Universidad Nacional Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

EVALUACIÓN DEL SO_2 EN LAS INMEDIACIONES DEL "COMPLEJO METALÚRGICO LA OROYA" – JUNIN, PERIODO 2023 - 2024

Línea de investigación:

Ecotoxicología y química ambiental

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Fernandez Castro, Jimmy Isaac

Asesora:

Paricoto Simón, Maria Mercedes

ORCID: 0000-0002-7675-7558

Jurado:

Zamora Talaverano, Noé Sabino

Gordon Meza, Ruth Escarlen

Legua Terry, Alberto Israel

Lima - Perú

2025

RECONOCIMIENTO - NO COMERCIAL - SIN OBRA DERIVADA
(CC BY-NC-ND)

EVALUACIÓN DEL SO2 EN LAS INMEDIACIONES DEL “COMPLEJO METALÚRGICO LA OROYA” – JUNIN, PERIODO 2023 - 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%	17%	10%	8%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	docplayer.es Fuente de Internet	1%
3	spij.minjus.gob.pe Fuente de Internet	1%
4	SOTELO ALCANTARA BERTHA CAROLINA. "Ampliación Complementaria del Plan de Recuperación de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos del Botadero Villa Mantaro y Villa Hermosa-IGA0014817", R.G.S.P. N° 363-2021-MPH/GSP, 2021 Publicación	1%
5	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	1%
6	revistas.tec.ac.cr Fuente de Internet	1%

Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

EVALUACIÓN DEL SO_2 EN LAS INMEDIACIONES DEL "COMPLEJO METALÚRGICO LA OROYA" – JUNIN, PERIODO 2023 - 2024

Línea de investigación:

Ecotoxicología y química ambiental

Informe de suficiencia profesional para optar el título profesional de

Ingeniero Ambiental

Autor:

Fernandez Castro, Jimmy Isaac

Asesora:

Paricoto Simón, Maria Mercedes

ORCID: 0000-0002-7675-7558

Jurado:

Zamora Talaverano, Noé Sabino

Gordon Meza, Ruth Escarlen

Legua Terry, Alberto Israel

Lima - Perú

2025

Dedicatoria

A mis ángeles que me guían desde el cielo. Mi padre, Jaime Fernandez y hermano, Iván Fernandez, personas de quienes recibí la principal motivación que me impulsaron a seguir esta vida profesional del medio ambiente.

A mi madre, Margarita Castro, por su apoyo incondicional ante las adversidades vividas.

Agradecimiento

Agradezco a la plana docente de mi Alma Mater UNFV, por la educación recibida en sus aulas, a mis amigos y compañeros por su apoyo en la elaboración de este informe y a Mgtr. Maria Paricoto por su disposición y generosidad en su asesoramiento de mi informe presentado.

ÍNDICE

Resumen 1

Abstrac 2

I. INTRODUCCIÓN 3

1.1. Trayectoria de autor 3

1.2. Descripción de la institución 4

1.3. Organigrama de la institución 4

1.4. Áreas y funciones desempeñadas 6

II. EVALUACIÓN DEL SO_2 EN LAS INMEDIACIONES DEL CMLO 7

2.1. Problemática 7

2.2. Objetivos 9

2.2.1. Objetivo general 9

2.2.2. Objetivos específicos 9

2.3. Ubicación del área de estudio 9

2.4. Antecedentes 11

2.4.1. Internacionales 11

2.4.2. Nacionales 12

2.5. Marco Teorico 13

2.5.1. Desarrollo histórico del complejo metalúrgico La Oroya 13

2.5.2. Procesos del Complejo Metalúrgico La Oroya (CMLO) 13

2.5.3. Formación del SO_2 en el proceso de tostación 15

2.5.4. Impacto del SO_2 en el ambiente *16*

2.5.5. Impacto en la Salud *16*

2.5.6. Métodos de muestreo según la tecnología 17

2.5.7. Marco Normativo 18

2.5.8. Especificaciones de NTP- ISO 10489:2017 ..... *18*

2.6. Metodología 20

2.6.1. Determinación de Dióxido de Azufre (SO_2) 21

2.6.2. Plan de muestreo ambiental del SO_2 21

2.7. Equipos utilizados 22

2.8. Puntos de Muestreo 23

2.8.1. Parámetro SO_2 23

2.8.2. Parámetros meteorológicos 23

2.9. Resultados 24

2.9.1. Resultados del Dióxido de Azufre 24

2.9.1.1. Comportamiento del SO2 en CC-CA-01. 25

2.9.1.2. Comportamiento del SO_2 en CA-27b. 26

2.9.2. Resultados meteorológicos en el punto CC-CA-01 27

2.10. Discusión de resultados 29

III. APORTES MÁS DESTACABLES A LA INSTITUCIÓN 31

IV. CONCLUSIONES 32

V. RECOMENDACIONES 33

VI. REFERENCIAS 34

VII. ANEXOS 37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Estándar de Calidad Ambiental para el SO_2* 18

Tabla 2 *Niveles de alerta por contaminantes críticos del SO_2* 20

Tabla 3 *NTP-ISO 10498 - 2da Edición* 21

Tabla 4 *Relación de equipos utilizados* 23

Tabla 5 *Puntos de muestreo de SO_2* 23

Tabla 6 *Estaciones de parámetros meteorológicos* 24

Tabla 7 *Descripción de parámetros meteorológicos evaluadas* 24

Tabla 8 *Resultados de la concentración del SO_2* 25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Organigrama del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA)* 5

Figura 2 *Resultados promedio del SO_2 del periodo 24/11 al 05/12 (2007 y 2009)* 8

Figura 3 *Mapa de ubicación del área de estudio* 10

Figura 4 *Ruta del proceso minero por fundición* 14

Figura 5 *Diagrama del equipo analizador de SO_2 por fluorescencia UV* 19

Figura 6 *Flujograma de las actividades realizadas en la determinación del SO_2* 22

Figura 7 *Concentración de SO_2, punto CC-CA-01, 1er periodo 04/01/2023 al 10/01/2023* 25

Figura 8 *Concentración de SO_2, punto CC-CA-01, 2do periodo 04/01/2024 al 10/01/2024* 26

Figura 9 *Concentración de SO_2, punto CC-CA-01, 3er periodo del 04/07/2024 al 10/07/2024*. 26

Figura 10 *Concentración de SO_2, punto CA-27b* 27

Figura 11 *Rosa de viento en CC-CA-01 - 2da temporada 08/01/2024* 27

Figura 12 *Rosas de viento – 3ra temporada del 04/07/2024 al 10/07/2024* 28

Figura 13 *Rosa de Viento en CC-CA-01* 28

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A *Ubicación de la Estación La Oroya CC-CA-01* 37

Anexo B *Ubicación del punto referencial CA-27b* 38

Anexo C *Evidencias registradas durante y después del muestreo realizado* 39

Anexo D *Ruta de extracción de información de datos del Portal PIFA - OEFA* 40

Anexo E *Certificado de calibración de equipos utilizados* 41

Resumen

Objetivo: Evaluar la concentración del Dióxido de Azufre (SO_2) en las inmediaciones del Complejo Metalúrgico La Oroya (CMLO), evaluadas en tres periodos de una semana c/u, tomados entre los años 2023 y 2024. Evaluación que representa el antes y durante la reactivación de actividades del CMLO. **Método:** El estudio aplicado tiene un diseño no experimental longitudinal, el procedimiento consta de la recopilación de información en dos puntos de muestreo. Los datos considerados son de un muestreo realizado en campo y otro extraído del Portal Interactivo de Fiscalización Ambiental (PIFA). **Resultados:** Lo analizado, indica baja concentración de SO_2 en la primera temporada 2023, y alta concentración en la tercera temporada del año 2024 principalmente en el día. Se representó su comportamiento y dispersión con gráficas y rosas de vientos en el punto CC-CA-01. Finalmente se evaluó los resultados con los estándares de calidad ambiental nacional vigente y de la Organización Mundial de la Salud (OMS). **Conclusión:** Informar al público lector, la existencia permanente de concentración diaria de SO_2 a consecuencia de la reapertura del CMLO.

Palabras clave: Concentración de SO_2, emisión, complejo metalúrgico, fundición y parámetros meteorológicos.

Abstrac

Objective: Evaluate the concentration of sulfur dioxide (SO_2) in the vicinity of the La Oroya Metallurgical Complex (CMLO), evaluated in three periods of one week each, taken between the years 2023 and 2024. Evaluation that represents the before and during the reactivation of CMLO activities. **Method:** The applied study has a non-experimental longitudinal design, the procedure consists of the collection of information at two sampling points. The data considered are from a field sampling and another extracted from the Interactive Portal for Environmental Auditing (PIFA). **Results:** The analyzed data indicates low SO_2 concentration in the first season 2023, and high concentration in the third season 2024, mainly in the daytime. Its behavior and dispersion were represented with graphs and wind roses at point CC-CA-01. Finally, the results were evaluated with the current national environmental quality standards and those of the World Health Organization (WHO). **Conclusion:** To inform the reading public, the permanent existence of daily SO_2 concentration as a consequence of the reopening of the CMLO.

Keywords: SO_2 concentration, emission, metallurgical complex, smelter and meteorological parameters.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Trayectoria de autor

El autor del presente trabajo de suficiencia profesional es Bachiller de la escuela profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Nacional Federico Villarreal, especialista en el campo de monitoreo ambiental y ocupacional, cuenta con más de siete años de experiencia en monitoreo y planeamiento de las diferentes matrices ambientales, como en: Minería, energía, industria, agricultura, entre otros.

Fortaleció su formación profesional con capacitaciones y cursos relativos a la carrera profesional de ingeniería ambiental, como el diplomado en seguridad y salud en el trabajo, OHSAS:18001, ISO:1400 llevado a cabo en el Colegio de Ingenieros del Perú (CIP) - Lima. Experiencia en laboratorios de análisis ambiental, aplicando los procedimientos de calidad en el área de muestreo ambiental, alcanzando las competencias técnicas para acreditación según La Norma ISO/IEC 17025 Para Calidad en Laboratorios de Ensayos y Calibración. También es egresado de la Maestría de Gestión Ambiental Para el Desarrollo Sostenible, llevado a cabo en la Universidad Nacional del Callao (UNAC). Actualmente labora en el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), adscrita al Ministerio del Ambiente (MINAM), donde realiza funciones de control y seguimiento en la Coordinación de Hidrocarburos, supervisando la toma de muestra en las diligencias ambientales.

1.2. Descripción de la institución

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), es una instrucción adscrita al Ministerio del Ambiente (MINAM), creada el 2008 con Decreto Legislativo N°1013, iniciando labores el 2010. Entidad donde incentiva el cumplimiento de las obligaciones ambientales, actividades como: Energía, agricultura, pesquería, acuicultura, mediana y gran minería. Mejorando el sistema nacional de gestión ambiental, equilibrando la visión de los administrados con la protección ambiental. De esta manera busca apoyar el desarrollo sostenible del país.

Es la autoridad rectora del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental (SINEFA), cumple la función normativa con el apoyo de las Entidades de Fiscalización Ambiental (EFA), en los ámbitos, local, regional y nacional. Las funciones principales del OEFA se extienden a las etapas de evaluación, supervisión y fiscalización.

Tiene como **Visión**, llegar a ser un país que aproveche los recursos naturales de manera sostenible, estableciendo un vínculo entre el desarrollo económico y la sostenibilidad, en beneficio de la población.

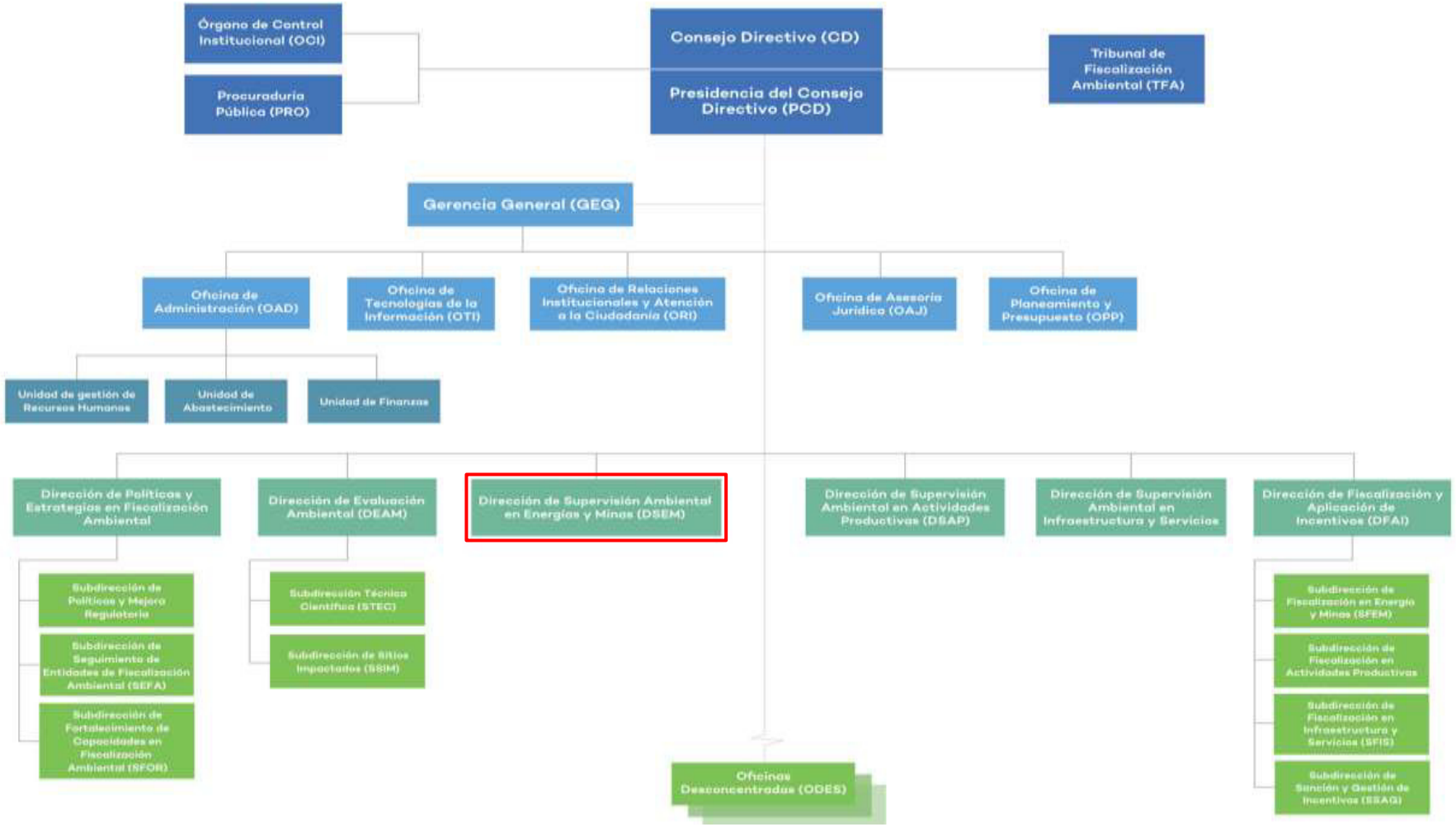
Como **Misión**, contribuye a formar un ambiente equilibrado y saludable, tomando como eje primordial al ciudadano; implementa estrategias para cumplir los compromisos ambientales de todos los entes económicos fiscalizables.

