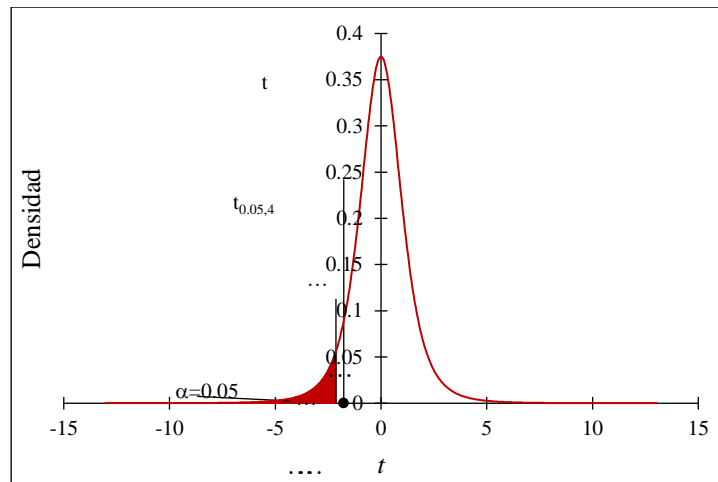
Para estación ECA-02:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} = \frac{53.830 - 100}{\frac{58.557}{\sqrt{5}}} = -1.763 \quad (3)$$

Gráficamente se tiene:



a) Estación ECA-01



b) Estación ECA-02

Figura 11. Curva de distribución t-Student para las hipótesis  $H_0: \mu \geq 100$  y  $H_1: \mu < 100$  - Material particulado  $PM_{10}$ .

Según los cálculos y gráficamente se observa que los t-Student calculados para la Estación ECA-01 y ECA-02 no se localizan en la región crítica ( $t > t_{0.95,4}$ ), encontrándose en la región de aceptación.

**f. Decisión:** Para las 2 estaciones de muestreo se acepta la hipótesis  $H_0$ .

**g. Conclusión:** Se concluye que la concentración de  $PM_{10}$  en las 2 estaciones es mayor o igual a los “Estándares de Calidad Ambiental para Aire” con un nivel de probabilidad  $\alpha = 5\%$ .

### Material particulado PM<sub>2.5</sub>

Los resultados de PM<sub>2.5</sub> en las estaciones de muestreo, ECA-01 y ECA-02 se reportan en la Tabla 16.

Tabla 16

*Concentración de material particulado PM<sub>2.5</sub> - Estación ECA-01 y ECA-02*

Concentración promedio de PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )		ECA (D.S. N° 003-2017-MINAM)
Estación ECA-01	Estación ECA-02	
27.95	15.16	50 µg/m <sup>3</sup>
26.70	26.70	
22.33	13.54	
16.58	14.08	
5.62	11.70	

**a. Hipótesis:** El ECA para PM<sub>2.5</sub> es igual a 50 µg/m<sup>3</sup> conforme al D.S. N° 003-2017-MINAM. Se plantearon las siguientes hipótesis estadísticas para los puntos de muestreo ECA-01 y ECA-02:

H<sub>0</sub>:  $\mu \geq 50$  (La concentración de PM<sub>2.5</sub> es mayor o igual a los “Estándares de Calidad Ambiental”).

H<sub>1</sub>:  $\mu < 50$  (La concentración de PM<sub>2.5</sub> es menor a los “Estándares de Calidad Ambiental”).

**b. Nivel de significación:** Se consideró un nivel de significación  $\alpha = 0.05$ .

**c. Estadística:** Población normal, con varianza desconocida y  $n = 5$ . Si: H<sub>0</sub>  $\mu \geq 50$  es verdadera, la estadística fue:

$$t = \frac{\bar{x} - 50}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \quad (1)$$

Se distribuye según una t-Student con 4 grados de libertad. Los datos de los parámetros estadísticos se muestran en la tabla 17.

Tabla 17

*Parámetros estadísticos - Material particulado PM<sub>2.5</sub>*

Estación	Tamaño de la muestra (n)	Media muestral ( $\bar{x}$ )	Media poblacional ( $\mu_0$ )	Desviación estándar (s)
ECA-01	5	19.836	50	9.109
ECA-02	5	16.236	50	5.982

**d. Región crítica:** Para un nivel de significación  $\alpha = 0.05$ , grados de libertad igual a 4 y una prueba de hipótesis unilateral con cola a la izquierda, respecto a la tabla de probabilidades de t-Student se tiene que:  $t_{0.95, 4} = 2.132$ . La región crítica es:  $RC = \{t < -2.132\}$ .

**e. Cálculos:** Según los datos de la Tabla 17 se obtiene:

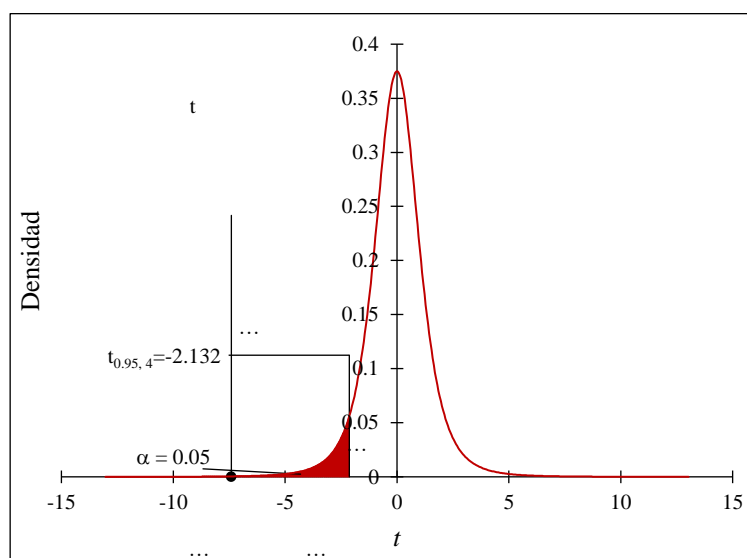
Para estación ECA-01:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} = \frac{19.836 - 50}{\frac{9.109}{\sqrt{5}}} = -7.405 \quad (2)$$

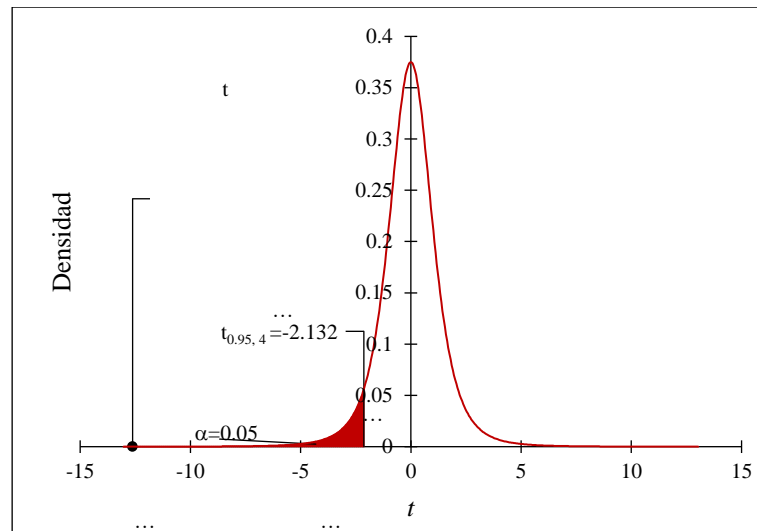
Para estación ECA-02:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} = \frac{16.236 - 50}{\frac{5.982}{\sqrt{5}}} = -12.621 \quad (3)$$

Gráficamente se tiene:



a) Estación ECA-01



b) Estación ECA-02

Figura 12. Curva de distribución t-Student para las hipótesis

$H_0: \mu \geq 50$  y  $H_1: \mu < 50$  - Material particulado  $PM_{2.5}$

Según los cálculos y gráficamente se observar que los t-Student calculados para la estación ECA-01 y ECA-02 se hallan en la región crítica ( $t < t_{0.95,4}$ ), encontrándose en la región de rechazo.

- f. **Decisión:** Para las 2 estaciones de muestreo se rechaza la hipótesis  $H_0$  y se acepta la hipótesis alterna.
- g. **Conclusión:** Se puede afirmar que la concentración de  $PM_{2.5}$  en las 2 estaciones es menor a los “Estándares de Calidad Ambiental para Aire” con un nivel de probabilidad  $\alpha = 5\%$ .



## Mercurio gaseoso

Los resultados de la concentración de mercurio gaseoso total (MGT) en las estaciones de muestreo ECA-01 y ECA-02 se reportan en la Tabla 18.

Tabla 18

*Concentración de mercurio gaseoso total - Estación ECA-01 y ECA-02*

Concentración de mercurio gaseoso ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		ECA (D.S. N° 003-2017-MINAM)
Estación ECA-01	Estación ECA-02	
0.332	2.070	
0.646	2.153	
1.570	1.578	2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
0.955	1.616	
0.955	1.986	

**a. Hipótesis:** El ECA para MGT según el D.S. N° 003-2017-MINAM es igual a 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Se plantearon las siguientes hipótesis estadística para las estaciones de muestreo ECA-01 y ECA-02:

$H_0: \mu \geq 2$  (La concentración de MGT es mayor o igual a los “Estándares de Calidad Ambiental”).

$H_1: \mu < 2$  (La concentración de MGT es menor a los “Estándares de Calidad Ambiental”).

**b. Nivel de significación:**  $\alpha = 0.05$ .

**c. Estadística:** Población normal, con varianza desconocida y  $n = 5$ . Si:  $H_0 \mu \geq 2$  es verdadera, la estadística fue:

$$t = \frac{\bar{x} - 2}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \quad (1)$$

Se distribuye según una t-Student con 4 grados de libertad. Los datos de los parámetros estadísticos se muestran en la tabla 19.

Tabla 19

*Parámetros estadísticos - Mercurio gaseoso total*

Estación	Tamaño de la muestra ( $n$ )	Media muestral ( $\bar{x}$ )	Media poblacional ( $\mu_0$ )	Desviación estándar ( $s$ )
ECA-01	5	0.892	2	0.459
ECA-02	5	1.881	2	0.266

**d. Región crítica:** Para un nivel de significación  $\alpha = 0.05$ , grados de libertad igual a 4 y una prueba de hipótesis unilateral con cola a la izquierda, respecto a la tabla de probabilidades de t-Student se tiene que:  $t_{0.95, 4} = 2.132$ . La región crítica es:  $RC = \{t < -2.132\}$ .

**e. Cálculos:** Según los datos de la Tabla 19 se obtiene:

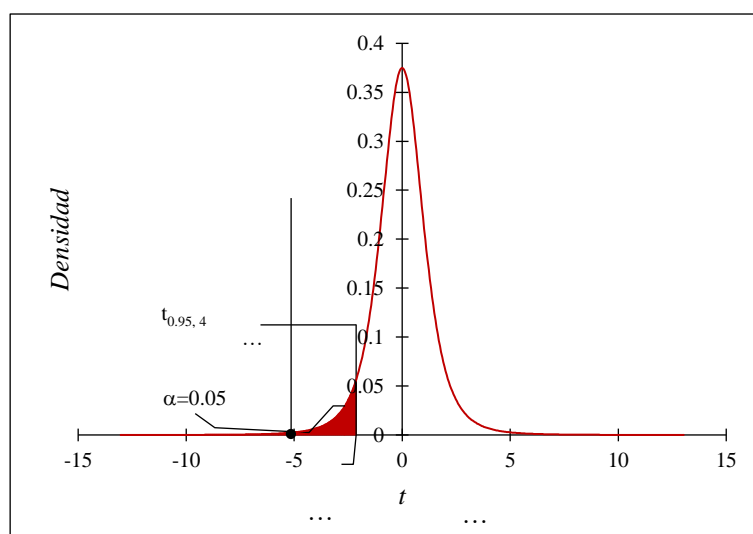
Para estación ECA-01:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} = \frac{0.892 - 2}{\frac{0.459}{\sqrt{5}}} = -5.39 \quad (2)$$

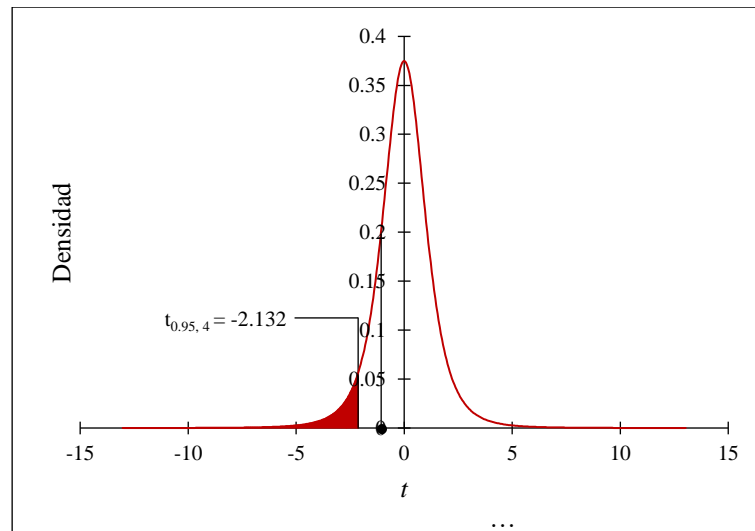
Para estación ECA-02:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} = \frac{1.881 - 2}{\frac{0.266}{\sqrt{5}}} = -1.0003 \quad (3)$$

Gráficamente se tiene:



a) Estación ECA-01



b) Estación ECA-02

Figura 13. Curva de distribución t-Student para las hipótesis

$$H_0: \mu \geq 2 \text{ y } H_1: \mu < 2 - \text{Mercurio gaseoso total.}$$

Según los cálculos y gráficamente se observa que los t-Student calculados para la Estación ECA-01 se encuentran en la región crítica ( $t < t_{0,95,4}$ ), es decir, están en la región de rechazo, mientras que para la Estación ECA-02, se encuentran en la región de aceptación.

- f. **Decisión:** Para la estación de muestreo ECA-01, se rechaza la hipótesis  $H_0$  y se acepta la hipótesis alterna. Para la estación de muestreo ECA-02, se acepta la hipótesis  $H_0$  y se rechaza la hipótesis alterna.
- g. **Conclusión:** Se puede afirmar que la concentración de MGT en la estación ECA-01 es menor a los “Estándares de Calidad Ambiental para el aire” con un nivel de probabilidad  $\alpha = 5\%$ , asimismo se puede afirmar que la concentración de MGT en la estación ECA-02 es mayor a los “Estándares de Calidad Ambiental para el aire” con un nivel de probabilidad  $\alpha = 5\%$ .

#### 4.2 Evaluación de la composición metálica (Pb, As, Fe, Cu) del material particulado PM<sub>10</sub> en la zona de Antahuila, La Rinconada.

La variedad de partículas en el aire es amplia, incluyendo presencia de metales en su composición (Doria, 2020). Teniendo en cuenta la importancia del efecto sobre la salud de las partículas inhalables PM<sub>10</sub> y los metales asociados a ellas, se reportaron los siguientes: plata (Ag), aluminio (Al), antimonio (Sb), berilio (Be), cobre (Cu), bario (Ba), calcio (Ca), bismuto (Bi), hierro (Fe), estroncio (Sr), estaño (Sn), cadmio (Cd), fósforo (P), cobalto (Co), cromo (Cr), níquel (Ni), litio (Li), molibdeno (Mo), mercurio (Hg), magnesio (Mg), plomo (Pb), manganeso (Mn), sodio (Na), titanio (Ti), potasio (K), selenio (Se), vanadio (V), talio (Tl), uranio (U) y zinc (Zn), además de los metaloides boro (B), silicio (Si) y arsénico (As) (véase anexo 7). Para el caso del Pb, As, Fe, Cu, Si y Al, los resultados se analizan a detalle en los siguientes párrafos.

Tabla 20

*Concentración de metales ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) hallados en el PM<sub>10</sub>*

Estación	Día de muestreo	PM <sub>10</sub>	Metales				Metaloides	
			Pb	As	Fe	Cu	Si	Al
ECA-01	Día 1	164.86	0.0173	0.1322	8.4931	0.2009	3.0569	3.2050
	Día 2	157.44	0.0175	0.1276	7.5213	0.1849	2.8281	2.9319
	Día 3	141.95	0.0149	0.1240	7.1938	0.1734	2.4844	2.7219
	Día 4	89.80	0.0134	0.0935	4.7600	0.1889	1.5288	1.7738
	Día 5	32.23	0.0050	0.0305	1.8194	0.1602	0.3246	0.6975
ECA-02	Día 1	32.2	0.0071	0.0333	2.0788	0.0259	0.6183	0.7431
	Día 2	157.31	0.0069	0.0560	2.4206	0.0264	0.7344	0.8700
	Día 3	16.96	0.0073	0.0202	0.8950	0.0294	0.1932	0.2969
	Día 4	40.52	0.0151	0.0622	2.5519	0.0171	0.4868	0.7638
	Día 5	22.16	0.0064	0.0293	1.3975	0.0409	0.2153	0.4284

Según la tabla 20 y las figuras 14 y 15, las concentraciones más elevadas de metales en partículas atmosféricas PM<sub>10</sub> se registraron para el hierro (Fe), seguido del aluminio (Al), silicio (Si) y las más bajas para el plomo (Pb). Todos los metales evaluados en las partículas atmosféricas son emitidos a la atmósfera producto de las actividades mineras, relacionadas con el procesamiento del mineral (Fe, Si, Cu, As, Al) y el parque automotor (Pb). Similar resultado obtuvo Doria (2020), cuando determinó las concentraciones de Al, Cr, V, As, Se y Fe, atribuidas a la actividad minera de carbón y el tránsito vehicular, en la localidad de Barrancas – Colombia, obteniendo mayor concentración en Al ( $1.17 \mu\text{g}/\text{m}^3 + 0.14$ ) y Fe ( $0.53 \mu\text{g}/\text{m}^3 + 0.30$ ). Por su parte Suárez et al. (2017), en su

investigación halló en mayor abundancia Si, Ca, Al, Fe y K en PM<sub>10</sub>, indicando la dominancia de elementos geológicos provenientes del suelo.

Es importante mencionar que, el “Estándar de Calidad Ambiental para Aire” solo contempla valores de concentración para arsénico, cromo y cadmio en material particulado para periodos de 24 horas, por tanto, para los demás metales evaluados se utilizó como norma de comparación referencial a la normativa de Ontario – Canadá (Criterios de Calidad del Aire Ambiental - AAQC).

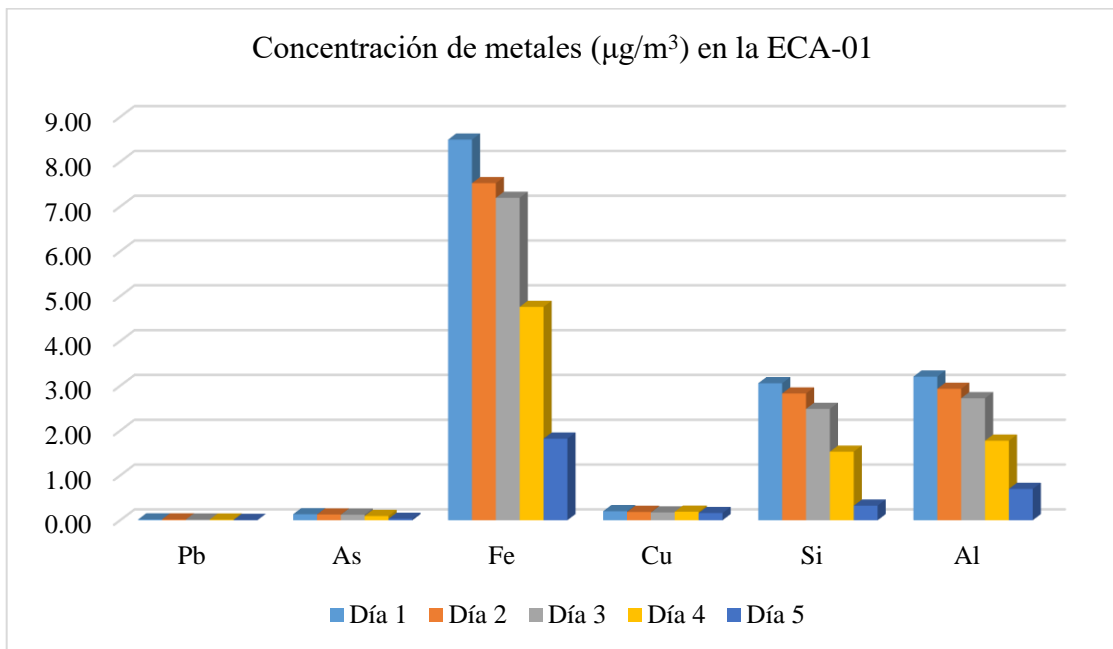


Figura 14. Concentración de metales ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en PM<sub>10</sub> para la estación ECA-01.

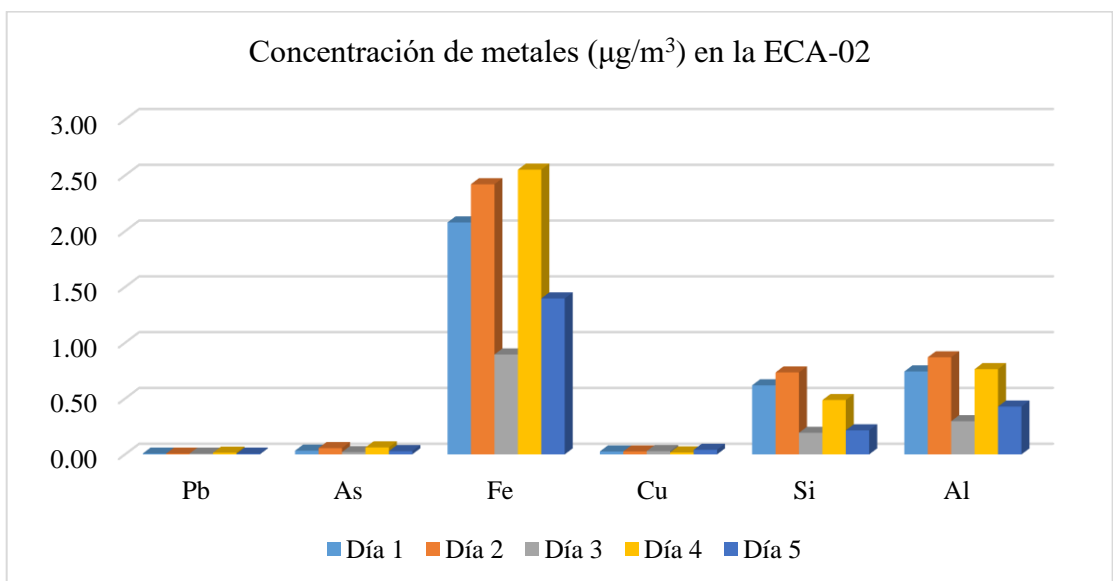


Figura 15. Concentración de metales ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en PM<sub>10</sub> para la estación ECA-02.

Los resultados obtenidos para el hierro (Fe), en la estación ECA-01 presentan concentraciones de 8.4931, 7.5213, 7.1938, 4.76 y 1.8194  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en los días 10, 11, 12, 13 y 14 de octubre del 2022, respectivamente. En lo que respecta a la estación ECA-02, se registra un valor máximo de 2.5519  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Demostrando valores altos en la estación ECA-01. Para el metal hierro no existe regulación en Perú que establezca un límite máximo de concentración en el aire, sin embargo, se tomó los Criterios de Calidad del Aire Ambiental (AAQC) establecidos por el Ministerio de Medio Ambiente, Conservación y Parques de Ontario, el cual es de 4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para el Fe, mismo que busca proteger contra los efectos adversos sobre la salud y/o el medio ambiente (OMECP, 2020). En ese sentido, se observa que los resultados en la estación ECA-01, sobrepasan el valor límite, lo cual representa un peligro para la salud de la población que vive y labora en la zona de Antahuila, La Rinconada, por lo tanto, resulta importante darles seguimiento y vigilancia a las concentraciones emitidas de hierro para su atenuación (Martínez, 2019).

En relación al aluminio (Al), en la estación ECA-01 se obtuvieron los siguientes resultados: 3.2050, 2.9319, 2.7219, 1.7738 y 0.6975  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  por cada día de evaluación (del 10 al 14 de octubre), mientras que en la estación ECA-02, los valores máximo y mínimo fueron 0.8700 y 0.4284  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente. Según el Criterio de Calidad del Aire Ambiental (AAQC) del Ministerio de Medio Ambiente, Conservación y Parques de Ontario, presenta un valor diario de concentración para el aluminio de 2.18  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Por tanto, los valores encontrados en la estación ECA-01, superan el valor señalado por el OMECP, en ese sentido, representa un riesgo para la salud de la población que vive expuesta (ATSDR, 2008) y labora en la zona de Antahuila, La Rinconada. Cakmak, et. al (2014; como se citó en Doria, 2020), sostiene que entre los metales más abundantes se halla el Al, proveniente de ciertas actividades industriales y de la erosión natural de la corteza terrestre.

Respecto al silicio (Si), los niveles obtenidos en la estación ECA-01 fueron: 3.0569, 2.8281, 2.4844, 1.5288 y 0.3246  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en los 5 días de evaluación. En la estación ECA-02, el registro máximo alcanzado es de 0.7344  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , mientras que el valor mínimo reporta 0.1932  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Martínez (2011) señala que el silicio no se encuentra en la naturaleza en estado puro, se halla generalmente combinado con oxígeno en su mayoría formando óxidos de Si (sílice cristalina) y silicatos. La sílice cristalina existe en varias

formas, las cuales incluye el cuarzo, la cristobalita y la tridimita, siendo el cuarzo es la más frecuente; de hecho, es el segundo mineral más habitual en el planeta (González, 2016). Este compuesto (cuarzo) se asocia a la labor de chancado y molienda de rocas que se realiza en la zona de Antahuila para la obtención del oro. Carlín (1957) concluyó que todo trabajo de minería, donde existe sílice libre en el polvo ambiental, hay un mayor o menor riesgo de adquirir silicosis, si no se toman las medidas de prevención convenientes. De acuerdo al D.S. N° 015-2005-SA (2005), el valor permisible de la sílice cristalina en su fracción respirable es de  $0.05 \text{ mg/m}^3$  o  $50 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ . En ese sentido, los valores cumplen con el límite permisible en el ambiente de trabajo, sin embargo, los resultados muestran la presencia del contaminante por lo que no se exime de tomar medidas preventivas.

Los resultados obtenidos para el cobre (Cu), presenta un valor máximo de  $0.2009 \text{ }\mu\text{g/m}^3$  y un valor mínimo de  $0.1602 \text{ }\mu\text{g/m}^3$  en la estación ECA-01, en tanto la estación ECA-02, registra datos más bajos:  $0.0259$  y  $0.0171 \text{ }\mu\text{g/m}^3$  (máximo y mínimo, respectivamente). Según el Criterio de Calidad del Aire Ambiental (AAQC) del Ministerio de Medio Ambiente, Conservación y Parques de Ontario, presenta un valor diario de concentración para el cobre de  $50 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ . Por tanto, los valores encontrados en ambas estaciones, no superan el valor señalado por el OMECP.

En la investigación realizada por (Martínez, 2019), en el complejo minero de Cananea, Sonora, obtuvo un valor máximo de  $0.655 \text{ }\mu\text{g/m}^3$  de Cu, por lo que se considera que no representa un peligro para la población que radica en áreas aledañas.

En referencia al arsénico (As) en la estación ECA-01, los valores oscilan entre  $0.0305$  y  $0.1322 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ , en tanto que en la estación ECA-02, los valores fluctúan en  $0.0202$  y  $0.0622 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ . Según la normativa nacional (DS N° 011-2023-MINAM) y el Criterio de Calidad del Aire Ambiental (AAQC) del Ministerio de Medio Ambiente, Conservación y Parques de Ontario (OMECP), presentan un valor diario de concentración para el arsénico de  $0.3 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ . Por tanto, los valores encontrados en ambas estaciones, no superan el valor señalado por el OMECP, mismo resultado se obtuvo en la investigación de Poma & Quiñones (2008) en el pasivo minero CIA Alianza, donde los valores ( $0.1 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ , valor máximo) se encontraron por debajo de lo establecido en la norma nacional.

Para el caso del plomo (Pb), los resultados muestran una concentración máxima de 0.0175 y 0.0151  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en la estación ECA-01 y la estación ECA-02, respectivamente; que, comparados con la normativa canadiense, no sobrepasan el nivel permisible diario (0.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

En el estudio realizado por Doria & Fagundo (2017) en el departamento de La Guajira (Colombia) que corresponden a la zona de influencia de la mina, se determinó concentraciones bajas de Pb (0.008  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Por otra parte, Arellano (2019), en su investigación en la zonas citadinas y alto tráfico vehicular de la ciudad de Cusco, presentó valores más altos (0.21  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , valor máximo) a los registrados en el presente estudio. El Pb contenido en las partículas de polvo sedimentables proviene mayoritariamente de las emisiones de vehículos que utilizan gasolina como aditivo antidetonante (Doria & Fagundo, 2017).

- **Contratación de hipótesis**

**Concentración de metales en PM<sub>10</sub>**

Las concentraciones de los metales en material particulado (PM<sub>10</sub>) se muestran en las tablas 21 y 22.

Tabla 21

*Concentración de metales en PM<sub>10</sub> en estación ECA-01 y ECA-02.*

Concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )							
Estación ECA-01				Estación ECA-02			
Pb	As	Fe	Cu	Pb	As	Fe	Cu
0.0173	0.1322	8.4931	0.2009	0.0071	0.0333	2.0788	0.0259
0.0175	0.1276	7.5213	0.1849	0.0069	0.0560	2.4206	0.0264
0.0149	0.1240	7.1938	0.1734	0.0073	0.0202	0.8950	0.0294
0.0134	0.0935	4.7600	0.1889	0.0151	0.0622	2.5519	0.0171
0.005	0.0305	1.8194	0.1602	0.0064	0.0293	1.3975	0.0409

**a. Hipótesis:** La hipótesis nula ( $H_0$ ) e hipótesis alterna ( $H_1$ ) se planteó en relación a la hipótesis de investigación específica (concentraciones) para los puntos de muestreo ECA-01 y ECA-02.

$H_0: \mu \leq 0$  (El material particulado PM<sub>10</sub> no está compuesto por plomo, arsénico, hierro y cobre).

$H_1: \mu > 0$  (El material particulado PM<sub>10</sub> está compuesto por plomo, arsénico, hierro y cobre).



**b. Nivel de significación:**  $\alpha = 0.05$ .

**c. Estadística:** Población normal, con varianza desconocida y  $n = 20$ . Si:  $H_0 \mu \leq 0$  es verdadera, la estadística fue:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \quad (1)$$

Se distribuye según una t-Student con 19 grados de libertad. A continuación, se presentan los resultados de los parámetros estadísticos (tabla 22).

Tabla 22

*Parámetros estadísticos – concentración de metales en  $PM_{10}$ .*

Estación	Tamaño de la muestra ( $n$ )	Media muestral ( $\bar{x}$ )	Media poblacional ( $\mu_0$ )	Desviación estándar ( $s$ )
ECA-01	20	1.564	0	2.881
ECA-02	20	0.486	0	0.880

**d. Región crítica:** Para un nivel de significación  $\alpha = 0.05$ , grados de libertad igual a 19 y una prueba de hipótesis unilateral con cola a la derecha, respecto a la tabla de probabilidades de t-Student se tiene que:  $t_{0.95, 19} = 1.729$ . La región crítica es:  $RC = \{t > 1.729\}$ .

**e. Cálculos:** Según los datos de la Tabla 22 se obtiene:

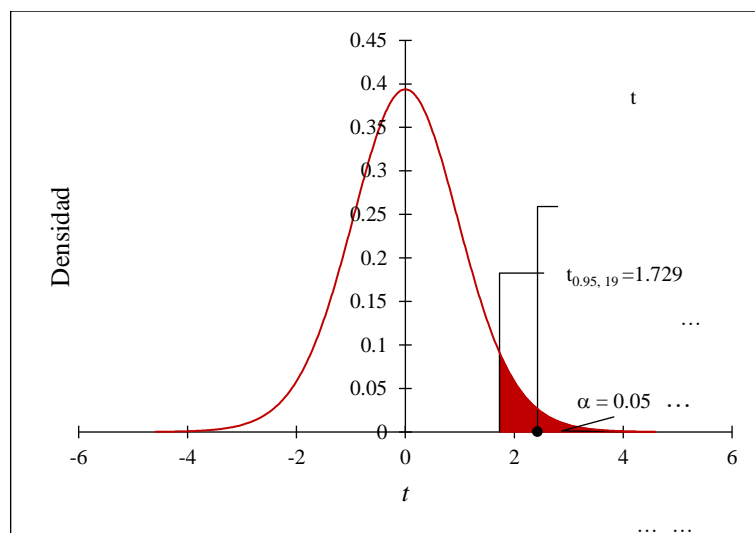
Para estación ECA-01:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} = \frac{1.564 - 0}{\frac{2.881}{\sqrt{20}}} = 2.427 \quad (2)$$

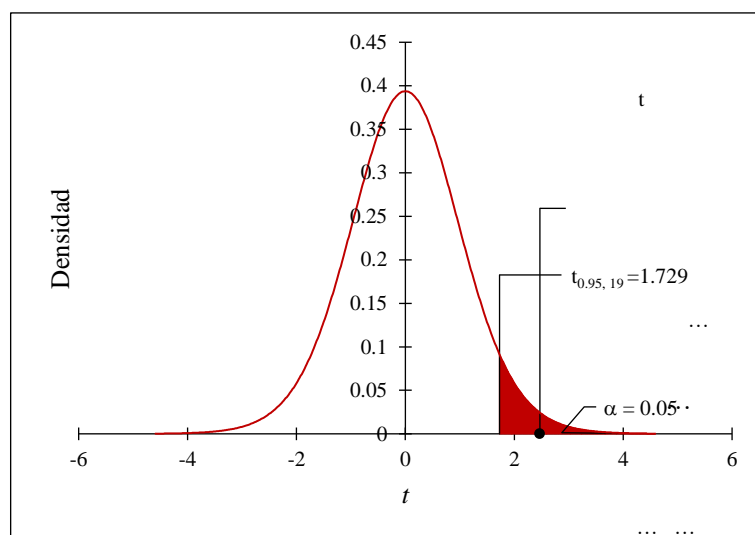
Para estación ECA-02:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} = \frac{0.486 - 0}{\frac{0.880}{\sqrt{20}}} = 2.470 \quad (3)$$

Gráficamente se tiene:



a) Estación ECA-01



b) Estación ECA-02

Figura 16. Curva de distribución t-Student para las hipótesis

$H_0: \mu \leq 0$  y  $H_1: \mu > 0$  – Concentración de metales en  $PM_{10}$ .

Según los cálculos y gráficamente se observan que los t-Student calculados para la Estación ECA-01 y ECA-02 se hallan en la región crítica ( $t > t_{0.95,4}$ ), encontrándose en la región de rechazo.

**f. Decisión:** Para las 2 estaciones de muestreo se rechaza la hipótesis  $H_0$  y se acepta la hipótesis alterna.

**g. Conclusión:** Se puede afirmar que el material particulado  $PM_{10}$  está compuesto por plomo, arsénico, hierro y cobre con un nivel de probabilidad  $\alpha = 5\%$ .

### 4.3 Determinación de las condiciones meteorológicas de la zona de Antahuila, La Rinconada.

En la tabla 23, se exhiben los registros promedio, máximo y mínimo de los factores meteorológicos evaluados en la zona de Antahuila – La Rinconada, en el periodo de 5 días (del 10 al 15 de octubre del 2022), como son la temperatura (°C), humedad (%), velocidad (m/s) y dirección del viento, y presión (mBar) en cada estación de muestreo. En el Anexo 2 se detallan los registros de cada factor meteorológico evaluado durante los 5 días, en ambas estaciones de monitoreo.

