

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TESIS PARA OBTENER
EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AIRE DE LA
CANTERA LA LAGUNA, BAGUA GRANDE,
UTCUBAMBA, AMAZONAS**

Autor: Bach. Hitscliff Carrasco Ortiz

Asesora: MSc. Ingrid Aracelli Cassana Huamán

Registro: (.....)

CHACHAPOYAS – PERÚ

2023

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM



ANEXO 3-H

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM

1. Datos de autor 1

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): CARRASCO ORTIZ HITSCLIFF
DNI N°: 47215655
Correo electrónico: hitscliff.ortiz@gmail.com
Facultad: Ingeniería Civil y Ambiental
Escuela Profesional: Ingeniería Ambiental

Datos de autor 2

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): _____
DNI N°: _____
Correo electrónico: _____
Facultad: _____
Escuela Profesional: _____

2. Título de la tesis para obtener el Título Profesional

Evaluación de la Calidad de aire de la Cantero La Laguna, Bagua Grande, Tumbamba, Amazonas

3. Datos de asesor 1

Apellidos y nombres: Msc. Ingrid Araceli Cassana Huamán
DNI, Pasaporte, C.E N°: 42700594
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>) https://orcid.org/0000-0002-1843-5630

Datos de asesor 2

Apellidos y nombres: _____
DNI, Pasaporte, C.E N°: _____
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>) _____

4. Campo del conocimiento según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos- OCDE (ejemplo: Ciencias médicas, Ciencias de la Salud-Medicina básica- Inmunología)

2.07.00. Ingeniería Ambiental, 2.07.01. Ingeniería Ambiental y geológica

5. Originalidad del Trabajo

Con la presentación de esta ficha, el(la) autor(a) o autores(as) señalan expresamente que la obra es original, ya que sus contenidos son producto de su directa contribución intelectual. Se reconoce también que todos los datos y las referencias a materiales ya publicados están debidamente identificados con su respectivo crédito e incluidos en las notas bibliográficas y en las citas que se destacan como tal.

6. Autorización de publicación

El(los) titular(es) de los derechos de autor otorga a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), la autorización para la publicación del documento indicado en el punto 2, bajo la *Licencia creative commons* de tipo BY-NC: Licencia que permite distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial por lo que la Universidad deberá publicar la obra poniéndola en acceso libre en el repositorio institucional de la UNTRM y a su vez en el Registro Nacional de Trabajos de Investigación-RENATI, dejando constancia que el archivo digital que se está entregando, contiene la versión final del documento sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador.

Chachapoyas, 18 de Julio de 2023

Firma del autor 1

Firma del Asesor 1

Firma del autor 2

Firma del Asesor 2

DEDICATORIA

A Dios por iluminar mi camino durante este arduo viaje académico. Su constante presencia y fortaleza han sido la base que me ha sostenido en los momentos de dificultad.

A mis padres por su dedicación, amor y sacrificio, los cuales han sido pilares fundamentales en mi vida. Su inquebrantable confianza en mí y apoyo incondicional han sido mi inspiración diaria. Siempre creyeron en mis sueños y me animaron a perseguirlos. A través de su ejemplo, me mostraron el valor del esfuerzo y la perseverancia. Esta tesis es también su triunfo.

Hitscliff Carrasco Ortiz.

AGRADECIMIENTO

A mis docentes de la universidad, por su sabiduría y pasión por enseñar que han dejado una huella imborrable en mi camino académico. Agradezco profundamente su compromiso con la excelencia y apoyo constante. Las enseñanzas y orientación han moldeado mi mente y han fomentado mi amor por el aprendizaje. Me siento afortunado de haber tenido la oportunidad de aprender de vosotros/as.

A mis compañeros de estudios que, a lo largo de estos años, me han acompañado en esta larga travesía académica. Nuestros momentos de estudio, risas y desafíos compartidos han hecho que este viaje sea inolvidable. Gracias por vuestro apoyo incondicional, por alentarme en los momentos difíciles y celebrar conmigo en los momentos de triunfo. Vuestra amistad ha sido un bálsamo que ha enriquecido mi experiencia universitaria. Este logro es también de ellos.

Hitscliff Carrasco Ortiz.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ
DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Ph. D. JORGE LUIS MAICELO QUINTANA

Rector

Dr. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES

Vicerrector Académico

Dra. MARÍA NELLY LUJÁN ESPINOZA

Vicerrectora de investigación

Ph. D. RICARDO EDMUNDO. CAMPOS RAMOS

Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental

VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS



UNTRM

 REGLAMENTO GENERAL
 PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
 BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-L

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (X)/Profesional externo (), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada Evaluación de la Calidad de aire de la Cantera La Laguna, Bagua Grande Utcubamba, Amazonas. del egresado Hitscliff Carrasco Ortiz de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de esta Casa Superior de Estudios.

El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 24 de Mayo de 2023

Firma y nombre completo del Asesor

Ing. Msc. Ingrid Araceli Cassana
Huamán.



JURADO EVALUADOR DE LA TESIS



Mg. Jefferson Fitzgerald REYES FARJE

Presidente



M. Sc. Gino Alfredo VERGARA MEDINA

Secretario



Ing. Wildor GOSGOT ANGELES

Vocal

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-Q

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

Evaluación de la Calidad de aire de la Cantora La Laguna,
Bagua Grande, Utcubamba, Amazonas.

presentada por el estudiante ()/egresado (X) Hitscliff Carrasco Ortiz

de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

con correo electrónico institucional hitscliff.ce@gmail.com

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- La citada Tesis tiene 21 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (X) / igual () al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- La citada Tesis tiene _____ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.



Chachapoyas, 11 de Julio del 2023


SECRETARIO


PRESIDENTE


VOCAL

OBSERVACIONES:

.....
.....

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-5

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 18 de Julio del año 2023, siendo las 10:30 horas, el aspirante: Hitscliff Carrasco Ortiz, asesorado por Msc. Ingrid Aracelli Cassana Huamán defiende en sesión pública presencial () / a distancia () la Tesis titulada: Evaluación de la Calidad de Aire de La Cantero La Laguna, Bagua Grande, Utcubamba, Amazonas, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: Mg. Jefferson Fitzgerald Reyes Farje

Secretario: M.Sc. Gino Alfredo Vergara Malina

Vocal: Eng. Wilder Góngot Angeles

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado () por Unanimidad () / Mayoría () Desaprobado ()

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 11:15 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.


SECRETARIO


VOCAL


PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

.....

ÍNDICE GENERAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO DE LA UNTRM.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS.....	v
VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS.....	vi
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS	vii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS.....	viii
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS	ix
ÍNDICE O CONTENIDO GENERAL.....	x
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
I. INTRODUCCIÓN.....	16
II. MATERIAL Y MÉTODOS.....	19
2.1 Área de estudio	19
2.2 Datos meteorológicos.....	21
2.3 Monitoreos	21
2.4 Diseño de la investigación.....	22
2.5 Procedimiento metodológico.....	22
2.5.1. Inventariar proceso productivo.....	22
2.5.2. Niveles de concentración de material particulado	23
2.5.3. Distribución de la calidad de aire.....	27
III. RESULTADOS	28
3.1. Inventariar proceso productivo en la cantera	28
3.2. Niveles de concentración de PM10 y PM2.5	32
3.3. Distribución de la calidad del aire en la zona de influencia.....	37
IV. DISCUSIÓN	42
V. CONCLUSIONES.....	45

VI. RECOMENDACIONES	46
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
ANEXOS	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Datos meteorológicos de Bagua Grande</i>	21
Tabla 2. <i>Parámetros ambientales a monitorear</i>	21
Tabla 3. <i>Puntos de control de monitoreo de calidad de aire</i>	24
Tabla 4. <i>Cálculo de la distancia entre puntos de control</i>	25
Tabla 5. <i>Resultados de monitoreo de material particulado 2.5</i>	32
Tabla 6. <i>ANOVA de un factor para el PM 2.5</i>	34
Tabla 7. <i>Prueba Post Hoc de Scheffe para el PM 2.5</i>	34
Tabla 8. <i>Resultados de monitoreo de material particulado 10</i>	35
Tabla 9. <i>ANOVA de un factor para el PM 10</i>	36
Tabla 10. <i>Prueba Post Hoc de Scheffe para el PM 10</i>	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Ubicación Cantera La Laguna</i>	19
Figura 2. <i>Área de influencia y puntos de monitoreo de la Cantera La Laguna</i>	20
Figura 3. <i>Preparación de equipos para medición de calidad de aire</i>	24
Figura 4. <i>Equipos listos para el monitoreo de calidad de aire</i>	24
Figura 5. <i>Monitoreo en el CA-1: Caserío Santa Elena</i>	25
Figura 6. <i>Monitoreo en el CA-2: Cantera La Laguna</i>	25
Figura 7. <i>Monitoreo en el CA-3: Caserío La Laguna</i>	26
Figura 8. <i>Diagrama de flujo del proceso productivo en la cantera</i>	28
Figura 9. <i>Desbroce de topsoil en la cantera</i>	29
Figura 10. <i>Extracción del material</i>	29
Figura 11. <i>Zarandeo del material</i>	30
Figura 12. <i>Acopio del material</i>	30
Figura 13. <i>Carguío de material</i>	31
Figura 14. <i>Transporte de material</i>	32
Figura 15. <i>Variación de concentración de PM2.5 en Caserío Santa Elena y La Laguna</i>	33
Figura 16. <i>Variación de concentración de PM2.5 en Cantera la Laguna</i>	33
Figura 17. <i>Variación de concentración de PM10 en Caserío Santa Elena</i>	35
Figura 18. <i>Variación de concentración de PM10 en Caserío La Laguna</i>	35
Figura 19. <i>Variación de concentración de PM10 en Cantera la Laguna</i>	36
Figura 20. <i>Distribución de PM2.5 en el primer monitoreo: 16/20-12-2022</i>	38
Figura 21. <i>Distribución de PM2.5 en el segundo monitoreo: 24/30-01-2023</i>	39
Figura 22. <i>Distribución de PM10 en el primer monitoreo: 16/20-12-2022</i>	40
Figura 23. <i>Distribución de PM10 en el segundo monitoreo: 24/30-01-2023</i>	41

RESUMEN

Debido a la emisión de material particulado en las actividades mineras no metálicas de extracción de agregados en la región, la presente investigación tuvo como objetivo principal evaluar la calidad de aire de la Cantera La Laguna, Bagua Grande, Utcubamba, Amazonas, para constatar si cumple con los Estándares de Calidad de Aire (ECA) de PM_{2.5} y PM₁₀. El estudio tuvo una metodología descriptiva correlacional, donde se seleccionaron 3 puntos de control, uno en La Cantera La Laguna (CA-2) y los otros dos en los caseríos Santa Elena (CA-1) y La Laguna (CA-3) a 3.24 y 2.08 km de distancia respectivamente, tomando mediciones de concentración en diciembre de 2022 y enero de 2023. Se obtuvo como resultado que las concentraciones promedio en el CA-2 son de 60.02 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM 2.5 116.455 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM 10, superando el ECA, mientras que para CA-1 y CA-3, la concentración es baja. Se observó también que, por la distancia de la cantera, el material particulado es dispersado, razón por la cual los caseríos no tienen concentraciones elevadas. Se concluye finalmente que la calidad del aire en La Cantera La Laguna es desfavorable, pues supera los ECA de aire, por lo que se recomienda mantener los monitoreos de calidad de aire periódicamente a fin de evitar los niveles de concentración de PM_{2.5} y PM₁₀ aumenten.