1.3. Organigrama de la institución

La Figura 1, muestra el organigrama del OEFA, donde presenta el orden jerárquico e incluye el consejo directivo, gerencia, direcciones, responsables de evaluación, supervisión y fiscalización y los incentivos ambientales en los diferentes sectores.

Figura 1

Organigrama del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA)



Nota. Aprobado por Decreto Supremo N°013-2017 – MINAM

1.4. Áreas y funciones desempeñadas

A continuación, se menciona las funciones en el área desempeñado por el autor, en la dirección de hidrocarburos del OEFA.

- Realizar las supervisiones en conformidad al plan de supervisión, requisitos y procedimientos de acuerdo a la norma vigente, preparar las observaciones en un ambiente de acuerdo mutuo y respeto en función a las emergencias y/o denuncias ambientales, sin dejar de lado los fines de semana y feriados
- Corroborar e identificar las obligaciones ambientales de las unidades o titulares supervisadas, considerando los modelos del área usuaria.
- Entregar al área fiscalizada, terminada la supervisión en campo, el acta original de supervisión correspondiente a la intervención realizada, registro fílmico, registro fotográfico y si la situación lo requiera el reporte preliminar de las acciones de supervisión.
- Elaborar, analizar y revisar proyectos de resoluciones, expedientes informes administrativos de la dirección correspondiente a Aplicación de incentivos y tribunal de fiscalización ambiental dentro de la conformidad formulada del área.
- Responsable de procesar la documentación generada de las diligencias ambientales en las plataformas del sistema de gestión.
- Elaborar revisar informes de análisis económicos, otorgamiento de incentivos, evaluaciones de impacto y otros documentos de trabajos, orientados para brindar apoyo a la dirección de fiscalización y aplicación de incentivos o al tribunal de fiscalización.
- Verificar el cumplimiento de las medidas correctivas notificadas en campo, cuando en algunos casos la dirección de fiscalización lo requiera.

II. EVALUACIÓN DEL SO_2 EN LAS INMEDIACIONES DEL CMLO

Para evaluar la concentración del SO_2 en las inmediaciones del CMLO, se realizó con la recopilación de datos extraídos del portal interactivo de fiscalización ambiental (PIFA). Ver Anexo 3, comprendidos en tres etapas: Del 04 al 07/01/2023, del 04 al 10/01/2024 y del 04 al 10/07/2024. Y como dato referencial, los resultados del punto: CA-27b, muestreados en temporada del 4/07/2024 13:00 al 09/07/2024 13:00.

Para efecto del trabajo de campo se ha tomado en consideración los lineamientos y recomendaciones del "Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire" aprobado mediante D.S. N° 010-2019-MINAM, así mismo los "Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire" aprobado mediante D.S. N° 003-2017-MINAM y las Directrices de la Calidad del aire (DCA) 2021 de la Organización Mundial de la Salud (OMS)

2.1. Problemática

En la actividad de fundición y refinería del Complejo Metalúrgico la Oroya se genera emisiones de metales pesados en cantidades abrumadoras, las mismas porque desde su inicio no había implementado en sus operaciones de producción, un instrumento de gestión ambiental, contaminando componentes como el agua, aire y suelo. Existen estudios que demuestran que los índices de contaminación de plomo y cadmio superan lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Por ejemplo: El Ministerio de Salud (Minsa) en el año 2005, indico que 788 niños tenían altos niveles de plomo en la sangre, y estos superaban los límites de la OMS. Mora et. al. (2024).

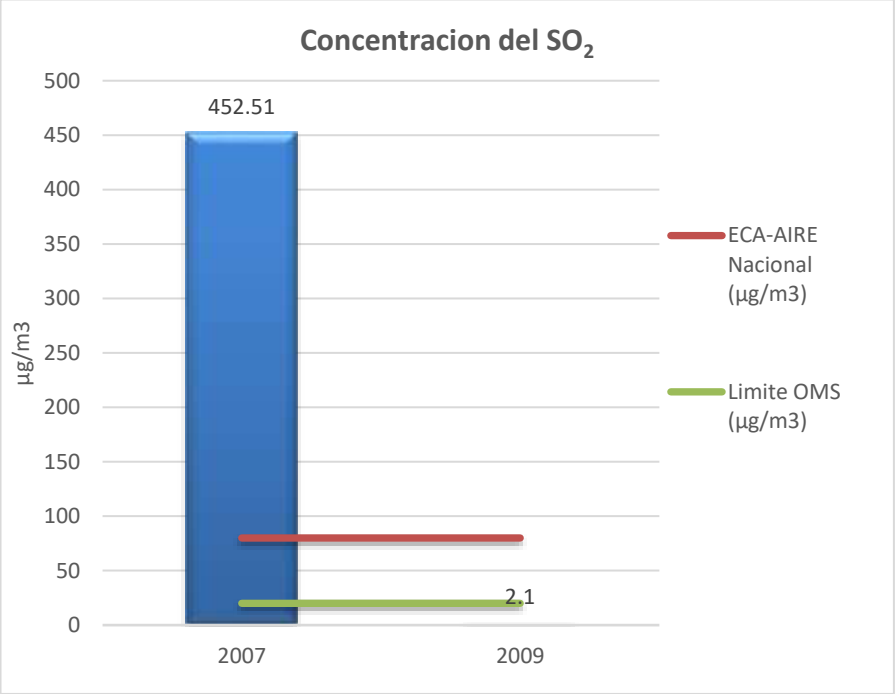
Según información proporcionada por el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN), para el día que el CMLO pospuso actividades, los ECA-Aire para el SO_2 en los años 2008 y 2009 registraban promedio de 365 $\mu g/m^3$.

En estudios realizados por el proyecto Mantaro Revive, con respecto a la concentración de SO_2, en temporada del 24 nov al 5 dic de los años 2007 (en producción) y 2009 (sin

producción), encontró un asombroso resultado, la variación radical de 452.51 µg/m^3 a 2.1 µg/m^3. (Tolentino, 2009, P.2). Ver Figura 2.

Figura 2

Resultados promedio del SO_2 del periodo 24/11 al 05/12 (2007 y 2009)



Nota. Estudio comparativo de calidad de aire la antigua Oroya Valores comparados con los ECA-Aire. D.S. 003-2008-MINAM (80 µg/m^3) y DCA de 2005 OMS 20 (µg/m^3)

De todo lo mencionado y ante los resultados anteriores, con presencia fehaciente de altas concentraciones de metales pesados y otros contaminantes, en los alrededores del complejo metalúrgico, y ante la voluntad propia de verificar si la reactivación del CMLO, es la adecuada. Si continuará la persistencia de emisiones contaminantes como el SO_2, e incentivar con los compromisos ambientales por parte del CMLO. Ante ello, se realiza este informe de suficiencia con el fin de poner en manos del público lector los valores hallados de un estudio realizado de manera periódica.

2.2. Objetivos

2.2.1. Objetivo general

Evaluar la concentración del dióxido de azufre (SO_2) en las inmediaciones del Complejo Metalúrgico la Oroya (CMLO), periodo 2023 - 2024.

2.2.2. Objetivos específicos

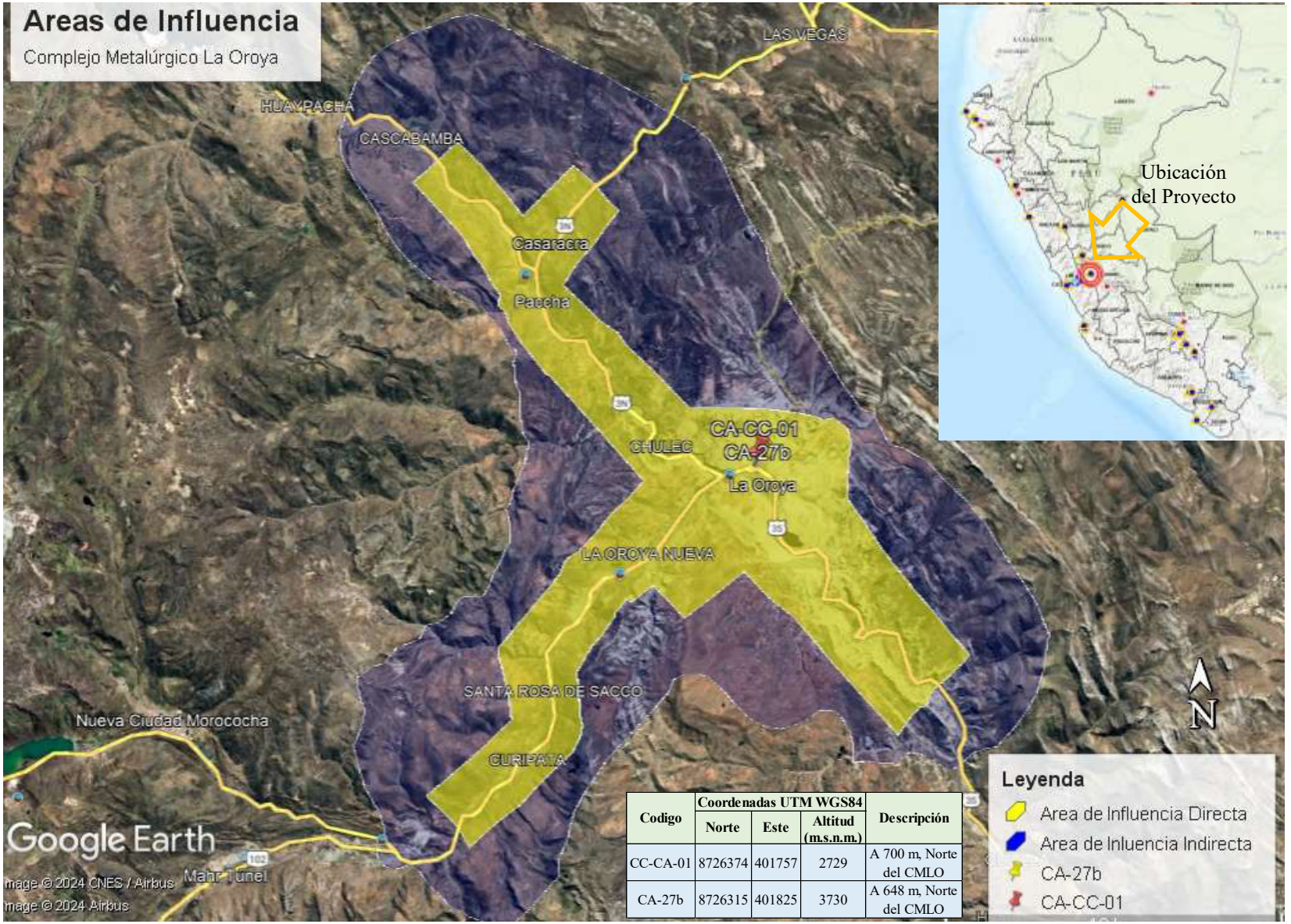
- Recopilar datos e información de concentración de dióxido de azufre (SO_2), cercanas al CMLO.
- Comparar los datos obtenidos de gabinete y resultados de punto de muestreo referencial CA-27b, con el ECA-Aire nacional y de la OMS.
- Relacionar datos registrados de SO_2 con resultados meteorológicos.

2.3. Ubicación del área de estudio

El área de estudio del presente informe, comprende las áreas de influencia directa e indirecta, los cuales abarcan los distritos de La Oroya antigua, La Nueva Oroya, Paccha y Santa Rosa de Sacco, así como las comunidades de Marcavalle, Churipata, Alto Perú, Chulec. Ubicadas en la provincia de Yauli, departamento de Junín, entre las carreteras que unen las ciudades de Huancayo, Lima y Cerro de Pasco. Altitud promedio entre los 3700 y 3900 msnm. Ver Figura 3.