Tabla 23

*Datos meteorológicos: promedio, máximo y mínimo*

Fecha de muestreo	Estación de muestreo	Temperatura (°C)			Humedad (%)			Velocidad del viento (m/s)			Presión (mBar)			Dirección del viento
		Prom	Máx	Mín	Prom	Máx	Mín	Prom	Máx	Mín	Prom	Máx	Mín	
Del 10 al 11 de octubre	ECA-01	<b>5.04</b>	14.7	-1.8	<b>19.75</b>	38	5	<b>0.39</b>	1.8	0	<b>562.43</b>	563.7	560.4	SSE
	ECA-02	<b>4.21</b>	12.4	-2.7	<b>19.58</b>	38	5	<b>0.16</b>	0.9	0	<b>564.56</b>	565.7	563.1	NE
Del 11 al 12 de octubre	ECA-01	<b>3.35</b>	10.9	-3.6	<b>19.92</b>	33	5	<b>0.80</b>	2.7	0	<b>561.75</b>	563.3	559.4	SSE
	ECA-02	<b>3.3</b>	13.6	-4.3	<b>23.04</b>	45	7	<b>0.25</b>	0.9	0	<b>563.56</b>	564.9	561.4	E
Del 12 al 13 de octubre	ECA-01	<b>2.38</b>	13.8	-5.2	<b>34.33</b>	68	10	<b>0.17</b>	1.8	0	<b>560.57</b>	561.9	558.9	SSE
	ECA-02	<b>2.52</b>	12.9	-4.7	<b>34.04</b>	67	14	<b>0.21</b>	0.9	0	<b>562.41</b>	563.5	561.1	ENE
Del 13 al 14 de octubre	ECA-01	<b>3.19</b>	10.9	-1.4	<b>63.67</b>	82	39	<b>0.37</b>	2.2	0	<b>561.19</b>	562.9	558.9	NNW
	ECA-02	<b>3</b>	12.7	-2.1	<b>65.83</b>	86	36	<b>0.08</b>	0.4	0	<b>563.11</b>	564.9	562.0	NE
Del 14 al 15 de octubre	ECA-01	<b>3.21</b>	12.2	-0.8	<b>71.92</b>	88	47	<b>0.61</b>	2.2	0	<b>562.64</b>	564.1	560.8	NNW
	ECA-02	<b>3.09</b>	12.3	-1.1	<b>73.21</b>	90	47	<b>0</b>	0	0	<b>564.47</b>	565.8	563.2	ENE

En seguida, se presentan las gráficas del comportamiento de cada uno de los parámetros muestreados durante los cinco días de monitoreo.

#### a. Temperatura

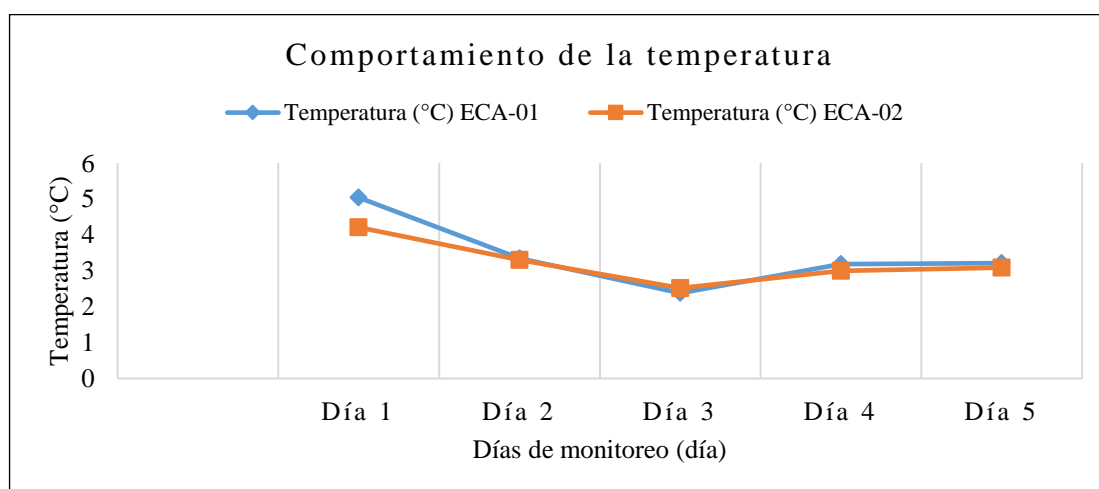


Figura 17. Comportamiento de la temperatura promedio en los puntos de monitoreo.

En la figura 17 se observa que, respecto a la temperatura, los valores mínimos se obtuvieron en el tercer día de monitoreo (del 12 al 13 de octubre), siendo  $-5.2\text{ }^{\circ}\text{C}$  en la estación ECA-01 y  $-4.7\text{ }^{\circ}\text{C}$  en la estación ECA-02. Según Loaiza & Calderón (2021), el clima de La Rinconada tiene fluctuaciones extremas de temperatura. El invierno es seco y soleado con máximas de  $12\text{ }^{\circ}\text{C}$  y mínimas de  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . El verano es más templado, con máximas de  $16\text{ }^{\circ}\text{C}$  y mínimas de  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Entre diciembre y abril, hay una temporada de lluvias intensas, nieve y granizo.

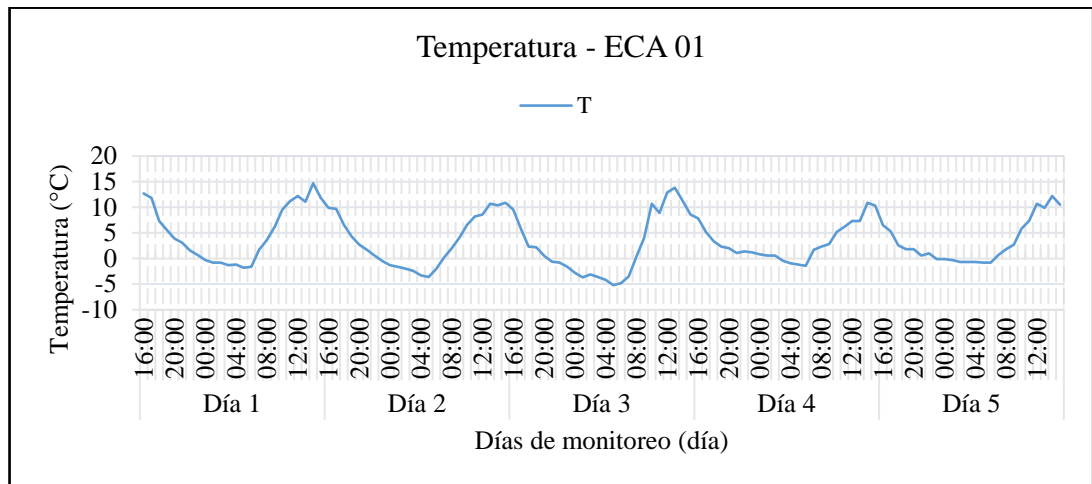


Figura 18. Comportamiento de la temperatura en los días de monitoreo – ECA-01.

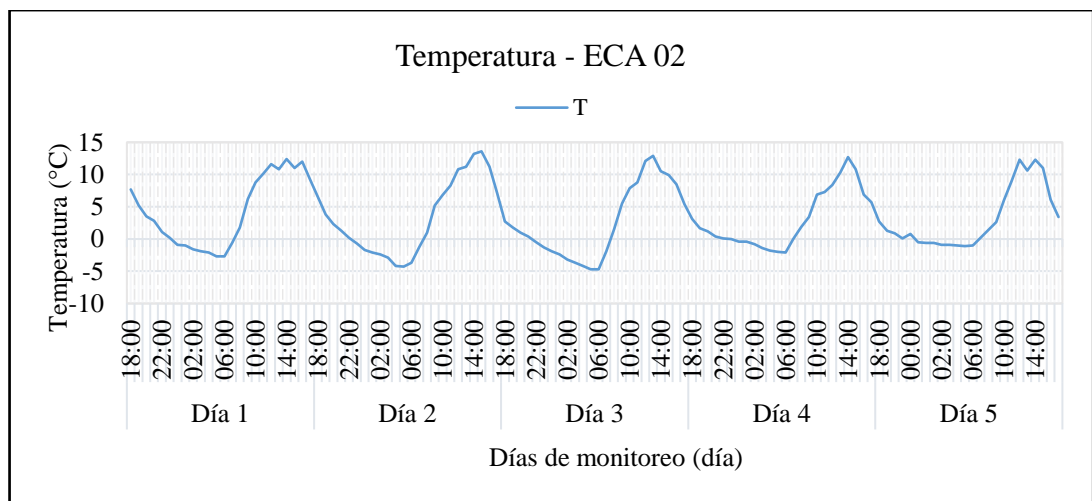


Figura 19. Comportamiento de la temperatura en los días de monitoreo – ECA-02.

En las figuras 18 y 19, se observa el comportamiento de la temperatura en las dos estaciones de muestreo durante el periodo de evaluación, encontrándose que las temperaturas máximas se registran después de mediodía, a consecuencia de la radiación solar (Torres, 2008), mientras que las mínimas ocurren durante la madrugada.

## b. Humedad Relativa

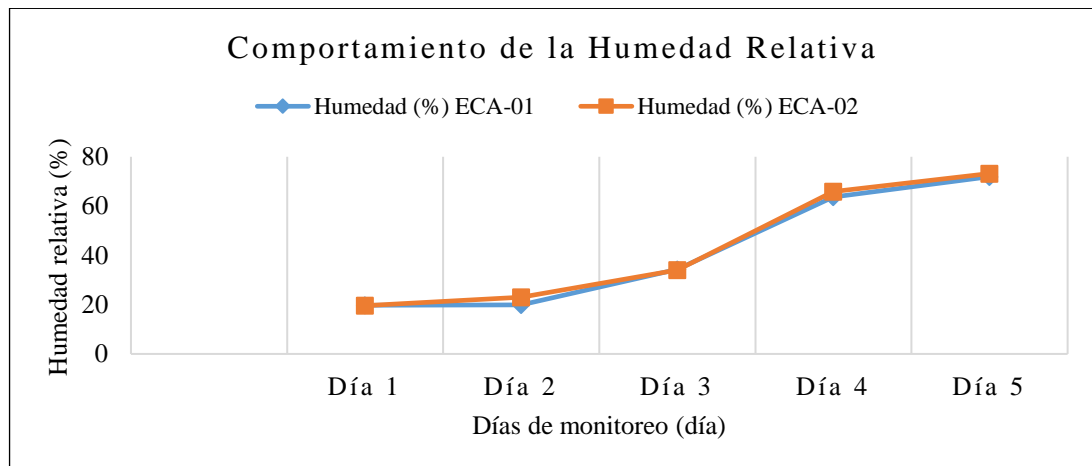


Figura 20. Comportamiento de la humedad relativa en los puntos de monitoreo.

Respecto a la humedad relativa, los valores oscilan entre 5 y 88 % en la estación ECA-01 y, 5 y 90 % en la estación ECA-02. Además, en la figura 20, se muestra que en ambos sitios de muestreo hay un incremento en el transcurrir de los días. Al relacionar con la temperatura (figura 21 y 22), se concluye que, a mayor temperatura, menor es la humedad relativa, tal como señala Cáceres (2017). Eso explica por qué la humedad relativa tiende a incrementar en horas de la noche cuando la temperatura desciende.

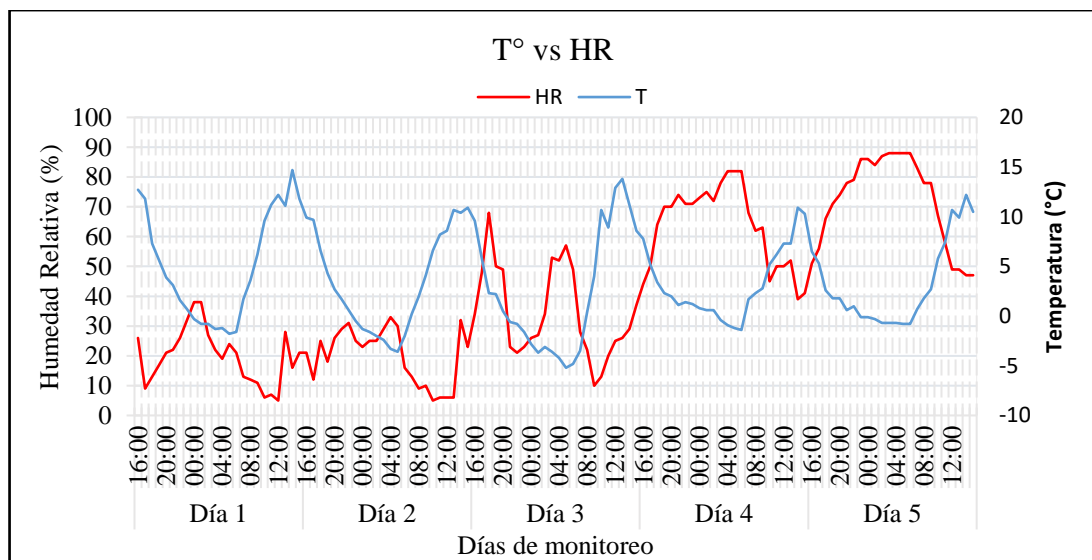


Figura 21. Temperatura vs. Humedad Relativa de la estación ECA-01.

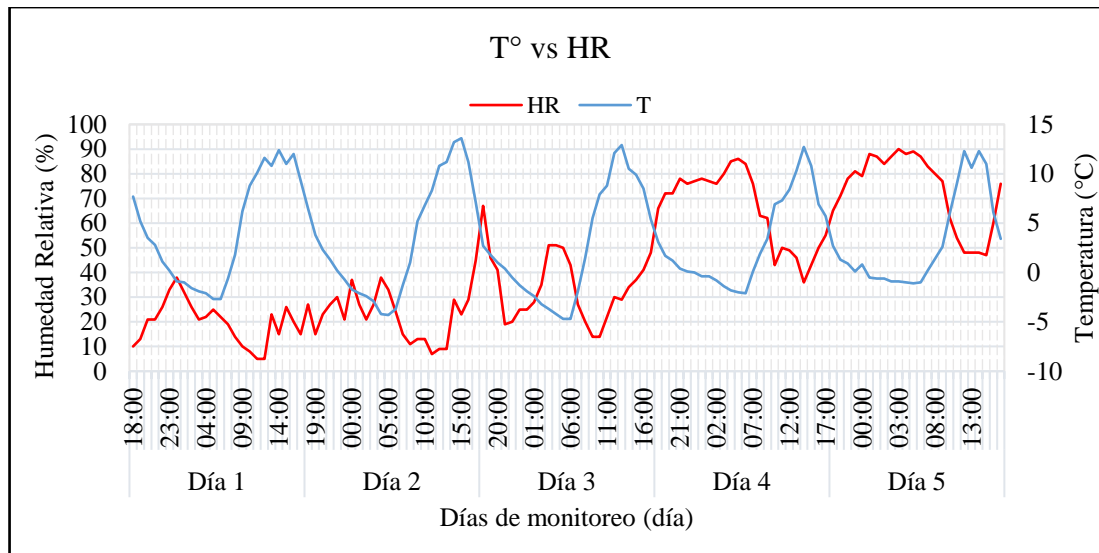


Figura 22. Temperatura vs. Humedad Relativa de la estación ECA-02.

### c. Velocidad de viento

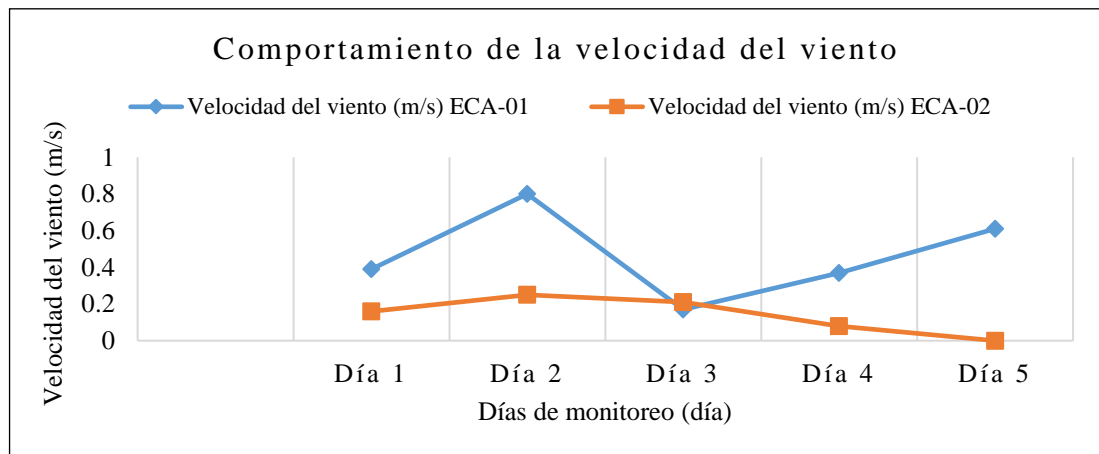


Figura 23. Comportamiento de la velocidad del viento en ECA-01 y ECA-02.

De la figura 23, respecto a los datos de velocidad de viento obtenidos, se muestran valores más altos en la estación ECA-01, esto se debe a la ubicación del mismo, puesto que se situó en la parte alta del ámbito de estudio y en un área menos poblada (menos obstáculos), contrario a la ubicación de la estación ECA-02 (más obstáculos). Este comportamiento coincide con Puerta (2018), quien afirma que uno de los factores que afecta a la velocidad final del viento es el aumento del mismo cuanto mayor es la altitud y que conforme vayamos descendiendo y acercándonos a la superficie terrestre, se irá reduciendo por la acción de otros factores como los obstáculos presentes en el terreno.

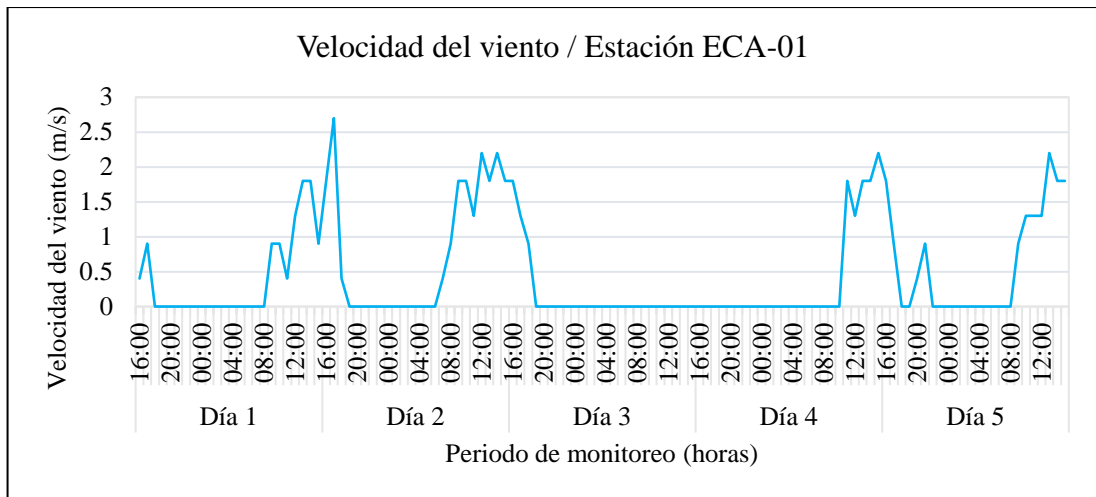


Figura 24. Comportamiento de la velocidad del viento en la estación ECA-01.

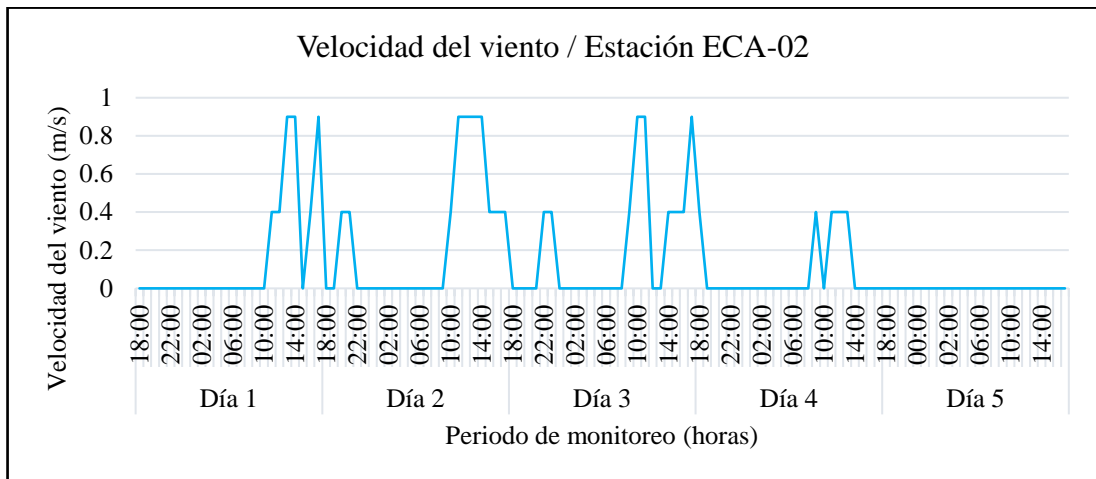


Figura 25. Comportamiento de la velocidad del viento en la estación ECA-02.

Durante el 10 y 11 de octubre del 2022 (Día 1), en la estación ECA-01 se registró una velocidad promedio de 0.39 m/s, siendo las 13:00 y 14:00 horas donde se registraron la mayor velocidad de viento llegando al pico de 1.8 m/s. En la estación ECA-02 la velocidad promedio fue de 0.16 m/s, siendo las 13:00, 14:00 y 17:00 horas donde se hallaron los más altos niveles de velocidad de viento, obteniendo un pico de 0.9 m/s (véase figura 24 y 25).

Durante el 11 y 12 de octubre del 2022 (Día 2), en la estación ECA-01 se registró una velocidad promedio de 0.80 m/s, siendo las 17:00 horas donde se observó la mayor velocidad de viento llegando al pico de 2.7 m/s. En la estación ECA-02 se tuvo una velocidad promedio de 0.25 m/s, siendo a partir de las 11:00 hasta las 14:00 horas donde se registraron niveles altos, obteniendo un pico de 0.9 m/s.

Durante el 12 y 13 de octubre del 2022 (Día 3) en la estación ECA-01, la velocidad promedio fue de 0.17 m/s, siendo las 16:00 horas donde se registraron la mayor velocidad de viento llegando al pico de 1.8 m/s. En la estación ECA-02, la velocidad promedio fue de 0.21 m/s, siendo a partir de las 11:00 hasta las 14:00 horas donde se registraron niveles altos, llegando al pico de 0.9 m/s.

Durante el 13 y 14 de octubre del 2022 (Día 4) en la estación ECA-01, se obtuvo una velocidad promedio de 0.37 m/s, siendo las 15:00 horas donde se registró la mayor velocidad de viento llegando al pico de 2.2 m/s. En la estación ECA-02 la velocidad promedio fue de 0.08 m/s.

Durante el 14 y 15 de octubre del 2022 (Día 5) en la estación ECA-01, se halló una velocidad promedio de 0.61 m/s, siendo las 13:00 horas donde se registró la mayor velocidad de viento llegando al pico de 2.2 m/s. En la estación ECA-02 la velocidad del viento se mantuvo en calma.

Asimismo, la velocidad del viento durante la noche se mantiene en calma y aumenta durante el día, lo cual concuerda con Lenscak (2022), quien sostiene que la velocidad del viento se incrementa rápidamente después de la salida del sol, alcanzando su máximo al mediodía o a primeras horas de la tarde y disminuye bruscamente tras la puesta del sol, este comportamiento se debe a una transferencia de momento más rápida y eficiente durante el día en la capa límite atmosférica, que es causada por un incremento en la inestabilidad convectiva (Elias & Castellvi, 2001).



#### d. Presión atmosférica

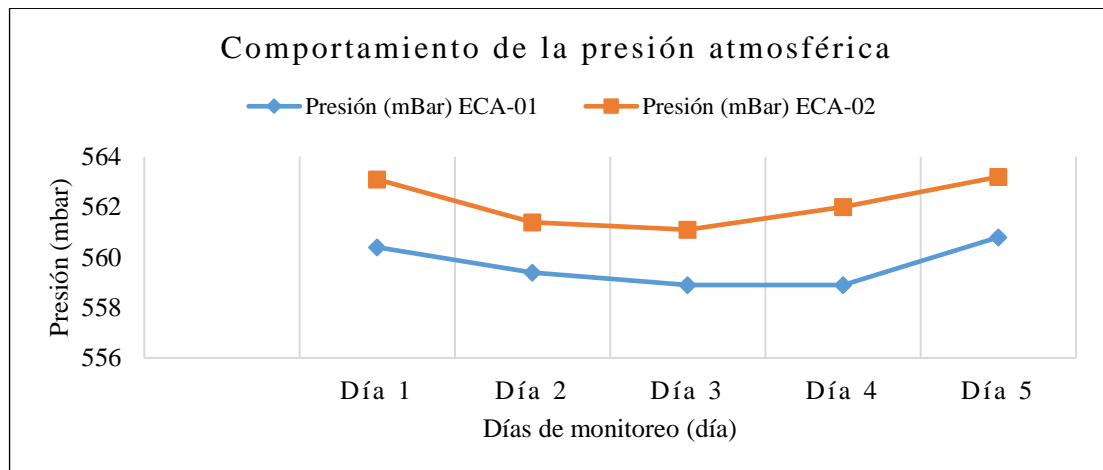


Figura 26. Comportamiento de la presión atmosférica en ECA-01 y ECA-02.

Sobre los promedios registrados para la presión atmosférica, se observan valores ligeramente mayores en la estación ECA-02 frente a la estación ECA-01 (véase figura 26), esto se debe a la posición de los puntos de muestreo, puesto que la estación ECA-01 se situó en la parte alta del ámbito de estudio (4963 m.s.n.m.), contrario a la ubicación de la estación ECA-02 (4958 m.s.n.m.). Lo cual significa que, conforme la altitud aumenta, la presión atmosférica decrece, tal como lo señalan Sendiña & Pérez (2006).

#### e. Dirección del viento

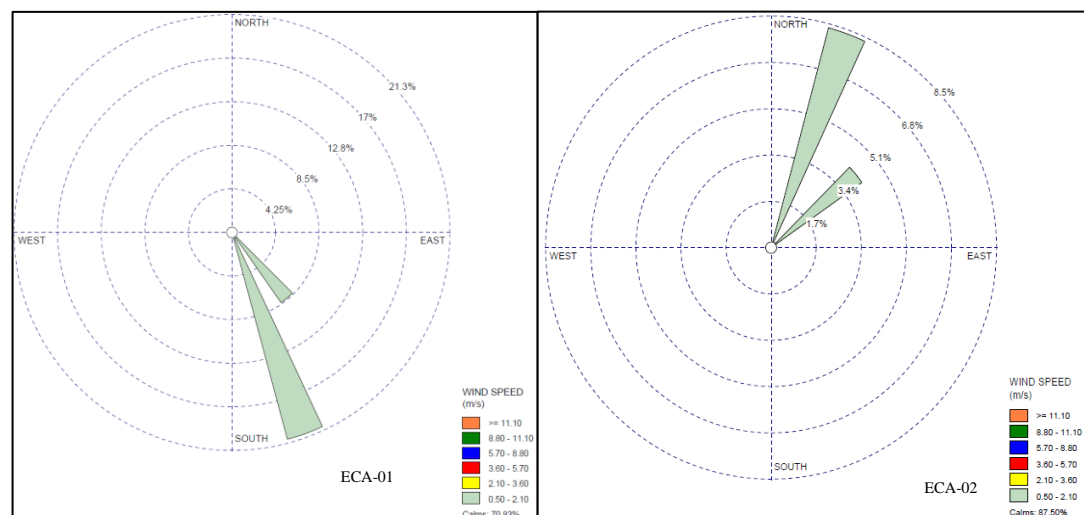


Figura 27. Rosa de viento de la estación ECA-01 y ECA-02 (10/10/22 – 11/10/22).

Durante el 10 y 11 de octubre del 2022, en la estación ECA-01, la dirección predominante del viento fue de Sur Sureste (SSE) y en la estación ECA-02, Noreste (NE).

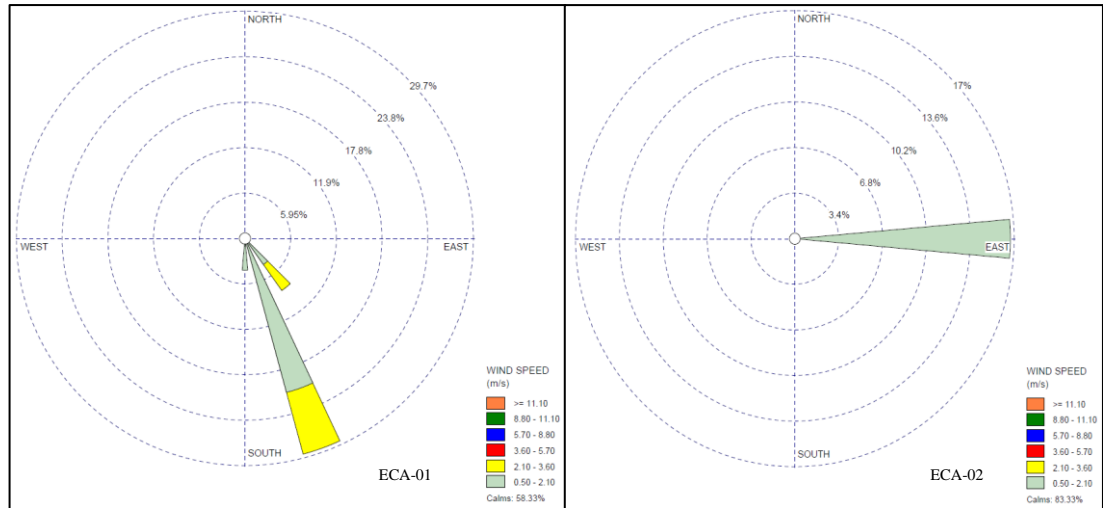


Figura 28. Rosa de viento de la estación ECA-01 y ECA-02 (11/10/22 – 12/10/22).

Durante el 11 y 12 de octubre del 2022 (véase figura 28), en la estación ECA-01, la dirección del viento superior fue de Sur Sureste (SSE), mientras que para la estación ECA-02, Este (E).

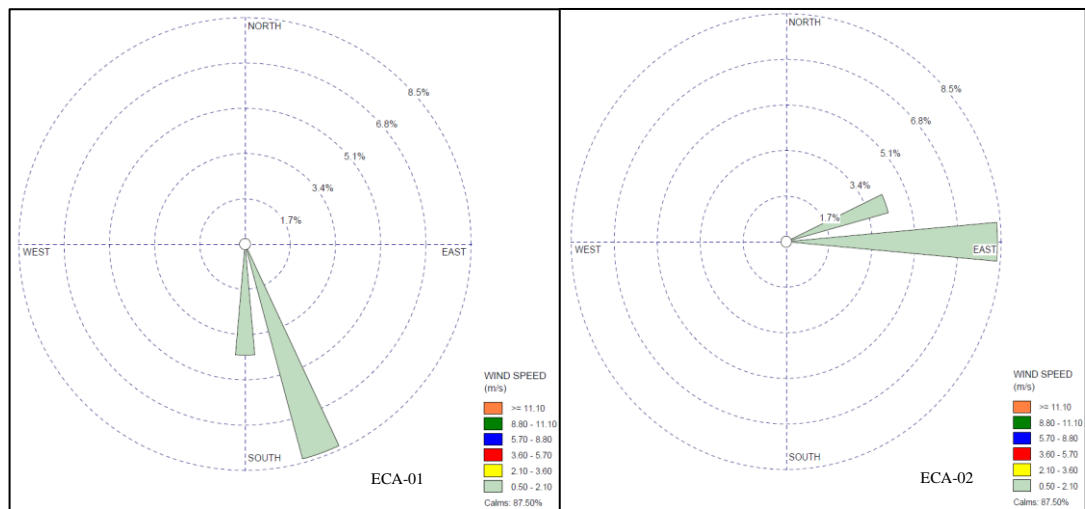


Figura 29. Rosa de viento de la estación ECA-01 y ECA-02 (12/10/22 – 13/10/22).

Durante el 12 y 13 de octubre del 2022 (véase figura 29), en la estación ECA-01, se tuvo una superioridad de la dirección del viento de Sur Sureste (SSE). En ECA-02 fue de Este Noreste (ENE).

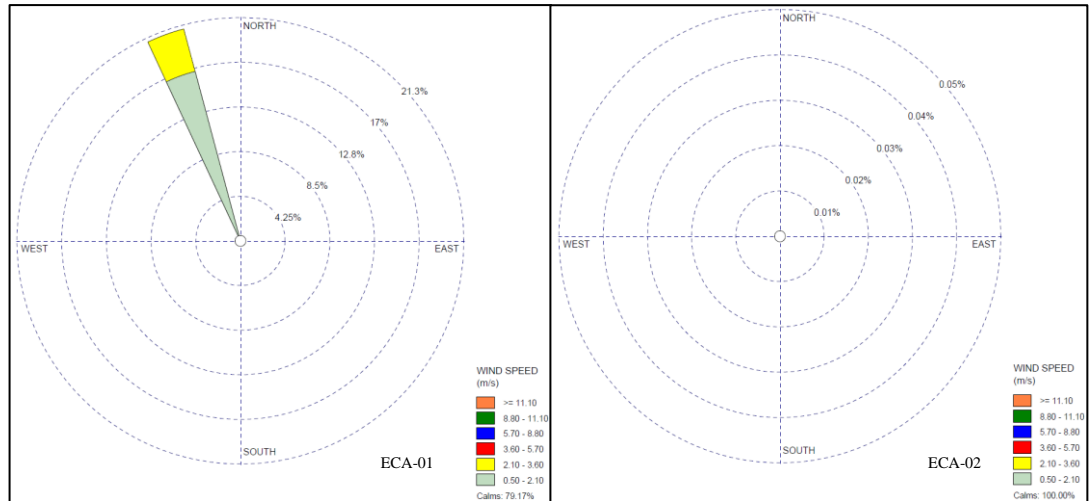


Figura 30. Rosa de viento de la estación ECA-01 y ECA-02 (13/10/22 – 14/10/22).

De la figura 30 se obtiene que en la estación ECA-01, la dirección predominante del viento fue de Nor Noroeste (NNW). En tanto que, en la estación ECA-02, fue de Noreste (NE).

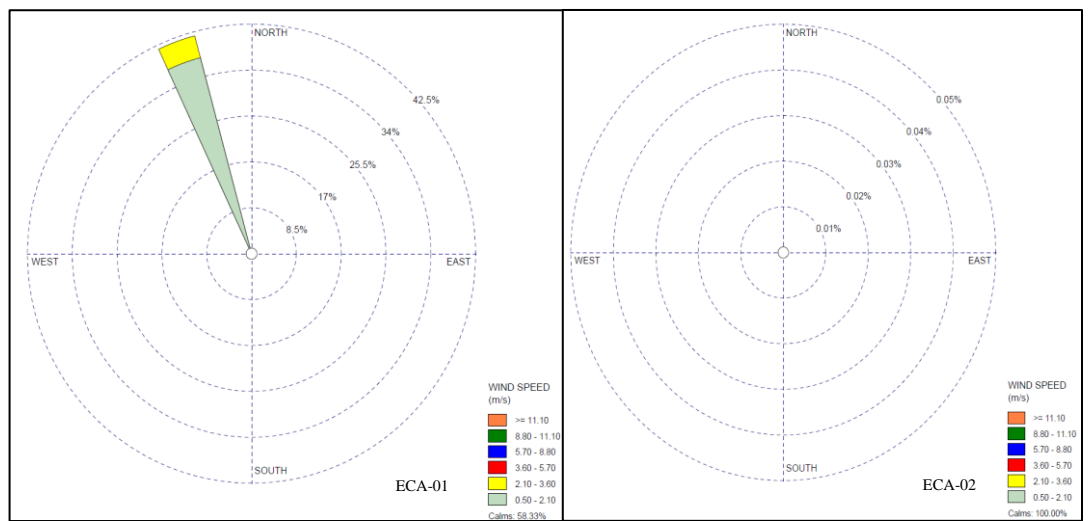


Figura 31. Rosa de viento de la estación ECA-01 y ECA-02 (14/10/22 – 15/10/22).