Palabras clave: Material particulado, ECA, concentración, monitoreo.

ABSTRACT

Due to the emission of particulate material in the mining activities for the extraction of aggregates in the region, the present investigation had as main objective to evaluate the air quality of the La Laguna Quarry, Bagua Grande, Utcubamba, Amazonas, to verify if it complies with the Air Quality Standards (ECA) for PM_{2.5} and PM₁₀. The study had a descriptive correlational methodology, where 3 control points were selected, one in La Cantera La Laguna (CA-2) and the other two in the hamlets of Santa Elena (CA-1) and La Laguna (CA-3) to 3.24 and 2.08 km away respectively, taking concentration measurements in December 2022 and January 2023. The result was that the average concentrations in CA-2 are 60.02 µg/m³ for PM 2.5 116.455 µg/m³ for PM 10 , surpassing the ECA, while for CA-1 and CA-3, the concentration is low. It was also observed that, due to the distance from the quarry, the particulate matter is dispersed, which is why the hamlets do not have high concentrations. It is finally concluded that the air quality in La Cantera La Laguna is unfavorable, since it exceeds the ECA of air, for which it is recommended to maintain air quality monitoring periodically in order to avoid concentration levels of PM_{2.5} and PM₁₀ increase.

Key words: Particulate matter, ECA, concentration, monitoring

I. INTRODUCCIÓN

Hoy más que nunca, el medio ambiente se ha vuelto un tema muy importante alrededor del mundo. Los cambios de clima y los fenómenos naturales nos están mostrando que la contaminación sigue en aumento. La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2016) señala que este desequilibrio se da principalmente por la contaminación atmosférica, pues el aire es indispensable para la vida. Respirar aire puro favorece el crecimiento y desarrollo de los seres vivos, pero la OMS (2022) indica que, de 10 personas, 9 respiran aire contaminado, siendo causante de 7 millones de muertes prematuras al año.

La Agencia Reguladora de Mejorar la Calidad de Aire (AQMD, 2021) en Estados Unidos, indica que esta contaminación se da principalmente por las industrias y la agricultura, estimando que el 40% de los residuos son quemados al aire libre. Por otro lado, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM, 2019) indica que los vehículos causan el 25% de las emisiones de CO₂.

En el Perú es más grave la realidad, pues se encuentra en el puesto 38 del ranking de países con aire más contaminado elaborado por IQAir (2023), empresa privada suiza que monitorea la calidad del aire para las Naciones Unidas. Cuando se mide su puesto en América, es el país con peor calidad de aire, mientras que Lima está en el puesto 20 de las ciudades más contaminadas, esto a causa de la deforestación y la poca preocupación por controlar los contaminantes, generando muchos problemas de salud a los peruanos.

Por ello, el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2020) establece que el gobierno y sector privado deben trabajar en conjunto para cumplir los Estándares de Calidad Ambiental de Aire (ECA Aire), para asegurar niveles bajo de contaminantes y que no generen riesgo a la salud de los peruanos. Además, señala que la población debe ayudar a mitigar el problema con una mejor gestión de residuos en casa y evitar la quema de basura, mientras que se busca mejorar la legislación medioambiental, promoviendo el cuidado de las áreas verdes y la disminución de la huella de carbono de las empresas (Juste, 2021).

En Perú, la selva es muy importante por su vegetación y su función de purificador de aire (Zimmer, 2019), por lo que se espera que la calidad del aire sea mejor. Sin embargo, en regiones como Amazonas, a pesar de no tener un gran parque automotor, ni ser una urbe industrial, hay presencia de algunas empresas que generan material particulado, como la Cantera La Laguna, administrada por un consorcio privado que en sus actividades emiten partículas de polvo que contamina el aire, por lo que se plantea la pregunta ¿Cuál es la calidad de aire en la Cantera La Laguna, Bagua Grande, Utcubamba, Amazonas?

El estudio es importante pues las mediciones aportan conocimientos para entender la realidad del aire que rodea una cantera, lo que podrá ser tomado como antecedente para discutir estudios similares. Además, permitirá a la cantera conocer si sus actividades generan contaminación, para tomar medidas de mitigación ante el impacto de sus actividades y evitar sanciones. Finalmente, su importancia social es generar mayor conciencia ecológica que permita mantener el medio ambiente y la salud de los pobladores cercanos.

Se planteó como objetivo general evaluar la calidad de aire en la Cantera La Laguna, Bagua Grande, Utcubamba, Amazonas, a través de los objetivos específicos: inventariar el proceso productivo en la cantera que influye en la calidad del aire, determinar los niveles de concentración de PM10 y PM2.5 comparándolos con los ECA para aire señalados en el DS N.º 003-2017-MINAM y determinar la distribución de la calidad del aire en la zona de influencia de la cantera.

Como antecedentes se tiene estudios como el de Bui et al. (2020), que buscaron establecer un modelo para evaluar los daños a la salud por la contaminación del aire en el área de explotación de canteras en Vietnam. A través de un análisis bibliográfico rescató los monitoreos de una agencia local encontrando que en época de lluvias hay concentraciones bajas de $74.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en PM 10 debido a que el agua ayuda al asentamiento de polvo, pero en época seca se llega hasta $831.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, lo cual ha generado graves daño a los trabajadores que no usan una protección adecuada. El promedio anual es de $349.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, concluyendo que las canteras son una fuente emisora de material particulado por lo que sus actividades deben ser reguladas para proteger la integridad del personal.

Leon et al. (2020) evalúan la calidad del aire en el entorno laboral de las trabajadoras de 3 canteras congoleñas, esto a través de un monitor de calidad de aire que evaluó la concentración dentro de la cantera y en la ciudad a 1 km aproximadamente. Los resultados obtenidos para la cantera fueron en promedio de $205 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM 2.5, pero para la ciudad fue de solo $31.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, demostrando que las actividades de las canteras son altamente contaminantes y afectan la salud del personal, sobre todo cuando no usan EPP.

Nemer et al. (2020) también evaluaron la salud de poblaciones cercanas a canteras en Palestina, con un grupo de habitantes expuestos que viven en promedio a 250 m de la cantera, donde el 98% presentó quejas por tener polvo en sus viviendas y hay una gran prevalencia de diversos síntomas relacionados con el polvo, además el 75% asegura que la actividad de extracción es la que más ruido y polvo genera, incomodando su vida diaria.

Por otro lado, el grupo control que vive a más de 500 m de distancia de las canteras, apenas presenta síntomas y tiene una mejor calidad de vida, por lo que determinaron que la distancia es un factor clave para evitar estar expuesto a estos contaminantes.

Ekpa et al. (2022) evaluaron el efecto de la contaminación del aire por las actividades de la cantera en la agricultura y biodiversidad en Nigeria. Demostraron cómo en una zona árida, con gran presencia de polvo, las actividades de una cantera pueden empeorar grandemente la calidad de aire, pues de las 4 canteras evaluadas, se llegó a obtener concentraciones máximas de 26119.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM 2.5 y 3281,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM 10, en cambio, al distanciarse 1 km de la cantera, se obtienen valores máximos de 7889.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM 2.5 y 720 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM 10. Todos los valores superan por mucho el ECA de aire, pero confirman que, a mayor distancia de las canteras, mejor calidad de aire se tiene.

Sin embargo, a pesar de la contaminación, otros estudios demuestran que aplicando medidas adecuadas se puede controlar la contaminación. Licla (2021) buscó determinar la concentración de PM10 y PM2.5 en la Cantera Camucha para lo cual utilizó la gravimetría conforme el Protocolo Nacional de Monitoreo de Calidad del Aire. Se obtuvo como resultado que el nivel máximo de PM10 es de 10.23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y para PM 2.5: 4.36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ lo que está muy por debajo de lo estipulado en la normativa vigente. Se concluye que el material particulado emitido por las mismas actividades que se desarrollan para el aprovechamiento de la Cantera presenta un riesgo menor sin perjudicar la salud humana o al medio ambiente, pero esto se logra gracias a las medidas que la empresa aplica como el riego periódico, mantenimiento de vehículos y asentamiento de caminos.

Entre otros estudios importantes destaca el de Guzmán (2019) que buscó identificar en la Central Térmica de Ventanilla la calidad del aire, obteniendo como resultado que es aceptable, con valores máximos de 91.6 y 39.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10 y PM2.5. Esto se atribuye a la monitorización constante de los gases y partículas logrando que la concentración del material particulado y vapores permanezcan dentro de lo establecido, no causando un efecto real en el personal. Sin embargo, Cieza y Torres (2022) plantean otra razón por la que las concentraciones son tan bajas. Al medir la calidad de aire en un molino de Chiclayo, encontró que las el PM10 y PM2.5 no se concentraban por encima de los 7.98 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, siendo tan bajos por el efecto del aire para dispersar las partículas y porque se realizaron las evaluaciones en fechas donde se realizaba mantenimiento a las máquinas y no estaban funcionando. Se concluye que el aire no está contaminado, pero se debe evaluar la calidad constantemente para verificar que los resultados sean significativos.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Área de estudio

La investigación se llevó a cabo en la Cantera La Laguna, cerca del Caserío del mismo nombre y de Santa Elena, en Amazonas, Distrito de Bagua Grande, Provincia de Utcubamba, Departamento de Amazonas, a 727 msnm.