Figura 3

Mapa de ubicación del área de estudio



Codigo	Coordenadas UTM WGS84			Descripción
	Norte	Este	Altitud (m.s.n.m.)	
CC-CA-01	8726374	401757	2729	A 700 m, Norte del CMLO
CA-27b	8726315	401825	3730	A 648 m, Norte del CMLO

Nota. Adaptada de Actualización del Plan de Cierre de Minas del CMLO (Tomo V p. 57), por Doe Run Perú S.R.L., 2024, MINEM

2.4. Antecedentes

2.4.1. Internacionales

Morales et al., (2023) presentó un estudio con el objetivo de verificar el cumplimiento a los niveles de exposición de H_2S y SO_2 del Parque Nacional Volcán Poas - Costa Rica. Realizó varios muestreos en puntos estratégicos de concurrencia, utilizando cuatro equipos portátiles MultiRae. El nivel de riesgo químico considerado, tiene enfoque a la salud y al tiempo de exposición del personal que labora y visita en el parque nacional. Los resultados en la zona de visita indicaron pico máximo de 16 ppm para el SO_2 analizadas con referencia a la norma internacional OSHA, siendo un valor cercano al límite. Concluye que existe un riego medio en la zona de visita, mientras que para los otros puntos muestreados los valores son aceptables.

León et al., (2023) en su estudio que tiene por objetivo, evaluar la concentración de NO_2 y SO_2 en dos centros parroquiales de Cantón Ambato - Ecuador, elegidas por la alta concurrencia vehicular y núcleos comerciales. Utilizó el método pasivo por burbujeo y espectrofotómetro para la recolección de muestras en veinte puntos. El Resultado indica una concentración máxima de 130.21 $\mu g/m^3$ evaluada por punto de muestreo y 86.24 $\mu g/m^3$ en la primera semana, las cuales sobrepasan los estándares de 60 $\mu g/m^3$ (según El Acuerdo Ministerial 097 Libro VI Anexo 4), esto atribuye a la alta actividad de combustión en el lugar. Concluye en continuar los estudios y apoyarse con datos meteorológicos para evaluar la distribución de contaminantes.

En un estudio realizado en Costa Rica, con el objetivo de evaluar la concentración de SO_2 y parámetros fisicoquímicos de la lluvia en la zona turística, cercanas al volcán Irazú. Para ello, tomo muestras y evaluó parámetros analíticos como: Repetibilidad, linealidad, precisión inmediata, límite de detección y cuantificación para el SO_2, los resultados después de analizarlas, indican bajos índices de concentración, en tanto las muestras de lluvia indican

comportamiento acido, con valores de pH entre 3.5 a 5.3. concluye que, a pesar de ver la inactividad del volcán hay concentración de SO_2 disperso en las zonas de tránsito turístico (Charles et al., 2021).

2.4.2. Nacionales

Llocca (2024) menciona en su estudio realizado en el Callao, con el objetivo de evaluar el comportamiento de emisiones en espacio-tiempo del 2015 al 2019, emitidas por empresas industriales en dos etapas. Uso dos programas como método de recolección de data; el software SCREEN3 (predecir concentraciones), y ArcGIS (dispersión en un plano por plumas contaminantes). Comparando sus resultados con las normas vigentes Nacional y de la OMS, estos no sobrepasan el ECA-Aire, pero sí de la OMS. Concluye que el área de estudio está expuesta a altas concentraciones de SO_2 y otros, e impacta en la salud pública.

También, en un estudio realizado en la Refinería de Cajamarquilla - Huachipa, con el objetivo de evaluar la concentración de SO_2 y su dispersión, utilizó equipos automáticos de SO_2 en cinco puntos de muestreos internos y de parámetros meteorológicos, adquiridos de plataformas meteorológicas. Resultados que sirvieron para elaborar la concentración de excedentes gaseosos en el área de influencia. Recomienda evaluar muestreos a barlovento por presencia de ladrilleras informales (Trujillo, 2023).

Por otra parte, un estudio realizado en la ciudad de Juliaca por Justo (2021), con el objetivo de evaluar la calidad del aire, evaluando las concentraciones de NO_2, O_3, CO y SO_2, uso la metodología con enfoque cualitativo y diseño no experimental, su muestreo realizado en nueve puntos con equipo tren de muestreo tipo EYLECS–TM03, encontró una concentración de 20.52 $\mu g/m^3$ de SO_2, sus resultados indican buena calidad del aire según R.M. N°181-2016-MINAM. Concluye que, para la norma citada, la calidad del aire es mala por la concentración de SO2, con riesgo a la salud del poblador juliaqueño.

2.5. Marco Teorico

2.5.1. Desarrollo histórico del complejo metalúrgico La Oroya

De ser llamada “La Capital Metalúrgica del Perú y Sudamérica”, a considerarse en una de las diez ciudades más contaminadas del mundo, bajo esta afirmación, en La Oroya tuvo que pasar una serie de cambios, principalmente por la emisión de gases en toda el área de influencia del CMLO. Gran parte de su desarrollo económico se ve influenciada directamente con el apogeo de las operaciones del CMLO. Por el año 1922, dirigida por Cerro de Pasco Cooper Corporation, el CMLO inicia sus actividades, dedicándose a la fundición y refinamiento de concentrados de metales como bismuto, cadmio, indio, arsénico, oro, plata, entre otros.

En 1974 paso a ser parte de la empresa estatal Minera del centro del Perú. S.A. (Centromin), nacionalizado por el gobierno militar del general Velazco Alvarado, en 1997 fue privatizado por el gobierno de Fujimori y vendido a Doe Run Perú S.R.L., años después sería filial de la empresa The Renco Group Inc. Por el año 2009 Doe Run Perú D.R.L., se declara en insolvencia económica, dejando de lado la emisión del Plan de Manejo Ambiental (PAMA), pospuesto por varios años, y suspendiendo actividades. Para el año siguiente, INDECOPI pondría sus acciones en proceso concursar, para el año 2022 la junta de acreedores de Doe Run acordó pasar los derechos a sus trabajadores como parte de pago, a cargo de Metalúrgica Business Perú S.A., para 10/2023 a través de Ministerio de Energía y Minas (MINEM) se aprobó levantar la paralización de actividades, los mismos que iniciaron el 19/10/2023 y hasta la fecha de presentar este informe se encuentra en producción.

2.5.2. Procesos del Complejo Metalúrgico La Oroya (CMLO)

Se dividen en tres grandes procesos principales de Plomo, Cobre y Zinc, los procesos incluyen fundición y refinado, también dentro de su circuito de producción procesaban metales de alto valor comercial como el oro, plata, Cadmio entre otros.

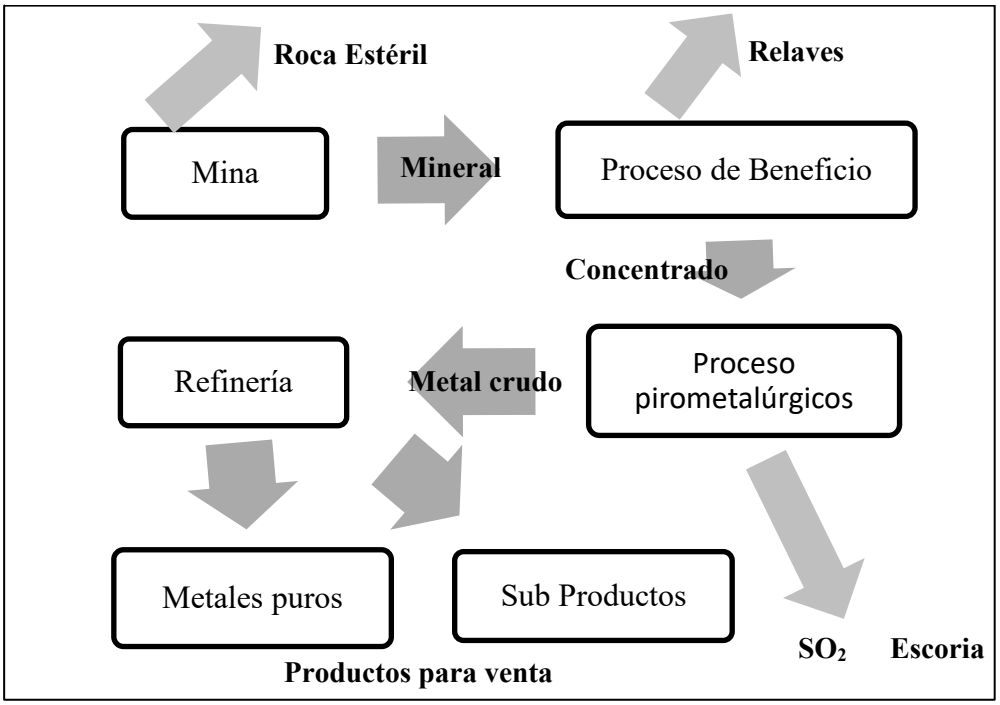
Para producir mineral de alta ley tiene un largo y complejo proceso como se menciona

en la Figura 4, el mineral propiamente dentro de lo que se podría llamar el ciclo de vida, inicia con la recolección del yacimiento, trasladado a la molienda, se separan los que tiene menor contenido trasladando a los relaves, en general son tóxicos por el aditivo al que fueron sometidos para separar el mineral, se genera el primer beneficio llamado los concentrados, estos pasan a fundición y refinación donde se produce el mineral de alta pureza. (Cederstav y Barandiarán, 2002).

Los concentrados por el proceso de generación contienen alta cantidad de tóxicos. El proceso de refinación se inicia con la tostación, donde se produce la fundición del mineral a altas temperaturas, algo menor a punto de fusión, luego se agrega los reactivos según la finalidad que se quiera obtener: Oxidante, clorurante, sulfatación, reducción o pirolisis.

Figura 4

Ruta del proceso minero por fundición



Nota. Adaptado de La Oroya cannot wait. (p. 22), por Cederstav, y Barandiarán, 2002. Peruvian Society of Environmental Law.

Con el tostado inicia el proceso del tratamiento metalúrgico a altas temperaturas, se realizan una gran cantidad de reacciones de sulfuros metálicos con el fin de convertirlos en óxidos, así se aprovecha la reacción exotérmica para minimizar el consumo de combustible. El oxígeno como comburente, el mineral (con aleación de azufre) y SiO_2, como fundente, entran en la fundición, resultando mineral concentrado, gas residual (SO_2) y escoria (Fe_2Si_4 y Fe_3O_4)

Por otra parte, el CMLO cuenta con 2 plantas de H_2SO_4, con capacidades de producción de 120 mil TM (en la fundición de Plomo) y otra de 60 min TM (En la fundición de Zinc), adicionalmente en la ciudad de La Oroya hay 3 tanques de almacenamiento de 10 mil TM.

2.5.3. Formación del SO_2 en el proceso de tostación

La tostación es el primer paso de la fundición, donde se reduce la cantidad de azufre en los concentrados. Es pues en esta etapa donde se produce la mayor cantidad de SO_x y metales particulados, las menas que entran al proceso de tostación se encuentra gran cantidad de pirita (FeS_2), donde ocurre las siguientes reacciones químicas exotérmicas:

$$4FeS_2 + 11O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3 + 8\mathbf{SO_2} + (\Delta)$$

$$6FeO + O_2 \rightarrow 2Fe_3O_4 + (\Delta)$$

$$4FeO + O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3 + (\Delta)$$ En exceso de oxígeno, los resultantes son estables

$$Cu_2S + O_2 \rightarrow 2CuO + \mathbf{SO_2} + (\Delta)$$ Para el cobre

$$S + 2O_2 \rightleftarrows 2\mathbf{SO_2} + (\Delta)$$ Obtención el $\mathbf{SO_2}$ a partir del azufre

Existen muchos factores en el proceso de producción de metales y dependerá de la naturaleza de cada tipo de metal en función a su pureza, de este proceso de fundición resultara diversos tipos de impacto no solo por la calidad del metal, sino por el tipo de metal y sus residuos también tomaran esta forma, por ello es importante evaluar la efectividad del proceso y el contenido de los concentrados antes de ser fundidos. (Miguel, 2011, p. 21).

2.5.4. Impacto del SO_2 en el ambiente

El SO_2, es un gas incoloro de olor fuerte, irritante, no es inflamable, es inestable en el ambiente, apenas 2 a 4 días, casi el 50% de las emisiones acaban depositándose en la superficie, el resto queda en el ambiente como iones (SO_4^{2-}), para lograr su estabilidad se transforma en trióxido de azufre SO_3. Así pues, es una sustancia reductora, soluble en el agua, además en el ambiente forma sales de bisulfitos y sulfitos. acabando con una serie de reacciones según:

$\mathbf{2SO_2} + O_2 \rightleftarrows 2SO_3 + (\Delta)$ En contacto con el aire

$SO_3 + H_2O \rightleftarrows H_2SO_4 + (\Delta)$ En contacto con el agua (corrosivo)

El Dióxido de azufre (SO_2) , es un gas incoloro con olor irritante, en el aire existe en pequeñas cantidades, es estable a bajas temperaturas, el problema surge cuando aumenta su concentración y en altas temperaturas, provocando graves daños a todos los seres vivos expuestos, la forma más natural lo encontrarlos en las erupciones volcánicas, donde a altas temperaturas los gases en forma de sulfuros se elevan hasta la estratosfera y al encontrarse con vapor de agua, se combinan, provocando la lluvia acida. También están presente en los restos fósiles que se encuentran bajo tierra a altas presiones.

Mas de la mitad de la presencia de óxidos de azufre en el ambiente se deben a las actividades humanas, por ejemplo, la quema de hidrocarburos en sus diversas formas, como gasolina, diésel etc., liberan SO_2 en la atmosfera, en los procesos metalúrgicos se dispersan grandes cantidades de este gas porque se emplean metales en forma de sulfuros. En el ambiente es más perjudicial, destruye alveolos de las vías respiratorias de los animales, afecta directamente al crecimiento de la planta, deteriora infraestructuras, estatuas monumentos, acidifica suelo y agua.