En la figura 31 se aprecia que en la estación ECA-01, la dirección principal del viento es de Nor Noroeste (NNW) y en la estación ECA-02 es de Este Noreste (ENE).

#### 4.4 Propuesta para el control de la concentración del material particulado.

Las visitas in situ en la zona industrial de Antahuila, permitieron obtener información primaria respecto a los generadores principales de partículas en suspensión, como son el transporte de material, descarga y remoción de suelo a causa del viento (véase tabla 24), lo cual resultó de gran utilidad hacia la realización de una propuesta para de regulación de la concentración de material particulado. Según Araneda (2016), existen múltiples fuentes de generación de partículas en la actividad minera, incluyendo la explotación del rajo, transporte de mineral, planta de procesamiento, erosión eólica y descarga material.

Tabla 24

*Fuentes generadoras de material particulado en la zona de Antahuila*

<b>Fuente</b>	<b>Focos de emisión</b>	<b>Medidas de mitigación (propuesta)</b>
<b>Transporte de mineral</b>	Transporte de camiones en vías no pavimentadas. Emisión de gases. Emisión de partículas desde el material cargado.	Riego con agua en cisternas Supresores de polvo (bischofita).
<b>Descarga de material</b>	Descarga de mineral aprovechable y de baja ley.	Humectación con aspersor o recubrimiento con lona durante la descarga.
<b>Erosión eólica</b>	Acopio de mineral, suelo y depósito de relave que son afectadas por la acción del viento.	Humectación con aspersores, recubrimiento con lona.

A continuación, en la tabla 25 se presentan las medidas de control de material particulado en relación al transporte del mineral, dado que, la generación de material particulado durante el transporte constituye una prioridad a abordar (Araneda, 2016).

Tabla 25

*Medidas de control para el material particulado*

<b>Medidas de control para el material particulado</b>	
<b>Lugar de aplicación</b>	Zona Industrial de Antahuila – La Rinconada
<b>Identificación del problema</b>	
Las conclusiones de la investigación “Determinación de la concentración de material particulado (PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> ), metales y mercurio gaseoso, generados por la actividad minera artesanal en la zona de Antahuila – La Rinconada”, muestran que las concentraciones de PM <sub>10</sub> , en ciertas oportunidades, superan los valores establecidos por los “Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aire”.	
<b>Objetivo</b>	
Establecer medidas para mejorar la calidad de aire respecto al material particulado en la zona de Antahuila – La Rinconada	
<b>Meta</b>	
Cumplir con los niveles máximos permisibles de material particulado conforme a la norma vigente.	
<b>Fuentes generadores de material particulado</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transporte: Las emisiones de los gases de escape de fuentes móviles (vehículos, camiones, maquinaria pesada) también favorecen en el incremento de la cantidad de partículas en la atmósfera.</li> <li>• Descarga de material en la planta de procesamiento.</li> <li>• Erosión eólica: emisiones de polvo producto de la acción del viento.</li> </ul>	
<b>Medidas y controles a implementar</b>	<b>Frecuencia</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se aplicará el humedecimiento de las vías utilizadas para evitar la dispersión de material particulado. Se utilizará agua con aditivo (bischofita). Esta medida de mitigación se implementará cuando no haya precipitaciones en la zona, durante los meses de mayo a octubre.</li> <li>• Ejecutar el mantenimiento de las vías con el fin de prevenir y/o controlar la generación de polvo evitando efectos negativos en la calidad del aire.</li> <li>• Para prevenir que las partículas se dispersen y que el material caiga en la vía, los volquetes que transportan el material extraído deben ser cubiertos con lona.</li> <li>• Los volquetes que transportan el material extraído, la carga no debe superar el nivel de la tolva a fin de evitar que derrames del material durante el transporte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 veces al mes</li> <li>• 2 veces al año</li> <li>Toda la vida útil</li> </ul>
<b>Beneficios</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejora del entorno ambiental en beneficio y satisfacción de los trabajadores.</li> <li>• Formalización del minero artesanal quien debe continuar de manera responsable bajo la dirección y supervisión de las autoridades competentes.</li> </ul>	
<b>Vigilancia de la calidad de aire</b>	
A fin de evaluar la eficacia de las medidas tomadas, se considera efectuar monitoreos de la calidad de aire de forma semestral, con frecuencia conforme a lo estipulado en el Protocolo.	

Nota: Adaptada de (DGFM, 2017)

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

Las concentraciones máximas de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> y mercurio gaseoso (MGT), generados por la actividad minera artesanal en la zona de Antahuila – La Rinconada, en la estación ECA-01 fueron: 164.86, 27.95 y 1.570 µg/m<sup>3</sup>; respectivamente y en la estación ECA-02: 157.31, 26.7 y 2.153 µg/m<sup>3</sup>.

Se reportaron los siguientes metales en el material particulado PM<sub>10</sub>: Ag, Al, Sb, Be, Cu, Ba, Ca, Bi, Fe, Sr, Sn, Cd, P, Co, Cr, Ni, Li, Mo, Hg, Mg, Pb, Mn, Na, K, Se, Tl, Zn, Ti, U y V, además de los metaloides: B, Si y As. Los metales evaluados a detalle corresponden a: Fe (8,493 µg/m<sup>3</sup>, valor máximo), Al (3.205, valor máximo), Si (3.057, valor máximo), Cu (0.2, valor máximo), As (0.132, valor máximo) y Pb (0.0173, valor máximo).

De acuerdo a la evaluación meteorológica desarrollada en el lugar de estudio, se registraron temperaturas que oscilan entre -5.2 y 14.7 °C; humedad de 5 y 90%, además se obtuvo una velocidad de viento máxima de 2.7 m/s, presión atmosférica promedio de 562.67 mbar y dirección predominante de sur sureste SSE.

Se propuso realizar el humedecimiento y mantenimiento de las vías utilizadas para evitar la dispersión de material particulado, así como cubrir con lona los volquetes que transportan material para procesamiento.

## 5.2 Recomendaciones

Gestionar una estación meteorológica automática para el centro poblado de La Rinconada, que permita el registro continuo de una base de datos y proporcione información histórica que apoye futuras investigaciones.

Realizar una caracterización semestral, en la época de estiaje y precipitación, del material particulado y mercurio gaseoso en la zona de Antahuila, La Rinconada, con la finalidad de obtener datos más exactos y veraces para este tipo de monitoreo.

Se recomienda realizar monitoreos de material particulado y mercurio gaseoso a largo plazo, de tal manera se pueda obtener datos más certeros en este tipo de investigación.

Dado que el transporte y el proceso de conminución generan una gran cantidad de material particulado, es necesario implementar mecanismos de control, como atomizadores o riego periódico, especialmente durante la época seca, para reducir su cantidad.

Es conveniente ejecutar campañas de educación basadas en las medidas personales para prevenir enfermedades por exposición al material particulado y mercurio gaseoso, puesto que los valores encontrados para tales contaminantes superan los límites establecidos por la OMS.

Considerar mejoras en el procesamiento y refinación del oro, utilizando retortas o extractores, evitando así, la quema al aire libre o en hornos artesanales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (2024, marzo 14). Información básica sobre el mercurio. Recuperado 29 de junio de 2024, de <https://espanol.epa.gov/espanol/informacion-basica-sobre-el-mercurio>
- Alva Huamán, D. A. (2019). *Concentración de material particulado, monóxido de carbono, dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno en la planta de producción de óxido de calcio Puyucana, Cajamarca* (Tesis de posgrado, Universidad Nacional de Cajamarca). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. Recuperado de [Recuperado de: https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3523](https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3523)
- Álvaro Clemente, M. (2018). *Caracterización del contenido de metales de la fracción PM10 y evaluación del riesgo sobre la salud en un emplazamiento urbano de Elche*. Universidad Miguel Hernández de Elche, España.
- Andi Shiguango, J. G., & Vega Díaz, R. M. (2019). *Determinación y caracterización de concentraciones de material particulado sedimentable y volátil en el Sector Calpi Canton Riobamba por incidencia industrial* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo). Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/5639/1/UNACH-EC-ING-AMBT-2019-0008.pdf>
- Aragón Piña, A., Campos Ramos, A. A., Leyva Ramos, R., Hernandez Orta, M., Miranda Ortiz, N., & Luszczewski Kudra, A. (2006). Influencia de emisiones industriales en el polvo atmosférico de la ciudad de San Luis de Potosí, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 22(1), 5-19. Recuperado de [Recuperado de: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37022101](http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37022101)
- Araneda Gallardo, F. A. (2016). *Análisis crítico sobre la emisión de polvo en minería: caminos mineros y propuesta de una estrategia de supresión* (Tesis de pregrado, Universidad de Chile). Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile. Recuperado de [Recuperado de: https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/143601](https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/143601)
- Arciniégas Suárez, C. A. (2012). Diagnóstico y control de material particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirable PM10. *Revista Luna Azul*, (34), 195-2013. Recuperado de [Recuperado de: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321727348012](https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321727348012)



- Arellano Gamarra, E. F. (2019). *Nivel de contaminación atmosférica por material particulado (PM10) y su composición metálica en el área urbana del distrito de Cusco* (Tesis de posgrado). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.
- Arutaype Guzman, A. M., & Soto Ticona, F. (2020). *Caracterización de la calidad de aire de material particulado - Mercurio y modelo de dispersión de material particulado derivado de la actividad de minería pequeña y artesanal en la localidad de Secocha* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.
- ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2008). *Reseña Toxicológica sobre el aluminio*. Atlanta .
- Barrios Correa, O. J. (2007). *Contaminación del ambiente por material particulado generado en las obras civiles* (Tesis de grado). Universidad de Sucre, Sucre.
- Birmili, W., Allen, A. G., Bary, F., & Harrison, R. M. (2006). Trace metal concentrations and water solubility in size-fractionated atmospheric particles and influence of road traffic. *Environmental Science and Technology*, 40(4), 1144-1153. <https://doi.org/10.1021/es0486925>
- Cáceres León, R. (2017). *Meteorología aplicada a la seguridad de las operaciones aéreas* (Primera Edición). Bogotá, Colombia: Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana. Recuperado de <https://libros.publicacionesfac.com/index.php/libros/catalog/view/22/14/40>
- Cantos Zambrano, J. E. (2019). *Incidencia Ambiental de Actividades Mineras por Emisiones a la Atmósfera: El caso de Manabí (Ecuador)*. Sevilla.
- Carlín, C. E. (1957). Características de la Silicosis en las minas del Perú: Estudio epidemiológico preliminar. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 11(1-2).
- Chavez Flores, R., Hinojosa Mamani, J., Mamani Gamarra, J. E., Medina Lima, R. O., & Flores Flores, V. C. (2023). Formalización de la minería artesanal en la rinconada y su impacto en la economía regional, Puno - Perú. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 2271-2292. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i4.7076](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7076)
- CMAAIT. Conselleria de Medio Ambiente, A. I. y T. (s. f.). La acidificación del medio ambiente. Recuperado 16 de abril de 2024, de Recuperado de: <https://mediambient.gva.es/es/web/calidad-ambiental/la-acidificacion-del-medio-ambiente>
- Colman Lerner, E., Orte, M. A., & Giuliani, D. S. (2018). Monitoreo de contaminantes atmosféricos. En Editorial de la Universidad de la Plata (Ed.), *Calidad del aire Monitoreo*

- y modelado de contaminantes atmosféricos. *Efectos en la salud pública* (pp. 139-181). Buenos Aires, Argentina: Universidad Nacional de la Plata.
- Consejo Mundial del Oro. (2022). *Lecciones aprendidas sobre cómo gestionar la interacción entre la minería a gran escala y la minería artesanal y de pequeña escala de oro*. Londres.
- Cordy, P., Veiga, M., Crawford, B., Garcia, O., Gonzalez, V., Moraga, D., ... Wip, D. (2013). Characterization, mapping, and mitigation of mercury vapour emissions from artisanal mining gold shops. *Environmental Research*, 125, 82-91. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2012.10.015>
- Cuentas Alvarado, M., & Velarde Ochoa, J. (2019). Uso de mercurio en La Rinconada - Puno. *Revista de Medio Ambiente Minero y Minería*, 4(1), 27-34.
- Dammert Lira, A., & Molinelli Aristondo, F. (2007). *Panorama de la Minería en el Perú*. Lima, Perú. Recuperado de [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/607319/Libro\\_Panorama\\_de\\_la\\_Mineria\\_en\\_el\\_Peru.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/607319/Libro_Panorama_de_la_Mineria_en_el_Peru.pdf)
- DGFM. Dirección General de Formalización Minera. (2017). *Catálogo de Medidas Ambientales en el marco del IGAFOM*. Perú. Recuperado de <https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/16%20Anexo%203%20-%20Manual%20de%20Monitoreo.pdf>
- Díaz, J., & Linares, C. (2010). Las causas de la contaminación atmosférica y los contaminantes atmosféricos más importantes. En DKV Seguros (Ed.), *Contaminación atmosférica y salud* (pp. 9-20). España: DKV Seguros. Recuperado de [https://www.comunidad.madrid/sites/default/files/doc/sanidad/samb/contaminacion\\_atmosferica\\_y\\_salud\\_dkv.pdf](https://www.comunidad.madrid/sites/default/files/doc/sanidad/samb/contaminacion_atmosferica_y_salud_dkv.pdf)
- Doria Argumedo, C. (2020). Levels of metals (Al, Cr, V, As, Se) in PM10 particles in the atmosphere of the town of Barrancas, North Colombia. *Aibi, Revista de Investigación Administración e Ingenierías*, 8(1), 116-123. <https://doi.org/10.15649/2346030X.804>
- Doria Argumedo, C., & Fagundo Castillo, J. (2017). Niveles de metales en partículas atmosféricas en la zona minera de carbón, norte de Colombia. *ITECKNE Innovación e Investigación en Ingeniería*, 14(2), 110. <https://doi.org/10.15332/iteckne.v14i2.1765>
- D.S. N° 003-2017-MINAM. Ministerio del ambiente. Perú. (2017). *Aprueban estándares de calidad ambiental (ECA) para aire y establecen disposiciones complementarias*.
- D.S. N° 010-2019-MINAM. Ministerio del Ambiente. Perú. (2019). *Aprueba el protocolo nacional de monitoreo de la calidad ambiental del aire*.

- D.S. N° 011-2023-MINAM. Ministerio del Ambiente. Perú. (2023). *Aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) de aire de los parámetros cadmio, arsénico y cromo en material particulado menor a diez micras (PM10)*. Recuperado de <https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/4880911-0011-2023-minam>
- D.S. N° 015-2005-SA. Ministerio de Salud. Perú. (2005). *Aprueban Reglamento sobre Valores Límite Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo*.
- Elias Castillo, F., & Castellvi Sentis, F. (2001). *Agrometeorología* (2da edición; Ediciones Mundiprensa, Ed.). Madrid.
- EPA. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. (2023, junio 26). Conceptos básicos sobre el material particulado (PM, por sus siglas en inglés).
- Español Cano, S. (2012). Contaminación con mercurio por la actividad minera. *Biomédica. Instituto Nacional de Salud*, 32(3).
- Espinoza Mancisidor, F. (2020). *Evaluación mediante el índice de calidad de agua (ICA) del río Santa con vertimiento de aguas servidas domésticas, para la conservación del ambiente acuático, sector Huaraz -Jangas, Ancash 2019* (Tesis de posgrado). Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo, Huaraz, Perú.
- Flores Rodríguez, M. D. (2020). *Análisis de calidad de aire por niveles de contaminación atmosférica de monóxido de carbono de fuentes móviles en la Universidad Agraria del Ecuador* (Tesis de pregrado). Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil - Ecuador.
- Fu, X. W., Feng, X., Shang, L. H., Wang, S. F., & Zhang, H. (2012). Two years of measurements of atmospheric total gaseous mercury (TGM) at a remote site in Mt. Changbai area, Northeastern China. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 12(9), 4215-4226. <https://doi.org/10.5194/acp-12-4215-2012>
- Gallo Rivera, A. D., & Paredes Vargas, C. S. (2019). *Determinación y caracterización de las concentraciones de material particulado sedimentable del sector de ladrilleras de la matriz del cantón Chambo* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Gavidia, T., Pronczuk, J., & Sly, P. D. (2009). Impactos ambientales sobre la salud respiratoria de los niños. Carga global de las enfermedades respiratorias pediátricas ligada al ambiente. *Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias*, 25(2), 99-108.
- Gómez Luna, E., Fernando Navas, D., Aponte Mayor, G., & Betancourt Buitrago, L. A. (2014). Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través de su estructuración y sistematización. *DYNA*, 81(184), 158-163. Recuperado de <http://dyna.medellin.unal.edu.co/>

- González González, Q. M. (2016). *Exposición laboral a sílice libre cristalina*. Chile.
- Google Earth. (2021a). *Localización satelital del ámbito de estudio en Google Earth*. Recuperado de Recuperado el 16 de febrero de 2023
- Google Earth. (2021b). *Ubicación de los puntos de monitoreo en Google Earth*.
- Goyzueta Camacho, G., & Trigos, C. (2009). Riesgos de salud pública en el centro poblado minero artesanal La Rinconada (5200 msnm) en Puno, Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 26(1), 41-44. Recuperado de Recuperado de: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v26n1/a08v26n1>
- Grijalbo Fernández, L. (2016). *Elaboración de inventarios de focos contaminantes. UF1941* (Editorial Tutor Formación, Ed.). España.
- Hanco Vilavila, A. M. (2017). *Concentración de material particulado menores a 10 micrómetros y gestión ambiental con áreas verdes en la ciudad de Juliaca* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. Recuperado de Recuperado de: [file:///C:/Users/ACER%20NITRO%20%205/Downloads/Hanco\\_Vilavila\\_AI%C3%AD\\_Maycol.pdf](file:///C:/Users/ACER%20NITRO%20%205/Downloads/Hanco_Vilavila_AI%C3%AD_Maycol.pdf)
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (Editorial Mc Graw Hill Education, Ed.). Ciudad de México, México.
- Herrera Cieza, E. B. (2019). *Determinación del comportamiento de la dispersión del material particulado de la planta UNACEM en el distrito de Villa Maria del triunfo utilizando el software AERMOD VIEW* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur). Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Lima. Recuperado de Recuperado: <http://repositorio.untels.edu.pe/handle/UNTELS/166>
- Higueras, P., María Esbrí, J., Oyarzun, R., Llanos, W., Martínez-Coronado, A., Lillo, J., ... Maria García-Noguero, E. (2013). Industrial and natural sources of gaseous elemental mercury in the Almadén district (Spain): An updated report on this issue after the ceasing of mining and metallurgical activities in 2003 and major land reclamation works. *Environmental Research*, 125, 197-208. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2012.10.011>
- Hinojosa Arenaza, C. C. (2020). *Control de material particulado generado en el proceso de transporte de mineral mediante la red de monitoreo Rocky en mina Justa Empresa Minera Marcobresac* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.

- Huanca Aracayo, P. F. (2016). *Concentración de material particulado menores a 2.5 micrómetros para la gestión de áreas verdes en la ciudad de Juliaca* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. Recuperado de Recuperado de: [https://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/4197/Huanca\\_Aracayo\\_Pedro\\_Felix.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/4197/Huanca_Aracayo_Pedro_Felix.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Huanca Cahuana, E. J. (2023). *Tratamiento de aguas ácidas de mina, para el procesamiento del oro en trapiches en el sector Antahuila, Rinconada – Puno* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. Recuperado de Recuperado de: [https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/19485/Huanca\\_Cahuana\\_Eber\\_Josue.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/19485/Huanca_Cahuana_Eber_Josue.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- IDEAM - Instituto de Hidrología, M. y E. A. (s. f.). Formación y destrucción del ozono estratosférico. Recuperado 19 de abril de 2024, de Recuperado de: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/formacion-y-destruccion-del-ozono-estratosferico>
- IIED. Instituto Internacional para el Ambiente y Desarrollo. (2002). Capítulo 13. Minería Artesanal y en Pequeña escala. En V. Bacchetta (Ed.), *Proyecto Minería, minerales y desarrollo sustentable* (pp. 429-459).
- Ipenza Peralta, C. A. (2013). *Manual para entender la pequeña minería y la minería artesanal y los decretos legislativos vinculados a la minería ilegal* (Tercera Edición; J. L. Dammert Bello & C. A. Ipenza Peralta, Eds.). Lima, Perú: Sociedad Peruana de Derecho Ambiental. Recuperado de Recuperado de: <https://spda.org.pe/wpfb-file/manual-de-mineria-3ra-edicion-pdf/>
- Kiefer, A. M., Drace, K., Gottlie, S., Coursey, S., Veiga, M. M., Da Cruz Marrumbe, P. N., & Chapo, M. A. J. (2014). Evaluation of mercury content in amalgams from munhena mine, mozambique. *Journal of Cleaner Production*, 84(1), 783-785. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.09.039>
- Koçak, M., Theodosi, C., Zarpas, P., Im, U., Bougiatioti, A., Yenigun, O., & Mihalopoulos, N. (2011). Particulate matter (PM10) in Istanbul: Origin, source areas and potential impact on surrounding regions. *Atmospheric Environment*, 45(38), 6891-6900. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2010.10.007>
- Lenscak, M. P. (2022). *Rosa de los vientos de Bella Vista, Corrientes*. Bella Vista, Argentina. Recuperado de <https://metos.at/es/portfolio/wind-monitor/>

- Licla Tomayro, L. R. (2021). Evaluación de la Calidad de Aire en el Proyecto de Explotación Cantera Camucha, distrito de Morococha, provincia de Yauli, Junín. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 24(48), 245-251. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v24i48.21777>
- Loaiza Choque, E., & Calderón Cossio, C. (2021). *Actividad minera artesanal en la región de Puno* (Primera Edición). Lima, Perú: INGEMMET, Boletín, Serie E: Minería.
- López Valdivia, D. (2022). *Simulación de dispersión de contaminantes en una explotación minera* (Tesis de posgrado). Universidad Internacional de Andalucía.
- Lozano Rivas, W. A. (2018). *Clima, Hidrología y Meteorología para Ciencias Ambientales e Ingeniería* (Primera Edición). Bogotá, Colombia: Universidad Piloto de Colombia.
- MAE. Ministerio del Ambiente de Ecuador. (2015). *Norma de Calidad del Aire Ambiente o Nivel de Inmisión Libro VI Anexo 4*. Recuperado de [Recuperado de: https://faolex.fao.org/docs/pdf/ecu155133.pdf](https://faolex.fao.org/docs/pdf/ecu155133.pdf)
- Manahan, S. E. (2007). *Introducción a la química ambiental* (Primera Edición; Reverté ediciones S.A., Ed.). México.
- Martínez Bogado, M. (2011). *Guía didáctica: Materiales y materias primas. Silicio* (Ministerio de Educación & Instituto Nacional de Educación Tecnológica, Eds.). Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.
- Martínez Martínez, T. S. (2019). *Estudio de PM10 y Metales (Cu, Fe, Mn, Pb) en aire ambiente, en la región de Cananea, Sonora, México*. Sonora, México. Recuperado de [Recuperado de: http://repositorioinstitucional.uson.mx/bitstream/20.500.12984/3992/1/martinezmartinez\\_taniasofial.pdf](http://repositorioinstitucional.uson.mx/bitstream/20.500.12984/3992/1/martinezmartinez_taniasofial.pdf)
- Medina Ayala, M. F. (2014). *Determinación del material particulado total producido por la extracción y trituración del material pétreo con la finalidad de elaborar una propuesta de plan de manejo en el área minera Kumochi sector las Viñas Parroquia Izamba, Canton Ambato. Periodo 2014*. Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador.
- MINAM. Ministerio del Ambiente. (2017). *Estudio de desempeño ambiental 2003-2013*. Perú. Recuperado de [Recuperado de: https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/esda\\_2003-2013.pdf](https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/esda_2003-2013.pdf)
- Miranda Romero, K. A., & Ortiz Flores, L. A. (2008). *Evaluación de la concentración de material particulado suspendido PM10 y su relación con la morbilidad asociados a Era's en niños menores a catorce años por enfermedad respiratoria aguda en el municipio de*

- Toluviejo (Sucre)* (Tesis de pregrado, Universidad de La Salle). Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia. Recuperado de [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitariahttps://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitaria/586](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitariahttps://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/586)
- Mosquera, C., Chávez, M. L., Pachas, V. H., & Moschella, P. (2009). *Estudio diagnóstico de la actividad minera artesanal en Madre de Dios*.
- Motocanche Ayala, D. R. (2019). *Evaluación de la influencia de las condiciones meteorológicas en los niveles de material particulado PM10 y PM2.5 en la construcción del hospital Hipolito Unánue de Tacna* (Tesis de pregrado). Univeridad Privada de Tacna, Tacna, Perú.
- Nakazawa, K., Nagafuchi, O., Kawakami, T., Inoue, T., Yokota, K., Serikawa, Y., ... Elvince, R. (2016). Human health risk assessment of mercury vapor around artisanal small-scale gold mining area, Palu city, Central Sulawesi, Indonesia. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 124, 155-162. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.09.042>
- Nicolás, J., Chiari, M., Crespo, J., Galindo, N., Lucarelli, F., Nava, S., & Yubero, E. (2011). Assessment of potential source regions of PM2.5 components at a southwestern Mediterranean site. *Tellus, Series B: Chemical and Physical Meteorology*, 63(1), 96-106. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0889.2010.00510.x>
- Núñez Blanco, Y. P. (2019). *Estimación de fuente de material particulado atmosférico PM10 y PM2.5 en la ciudad de Barranquilla, Colombia* (Tesis de posgrado, Universidad de la Costa CUC). Universidad de la Costa CUC, Barranquilla, Colombia . Recuperado de <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/6017>
- OMECP. Ontario Ministry of the Environment, C. and P. (2020). *Human toxicology and air standards section, technical assessment and standards Development Branch*. Toronto, Canada. Recuperado de <https://www.ontario.ca/page/ontarios-ambient->
- OSINERGMIN. (2017). *La industria de la minería en el Perú: 20 años de contribución al crecimiento y desarrollo económico del país* (Primera Edición; J. F. R. Tamayo Pacheco, J. Salvador Jácome, A. L. Vásquez Cordano, & V. R. Zurita Saldaña, Eds.). Lima, Perú: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. Recuperado de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/607053/Osinergmin-Industria-Mineria-Peru-20anios.pdf?v=1587592777>
- Paredes Aguirre, Y. P., & Surco Corimanya, A. (2020). *Relación entre las enfermedades respiratorias y la concentración de material particulado PM10 en Arequipa 2019* (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica del Perú, Arequipa, Perú.

- PNUMA. (2002). *Evaluación mundial sobre el mercurio*. Ginebra, Suiza. Recuperado de [https://saludsindanio.org/sites/default/files/documents-files/1401/Evaluacion\\_Mundial\\_Mercurio.pdf](https://saludsindanio.org/sites/default/files/documents-files/1401/Evaluacion_Mundial_Mercurio.pdf)
- Poma Rique, P. B., & Quiñones Poma, J. R. (2008). Evaluación de la cantidad de Arsénico en el aire generado por el pasivo ambiental de la ex compañía minera Alianza en la localidad de Ticapampa - periodo 2007. *Aporte Santiaguino*, 1(1), 26-29.
- Prieto Zambrano, O. (2016). *Caracterización de Material Particulado, Plomo y Arsénico para la evaluación de la calidad del aire en el Distrito de Islay- Matarani* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.
- Puelles Maza, J. C. (2015). *Estudio hidráulico e hidrológico de la Cuenca Alto Perú y el Porvenir en el asentamiento humano Las Mercedes Alto Perú, distrito de la Oroya, provincia de Yauli-Junín para la construcción futura de obras de arte ante amenazas de derrumbes provocado por la crecida del río, mediante el uso de los modelos matemáticos Hec-Hms y Hec-Georas*. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10757/620953>
- Puerta León, A. (2018). *Análisis de curvas de velocidad de viento y altura: propuesta de identificación de patrones* (Tesis de posgrado, Universidad Politécnica de Cartagena). Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena. Recuperado de <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/7361/tfm-puerta.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ramírez Morales, D., Rodríguez Artavia, B., Sáenz Vargas, W., Sánchez Gutiérrez, R., Villalobos González, W., & Mora Barrantes, J. C. (2019). Minerías artesanales para la extracción de oro mediante el uso de mercurio: Estado del arte del impacto ambiental en los medios agua, aire y suelo. *Revista Tecnología en Marcha*, 32(3). <https://doi.org/10.18845/tm.v32i3.4475>
- Robles Morales, E. G., Medina Escudero, A. M., & Medina Escudero, C. S. (2019). La contaminación del aire por el material particulado y su relación con las enfermedades de tipo respiratorio en la población de Cerro de Pasco (2010 y 2016). *Industrial Data*, 22(1), 173-186. <https://doi.org/10.15381/idata.v22i1.16533>
- Rodríguez Jiménez, R. M., Benito Capa, Á., & Portela Lozano, A. (2004). Meteorología y climatología. En *Meteorología y Climatología: Semana de la Ciencia y la Tecnología* (pp. 9-88). Madrid: Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT). Recuperado de <https://www.fecyt.es/es/publicacion/unidad-didactica-meteorologia-y-climatologia>



- Rojano, R., Angulo, L., & Restrepo, G. (2015). Concentración y relación de PST, PM10 Y PM2.5 en poblaciones cercanas a minería a cielo abierto: Caso Cerrejón Colombia. *Revista de la Facultad de Ingeniería U.C.V.*, 30(3), 39-48.
- Romero Placeres, M., Diego Olite, F., & Álvarez Toste, M. (2006). La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 44(2), 1-14. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223214848008>
- Sanborn, C. A., & Manrique, H. (2021). *La minería en el Perú : balance y perspectivas de cinco décadas de investigación* (Primera Edición). Lima, Perú: Universidad del Pacífico. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21678/978-9972-57-458-0>
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2011). *Guía metodológica para la estimación de emisiones de PM 2.5* (Primera Edición; A. M. Sánchez Mora, Ed.). México. Recuperado de <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/225459.pdf>
- Semiqué Huari, K. L. (2015). *Evaluación de las concentraciones de contaminantes sólidos atmosféricos de tres estaciones de monitoreo de la ciudad de Iquitos, mediante el método gravimétrico. Iquitos - 2015* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Iquitos, Perú.
- Sendiña Nadal, I., & Pérez Muñuzuri, V. (2006). *Fundamentos de Meteorología* (Servizo de Publicacións e Intercambio Científico, Ed.). España.
- Silva Vinasco, J. P., & Canchala Nastar, T. (2013). Variación espacial y temporal de concentraciones de PM10 en el área urbana de Santiago de Cali, Colombia. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, (12), 129-141. Recuperado de [Recuperado de: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=231130851011](http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=231130851011)
- Suárez Salas, L., Álvarez Tolentino, D., Bendezú, Y., & Pomalaya, J. (2017). Caracterización química del material particulado atmosférico del centro urbano de Huancayo, Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 83(2). Recuperado de [Recuperado de: http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v83n2/a05v83n2.pdf](http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v83n2/a05v83n2.pdf)
- Tapia Sisalima, J. D. (2016). *Estructura de la precipitación y su variabilidad espacio - temporal a lo largo de una gradiente altitudinal* (Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador. Recuperado de [Recuperado de: http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/24348/1/tesis.pdf](http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/24348/1/tesis.pdf)
- Telmer, K. H., & Veiga, M. M. (2009). World emissions of mercury from artisanal and small scale gold mining. En *Mercury Fate and Transport in the Global Atmosphere: Emissions,*

*Measurements and Models* (pp. 131-172). Springer US. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-93958-2\\_6](https://doi.org/10.1007/978-0-387-93958-2_6)

Torres, R. (2008). Irradianza solar y temperatura del aire superficial en una atmósfera estática. *Revista Boliviana de Física*, 14, 116-120. Recuperado de [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1562-38232008000100011](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1562-38232008000100011)

Trelles Cruz, M. E., & Muñoz Muñoz, D. (2021). Protocolo de Comercialización y los mineros de Pataz, una experiencia de formalización. *Revista de Gobierno y Gestión Pública*, 08(1), 2414-4991. <https://doi.org/doi.org/10.24265/iggp.2021.v8n1.07>

UNEP. United Nations Environment Programme. (2013). *Global Mercury Assessment 2013: Sources, emissions, releases and environmental transport*. Geneva, Switzerland.

Recuperado de <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/7984;jsessionid=E11AF459DBC88D172C3B5B3C6F44F83D>

Useros Fernández, J. L. (2012). El cambio climático: sus causas y efectos medioambientales. *Anales de la Real Academia de Medicina y Cirugía de Valladolid*, (50), 71-98.

Valdivia Arroyo, F. R. (2017). *Determinación del material particulado, dióxido de azufre y monóxido de carbono en el centro poblado el Arenal - Islay*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.

Vaselli, O., Higuera, P., Nisi, B., María Esbrí, J. M., Cabassi, J., Martínez, A., ... Rappuoli, D. (2013). Distribution of gaseous Hg in the Mercury mining district of Mt. Amiata (Central Italy): A geochemical survey prior the reclamation project. *Environmental Research*, 125, 179-187. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2012.12.010>

Veiga, M., Angeloci Santos, G., & Meech, J. A. (2014, noviembre 1). Review of barriers to reduce mercury use in artisanal gold mining. *Extractive Industries and Society*, Vol. 1, pp. 351-361. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2014.03.004>

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 de minerales en el Callao* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Weinberg, J. (2010). *Introducción a la Contaminación por Mercurio para las ONG*.