Figura 1
Ubicación Cantera La Laguna

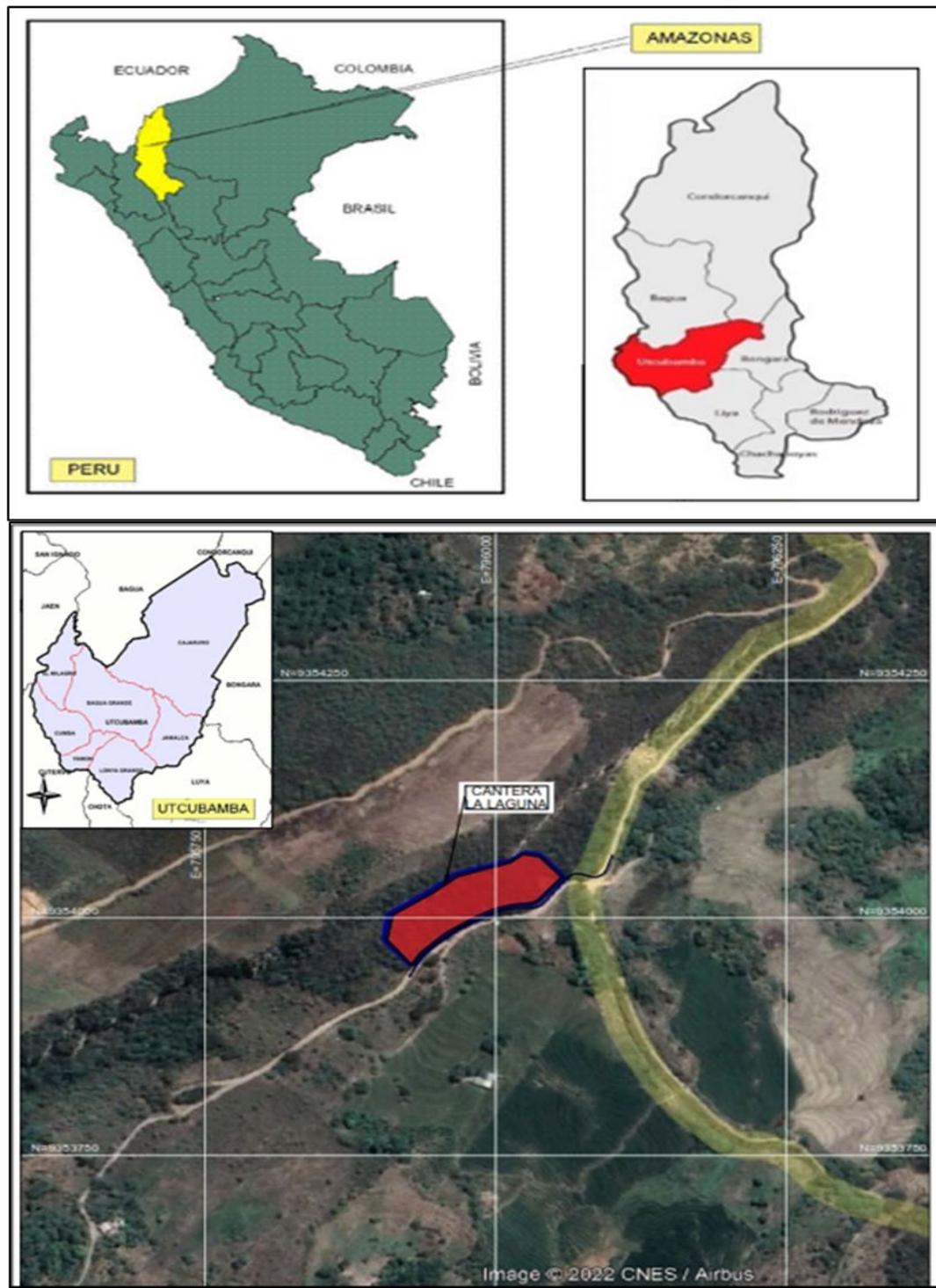
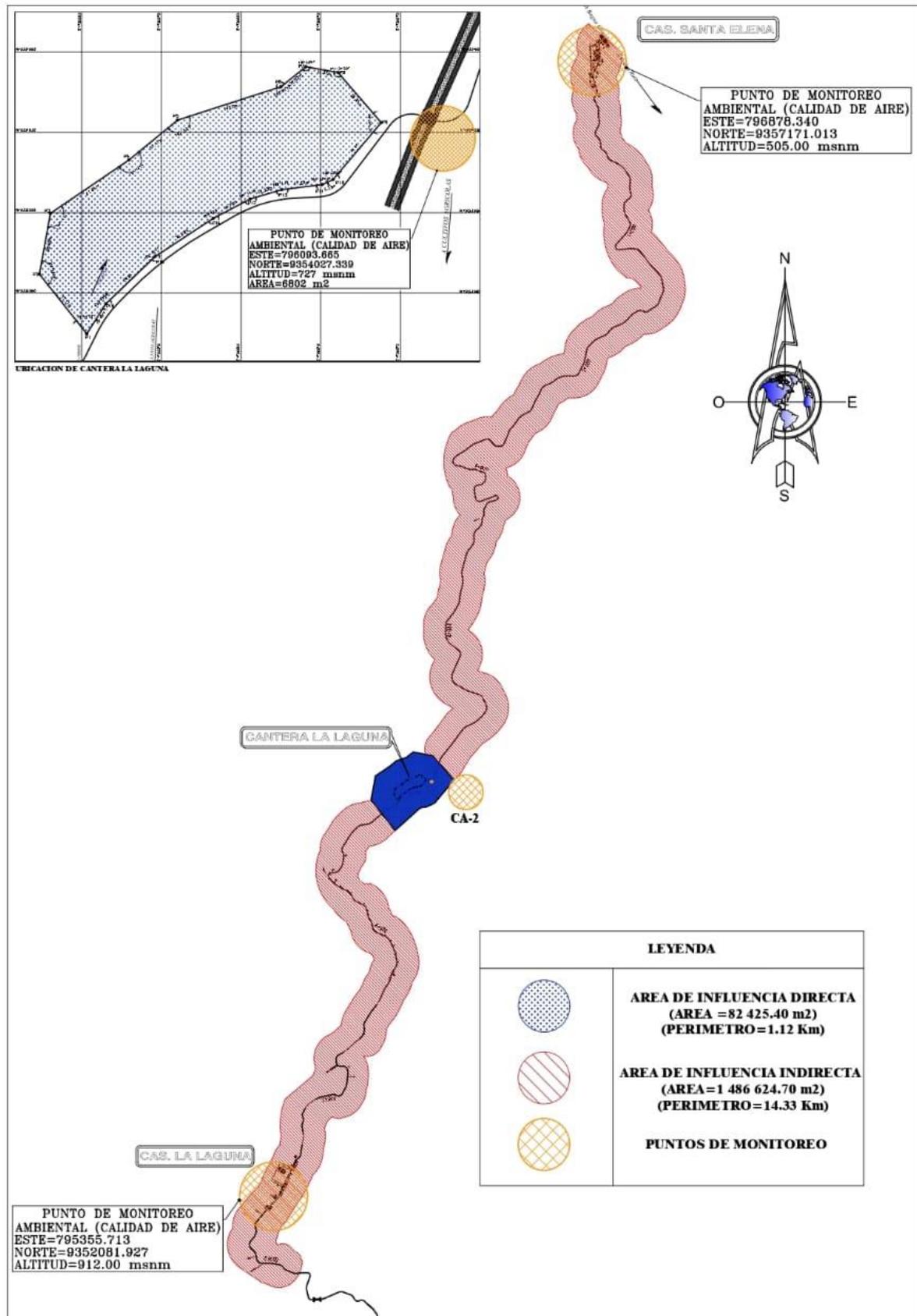


Figura 2

Área de influencia y puntos de monitoreo de la Cantera La Laguna



Área de influencia directa: La Cantera la Laguna con un perímetro de 1.12 km, el cual contempla un área de 82,425.40 m².

Área de influencia indirecta: Se consideró a los caseríos Santa Elena y La Laguna, con 14.33 km de perímetro.

2.2 Datos meteorológicos

Se rescatan los datos meteorológicos de Bagua Grande según SENAMHI (2023) en los meses próximos a la evaluación observada, obteniendo los siguientes datos:

Tabla 1

Datos meteorológicos de Bagua Grande

Mes	Temperatura		Precipitación		Viento	
	máxima (°C)	mínima (°C)	Máxima (mm)	Promedio (mm)	Dirección	Velocidad promedio (m/s)
Octubre -22	38.0	18.0	19.7	1.13	N	1.52
Noviembre -22	39.4	20.2	21.8	1.39	N	1.75
Diciembre -22	39.6	19.6	26.6	0.93	N	2.10
Enero -23	35.8	21.1	19.4	2.11	N	1.87
Febrero -23	34.2	20.2	7.1	0.65	NW	2.36
Marzo -23	36	21	59	3.15	N	1.93

Fuente: SENAMHI (2023)

Se observa que en los meses evaluados de diciembre y enero hay presencia de viento soplando hacia el norte, lo que podría influir al momento de evaluar la calidad del aire en las localidades cercanas.

2.3 Monitoreos

Los monitoreos se realizaron para identificar la concentración de material particulado PM2.5, PM10 presentes en la atmósfera, generados por las actividades de la Cantera La Laguna, en Bagua Grande, Utcubamba, Amazonas. Se siguen los siguientes parámetros:

Tabla 2

Parámetros ambientales a monitorear

Parámetros	Tiempo	Valor $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Evaluación	Método de análisis
PM 2.5: Material Particulado con menor diámetro de 2,5 micras	24 horas	50	Más de 7 veces en el año	(Gravimetría)
PM 10: Material Particulado con menor diámetro de 10 micras	24 horas	100	Más de 7 veces en el año	(Gravimetría)

Fuente: D.S. 003-2017-MINAM, ECA- AIRE.

Para los monitoreos se aplicó un muestreo probabilístico aleatorio, considerando las estaciones de barlovento y sotavento (MINAM, 2017).