2.5.5. Impacto en la Salud

Generalmente los gases provocados por el proceso de la fundición son de largo plazo y algunas veces no se perciben inmediatamente; para el caso del SO_2 la exposición a este gas

afecta directamente a los pulmones, retrasando la expulsión de partículas de metales pesados es capaz de provocar tos conclusiva. A altas concentraciones en poco tiempo, puede causar bronquitis, espasmos, irrita el tracto respiratorio puede empeorar la respiración en asmáticos, en estado líquido no es estable, pues se evapora fácilmente congelando la piel.

Este tipo de contamínate también es el causante de la mortalidad, en ocasiones donde hay presencia de altas concentraciones, más susceptible en personas vulnerables: Personas con enfermedades cardiopulmonares, niños y ancianos, su acción es acumulativa aumenta el daño respiratorio cuando mayor es el tiempo de exposición.

2.5.6. Métodos de muestreo según la tecnología

Según el protocolo de monitoreo de calidad de aire vigente existen cuatro tipos de tecnología, ellos son los Manueles pasivos (métodos simples usualmente usado en lugares donde no se realizan muestreos continuos), los sistema manuales activos (todos los equipos que realizan muestreo en campo de manera gravimétrica, como por ejemplo los equipos de flujo constante y captan la muestra en un filtro), los sistemas automáticos (son los que usan una bomba de succión, estas no realizan captación de muestra para ser analizadas en laboratorio, sino que bajo fluorescencia, quimioluminiscencia, atenuación de rayos beta y dispersión de luz, determinan la concentración del gas en estudio, dan respuesta inmediata *in-situ*), y finalmente los sistemas híbridos (este método combina las tres anteriores el muestreo dependerá de los objetivos de estudios a realizar.

También establecen dos niveles de exactitud, válidos para reportar ECAs, ellos son: de referencia y equivalente. Entre otros también existe el método alternativo que, por su costo y facilidad de alcance son para obtener datos generales no son regulatorios y no son válidos para reportar ECAs. El protocolo actualmente recomienda un muestreo mínimo asociado a actividades extractivas, comprendidos en cinco días de muestreo continuo (DECRETO SUPREMO N° 010-2019-MINAM).

2.5.7. Marco Normativo

La constitución política del Perú, indica que es deber del estado garantizar un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de su vida, lo mismo en el Articulo N° 67, donde indica que el estado determina la política nacional del ambiente para el uso sostenible de los recursos naturales. En la Tabla 1 se muestran las normas vigentes, nacional y de la OMS aplicables para el muestreo de SO_2, y en la Tabla 2 se detalla el reglamento de estados de alerta por contaminación del SO_2, las cuales sustentan el informe realizado en el área de influencia del CMLO.

Tabla 1

Estándar de Calidad Ambiental para el SO_2

Parámetros	Tiempo de muestreo	Valor ($\mu g/m^3$)	Formato	Método de análisis
Dióxido de Azufre (SO_2)	24 horas	250(1)	No exceder más de 7 veces al año	Florescencia UV (Método automático)
		40(2)	Media anual	---

Nota. (1) D.S. N° 003-2017-MINAM – Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire.

(2) DCA de 2021 de la OMS

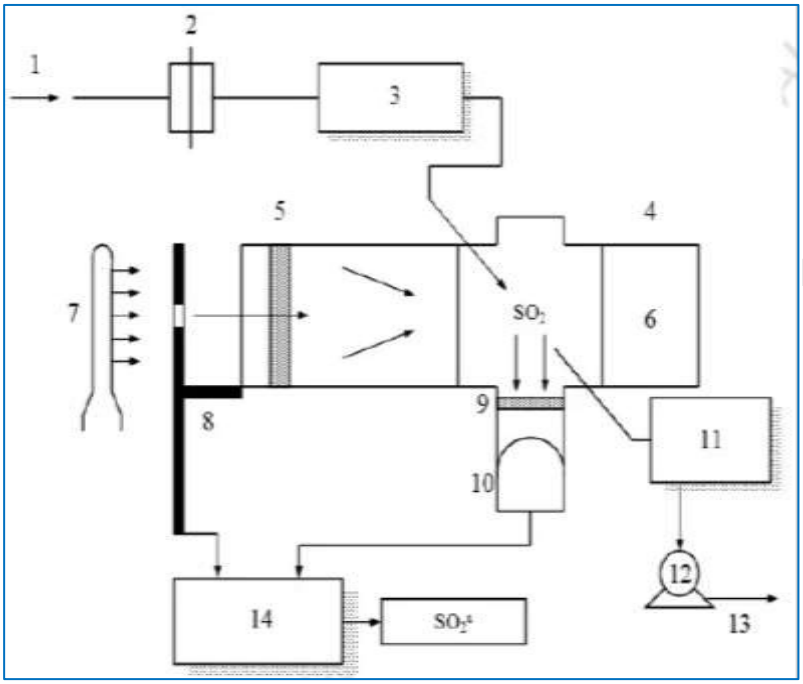
2.5.8. Especificaciones de NTP- ISO 10489:2017

Esta norma técnica peruana especifica de manera directa la determinación de dióxido de azufre (SO_2) por el Método de fluorescencia ultravioleta, este método se basa en la emisión fluorescente de luz en las moléculas de SO_2, las cuales son excitadas por rayos Ultravioleta (UV). Previamente a realizar la medición el equipo debe estar calibrado con un gas en cero, quiere decir que este gas debe contener ± 2 % de N_2 y O_2 con concentración cercana a la atmosférica (20,9%), esperar unos minutos hasta que la cámara de reacción tenga una temperatura encima del punto de rocío, luego sigue la siguiente ruta de medición, ver Figura 5. La muestra de aire(1) antes de pasar al analizador es filtrada (2) para remover componentes de

hidrocarburos aromáticos presente en la muestra (3), luego entra a la cámara de reacción(4), para ser irradiada con UV a un rango de 200 a 220 nm (7), la luz fluorescente con un rango mayor entre 240 a 420 nm es filtrada (9) y convertida a señal eléctrica por el detector(10), el cual emite una respuesta igual a las moléculas de SO_2 presente en la cámara de reacción, es importante que los valores de presión y temperatura se mantengan constantes, de haber variación los parámetros serian corregidos(14).

Figura 5

Diagrama del equipo analizador de SO_2 por fluorescencia UV



Leyenda			
1	Muestra	9	Filtro óptico de salida
2	Filtro de ingreso	10	Tubo Fotomultiplicador
3	Trampa selectiva de agentes extraños	11	Compensacion del flujo por presión
4	Cámara de reacción	12	Bomba de succión
5	Filtro óptico de entrada	13	Salida
6	Trampa óptica	14	Amplificación electrónica sincronizada
7	Lampara UV	a	Expresado en mL/m^3
8	Modulador		

Nota. NTP- ISO 10489, (p.8) por Dirección de Normalización, 2022, INACAL

La NTP-ISO 10498, establece el procedimiento de operación según:

Una vez explicado el principio básico de operatividad, la norma específica las condiciones para instalar y realizar la medición en campo de la siguiente manera: El equipo debe instalarse en un lugar adecuado, la manipulación, operación y otros parámetros de funcionamiento deben seguirse tal como indica el fabricante, estar instalado a una fuente de energía estabilizada, así como la emisión de luz. Para un muestreo continuo deben verificarse con gases patrón cero al menos una vez por semana y finalmente deben seguir un cronograma

de mantenimiento cada seis meses o anualmente y la calibración debe hacerse por lo general antes y después del mantenimiento general.

Tabla 2

Niveles de alerta por contaminantes críticos del SO_2

Tipo de alerta	Concentración ($\mu g/m^3$)	Promedio de dióxido de azufre (SO_2)
Cuidado	> 500	
Peligroso	>1500	24 horas
Emergencia	>2500	

Nota. Decreto del Consejo Directivo N° 015-2007-CONAM/CD

2.6. Metodología

La información necesaria se recopilo de manera natural, sin alterar los resultados de la concentración de SO_2, tomadas en tres periodos y comparadas por el cambio que representan. y hasta la fecha de presentar este informe se encuentran en proceso de cambio y según la metodología y criterios para la evaluación de la concentración del SO_2 presentado, por Arias y Covinos (2021), coincide con un estudio de **diseño** no experimental – Longitudinal.

El procedimiento fue utilizado con la recopilación de datos, considerados como centro de atención los puntos: CC-CA-01 y CA-27b, luego comparados con las normas vigentes y evaluarlos con los resultados de los antecedentes.

Los puntos de muestreo de datos recopilados, comprende la estación de vigilancia ambiental, con código: CA-CC-01, ubicado en la Calle comandante Zárate cuadra W1 - La Oroya, techo de Casa de la Cultura - Municipalidad Provincial de Yauli, a 700 m aprox., del CMLO. Ver Anexo 1, y la estación referencial CA-27b, instalada en la azotea de Ctra. Central 265, La Oroya (4to piso). Ver Anexo 2.

2.6.1. Determinación de Dióxido de Azufre (SO_2)

Para evaluar este parámetro se recopilo datos de la concentración del SO_2 en tres periodos, una parte de la plataforma del Portal Interactivo de Fiscalización Ambiental (PIFA), de libre acceso, y de un punto de muestra tomada en campo con equipo analizador automático de SO_2, esto se realizó siguiendo los criterios establecidos en la NTP-ISO 10498 - 2da Edición. Ver Tabla 3. Este equipo cuenta con tecnología de fluorescencia pulsada y realiza lecturas de medición simultáneas para proporcionar una captura de datos confiables y de forma constante. La medición considerada para el estudio es de 12 horas, y los resultados expresados en $\mu g/m^3$.

Tabla 3

NTP-ISO 10498 - 2da Edición

Parámetros	Unidades	L.C/L.D.	Norma	Método de análisis
Dióxido de Azufre (SO_2)	$\mu g/m^3$	1.1	NTP-ISO 10498 2017/COR I:2017 (2017). AIRE AMBIENTAL.	Determinación de dióxido de azufre. Método de fluorescencia ultravioleta. CORRIGENDA 1.1a Edición.

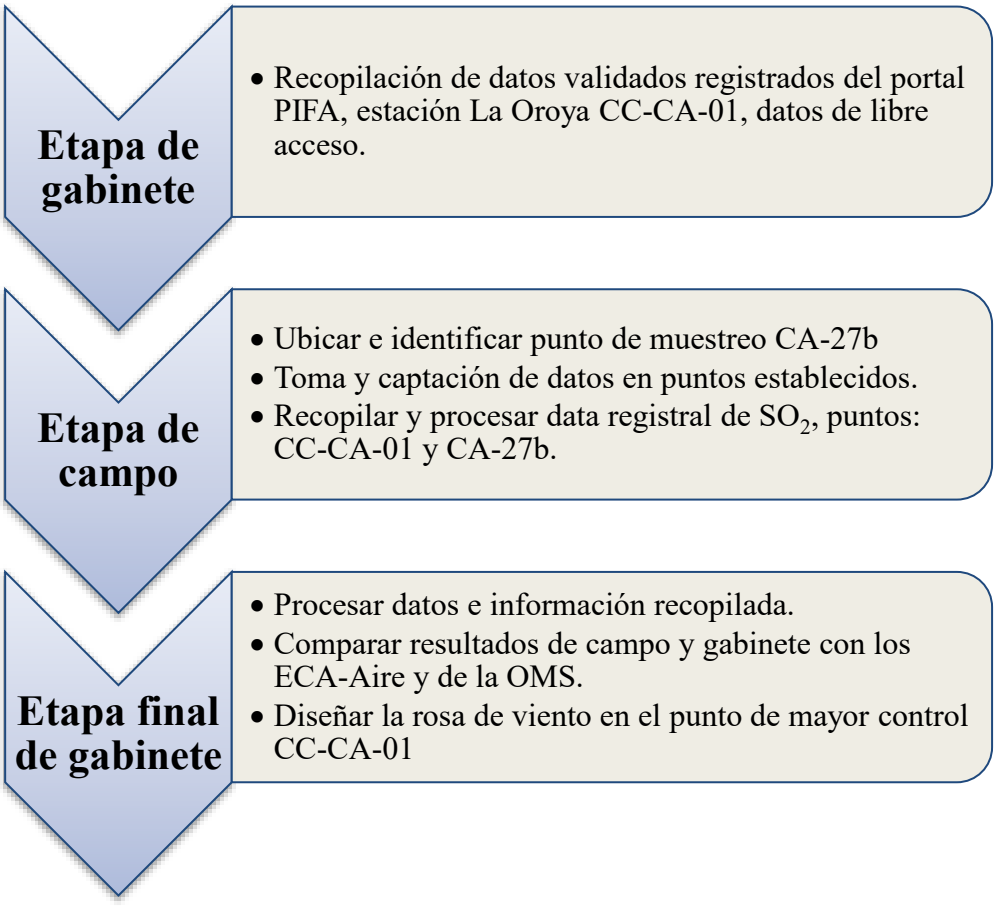
Nota. Dirección de Normalización INACAL.

2.6.2. Plan de muestreo ambiental del SO_2

Para realizar el análisis de la concentración del SO_2, se comparó los datos registrados de dos puntos; de las inmediaciones del CMLO con código CA-27b, y de la estación de vigilancia La Oroya, con código CC-CA-01, ambos registrados con equipo automático. Ver Tabla 4. A continuación, se detallan las principales actividades realizadas, según la Figura 6.

Figura 6

Flujograma de las actividades realizadas en la determinación del SO_2



Nota. Actividades de acuerdo al Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire.