WHO. World Health Organization. (2021). *WHO global air quality guidelines*. Recuperado de <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/345329/9789240034228-eng.pdf?sequence=1>

Zhang-wei, W., Zuo-shuai, C., Ning, D., & Xiao-shan, Z. (2007). Gaseous elemental mercury concentration in atmosphere at urban and remote sites in China. *Journal of Environmental Sciences*, 19, 176-180. Recuperado de [www.jesc.ac.cn](http://www.jesc.ac.cn)

# **ANEXOS**

**ANEXO 1**  
**Registro Fotográfico**

### Estación de monitoreo de calidad de aire - ECA - 01 (Día 01)



#### DESCRIPCIÓN

**Fecha:** 10/10/2022  
**Hora inicio:** 16:00  
**Duración:** 24h

**Coordenadas UTM  
WGS84**

**Zona:** 19L  
**Este:** 451370  
**Norte:** 8382031  
**Altitud:** 4963 msnm

### Estación de monitoreo de calidad de aire - ECA - 02 (Día 01)



#### DESCRIPCIÓN

**Fecha:** 10/10/2022  
**Hora inicio:** 18:00  
**Duración:** 24h

**Coordenadas UTM  
WGS84**

**Zona:** 19L  
**Este:** 451357  
**Norte:** 8382256  
**Altitud:** 4958 msnm



**Estación de monitoreo de calidad de aire - ECA - 01 (Día 02)**



**DESCRIPCIÓN**

**Fecha:** 11/10/2022  
**Hora inicio:** 16:00  
**Duración:** 24h

**Coordenadas UTM  
WGS84**

**Zona:** 19L  
**Este:** 451370  
**Norte:** 8382031  
**Altitud:** 4963 msnm

**Estación de monitoreo de calidad de aire - ECA - 02 (Día 02)**



**DESCRIPCIÓN**

**Fecha:** 11/10/2022  
**Hora inicio:** 18:00  
**Duración:** 24h

**Coordenadas UTM  
WGS84**

**Zona:** 19L  
**Este:** 451357  
**Norte:** 8382256  
**Altitud:** 4958 msnm



**Estación de monitoreo de calidad de aire - ECA - 01(Día 03)**



**DESCRIPCIÓN**

**Fecha:** 12/10/2022  
**Hora inicio:** 16:00  
**Duración:** 24h

**Coordenadas UTM  
WGS84**

**Zona:** 19L  
**Este:** 451370  
**Norte:** 8382031  
**Altitud:** 4963 msnm

**Estación de monitoreo de calidad de aire - ECA - 02 (Día 03)**



**DESCRIPCIÓN**

**Fecha:** 12/10/2022  
**Hora inicio:** 18:00  
**Duración:** 24h

**Coordenadas UTM  
WGS84**

**Zona:** 19L  
**Este:** 451357  
**Norte:** 8382256  
**Altitud:** 4958 msnm



**Estación de monitoreo de calidad de aire - ECA - 01 (Día 04)**



**DESCRIPCIÓN**

**Fecha:** 13/10/2022  
**Hora inicio:** 16:00  
**Duración:** 24h

**Coordenadas UTM  
WGS84**

**Zona:** 19L  
**Este:** 451370  
**Norte:** 8382031  
**Altitud:** 4963 msnm

**Estación de monitoreo de calidad de aire - ECA - 02 (Día 04)**



**DESCRIPCIÓN**

**Fecha:** 13/10/2022  
**Hora inicio:** 18:00  
**Duración:** 24h

**Coordenadas UTM  
WGS84**

**Zona:** 19L  
**Este:** 451357  
**Norte:** 8382256  
**Altitud:** 4958 msnm



**Estación de monitoreo de calidad de aire - ECA – 01 (Día 05)**



**DESCRIPCIÓN**

**Fecha:** 14/10/2022  
**Hora inicio:** 16:00  
**Duración:** 24h

**Coordenadas UTM  
WGS84**

**Zona:** 19L  
**Este:** 451370  
**Norte:** 8382031  
**Altitud:** 4963 msnm

**Estación de monitoreo de calidad de aire - ECA – 02 (Día 05)**



**DESCRIPCIÓN**

**Fecha:** 14/10/2022  
**Hora inicio:** 18:00  
**Duración:** 24h

**Coordenadas UTM  
WGS84**

**Zona:** 19L  
**Este:** 451357  
**Norte:** 8382256  
**Altitud:** 4958 msnm

## **ANEXO 2**

### **Data de la estación meteorológica**

### Datos meteorológicos en las dos estaciones de muestreo (10 - 11 de octubre)

Fecha	Hora de Registro	Temperatura (°C)		Humedad (%)		Velocidad del viento (m/s)		Dirección del viento		Presión (mBar)	
		ECA-01	ECA-02	ECA-01	ECA-02	ECA-01	ECA-02	ECA-01	ECA-02	ECA-01	ECA-02
10/10/22	16:00	12.7		26		0.4		SSE		560.4	
10/10/22	17:00	11.8		9		0.9		SSE		560.6	
10/10/22	18:00	7.3	7.7	13	10	0	0	N	SSW	561.2	563.6
10/10/22	19:00	5.6	5.2	17	13	0	0	NW	SW	561.8	564.3
10/10/22	20:00	3.9	3.5	21	21	0	0	NW	SW	562.6	564.7
10/10/22	21:00	3.1	2.8	22	21	0	0	N	SW	563	564.9
10/10/22	22:00	1.6	1.1	26	26	0	0	WNW	SW	563.4	565.3
10/10/22	23:00	0.7	0.2	32	33	0	0	NNW	SW	563.1	565
10/10/22	00:00	-0.3	-0.9	38	38	0	0	---	SW	562.7	564.5
10/10/22	01:00	-0.8	-1	38	32	0	0	---	WSW	562.6	564.5
10/10/22	02:00	-0.8	-1.6	27	26	0	0	W	WSW	562.5	564.4
10/10/22	03:00	-1.3	-1.9	22	21	0	0	---	WSW	562.3	564.2
10/10/22	04:00	-1.2	-2.1	19	22	0	0	WNW	SW	562.4	564.4
11/10/22	05:00	-1.8	-2.7	24	25	0	0	---	---	562.7	564.6
11/10/22	06:00	-1.6	-2.7	21	22	0	0	---	---	562.9	564.9
11/10/22	07:00	1.7	-0.6	13	19	0	0	---	SW	563.3	565.3
11/10/22	08:00	3.6	1.8	12	14	0	0	NW	SW	563.7	565.6
11/10/22	09:00	6.2	6.2	11	10	0.9	0	SSE	NE	563.7	565.5
11/10/22	10:00	9.6	8.8	6	8	0.9	0	SSE	NE	563.5	565.7
11/10/22	11:00	11.2	10.1	7	5	0.4	0.4	N	NE	563.4	565.6
11/10/22	12:00	12.2	11.6	5	5	1.3	0.4	SE	NE	562.7	565
11/10/22	13:00	11.1	10.8	28	23	1.8	0.9	SE	NE	561.6	564.4
11/10/22	14:00	14.7	12.4	16	15	1.8	0.9	SSE	NNE	561.4	563.6
11/10/22	15:00	11.8	11	21	26	0.9	0	SSE	NE	560.9	563.1
11/10/22	16:00		12		20		0.4		NNE		563.2
11/10/22	17:00		9.3		15		0.9		NNE		563.2
Hora de inicio ECA-01		16:00 h				Hora de inicio ECA-02		18:00			
Hora de término ECA-01		15:00 h				Hora de término ECA-02		17:00			

### Datos meteorológicos en las dos estaciones de muestreo (11 - 12 de octubre)

Fecha	Hora de Registro	Temperatura (°C)		Humedad (%)		Velocidad del viento (m/s)		Dirección del viento		Presión (mBar)	
		ECA-01	ECA-02	ECA-01	ECA-02	ECA-01	ECA-02	ECA-01	ECA-02	ECA-01	ECA-02
11/10/22	16:00	9.9		21		1.8		SSE		560.8	
11/10/22	17:00	9.7		12		2.7		SE		561	
11/10/22	18:00	6.6	6.5	25	27	0.4	0	SSE	E	561.7	563.8
11/10/22	19:00	4.3	3.8	18	15	0	0	N	W	562.4	564.5
11/10/22	20:00	2.7	2.3	26	23	0	0.4	WNW	W	562.9	564.5
11/10/22	21:00	1.7	1.3	29	27	0	0.4	WNW	W	563.3	564.9
11/10/22	22:00	0.6	0.2	31	30	0	0	N	WNW	563.2	564.9
11/10/22	23:00	-0.5	-0.7	25	21	0	0	---	WNW	562.9	564.7
12/10/22	00:00	-1.3	-1.7	23	37	0	0	---	---	562.3	564.1
12/10/22	01:00	-1.6	-2.1	25	27	0	0	---	WNW	561.7	563.4
12/10/22	02:00	-2	-2.4	25	21	0	0	N	WNW	561.1	563
12/10/22	03:00	-2.4	-2.9	29	27	0	0	---	---	561	562.8
12/10/22	04:00	-3.3	-4.2	33	38	0	0	---	---	561.1	563.1
12/10/22	05:00	-3.6	-4.3	30	33	0	0	---	---	561.4	563.3
12/10/22	06:00	-2	-3.7	16	24	0	0	N	E	561.9	563.8
12/10/22	07:00	0.2	-1.3	13	15	0.4	0	SE	E	562.4	564.3
12/10/22	08:00	2	1	9	11	0.9	0	SSE	E	562.7	564.4
12/10/22	09:00	4.1	5.2	10	13	1.8	0	SSE	E	562.8	564.5
12/10/22	10:00	6.6	6.8	5	13	1.8	0.4	SSE	E	562.5	564.6
12/10/22	11:00	8.2	8.3	6	7	1.3	0.9	SE	E	562.1	564.2
12/10/22	12:00	8.6	10.8	6	9	2.2	0.9	SSE	E	561.3	563.5
12/10/22	13:00	10.7	11.2	6	9	1.8	0.9	SSE	E	560.3	562.5
12/10/22	14:00	10.4	13.2	32	29	2.2	0.9	SSE	E	559.9	562.1
12/10/22	15:00	10.9	13.6	23	23	1.8	0.4	S	ENE	559.4	561.6
12/10/22	16:00		11.2		29		0.4		E		561.4
12/10/22	17:00		7.1		45		0.4		E		561.5
Hora de inicio ECA-01		16:00 h				Hora de inicio ECA-02		18:00			
Hora de término ECA-01		15:00 h				Hora de término ECA-02		17:00			

### Datos meteorológicos en las dos estaciones de muestreo (12 - 13 de octubre)

Fecha	Hora de Registro	Temperatura (°C)		Humedad (%)		Velocidad del viento (m/s)		Dirección del viento		Presión (mBar)	
		ECA-01	ECA-02	ECA-01	ECA-02	ECA-01	ECA-02	ECA-01	ECA-02	ECA-01	ECA-02
12/10/22	16:00	9.6		34		1.8		S		559.2	
12/10/22	17:00	5.8		48		1.3		SSE		559.4	
12/10/22	18:00	2.3	2.7	68	67	0.9	0	SSE	E	560.1	562.3
12/10/22	19:00	2.2	1.8	50	46	0	0	SSE	E	560.9	562.8
12/10/22	20:00	0.5	1	49	41	0	0	---	W	561.4	563
12/10/22	21:00	-0.6	0.4	23	19	0	0	---	W	561.9	563.5
12/10/22	22:00	-0.8	-0.5	21	20	0	0.4	---	W	561.8	563.4
12/10/22	23:00	-1.6	-1.3	23	25	0	0.4	---	WNW	561.8	563.4
13/10/22	00:00	-2.8	-1.9	26	25	0	0	---	WNW	561.4	563
13/10/22	01:00	-3.7	-2.4	27	28	0	0	---	WNW	561	562.7
13/10/22	02:00	-3.1	-3.2	34	35	0	0	---	---	560.3	562.1
13/10/22	03:00	-3.6	-3.7	53	51	0	0	---	---	559.9	561.6
13/10/22	04:00	-4.2	-4.2	52	51	0	0	---	---	559.8	561.6
13/10/22	05:00	-5.2	-4.7	57	50	0	0	---	---	560.1	561.9
13/10/22	06:00	-4.8	-4.7	49	43	0	0	---	---	560.4	562.2
13/10/22	07:00	-3.5	-1.9	28	27	0	0	---	E	560.9	562.6
13/10/22	08:00	0.4	1.5	22	20	0	0	---	ENE	561.4	563.1
13/10/22	09:00	4	5.5	10	14	0	0.4	---	ENE	561.5	563.2
13/10/22	10:00	10.7	7.9	13	14	0	0.9	---	ENE	561.3	563.4
13/10/22	11:00	8.9	8.8	20	22	0	0.9	---	E	561	563.1
13/10/22	12:00	12.9	12.1	25	30	0	0	---	ENE	560.3	562.4
13/10/22	13:00	13.8	12.9	26	29	0	0	---	N	559.7	561.7
13/10/22	14:00	11.2	10.5	29	34	0	0.4	---	E	559.2	561.4
13/10/22	15:00	8.6	9.9	37	37	0	0.4	---	E	558.9	561.1
13/10/22	16:00		8.5		41		0.4		E		561.1
13/10/22	17:00		5.4		48		0.9		E		561.2
Hora de inicio ECA-01		16:00 h				Hora de inicio ECA-02				18:00	
Hora de término ECA-01		15:00 h				Hora de término ECA-02				17:00	

### Datos meteorológicos de las dos estaciones de muestreo (13 - 14 de octubre)

Fecha	Hora de Registro	Temperatura (°C)		Humedad (%)		Velocidad del viento (m/s)		Dirección del viento		Presión (mBar)	
		ECA-01	ECA-02	ECA-01	ECA-02	ECA-01	ECA-02	ECA-01	ECA-02	ECA-01	ECA-02
13/10/22	16:00	7.8		44		0		---		558.9	
13/10/22	17:00	5.2		50		0		---		559.1	
13/10/22	18:00	3.4	3.1	64	66	0	0.4	---	E	559.8	562
13/10/22	19:00	2.3	1.7	70	72	0	0	---	WNW	560.2	562.3
13/10/22	20:00	2	1.2	70	72	0	0	---	NW	560.7	562.4
13/10/22	21:00	1.1	0.4	74	78	0	0	---	E	561.2	562.8
13/10/22	22:00	1.4	0.1	71	76	0	0	---	---	561.6	563.1
13/10/22	23:00	1.2	0	71	77	0	0	---	NNW	561.4	562.9
14/10/22	00:00	0.8	-0.4	73	78	0	0	---	NNE	561.3	562.8
14/10/22	01:00	0.6	-0.4	75	77	0	0	---	WNW	561	562.5
14/10/22	02:00	0.6	-0.8	72	76	0	0	---	ENE	560.6	562.1
14/10/22	03:00	-0.4	-1.4	78	80	0	0	---	E	560.5	562.1
14/10/22	04:00	-0.9	-1.8	82	85	0	0	---	E	560.6	562.2
14/10/22	05:00	-1.2	-2	82	86	0	0	---	E	561.1	562.6
14/10/22	06:00	-1.4	-2.1	82	84	0	0	---	---	561.5	563.1
14/10/22	07:00	1.7	0.1	68	76	0	0	---	ENE	562.2	563.7
14/10/22	08:00	2.3	1.9	62	63	0	0	---	E	562.6	564.1
14/10/22	09:00	2.8	3.4	63	62	0	0.4	---	E	562.9	564.3
14/10/22	10:00	5.2	6.9	45	43	0	0	---	E	562.8	564.9
14/10/22	11:00	6.2	7.3	50	50	1.8	0.4	NNW	ENE	562.7	564.7
14/10/22	12:00	7.3	8.4	50	49	1.3	0.4	NNW	ENE	562.2	564.3
14/10/22	13:00	7.3	10.3	52	46	1.8	0.4	NNW	ENE	561.9	564.1
14/10/22	14:00	10.9	12.7	39	36	1.8	0	NNW	N	560.9	563
14/10/22	15:00	10.3	10.8	41	43	2.2	0	NNW	N	560.9	563.1
14/10/22	16:00		6.9		50		0		N		562.7
14/10/22	17:00		5.7		55		0		NW		562.9
Hora de inicio ECA-01		16:00 h				Hora de inicio ECA-02				18:00	
Hora de término ECA-01		15:00 h				Hora de término ECA-02				17:00	

### Datos meteorológicos en las dos estaciones de muestreo (14 – 15 de octubre)

Fecha	Hora de Registro	Temperatura (°C)		Humedad (%)		Velocidad del viento (m/s)		Dirección del viento		Presión (mBar)	
		ECA-01	ECA-02	ECA-01	ECA-02	ECA-01	ECA-02	ECA-01	ECA-02	ECA-01	ECA-02
14/10/22	16:00	6.5		51		1.8		NNW		560.8	
14/10/22	17:00	5.3		56		0.9		NNW		560.9	
14/10/22	18:00	2.6	2.7	66	65	0	0	NNW	NNW	561.2	563.2
14/10/22	19:00	1.8	1.3	71	71	0	0	NNW	WNW	561.7	563.5
14/10/22	20:00	1.8	0.9	74	78	0.4	0	NNW	ENE	562.2	563.7
14/10/22	21:00	0.6	0.1	78	81	0.9	0	NNW	ENE	562.7	564.3
14/10/22	22:00	1	0.8	79	79	0	0	NNW	E	563.7	565.2
14/10/22	23:00	-0.1	-0.5	86	88	0	0	NW	ESE	563.5	565
15/10/22	00:00	-0.1	-0.6	86	87	0	0	NNW	ENE	562.8	564.2
15/10/22	01:00	-0.3	-0.6	84	84	0	0	NNW	E	562.3	563.8
15/10/22	02:00	-0.7	-0.9	87	87	0	0	NW	ESE	562.2	563.7
15/10/22	03:00	-0.7	-0.9	88	90	0	0	NW	---	562	563.5
15/10/22	04:00	-0.7	-1	88	88	0	0	WNW	---	562.2	563.7
15/10/22	05:00	-0.8	-1.1	88	89	0	0	NW	---	562.5	564.1
15/10/22	06:00	-0.8	-1	88	87	0	0	NW	ENE	562.9	564.4
15/10/22	07:00	0.7	0.2	83	83	0	0	SW	---	563.6	565.1
15/10/22	08:00	1.8	1.4	78	80	0	0	NW	ENE	563.9	565.4
15/10/22	09:00	2.7	2.6	78	77	0.9	0	NNW	ENE	564.1	565.5
15/10/22	10:00	5.8	6	67	62	1.3	0	NNW	ENE	564.1	565.8
15/10/22	11:00	7.4	9	58	54	1.3	0	NNW	ENE	563.8	565.8
15/10/22	12:00	10.7	12.3	49	48	1.3	0	NNW	N	563.3	565.3
15/10/22	13:00	9.9	10.6	49	48	2.2	0	NNW	N	562.7	564.7
15/10/22	14:00	12.2	12.3	47	48	1.8	0	NNW	N	562.2	564.4
15/10/22	15:00	10.5	11	47	47	1.8	0	NNW	ENE	562.1	564.1
15/10/22	16:00		6.1		60		0		W		564.3
15/10/22	17:00		3.4		76		0		E		564.6
Hora de inicio ECA-01				16:00 h				Hora de inicio ECA-02		18:00	
Hora de término ECA-01				15:00 h				Hora de término ECA-02		17:00	

## **ANEXO 3**

### **Certificado de calibración – Analizador automático de mercurio**



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PL - FG123 - 22 - 9N

Página 1 de 3

1. SOLICITANTE : E & L ENVIRONMENTAL CONSULTING SERVICES S.R.L.
2. DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE ZELA 603-A, YANAHUARA - AREQUIPA
3. DATOS DEL EQUIPO  
INSTRUMENTO DE MEDIDA : Analizador automático de mercurio (Sensor de flujo)  
MARCA : LUMEX INSTRUMENTS  
MODELO : RA-915 AM  
SERIE : 117  
IDENTIFICACIÓN : EL/AGHG/09 (\*)  
INTERVALO DE MEDIDA : Desde 4 L/min hasta 10 L/min  
RESOLUCIÓN : 0,1 L/min
4. LUGAR DE CALIBRACIÓN : Laboratorio de Flujo de Gases de Paz Laboratorios S.R.L.
5. FECHA DE CALIBRACIÓN : 2022-09-02
6. ORDEN DE TRABAJO : CAL-0696-2022-8
7. ACLARACIONES DEL CERTIFICADO:

Este certificado de calibración es trazable a los patrones Nacionales o Internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo al Sistema Internacional de unidades (SI).

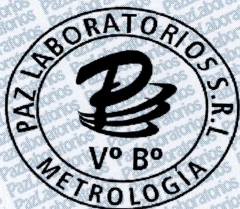
Los resultados reportados son válidos solo para el equipo de medición en las condiciones y momento en que se realizó la calibración. El solicitante y/o usuario es responsable de definir el periodo de calibración según la recomendación del fabricante, uso, análisis de deriva y exactitud de medición.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido de manera completa. Los extractos o modificaciones requerirán la autorización explícita de PAZ LABORATORIOS S.R.L.

Certificado sin la firma digital del jefe de laboratorio carece de validez.

Arequipa, 3 de septiembre de 2022

Signatario autorizado:

  
Erwin Edgardo Paz Gonzales  
GERENTE GENERAL  
PAZ LABORATORIOS S.R.L.  
Jesús Eduardo Checya Bustincio  
Jefe de Laboratorio de Metrología  
PAZ LABORATORIOS S.R.L.

PL-LM-FOR-90 v00



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PL - FG123 - 22 - 9N

Página 2 de 3

### 8. PROCEDIMIENTO UTILIZADO:

Procedimiento "ME-009, Procedimiento para la Calibración de Caudalímetros de Gases" del Centro Español de Metrología (CEM).

### 9. PATRONES UTILIZADOS:

TRAZABILIDAD	INSTRUMENTO	N° CERTIFICADO
Este equipo es trazable a los patrones de MesaLabs	Un medidor de flujo digital con incertidumbre desde 4,03 cm <sup>3</sup> /min hasta 67,8 cm <sup>3</sup> /min	485112

### 10. CONDICIONES AMBIENTALES:

	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (% HR)	Presión (mbar)
<b>Inicial</b>	20,00	37,6	769,8
<b>Final</b>	20,19	38,6	769,9

Se utilizó un termohigrómetro con certificado E410-644A-2022-2 y un barómetro con certificado CCP-0905-001-22.

### 11. OBSERVACIONES:

La incertidumbre expandida de medición reportada es la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura k=2 de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.

La incertidumbre expandida declarada en el presente certificado ha sido estimado siguiendo las directrices de: "Procedimiento ME-009 para la Calibración de Caudalímetros de Gases" y "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" primera edición, septiembre 2008 CEM.

Se colocó en el equipo la etiqueta de calibración de Paz Laboratorios S.R.L. identificada con N° **00267**

(\*) Información proporcionada por el cliente.

(\*\*) Información tomada del manual del equipo.

La calibración fue realizada utilizando la indicación de caudal a condiciones actuales.

PL-LM-FOR-90 v00



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**PL - FG123 - 22 - 9N**

**12. RESULTADOS DE CALIBRACIÓN:**

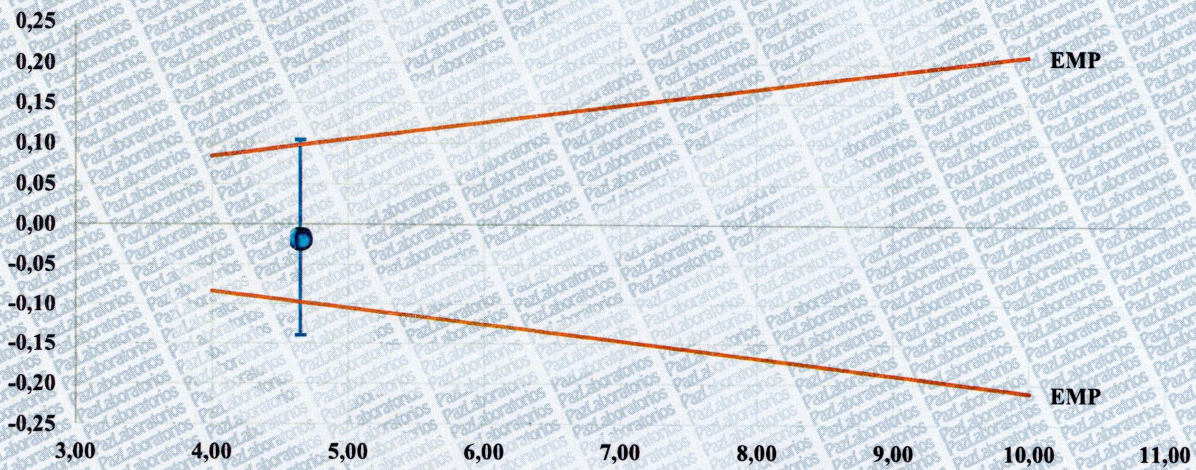
Indicación del patrón (L/min)	Indicación del instrumento (L/min)	Corrección		Incertidumbre	
		(L/min)	(%)	(L/min)	(%)
4,635	4,653	-0,02	-0,39	0,12	2,6

Nota 1: Los datos obtenidos son el valor promedio de al menos diez lecturas.

Nota 2: Error máximo permitido según Protocolo Nacional de la Calidad del Aire, Noviembre 2019.

**13. GRÁFICAS DE CALIBRACIÓN:**

**GRÁFICO INDICACIÓN vs CORRECCIÓN**



\*\*\*\*\* FIN DEL DOCUMENTO \*\*\*\*\*



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PL - FG124 - 22 - 9N

Página 1 de 3

- SOLICITANTE** : E & L ENVIRONMENTAL CONSULTING SERVICES S.R.L.
- DIRECCIÓN DEL CLIENTE** : CALLE ZELA 603-A, YANAHUARA - AREQUIPA
- DATOS DEL EQUIPO**
  - INSTRUMENTO DE MEDIDA** : Analizador automático de mercurio (Sensor de flujo)
  - MARCA** : LUMEX INSTRUMENTS
  - MODELO** : RA-915 AM
  - SERIE** : 147
  - IDENTIFICACIÓN** : EL/AGHG/10 (\*)
  - INTERVALO DE MEDIDA** : Desde 4 L/min hasta 10 L/min
  - RESOLUCIÓN** : 0,1 L/min
- LUGAR DE CALIBRACIÓN** : Laboratorio de Flujo de Gases de Paz Laboratorios S.R.L.
- FECHA DE CALIBRACIÓN** : 2022-09-02
- ORDEN DE TRABAJO** : CAL-0696-2022-8
- ACLARACIONES DEL CERTIFICADO:**

Este certificado de calibración es trazable a los patrones Nacionales o Internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo al Sistema Internacional de unidades (SI).

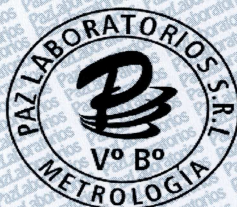
Los resultados reportados son válidos solo para el equipo de medición en las condiciones y momento en que se realizó la calibración. El solicitante y/o usuario es responsable de definir el periodo de calibración según la recomendación del fabricante, uso, análisis de deriva y exactitud de medición.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido de manera completa. Los extractos o modificaciones requerirán la autorización explícita de PAZ LABORATORIOS S.R.L.

Certificado sin la firma digital del jefe de laboratorio carece de validez.

Arequipa, 3 de septiembre de 2022

Signatario autorizado:



Erwin Edgardo Paz Gonzales  
GERENTE GENERAL  
PAZ LABORATORIOS S. R. L.



Jesus Eduardo Cheza Bustincio  
Jefe de Laboratorio de Metrología  
PAZ LABORATORIOS S.R.L.

PL-LM-FOR-90 v00



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PL - FG124 - 22 - 9N

Página 2 de 3

**8. PROCEDIMIENTO UTILIZADO:**

Procedimiento "ME-009, Procedimiento para la Calibración de Caudalímetros de Gases" del Centro Español de Metrología (CEM).

**9. PATRONES UTILIZADOS:**

TRAZABILIDAD	INSTRUMENTO	N° CERTIFICADO
Este equipo es trazable a los patrones de MesaLabs	Un medidor de flujo digital con incertidumbre desde 4,03 cm <sup>3</sup> /min hasta 67,8 cm <sup>3</sup> /min	485112

**10. CONDICIONES AMBIENTALES:**

	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (% HR)	Presión (mbar)
<b>Inicial</b>	20,23	37,5	769,8
<b>Final</b>	20,03	37,7	769,9

Se utilizó un termohigrómetro con certificado E410-644A-2022-2 y un barómetro con certificado CCP-0905-001-22.

**11. OBSERVACIONES:**

La incertidumbre expandida de medición reportada es la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura k=2 de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.

La incertidumbre expandida declarada en el presente certificado ha sido estimado siguiendo las directrices de: "Procedimiento ME-009 para la Calibración de Caudalímetros de Gases" y "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" primera edición, septiembre 2008 CEM.

Se colocó en el equipo la etiqueta de calibración de Paz Laboratorios S.R.L. identificada con N° **00268**

(\*) Información proporcionada por el cliente.

(\*\*) Información tomada del manual del equipo.

La calibración fue realizada utilizando la indicación de caudal a condiciones actuales.

PL-LM-FOR-90 v00



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### PL - FG124 - 22 - 9N

Página 3 de 3

#### 12. RESULTADOS DE CALIBRACIÓN:

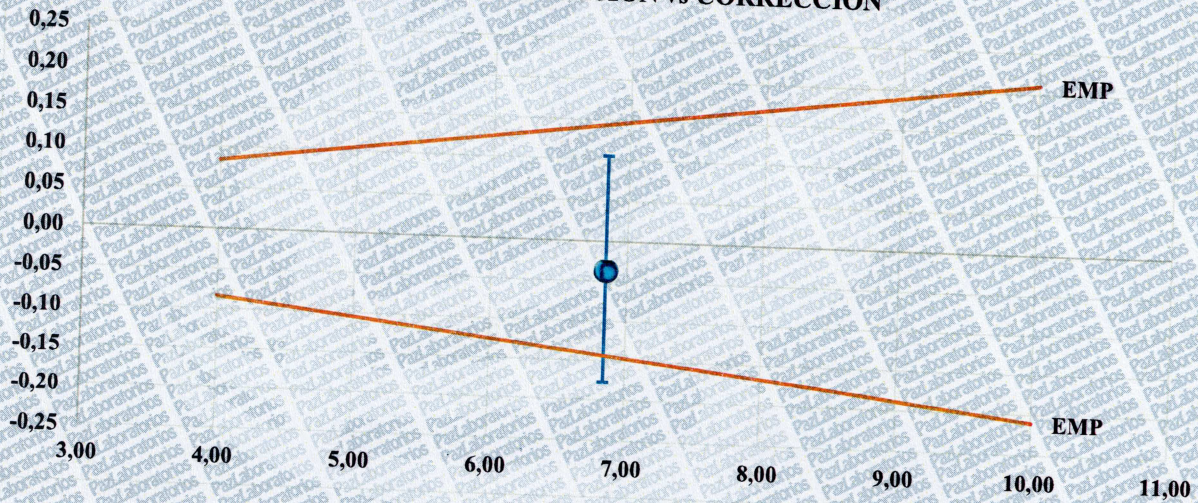
Indicación del patrón (L/min)	Indicación del instrumento (L/min)	Corrección		Incertidumbre	
		(L/min)	(%)	(L/min)	(%)
6,810	6,847	-0,04	-0,54	0,14	2,1

**Nota 1:** Los datos obtenidos son el valor promedio de al menos diez lecturas.

**Nota 2:** Error máximo permitido según Protocolo Nacional de la Calidad del Aire, Noviembre 2019.

#### 13. GRÁFICAS DE CALIBRACIÓN:

**GRÁFICO INDICACIÓN vs CORRECCIÓN**



\*\*\*\*\* FIN DEL DOCUMENTO \*\*\*\*\*

PL-LM-FOR-90 v00



## **ANEXO 4**

### **Certificado de calibración - Estación meteorológica**



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### PL - TH049 - 22 - 3

- SOLICITANTE** : E&L ENVIRONMENTAL CONSULTING SERVICES S.R.L.
- DIRECCIÓN DEL CLIENTE** : Calle Zela 603A - Yanahuara - Arequipa
- DATOS DEL EQUIPO:**
  - INSTRUMENTO** : Estación Meteorológica (Termohigrómetro)
  - MARCA** : DAVIS INSTRUMENTS / VANTAGE PRO 2
  - MODELO** : 6152
  - SERIE** : AM140115012
  - IDENTIFICACIÓN** : EL/EM/02 (\*)
  - INTERVALO DE MEDIDA** : 40 °C a 65 °C ; 0 % HR a 100 % HR (\*\*)
  - RESOLUCIÓN** : 0,1 °C ; 1 % HR
  - PROCEDENCIA** : Estados Unidos
- LUGAR DE CALIBRACIÓN:** Laboratorio de Metrología de Paz Laboratorios S.R.L.
- FECHA DE CALIBRACIÓN:** 2022-03-04
- ORDEN DE TRABAJO:** CAL-0599-2022-2
- ACLARACIONES DEL CERTIFICADO:**

Este certificado de calibración es trazable a los patrones Nacionales o Internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo al Sistema Internacional de unidades (SI).

Los resultados reportados en este certificado son válidos solo para el equipo de medición calibrado en las condiciones y momento en que se realizó la calibración.

El solicitante y/o usuario es responsable de definir el periodo de calibración según la recomendación del fabricante, uso, registros de mantenimiento, análisis de deriva y exactitud de medición.

La difusión del presente certificado debe ser de forma completa, sin modificaciones y únicamente cuando se cuente con la aprobación y autorización de PAZ LABORATORIOS S.R.L.

PAZ LABORATORIOS S.R.L. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado del instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

Este certificado cumple con los requisitos de la Norma NTP ISO/IEC 17025. Sólo es válido si cuenta con el sello en relieve y las firmas del Gerente General y el Jefe de Laboratorio.


- PROCEDIMIENTO UTILIZADO:**

"PC-026 Procedimiento para la calibración de higrómetros y termómetros ambientales" del Instituto Nacional de Calidad (INACAL), primera edición, 2019.

Arequipa, 9 de marzo de 2022



  
Erwin Edgardo Paz Gonzales  
GERENTE GENERAL  
PAZ LABORATORIOS S. R. L.

  
Jesús Eduardo Checya Bustincio  
Jefe de Laboratorio de Metrología  
PAZ LABORATORIOS S.R.L.

401000



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### PL - TH049 - 22 - 3

**9. PATRONES UTILIZADOS:**

TRAZABILIDAD	INSTRUMENTO	N° CERTIFICADO
Este instrumento es trazable a los patrones de INACAL-DM	Un higrómetro digital con incertidumbres de 0,75 % HR a 1,58 % HR	LH-036-2022
	Un termómetro digital con incertidumbres de 0,18 °C a 0,21 °C	

**10. CONDICIONES AMBIENTALES:**

	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (% HR)
<b>Inicial</b>	20,0	73,0
<b>Final</b>	19,9	74,7

Para el control de las condiciones ambientales se usó un termohigrómetro con certificado E410-644A-2022-2.

**11. RESULTADOS DE CALIBRACIÓN:**
**PARA EL TERMÓMETRO**

Temperatura Convencionalmente Verdadera (°C)	Indicación del Instrumento (°C)	Corrección (°C)	Incertidumbre (°C)
18,97	19,0	-0,03	0,21
28,37	26,0	2,37	0,23
37,13	39,0	-1,87	0,22

Temperatura Convencionalmente Verdadera (TCV) resulta de:  
 $TCV = \text{Indicación del instrumento} + \text{corrección}$

**PARA EL HIGRÓMETRO**

Humedad Convencionalmente Verdadera (% HR)	Indicación del Instrumento (% HR)	Corrección (% HR)	Incertidumbre (% HR)
41,5	44	-2,5	2,0
54,4	56	-1,4	2,6
78,9	80	-1,1	2,6

Humedad Convencionalmente Verdadera (HCV) resulta de:  
 $HCV = \text{Indicación del instrumento} + \text{corrección}$

**Nota 1:** El tiempo de estabilización durante la calibración fue de aproximadamente 20 minutos.

**Nota 2:** La temperatura promedio durante la calibración del higrómetro fue de 23,23 °C.

**Nota 3:** El valor de indicación del instrumento es el promedio de diez lecturas.

**000105**



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### PL - TH049 - 22 - 3

#### 12. OBSERVACIONES:

La incertidumbre expandida de medición reportada es la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura  $k=2$  de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.

La incertidumbre expandida declarada en el presente certificado ha sido estimada siguiendo las directrices de: "Procedimiento PC-026 para la calibración de higrómetros y termómetros ambientales" y "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" primera edición, septiembre 2008, Centro español de Metrología (CEM).

Se colocó en el equipo la etiqueta de calibración de Paz Laboratorios S.R.L. identificada con N° **00089**

(\*) Información proporcionada por el cliente.

(\*\*) Información tomada de su manual.

**\*\*\*\*\* FIN DEL DOCUMENTO \*\*\*\*\***

000106



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN****PL - FP050 - 22 - 3**

1. **SOLICITANTE:** E&L ENVIRONMENTAL CONSULTING SERVICES S.R.L.
2. **DIRECCIÓN DEL CLIENTE:** Calle Zela 603A, Yanahuara - Arequipa
3. **DATOS DEL EQUIPO:**
- INSTRUMENTO DE MEDIDA** : Estación Meteorológica (Sensor de presión barométrica)
- MARCA** : DAVIS INSTRUMENTS / VANTAGE PRO 2
- MODELO** : 6152
- SERIE** : AM140115012
- IDENTIFICACIÓN** : EL/EM/02 (\*)
- INTERVALO DE** : 540 a 1100 mbar (\*\*)
- RESOLUCIÓN** : 0,1 mbar
- PROCEDENCIA** : Estados Unidos
4. **LUGAR DE CALIBRACIÓN:** Laboratorio de Metrología de Paz Laboratorios S.R.L.
5. **FECHA DE CALIBRACIÓN:** 2022-03-03
6. **ORDEN DE TRABAJO:** CAL-0599-2022-2
7. **ACLARACIONES DEL CERTIFICADO:**

Este certificado de calibración es trazable a los patrones Nacionales o Internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo al Sistema Internacional de unidades (SI).