2.4 Diseño de la investigación

El presente estudio se basa en la observación para obtener datos de la realidad durante un periodo de tiempo determinado, lo que se asocia con una estrategia descriptiva-explicativa (Hernández, et al, 2014)

Las variables son estudiadas de tal forma que se pueda explicar sus características, propiedades e influencia en su entorno, determinando si se cumple el ECA del aire a pesar de la presencia de la cantera.

2.5 Procedimiento metodológico

2.5.1. Inventariar proceso productivo

La cantera tiene como actividad la explotación de material que se usa para afirmar infraestructura vial en el proceso de ejecución. Para ello se realiza una serie de procedimientos con el fin de tener el material en las mejores condiciones, cumpliendo con los requerimientos técnicos y parámetros necesarios para aplicarse eficientemente en la vía, logrando finalmente mejorar la calidad de vida de las poblaciones aledañas.

En la cantera se desarrollan actividades a cielo abierto con la aplicación de cortes en forma de banquetas, utilizando excavadoras con una cuchara de 1 m³, un cargador frontal, una cisterna de capacidad de 4 mil galones de agua, 03 volquetes de 15 m³ y finalmente herramientas como palas y picos para la extracción del material (Licla Tomayro, 2021).

Se verificó in situ las actividades que se ejecutan tomando en cuenta la fuente generadora de impactos ambientales que inciden en la calidad de aire, capturando fotografías de las actividades más importantes que son: desbroce, extracción, zarandeo y acopio.

Finalmente se procedió a elaborar un diagrama que describe las actividades en la Cantera La Laguna, identificando qué acciones causan contaminación con la emisión de polvo. Este gráfico permite conocer de manera general los procesos internos y entender cómo las actividades están interconectadas y conducen a la consecución de un objetivo común (Fernández & Fernández, 2015).

2.5.2. Niveles de concentración de material particulado

Se tomaron muestras en 3 puntos de monitoreo estratégicos, con el fin de evaluar la concentración de material particulado, comparar los resultados y verificar si cumplen con los estándares plasmados en el DS N° 003-2017-MINAM, siendo menor que el ECA de aire. Según el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad del Aire, el PM10 y PM2,5 serán evaluados por gravimetría, evaluando su efecto en la cantera La Laguna (SINIA, 2019).

Este proceso fue realizado con un laboratorio de ensayo acreditado: Servicios Analíticos Generales SAC, que cuenta con equipos y procesos certificados (Anexo 1 y 2) por el Instituto Nacional de Calidad – INACAL, lo que da confiabilidad a los resultados.

Se utilizó el equipo Low-Vol, un muestreador de partículas ECS -2000, con una tobera para capturar el PM 2.5. Este equipo aspira aire del medio ambiente a flujo constante dentro de un orificio de forma especial, y es en donde el material particulado en suspensión es separado inicialmente en fracciones de uno o más tamaños dentro del rango menor a 2,5 micras. Cada fracción de partículas captadas según su tamaño, dentro del rango establecido, es colectado en un filtro durante 24 h, que tiene registrado el peso inicial antes de la prueba; posteriormente, el filtro colectado es pesado (una vez equilibrada la temperatura). Con esto se determina la ganancia neta (masa) recolectada para calcular la concentración de contaminantes. El volumen del total del aire muestreado se corrige a condiciones normales de 25 °C y 101,3 kPa, y es determinado a partir del flujo medido y tiempo de muestreo (Licla Tomayro, 2021).

Así mismo el equipo Hi-Vol que tiene la misma estructura de funcionamiento, aunque para partículas de mayor tamaño: PM10. Se recolectan en el filtro durante el monitoreo, se pesan y se calcula la diferencia de peso neto para calcular la concentración. Estos equipos tienen sensores de temperatura y presión ambiental que permiten lograr un flujo constante de aire.

Figura 3

Preparación de equipos para medición de calidad de aire



Figura 4

Equipos listos para el monitoreo de calidad de aire



Se señalaron los puntos de monitoreo que están detallados en la tabla 3, donde se recogieron las muestras durante 24 horas en 2 periodos distintos.

Tabla 3

Puntos de control de monitoreo de calidad de aire

Descripción del Punto Monitoreo	Código Estación	Altitud (msnm)	Coordenadas UTM	
			Este	Norte
Caserío Santa Elena (Barlovento)	CA-1	505	796878.3407	9357171.013
Cantera La Laguna (Barlovento)	CA-2	727	796093.665	9354027.34
Caserío La Laguna (Sotavento)	CA-3	912	795355.7135	9352081.927

Además, se obtuvo la distancia entre los puntos de monitoreo con la fórmula de la distancia entre 2 coordenadas, esto para poder identificar si la concentración de material particulado disminuye según la distancia de la cantera.

Tabla 4

Cálculo de la distancia entre puntos de control

Inicio	Fin	Distancia	
		$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$	
Cantera La Laguna	Caserío Santa Elena	3240.12282 m	3.2401 km
Cantera La Laguna	Caserío La Laguna	2080.67397 m	2.0807 km

Finalmente se tomó registro fotográfico de los monitoreos realizados:

Figura 5

Monitoreo en el CA-1: Caserío Santa Elena



Figura 6

Monitoreo en el CA-2: Cantera La Laguna



Figura 7

Monitoreo en el CA-3: Caserío La Laguna



2.5.2.1. Análisis de laboratorio por gravimetría

Se utilizó un mes como período de medición porque no se dispone de una bomba automática para aspirar el flujo de aire necesario para que este reactor reaccione; en su lugar, se utiliza una bomba gravimétrica para aspirar aire o gases, que luego se almacenan en el filtro muestreador y se llevan al laboratorio para que se verifique el peso inicial y final del polvo y/o material particulado acumulado en cada una de las muestras (MINAM, (2020).

Los pasos iniciales incluyen la manipulación del filtro y una evaluación visual en busca de defectos como agujeros, solapamientos, decoloración y un filtro irregular. De tal manera el laboratorio acreditado Servicios Analíticos Generales SAC envió los resultados de los niveles de contaminantes detectados y medidos al investigador.

2.5.2.2. Análisis estadístico

Se realizó el método estadístico ANOVA o análisis de la varianza para conocer si los resultados obtenidos del muestreo en las estaciones de monitoreo superan los valores de ECAs establecidos en la normativa vigente y son significativos. Este método se desarrolló utilizando el programa SPSS 25, registrando las mediciones encontradas, hallando los promedios de las mediciones y con el software calcular si la varianza entre las medias es suficiente para considerar que son estadísticamente diferentes.

2.5.3. Distribución de la calidad de aire

Se utilizó la herramienta Software ArcGIS 10.8 para elaborar los mapas que permitió conocer la distribución de material particulado suspendido en el aire del área de influencia de la Cantera La Laguna. En ArcGIS se añadieron las coordenadas para señalar la ubicación exacta de los monitoreos y se agregaron los datos de las concentraciones, generando un mapa que el programa señala con diferentes colores según qué lugar tiene mayor o menor concentración, esto permite analizar patrones, alcances y áreas de influencia (Smith, 2022).

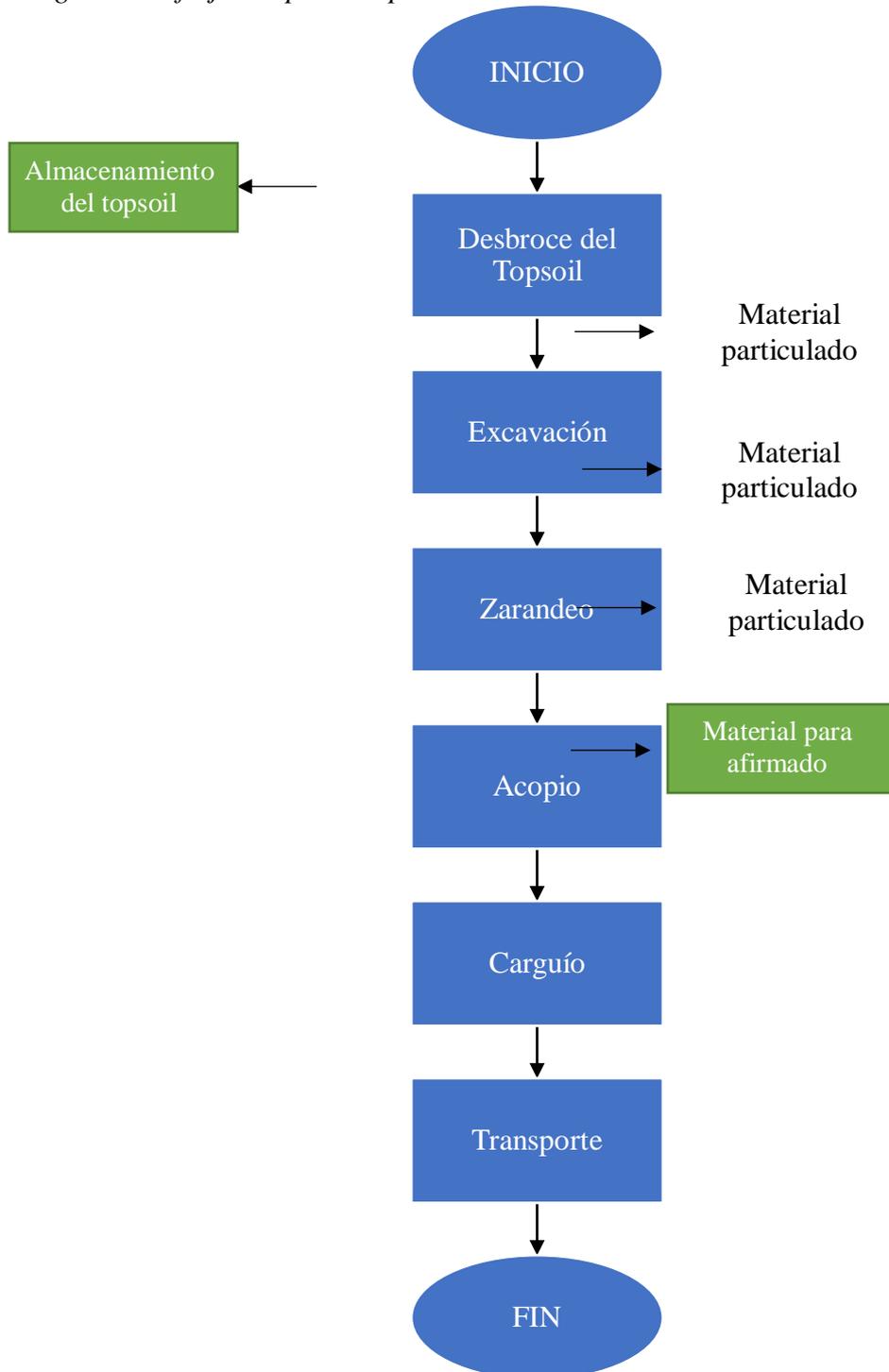
III. RESULTADOS

3.1. Inventariar proceso productivo en la Cantera La Laguna

Se presenta el flujo de los procesos de la cantera en la figura 8:

Figura 8

Diagrama de flujo del proceso productivo en la cantera



Desbroce del Topsoil: Previamente se evalúa el terreno para identificar vegetación, calidad de suelo y alguna posible contaminación, lo que permite determinar el enfoque adecuado para el desbroce y aplicar alguna medida de mitigación ambiental. Una vez evaluado se lleva a cabo la remoción de las plantas y demás vegetación en el área especificada, implicando tala de árboles, arbustos u otras plantas, eliminando la capa superior del suelo. Además, todo lo desbrozado se almacena en áreas específicas para ser usados en una posterior restauración o relleno de áreas afectadas.