2.7. Equipos utilizados

Para la evaluación del punto de muestreo en campo se utilizó equipo Analizador de gas SO_2 Automático debidamente calibrado. Ver Anexo: 5: Certificado de calibración de equipos. Según lineamientos del fabricante para equipamiento e influencia de magnitud a medir o uso esperado, establece la frecuencia de calibración de 1 año. Cuyas instrucciones para su instalación y uso están descritas en NTP-ISO 10498 - 2da Edición

Tabla 4

Relación de equipos utilizados

Código del punto	Descripción	Marca	Modelo	Serie	Técnica de medición
CC-CA-01	Analizador de Gas SO_2	Thermo Scientific	43i	825231928	Automático
	Estación meteorológica	Campbell Scientific	CR1000	30824	--
CA-27b	Analizador de Gas SO_2	Thermo Scientific	43i	825231929	Automático

2.8. Puntos de Muestreo

2.8.1. Parámetro SO_2

Para evaluar el SO_2, se detalla En la Tabla 5, donde se especifican los puntos de muestreo, descripción, coordenadas UTM y Altitud.

Tabla 5

Puntos de muestreo de SO_2

Punto de muestreo	Descripción	Coordenadas UTM		
		Norte	Este	Altitud (m.s.n.m.)
CC-CA-01	A 700 m, al Norte del CMLO	8726374	401757	2 729
CA-27b	A 648 m, al Norte del CMLO	8726315	401825	3730

Nota. Coordenadas UTM en el sistema WGS 84, zona 18 L

2.8.2. Parámetros meteorológicos

Los datos obtenidos para elaborar la rosa de viento, se recopilo de la estación CC-CA-01. En la Tabla 6 se detalla los datos generales del punto, altitud y coordenadas geográficas en UTM.

Tabla 6

Estaciones de parámetros meteorológicos

Punto de muestreo	Descripción	Coordenadas UTM		
		Norte	Este	Altitud (m.s.n.m.)
CC-CA-01	A 700 m, Norte del CMLO	8726374	401757	2 729

Nota. Coordenadas UTM en el sistema WGS 84, zona 18 L

Para la meteorología, se evaluaron los siguientes parámetros, Ver Tabla 7. Con los cuales se elaboró la rosa de viento, con ello se determinó la predominancia de la dirección del viento por cada día de muestreo. Para este informe se consideró realizar de los días con mayores concentraciones de SO_2.

Tabla 7

Descripción de parámetros meteorológicos evaluadas

Equipo	Parámetros	Unidad de medida
Estación meteorológica	Velocidad del viento	m/s (metros/segundo)
	Dirección del viento	° (grados)

2.9. Resultados

Los resultados obtenidos en las estaciones de muestreo se compararon con los ECA-Aire aprobados por el D.S. N° 003-2017-MINAM y los DCA 2021 de la OMS.

2.9.1. Resultados del Dióxido de Azufre

En la Tabla 8 se menciona los picos más altos registrados del SO_2 durante el muestreo, extraídos de gabinete e *in situ*, alrededores del CMLO.

Tabla 8

Resultados de la concentración del SO_2

Puntos de muestreo	Parámetros	Fecha de evaluación	ECA Aire (µg/m3)	Picos máximos registrados (µg/m3)
CC-CA-01	Dióxido de azufre (SO_2)	04/01/23 al 10/01/23	250(1)	10.48
		04/01/24 al 10/01/24		355.1
		04/07/24 al 10/07/24	40(2)	1279.22
CA-27b		04/07/24 al 09/07/24		527.2

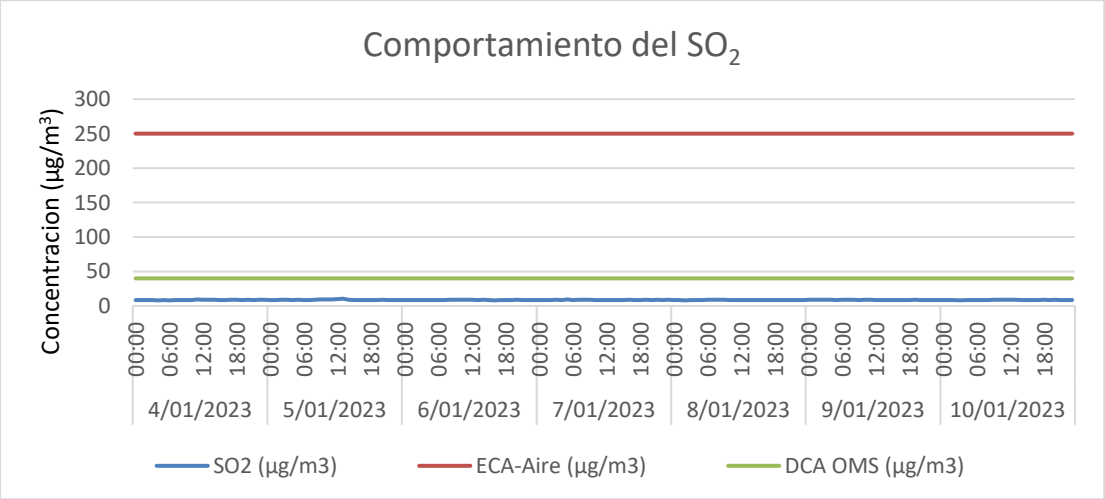
Nota. (1) D.S. N° 003-2017-MINAM – Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire.

(2) DCA de la OMS

2.9.1.1. Comportamiento del SO_2 en CC-CA-01. Los resultados del punto de muestreo CC-CA-01, se reportaron en tres periodos comprendidos de 7 días de muestreo continuo, ver Figuras: 8, 9 y 10. Para los periodos comprendidos del 04 al 10/01/2024 hay un pico elevado (se muestra la evidencia fotográfica en el Anexo 4, evidencia A), lo mismo ocurre en el periodo del 04 al 10/07/2024, los picos son diarios en horario de 08:00 a 13:00 horas.

Figura 7

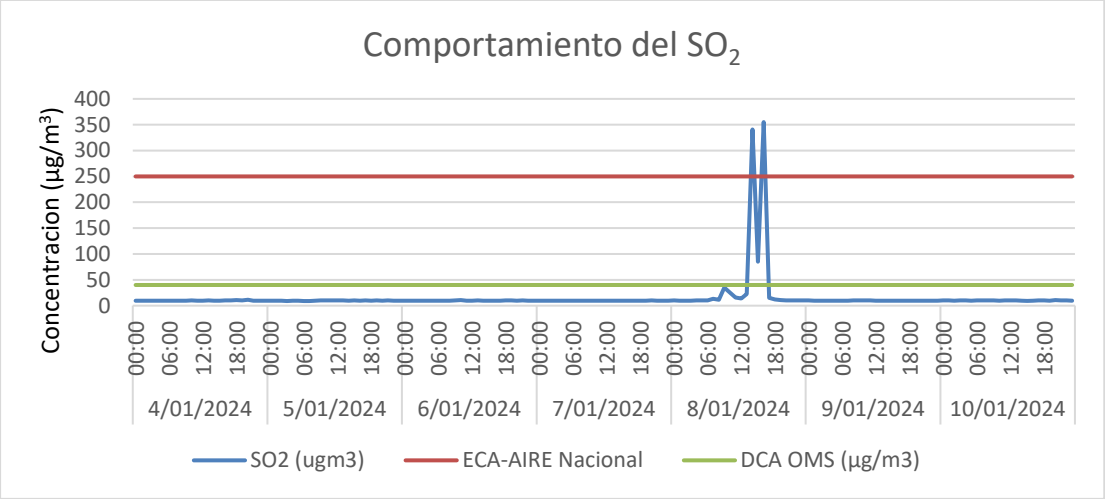
Concentración de SO_2, punto CC-CA-01, 1er periodo 04/01/2023 al 10/01/2023



Nota. Concentración evaluada y revisada bajo criterio de validación

Figura 8

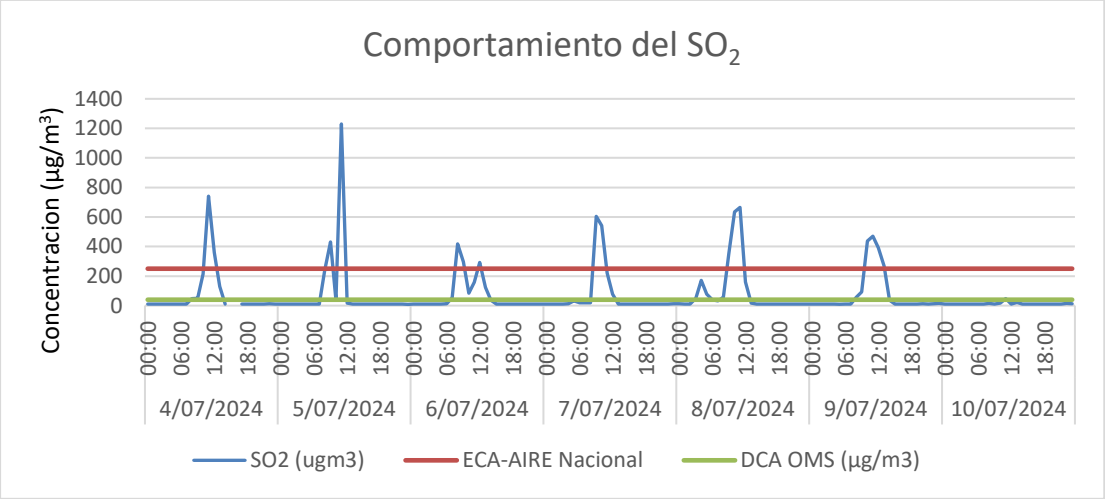
Concentración de SO_2, punto CC-CA-01, 2do periodo 04/01/2024 al 10/01/2024



Nota. Concentración evaluada y revisada bajo criterio de validación.

Figura 9

Concentración de SO_2, punto CC-CA-01, 3er periodo del 04/07/2024 al 10/07/2024

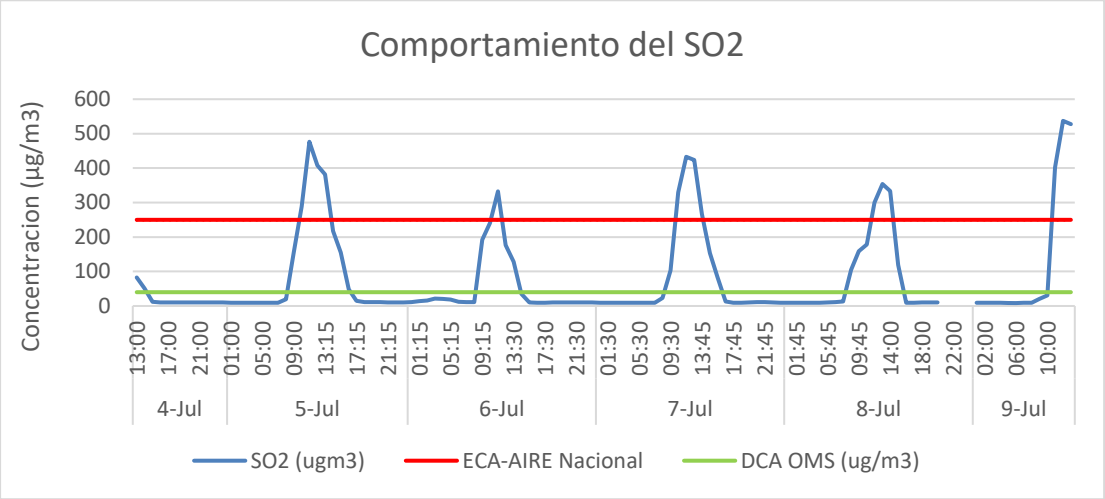


Nota. Concentración evaluada y revidada bajo criterio de validación

2.9.1.2. Comportamiento del SO_2 en CA-27b. Los resultados del punto de muestreo CA-27b, se reportó en un periodo de 6 días de muestreo continuo, desde la 13:00 del día 04/07/2024, hasta las 13:00 del día 09/07/2024.

Figura 10

Concentración de SO_2, punto CA-27b



Nota. Concentración ajustada y evaluada

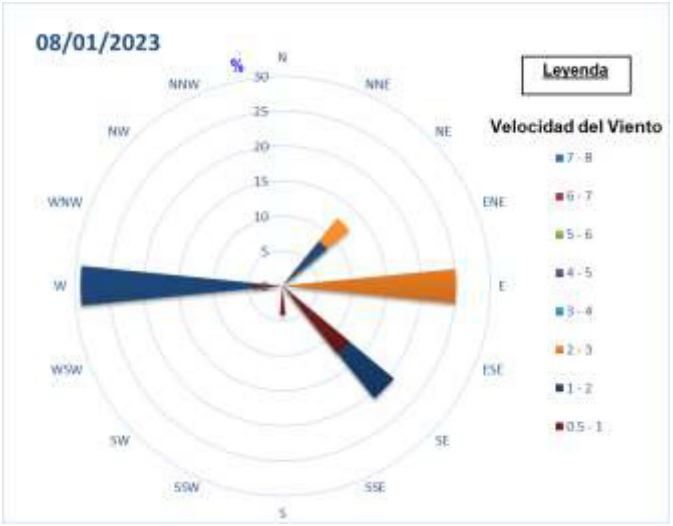
Resultados a condiciones de 25°C y 760 mm Hg

2.9.2. Resultados meteorológicos en el punto CC-CA-01

En las Figuras 11 y 12 se representan en la rosa de viento, la predominancia del viento para los días con mayor concentración de SO_2 registrado, y en la Figura 13 se representa la rosa de viento con una predominancia al Oeste y Noreste