Los resultados reportados en este certificado son válidos solo para el equipo de medición calibrado en las condiciones y momento en que se realizó la calibración.

El solicitante y/o usuario es responsable de definir el periodo de calibración según la recomendación del fabricante, uso, registros de mantenimiento, análisis de deriva y exactitud de medición.

La difusión del presente certificado debe ser de forma completa, sin modificaciones y solo cuando se cuente con la aprobación y autorización de PAZ LABORATORIOS S.R.L.

PAZ LABORATORIOS S.R.L. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado del instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

Este certificado cumple con los requisitos de la Norma NTP ISO/IEC 17025. Sólo es válido si cuenta con el sello en relieve y las firmas del Gerente General y el Jefe de Laboratorio.

**8. PROCEDIMIENTO UTILIZADO:**

PL-LM-PC-25 Procedimiento interno para la calibración de barómetros, basado en la PC-024 INACAL.

Arequipa, 8 de Marzo de 2022



  
Erwin Edgardo Paz Gonzales  
GERENTE GENERAL  
PAZ LABORATORIOS S. R. L.

  
Jesus Eduardo Checya Bustincio  
Jefe de Laboratorio de Metrología  
PAZ LABORATORIOS S.R.L.

PL-LM-FOR-67 / ver. 00 / Oct. 2021

Página 1 de 2



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**
**PL - FP050 - 22 - 3**
**9. PATRONES UTILIZADOS:**

TRAZABILIDAD	INSTRUMENTO	N° CERTIFICADO
Ete equipo es trazable a los patrones de ELICROM PERÚ S.A.C.	Barómetro $U(k=2) = 2,2 \text{ mbar}$	CCP-0602-002-21

**10. CONDICIONES AMBIENTALES:**

	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (% HR)	Presión (mbar)
<b>Inicio</b>	19,38	71,47	770,7
<b>Final</b>	19,73	73,00	770,7

Para el control de las condiciones ambientales se usó un termohigrómetro con certificado E410-644A-2022-1.

**11. RESULTADOS DE CALIBRACIÓN:**

Lectura del patrón (mbar)	Lectura del instrumento (mbar)	Corrección (mbar)	Incertidumbre (mbar)
770,77	770,14	0,63	3,4

**12. OBSERVACIONES:**

La incertidumbre expandida de medición reportada es la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura  $k=2$  de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.

La incertidumbre expandida declarada en el presente certificado ha sido estimada siguiendo las directrices de "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" primera edición, septiembre 2008, Centro Español de Metrología (CEM).

Se colocó en el equipo la etiqueta de calibración de Paz Laboratorios S.R.L. identificada con N° **00089**

(\*) Información proporcionada por el cliente.

(\*\*) Información tomada de su manual.

\*\*\*\*\* FIN DEL DOCUMENTO \*\*\*\*\*

000108



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### PL - FP051 - 22 - 3

1. SOLICITANTE : E&L ENVIRONMENTAL CONSULTING SERVICES S.R.L.

2. DIRECCIÓN DEL CLIENTE : Calle Zela 603A, Yanahuara - Arequipa

#### 3. DATOS DEL EQUIPO:

**INSTRUMENTO DE MEDIDA** : ESTACIÓN METEREOLÓGICA (VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO)  
**MARCA** : DAVIS INSTRUMENTS / VANTAGE PRO 2  
**MODELO** : 6152  
**SERIE** : AM140115012  
**IDENTIFICACIÓN** : EL/EM/02 (\*)  
**INTERVALO DE MEDIDA** : 0 m/s a 89 m/s (\*\*)  
: 1° a 360° (\*\*)  
**RESOLUCIÓN** : 0,4 m/s ; 1° (\*\*)

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN: Lab. Metrología de Paz Laboratorios S.R.L.

5. FECHA DE CALIBRACIÓN: 2022-03-04

6. ORDEN DE TRABAJO: CAL-0599-2022-2

#### 7. ACLARACIONES DEL CERTIFICADO:

Este certificado de calibración es trazable a los patrones Nacionales o Internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo al Sistema Internacional de unidades (SI).

Los resultados reportados en este certificado son válidos solo para el equipo de medición calibrado en las condiciones y momento en que se realizó la calibración. El solicitante y/o usuario es responsable de definir el periodo de calibración según la recomendación del fabricante, uso, análisis de deriva y exactitud de medición.

La difusión del presente certificado debe ser de forma completa, sin modificaciones y sólo cuando se cuente con la aprobación y autorización de PAZ LABORATORIOS S.R.L.

PAZ LABORATORIOS no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado del instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.


Este Certificado cumple con los requisitos de la Norma NTP ISO/IEC 17025. Sólo es válido si cuenta con el sello en relieve y las firmas del Gerente General y el Jefe de Laboratorio.

#### 8. PROCEDIMIENTO UTILIZADO:

PL-LM-PC-15 Procedimiento interno para la calibración de Anemómetros.

Arequipa, 8 de marzo de 2022



  
Erwin Edgardo Paz Gonzales  
GERENTE GENERAL  
PAZ LABORATORIOS S. R. L.

  
Jesus Eduardo Cherya Bustincio  
Jefe de Laboratorio de Metrología  
PAZ LABORATORIOS S.R.L.

PL-LM-FOR-74 / ver.00 / Nov. 2021

Página 1 de 2

000109



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

**PL - FP051 - 22 - 3**

**9. PATRONES UTILIZADOS:**

TRAZABILIDAD	INSTRUMENTO	Nº CERTIFICADO
Patrones de referencia de ELICROM S.A.C.	Anemómetro $U(k=2) = 0,58 \text{ m/s}$	CCP-0602-001-21
Patrones de referencia de ELICROM S.A.C.	Termohigrómetro $U(k=2) = 0,67 \text{ }^\circ\text{C} / U(k=2) = 2,2 \text{ \% H.R.}$	CCP-0437-001-21

**10. CONDICIONES AMBIENTALES:**

	TEMPERATURA ( $^\circ\text{C}$ )	HUMEDAD RELATIVA (% HR)
<b>Inicio</b>	19,4	62,3
<b>Final</b>	20,1	63,5

**11. RESULTADOS DE CALIBRACIÓN:**

### VELOCIDAD DEL VIENTO

Patrón (m/s)	Instrumento (m/s)	Corrección (m/s)	Incertidumbre (m/s)
2,12	1,84	0,28	0,61
3,67	3,14	0,53	0,72
4,85	4,06	0,79	0,64

### DIRECCIÓN DEL VIENTO

Patrón G. Sexagesimal	Instrumento G. Sexagesimal	Corrección G. Sexagesimal	Incertidumbre G. Sexagesimal
1 $^\circ$	2 $^\circ$	-1 $^\circ$	2 $^\circ$
90 $^\circ$	91 $^\circ$	-1 $^\circ$	2 $^\circ$
180 $^\circ$	180 $^\circ$	0 $^\circ$	2 $^\circ$
270 $^\circ$	271 $^\circ$	-1 $^\circ$	2 $^\circ$

**12. OBSERVACIONES:**

La incertidumbre expandida de medición reportada es la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura  $k=2$  de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.

La incertidumbre expandida declarada en el presente certificado ha sido estimada siguiendo: "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" del Centro Español de Metrología (CEM), Primera edición - Septiembre 2008.

Se colocó en el equipo la etiqueta de calibración de Paz Laboratorios S.R.L. identificada con N° 00089.

(\*) Información tomada de la maleta del equipo.

(\*\*) Información tomada del manual del equipo.

\*\*\* FIN DEL DOCUMENTO \*\*\*

000110



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN****PL - TH123 - 22 - 9N***Página 1 de 3*

- 1. SOLICITANTE** : E&L ENVIRONMENTAL CONSULTING SERVICES S.R.L.
- 2. DIRECCIÓN DEL CLIENTE** : Calle Zela 603-A, Yanahuara
- 3. DATOS DEL EQUIPO:**
  - INSTRUMENTO** : Estación Metereológica
  - MARCA** : Davis Instruments / Vantage Pro 2
  - MODELO** : 6152C
  - SERIE** : BF210210014
  - IDENTIFICACIÓN** : EL/EM/08 (\*)
  - INTERVALO DE MEDIDA** : -40 °C a 65 °C ; 1 % HR a 100 % HR (\*\*)
  - RESOLUCIÓN** : 0,1 °C ; 1 % HR
  - PROCEDENCIA** : Estados Unidos
- 4. LUGAR DE CALIBRACIÓN:** Laboratorio de Temperatura y Humedad de Paz Laboratorios S.R.L.
- 5. FECHA DE CALIBRACIÓN:** 2022-09-07
- 6. ORDEN DE TRABAJO:** CAL-0700-2022-9
- 7. ACLARACIONES DEL CERTIFICADO:**

Este certificado de calibración es trazable a los patrones Nacionales o Internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo al Sistema Internacional de unidades (SI).

Los resultados reportados son válidos solo para el equipo de medición en las condiciones y momento en que se realizó la calibración. El solicitante y/o usuario es responsable de definir el periodo de calibración según la recomendación del fabricante, uso, análisis de deriva y exactitud de medición.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido de manera completa. Los extractos o modificaciones requerirán la autorización explícita de PAZ LABORATORIOS S.R.L.

Certificado sin la firma digital del jefe de laboratorio carece de validez.

Arequipa, 8 de septiembre de 2022

**Signatario autorizado:**



CHECYA BUSTINCIO JESUS  
EDUARDO  
PAZ LABORATORIOS S.R.L.  
JEFE DE LABORATORIO  
j.checya@pazlaboratorios.com  
Fecha: 13/09/2022 18:02  
Firmado con www.tocapu.pe



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### PL - TH123 - 22 - 9N

*Página 2 de 3*

**8. PROCEDIMIENTO UTILIZADO:**

PC-026 Procedimiento para la calibración de higrómetros y termómetros ambientales del Instituto Nacional de Calidad (INACAL), primera edición, 2019.

**9. PATRONES UTILIZADOS:**

TRAZABILIDAD	INSTRUMENTO	N° CERTIFICADO
Este instrumento es trazable a los patrones de INACAL-DM	Un higrómetro digital con incertidumbres de 0,75 % HR a 1,58 % HR	LH-036-2022
	Un termómetro digital con incertidumbres de 0,18 °C a 0,21 °C	

Se utilizó un medio de temperatura y humedad controlada caracterizada con identificación PL-CAC-01.

**10. CONDICIONES AMBIENTALES:**

	Temperatura ( °C )	Humedad Relativa (% HR)
<b>Inicial</b>	18,28	39,97
<b>Final</b>	19,84	38,70

Para el control de las condiciones ambientales se usó un termohigrómetro con certificado E410-644A-2022-2.

**11. OBSERVACIONES:**

La incertidumbre expandida de medición reportada es la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura  $k=2$  de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.

La incertidumbre expandida declarada en el presente certificado ha sido estimada siguiendo las directrices de: "Procedimiento PC-026 para la calibración de higrómetros y termómetros ambientales" y "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" primera edición, septiembre 2008, Centro español de Metrología (CEM).

Se colocó en el equipo la etiqueta de calibración de Paz Laboratorios S.R.L. identificada con N° **00271**

(\*) Información proporcionada por el cliente.

(\*\*) Información tomada del manual del equipo.

"EL USO INDEBIDO DE ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LEY"



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### PL - TH123 - 22 - 9N

Página 3 de 3

#### 12. RESULTADOS DE CALIBRACIÓN:

##### PARA EL TERMÓMETRO

Temperatura Convencionalmente Verdadera (°C)	Indicación del Instrumento (°C)	Corrección (°C)	Incertidumbre (°C)
10,10	10,0	0,10	0,29
20,16	20,0	0,16	0,27
31,05	30,8	0,25	0,26

Temperatura Convencionalmente Verdadera (TCV) resulta de:  
 $TCV = \text{Indicación del instrumento} + \text{corrección}$

**Nota 1:** El tiempo de estabilización durante la calibración fue de aproximadamente 30 minutos.

##### PARA EL HIGRÓMETRO

Humedad Convencionalmente Verdadera (% HR)	Indicación del Instrumento (% HR)	Corrección (% HR)	Incertidumbre (% HR)
19,6	20	-0,4	2,5
49,2	49	0,2	2,6
84,5	83	1,5	3,0

Humedad Convencionalmente Verdadera (HCV) resulta de:  
 $HCV = \text{Indicación del instrumento} + \text{corrección}$

**Nota 2:** El tiempo de estabilización durante la calibración fue de aproximadamente 30 minutos.

**Nota 3:** La temperatura promedio durante la calibración del higrómetro fue de 23,2 °C.

\*\*\*\* FIN DEL DOCUMENTO \*\*\*\*



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### PL - FP110 - 22 - 9N

Página 1 de 3

- SOLICITANTE:** E & L ENVIRONMENTAL CONSULTING SERVICES S.R.L.
- DIRECCIÓN DEL CLIENTE:** Calle Zela Nro. 603A, Yanahuara - Arequipa
- DATOS DEL EQUIPO:**
  - INSTRUMENTO DE MEDIDA :** Estación Meteorológica (sensor de presión barométrica)
  - MARCA :** Davis Instruments / Vantage Pro2
  - MODELO :** 6152C
  - SERIE :** BF210210014
  - IDENTIFICACIÓN :** EL/EM/08 (\*)
  - INTERVALO DE MEDIDA :** 540 a 1100 mbar (\*\*)
  - RESOLUCIÓN :** 0,1 mbar
- LUGAR DE CALIBRACIÓN:** Laboratorio de Fuerza y Presión de Paz Laboratorios S.R.L.
- FECHA DE CALIBRACIÓN:** 2022-09-02
- ORDEN DE TRABAJO:** CAL-0700-2022-9
- ACLARACIONES DEL CERTIFICADO:**

Este certificado de calibración es trazable a los patrones Nacionales o Internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo al Sistema Internacional de unidades (SI).

Los resultados reportados son válidos solo para el equipo de medición en las condiciones y momento en que se realizó la calibración. El solicitante y/o usuario es responsable de definir el periodo de calibración según la recomendación del fabricante, uso, análisis de deriva y exactitud de medición.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido de manera completa. Los extractos o modificaciones requerirán la autorización explícita de PAZ LABORATORIOS S.R.L.  
Certificado sin la firma digital del Jefe de Laboratorio carece de validez.

Arequipa, 3 de septiembre de 2022

Signatario autorizado:



CHECYA BUSTINCIO JESUS  
EDUARDO  
PAZ LABORATORIOS S.R.L.  
JEFE DE LABORATORIO  
j.checya@pazlaboratorios.com  
Fecha: 09/09/2022 15:12  
Firmado con www.tocapu.pe



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### PL - FP110 - 22 - 9N

Página 2 de 3

#### 8. PROCEDIMIENTO UTILIZADO:

PC-024 "Procedimiento para la calibración de instrumentos de medición de presión absoluta (barómetros)" del INACAL, primera edición, 2018.

#### 9. PATRONES UTILIZADOS:

TRAZABILIDAD	INSTRUMENTO	N° CERTIFICADO
Este equipo es trazable a los patrones de INACAL - DM	Un barómetro digital con una incertidumbre de orden de 0,1 mbar	LFP-010-2022

Se usó una cámara barométrica caracterizada con estabilidad de 0,31 mbar.

#### 10. CONDICIONES AMBIENTALES:

	Temperatura ( °C )	Humedad Relativa ( % HR )
<b>Inicio</b>	18,45	24,9
<b>Final</b>	21,60	38,3

La humedad y temperatura reportadas son las condiciones ambientales al interior de la cámara barométrica.

Se usó un termohigrómetro con certificado E410-644A-2022-1.

#### 11. OBSERVACIONES:

La incertidumbre expandida de medición reportada es la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura  $k=2$  de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.

La incertidumbre expandida declarada en el presente certificado ha sido estimada siguiendo las directrices de "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" primera edición, septiembre 2008, Centro Español de Metrología (CEM).

Se colocó en el equipo la etiqueta de calibración de Paz Laboratorios S.R.L. identificada con N° **00271**

(\*) Información proporcionada por el cliente.

(\*\*) Información tomada del manual del equipo



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**PL - FP110 - 22 - 9N**

**12. RESULTADOS DE CALIBRACIÓN:**

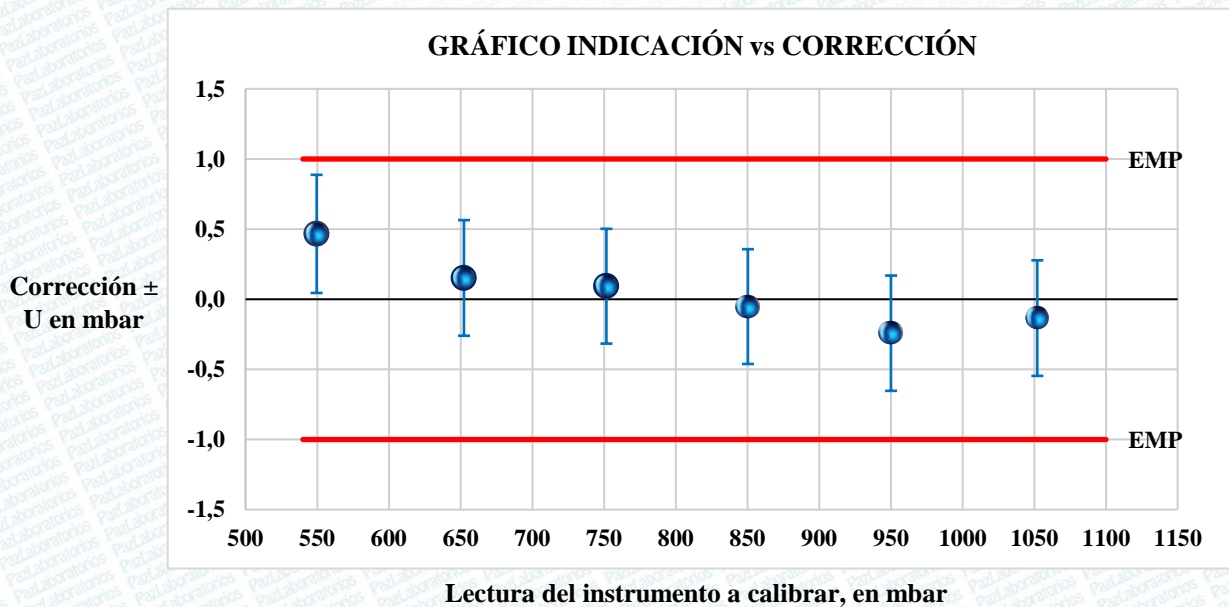
Indicación del instrumento		Corrección (mbar)	Incertidumbre (mbar)	Error Máximo Permitido (mbar)
(Pa)	(mbar)			
54956	549,56	0,47	0,42	1,0
65236	652,36	0,15	0,41	1,0
75166	751,66	0,09	0,41	1,0
85034	850,34	-0,05	0,41	1,0
95018	950,18	-0,24	0,41	1,0
105218	1052,18	-0,13	0,41	1,0

Indicación del patrón = Indicación del instrumento + Corrección

**Nota 1:** Los datos de Indicación del instrumento son el valor promedio de 5 lecturas.

**Nota 2:** Error máximo permitido del instrumento (Accuracy = Exactitud, según el fabricante)

**13. GRÁFICO DE LOS RESULTADOS:**



\*\*\*\*\* FIN DEL DOCUMENTO \*\*\*\*\*

"EL USO INDEBIDO DE ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LEY"



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN****PL - FG126 - 22 - 9N***Página 1 de 3*

- 1. SOLICITANTE** : E & L ENVIRONMENTAL CONSULTING SERVICES S.R.L.
- 2. DIRECCIÓN DEL CLIENTE** : CALLE ZELA NRO. 603A, YANAHUARA - AREQUIPA
- 3. DATOS DEL EQUIPO:**
- INSTRUMENTO DE MEDIDA** : ESTACIÓN METEREOLÓGICA (VELOCIDAD DEL VIENTO)
- MARCA** : DAVIS INSTRUMENTS / VANTAGE PRO2
- MODELO** : 6152C
- SERIE** : BF210210014
- IDENTIFICACIÓN** : EL/EM/08 (\*)
- INTERVALO DE MEDIDA** : 0 m/s a 89 m/s (\*\*)
- RESOLUCIÓN** : 0,1 m/s
- 4. LUGAR DE CALIBRACIÓN:** Lab. Metrología de Paz Laboratorios S.R.L.
- 5. FECHA DE CALIBRACIÓN:** 2022-09-02
- 6. ORDEN DE TRABAJO:** CAL-0700-2022-9
- 7. ACLARACIONES DEL CERTIFICADO:**

Este certificado de calibración es trazable a los patrones Nacionales o Internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo al Sistema Internacional de unidades (SI).

Los resultados reportados son válidos solo para el equipo de medición en las condiciones y momento en que se realizó la calibración. El solicitante y/o usuario es responsable de definir el periodo de calibración según la recomendación del fabricante, uso, análisis de deriva y exactitud de medición.

La difusión del presente certificado debe ser de forma completa. Los extractos o sin modificaciones requiere que se cuente con la autorización de PAZ LABORATORIOS S.R.L.

Certificado sin la firma del jefe de laboratorio carece de validez.

Arequipa, 3 de septiembre de 2022

**Signatario autorizado:**

CHECYA BUSTINCIO JESUS  
EDUARDO  
PAZ LABORATORIOS S.R.L.  
JEFE DE LABORATORIO  
j.checya@pazlaboratorios.com  
Fecha: 12/09/2022 17:34  
Firmado con www.tocapu.pe

*PL-LM-FOR-90 v00*



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

**PL - FG126 - 22 - 9N**

*Página 2 de 3*

### 8. PROCEDIMIENTO UTILIZADO:

PL-LM-PC-15 Procedimiento interno para la calibración de Anemómetros.

### 9. PATRONES UTILIZADOS:

TRAZABILIDAD	INSTRUMENTO	N° CERTIFICADO
Patrones de referencia de ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.	Anemómetro $U(k=2) = 0,69 \text{ m/s}$	LVVA-0017-2022
Patrones de referencia de LO JUSTO S.A.C.	Termohigrómetro $U(k=2) = 0,3 \text{ °C} / U(k=2) = 1,5 \text{ \% H.R.}$	E410-644A-2022-2
Patrones de referencia de INACAL - DM	Barómetro $U(k=2) = 0,1 \text{ mbar}$	LFP-010-2022

### 10. CONDICIONES AMBIENTALES:

	TEMPERATURA ( °C )	HUMEDAD RELATIVA (% HR)	PRESIÓN ( mbar )
<b>Inicio</b>	19,8	55,0	770,0
<b>Final</b>	20,5	57,0	770,0

### 11. OBSERVACIONES:

La incertidumbre expandida de medición reportada es la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura  $k=2$  de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.

La incertidumbre expandida declarada en el presente certificado ha sido estimada siguiendo: "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" del Centro Español de Metrología (CEM), Primera edición - Septiembre. Se colocó en el equipo la etiqueta de calibración de Paz Laboratorios S.R.L. identificada con N° **00271**

(\*) Información tomada de la maleta del equipo.

(\*\*) Información tomada del manual del equipo.

*PL-LM-FOR-90 v00*



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN****PL - FG126 - 22 - 9N***Página 3 de 3***12. RESULTADOS DE CALIBRACIÓN:****VELOCIDAD DEL VIENTO**

<b>PATRÓN (m/s)</b>	<b>INSTRUMENTO (m/s)</b>	<b>CORRECCIÓN (m/s)</b>	<b>INCERTIDUMBRE (m/s)</b>
1,11	1,02	0,09	0,44
2,05	2,02	0,03	0,95
5,02	5,04	-0,02	1,8
9,93	9,98	-0,05	2,8

**\*\*\* FIN DEL DOCUMENTO \*\*\***

"EL USO INDEBIDO DE ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LEY"

PL-LM-FOR-90 v00



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PL - LA005 - 22 - 9N

Página 1 de 3

1. SOLICITANTE : E & L ENVIRONMENTAL CONSULTING SERVICES S.R.L
2. DIRECCIÓN DEL CLIENTE : Calle Zela Nro. 603A, Yanahuara - Arequipa
3. DATOS DEL EQUIPO:
- INSTRUMENTO DE MEDIDA : ESTACIÓN METEREOLÓGICA (Dirección de viento)
- MARCA : DAVIS INSTRUMENTS / VANTAGE PRO 2
- MODELO : 6152C
- SERIE : BF210210014
- IDENTIFICACIÓN : EL/EM/08 (\*)
- INTERVALO DE MEDIDA : 1° a 360° (\*\*)
- RESOLUCIÓN : 1°
4. LUGAR DE CALIBRACIÓN: Lab. Metrología de Paz Laboratorios S.R.L.
5. FECHA DE CALIBRACIÓN: 2022-09-02
6. ORDEN DE TRABAJO: CAL-0700-2022-9
7. ACLARACIONES DEL CERTIFICADO:

Este certificado de calibración es trazable a los patrones Nacionales o Internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo al Sistema Internacional de unidades (SI).

Los resultados reportados son válidos solo para el equipo de medición en las condiciones y momento en que se realizó la calibración. El solicitante y/o usuario es responsable de definir el periodo de calibración según la recomendación del fabricante, uso, análisis de deriva y exactitud de medición.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido de manera completa. Los extractos o modificaciones requerirán la autorización explícita de PAZ LABORATORIOS S.R.L.

Certificado sin la firma digital del jefe de laboratorio carece de validez.

Arequipa, 3 de septiembre de 2022

Signatario autorizado:



CHECYA BUSTINCIO JESUS  
EDUARDO  
PAZ LABORATORIOS S.R.L.  
JEFE DE LABORATORIO  
j.checya@pazlaboratorios.com  
Fecha: 19/09/2022 18:37  
Firmado con www.tocapu.pe

PL-LM-FOR-90 v00



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

**PL - LA005 - 22 - 9N**

*Página 2 de 3*

**8. PROCEDIMIENTO UTILIZADO:**

PL-LM-PC-11 Procedimiento interno para la calibración de longitudes y ángulos.

**9. PATRONES UTILIZADOS:**

TRAZABILIDAD	INSTRUMENTO	N° CERTIFICADO
Patrones de referencia de METROLOGIA E INGENIERIA LINO S.A.C.	Flexómetro 0,9 mm	1AD-0625-2022
Patrones de referencia de LO JUSTO S.A.C.	Termohigrómetro 0,3 °C / 1,5 % HR	E410-644A-2022-1
Patrones de referencia de INACAL - DM	Barómetro 0,1 mbar	LFP-010-2022

Comparador referencial, brújula 1: 25000 Meters resolución de 1,125 °.

**10. CONDICIONES AMBIENTALES:**

	TEMPERATURA ( °C )	HUMEDAD RELATIVA (% HR)	PRESIÓN ( mbar )
<b>Inicio</b>	20,6	30,6	770,0
<b>Final</b>	21,0	31,6	770,0

**11. OBSERVACIONES:**

La incertidumbre expandida de medición reportada es la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura  $k=2$  de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.

La incertidumbre expandida declarada en el presente certificado ha sido estimada siguiendo: "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" del Centro Español de Metrología (CEM), Primera edición - Septiembre 2008.

Se colocó en el equipo la etiqueta de calibración de Paz Laboratorios S.R.L. identificada con N° **00271**

(\*) Información proporcionada por el cliente.

(\*\*) Información tomada del equipo.

*PL-LM-FOR-90 v00*

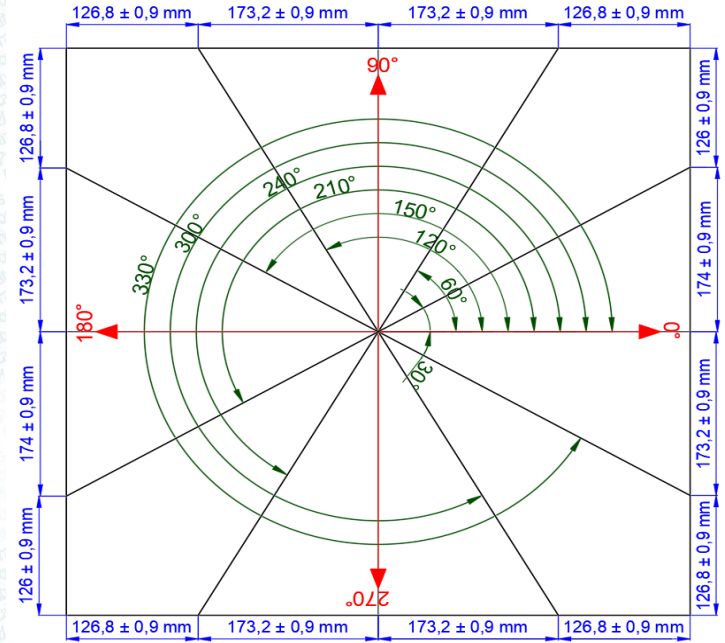


## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PL - LA005 - 22 - 9N

Página 3 de 3

### 12. RESULTADOS DE CALIBRACIÓN:



DIRECCIÓN DEL VIENTO

Patrón	Instrumento	Corrección	Incertidumbre
G. Sexagesimal	G. Sexagesimal	G. Sexagesimal	G. Sexagesimal
0°	0°	0°	3°
30°	30°	0°	3°
60°	61°	-1°	3°
90°	91°	-1°	3°
120°	121°	-1°	3°
150°	151°	-1°	3°
180°	182°	-2°	3°
210°	212°	-2°	3°
240°	242°	-2°	3°
270°	272°	-2°	3°
300°	302°	-2°	3°
330°	332°	-2°	3°

\*\*\* FIN DEL DOCUMENTO \*\*\*

PL-LM-FOR-90 v00

## **ANEXO 5**

### **Certificado de calibración – Muestreador de partículas de alto volumen (Hi-Vol)**



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN****PL - FP383 - 21 - 11**

- SOLICITANTE:** E & L ENVIRONMENTAL CONSULTING SERVICES S.R.L.
- DIRECCIÓN DEL CLIENTE:** CALLE ZELA NRO 603 A, YANAHUARA - AREQUIPA
- DATOS DEL EQUIPO:**  
**INSTRUMENTO** : MUESTREADOR DE PARTÍCULAS DE ALTO VOLUMEN (HIVOL)  
**MARCA** : THERMO SCIENTIFIC  
**MODELO** : VFC-PM10  
**SERIE** : P9543X  
**IDENTIFICACIÓN** : EL/MPA/06 (\*)  
**INTERVALO DE MEDIDA** : 1,02 m<sup>3</sup>/min a 1,24 m<sup>3</sup>/min (\*\*)
- LUGAR DE CALIBRACIÓN:** Lab. de Metrología de Paz Laboratorios S.R.L.
- FECHA DE CALIBRACIÓN:** 2021-11-18
- ORDEN DE TRABAJO:** CAL-0528-2021-11
- ACLARACIONES DEL CERTIFICADO:**

Este certificado de calibración es trazable a los patrones Nacionales o Internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo al Sistema Internacional de unidades (SI).

Los resultados reportados en este certificado son válidos solo para el equipo de medición calibrado en las condiciones y momento en que se realizó la calibración.

El solicitante y/o usuario es responsable de definir el periodo de calibración según la recomendación del fabricante, uso, análisis de deriva y exactitud de medición.

La duplicación del presente certificado debe ser de forma completa, sin modificaciones y únicamente cuando se cuente con la aprobación y autorización de PAZ LABORATORIOS S.R.L.

Los certificados de PAZ LABORATORIOS S.R.L. son Únicamente válidos si cuentan con el sello de agua y las firmas del Gerente general y el responsable del laboratorio de Metrología.

**8. PROCEDIMIENTO UTILIZADO:**

PL-LM-PC-03, Procedimiento interno para la calibración de muestreadores de alto volumen.

Arequipa, 22 de Noviembre de 2021

  
Erwin Edgardo Paz Gonzales  
GERENTE GENERAL  
PAZ LABORATORIOS S. R. L.  
Yessenia Yulisha Gonzales Gonzales  
METROLOGO RESPONSABLE  
PAZ LABORATORIOS S.R.L.



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### PL - FP383 - 21 - 11

**9. PATRONES UTILIZADOS:**

TRAZABILIDAD	INSTRUMENTO	N° CERTIFICADO
Este equipo es trazable a los patrones de referencia de LO JUSTO S.A.C.	Barómetro $U(k=2) = 0,8$ mbar	CCP-0602-002-21
Este equipo es trazable a los patrones de referencia de INACAL	Manómetro digital $U(k=2) = 0,02$ In $H_2O$	LFP-265-2020
Este equipo es trazable a los patrones de referencia de TISCH ENVIRONMENTAL	Variador de flujo	TICH ENVIRONMENTAL

Para las condiciones ambientales se utilizó el termohigrómetro con certificado CCP-0437-001-21

**10. CONDICIONES AMBIENTALES:**

	Temperatura Ambiental (°C)	Humedad Relativa (%)	Presión (mbar)
<b>Inicio</b>	19,7	37,5	769,8
<b>Final</b>	20,1	35,2	769,9

**11. DATOS DEL CALIBRADOR**

Pendiente (m)	Intercepto (b)
0,9862	-0,0202

**12. RESULTADOS DE CALIBRACIÓN:**

Pto.	Calibrador (in $H_2O$ )	Qa ( $m^3/min$ )	Muestreador (in $H_2O$ )	Pf (mm Hg)	Po/Pa	Tabla de verificación ( $m^3/min$ )	Diferencia (% Diff)
1	2,56	1,18	4,86	9,07	0,984	1,198	1,87
2	2,51	1,16	5,83	10,88	0,981	1,195	2,58
3	2,45	1,15	8,18	15,27	0,974	1,187	3,13
4	2,35	1,13	13,10	24,45	0,958	1,166	3,37
5	2,26	1,11	17,24	32,17	0,944	1,148	3,80

% Diff: Las directrices de la EPA indican que la diferencia porcentual debe ser como máximo 4%. Si es mayor puede deberse a fugas presente durante la verificación y debería ser verificado nuevamente.

**13. OBSERVACIONES:**

La Agencia de Protección del Medio Ambiente EPA establece que el promedio de diferencia porcentual (%Diff) debe ser  $\pm 4$  %. Si el % Diff fuera mayor quiere decir que una fuga puede haber estado presente durante la calibración y se debería calibrar nuevamente.

Este Certificado cumple con los requisitos de la Norma NTP ISO/IEC 17025, Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración.

Se colocó en el equipo la etiqueta de calibración de Paz Laboratorios S.R.L. identificada con N° **00549**

(\*) Información proporcionada por el cliente.

(\*\*) Información tomada de su manual.

\*\*\*\*\* FIN DEL DOCUMENTO \*\*\*\*\*



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN****PL - FP028 - 21 - 11**

1. **SOLICITANTE:** E & L ENVIRONMENTAL CONSULTING SERVICES S.R.L.
2. **DIRECCIÓN DEL CLIENTE:** CALLE ZELA NRO 603 A, YANAHUARA - AREQUIPA
3. **DATOS DEL EQUIPO:**  
**INSTRUMENTO** : Muestreador de Partículas de Alto Volumen (HIVOL)  
**MARCA** : THERMO SCIENTIFIC  
**MODELO** : VFC-PM10  
**SERIE** : P9563X (\*)  
**IDENTIFICACIÓN** : EL/MPA/09 (\*)  
**INTERVALO DE MEDIDA** : 1,02 m<sup>3</sup>/min a 1,24 m<sup>3</sup>/min (\*\*)
4. **LUGAR DE CALIBRACIÓN:** Lab. de Metrología de Paz Laboratorios S.R.L.
5. **FECHA DE CALIBRACIÓN:** 2021-11-19
6. **ORDEN DE TRABAJO:** CAL-0544-2021-11
7. **ACLARACIONES DEL CERTIFICADO:**

Este certificado de calibración es trazable a los patrones Nacionales o Internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo al Sistema Internacional de unidades (SI).