Figura 9

Desbroce de topsoil en la cantera



Extracción: Primero se prepara el lugar de trabajo donde ya se ha removido el topsoil, despejando obstáculos, señalando caminos y áreas de trabajo, así como áreas seguras. Utilizando excavadoras, se extrae el material en un área específica para ser dispuesta luego al siguiente paso.

Figura 10

Extracción del material



Zarandeo de material: Se zarandea el material excavado con el fin de clasificar y separar partículas no deseadas en el producto final. Se utiliza una zaranda de acero corrugado y una excavadora en este caso para disminuir el tamaño del material. Una vez con el tamaño adecuado, se alimenta al equipo de zarandeo, con material de manera continua, separando el material fino de elementos grandes. Finalmente, los materiales obtenidos se clasifican según su tamaño o calidad.

Figura 11
Zarandeo del material



Acopio de material: Después de haber preparado el terreno con una superficie estable para almacenar el material, las excavadoras proceden a trasladar el material clasificado a las áreas de acopio, donde se verificará la calidad, cantidad y características del material recibido. Se realizará también un seguimiento para mantener controlado el inventario y se dispondrá de los materiales no deseados o residuos para su eliminación.

Figura 12
Acopio del material



Son en las etapas de extracción, zarandeo y acopio de material donde se genera una considerable emisión de polvo y material particulado en el aire. Si bien, en el resto de las etapas también se generan, esto es en menor cantidad.

Carguío de material: Se preparan los camiones de transporte donde se cargará el material para ser trasladado. Se medirá la capacidad y el equilibrio de cada vehículo, así como su seguridad. Una vez cargado el material, se asegura que la cantidad de material cumpla los límites de carga establecidos y se asegura por medio de redes de contención para evitar deslizamientos durante el transporte. Se registra y documenta el material, para finalmente liberar los equipos de carga y proceder a su limpieza y mantenimiento.

Figura 13
Carguío de material



Transporte del material: Finalmente, los volquetes se desplazan desde la cantera hasta el área para su descarga y luego ser lastrado en la vía donde se afirmará, cuidando las normas de tránsito y seguridad vial para carga pesada. Ya en el destino se procede a descargar y documentar las cantidades, fechas, rutas y tiempos para mantener el control del proceso.

Figura 14
Transporte de material



Por tanto, considerando el proceso productivo, donde más material particulado se emite son en la excavación, zarandeo y acopio, por lo que las mediciones y recomendaciones deben realizarse alrededor de estas actividades.

3.2. Niveles de concentración de PM10 y PM2.5

El material particulado se monitoreó en 2 ocasiones, del 16 al 20 de diciembre de 2022 y del 24 al 30 de enero de 2023 en los 3 puntos de control, analizando primero los resultados del PM 2.5 en la tabla 5, con sus mediciones en el Anexo 3.

Tabla 5
Resultados de monitoreo de material particulado 2.5

ID	Punto de control	Diferencia de Peso de Filtro	Fecha	Concentración ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
CA-01	Caserío Santa Elena	0.000235	17/18-12-2022	9.79	11.415
		0.000313	25/26-01-2023	13.04	
CA-02	Cantera la Laguna	0.001369	19/20-12-2022	57.04	60.02
		0.001512	27/28-01-2023	63	
CA-03	Caserío La Laguna	0.000663	19/20-12-2022	27.62	26.37
		0.000603	29/30-01-2023	25.12	

Figura 15

Variación de concentración de PM2.5 en Caserío Santa Elena y La Laguna

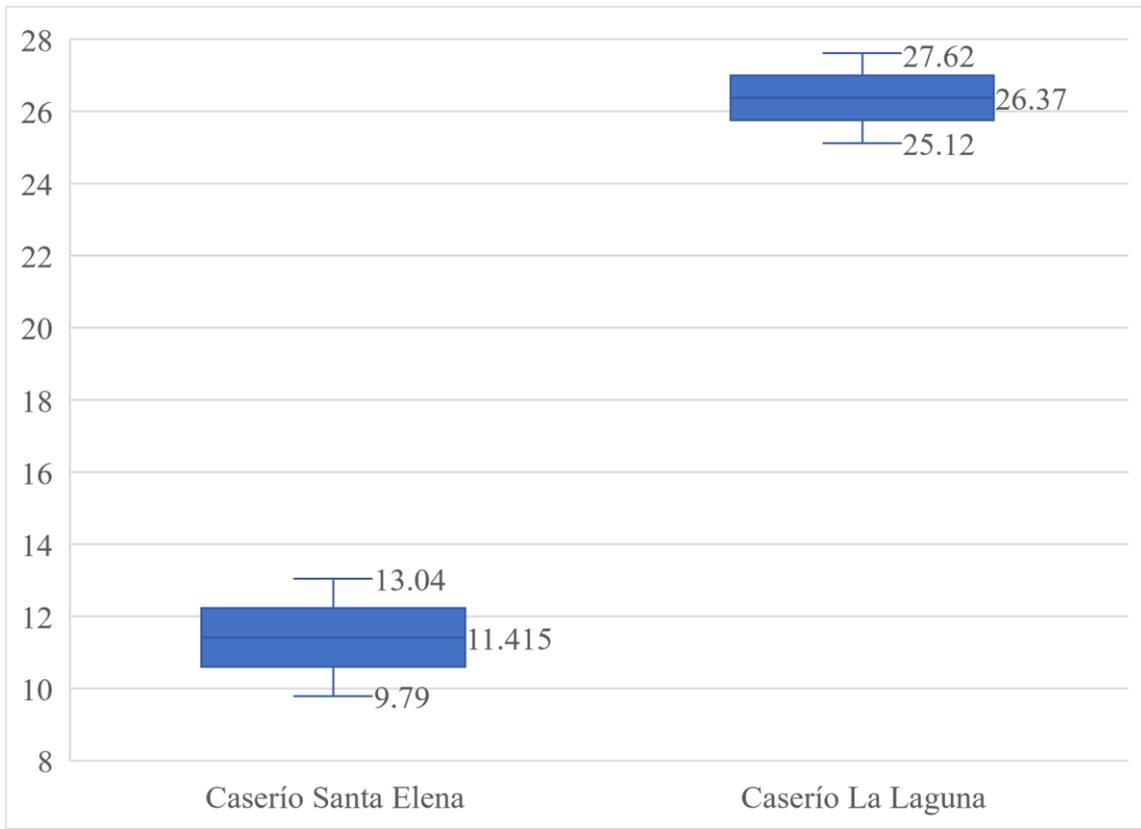
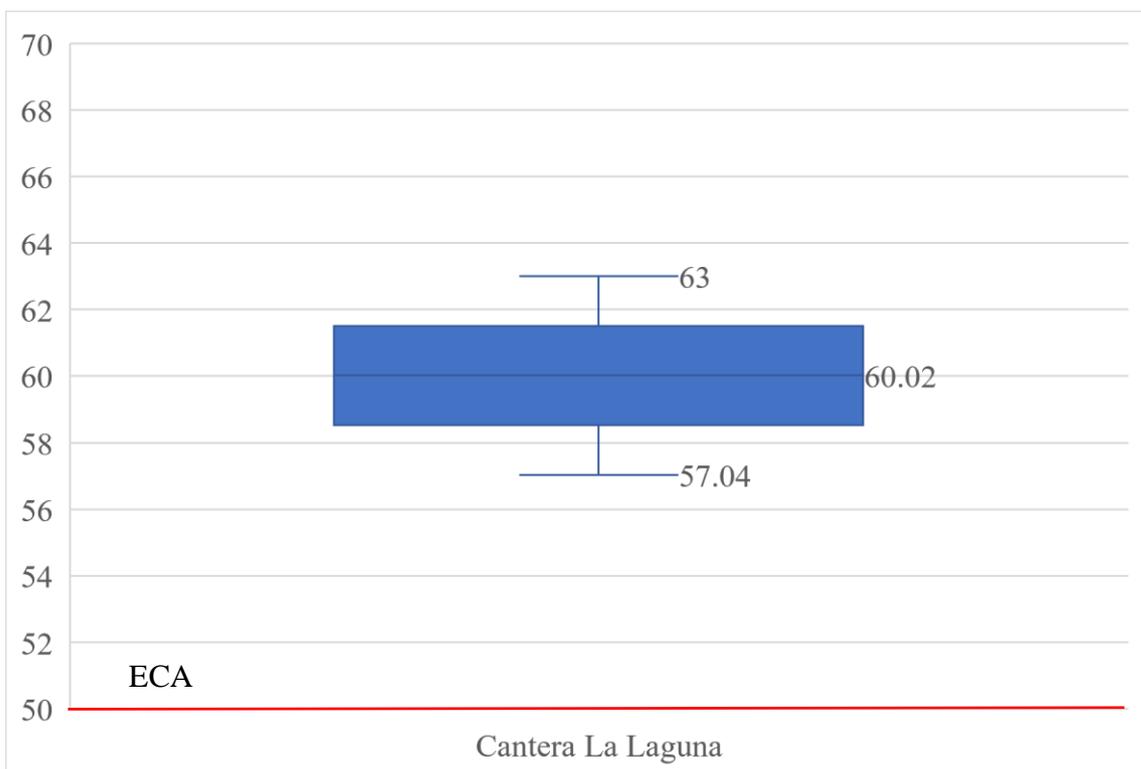


Figura 16

Variación de concentración de PM2.5 en Cantera la Laguna



En la figura 15 se tiene que las concentraciones de PM2.5 en el caserío Santa Elena son mínimas, nunca excediendo el ECA y con una variación muy baja. En el Caserío la Laguna tampoco superan el ECA, pero hay mayor presencia de PM2.5.