Figura 11

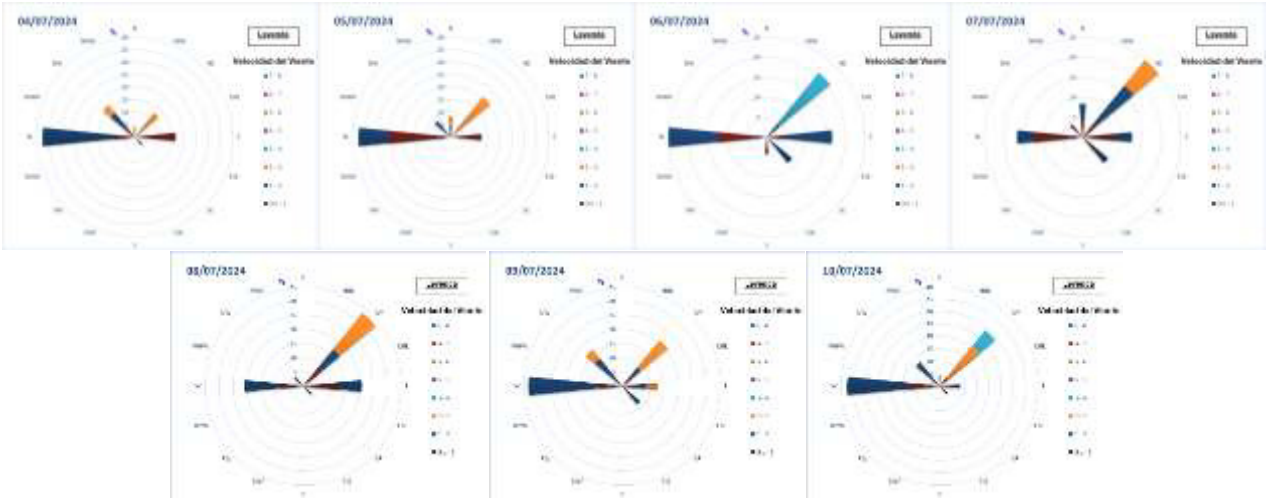
Rosa de viento en CC-CA-01 - 2da temporada 08/01/2024



Nota. Predominancia hacia el Oeste, entre las 14 y 16 horas

Figura 12

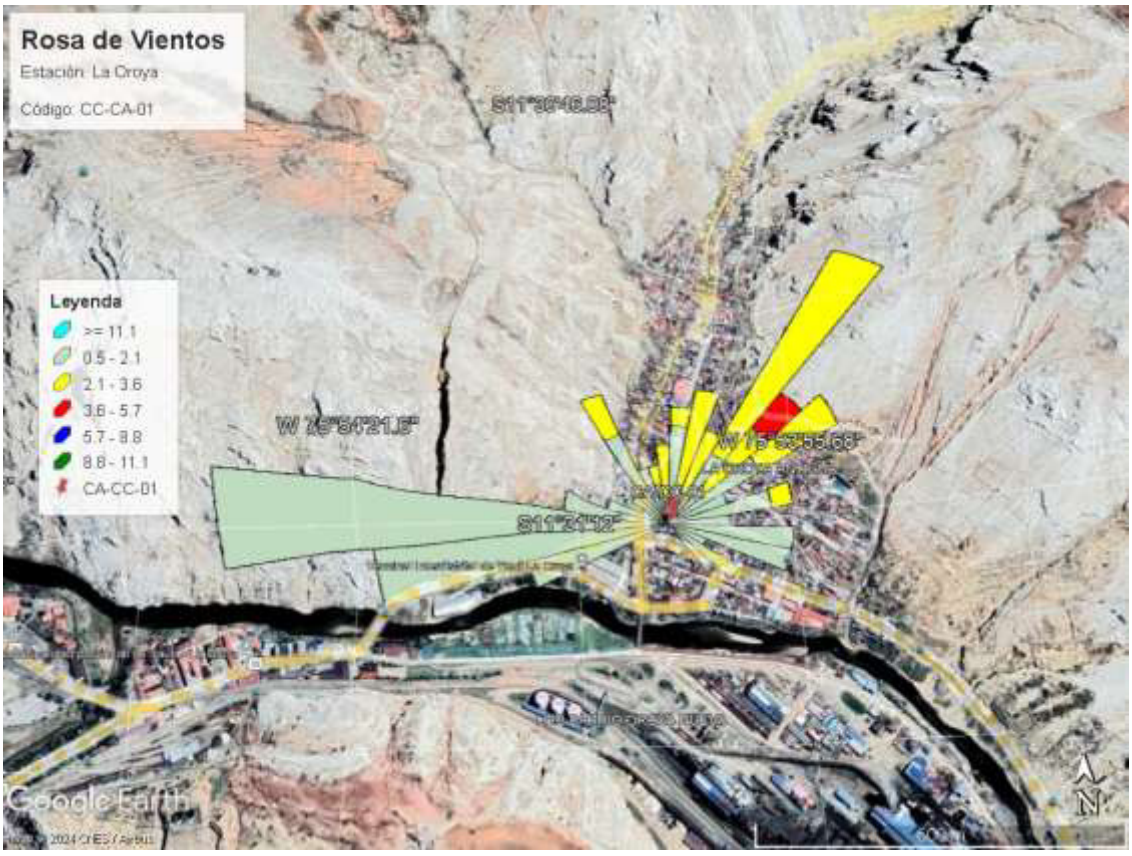
Rosas de viento – 3ra temporada del 04/07/2024 al 10/07/2024



Nota. Predominancia hacia el Oeste y Noreste

Figura 13

Rosa de Viento en CC-CA-01



Nota. Correspondiente al 3er periodo del 04/07/2024 al 10/07/2024

2.10. Discusión de resultados

En esta parte se describe la variación de concentración de SO_2 obtenida en el área de estudio, contrastando con los resultados de los antecedentes encontrados, para la dispersión del contaminante, dando principal énfasis a los picos más altos encontrados en época seca

Según el estudio realizado en la Refinería de Cajamarquilla por Trujillo (2023), para la concentración de SO_2 y dirección del viento, donde relaciona directamente a la distribución de contaminantes. En relación a este proyecto se menciona en la Tabla 8, los picos más altos registrados en los periodos de estudio de concentración de SO_2 con una dispersión de contaminarte y predominancia hacia el Oeste y Noreste, según la Figura 13.

Mientras los resultados encontrados en Costa Rica por Morales et al., (2023), dio 16 ppm como máximo en la zona de visita del parque Nacional Poas, donde menciona un riesgo medio. A diferencia del estudio, se aprecia el comportamiento de SO_2, del 1er periodo en época húmeda, donde indica baja concentración de SO_2, los valores no superan los ECA-Aire y DCA 2021, el pico más alto obtenido en estos días registros, resulto 10.48 $\mu g/m^3$, para el periodo en estudio, los valores registrados en La Oroya estarían dentro del estándar de calidad.

Para los resultados altos con relación a los registrado en centros parroquiales de Cantón Ambato, como menciona León et al., (2023) donde apenas llegan a 130.21 $\mu g/m^3$ y aun así sobrepasa los estándares de calidad ecuatoriano. En la Figura 8, del 2do periodo en época húmeda, se aprecia un pico elevado de concentración máxima de SO_2 de 355.1 ($\mu g/m^3$), en un solo día en horas de la tarde, valores que superan los ECA-Aire y DCA 2021., por lo tanto, los valores registrados en la Oroya para estos días deben considerarse en estado de alerta.

En tanto a los resultados registrados por alguno de los antecedentes mencionados, de los volcanes sin actividad de Costa Rica (Charles et al., 2021), lo registrado en el Callao en los años 2015 al 2019 por Llocca (2024) de las empresas industriales, o en la ciudad de Juliaca por Justo (2021), encontrando un máximo resultado de 20.52 µg/m3. A diferencia del proyecto en

estudio, no sobrepasan a los resultados del punto CC-CA-01 en época seca, indican varios picos elevados en el día, como 1279.22 ($\mu g/m^3$), en tanto que, para el punto CA-27b, también en época seca también se encontraron varios picos elevados durante el día, como 527.2 ($\mu g/m^3$), ambos realizados en época seca y registrados entre las 10:00 y 13:00. Los valores en ambas estaciones están en relación de 5 a 2 con respecto al ECA-Aire.

Los días con mayor concentración de SO_2 registrado, indican que el viento traslada los contaminantes hacia el Oeste y Noreste, viéndose afectadas directamente las localidades como: Yauli, P.J. El Porvenir, La Oroya Antigua, Cruce Tarma, (de mayor concurrencia los días de feria lunes y jueves) En las Figuras 11 y 12, se detallan las direcciones predominantes del viento para las primeras semanas de enero y julio 2024.

III. APORTES MÁS DESTACABLES A LA INSTITUCIÓN

En base al tiempo de trabajo, la experiencia adquirida en varias áreas de medio ambiente, mencionaré algunos de mis principales aportes profesionales para el OEFA:

- Cumplimento en metas alcanzadas de manera mensual en cumplimento a los términos de referencia del contrato.
- Fortalecer al sistema de información de gestión ambiental (SIGA), con acciones oportunas en diligencias y emergencias ambientales presentadas.
- Participación efectiva en diligencias ambientales con responsables e involucrados.
- Participación oportuna y brindar alternativas en el cumplimento de los compromisos ambientales de las empresas supervisadas con participación de personal administrativo, operativo y medio ambiente.
- Compromiso en el fortalecimiento de las competencias técnicas de la dirección de hidrocarburos
- Generar herramientas de gestión vinculadas a los muestreos con supervisión en campo y registrarlos en las plataformas instruccionales
- Brindar las respuestas necesarias en los diferentes niveles de coordinación con participación de la Oficinas Desconcertadas (ODE) en la dirección correspondiente
- Trasparencia con el manejo de información recabada y generada durante las supervisiones y diligencias ambientales presentadas.

IV. CONCLUSIONES

De acuerdo al resultado obtenido de campo y gabinete se concluye (de todo el informe)

a. Se realizó la recopilación de datos e información de concentración de dióxido de azufre (SO_2) cercana al CMLO (ver Anexo 3), con el apoyo de la plataforma del portal PIFA-OEFA, que es de libre acceso. Los valores considerados de tres periodos, comprendidas del 4 al 10/ene/2023 y del 4 al 10/ene/2024 en época húmeda, y del 4 al 10/jul/2024 en época seca. Con efectos de comparación se usó las concentraciones muestreadas de SO_2 en punto referencial CA-27b.

b. Se comparó los datos obtenidos de gabinete y resultados de punto de muestreo referencial, con ECA-Aire nacional y de la OMS (ECAs), los resultados en el 2do periodo arrojaron un pico de 355.1 ($\mu g/m^3$), para el día 8/1/2024, entre las 14:00 y 16:00 horas, las concentraciones superan los ECAs, además se realizó un registro fotográfico registrado para el segundo periodo, tomado a 350 m entre el rio Mantaro y el CMLO. En tanto, para el 3er periodo comprendido del 04 al 10/07/2024 en época seca, se aprecia varios picos elevados una de ellas con concentración máxima de SO_2 de 1279.22 (µg/m3), para el día 5/07/2024, entre las 08:00 y 11:00, sobrepasando más de 5 veces el valor de los ECAs, también en este periodo de época en el punto CA-27b del 04 al 09/07/2024, se aprecia varios picos elevados, una de ellas con concentración máxima de SO_2 de 527.2 (µg/m3), pico más alto registrado finalizando el muestreo, entre las 10:00 y 13:00 sobrepasando más del doble del valor de los ECAs.

c. Se relaciono los datos registrados de SO_2 con los resultados meteorológicos, graficando la Rosa de viento para los días de mayor concentración de SO_2 en CC-CA-01, arrogando una predominancia hacia el Oeste y Noreste. Ver figura 13.

V. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones presentadas a continuación es producto de las evidencias encontradas durante el tiempo de estudio realizado.

a. La nueva administración del CMLO elaboren y adecuen sus instrumentos de gestión ambiental, dando prioridad a las emisiones de gases contaminantes.

b. Existe una deficiencia con los instrumentos ambientes del CMLO, el cual evita que entidades como el OEFA, OSINERMIN, entre otros, intervengan operaciones como las que realiza el CMLO.

c. En las inmediaciones del CMLO deben contar con más puntos de vigilancia y control, para mejorar los estados de alerta y deben ser conocidos por todo habitante oroino, con el fin de minimizar impactos ambientales generados.

d. Destinar un área médica, exclusivamente para atender personas afectadas, por exposición a concentraciones de gases tóxicos.

e. Tener mapeado el área de predominancia del viento, ante posibles anomalías meteorológicas.

f. Mejorar el proceso de fundición en el CMLO, e implementar sistemas adecuados que reduzcan las emisiones de métales pesados y gases tóxicos, como el SO_2.

g. Mientras el CMLO esté operando, por altas concentraciones de SO_2 y otros gases, la calidad del aire en las inmediaciones del CMLO no será optima, según la interpretación de resultados con los ECA-Aire nacional y las directrices de calidad de aire de la OMS.