Los resultados reportados en este certificado son válidos solo para el equipo de medición calibrado en las condiciones y momento en que se realizó la calibración.

El solicitante y/o usuario es responsable de definir el periodo de calibración según la recomendación del fabricante, uso, análisis de deriva y exactitud de medición.


La duplicación del presente certificado debe ser de forma completa, sin modificaciones y únicamente cuando se cuente con la aprobación y autorización de PAZ LABORATORIOS S.R.L.

Los certificados de PAZ LABORATORIOS S.R.L. son Únicamente válidos si cuentan con el sello de agua y las firmas del Gerente general y el responsable del laboratorio de Metrología.


**8. PROCEDIMIENTO UTILIZADO:**

PL-LM-PC-03, Procedimiento interno para la calibración de muestreadores de alto volumen.

Arequipa, 22 de Noviembre de 2021



Erwin Edgardo Paz Gonzales  
GERENTE GENERAL  
PAZ LABORATORIOS S. R. L.



Yesenia Yulissa Gonzales Gonzales  
METROLOGO RESPONSABLE  
PAZ LABORATORIOS S.R.L.



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### PL - FP028 - 21 - 11

**9. PATRONES UTILIZADOS:**

TRAZABILIDAD	INSTRUMENTO	N° CERTIFICADO
Este equipo es trazable a los patrones de referencia de INACAL	Manómetro digital U(k=2) = 0,02 In H <sub>2</sub> O	LFP-265-2020
Este equipo es trazable a los patrones de referencia de TISCH ENVIRONMENTAL	Variador de flujo	TICH ENVIRONMENTAL

Para las condiciones ambientales se utilizó el termohigrómetro con certificado CCP-0437-001-21 y el barómetro con certificado CCP-0602-002-21.

**10. CONDICIONES AMBIENTALES:**

	Temperatura Ambiental (°C)	Humedad Relativa (%)	Presión (mbar)
<b>Inicio</b>	22,4	35,7	769,8
<b>Final</b>	22,5	31,6	769,7

**11. DATOS DEL CALIBRADOR**

Pendiente (m)	Intercepto (b)
0,9862	-0,0202

**12. RESULTADOS DE CALIBRACIÓN:**

Pto	Calibrador (in H <sub>2</sub> O)	Qa (m <sup>3</sup> /min)	Muestreador (in H <sub>2</sub> O)	Pf (mm Hg)	Po/Pa	(***) Tabla de verificación (m <sup>3</sup> /min)	Diferencia (% Diff)
1	2,60	1,19	4,30	8,02	0,99	1,20	0,67
2	2,54	1,18	6,80	12,69	0,98	1,19	1,10
3	2,46	1,16	10,5	19,60	0,97	1,18	1,38
4	2,35	1,13	15,7	29,30	0,95	1,15	1,76
5	2,23	1,10	20,2	37,70	0,93	1,14	2,72

**13. OBSERVACIONES:**

La Agencia de Protección del Medio Ambiente EPA establece que el promedio de diferencia porcentual (%Diff) debe ser  $\pm 4\%$ .

Este Certificado cumple con los requisitos de la Norma NTP ISO/IEC 17025, Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración.

Se colocó en el equipo la etiqueta de calibración de Paz Laboratorios S.R.L. identificada con N° **00018**

(\*) Información proporcionada por el cliente.

(\*\*) Información tomada de su manual.

(\*\*\*) Información tomada de su tabla Look-Up.

\*\*\*\*\* FIN DEL DOCUMENTO \*\*\*\*\*



## **ANEXO 6**

### **Certificado de calibración – Muestreador de partículas de bajo volumen, Low-Vol**

# CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

## N° MA-202208268

Fecha de emisión: 2022-08-31



### IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE

Cliente : PAZ LABORATORIOS S.R.L. Teléfono: 941493495  
Dirección : Calle Oscar Benavides 602 Yanahuara – Arequipa



### EQUIPO BAJO CALIBRACIÓN (EBC)

Descripción : Muestreador de partículas de bajo volumen, Low-Vol  
Marca : BGI  
Modelo : PQ 200  
N° de serie : 90038  
Código de EBC : EL/MPB/20  
Unidad de medida : L/min  
Intervalo de medida : 16.67 L/min  
Resolución : 0.01



### DATOS DE LA CALIBRACIÓN

#### PATRÓN DE MEDICIÓN

Descripción : Patrón  
Marca : TSI Resolución : 0.001 L/min  
Modelo : 5200 N° Certificado Calibración : LFG - 010 - 2022  
N° de Serie : 52002137010 Fecha de Calibración : 2022-02-08  
Código : MET-029 Fecha de Caducidad : 2023-02-08

#### CONDICIONES AMBIENTALES

	Temperatura ambiente	Humedad relativa	Presión atmosférica
Inicial	20.7 ±0.9°C	61.6 ±1.8 %HR	1003 ±2.2 hPa
Final	20.3 ±0.9°C	63.4 ±1.8 %HR	1003 ±2.2 hPa

#### SOBRE LA CALIBRACIÓN

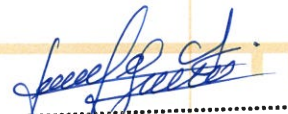
Procedimiento : PLV-004, Vers. 00 - 2019 Lugar de Calibración : Laboratorio de Métrica  
Método de calibración : Comparación Directa con Patrón de Referencia Fluido utilizado : Aire Ambiente  
Norma de referencia : ME-009 CEM  
Fecha de recepción: 2022-08-29 Fecha de calibración: 2022-08-31 Fecha de emisión: 2022-08-31



### RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN

Tabla 1: Resultados

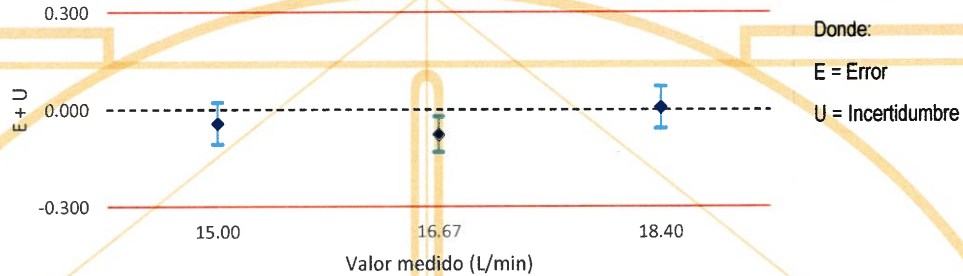
Valor Nominal	Lectura del EBC	Lectura del Patrón	Error	Incertidumbre (k =2)	Unidad de Medida
15.00	15.18	15.222	-0.042	0.063	L/min
16.67	16.61	16.686	-0.076	0.055	L/min
18.40	18.45	18.442	0.008	0.064	L/min

  
Juan José García Antonio  
Jefe de Lab. de Calibración  
CIP: 183166  
METRICA ANALITICA S.A.C.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° MA-202208268

E + U vs Valor medido



RESUMEN DE PROCEDIMIENTO

La calibración del instrumento se realizó con el "Procedimiento para la calibración de equipos muestreadores de material particulado de bajo volumen, PLV-004", que tienen un alcance también para la calibración de rotámetros y medidores de flujo.

Se tomó como método de referencia a la norma "ME-009" publicada por el CEM de España, que establece los criterios para la calibración de caudalímetros de gases y la norma NTP 900.030:2018 Método de Referencia para la Determinación de Material Particulado Respirable.

Para la estimación de la incertidumbre del equipo bajo calibración, se hicieron mediciones en diferentes flujos, dentro del intervalo de indicación del instrumento, y por cada flujo medido se realizaron 10 repeticiones y los valores reportados, presentan el promedio de estas 10 repeticiones por cada flujo medido.

Las incertidumbres reportadas se obtuvieron multiplicando la incertidumbre estándar combinada por un factor de cobertura de  $k = 2$  que asegura un nivel de confianza de al menos 95%. La incertidumbre estándar combinada fue calculada de acuerdo a "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, OIML 2008.



DECLARACIÓN DE TRAZABILIDAD

Los resultados de calibración contenidos en este certificado, son directamente rastreables a equipos certificados y caracterizados mediante ELICROM PERÚ SAC. Con lo cual los resultados son trazables al SI (Sistema Internacional de Unidades)



OBSERVACIONES

- Los resultados contenidos en este certificado de calibración, solo están relacionados con los ítems calibrados y son válidos en el momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.
- MÉTRICA ANALÍTICA S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este equipo, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
- Los resultados de calibración amparan al instrumento descrito y son válidos bajo las condiciones que se efectuó la calibración.
- Los periodos de calibración deben ser establecidos por el usuario, de acuerdo al uso, al tipo de instrumento, medio ambiente y todos los factores que puedan afectar las características metrologías del instrumento.
- Para cualquier duda, comentario, sugerencia o queja en relación a este servicio, favor de contactarse a través de la siguiente dirección: [comercial@manalitica.com](mailto:comercial@manalitica.com)

# CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

## N° MA-202208269

Fecha de emisión: 2022-08-31



### IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE

Cliente : PAZ LABORATORIOS S.R.L. Teléfono: 941493495  
Dirección : Calle Oscar Benavides 602 Yanahuara – Arequipa



### EQUIPO BAJO CALIBRACIÓN (EBC)

Descripción : Muestreador de partículas de bajo volumen, Low-Vol  
Marca : BGI  
Modelo : PQ 200  
N° de serie : 90039  
Código de EBC : EL/MPB/21  
Unidad de medida : L/min  
Intervalo de medida : 16.67 L/min  
Resolución : 0.01



### DATOS DE LA CALIBRACIÓN

#### PATRON DE MEDICIÓN

Descripción : Patrón  
Marca : TSI  
Modelo : 5200  
N° de Serie : 52002137010  
Código : MET-029  
Resolución : 0.001 L/min  
N° Certificado Calibración : LFG - 010 - 2022  
Fecha de Calibración : 2022-02-08  
Fecha de Caducidad : 2023-02-08

#### CONDICIONES AMBIENTALES

	Temperatura ambiente	Humedad relativa	Presión atmosférica
Inicial	20.7 ±0.9°C	61.6 ±1.8 %HR	1003 ±2.2 hPa
Final	20.3 ±0.9°C	63.4 ±1.8 %HR	1003 ±2.2 hPa

#### SOBRE LA CALIBRACIÓN


Procedimiento : PLV-004, Vers. 00 - 2019  
Método de calibración : Comparación Directa con Patrón de Referencia  
Norma de referencia : ME-009 CEM  
Fecha de recepción: 2022-08-29  
Fecha de calibración: 2022-08-31  
Fecha de emisión: 2022-08-31  
Lugar de Calibración : Laboratorio de Métrica  
Fluido utilizado : Aire Ambiente



### RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN

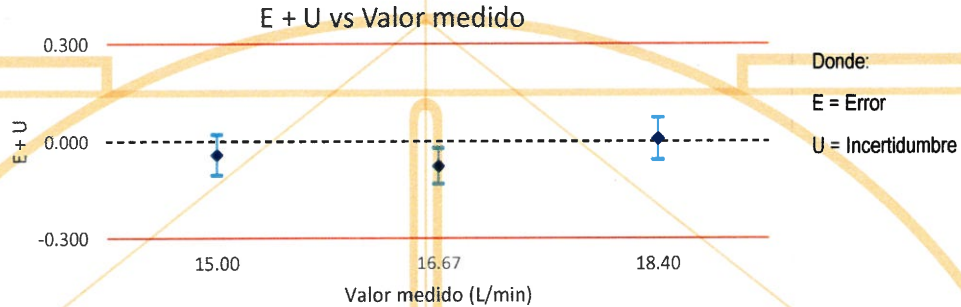
Tabla 1: Resultados

Valor Nominal	Lectura del EBC	Lectura del Patrón	Error	Incertidumbre (k =2)	Unidad de Medida
15.00	15.18	15.222	-0.042	0.063	L/min
16.67	16.61	16.686	-0.076	0.055	L/min
18.40	18.45	18.442	0.008	0.064	L/min

  
Juan José García Antonio  
Jefe de Lab. de Calibración  
CIP: 183166  
METRICA ANALITICA S.A.C.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° MA-202208269



**RESUMEN DE PROCEDIMIENTO**

La calibración del instrumento se realizó con el "Procedimiento para la calibración de equipos muestreadores de material particulado de bajo volumen, PLV-004", que tienen un alcance también para la calibración de rotámetros y medidores de flujo.

Se tomó como método de referencia a la norma "ME-009" publicada por el CEM de España, que establece los criterios para la calibración de caudalímetros de gases y la norma NTP 900.030:2018 Método de Referencia para la Determinación de Material Particulado Respirable.

Para la estimación de la incertidumbre del equipo bajo calibración, se hicieron mediciones en diferentes flujos, dentro del intervalo de indicación del instrumento, y por cada flujo medido se realizaron 10 repeticiones y los valores reportados, presentan el promedio de estas 10 repeticiones por cada flujo medido.

Las incertidumbres reportadas se obtuvieron multiplicando la incertidumbre estándar combinada por un factor de cobertura de  $k = 2$  que asegura un nivel de confianza de al menos 95%. La incertidumbre estándar combinada fue calculada de acuerdo a "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, OIML 2008.

**DECLARACIÓN DE TRAZABILIDAD**

Los resultados de calibración contenidos en este certificado, son directamente rastreables a equipos certificados y caracterizados mediante ELICROM PERÚ SAC. Con lo cual los resultados son trazables al SI (Sistema Internacional de Unidades)

**OBSERVACIONES**

- Los resultados contenidos en este certificado de calibración, solo están relacionados con los ítems calibrados y son válidos en el momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.
- MÉTRICA ANALÍTICA S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este equipo, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
- Los resultados de calibración amparan al instrumento descrito y son válidos bajo las condiciones que se efectuó la calibración.
- Los períodos de calibración deben ser establecidos por el usuario, de acuerdo al uso, al tipo de instrumento, medio ambiente y todos los factores que puedan afectar las características metrológicas del instrumento.
- Para cualquier duda, comentario, sugerencia o queja en relación a este servicio, favor de contactarse a través de la siguiente dirección: [comercial@manalitica.com](mailto:comercial@manalitica.com)

**ANEXO 7**  
**Informes de ensayo**





LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-029



FDT 001 - 01

## INFORME DE ENSAYO: 77988/2022-1

### PAZ LABORATORIOS S.R.L.

Calle OSCAR BENAVIDES Nro. 602 (CERCA A PLAZA DE YANAHUARA) YANAHUARA Arequipa  
Arequipa

## EVALUACION DE CALIDAD DE AIRE

Emitido por: **Sandra Cáceres Álvarez**

Fecha de Emisión: **09/11/2022**

**Sandra Cáceres Álvarez**  
Personal Signatario - Químico

Renovación de Acreditación a ALS LS Perú S.A.C. mediante registro LE-029  
División - Medio Ambiente



# INFORME DE ENSAYO: 77988/2022-1

## RESULTADOS ANALITICOS

Muestras del ítem: 24

N° ALS LS		602140/2022-1.1				
Fecha de Muestreo		10/10/2022				
Hora de Muestreo		16:00:00				
Tipo de Muestra		Aire				
Identificación		ECA-01				
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado
<b>003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS - Determinación de Peso: Filtros PM 2.5 (Bajo Volumen)(Sin Muestreo) (Filtro Teflón)</b>						
Determinación de Peso Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	ug/muestra	49	146	671
Peso Inicial Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	g	---	---	0,146391
Peso Final Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	g	---	---	0,147062
Código de Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	---	---	---	CcQ00296
<b>003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS - Determinación de Peso: Filtros PM10 (Alto Volumen)(Sin Muestreo) (Filtro Cuarzo)</b>						
Determinación de Peso Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	ug/muestra	1600	8000	263640
Peso Inicial Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	g	---	---	4,31810
Peso Final Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	g	---	---	4,58174
Código de Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	---	---	---	423643
<b>007 ENSAYOS DE METALES - Metales en Filtro PM10 Alto Volumen</b>						
Plata (Ag) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,0541	0,1345	0,3788
Aluminio (Al) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	6,21	26,22	5128
Arsenico (As) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,042	0,237	211,5
Boro (B) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	1,45	4,68	3,88
Bario (Ba) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,247	0,983	20,60
Berilio (Be) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,010	0,045	0,347
Bismuto (Bi) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,0085	0,0463	0,3561
Calcio (Ca) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	65,3	275,7	2094
Cadmio (Cd) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,019	0,047	0,327
Cobalto (Co) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,033	0,083	5,812
Cromo (Cr) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	2,082	15,522	8,410
Cobre (Cu) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,147	0,952	321,4
Hierro (Fe) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	8,72	54,19	13589
Mercurio (Hg) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,021	0,092	132,9
Potasio (K) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	6,2	37,1	946,5
Litio (Li) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,09	0,45	18,09
Magnesio (Mg) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	8,4	54,1	2007
Manganeso (Mn) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,258	0,896	178,0
Molibdeno (Mo) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,121	0,452	9,122
Sodio (Na) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	191,7	952,6	768,6
Níquel (Ni) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,197	0,539	11,85
Fósforo (P) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	35,9	178,6	197,2
Plomo (Pb) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,039	0,086	27,67
Antimonio (Sb) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,069	0,257	2,630
Selenio (Se) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,421	0,941	< 0,421
Silicio (Si) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	22,1	115,3	4891





## INFORME DE ENSAYO: 77988/2022-1

N° ALS LS						602140/2022-1.1
Fecha de Muestreo						10/10/2022
Hora de Muestreo						16:00:00
Tipo de Muestra						Aire
Identificación						ECA-01
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado
Estaño (Sn) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,067	0,351	1,747
Estroncio (Sr) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,190	0,943	11,61
Titanio (Ti) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,44	2,20	91,55
Talio (Tl) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,008	0,046	< 0,008
Uranio (U) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,0071	0,0458	0,3889
Vanadio (V) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,071	0,265	5,283
Zinc (Zn) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	1,02	5,06	63,98

N° ALS LS						602141/2022-1.1
Fecha de Muestreo						10/10/2022
Hora de Muestreo						18:00:00
Tipo de Muestra						Aire
Identificación						ECA-02
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado
<b>003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS - Determinación de Peso: Filtros PM 2.5 (Bajo Volumen)(Sin Muestreo) (Filtro Teflón)</b>						
Determinación de Peso Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	ug/muestra	49	146	364
Peso Inicial Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	g	---	---	0,145111
Peso Final Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	g	---	---	0,145475
Código de Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	---	---	---	CcQ00294
<b>003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS - Determinación de Peso: Filtros PM10 (Alto Volumen)(Sin Muestreo) (Filtro Cuarzo)</b>						
Determinación de Peso Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	ug/muestra	1600	8000	61070
Peso Inicial Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	g	---	---	4,33723
Peso Final Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	g	---	---	4,39830
Código de Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	---	---	---	423641
<b>007 ENSAYOS DE METALES - Metales en Filtro PM10 Alto Volumen</b>						
Plata (Ag) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,0541	0,1345	0,1709
Aluminio (Al) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	6,21	26,22	1189
Arsenico (As) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,042	0,237	53,13
Boro (B) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	1,45	4,68	2,02
Bario (Ba) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,247	0,983	6,261
Berilio (Be) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,010	0,045	0,076
Bismuto (Bi) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,0085	0,0463	0,1020
Calcio (Ca) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	65,3	275,7	673,9
Cadmio (Cd) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,019	0,047	0,099
Cobalto (Co) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,033	0,083	1,440
Cromo (Cr) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	2,082	15,522	< 2,082
Cobre (Cu) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,147	0,952	41,44
Hierro (Fe) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	8,72	54,19	3326
Mercurio (Hg) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,021	0,092	22,52
Potasio (K) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	6,2	37,1	317,3



## INFORME DE ENSAYO: 77988/2022-1

N° ALS LS		602141/2022-1.1				
Fecha de Muestreo		10/10/2022				
Hora de Muestreo		18:00:00				
Tipo de Muestra		Aire				
Identificación		ECA-02				
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado
Litio (Li) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,09	0,45	3,96
Magnesio (Mg) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	8,4	54,1	469,6
Manganeso (Mn) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,258	0,896	48,50
Molibdeno (Mo) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,121	0,452	1,536
Sodio (Na) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	191,7	952,6	< 191,7
Níquel (Ni) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,197	0,539	3,122
Fósforo (P) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	35,9	178,6	63,5
Plomo (Pb) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,039	0,086	11,42
Antimonio (Sb) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,069	0,257	0,772
Selenio (Se) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,421	0,941	< 0,421
Silicio (Si) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	22,1	115,3	989,3
Estaño (Sn) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,067	0,351	0,624
Estroncio (Sr) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,190	0,943	3,263
Titanio (Ti) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,44	2,20	25,93
Talio (Tl) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,008	0,046	< 0,008
Uranio (U) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,0071	0,0458	0,0919
Vanadio (V) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,071	0,265	0,941
Zinc (Zn) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	1,02	5,06	26,40

### Observaciones

- (α) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (φ) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por A2LA.
- LD: Límite de detección.
- LQ: Límite de cuantificación.
- Los resultados que se encuentren por debajo del Límite de Cuantificación, no aplican para comparativos de consistencia.
- Las fechas de ejecución del análisis para los ensayos en campo realizados por ALS LS Perú S.A.C., se refiere a las fechas indicadas como fecha de muestreo. No Aplica para datos proporcionados por el cliente.
- Ref. Mét.: Código interno que referencia a la metodología de análisis.
- Para el caso de A2LA la palabra validado incluye el termino modificado.

### DESCRIPCION Y UBICACION GEOGRAFICA DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO

Estación de Muestreo	Resp.del Muestreo	Tipo de Muestra	Fecha de Recepción	Fecha de Muestreo	Ubicación Geográfica UTM WGS84	Zona	Condición de la muestra	Descripción de la Estación de Muestreo
ECA-01	Cliente	Aire	18/10/2022	10/10/2022	8382031N 451370E	19L	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
ECA-02	Cliente	Aire	18/10/2022	10/10/2022	8382256N 451357E	19L	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente

### REFERENCIA DE LOS METODOS DE ENSAYO

- (α) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.  
(φ) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por A2LA.

Ref. Mét.	Sede	Ensayo	Método de Referencia	Descripción
17281	AQP	Determinación de Peso: Filtros PM 2.5 (Bajo Volumen)(Sin Muestreo) (Filtro Teflón) <sup>(α)(φ)</sup>	EPA CFR 40 Appendix L (Item 6 y 8) to Part 50, Octubre 2006. (Validado para pesaje). No incluye muestreo, 2019	Method for the determination of fine particulate Matter as PM 2.5 in the atmosphere





## INFORME DE ENSAYO: 77988/2022-1

Ref. Mét.	Sede	Ensayo	Método de Referencia	Descripción
17278	AQP	Determinación de Peso: Filtros PM10 (Alto Volumen)(Sin Muestreo) (Filtro Cuarzo) <sup>(α)(φ)</sup>	EPA/625/R-96/010a - Compendium Method IO-3.1 (Item 4 y 5) (Excepto 5.1.1; 5.2.3.7 y 5.3), June 1999. (Validado para pesaje). No incluye muestreo, 2019	Reference Selection, Preparation and Extraction of Filter Material - PM 10 Alto volumen
20505	LME	Metales en Filtro PM10 Alto Volumen <sup>(α)(φ)</sup>	EPA/625/R-96/010 <sup>a</sup> Compendium Method IO3.5 June 1999 (VALIDADO-Modificado, 2021)	Determinación de Metales en Material Particulado del ambiente por ICP-MS

### CÓDIGOS DE AUTENTICIDAD DEL INFORME DE ENSAYO

ALS LS Perú S.A.C. asegura a sus clientes una completa autenticidad del Informe de Ensayo 77988/2022-1, para que este informe pueda ser verificado en su totalidad. Para comprobar la autenticidad de los mismos en la base de datos de ALS LS Perú S.A.C., visitar el sitio Web [www.alsglobal.com](http://www.alsglobal.com) e introducir los siguientes códigos de autenticidad que se detallan a continuación:

Estación de Muestreo	N° ALS LS	Código único de Autenticidad
ECA-01	602140/2022-1.1	nqtsluu&6041206
ECA-02	602141/2022-1.1	qqtsluu&6141206

ALS LS Perú S.A.C. asegurando la marca y prestigio de su empresa.

### COMENTARIOS

El Informe de Ensayo 77988/2022-1 reemplaza en su totalidad al Informe de Ensayo 77988/2022.

**AQP:** Av. Dolores 167 - Jose Luis Bustamante y Rivero - Arequipa.

**LME:** Av. Argentina 1859 - Cercado - Lima.

**"EPA":** U.S. Environmental Protection Agency.

**"SM":** Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

**"ASTM":** American Society for Testing and Materials.

**"ISO":** International Organization for Standardization.

El presente documento es redactado íntegramente en ALS LS Perú S.A.C., su alteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial del presente informe, salvo autorización escrita de ALS LS Perú S.A.C.; sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.

El lote de muestras que incluye el presente informe será descartado a los 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.

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.

ALS LS Perú S.A.C. deslinda responsabilidad de la información proporcionada por el cliente.

Si ALS LS Perú S.A.C. no realizó el muestreo, los resultados se aplicaran a la muestra tal cómo se recibió.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-029



FDT 001 - 01

## INFORME DE ENSAYO: 77990/2022-1

### PAZ LABORATORIOS S.R.L.

Calle OSCAR BENAVIDES Nro. 602 (CERCA A PLAZA DE YANAHUARA) YANAHUARA Arequipa  
Arequipa

## EVALUACION DE CALIDAD DE AIRE

Emitido por: **Sandra Cáceres Álvarez**

Fecha de Emisión: **17/11/2022**

Sandra Cáceres Álvarez  
Personal Signatario - Químico

Renovación de Acreditación a ALS LS Perú S.A.C. mediante registro LE-029  
División - Medio Ambiente





## INFORME DE ENSAYO: 77990/2022-1

### RESULTADOS ANALITICOS

Muestras del ítem: 24

N° ALS LS		602134/2022-1.1				
Fecha de Muestreo		11/10/2022				
Hora de Muestreo		16:00:00				
Tipo de Muestra		Aire				
Identificación		ECA-01				
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado
<b>003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS - Determinación de Peso: Filtros PM 2.5 (Bajo Volumen)(Sin Muestreo) (Filtro Teflón)</b>						
Determinación de Peso Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	ug/muestra	49	146	641
Peso Inicial Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	g	---	---	0,144869
Peso Final Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	g	---	---	0,145510
Código de Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	---	---	---	CcQ00295
<b>003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS - Determinación de Peso: Filtros PM10 (Alto Volumen)(Sin Muestreo) (Filtro Cuarzo)</b>						
Determinación de Peso Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	ug/muestra	1600	8000	251130
Peso Inicial Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	g	---	---	4,32894
Peso Final Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	g	---	---	4,58007
Código de Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	---	---	---	423642
<b>007 ENSAYOS DE METALES - Metales en Filtro PM10 Alto Volumen</b>						
Plata (Ag) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,0541	0,1345	0,3903
Aluminio (Al) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	6,21	26,22	4691
Arsenico (As) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,042	0,237	204,2
Boro (B) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	1,45	4,68	3,01
Bario (Ba) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,247	0,983	20,91
Berilio (Be) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,010	0,045	0,313
Bismuto (Bi) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,0085	0,0463	0,3389
Calcio (Ca) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	65,3	275,7	2103
Cadmio (Cd) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,019	0,047	0,297
Cobalto (Co) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,033	0,083	5,471
Cromo (Cr) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	2,082	15,522	7,845
Cobre (Cu) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,147	0,952	295,9
Hierro (Fe) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	8,72	54,19	12034
Mercurio (Hg) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,021	0,092	107,6
Potasio (K) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	6,2	37,1	826,5
Litio (Li) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,09	0,45	16,58
Magnesio (Mg) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	8,4	54,1	1906
Manganeso (Mn) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,258	0,896	158,5
Molibdeno (Mo) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,121	0,452	7,655
Sodio (Na) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	191,7	952,6	564,6
Níquel (Ni) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,197	0,539	10,91
Fósforo (P) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	35,9	178,6	182,9
Plomo (Pb) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,039	0,086	28,05
Antimonio (Sb) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,069	0,257	6,966
Selenio (Se) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,421	0,941	< 0,421
Silicio (Si) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	22,1	115,3	4525



## INFORME DE ENSAYO: 77990/2022-1

N° ALS LS						602134/2022-1.1
Fecha de Muestreo						11/10/2022
Hora de Muestreo						16:00:00
Tipo de Muestra						Aire
Identificación						ECA-01
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado
Estaño (Sn) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,067	0,351	2,387
Estroncio (Sr) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,190	0,943	11,71
Titanio (Ti) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,44	2,20	95,41
Talio (Tl) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,008	0,046	< 0,008
Uranio (U) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,0071	0,0458	0,3803
Vanadio (V) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,071	0,265	4,734
Zinc (Zn) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	1,02	5,06	61,04

N° ALS LS						602135/2022-1.2
Fecha de Muestreo						11/10/2022
Hora de Muestreo						18:00:00
Tipo de Muestra						Aire
Identificación						ECA-02
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado
003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS - Determinación de Peso: Filtros PM 2.5 (Bajo Volumen)(Sin Muestreo) (Filtro Teflón)						
Determinación de Peso Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(α)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	ug/muestra	49	146	339
Peso Inicial Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(α)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	g	---	---	0,145651
Peso Final Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(α)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	g	---	---	0,145990
Código de Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(α)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	---	---	---	CcQ01675
003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS - Determinación de Peso: Filtros PM10 (Alto Volumen)(Sin Muestreo) (Filtro Cuarzo)						
Determinación de Peso Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(α)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	ug/muestra	1600	8000	80580
Peso Inicial Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(α)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	g	---	---	4,30432
Peso Final Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(α)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	g	---	---	4,38490
Código de Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(α)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	---	---	---	423644
007 ENSAYOS DE METALES - Metales en Filtro PM10 Alto Volumen						
Plata (Ag) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,0541	0,1345	0,1148
Aluminio (Al) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	6,21	26,22	1392
Arsenico (As) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,042	0,237	89,62
Boro (B) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	1,45	4,68	3,05
Bario (Ba) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,247	0,983	7,099
Berilio (Be) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,010	0,045	0,108
Bismuto (Bi) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,0085	0,0463	0,1270
Calcio (Ca) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	65,3	275,7	755,6
Cadmio (Cd) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,019	0,047	0,089
Cobalto (Co) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,033	0,083	1,557
Cromo (Cr) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	2,082	15,522	< 2,082
Cobre (Cu) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,147	0,952	42,24
Hierro (Fe) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	8,72	54,19	3873
Mercurio (Hg) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,021	0,092	33,11
Potasio (K) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	6,2	37,1	269,9





## INFORME DE ENSAYO: 77990/2022-1

N° ALS LS						602135/2022-1.2
Fecha de Muestreo						11/10/2022
Hora de Muestreo						18:00:00
Tipo de Muestra						Aire
Identificación						ECA-02
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado
Litio (Li) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,09	0,45	4,61
Magnesio (Mg) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	8,4	54,1	583,4
Manganeso (Mn) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,258	0,896	49,19
Molibdeno (Mo) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,121	0,452	1,247
Sodio (Na) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	191,7	952,6	< 191,7
Níquel (Ni) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,197	0,539	3,580
Fósforo (P) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	35,9	178,6	67,7
Plomo (Pb) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,039	0,086	11,10
Antimonio (Sb) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,069	0,257	0,991
Selenio (Se) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,421	0,941	< 0,421
Silicio (Si) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	22,1	115,3	1175
Estaño (Sn) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,067	0,351	0,634
Estroncio (Sr) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,190	0,943	4,318
Titanio (Ti) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,44	2,20	34,84
Talio (Tl) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,008	0,046	< 0,008
Uranio (U) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,0071	0,0458	0,1071
Vanadio (V) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,071	0,265	1,246
Zinc (Zn) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	1,02	5,06	23,49

### Observaciones

- (α) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (φ) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por A2LA.
- LD: Límite de detección.
- LQ: Límite de cuantificación.
- Los resultados que se encuentren por debajo del Límite de Cuantificación, no aplican para comparativos de consistencia.
- Las fechas de ejecución del análisis para los ensayos en campo realizados por ALS LS Perú S.A.C., se refiere a las fechas indicadas como fecha de muestreo. No Aplica para datos proporcionados por el cliente.
- Ref. Mét.: Código interno que referencia a la metodología de análisis.
- Para el caso de A2LA la palabra validado incluye el termino modificado.

### DESCRIPCION Y UBICACION GEOGRAFICA DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO

Estación de Muestreo	Resp.del Muestreo	Tipo de Muestra	Fecha de Recepción	Fecha de Muestreo	Ubicación Geográfica UTM WGS84	Zona	Condición de la muestra	Descripción de la Estación de Muestreo
ECA-01	Cliente	Aire	18/10/2022	11/10/2022	8382031N 451370E	19L	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
ECA-02	Cliente	Aire	18/10/2022	11/10/2022	8382256N 451357E	19L	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente

### REFERENCIA DE LOS METODOS DE ENSAYO

- (α) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.  
(φ) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por A2LA.

Ref. Mét.	Sede	Ensayo	Método de Referencia	Descripción
17281	AQP	Determinación de Peso: Filtros PM 2.5 (Bajo Volumen)(Sin Muestreo) (Filtro Teflón) <sup>(α)(φ)</sup>	EPA CFR 40 Appendix L (Item 6 y 8) to Part 50, Octubre 2006. (Validado para pesaje). No incluye muestreo, 2019	Method for the determination of fine particulate Matter as PM 2.5 in the atmosphere



## INFORME DE ENSAYO: 77990/2022-1

Ref. Mét.	Sede	Ensayo	Método de Referencia	Descripción
17278	AQP	Determinación de Peso: Filtros PM10 (Alto Volumen)(Sin Muestreo) (Filtro Cuarzo) <sup>(a)(φ)</sup>	EPA/625/R-96/010a - Compendium Method IO-3.1 (Item 4 y 5) (Excepto 5.1.1; 5.2.3.7 y 5.3), June 1999. (Validado para pesaje). No incluye muestreo, 2019	Reference Selection, Preparation and Extraction of Filter Material - PM 10 Alto volumen
20505	LME	Metales en Filtro PM10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	EPA/625/R-96/010 <sup>a</sup> Compendium Method IO3.5 June 1999 (VALIDADO-Modificado, 2021)	Determinación de Metales en Material Particulado del ambiente por ICP-MS

### CÓDIGOS DE AUTENTICIDAD DEL INFORME DE ENSAYO

ALS LS Perú S.A.C. asegura a sus clientes una completa autenticidad del Informe de Ensayo 77990/2022-1, para que este informe pueda ser verificado en su totalidad. Para comprobar la autenticidad de los mismos en la base de datos de ALS LS Perú S.A.C., visitar el sitio Web [www.alsglobal.com](http://www.alsglobal.com) e introducir los siguientes códigos de autenticidad que se detallan a continuación:

Estación de Muestreo	N° ALS LS	Código único de Autenticidad
ECA-01	602134/2022-1.1	sqtsluu&6431206
ECA-02	602135/2022-1.2	qsmpnuu&6531206

ALS LS Perú S.A.C. asegurando la marca y prestigio de su empresa.

### COMENTARIOS

El Informe de Ensayo 77990/2022-1 reemplaza en su totalidad al Informe de Ensayo 77990/2022.

**AQP:** Av. Dolores 167 - Jose Luis Bustamante y Rivero - Arequipa.

**LME:** Av. Argentina 1859 - Cercado - Lima.

**"EPA":** U.S. Environmental Protection Agency.

**"SM":** Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

**"ASTM":** American Society for Testing and Materials.

**"ISO":** International Organization for Standardization.

El presente documento es redactado íntegramente en ALS LS Perú S.A.C., su alteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial del presente informe, salvo autorización escrita de ALS LS Perú S.A.C.; sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.

El lote de muestras que incluye el presente informe será descartado a los 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.

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.

ALS LS Perú S.A.C. deslinda responsabilidad de la información proporcionada por el cliente.