En cambio, en la figura 16 se observa que la Cantera La Laguna tiene una concentración promedio de 60.02 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, superando el ECA de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con una variación de resultados considerable, incluso llegando a máximos de 63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Esto confirma que mientras más cercano se encuentre a la cantera, mayor concentración de PM2.5 se registra.

Sin embargo, para poder confirmar si es que las concentraciones tienen diferencias significativas, se realiza el análisis ANOVA.

Tabla 6
ANOVA de un factor para el PM 2.5

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significancia (Sig.)
Entre grupos	2478,947	2	1239,474	142,103	,001
Dentro de grupos	26,167	3	8,722		
Total	2505,114	5			

Tabla 7
Prueba Post Hoc de Scheffe para el PM 2.5

(I) Punto de control	(J) Punto de control	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
Caserío Santa Elena	Cantera La Laguna	-48,60500*	2,95336	,001
	Caserío La Laguna	-14,95500*	2,95336	,034
Cantera La Laguna	Caserío Santa Elena	48,60500*	2,95336	,001
	Caserío La Laguna	33,65000*	2,95336	,003
Caserío La Laguna	Caserío Santa Elena	14,95500*	2,95336	,034
	Cantera La Laguna	-33,65000*	2,95336	,003

Se observa en la tabla 6 que la significancia es 0.001, por lo que se puede afirmar que al menos una de las medias de las concentraciones de PM2.5 es estadísticamente diferente. Para ello se evalúa la tabla 7, donde se muestra que todos los puntos de control tienen una significancia menor a 0.05, por lo que se afirma de que la concentración de PM2.5 en los puntos de control tienen diferencia significativa; aunque se resalta que los caseríos están cerca de ser estadísticamente iguales, pues sus resultados son bajos.

De la misma forma se analizan los resultados del PM10:

Tabla 8

Resultados de monitoreo de material particulado 10

ID	Punto de control	Diferencia de Peso de Filtro	Fecha	Concentración ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
CA-01	Caserío	0.000553	16/17-12-2022	23.04	22.745
	Santa Elena	0.000539	24/25-01-2023	22.45	
CA-02	Cantera la	0.002610	18/19-12-2022	108.75	116.455
	Laguna	0.002980	26/27-01-2023	124.16	
CA-03	Caserío La	0.001157	18/19-12-2022	48.20	48.66
	Laguna	0.001179	28/29-01-2023	49.12	

Figura 17

Variación de concentración de PM10 en Caserío Santa Elena

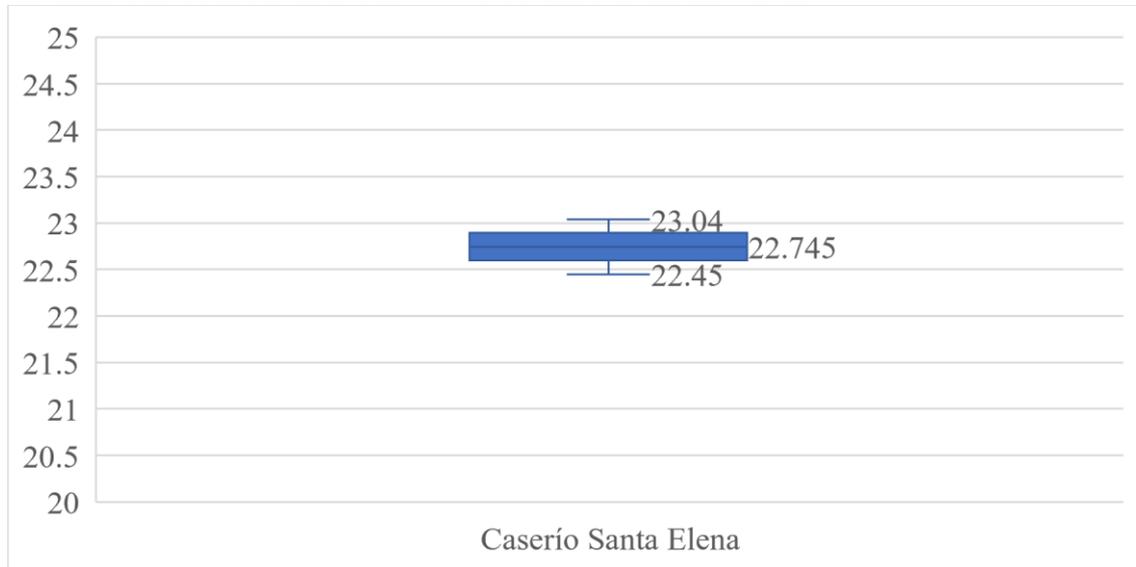


Figura 18

Variación de concentración de PM10 en Caserío La Laguna

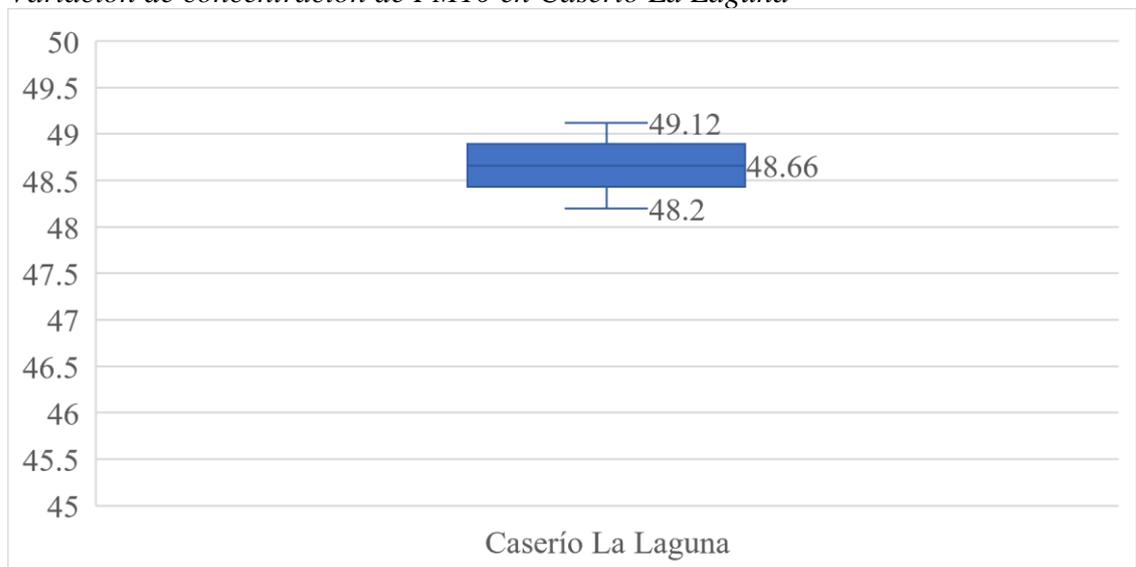
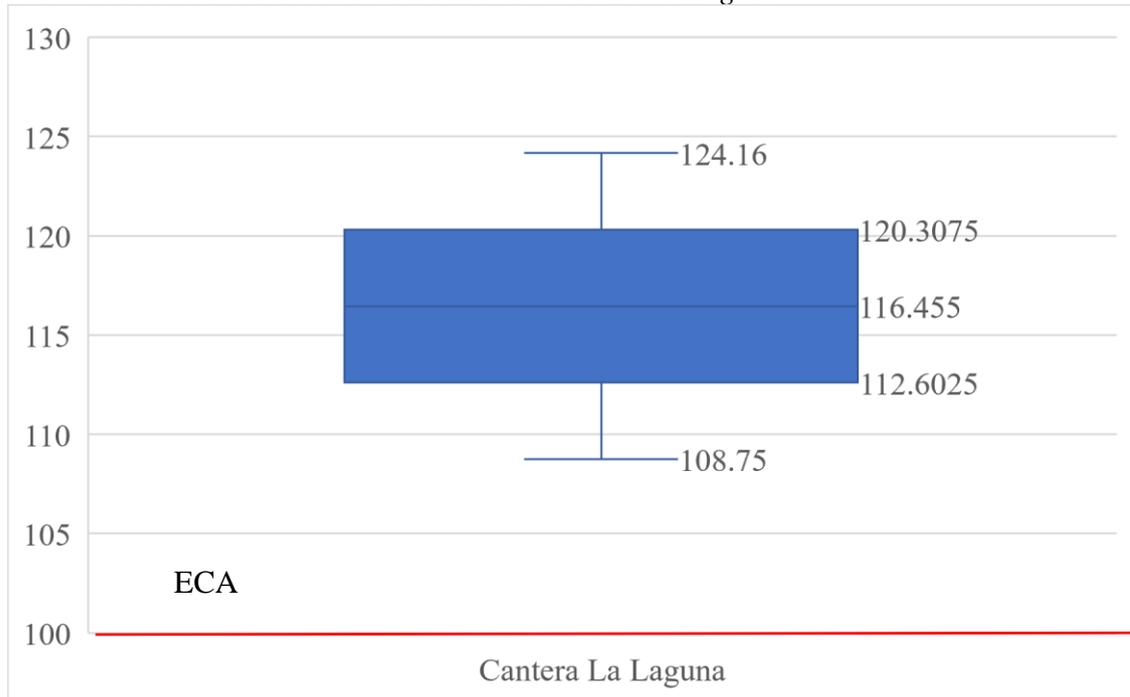


Figura 19

Variación de concentración de PM10 en Cantera la Laguna



En la figura 17, el PM 10 en el caserío Santa Elena tiene una concentración baja, al igual que para el PM 2.5. En la figura 18, el Caserío la Laguna tampoco supera el ECA, pero casi duplica lo encontrado en Santa Elena y se resalta que su variación es apenas perceptible, manteniendo valores muy cercanos.