VI. REFERENCIAS

Arias, G. y Covinos, G. (2021). *Diseño y metodología de la investigación*. *Enfoques Consulting EIRL*, *1*(1),66-78. https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26022w/Arias_S2.pdf

Chaves-Solano, K., Sibaja-Brenes, J., y Pérez-López, E. (2021). *Monitoreo de la concentración de SO_2 en el aire y características fisicoquímicas del agua de lluvia en el Volcán* Irazú. *Revista Tecnología en Marcha*, *34*(4), 62. ttps://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181623057006

Cederstav, A. y Barandiarán, A. (2002). *La Oroya cannot wait*. Peruvian Society of Environmental Law. https://elecochasqui.wordpress.com/wp-content/uploads/2009/06/la-oroya-no-espera.pdf

Decreto Supremo Nº 003-2017-MINAM. Decreto Supremo que aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias. (6 de junio de 2017). https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/3670-003-2017-minam

Doe Run Perú S.R.L. (2024, 24 de noviembre). *Actualización del Plan de Cierre de Minas del Complejo Metalúrgico de La Oroya.* MINEM. https://nas2.minem.gob.pe/DGAAM/2368028-APC/2368028.zip

Fonseca, M. (2013). *Estudio del impacto en la calidad del aire de las fuentes puntuales en la ciudad de Pinar del Río*. *Revista Brasileira de Meteorología*, *28*(01-12). https://doi.org/10.1590/S0102-77862013000100001

Justo, J. (2021). *Evaluación de la calidad del aire según los niveles de concentración de SO_2, NO_2, CO Y O_3 en puntos críticos de la ciudad de Juliaca.* [Tesis para título profesional, Universidad Nacional de Juliaca]. Repositorio UNAJ.

http://repositorio.unaj.edu.pe:8080/handle/UNAJ/180

León, V., y Tasna, M. (2023). *Evaluación del SO_2 y NO_2 empleando muestreo pasivo, en las parroquias la matriz y huachi grande, Cantón Ambato.* [Tesis para título profesional, Escuela Superior Politécnica De Chimborazo]. DSpace ESPOCH. http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/22064

Lloclla, C. (2024). *Modelamiento ambiental aplicado en la evaluación del comportamiento espaciotemporal de emisiones PM10, NO_2 y SO_2 de empresas industriales en la provincia constitucional del Callao, 2015-2019*. [Tesis para título profesional, Universidad Científica]. Repositorio Científica. https://hdl.handle.net/20.500.12805/3307

Ministerio de Educación (2011). *Materiales y materias primas Azufre*. Instituto Nacional de Educación Tecnológica. https://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/azufre.pdf

Mora, C., Ancieta, W. y Morveli, V. (2024). *El grave problema de contaminación de La Oroya y la sentencia de la Corte IDH*., 6-7. Lima: SPDA. https://haztecargo.pe/sites/default/files/2024-09/Informe-La%20Oroya.pdf

Morales, D., Sibaja, J., Martínez, M., Borbon, H., Retana, A., y Alfaro, R. (2023). *Riesgo químico por exposición laboral a SO_2 y H_2S en el Parque Nacional Volcán Poás*. https://repositorio.una.ac.cr/server/api/core/bitstreams/67329a3e-3e87-4d8a-9b32-1be349378017/content

Norma Técnica Peruana NTP-ISO 10498 (2017). *Aire ambiental. Determinación de dióxido de azufre. Método de fluorescencia ultravioleta.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

Organización Mundial de la Salud (22 de setiembre de 2022). *Directrices mundiales de la OMS*

sobre la calidad del aire. OMS. https://www.who.int/es/news-room/questions-and-answers/item/who-global-air-quality-guidelines

Portal PIFA-Oefa, (2024) *Red de vigilancia Ambiental.* https://pifa.oefa.gob.pe/VigilanciaAmbiental/

Tolentino, D. (2019). *Estudio comparativo entre las concentraciones de dióxido de azufre y material particulado registradas en el periodo de 24 de noviembre al 5 de diciembre del 2007 (fundición en operación) y en el período de 24 de noviembre al 5 de diciembre del 2009 (fundición inoperativa) en La Oroya, Yauli, Perú.* https://drive.google.com/file/d/0B9Dsx7gtqnqDdUlKcVBlZ1RaZjQ/view?resourcekey=0-FrtM6SZpeOAwyIfu3JcA_w

Trujillo, C. (2023). *Evaluación de las concentraciones de SO_2 por emisiones en una refinería: caso refinería Cajamarquilla Santa María de Huachipa distrito de Lurigancho Chosica-2020-2021*. [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio UNFV. https://hdl.handle.net/20.500.13084/7959

VII. ANEXOS

Anexo A

Ubicación de la Estación La Oroya CC-CA-01

La Oroya

Nombre:	La Oroya
Código:	CA-CC-01
Departamento:	Junín
Provincia:	Yauli
Distrito:	La Oroya
Ubicación:	Calle Comandante Zárate cuadra W 1 - La Oroya, azotea de la Casa de la Cultura de la Municipalidad Provincial de Yauli, a aproximadamente 700 m del CMLO.
Este:	401757
Norte:	8726374

Nota. *Red de estaciones de Vigilancia Ambiental* Portal PIFA – OEFA (2024)

Anexo B

Ubicación del punto referencial CA-27b

Nota. Punto instalado en la azotea de Av. Carretera Central 265, La Oroya (4to piso)

Anexo C

Evidencias registradas durante y después del muestreo realizado

Evidencia A	
Fecha: 04/07/2024	
Coordenadas UTM WGS 84 ZONA 18L	
Altitud: 3723	
Hora: 07:10	
E: 402250 N: 8726043	

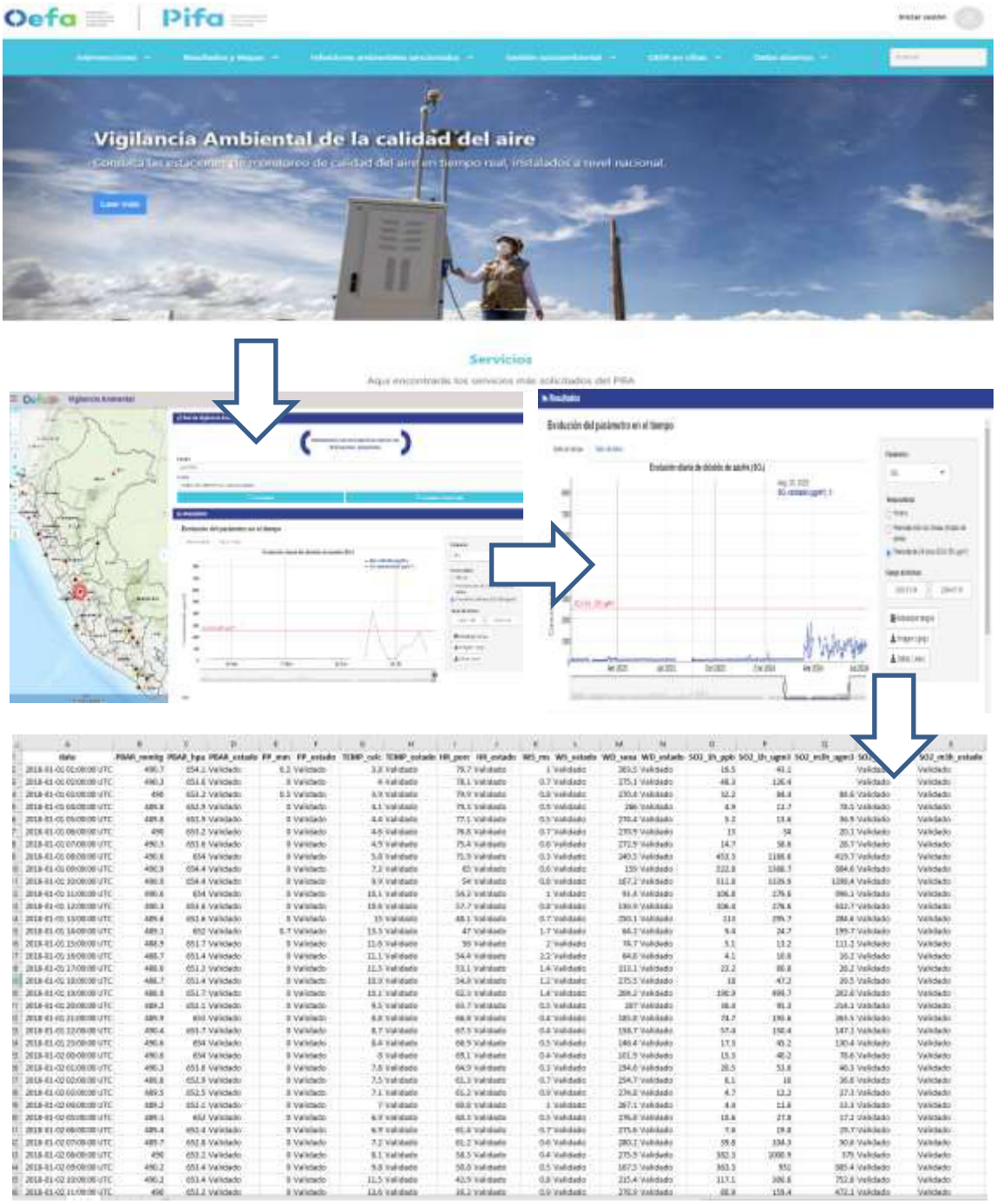
Nota. Vista de las emisiones propagadas del Complejo Metalúrgico La Oroya a 350 m.

Evidencia B	
Fecha: 17/12/2024	
COORDENADAS UTM WGS 84 ZONA 18L	
Altitud: 3713	
Hora: 07:16	
E: 402380 N: 8724758	

Nota. Vista de las emisiones propagadas del Complejo Metalúrgico La Oroya a 890 m.

Anexo D

Ruta de extracción de información de datos del Portal PIFA - OEFA



Nota. Datos validados

Anexo E

Certificado de calibración de equipos utilizados

GREEN GROUP PERÚ

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC-018

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LG -255-2023

1. Solicitante : ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL - OEFA
2. Dirección : Av. Faustino Sánchez Carrión Nro. 603 - Jesús María – Lima
3. OT : [illegible]
4. Datos del Instrumento
   - Instrumento de medición : Analizador automático de Dióxido de Azufre
   - Marca : Thermo Scientific
   - Modelo : 43
   - Serie : [illegible]
   - Resolución : 1ppb - 0.1ppb
   - Linealidad : 1% de Escala
   - Deriva : 1% de Escala
   - Procedencia : Estados Unidos
   - Identificación / Código interno : [illegible]
5. Lugar de Calibración : Laboratorio de Gases - Green Group PE SAC
6. Fecha de Calibración : 2023-09-05
7. Método de Calibración

La calibración se realizó por lecturas del equipo con gases patrón según "Procedimiento [illegible] para la calibración de analizadores de Gases" Green Group PE SAC.

Fecha de Emisión

2023-09-08

ENZO BARRERA ZAVALA
Gerente de Operaciones
GREEN GROUP PE S.A.C.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LG -255-2023

8. CONDICIONES AMBIENTALES

	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%H.R)	Presión atmosférica (mbar)
Inicial	21.1	43.4	[illegible]
Final	21.8	[illegible]	[illegible]

9. TRAZABILIDAD

Patrón usado	Código interno	N° de lote o N° de certificado	F. Vencimiento
GAS PATRÓN SO2	[illegible]	[illegible]	[illegible]
CAUDALÍMETRO	[illegible]	[illegible]	[illegible]
CAUDALÍMETRO	[illegible]	[illegible]	[illegible]

10. PARÁMETROS DE MEDICIÓN

Parámetros	Inicial	Final	Rango
Rango (ppb)	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Average Time (sec)	[illegible]	60	[illegible]
SO2 BKG	31.8	[illegible]	-
SO2 Coef	1.039	[illegible]	-
Internal Temp (°C)	27.8	[illegible]	[illegible]
Chamb Temp (°C)	45.2	45.2	[illegible]
Press (mmHg)	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Flow (L/min)	0.475	0.475	[illegible]
Lamp Intensity (%)	91	91	[illegible]
Lamp Voltage (v)	[illegible]	[illegible]	[illegible]
PMT Supply (v)	[illegible]	[illegible]	[illegible]

11. LECTURAS DE AJUSTE DEL INSTRUMENTO

Lectura de SO2

	Valor de referencia	Lectura inicial	Lectura Final	Unidades
Zero	0.0	16.2	2.1	ppb
Span	400	[illegible]	[illegible]	ppb
Zero	0.5	2	2	ppb

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LG -255-2023

12. RESULTADO DE MEDICIÓN

Lectura de SO2

Lectura del instrumento ppb	Valor de referencia ppb	Corrección ppb	Incertidumbre ppb
401.4	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
185.4	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
3.0	1.2	[illegible]	2.3

13. OBSERVACIONES

a) El instrumento se ajustó antes de la calibración.

b) El tiempo de estabilización de la lectura es de 10 minutos.

c) Considerar que 1 ppb equivale a [illegible]

d) De los resultados de la curva de calibración de SO2, la pendiente es [illegible] y el coeficiente de correlación es [illegible]

* Dato proporcionado por el usuario.

** El valor de referencia en cero no es considerado como un valor de gas patrón.

*** El resultado no está dentro del alcance de acreditación por INACAL.

GREEN GROUP PERÚ

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LG - 0572022

Pág. 1 de 3

1. Solicitado : ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL - OEFA
2. Dirección : Av. Faustino Sánchez Carrión Nro. 800 - Jesús María - Lima
3. RUC : 9756
4. Datos del Instrumento:
Instrumento de medición : Analizador automático para DQO
Marca : THERMO SCIENTIFIC
Modelo : iS5
Serie : 82523-4628
Resolución : 0.1ppb - 1 ppb
Linealidad : 1% de Escala
Exactitud : 1% de Escala
Procedencia : Estados Unidos
Identificación / Código interno : 572022010000
5. Lugar de Calibración : Laboratorio de Ventas - Green Group PE SAC
6. Fecha de Calibración : 2022-07-18
7. Método de Calibración:

La calibración se realizó por Validación del equipo con gases patrón según "Procedimiento PCG-01 para la calibración de analizadores de Ozono" Green Group PE SAC.

La trazabilidad de medición asegurada en la certificación de nuestro estándar multiplicada por el factor de cobertura k=2 no excede que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.
Los resultados emitidos son válidos solo para el instrumento en el momento de la calibración.
No recomienda el usuario recalibrar a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base a las características del instrumento.
La información declarada en el presente certificado no sido extraída siguiendo las directrices de: "Guía para la redacción de la Incertidumbre de medida" primera edición, traducción CEM 1998 y los documentos del EA-4/02:M:2013 "Expresión de la incertidumbre de la Medidas de las Calibraciones" Rev01: Setiembre 2013.
El certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, sin letras y pulso cursivo de validez.
Está prohibido toda reproducción parcial del presente certificado sin la autorización escrita de GREEN GROUP PE S.A.C.