Si ALS LS Perú S.A.C. no realizó el muestreo, los resultados se aplicaran a la muestra tal cómo se recibió.





LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-029



FDT 001 - 01

## INFORME DE ENSAYO: 77991/2022-1

### PAZ LABORATORIOS S.R.L.

Calle OSCAR BENAVIDES Nro. 602 (CERCA A PLAZA DE YANAHUARA) YANAHUARA Arequipa  
Arequipa

## EVALUACION DE CALIDAD DE AIRE

Emitido por: **Sandra Cáceres Alvarez**

Fecha de Emisión: **09/11/2022**

Sandra Cáceres Álvarez  
Personal Signatario - Químico

Renovación de Acreditación a ALS LS Perú S.A.C. mediante registro LE-029  
División - Medio Ambiente



# INFORME DE ENSAYO: 77991/2022-1

## RESULTADOS ANALITICOS

Muestras del ítem: 24

N° ALS LS		602136/2022-1.1				
Fecha de Muestreo		12/10/2022				
Hora de Muestreo		16:00:00				
Tipo de Muestra		Aire				
Identificación		ECA-01				
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado
<b>003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS - Determinación de Peso: Filtros PM 2.5 (Bajo Volumen)(Sin Muestreo) (Filtro Teflón)</b>						
Determinación de Peso Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	ug/muestra	49	146	536
Peso Inicial Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	g	---	---	0,151140
Peso Final Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	g	---	---	0,151676
Código de Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	---	---	---	CcQ01676
<b>003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS - Determinación de Peso: Filtros PM10 (Alto Volumen)(Sin Muestreo) (Filtro Cuarzo)</b>						
Determinación de Peso Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	ug/muestra	1600	8000	226030
Peso Inicial Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	g	---	---	4,33861
Peso Final Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	g	---	---	4,56464
Código de Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	---	---	---	423802
<b>007 ENSAYOS DE METALES - Metales en Filtro PM10 Alto Volumen</b>						
Plata (Ag) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,0541	0,1345	0,3468
Aluminio (Al) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	6,21	26,22	4355
Arsenico (As) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,042	0,237	198,4
Boro (B) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	1,45	4,68	4,53
Bario (Ba) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,247	0,983	17,04
Berilio (Be) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,010	0,045	0,276
Bismuto (Bi) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,0085	0,0463	0,2719
Calcio (Ca) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	65,3	275,7	1659
Cadmio (Cd) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,019	0,047	0,248
Cobalto (Co) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,033	0,083	5,330
Cromo (Cr) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	2,082	15,522	5,753
Cobre (Cu) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,147	0,952	277,4
Hierro (Fe) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	8,72	54,19	11510
Mercurio (Hg) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,021	0,092	94,49
Potasio (K) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	6,2	37,1	754,3
Litio (Li) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,09	0,45	15,34
Magnesio (Mg) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	8,4	54,1	1770
Manganeso (Mn) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,258	0,896	149,5
Molibdeno (Mo) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,121	0,452	6,519
Sodio (Na) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	191,7	952,6	618,0
Níquel (Ni) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,197	0,539	10,70
Fósforo (P) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	35,9	178,6	121,5
Plomo (Pb) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,039	0,086	23,90
Antimonio (Sb) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,069	0,257	1,772
Selenio (Se) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,421	0,941	< 0,421
Silicio (Si) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	22,1	115,3	3975





## INFORME DE ENSAYO: 77991/2022-1

N° ALS LS							602136/2022-1.1
Fecha de Muestreo							12/10/2022
Hora de Muestreo							16:00:00
Tipo de Muestra							Aire
Identificación							ECA-01
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	
Estaño (Sn) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,067	0,351	0,870	
Estroncio (Sr) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,190	0,943	10,04	
Titanio (Ti) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,44	2,20	85,30	
Talio (Tl) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,008	0,046	< 0,008	
Uranio (U) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,0071	0,0458	0,3404	
Vanadio (V) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,071	0,265	3,608	
Zinc (Zn) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	1,02	5,06	67,40	

N° ALS LS							602137/2022-1.1
Fecha de Muestreo							12/10/2022
Hora de Muestreo							18:00:00
Tipo de Muestra							Aire
Identificación							ECA-02
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	
<b>003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS - Determinación de Peso: Filtros PM 2.5 (Bajo Volumen)(Sin Muestreo) (Filtro Teflón)</b>							
Determinación de Peso Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	ug/muestra	49	146	325	
Peso Inicial Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	g	---	---	0,144843	
Peso Final Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	g	---	---	0,145168	
Código de Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	---	---	---	CcQ01677	
<b>003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS - Determinación de Peso: Filtros PM10 (Alto Volumen)(Sin Muestreo) (Filtro Cuarzo)</b>							
Determinación de Peso Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	ug/muestra	1600	8000	27030	
Peso Inicial Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	g	---	---	4,29847	
Peso Final Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	g	---	---	4,32550	
Código de Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	---	---	---	423798	
<b>007 ENSAYOS DE METALES - Metales en Filtro PM10 Alto Volumen</b>							
Plata (Ag) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,0541	0,1345	0,1133	
Aluminio (Al) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	6,21	26,22	475,0	
Arsenico (As) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,042	0,237	32,26	
Boro (B) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	1,45	4,68	< 1,45	
Bario (Ba) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,247	0,983	3,467	
Berilio (Be) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,010	0,045	< 0,010	
Bismuto (Bi) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,0085	0,0463	0,0518	
Calcio (Ca) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	65,3	275,7	178,0	
Cadmio (Cd) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,019	0,047	0,581	
Cobalto (Co) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,033	0,083	0,506	
Cromo (Cr) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	2,082	15,522	< 2,082	
Cobre (Cu) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,147	0,952	47,01	
Hierro (Fe) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	8,72	54,19	1432	
Mercurio (Hg) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,021	0,092	14,40	
Potasio (K) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	6,2	37,1	103,3	



## INFORME DE ENSAYO: 77991/2022-1

N° ALS LS		602137/2022-1.1				
Fecha de Muestreo		12/10/2022				
Hora de Muestreo		18:00:00				
Tipo de Muestra		Aire				
Identificación		ECA-02				
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado
Litio (Li) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,09	0,45	1,46
Magnesio (Mg) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	8,4	54,1	172,8
Manganeso (Mn) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,258	0,896	19,80
Molibdeno (Mo) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,121	0,452	1,479
Sodio (Na) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	191,7	952,6	< 191,7
Níquel (Ni) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,197	0,539	1,093
Fósforo (P) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	35,9	178,6	< 35,9
Plomo (Pb) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,039	0,086	11,60
Antimonio (Sb) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,069	0,257	1,661
Selenio (Se) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,421	0,941	< 0,421
Silicio (Si) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	22,1	115,3	309,1
Estaño (Sn) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,067	0,351	0,509
Estroncio (Sr) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,190	0,943	0,890
Titanio (Ti) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,44	2,20	11,03
Talio (Tl) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,008	0,046	< 0,008
Uranio (U) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,0071	0,0458	0,0325
Vanadio (V) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,071	0,265	< 0,071
Zinc (Zn) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	1,02	5,06	25,08

### Observaciones

- (α) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (φ) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por A2LA.
- LD: Límite de detección.
- LQ: Límite de cuantificación.
- Los resultados que se encuentren por debajo del Límite de Cuantificación, no aplican para comparativos de consistencia.
- Las fechas de ejecución del análisis para los ensayos en campo realizados por ALS LS Perú S.A.C., se refiere a las fechas indicadas como fecha de muestreo. No Aplica para datos proporcionados por el cliente.
- Ref. Mét.: Código interno que referencia a la metodología de análisis.
- Para el caso de A2LA la palabra validado incluye el termino modificado.

### DESCRIPCION Y UBICACION GEOGRAFICA DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO

Estación de Muestreo	Resp.del Muestreo	Tipo de Muestra	Fecha de Recepción	Fecha de Muestreo	Ubicación Geográfica UTM WGS84	Zona	Condición de la muestra	Descripción de la Estación de Muestreo
ECA-01	Cliente	Aire	18/10/2022	12/10/2022	8382031N 451370E	19L	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
ECA-02	Cliente	Aire	18/10/2022	12/10/2022	8382256N 451357E	19L	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente

### REFERENCIA DE LOS METODOS DE ENSAYO

- (α) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.  
(φ) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por A2LA.

Ref. Mét.	Sede	Ensayo	Método de Referencia	Descripción
17281	AQP	Determinación de Peso: Filtros PM 2.5 (Bajo Volumen)(Sin Muestreo) (Filtro Teflón) <sup>(α)(φ)</sup>	EPA CFR 40 Appendix L (Item 6 y 8) to Part 50, Octubre 2006. (Validado para pesaje). No incluye muestreo, 2019	Method for the determination of fine particulate Matter as PM 2.5 in the atmosphere





## INFORME DE ENSAYO: 77991/2022-1

Ref. Mét.	Sede	Ensayo	Método de Referencia	Descripción
17278	AQP	Determinación de Peso: Filtros PM10 (Alto Volumen)(Sin Muestreo) (Filtro Cuarzo) <sup>(a)(φ)</sup>	EPA/625/R-96/010a - Compendium Method IO-3.1 (Item 4 y 5) (Excepto 5.1.1; 5.2.3.7 y 5.3), June 1999. (Validado para pesaje). No incluye muestreo, 2019	Reference Selection, Preparation and Extraction of Filter Material - PM 10 Alto volumen
20505	LME	Metales en Filtro PM10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	EPA/625/R-96/010 <sup>a</sup> Compendium Method IO3.5 June 1999 (VALIDADO-Modificado, 2021)	Determinación de Metales en Material Particulado del ambiente por ICP-MS

### CÓDIGOS DE AUTENTICIDAD DEL INFORME DE ENSAYO

ALS LS Perú S.A.C. asegura a sus clientes una completa autenticidad del Informe de Ensayo 77991/2022-1, para que este informe pueda ser verificado en su totalidad. Para comprobar la autenticidad de los mismos en la base de datos de ALS LS Perú S.A.C., visitar el sitio Web [www.alsglobal.com](http://www.alsglobal.com) e introducir los siguientes códigos de autenticidad que se detallan a continuación:

Estación de Muestreo	N° ALS LS	Código único de Autenticidad
ECA-01	602136/2022-1.1	uqtsluu&6631206
ECA-02	602137/2022-1.1	lrtsluu&6731206

ALS LS Perú S.A.C. asegurando la marca y prestigio de su empresa.

### COMENTARIOS

El Informe de Ensayo 77991/2022-1 reemplaza en su totalidad al Informe de Ensayo 77991/2022.

**AQP:** Av. Dolores 167 - Jose Luis Bustamante y Rivero - Arequipa.

**LME:** Av. Argentina 1859 - Cercado - Lima.

**"EPA":** U.S. Environmental Protection Agency.

**"SM":** Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

**"ASTM":** American Society for Testing and Materials.

**"ISO":** International Organization for Standardization.

El presente documento es redactado íntegramente en ALS LS Perú S.A.C., su alteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial del presente informe, salvo autorización escrita de ALS LS Perú S.A.C.; sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.

El lote de muestras que incluye el presente informe será descartado a los 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.

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.

ALS LS Perú S.A.C. deslinda responsabilidad de la información proporcionada por el cliente.

Si ALS LS Perú S.A.C. no realizó el muestreo, los resultados se aplicaran a la muestra tal cómo se recibió.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-029



FDT 001 - 01

## INFORME DE ENSAYO: 77992/2022-1

### PAZ LABORATORIOS S.R.L.

Calle OSCAR BENAVIDES Nro. 602 (CERCA A PLAZA DE YANAHUARA) YANAHUARA Arequipa  
Arequipa

## EVALUACION DE CALIDAD DE AIRE

Emitido por: **Sandra Cáceres Alvarez**

Fecha de Emisión: **09/11/2022**

Sandra Cáceres Álvarez  
Personal Signatario - Químico

Renovación de Acreditación a ALS LS Perú S.A.C. mediante registro LE-029  
División - Medio Ambiente





# INFORME DE ENSAYO: 77992/2022-1

## RESULTADOS ANALITICOS

Muestras del ítem: 24

N° ALS LS		602138/2022-1.1				
Fecha de Muestreo		13/10/2022				
Hora de Muestreo		16:00:00				
Tipo de Muestra		Aire				
Identificación		ECA-01				
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado
<b>003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS - Determinación de Peso: Filtros PM 2.5 (Bajo Volumen)(Sin Muestreo) (Filtro Teflón)</b>						
Determinación de Peso Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	ug/muestra	49	146	398
Peso Inicial Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	g	---	---	0,143841
Peso Final Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	g	---	---	0,144239
Código de Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	---	---	---	CcQ01678
<b>003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS - Determinación de Peso: Filtros PM10 (Alto Volumen)(Sin Muestreo) (Filtro Cuarzo)</b>						
Determinación de Peso Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	ug/muestra	1600	8000	143210
Peso Inicial Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	g	---	---	4,32600
Peso Final Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	g	---	---	4,46921
Código de Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	---	---	---	423801
<b>007 ENSAYOS DE METALES - Metales en Filtro PM10 Alto Volumen</b>						
Plata (Ag) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,0541	0,1345	0,3602
Aluminio (Al) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	6,21	26,22	2838
Arsenico (As) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,042	0,237	149,6
Boro (B) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	1,45	4,68	4,81
Bario (Ba) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,247	0,983	12,92
Berilio (Be) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,010	0,045	0,176
Bismuto (Bi) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,0085	0,0463	0,2046
Calcio (Ca) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	65,3	275,7	955,2
Cadmio (Cd) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,019	0,047	0,197
Cobalto (Co) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,033	0,083	3,624
Cromo (Cr) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	2,082	15,522	< 2,082
Cobre (Cu) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,147	0,952	302,3
Hierro (Fe) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	8,72	54,19	7616
Mercurio (Hg) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,021	0,092	100,7
Potasio (K) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	6,2	37,1	511,8
Litio (Li) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,09	0,45	9,83
Magnesio (Mg) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	8,4	54,1	1113
Manganeso (Mn) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,258	0,896	94,14
Molibdeno (Mo) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,121	0,452	6,090
Sodio (Na) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	191,7	952,6	323,4
Níquel (Ni) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,197	0,539	7,187
Fósforo (P) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	35,9	178,6	53,4
Plomo (Pb) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,039	0,086	21,36
Antimonio (Sb) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,069	0,257	2,200
Selenio (Se) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,421	0,941	< 0,421
Silicio (Si) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	22,1	115,3	2446



## INFORME DE ENSAYO: 77992/2022-1

N° ALS LS							602138/2022-1.1
Fecha de Muestreo							13/10/2022
Hora de Muestreo							16:00:00
Tipo de Muestra							Aire
Identificación							ECA-01
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	
Estaño (Sn) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,067	0,351	0,710	
Estroncio (Sr) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,190	0,943	4,975	
Titanio (Ti) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,44	2,20	56,10	
Talio (Tl) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,008	0,046	< 0,008	
Uranio (U) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,0071	0,0458	0,2096	
Vanadio (V) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,071	0,265	1,855	
Zinc (Zn) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	1,02	5,06	48,48	

N° ALS LS							602139/2022-1.1
Fecha de Muestreo							13/10/2022
Hora de Muestreo							18:00:00
Tipo de Muestra							Aire
Identificación							ECA-02
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	
<b>003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS - Determinación de Peso: Filtros PM 2.5 (Bajo Volumen)(Sin Muestreo) (Filtro Teflón)</b>							
Determinación de Peso Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	ug/muestra	49	146	338	
Peso Inicial Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	g	---	---	0,139715	
Peso Final Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	g	---	---	0,140053	
Código de Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	---	---	---	CcQ00816	
<b>003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS - Determinación de Peso: Filtros PM10 (Alto Volumen)(Sin Muestreo) (Filtro Cuarzo)</b>							
Determinación de Peso Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	ug/muestra	1600	8000	64620	
Peso Inicial Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	g	---	---	4,35418	
Peso Final Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	g	---	---	4,41880	
Código de Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	---	---	---	422286	
<b>007 ENSAYOS DE METALES - Metales en Filtro PM10 Alto Volumen</b>							
Plata (Ag) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,0541	0,1345	0,1411	
Aluminio (Al) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	6,21	26,22	1222	
Arsenico (As) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,042	0,237	99,51	
Boro (B) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	1,45	4,68	< 1,45	
Bario (Ba) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,247	0,983	5,135	
Berilio (Be) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,010	0,045	0,053	
Bismuto (Bi) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,0085	0,0463	0,1982	
Calcio (Ca) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	65,3	275,7	773,0	
Cadmio (Cd) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,019	0,047	0,098	
Cobalto (Co) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,033	0,083	1,527	
Cromo (Cr) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	2,082	15,522	2,561	
Cobre (Cu) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,147	0,952	27,41	
Hierro (Fe) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	8,72	54,19	4083	
Mercurio (Hg) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,021	0,092	65,48	
Potasio (K) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	6,2	37,1	233,5	



## INFORME DE ENSAYO: 77992/2022-1

N° ALS LS	602139/2022-1.1
Fecha de Muestreo	13/10/2022
Hora de Muestreo	18:00:00
Tipo de Muestra	Aire
Identificación	ECA-02

Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado
Litio (Li) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,09	0,45	4,25
Magnesio (Mg) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	8,4	54,1	517,5
Manganeso (Mn) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,258	0,896	40,07
Molibdeno (Mo) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,121	0,452	0,907
Sodio (Na) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	191,7	952,6	380,8
Níquel (Ni) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,197	0,539	3,872
Fósforo (P) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	35,9	178,6	198,6
Plomo (Pb) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,039	0,086	24,23
Antimonio (Sb) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,069	0,257	0,706
Selenio (Se) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,421	0,941	< 0,421
Silicio (Si) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	22,1	115,3	778,8
Estaño (Sn) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,067	0,351	0,527
Estroncio (Sr) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,190	0,943	3,304
Titanio (Ti) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,44	2,20	24,25
Talio (Tl) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,008	0,046	< 0,008
Uranio (U) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,0071	0,0458	0,1001
Vanadio (V) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,071	0,265	0,471
Zinc (Zn) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	1,02	5,06	23,14

### Observaciones

- (α) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (φ) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por A2LA.
- LD: Límite de detección.
- LQ: Límite de cuantificación.
- Los resultados que se encuentren por debajo del Límite de Cuantificación, no aplican para comparativos de consistencia.
- Las fechas de ejecución del análisis para los ensayos en campo realizados por ALS LS Perú S.A.C., se refiere a las fechas indicadas como fecha de muestreo. No Aplica para datos proporcionados por el cliente.
- Ref. Mét.: Código interno que referencia a la metodología de análisis.
- Para el caso de A2LA la palabra validado incluye el termino modificado.

### DESCRIPCION Y UBICACION GEOGRAFICA DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO

Estación de Muestreo	Resp.del Muestreo	Tipo de Muestra	Fecha de Recepción	Fecha de Muestreo	Ubicación Geográfica UTM WGS84	Zona	Condición de la muestra	Descripción de la Estación de Muestreo
ECA-01	Cliente	Aire	18/10/2022	13/10/2022	8382031N 451370E	19L	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
ECA-02	Cliente	Aire	18/10/2022	13/10/2022	8382256N 451357E	19L	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente

### REFERENCIA DE LOS METODOS DE ENSAYO

- (α) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.  
(φ) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por A2LA.

Ref. Mét.	Sede	Ensayo	Método de Referencia	Descripción
17281	AQP	Determinación de Peso: Filtros PM 2.5 (Bajo Volumen)(Sin Muestreo) (Filtro Teflón) <sup>(α)(φ)</sup>	EPA CFR 40 Appendix L (Item 6 y 8) to Part 50, Octubre 2006. (Validado para pesaje). No incluye muestreo, 2019	Method for the determination of fine particulate Matter as PM 2.5 in the atmosphere





## INFORME DE ENSAYO: 77992/2022-1

Ref. Mét.	Sede	Ensayo	Método de Referencia	Descripción
17278	AQP	Determinación de Peso: Filtros PM10 (Alto Volumen)(Sin Muestreo) (Filtro Cuarzo) <sup>(a)(φ)</sup>	EPA/625/R-96/010a - Compendium Method IO-3.1 (Item 4 y 5) (Excepto 5.1.1; 5.2.3.7 y 5.3), June 1999. (Validado para pesaje). No incluye muestreo, 2019	Reference Selection, Preparation and Extraction of Filter Material - PM 10 Alto volumen
20505	LME	Metales en Filtro PM10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	EPA/625/R-96/010 <sup>a</sup> Compendium Method IO3.5 June 1999 (VALIDADO-Modificado, 2021)	Determinación de Metales en Material Particulado del ambiente por ICP-MS

### CÓDIGOS DE AUTENTICIDAD DEL INFORME DE ENSAYO

ALS LS Perú S.A.C. asegura a sus clientes una completa autenticidad del Informe de Ensayo 77992/2022-1, para que este informe pueda ser verificado en su totalidad. Para comprobar la autenticidad de los mismos en la base de datos de ALS LS Perú S.A.C., visitar el sitio Web [www.alsglobal.com](http://www.alsglobal.com) e introducir los siguientes códigos de autenticidad que se detallan a continuación:

Estación de Muestreo	N° ALS LS	Código único de Autenticidad
ECA-01	602138/2022-1.1	rrtsluu&6831206
ECA-02	602139/2022-1.1	srtsluu&6931206

ALS LS Perú S.A.C. asegurando la marca y prestigio de su empresa.

### COMENTARIOS

El Informe de Ensayo 77992/2022-1 reemplaza en su totalidad al Informe de Ensayo 77992/2022.

**AQP:** Av. Dolores 167 - Jose Luis Bustamante y Rivero - Arequipa.

**LME:** Av. Argentina 1859 - Cercado - Lima.

**"EPA":** U.S. Environmental Protection Agency.

**"SM":** Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

**"ASTM":** American Society for Testing and Materials.

**"ISO":** International Organization for Standardization.

El presente documento es redactado íntegramente en ALS LS Perú S.A.C., su alteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial del presente informe, salvo autorización escrita de ALS LS Perú S.A.C.; sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.

El lote de muestras que incluye el presente informe será descartado a los 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.

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.

ALS LS Perú S.A.C. deslinda responsabilidad de la información proporcionada por el cliente.

Si ALS LS Perú S.A.C. no realizó el muestreo, los resultados se aplicaran a la muestra tal cómo se recibió.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-029



FDT 001 - 01

## INFORME DE ENSAYO: 77993/2022-1

### PAZ LABORATORIOS S.R.L.

Calle OSCAR BENAVIDES Nro. 602 (CERCA A PLAZA DE YANAHUARA) YANAHUARA Arequipa  
Arequipa

## EVALUACION DE CALIDAD DE AIRE

Emitido por: **Sandra Cáceres Alvarez**

Fecha de Emisión: **09/11/2022**

Sandra Cáceres Álvarez  
Personal Signatario - Químico

Renovación de Acreditación a ALS LS Perú S.A.C. mediante registro LE-029  
División - Medio Ambiente



# INFORME DE ENSAYO: 77993/2022-1

## RESULTADOS ANALITICOS

Muestras del ítem: 24

N° ALS LS		602132/2022-1.1				
Fecha de Muestreo		14/10/2022				
Hora de Muestreo		16:00:00				
Tipo de Muestra		Aire				
Identificación		ECA-01				
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado
<b>003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS - Determinación de Peso: Filtros PM 2.5 (Bajo Volumen)(Sin Muestreo) (Filtro Teflón)</b>						
Determinación de Peso Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	ug/muestra	49	146	135
Peso Inicial Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	g	---	---	0,140997
Peso Final Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	g	---	---	0,141132
Código de Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	---	---	---	CcQ00129
<b>003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS - Determinación de Peso: Filtros PM10 (Alto Volumen)(Sin Muestreo) (Filtro Cuarzo)</b>						
Determinación de Peso Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	ug/muestra	1600	8000	51450
Peso Inicial Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	g	---	---	4,30833
Peso Final Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	g	---	---	4,35978
Código de Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	---	---	---	423799
<b>007 ENSAYOS DE METALES - Metales en Filtro PM10 Alto Volumen</b>						
Plata (Ag) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,0541	0,1345	0,2273
Aluminio (Al) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	6,21	26,22	1116
Arsenico (As) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,042	0,237	48,87
Boro (B) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	1,45	4,68	5,03
Bario (Ba) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,247	0,983	5,147
Berilio (Be) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,010	0,045	0,036
Bismuto (Bi) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,0085	0,0463	0,0771
Calcio (Ca) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	65,3	275,7	373,3
Cadmio (Cd) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,019	0,047	0,170
Cobalto (Co) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,033	0,083	1,254
Cromo (Cr) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	2,082	15,522	< 2,082
Cobre (Cu) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,147	0,952	256,3
Hierro (Fe) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	8,72	54,19	2911
Mercurio (Hg) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,021	0,092	54,16
Potasio (K) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	6,2	37,1	195,5
Litio (Li) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,09	0,45	3,50
Magnesio (Mg) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	8,4	54,1	415,9
Manganeso (Mn) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,258	0,896	36,40
Molibdeno (Mo) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,121	0,452	4,853
Sodio (Na) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	191,7	952,6	< 191,7
Níquel (Ni) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,197	0,539	2,553
Fósforo (P) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	35,9	178,6	< 35,9
Plomo (Pb) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,039	0,086	7,930
Antimonio (Sb) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,069	0,257	0,755
Selenio (Se) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,421	0,941	< 0,421
Silicio (Si) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	22,1	115,3	519,4





## INFORME DE ENSAYO: 77993/2022-1

N° ALS LS						602132/2022-1.1
Fecha de Muestreo						14/10/2022
Hora de Muestreo						16:00:00
Tipo de Muestra						Aire
Identificación						ECA-01
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado
Estaño (Sn) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,067	0,351	0,532
Estroncio (Sr) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,190	0,943	2,200
Titanio (Ti) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,44	2,20	22,73
Talio (Tl) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,008	0,046	< 0,008
Uranio (U) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,0071	0,0458	0,0834
Vanadio (V) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,071	0,265	0,922
Zinc (Zn) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	1,02	5,06	22,08

N° ALS LS						602133/2022-1.1
Fecha de Muestreo						14/10/2022
Hora de Muestreo						18:00:00
Tipo de Muestra						Aire
Identificación						ECA-02
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado
<b>003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS - Determinación de Peso: Filtros PM 2.5 (Bajo Volumen)(Sin Muestreo) (Filtro Teflón)</b>						
Determinación de Peso Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	ug/muestra	49	146	281
Peso Inicial Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	g	---	---	0,144009
Peso Final Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	g	---	---	0,144290
Código de Filtro Teflón PM 2.5 Bajo Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17281	19/10/2022	---	---	---	CcQ00130
<b>003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS - Determinación de Peso: Filtros PM10 (Alto Volumen)(Sin Muestreo) (Filtro Cuarzo)</b>						
Determinación de Peso Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	ug/muestra	1600	8000	35370
Peso Inicial Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	g	---	---	4,29943
Peso Final Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	g	---	---	4,33480
Código de Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	17278	19/10/2022	---	---	---	423800
<b>007 ENSAYOS DE METALES - Metales en Filtro PM10 Alto Volumen</b>						
Plata (Ag) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,0541	0,1345	0,1349
Aluminio (Al) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	6,21	26,22	685,5
Arsenico (As) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,042	0,237	46,86
Boro (B) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	1,45	4,68	3,66
Bario (Ba) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,247	0,983	3,242
Berilio (Be) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,010	0,045	0,035
Bismuto (Bi) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,0085	0,0463	0,0638
Calcio (Ca) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	65,3	275,7	276,2
Cadmio (Cd) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,019	0,047	0,091
Cobalto (Co) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,033	0,083	0,772
Cromo (Cr) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	2,082	15,522	< 2,082
Cobre (Cu) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,147	0,952	65,40
Hierro (Fe) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	8,72	54,19	2236
Mercurio (Hg) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,021	0,092	66,38
Potasio (K) <sup>(a)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	6,2	37,1	133,3



## INFORME DE ENSAYO: 77993/2022-1

N° ALS LS		602133/2022-1.1				
Fecha de Muestreo		14/10/2022				
Hora de Muestreo		18:00:00				
Tipo de Muestra		Aire				
Identificación		ECA-02				
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado
Litio (Li) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,09	0,45	2,20
Magnesio (Mg) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	8,4	54,1	269,7
Manganeso (Mn) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,258	0,896	24,72
Molibdeno (Mo) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,121	0,452	2,480
Sodio (Na) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	191,7	952,6	< 191,7
Níquel (Ni) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,197	0,539	1,440
Fósforo (P) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	35,9	178,6	< 35,9
Plomo (Pb) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,039	0,086	10,31
Antimonio (Sb) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,069	0,257	0,694
Selenio (Se) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,421	0,941	< 0,421
Silicio (Si) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	22,1	115,3	344,4
Estaño (Sn) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,067	0,351	0,307
Estroncio (Sr) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,190	0,943	1,600
Titanio (Ti) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,44	2,20	15,10
Talio (Tl) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,008	0,046	< 0,008
Uranio (U) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,0071	0,0458	0,0486
Vanadio (V) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	0,071	0,265	< 0,071
Zinc (Zn) <sup>(α)(φ)</sup>	20505	07/11/2022	ug/mtra	1,02	5,06	21,08

### Observaciones

- (α) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (φ) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por A2LA.
- LD: Límite de detección.
- LQ: Límite de cuantificación.
- Los resultados que se encuentren por debajo del Límite de Cuantificación, no aplican para comparativos de consistencia.
- Las fechas de ejecución del análisis para los ensayos en campo realizados por ALS LS Perú S.A.C., se refiere a las fechas indicadas como fecha de muestreo. No Aplica para datos proporcionados por el cliente.
- Ref. Mét.: Código interno que referencia a la metodología de análisis.
- Para el caso de A2LA la palabra validado incluye el termino modificado.

### DESCRIPCION Y UBICACION GEOGRAFICA DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO

Estación de Muestreo	Resp.del Muestreo	Tipo de Muestra	Fecha de Recepción	Fecha de Muestreo	Ubicación Geográfica UTM WGS84	Zona	Condición de la muestra	Descripción de la Estación de Muestreo
ECA-01	Cliente	Aire	18/10/2022	14/10/2022	8382031N 451370E	19L	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
ECA-02	Cliente	Aire	18/10/2022	14/10/2022	8382256N 451357E	19L	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente

### REFERENCIA DE LOS METODOS DE ENSAYO

- (α) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.  
(φ) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por A2LA.

Ref. Mét.	Sede	Ensayo	Método de Referencia	Descripción
17281	AQP	Determinación de Peso: Filtros PM 2.5 (Bajo Volumen)(Sin Muestreo) (Filtro Teflón) <sup>(α)(φ)</sup>	EPA CFR 40 Appendix L (Item 6 y 8) to Part 50, Octubre 2006. (Validado para pesaje). No incluye muestreo, 2019	Method for the determination of fine particulate Matter as PM 2.5 in the atmosphere



## INFORME DE ENSAYO: 77993/2022-1

Ref. Mét.	Sede	Ensayo	Método de Referencia	Descripción
17278	AQP	Determinación de Peso: Filtros PM10 (Alto Volumen)(Sin Muestreo) (Filtro Cuarzo) <sup>(a)(φ)</sup>	EPA/625/R-96/010a - Compendium Method IO-3.1 (Item 4 y 5) (Excepto 5.1.1; 5.2.3.7 y 5.3), June 1999. (Validado para pesaje). No incluye muestreo, 2019	Reference Selection, Preparation and Extraction of Filter Material - PM 10 Alto volumen
20505	LME	Metales en Filtro PM10 Alto Volumen <sup>(a)(φ)</sup>	EPA/625/R-96/010 <sup>a</sup> Compendium Method IO3.5 June 1999 (VALIDADO-Modificado, 2021)	Determinación de Metales en Material Particulado del ambiente por ICP-MS

### CÓDIGOS DE AUTENTICIDAD DEL INFORME DE ENSAYO

ALS LS Perú S.A.C. asegura a sus clientes una completa autenticidad del Informe de Ensayo 77993/2022-1, para que este informe pueda ser verificado en su totalidad. Para comprobar la autenticidad de los mismos en la base de datos de ALS LS Perú S.A.C., visitar el sitio Web [www.alsglobal.com](http://www.alsglobal.com) e introducir los siguientes códigos de autenticidad que se detallan a continuación:

Estación de Muestreo	N° ALS LS	Código único de Autenticidad
ECA-01	602132/2022-1.1	pstsluu&6231206
ECA-02	602133/2022-1.1	rstsluu&6331206

ALS LS Perú S.A.C. asegurando la marca y prestigio de su empresa.

### COMENTARIOS

El Informe de Ensayo 77993/2022-1 reemplaza en su totalidad al Informe de Ensayo 77993/2022.

**AQP:** Av. Dolores 167 - Jose Luis Bustamante y Rivero - Arequipa.

**LME:** Av. Argentina 1859 - Cercado - Lima.

**"EPA":** U.S. Environmental Protection Agency.

**"SM":** Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

**"ASTM":** American Society for Testing and Materials.

**"ISO":** International Organization for Standardization.

El presente documento es redactado íntegramente en ALS LS Perú S.A.C., su alteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial del presente informe, salvo autorización escrita de ALS LS Perú S.A.C.; sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.

El lote de muestras que incluye el presente informe será descartado a los 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.

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.

ALS LS Perú S.A.C. deslinda responsabilidad de la información proporcionada por el cliente.

Si ALS LS Perú S.A.C. no realizó el muestreo, los resultados se aplicaran a la muestra tal cómo se recibió.