Por otro lado, en la figura 19 se observa que en la Cantera La Laguna, se tiene una concentración promedio de $116.455 \mu\text{g}/\text{m}^3$, superando el ECA de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y con resultados que varían llegando a máximos de $124.16 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Esto de igual manera confirma que a mayor cercanía a la cantera hay mayor presencia de PM 10, siendo los puntos de control de la cantera, los únicos que sobrepasan el ECA.

Por tanto, con el análisis ANOVA se evalúa si las concentraciones tienen diferencias significativas.

Tabla 9

ANOVA de un factor para el PM 10

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	9366,209	2	4683,104	117,734	,001
Dentro de grupos	119,331	3	39,777		
Total	9485,540	5			

Tabla 10*Prueba Post Hoc de Scheffe para el PM 10*

(I) Punto de control	(J) Punto de control	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
Caserío Santa Elena	Cantera La Laguna	-93,71000	6,30691	,002
	Caserío La Laguna	-25,91500*	6,30691	,059
Cantera La Laguna	Caserío Santa Elena	93,71000	6,30691	,002
	Caserío La Laguna	67,79500	6,30691	,004
Caserío La Laguna	Caserío Santa Elena	25,91500*	6,30691	,059
	Cantera La Laguna	-67,79500	6,30691	,004

Se observa en la tabla 9 que la significancia es 0.001, por lo que se puede afirmar que al menos una de las medias de las concentraciones de PM10 es estadísticamente diferente. Para ello se evalúa la tabla 10, donde se muestra que entre el Caserío Santa Elena y el Caserío La Laguna no hay diferencia significativa, pues su p valor es 0.059, mayor a 0.05, por lo que sus resultados son ambos muy bajos, mientras que para los puntos de control de los caseríos con la Cantera La Laguna sí presentan diferencias significativas.

3.3. Distribución de la calidad del aire en la zona de influencia

Finalmente se plasma en un mapa la distribución del PM 10 y PM 2.5 en ambos monitoreos en las figuras 20, 21, 22 y 23, siendo la gradiente de color verde y/o amarillo cuando está dentro de los ECA y de color rojo cuando lo está sobrepasando. Se observa entonces que, en el punto de control de la Cantera La Laguna, se tiene mayor presencia de ambos contaminantes que superan los ECA's, abarcando una gran área que genera riesgo para la salud.

Sin embargo, debido a la distancia, en el punto de monitoreo del Caserío La Laguna, ubicado a 2.08 km de la cantera, la concentración del material particulado es bajo, por debajo del ECA. De la misma forma, para el punto de monitoreo del Caserío Santa Elena, ubicado a 3.24 km de la cantera, la concentración del contaminante está muy por debajo del ECA.

Considerando que los resultados son significativamente diferentes en cada estación y en base al mapa de distribución, se puede afirmar que la cantera emite material particulado y cuánto más distantes se encuentren los Caseríos de esta, mejor calidad de aire se presenta en los mismos.