Fecha de Emisión

2022-07-18

CARLOS ELIAS DEL CASTILLO
Jefe de Laboratorio de Calibración
GREEN GROUP PE S.A.C.

GREEN GROUP PERÚ

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LG - 0572022

Pág. 2 de 3

8. CONDICIONES AMBIENTALES

	Temperatura (°C)	Humedad relativa (% H.R.)	Presión atmosférica (mbar)
Inicial	22.0	65.0	1000.1
Final	23.0	64.0	999.4

9. TRAZABILIDAD

Patrón usado	Código interno	N° de lote o N° de certificado	F. Vencimiento
GAS PATRÓN 500	GGP-CG-11.2	20220307	2023-06-03
CHAMA MK750	GGP-CHM-03	SCAM24001	2023-06-03
CHAMA MK 502	GGP-CC-1	220503-01	2022-06-06

10. PARÁMETROS DE MEDICIÓN

Parámetros	Valor	Final	Rango
Range (ppb)	500	500	(0 - 500 ppm
Average Time (sec)	10	10	(0 a 300) s
SO2 Slope	14,5	11,8	-
SO2 Conf	0,02	0,014	-
Internal Temp (°C)	24	31,0	(0 a 47) °C
Chamb Temp (°C)	43	45,0	(47 a 51) °C
Press (mmHg)	751,9	725,9	(350 a 800) mmHg
Flow (L/min)	0,535	0,515	(0,3 a 1) L/min
Lamp Volts (DC)	10	10	(10 a 12)DC
Lamp Volts (V)	700	695	(690 a 1200) Volt
PMT Supply (V)	652,3	652,3	(-600 a -800) Volt

11. LECTURAS DE AJUSTE DEL INSTRUMENTO

Lectura de DQO

	Patrón	Lectura Inicial	Lectura Final	Unidades
Zero	1,2	1,8	1,2	ppb
Span	400	425	401	ppb
Zero	1,2	1,1	1,2	ppb

GREEN GROUP PERÚ

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LG - 0572022

Pág. 3 de 3

12. RESULTADO DE MEDICIÓN

Lectura de DQO

Lectura del Instrumento	Concentración del patrón	Corrección	Incertidumbre
(ppb)	(ppb)	(ppb)	(ppb)
401	400	-1	0
200	199	-1	0
100	100	0	0
50	151	4	5
1,4	1,2	4,2	2,2

13. OBSERVACIONES

a) El instrumento se ajustó antes de la calibración.
b) El tiempo de estabilización de la lectura es de 10 minutos.
c) Considerar que 1 ppb equivale a $1/10^{-9}$ unidad.
d) De los resultados de la curva de calibración de SO2, la pendiente es: 0,991 y el coeficiente de correlación es: 0,999

GREEN GROUP PERÚ

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO Nº LC-019

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº LG -254-2023

1. Solicitante : ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL - OEFA
2. Dirección : Av. Faustino Sánchez Carrión Nro. 603 - Jesús María - Lima
3. OTI : 5350-AI
4. Datos del Instrumento
   - Instrumento de medición : Analizador automático de Dióxido de Azufre
   - Marca : Thermo Scientific
   - Modelo : 43
   - Serie : [illegible]
   - Resolución : 1ppb - 0.1ppb
   - Linealidad : 1% de Escala
   - Deriva : 1% de Escala
   - Procedencia : Estados Unidos
   - Identificación / Código interno : [illegible]
5. Lugar de Calibración : Laboratorio de Gases - Green Group PE SAC
6. Fecha de Calibración : 2023-09-08
7. Método de Calibración

La calibración se realizó por técnicas del equipo con gases patrón, según "Procedimiento [illegible] para la calibración de analizadores de Gases" Green Group PE SAC.

La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura k=2 de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.
Los resultados emitidos son válidos solo para el instrumento en el momento de la calibración.
Se recomienda al usuario recalibrar a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base a las características del instrumento.
La incertidumbre declarada en el presente certificado ha sido estimado siguiendo las directrices de: "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" primera edición, septiembre 2008 CEM.
El certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, sin firma y sellos carecen de validez.
Está prohibida toda reproducción parcial del presente certificado sin la autorización previa de GREEN GROUP PE S.A.C.

Fecha de Emisión

2023-09-09

ENZO BARRETA ZAVALA
Gerente de Operaciones
GREEN GROUP PE S.A.C.

GREEN GROUP PERÚ

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO Nº LC-019

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº LG -254-2023

8. CONDICIONES AMBIENTALES

	Temperatura (°C)	Humedad relativa (% H.R)	Presión atmosférica (mbar)
Inicial	21.9	44.2	1001
Final	21.7	45.0	1001.1

9. TRAZABILIDAD

Patrón usado	Código Interno	Nº de lote o Nº de certificado	F. Vencimiento
GAS PATRÓN SO2	GGP-GS-26.6	[illegible]	2025-06-21
CAUDALÍMETRO	GGP-CFM-01	[illegible]	2024-05-03
CAUDALÍMETRO	GGP-41.5	[illegible]	2024-05-03

10. PARÁMETROS DE MEDICIÓN

Parámetro	Inicial	Final	Rango
Rango (ppb)	500	500	0 - 20 ppm
Average Time (sec)	300	300	(0 a 300) s
SO2 BKG	17.8	21.6	-
SO2 Coef	[illegible]	[illegible]	-
Internal Temp (°C)	27.7	29.4	(8 a 47) °C
Chamb Temp (°C)	44.9	44.9	(47 a 51) °C
Press (mmHg)	720.8	720.6	(500 a 800) mmHg
Flow (L/min)	0.485	0.457	(0.3 a 1) L/min
Lamp Intensity (%)	99	93	(40 - 100)%
Lamp Voltage (v)	801	807	(800 a 1200) Volt
PMT Supply (v)	442.7	460.7	(-400 a -900) Volt

11. LECTURAS DE AJUSTE DEL INSTRUMENTO

Lectura de SO2

	Valor de referencia	Lectura inicial	Lectura Final	Unidades
Zero	0.5	4.2	2.1	ppb
Span	400	378	401	ppb
Zero	0.5	2	2	ppb

GREEN GROUP PERÚ

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO Nº LC-019

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº LG -254-2023

12. RESULTADO DE MEDICIÓN

Lectura de SO2

Lectura del instrumento ppb	Valor de referencia ppb	Corrección ppb	Incertidumbre ppb
401.4	402.4	1.0	8.4
297.4	300.5	3.1	6.2
197.0	199.9	2.9	7.3
102.2	102.0	-0.2	8.8
2.0	1.2	-0.8	2.3

13. OBSERVACIONES
a) El instrumento se ajustó antes de la calibración.
b) El tiempo de estabilización de la lectura es de 10 minutos.
c) Considerar que 1 ppb equivale a 1.10[?] mol/mol.
(f) De los resultados de la curva de calibración de SO2, la pendiente es: 1.007 y el coeficiente de correlación es: 0.999.
* Dato proporcionado por el usuario.
** El valor de referencia en cero no es considerado como un valor de gas patrón.
*** El resultado no está dentro del alcance de acreditación por INACAL.

GREEN GROUP PERU

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 6922023

1. Solicitante : ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL - OEFA
2. Dirección : Av. Faustino Sánchez Carrión Nro. 603 - Jesús María – Lima
3. OTI : 6564-C
4. Datos del Instrumento:
Instrumento de medición : Medidor de Humedad (termohigrómetro)"
Marca : VAISALA
Modelo : HMP110
Serie : R4010001
Resolución : 1 % H.R.
Intervalo de indicación : 0 % H.R. a 100 % H.R.
Procedencia : Estados Unidos
Identificación / Código interno : 60227810-0001
5. Lugar de Calibración : Laboratorio de Meteorología - Green Group PE SAC.
6. Fecha de Calibración : 2023-09-09
7. Método de Calibración:
La calibración se realizó por comparación del instrumento con patrones trazables según "Procedimiento TH-007 para la calibración de medidores de condiciones ambientales de temperatura y humedad" del CEM-España.

- La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura k=2, de modo que la probabilidad de cobertura corresponda aproximadamente a un nivel de confianza del 95 %.
- Los resultados emitidos son válidos solo para el instrumento y sensor calibrado, en el momento de la calibración.
- Se recomienda al usuario recalibrar a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base a las características del instrumento.
- La incertidumbre declarada en el presente certificado ha sido estimado siguiendo las directrices de: "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" primera edición, septiembre 2008 CEM.
- Este certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, sin firma y sello carecen de validez.
- Esta prohibida toda reproducción parcial del presente certificado sin la autorización previa de GREEN GROUP PE S.A.C.

Fecha de Emisión
2023-09-10

ENZO BARRERA ZAVALA
Gerente de Operaciones
GREEN GROUP PE S.A.C.

FR01

GREEN GROUP PERU

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 6932023

1. Solicitante : ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL - OEFA
2. Dirección : Av. Faustino Sánchez Carrión Nro. 603 - Jesús María – Lima
3. OTI : 6564-M
4. Datos del Instrumento:
Instrumento de medición : Medidor de Temperatura (termohigrómetro) "
Marca : VAISALA
Modelo : HMP110
Serie : R4010001
Resolución : 0,01 °C
Intervalo de indicación : -40,0 °C a 60,0 °C
Procedencia : Estados Unidos
Identificación / Código interno : 60227810-0001
5. Lugar de Calibración : Laboratorio de Meteorología - Green Group PE SAC.
6. Fecha de Calibración : 2023-09-09
7. Método de Calibración:
La calibración se realizó por comparación del instrumento con patrones trazables según "Procedimiento TH-007 para la calibración de medidores de condiciones ambientales de temperatura y humedad" del CEM-España.

- La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura k=2, de modo que la probabilidad de cobertura corresponda aproximadamente a un nivel de confianza del 95 %.
- Las temperaturas convencionalmente verdaderas mostradas en los resultados de medición son las de la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (International Temperature Scale ITS-90).
- Los resultados emitidos son válidos solo para el instrumento y sensor calibrado, en el momento de la calibración.
- Se recomienda al usuario recalibrar a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base a las características del instrumento.
- La incertidumbre declarada en el presente certificado ha sido estimado siguiendo las directrices de: "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" primera edición, septiembre 2008 CEM.
- Este certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, sin firma y sello carecen de validez.
- Esta prohibida toda reproducción parcial del presente certificado sin la autorización previa de GREEN GROUP PE S.A.C.

Fecha de Emisión
2023-09-10

ENZO BARRERA ZAVALA
Gerente de Operaciones
GREEN GROUP PE S.A.C.

FR01

GREEN GROUP PERU

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM -6902023

1. Solicitante : ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL - OEFA
2. Dirección : Av. Faustino Sánchez Carrión Nro. 603 - Jesús María – Lima
3. OTI : 6564-M
4. Datos del Instrumento:
Instrumento de medición : Anemómetro
Marca : Young
Modelo : 5103-L
Serie : 071948
Resolución : 0,1 m/s
Intervalo de indicación : 1,0 m/s a 60,0 m/s
Procedencia : Estados Unidos
Identificación / Código interno : 60229861-0001
5. Lugar de Calibración : Laboratorio de Meteorología - Green Group PE SAC.
6. Fecha de Calibración : 2023-09-09
7. Método de Calibración:
La calibración se realizó por comparación del instrumento con patrones trazables según "POG-009 Procedimiento para la Calibración de Estaciones Meteorológicas (Anemómetros) - Green Group"

- La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura k=2, de modo que la probabilidad de cobertura corresponda aproximadamente a un nivel de confianza del 95 %.
- Los resultados emitidos son válidos solo para el instrumento y sensor calibrado, en el momento de la calibración.
- Se recomienda al usuario recalibrar a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base a las características del instrumento.
- La incertidumbre declarada en el presente certificado ha sido estimado siguiendo las directrices de: "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" primera edición, septiembre 2008 CEM.
- Este certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, sin firma y sello carecen de validez.
- Esta prohibida toda reproducción parcial del presente certificado sin la autorización previa de GREEN GROUP PE S.A.C.

Fecha de Emisión
2023-09-10

ENZO BARRERA ZAVALA
Gerente de Operaciones
GREEN GROUP PE S.A.C.

FR01

GREEN GROUP PERU

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 6892023

1. Solicitante : ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL - OEFA
2. Dirección : Av. Faustino Sánchez Carrión Nro. 603 - Jesús María – Lima
3. OTI : 6564-M
4. Datos del Instrumento:
Instrumento de medición : Barómetro "
Marca : Vaisala
Modelo : PTB110
Serie : R5410704
Resolución : 0,1 mbar
Intervalo de indicación : 500 mbar a 1100 mbar
Procedencia : Estados Unidos
Identificación / Código interno : 60229985-0001
5. Lugar de Calibración : Laboratorio de Meteorología - Green Group PE SAC.
6. Fecha de Calibración : 2023-09-09
7. Método de Calibración:
La calibración se realizó por comparación del instrumento con patrones trazables según "POG-009 Procedimiento para la Calibración de Estaciones Meteorológicas (Presión) - Green Group"

- La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura k=2, de modo que la probabilidad de cobertura corresponda aproximadamente a un nivel de confianza del 95 %.
- Los resultados emitidos son válidos solo para el instrumento y sensor calibrado, en el momento de la calibración.
- Se recomienda al usuario recalibrar a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base a las características del instrumento.
- La incertidumbre declarada en el presente certificado ha sido estimado siguiendo las directrices de: "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" primera edición, septiembre 2008 CEM.
- Este certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, sin firma y sello carecen de validez.
- Esta prohibida toda reproducción parcial del presente certificado sin la autorización previa de GREEN GROUP PE S.A.C.

Fecha de Emisión
2023-09-10

ENZO BARRERA ZAVALA
Gerente de Operaciones
GREEN GROUP PE S.A.C.

FR01