**ANEXO 8**  
**Cadena de custodia**



CADENA DE CUSTODIA - MONITOREO CALIDAD DE AIRE

Sede CERCADO:  
Av. República Argentina 1859 Urb. Industrial Conde Lima  
Teléfono: 01-4899500 SALME.ServicioalCliente@alsglobal.com

Sede AREQUIPA:  
Av. Dolores 167 Jose Luis Bustamante y Rivero, Arequipa.  
Teléfono: 054-424570 SAAR.ServicioalCliente@alsglobal.com

N° DE GRUPO:		MUESTREO POR: (Marcar con una "X")		FRECUENCIA: (Marcar con una "X")		CLIENTE	
N° ORDEN SE SERVICIO:		ALS: <input type="checkbox"/>		PERIÓDICO: <input type="checkbox"/>		PERSONA DE CONTACTO	
N° PROCESO:		CLIENTE: <input checked="" type="checkbox"/>		NO PERIÓDICO: <input checked="" type="checkbox"/>		PROYECTO	
N° PLAN DE MUESTREO:						LUGAR DE PROCEDENCIA	

ESTACION DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN DE LA ESTACION DE MUESTREO	GEOREFERENCIA (UTM)	MATERIAL PARTICULADO				SOLUCIONES CAPTADORAS: <input type="checkbox"/>				GASES ATMOSFÉRICOS: <input type="checkbox"/>				CÓDIGO LABORATORIO	METEOROLOGIA	OBSERVACIONES	
			Partículas	PTS	PM10	PM2,5	MUESTRO 24 Horas	MUESTRO 8 Horas	MUESTRO 4 Horas	MUESTRO 1 Hora								
ECA-01		8382031	Ensayos adicionales requeridos	HV <input type="checkbox"/>	HV <input checked="" type="checkbox"/>	AT <input type="checkbox"/>	HV <input type="checkbox"/>	AT <input type="checkbox"/>	Inicio	FECHA (dd/mm/yy) HORA (hh:mm)	SO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>	NO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>	CO <input type="checkbox"/>	BENCENO <input type="checkbox"/>	NO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>			
			PESAJE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Final	10/10/22 16:00H	H <sub>2</sub> S <input type="checkbox"/>	HCT <input type="checkbox"/>	O <sub>3</sub> <input type="checkbox"/>						
			METALES ICP MS	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		11/10/22 16:00H	CO <input type="checkbox"/>	HEXANO <input type="checkbox"/>	HEXANO <input type="checkbox"/>	VOC'S <input type="checkbox"/>	CO <input type="checkbox"/>				
			METALES ICP OES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			O <sub>3</sub> <input type="checkbox"/>	HCNM <input type="checkbox"/>							
Altitud: 4963		Zona: 19L		PTS: PM 10: 423693 PM 2.5: 660029		Código de Filtro		Fecha/Hora (I)		Fecha/Hora (F)		Fecha/Hora (I)		Fecha/Hora (F)				
ECA-02		8382256	Ensayos adicionales requeridos	HV <input type="checkbox"/>	HV <input checked="" type="checkbox"/>	AT <input type="checkbox"/>	HV <input type="checkbox"/>	AT <input type="checkbox"/>	Inicio	10/10/22 18:00H	SO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>	NO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>	CO <input type="checkbox"/>	BENCENO <input type="checkbox"/>	NO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>			
			PESAJE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Final	11/10/22 18:00H	H <sub>2</sub> S <input type="checkbox"/>	HCT <input type="checkbox"/>	O <sub>3</sub> <input type="checkbox"/>						
			METALES ICP MS	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			CO <input type="checkbox"/>	HEXANO <input type="checkbox"/>	HEXANO <input type="checkbox"/>	VOC'S <input type="checkbox"/>	CO <input type="checkbox"/>				
			METALES ICP OES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			O <sub>3</sub> <input type="checkbox"/>	HCNM <input type="checkbox"/>							
Altitud: 4958		Zona: 19L		PTS: PM 10: 423691 PM 2.5: 660029		Código de Filtro		Fecha/Hora (I)		Fecha/Hora (F)		Fecha/Hora (I)		Fecha/Hora (F)				
			Ensayos adicionales requeridos	HV <input type="checkbox"/>	HV <input type="checkbox"/>	AT <input type="checkbox"/>	HV <input type="checkbox"/>	AT <input type="checkbox"/>	Inicio		SO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>	NO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>	CO <input type="checkbox"/>	BENCENO <input type="checkbox"/>	NO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>			
			PESAJE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Final		H <sub>2</sub> S <input type="checkbox"/>	HCT <input type="checkbox"/>	O <sub>3</sub> <input type="checkbox"/>						
			METALES ICP MS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			CO <input type="checkbox"/>	HEXANO <input type="checkbox"/>	HEXANO <input type="checkbox"/>	VOC'S <input type="checkbox"/>	CO <input type="checkbox"/>				
			METALES ICP OES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			O <sub>3</sub> <input type="checkbox"/>	HCNM <input type="checkbox"/>							
Altitud:		Zona:		PTS: PM 10: PM 2.5:		Código de Filtro		Fecha/Hora (I)		Fecha/Hora (F)		Fecha/Hora (I)		Fecha/Hora (F)				
			Ensayos adicionales requeridos	HV <input type="checkbox"/>	HV <input type="checkbox"/>	AT <input type="checkbox"/>	HV <input type="checkbox"/>	AT <input type="checkbox"/>	Inicio		SO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>	NO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>	CO <input type="checkbox"/>	BENCENO <input type="checkbox"/>	NO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>			
			PESAJE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Final		H <sub>2</sub> S <input type="checkbox"/>	HCT <input type="checkbox"/>	O <sub>3</sub> <input type="checkbox"/>						
			METALES ICP MS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			CO <input type="checkbox"/>	HEXANO <input type="checkbox"/>	HEXANO <input type="checkbox"/>	VOC'S <input type="checkbox"/>	CO <input type="checkbox"/>				
			METALES ICP OES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			O <sub>3</sub> <input type="checkbox"/>	HCNM <input type="checkbox"/>							
Altitud:		Zona:		PTS: PM 10: PM 2.5:		Código de Filtro		Fecha/Hora (I)		Fecha/Hora (F)		Fecha/Hora (I)		Fecha/Hora (F)				
			Ensayos adicionales requeridos	HV <input type="checkbox"/>	HV <input type="checkbox"/>	AT <input type="checkbox"/>	HV <input type="checkbox"/>	AT <input type="checkbox"/>	Inicio		SO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>	NO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>	CO <input type="checkbox"/>	BENCENO <input type="checkbox"/>	NO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>			
			PESAJE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Final		H <sub>2</sub> S <input type="checkbox"/>	HCT <input type="checkbox"/>	O <sub>3</sub> <input type="checkbox"/>						
			METALES ICP MS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			CO <input type="checkbox"/>	HEXANO <input type="checkbox"/>	HEXANO <input type="checkbox"/>	VOC'S <input type="checkbox"/>	CO <input type="checkbox"/>				
			METALES ICP OES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			O <sub>3</sub> <input type="checkbox"/>	HCNM <input type="checkbox"/>							
Altitud:		Zona:		PTS: PM 10: PM 2.5:		Código de Filtro		Fecha/Hora (I)		Fecha/Hora (F)		Fecha/Hora (I)		Fecha/Hora (F)				

**RECIBIDO**  
ALS  
17 OCT 2022  
NOMBRE: .....  
FIRMA: 18:55

Entregado por:		FECHA (dd/mm/yy):		Hora (hh:mm):		DESCRIPCIÓN		EQUIPOS EMPLEADOS	
Comentarios:						Muestreador de Partícula alto Volumen		CÓDIGO INTERNO O NÚMERO DE SERIE	
						Muestreador de Partícula bajo Volumen		EL / MPA / 09	
						Muestreador de Partícula alto Volumen		EL / MPA / 20	
						Muestreador de Partícula bajo Volumen		EL / MPA / 04	
								EL / MPA / 21	

CONDICIÓN DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA (PARA USO DEL LABORATORIO):

En buen estado	SI	No
Recipiente apropiado	SI	No
Dentro del tiempo de conservación	SI	No
Correctamente preservadas	SI	No

NOTA:  
PM 10 :Material Particulado <10 micras  
PM 2,5:Material Particulado < 2,5 micras  
PTS:Partículas Totales en Suspensión  
CO:Monóxido de Carbono  
DH (pulg. H<sub>2</sub>O): Diferencial de presión

NO<sub>2</sub>: Dióxido de Nitrógeno  
NOx: Oxidos de Nitrógeno  
H<sub>2</sub>S: Sulfuro de Hidrógeno  
LV :Low Vol (Bajo Volumen)  
HV: High Vol (Alto Volumen)

HCNM :Hidrocarburos No Metano  
SO<sub>2</sub>: Dióxido de Azufre  
VOC'S:Compuestos Orgánicos Volátiles  
I: Inicio de muestreo  
F: Final de muestreo

O<sub>3</sub>:Ozono  
HCT:Hidrocarburos Totales  
AT: Automático  
MGT: Mercurio Gaseoso Total

Nombre: <u>Midhuar Roosbell Aremas Carrion</u>	Representante del cliente	FECHA: <u>18/10/22</u>	HORA: <u>08:00H</u>
Fecha (dd/mm/yy): <u>10/10/22</u>	Nombre: <u>OT 20044</u>	Fecha (dd/mm/yy):	Nombre:
Firma: <u>[Firma]</u>	Firma (Opcional):	Fecha (dd/mm/yy):	Hora (hh:mm):
			Recepción de muestras
			Nombre:
			Fecha (dd/mm/yy):
			Hora (hh:mm):
			Firma

**RECIBIDO**  
Laboratorio INGENIERÍA Y PROYECTOS  
FIRMA: [Firma]  
NOMBRE: Dennis Manuel





CADENA DE CUSTODIA - MONITOREO CALIDAD DE AIRE

Sede CERCAO: Av. República Argentina 1859 Urb. Industrial Conde Lima  
Teléfono: 01-4889500 SALME.ServicioalCliente@alsglobal.com

Sede AREQUIPA: Av. Dolores 167 Jose Luis Bustamante y Rivero, Arequipa.  
Teléfono: 054-424570 SAARE.ServicioalCliente@alsglobal.com

N° DE GRUPO:	MUESTREO POR: (Marcar con una "X")	FRECUENCIA: (Marcar con una "X")	CLIENTE
N° ORDEN SE SERVICIO:	ALS <input type="checkbox"/>	PERIÓDICO: <input type="checkbox"/>	: <b>Lizbeth Alarcón Gozme</b> : <b>Jessica Huayhua (Por Laboratorio)</b> : <b>Evaluación de la Calidad de aire</b> : <b>Rimacoma - Anta Huila</b>
N° PROCESO:	CUENTE <input checked="" type="checkbox"/>	NO PERIÓDICO: <input checked="" type="checkbox"/>	
N° PLAN DE MUESTREO:			

ESTACIÓN DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN DE LA ESTACIÓN DE MUESTREO	GEOREFERENCIA (UTM)	MATERIAL PARTICULADO										GASES ATMOSFÉRICOS				CÓDIGO LABORATORIO	METEOROLOGÍA	OBSERVACIONES
			MUESTRO 24 Horas (Marcar con una "X")				Periodo de muestreo	FECHA (dd/mm/yy)	HORA (hh:mm)	DH (pulg. H <sub>2</sub> O), solo en caso de HV	SOLUCIONES CAPTADORAS: <input type="checkbox"/>		EQUIPOS AUTOMÁTICOS: <input type="checkbox"/>						
			PARTICULAS	PTS	PM10	PM2,5					MUESTRO 24 Horas	MUESTRO 8 Horas	MUESTRO 4 Horas	MUESTRO 1 Hora					
ECA-01		N: 8382031 E: 451370 Altitud: 4963 Zona: 19L	Ensayos adicionales requeridos	HV <input type="checkbox"/>	HV <input checked="" type="checkbox"/>	AT <input type="checkbox"/>	HV <input type="checkbox"/>	AT <input type="checkbox"/>	Inicio	11/10/22	16:00H		SO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>	NO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>	CO <input type="checkbox"/>	BENCENO <input type="checkbox"/>	NO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>		
			PESAJE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Final	12/10/22	16:00H	H <sub>2</sub> S <input type="checkbox"/>	HCT <input type="checkbox"/>	O <sub>3</sub> <input type="checkbox"/>	CO <input type="checkbox"/>	CO <input type="checkbox"/>				
			METALES ICP MS	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				CO <input type="checkbox"/>	HEXANO <input type="checkbox"/>	HEXANO <input type="checkbox"/>	VOC'S <input type="checkbox"/>					
			METALES ICP OES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				O <sub>3</sub> <input type="checkbox"/>	HCNM <input type="checkbox"/>	MGT <input type="checkbox"/>	BENCENO <input type="checkbox"/>					
			ANIONES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>												
			Código de Filtro																
PTS:	PM 10: 423642	PM 2.5: 600025																	
ECA-02		N: 8382256 E: 451357 Altitud: 4958 Zona: 19L	Ensayos adicionales requeridos	HV <input type="checkbox"/>	HV <input checked="" type="checkbox"/>	AT <input type="checkbox"/>	HV <input type="checkbox"/>	AT <input type="checkbox"/>	Inicio	11/10/22	18:00H		SO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>	NO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>	CO <input type="checkbox"/>	BENCENO <input type="checkbox"/>	NO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>		
			PESAJE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Final	12/10/22	18:00H	H <sub>2</sub> S <input type="checkbox"/>	HCT <input type="checkbox"/>	O <sub>3</sub> <input type="checkbox"/>	CO <input type="checkbox"/>	CO <input type="checkbox"/>				
			METALES ICP MS	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				CO <input type="checkbox"/>	HEXANO <input type="checkbox"/>	HEXANO <input type="checkbox"/>	VOC'S <input type="checkbox"/>					
			METALES ICP OES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				O <sub>3</sub> <input type="checkbox"/>	HCNM <input type="checkbox"/>	MGT <input type="checkbox"/>	BENCENO <input type="checkbox"/>					
			ANIONES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>												
			Código de Filtro																
PTS:	PM 10: 423644	PM 2.5: 600063																	
		N: E: Altitud: Zona:	Ensayos adicionales requeridos	HV <input type="checkbox"/>	HV <input type="checkbox"/>	AT <input type="checkbox"/>	HV <input type="checkbox"/>	AT <input type="checkbox"/>	Inicio				SO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>	NO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>	CO <input type="checkbox"/>	BENCENO <input type="checkbox"/>	NO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>		
			PESAJE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Final			H <sub>2</sub> S <input type="checkbox"/>	HCT <input type="checkbox"/>	O <sub>3</sub> <input type="checkbox"/>	CO <input type="checkbox"/>	CO <input type="checkbox"/>				
			METALES ICP MS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				CO <input type="checkbox"/>	HEXANO <input type="checkbox"/>	HEXANO <input type="checkbox"/>	VOC'S <input type="checkbox"/>					
			METALES ICP OES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				O <sub>3</sub> <input type="checkbox"/>	HCNM <input type="checkbox"/>	MGT <input type="checkbox"/>	BENCENO <input type="checkbox"/>					
			ANIONES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>												
			Código de Filtro																
PTS:	PM 10: PM 2.5: Fecha/Hora (F) Fecha/Hora (F) Fecha/Hora (F) Fecha/Hora (F)																		

**RECIBIDO**  
17 OCT 2022  
NOMBRE:   
FIRMA: 18.55

Entregado por:		DATOS DE ENVÍO: (INDICADOS POR EL CLIENTE)		DESCRIPCIÓN		EQUIPOS EMPLEADOS	
Fecha (dd/mm/yy)	Hora (hh:mm)			Muestreador de Partículas alto volumen		CÓDIGO INTERNO O NÚMERO DE SERIE	
Comentarios:				Muestreador de Partículas bajo volumen		EL / MPA / 09	
CONDICIÓN DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA (PARA USO DEL LABORATORIO):				Muestreador de Partículas alto volumen		EL / MPA / 20	
En buen estado	SI No			Muestreador de Partículas bajo volumen		EL / MPA / 04	
Recipiente apropiado	SI No			Muestreador de Partículas bajo volumen		EL / MPA / 21	
Dentro del tiempo de conservación	SI No						
Correctamente preservadas	SI No						

**NOTA:**

PM 10 :Material Particulado <10 micras	NO <sub>2</sub> : Dióxido de Nitrógeno	HCNM: Hidrocarburos No Metano	O <sub>3</sub> : Ozono
PM 2,5:Material Particulado < 2,5 micras	NOx: Oxidos de Nitrógeno	SO <sub>2</sub> : Dióxido de Azufre	HCT:Hidrocarburos Totales
PTS:Partículas Totales en Suspensión	H <sub>2</sub> S: Sulfuro de Hidrógeno	VOC'S:Compuestos Orgánicos Volátiles	AT: Automático
CO:Monóxido de Carbono	LV :Low Vol (Bajo Volumen)	I: Inicio de muestreo	MGT: Mercurio Gaseoso Total
DH (pulg. H <sub>2</sub> O): Diferencial de presión	HV: High Vol (Alto Volumen)	F: Final de muestreo	

Responsable del muestreo  
Nombre: **Midhuar Roasbell Aremas Carrion**  
Fecha (dd/mm/yy): **11/10/22**  
Firma: *[Firma]*

Representante del cliente  
Nombre: **OT 20044**  
Fecha (dd/mm/yy): **18/10/22**  
Firma: *[Firma]*  
HORA: **08:00**

Recepción de muestras  
Nombre:   
Fecha (dd/mm/yy):   
Hora (hh:mm):   
Firma:   
Firma: *[Firma]*

**RECIBIDO**  
Laboratorios INGENIERÍA Y PROYECTOS

FECHA: 18/10/22 HORA: 08:00  
OT 20044  
FIRMA: *[Firma]*  
NOMBRE: **Dennis Manuel**



CADENA DE CUSTODIA - MONITOREO CAUDAL DE AIRE

SEDE CERCADO:  
Av. República Argentina 1659 Urb. Industrial Conde Uma  
Teléfono: 01-4889500 SALJES.servicio@cliente@salglobal.com

SEDE AREQUIPA:  
Av. Dolores 167 Jose Luis Bustamante y Rivero, Arequipa.  
Teléfono: 054-424570 SAARE.servicio@cliente@salglobal.com

N° DE GRUPO:		MUESTREADO POR: (Marcar con una "X")		FRECUENCIA: (Marcar con una "X")		CLIENTE											
N° ORDEN SE SERVICIO:		AL: <input type="checkbox"/>		PERIÓDICO: <input type="checkbox"/>		PERSONA DE CONTACTO											
N° PROCESO:		CLIENTE: <input checked="" type="checkbox"/>		NO PERIÓDICO: <input checked="" type="checkbox"/>		PROYECTO											
N° PLAN DE MUESTREO:						LUGAR DE PROCEDENCIA											
ESTACIÓN DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN DE LA ESTACIÓN DE MUESTREO	GEOREFERENCIA (UTM)	MATERIAL PARTICULADO				SOLUCIONES CAPTADORAS				CÓDIGO LABORATORIO	METEOROLOGÍA	OBSERVACIONES				
			MUESTREO 24 Horas (Marcar con una "X")				GASES ATMOSFÉRICOS										
			PARTÍCULAS	PTS	PM10	PM2.5	Fecha de muestra	FECHA (dd/mm/yy)	DH (pulg. H <sub>2</sub> O), sólo "X" en caso de HV	MUESTREO 24 Horas	MUESTREO 8 Horas	MUESTREO 4 Horas	MUESTREO 1 Hora				
ECA-01	E: 451370	N: 8382031 E: 451370 Altitud: 4963 Zona: 19L	Ensayos adicionales requeridos	HV <input type="checkbox"/>	HV <input checked="" type="checkbox"/>	AT <input type="checkbox"/>	HV <input type="checkbox"/>	AT <input type="checkbox"/>		Inicio	12/10/22	16:00 H	SO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>	NO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>	CO <input type="checkbox"/>	BENCENO <input type="checkbox"/>	NO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>
			PESAJE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Final	13/10/22	16:00 H	H <sub>2</sub> S <input type="checkbox"/>	HCT <input type="checkbox"/>	O <sub>3</sub> <input type="checkbox"/>	CO <input type="checkbox"/>	HEXANO <input type="checkbox"/>	HEXANO <input type="checkbox"/>	VOCS <input type="checkbox"/>
ECA-02	E: 451357	N: 8382256 E: 451357 Altitud: 4958 Zona: 19L	Ensayos adicionales requeridos	HV <input type="checkbox"/>	HV <input checked="" type="checkbox"/>	AT <input type="checkbox"/>	HV <input type="checkbox"/>	AT <input type="checkbox"/>		Inicio	12/10/22	18:00 H	SO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>	NO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>	CO <input type="checkbox"/>	BENCENO <input type="checkbox"/>	NO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>
			PESAJE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Final	13/10/22	18:00 H	H <sub>2</sub> S <input type="checkbox"/>	HCT <input type="checkbox"/>	O <sub>3</sub> <input type="checkbox"/>	CO <input type="checkbox"/>	HEXANO <input type="checkbox"/>	HEXANO <input type="checkbox"/>	VOCS <input type="checkbox"/>

CLIENTE: **Isbeth Alarcón 602 me**  
 PROYECTO: **Justicia Huayhua (Anz Laboratorio)**  
 LUGAR DE PROCEDENCIA: **Evaluación de la Calidad de Aire Rimacmada - Antabulga**

**RECIBIDO**  
 17 OCT 2022  
 NOMBRE: \_\_\_\_\_  
 FIRMA: *18:55*

CONDICIÓN DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA (PARA USO DEL LABORATORIO):		
En buen estado	SI	No
Recipiente apropiado	SI	No
Dentro del tiempo de conservación	SI	No
Correctamente preservadas	SI	No

NOTA:  
 PM 10: Material Particulado <10 micras  
 PM 2.5: Material Particulado < 2,5 micras  
 PTS: Partículas Totales en Suspensión  
 CO: Monóxido de Carbono  
 DH (pulg. H<sub>2</sub>O): Diferencial de presión  
 NO<sub>2</sub>: Dióxido de Nitrógeno  
 NO<sub>x</sub>: Óxidos de Nitrógeno  
 H<sub>2</sub>S: Sulfuro de Hidrógeno  
 LV: Low Vol (Bajo Volumen)  
 HV: High Vol (Alto Volumen)  
 HCNM: Hidrocarburos No Metano  
 SO<sub>2</sub>: Dióxido de Azufre  
 VDC's: Compuestos Orgánicos Volátiles  
 I: Inicio de muestreo  
 F: Final de muestreo  
 O<sub>3</sub>: Ozono  
 HCT: Hidrocarburos Totales  
 AT: Automático  
 MGT: Mercurio Gaseoso Total

Responsable del muestreo  
 Nombre: **Midhvar Roostell Arcmas Caupom**  
 Fecha (dd/mm/yy): **12/10/22**  
 Firma: \_\_\_\_\_

Representante del cliente  
 Nombre: \_\_\_\_\_  
 Fecha (dd/mm/yy): \_\_\_\_\_  
 Firma (Opcional): \_\_\_\_\_

DESCRIPCIÓN	EQUIPOS EMPLEADOS	CÓDIGO INTERNO O NÚMERO DE SERIE
Muestreador de Partícula de alto Volumen		EL/MPA/09
Muestreador de Partícula de bajo Volumen		EL/MPA/20
Muestreador de Partícula de alto Volumen		EL/MPA/04
Muestreador de Partícula de bajo Volumen		EL/MPA/21

**RECIBIDO**  
 Pazlaboratorios INGENIERÍA Y PROYECTOS  
 FECHA: **28/10/22** HORA: **08:20 H**  
 OT 20044  
 FIRMA: *[Firma]*  
 NOMBRE: **Dennis Hamell**

Recepción de muestras  
 Nombre: \_\_\_\_\_  
 Fecha (dd/mm/yy): \_\_\_\_\_  
 Hora (hh:mm): \_\_\_\_\_  
 Firma: \_\_\_\_\_





CADENA DE CUSTODIA - MONITOREO CALIDAD DE AIRE

Sede CERCADO:  
Av. República Argentina 1833 Uva, Industrial Conde Lima  
Teléfono: 01-4883500 SALMESA.servicioalcliente@salglobal.com

Sede AREQUIPA:  
Av. Dolores 167 Jose Luis Bustamante y Rivero, Arequipa  
Teléfono: 054-424570 SAARE.servicioalcliente@salglobal.com

N° DE GRUPO: \_\_\_\_\_  
 N° ORDEN SE SERVICIO: \_\_\_\_\_  
 N° PROCESO: \_\_\_\_\_  
 N° PLAN DE MUESTREO: \_\_\_\_\_

MUESTREO POR: (Marcar con una "X")  
 ALS:   
 CUENTE:

FRECUENCIA: (Marcar con una "X")  
 PERIÓDICO:   
 NO PERIÓDICO:

CUENTE  
 PERSONA DE CONTACTO: Luzbeth Alarcón Gormez  
 PROYECTO: sesión de trabajo (faz laboratorios)  
 LUGAR DE PROCEDENCIA: Evaluación de calidad de aire Rimacmada - Antahvila

ESTACIÓN DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN DE LA ESTACIÓN DE MUESTREO	GEOREFERENCIA (UTM)	MATERIAL PARTICULADO										SOLUCIONES CAPTADORAS				CÓDIGO LABORATORIO	METEOROLOGÍA	OBSERVACIONES
			MUESTREO 24 Horas (Marcar con una "X")										MUESTREO 8 Horas						
			PARTÍCULAS	PTS	PM10	PM2.5	Fecha de muestra	FECHA (dd/mm/yy)	DH (pulg. H <sub>2</sub> O) solo en caso de HV	HORA (hh:mm)	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	BENCENO	NO <sub>2</sub>				
ECA-01		8382031	Ensayos adicionales requeridos	HV <input type="checkbox"/>	LV <input type="checkbox"/>	HV <input checked="" type="checkbox"/>	AT <input type="checkbox"/>	HV <input type="checkbox"/>	AT <input type="checkbox"/>	Inicio	13/10/22		16:00H	SO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>	NO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>	CO <input type="checkbox"/>	BENCENO <input type="checkbox"/>	NO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>	
			PESAJE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Final	14/10/22		16:00H	H <sub>2</sub> S <input type="checkbox"/>	HCT <input type="checkbox"/>	CO <input type="checkbox"/>	O <sub>3</sub> <input type="checkbox"/>	HEXANO <input type="checkbox"/>	VOC'S <input type="checkbox"/>	CO <input type="checkbox"/>
			METALES ICP MS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					O <sub>3</sub> <input type="checkbox"/>	HCNM <input type="checkbox"/>	HEXANO <input type="checkbox"/>				
		Altitud: 4963																	
		Zona: 19L																	
ECA-02		8382256	Ensayos adicionales requeridos	HV <input type="checkbox"/>	LV <input type="checkbox"/>	HV <input checked="" type="checkbox"/>	AT <input type="checkbox"/>	HV <input type="checkbox"/>	AT <input type="checkbox"/>	Inicio	13/10/22		18:00H	SO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>	NO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>	CO <input type="checkbox"/>	BENCENO <input type="checkbox"/>	NO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>	
			PESAJE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Final	14/10/22		18:00H	H <sub>2</sub> S <input type="checkbox"/>	HCT <input type="checkbox"/>	CO <input type="checkbox"/>	O <sub>3</sub> <input type="checkbox"/>	HEXANO <input type="checkbox"/>	VOC'S <input type="checkbox"/>	CO <input type="checkbox"/>
			METALES ICP MS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					O <sub>3</sub> <input type="checkbox"/>	HCNM <input type="checkbox"/>	HEXANO <input type="checkbox"/>				
		Altitud: 4958																	
		Zona: 19L																	

RECIBIDO

17 OCT 2022

NOMBRE: \_\_\_\_\_  
 FIRMA: 18:55

Entregado por: \_\_\_\_\_  
 Fecha (dd/mm/yy): \_\_\_\_\_ Hora (hh:mm): \_\_\_\_\_

CONDICIÓN DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA (PARA USO DEL LABORATORIO):	DESCRIPCIÓN	EQUIPOS EMPLEADOS	CÓDIGO INTERNO O NÚMERO DE SERIE
En buen estado	Muestreador de Partículas Alto Volumen		EL / MPA / 09
Recipiente apropiado	Muestreador de Partículas bajo Volumen		EL / MPA / 20
Dentro del tiempo de conservación	Muestreador de Partículas Alto Volumen		EL / MPA / 04
Correctamente preservadas	Muestreador de Partículas bajo Volumen		EL / MPA / 21

NOTA:  
 PM 10 :Material Particulado <10 micras  
 PM 2.5:Material Particulado < 2,5 micras  
 PTS:Partículas Totales en Suspensión  
 CO:Monóxido de Carbono  
 DH (pulg. H<sub>2</sub>O): Diferencial de presión

NO<sub>2</sub>: Dióxido de Nitrógeno  
 NO<sub>x</sub>: Oxidos de Nitrógeno  
 H<sub>2</sub>S: Sulfuro de Hidrógeno  
 LV :Low Vol (Bajo Volumen)  
 HV: High Vol (Alto Volumen)

HCNM :Hidrocarburos No Metano  
 SO<sub>2</sub>: Dióxido de Azufre  
 VOC'S:Compuestos Orgánicos Volátiles  
 I: Inicio de muestreo  
 F: Final de muestreo

O<sub>3</sub> :Ozono  
 HCT:Hidrocarburos Totales  
 AT: Automático  
 MGT: Mercurio Caseoso Total

Responsable del muestreo  
 Nombre: Melchor R. Drenas Carrion  
 Fecha (dd/mm/yy): 13/10/22  
 Firma: \_\_\_\_\_

Representante del cliente  
 Nombre: \_\_\_\_\_  
 Fecha (dd/mm/yy): \_\_\_\_\_  
 Firma: \_\_\_\_\_

**RECIBIDO**  
 Padlaboratorios INGENIERIA Y PROYECTOS  
 FECHA: 18/10/22 HORA: 08:00h  
 NOMBRE: Jenvis Manuel

Recepción de muestras  
 Nombre: \_\_\_\_\_  
 Fecha (dd/mm/yy): \_\_\_\_\_ Hora (hh:mm): \_\_\_\_\_  
 Firma: \_\_\_\_\_





Sede CERCAO:  
Av. República Argentina 1859 Urb. Industrial Conde Lima  
Teléfono: 01-4889500 SALME.ServicioalCliente@alsglobal.com

Sede AREQUIPA:  
Av. Dolores 167 Jose Luis Bustamante y Rivero, Arequipa.  
Teléfono: 054-424570 SAARE.ServicioalCliente@alsglobal.com

N° DE GRUPO: \_\_\_\_\_ MUESTREO POR: (Marcar con una "X")  
 N° ORDEN SE SERVICIO: \_\_\_\_\_ ALS:   
 N° PROCESO: \_\_\_\_\_ CUENTE:   
 N° PLAN DE MUESTREO: \_\_\_\_\_ FRECUENCIA: (Marcar con una "X")  
 PERIÓDICO:   
 NO PERIÓDICO:   
 CLIENTE: **Lizbeth Alarcam Gozme**  
 PERSONA DE CONTACTO: **Jessica Huayhuca (Asistente de laboratorio)**  
 PROYECTO: **Evaluación de la calidad de aire**  
 LUGAR DE PROCEDENCIA: **Kimcomada - Amahuata**

ESTACIÓN DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN DE LA ESTACIÓN DE MUESTREO	GEOREFERENCIA (UTM)	MATERIAL PARTICULADO										CASOS ATMOSFÉRICOS				CÓDIGO LABORATORIO	METEOROLOGÍA	OBSERVACIONES
			MUESTRO 24 Horas (Marcar con una "X")				Período de muestreo	FECHA (dd/mm/yy) HORA (hh:mm)	DH (pulg. H <sub>2</sub> O), solo en caso de HV	SOLUCIONES CAPTADORAS: <input type="checkbox"/>		EQUIPOS AUTOMÁTICOS: <input type="checkbox"/>							
			PARTICULAS	PTS	PM10	PM2.5				MUESTRO 24 Horas	MUESTRO 8 Horas	MUESTRO 4 Horas	MUESTRO 1 Hora						
ECA-01		N: 8382031 E: 451370 Altitud: 4963 Zona: 19L	Ensayos adicionales requeridos	HV <input type="checkbox"/>	HV <input checked="" type="checkbox"/>	AT <input type="checkbox"/>	HV <input type="checkbox"/>	AT <input type="checkbox"/>	Inicio	14/10/22 16:00H	SO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>	NO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>	CO <input type="checkbox"/>	BENCENO <input type="checkbox"/>	NO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>				
			PESAJE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Final	15/10/22 16:00H	H <sub>2</sub> S <input type="checkbox"/>	HCT <input type="checkbox"/>	O <sub>3</sub> <input type="checkbox"/>	VOC'S <input type="checkbox"/>	CO <input type="checkbox"/>					
			METALES ICP MS	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			CO <input type="checkbox"/>	HEXANO <input type="checkbox"/>	HEXANO <input type="checkbox"/>							
			METALES ICP OES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			O <sub>3</sub> <input type="checkbox"/>	HCNM <input type="checkbox"/>								
			ANIONES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			MGT <input type="checkbox"/>	BENCENO <input type="checkbox"/>								
			Código de Filtro					Fecha/Hora (I)	Fecha/Hora (F)	Fecha/Hora (I)	Fecha/Hora (F)	Fecha/Hora (I)	Fecha/Hora (F)						
			PTS:	PM 10:	PM 2.5:			PM 10:	PM 2.5:										
ECA-02		N: 8382256 E: 451357 Altitud: 4958 Zona: 19L	Ensayos adicionales requeridos	HV <input type="checkbox"/>	HV <input checked="" type="checkbox"/>	AT <input type="checkbox"/>	HV <input type="checkbox"/>	AT <input type="checkbox"/>	Inicio	14/10/22 18:00H	SO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>	NO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>	CO <input type="checkbox"/>	BENCENO <input type="checkbox"/>	NO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>				
			PESAJE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Final	15/10/22 18:00H	H <sub>2</sub> S <input type="checkbox"/>	HCT <input type="checkbox"/>	O <sub>3</sub> <input type="checkbox"/>	VOC'S <input type="checkbox"/>	CO <input type="checkbox"/>					
			METALES ICP MS	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			CO <input type="checkbox"/>	HEXANO <input type="checkbox"/>	HEXANO <input type="checkbox"/>							
			METALES ICP OES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			O <sub>3</sub> <input type="checkbox"/>	HCNM <input type="checkbox"/>								
			ANIONES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			MGT <input type="checkbox"/>	BENCENO <input type="checkbox"/>								
			Código de Filtro					Fecha/Hora (I)	Fecha/Hora (F)	Fecha/Hora (I)	Fecha/Hora (F)	Fecha/Hora (I)	Fecha/Hora (F)						
			PTS:	PM 10:	PM 2.5:			PM 10:	PM 2.5:										
		N: _____ E: _____ Altitud: _____ Zona: _____	Ensayos adicionales requeridos	HV <input type="checkbox"/>	HV <input type="checkbox"/>	AT <input type="checkbox"/>	HV <input type="checkbox"/>	AT <input type="checkbox"/>	Inicio		SO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>	NO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>	CO <input type="checkbox"/>	BENCENO <input type="checkbox"/>	NO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>				
			PESAJE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Final		H <sub>2</sub> S <input type="checkbox"/>	HCT <input type="checkbox"/>	O <sub>3</sub> <input type="checkbox"/>	VOC'S <input type="checkbox"/>	CO <input type="checkbox"/>					
			METALES ICP MS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			CO <input type="checkbox"/>	HEXANO <input type="checkbox"/>	HEXANO <input type="checkbox"/>							
			METALES ICP OES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			O <sub>3</sub> <input type="checkbox"/>	HCNM <input type="checkbox"/>								
			ANIONES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			MGT <input type="checkbox"/>	BENCENO <input type="checkbox"/>								
			Código de Filtro					Fecha/Hora (I)	Fecha/Hora (F)	Fecha/Hora (I)	Fecha/Hora (F)	Fecha/Hora (I)	Fecha/Hora (F)						
			PTS:	PM 10:	PM 2.5:			PM 10:	PM 2.5:										

**RECIBIDO**  
 17 OCT 2022  
 NOMBRE: \_\_\_\_\_  
 FIRMA: **18:55**

**RECIBIDO**  
 Laboratorio INGENIERÍA Y PROYECTOS  
 FECHA: 18/10/22 HORA: 07:20:44  
 NOMBRE: **Dennis Manuel**

**DATOS DE ENVÍO: (INDICADOS POR EL CLIENTE)**

Entregado por: \_\_\_\_\_ Fecha (dd/mm/yy): \_\_\_\_\_ Hora (hh:mm): \_\_\_\_\_

Comentarios: \_\_\_\_\_

**CONDICIÓN DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA (PARA USO DEL LABORATORIO):**

En buen estado	SI	No
Recipiente apropiado	SI	No
Dentro del tiempo de conservación	SI	No
Correctamente preservadas	SI	No

**NOTA:**  
 PM 10: Material Particulado <10 micras  
 NO<sub>2</sub>: Dióxido de Nitrógeno  
 HCNM: Hidrocarburos No Metano  
 O<sub>3</sub>: Ozono  
 PM 2.5: Material Particulado < 2,5 micras  
 NO: Oxidos de Nitrógeno  
 SO<sub>2</sub>: Dióxido de Azufre  
 HCT: Hidrocarburos Totales  
 PTS: Partículas Totales en Suspensión  
 H<sub>2</sub>S: Sulfuro de Hidrógeno  
 VOC'S: Compuestos Orgánicos Volátiles  
 AT: Automático  
 CO: Monóxido de Carbono  
 LV: Low Vol (Bajo Volumen)  
 I: Inicio de muestreo  
 MGT: Mercurio Gaseoso Total  
 DH (pulg. H<sub>2</sub>O): Diferencial de presión  
 HV: High Vol (Alto Volumen)  
 F: Final de muestreo

**Responsable del muestreo**  
 Nombre: **Midwar R. Arcenas Canion**  
 Fecha (dd/mm/yy): **14/10/22**  
 Firma: \_\_\_\_\_

**Representante del cliente**  
 Nombre: \_\_\_\_\_  
 Fecha (dd/mm/yy): \_\_\_\_\_  
 Firma: \_\_\_\_\_

**Recepción de muestras**  
 Nombre: \_\_\_\_\_  
 Fecha (dd/mm/yy): \_\_\_\_\_  
 Hora (hh:mm): \_\_\_\_\_  
 Firma: \_\_\_\_\_