Figura 20
 Distribución de PM2.5 en el primer monitoreo: 16/20-12-2022

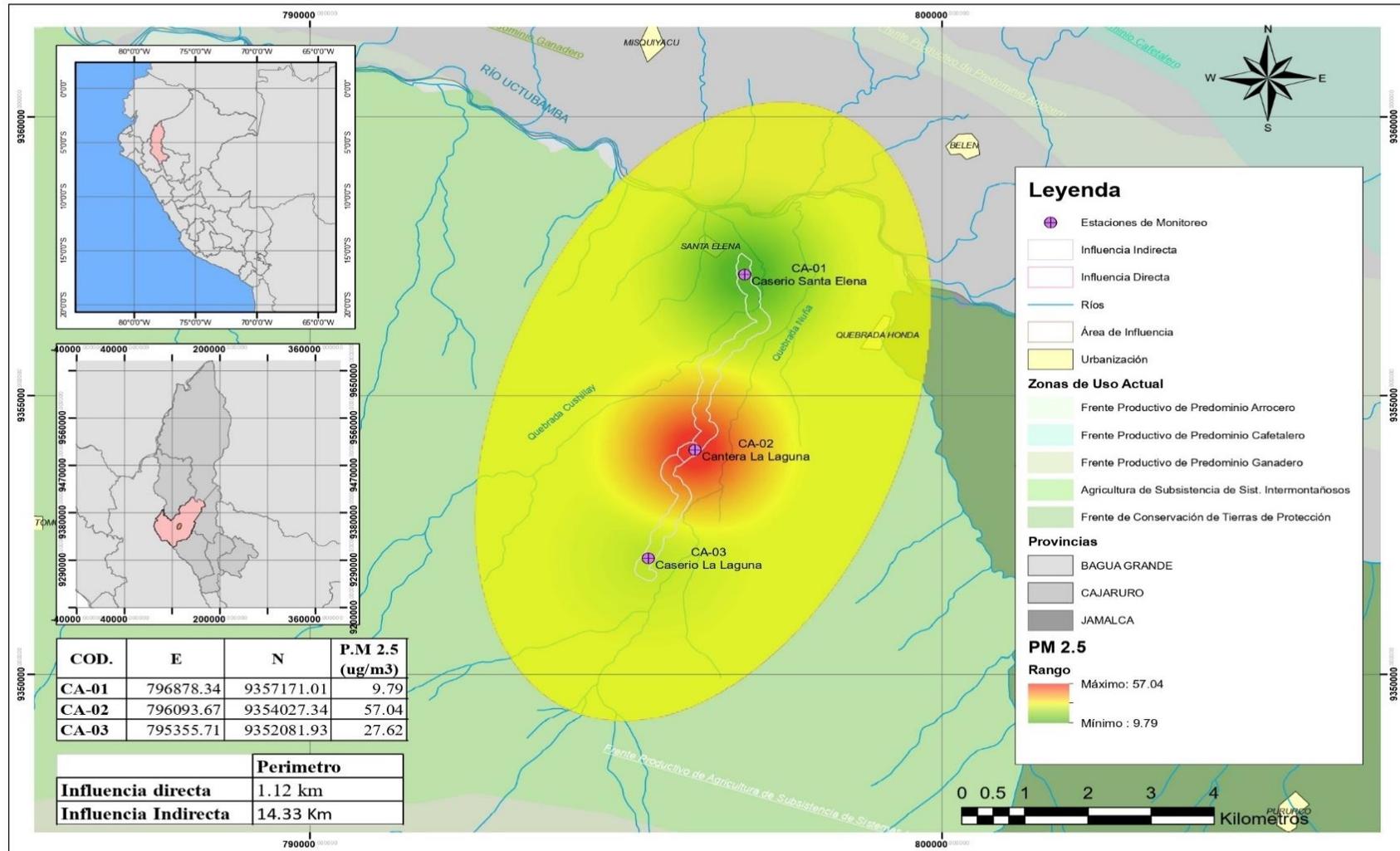


Figura 21
 Distribución de PM_{2.5} en el segundo monitoreo: 24/30-01-2023

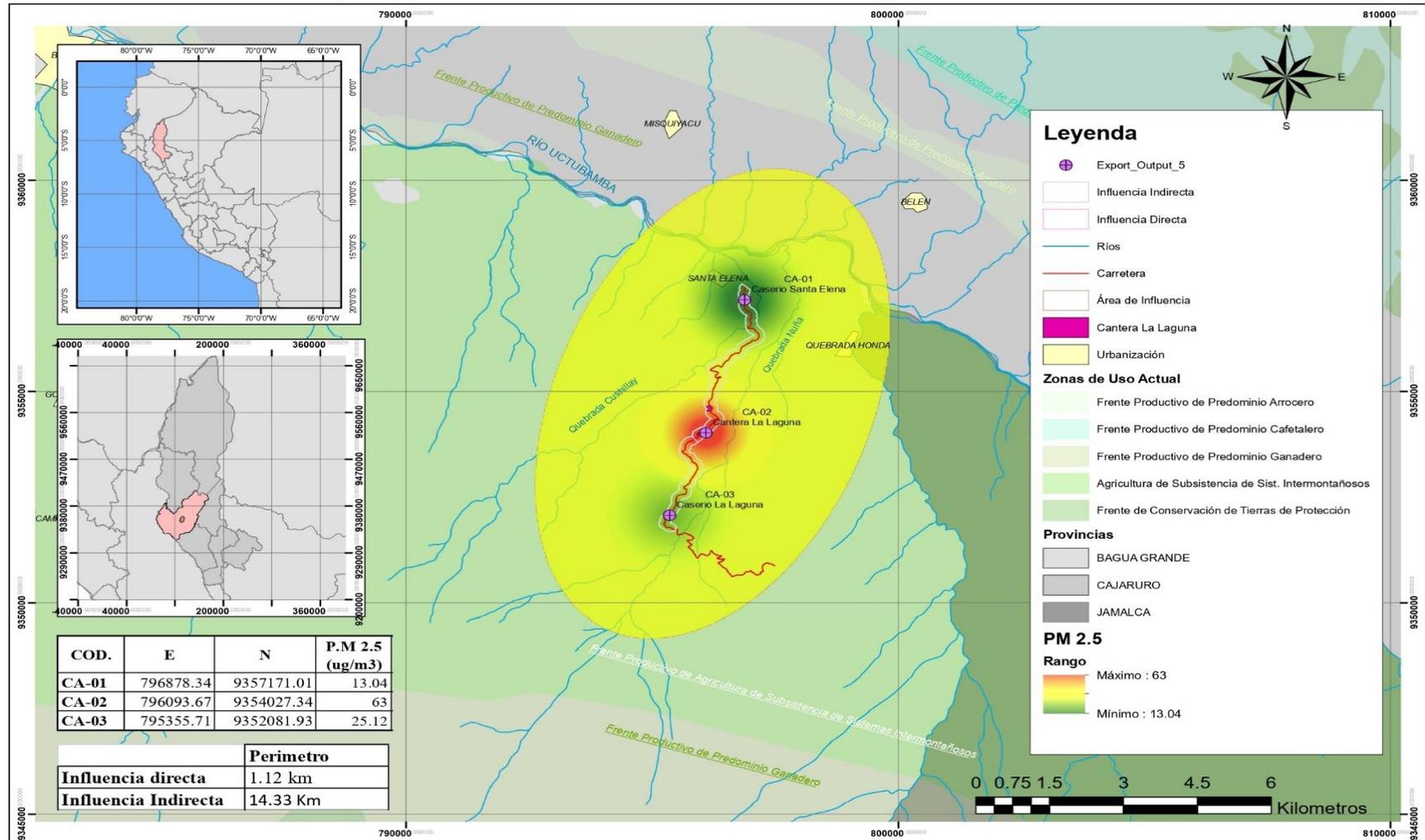


Figura 22
 Distribución de PM10 en el primer monitoreo: 16/20-12-2022

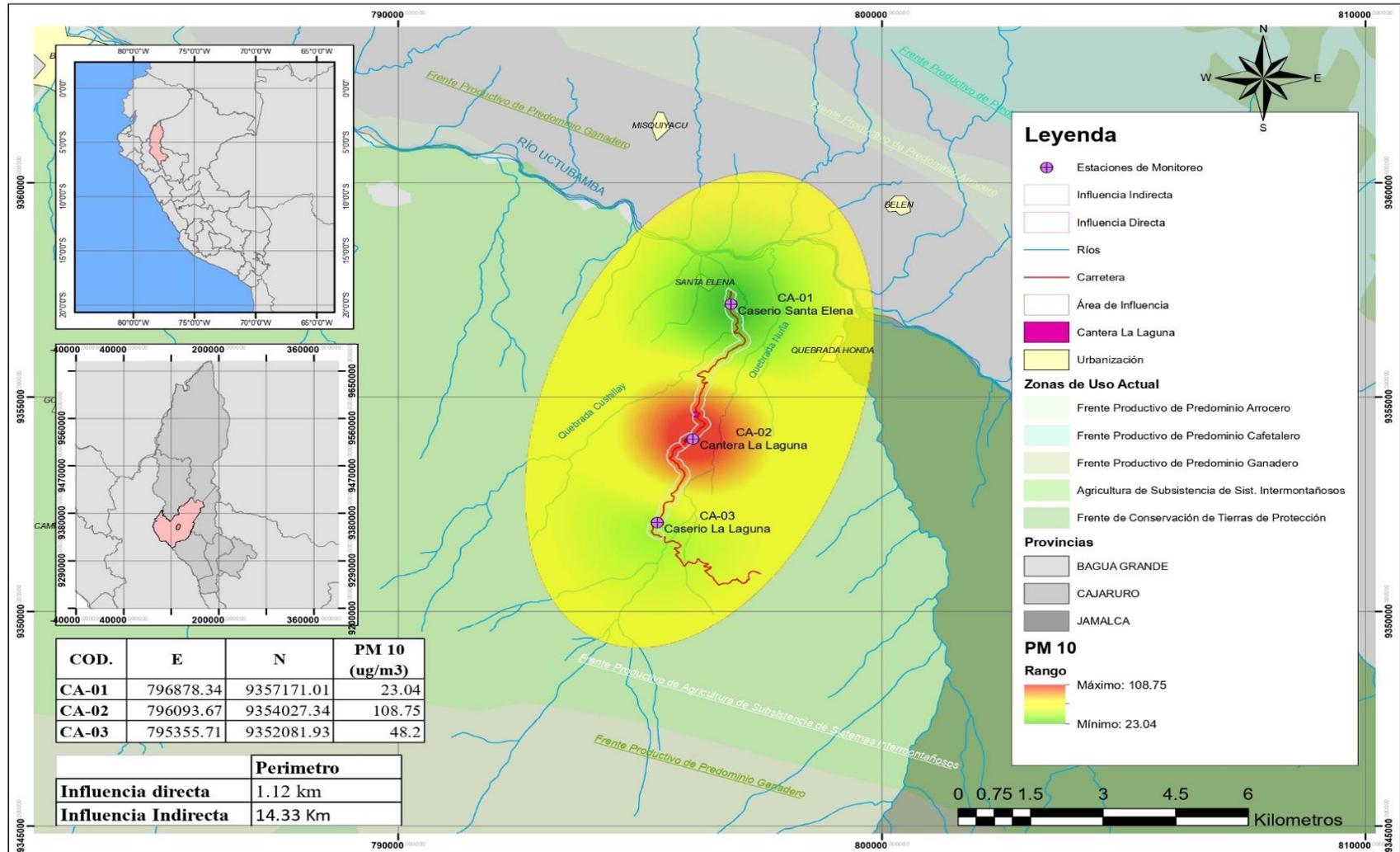
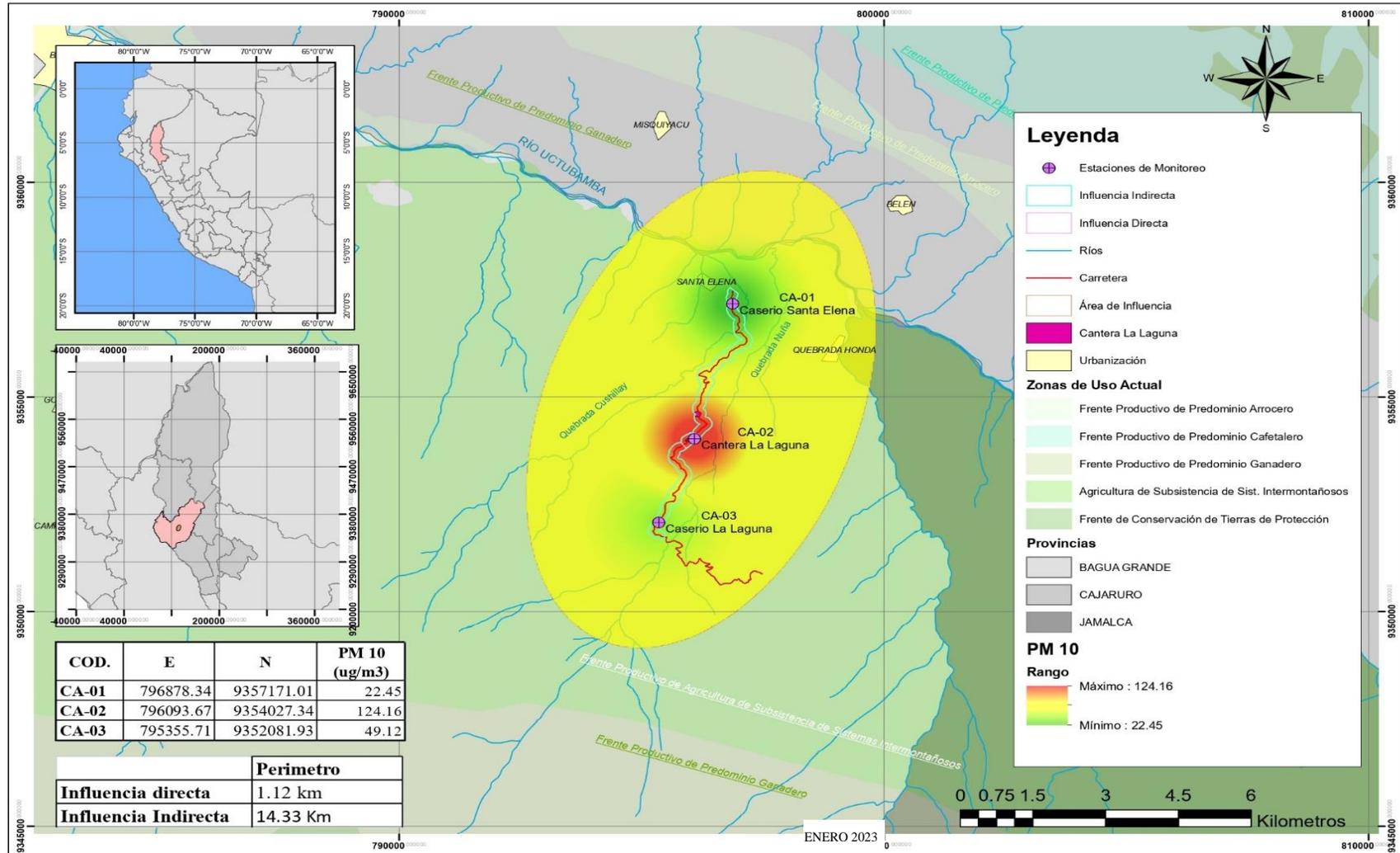


Figura 23

Distribución de PM10 en el segundo monitoreo: 24/30-01-2023



IV. DISCUSIÓN

El proceso de producción de una cantera pasa por etapas donde en todo momento hay emisión de material particulado, pero son en la extracción, zarandeo y acopio con las excavadoras donde mayor presencia hay de estos, debido a la mayor cantidad de material y otros elementos que actúan. Esto también es señalado por Licla (2021), que incluso refiere que hay mayor presencia de contaminantes del aire cuando la extracción de la cantera se realiza por medio de explosivos, pero en menor medida las generan las perforadoras o las obras subterráneas, aunque estos sí contaminan otros medios físicos como el agua y suelo. Nemer et al. (2020) también identificó que las canteras generan mayor contaminación en las primeras etapas de su producción, sobre todo en la extracción, generando polvo y ruido que hace que el 98% de su población se queje de polvo y ruido en esta etapa.

Por tanto, considerando que en la Cantera La Laguna se realiza la extracción, zarandeo y acopio con excavadoras y se observa mayor cantidad de material particulado en el aire, se procedió a evaluar las concentraciones de este contaminante a menos de 10 metros de estas áreas (figura 6), obteniendo como resultado que, en la cantera, el promedio de la concentración de PM₁₀: 116.455 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y PM 2.5: 60.02 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ superando los ECA's.

A pesar de superar el ECA, se puede atribuir a que la zona no es árida y el viento permite dispersar rápidamente el polvo, en cambio otros autores encuentran resultados más adversos, como Bui et al. (2020) que en sus canteras de Vietnam encontró una concentración promedio anual de PM 10 de 349.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ o Ekpa et al. (2022) que llegó hasta 3281,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM 10 y 26119.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM 2.5 en Nigeria, mientras que Leon et al. (2020) encontró en las canteras de República del Congo una concentración promedio de 205 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM 2.5. Estos resultados son bastante altos, sobre todo en Nigeria, debido a que los países tienen suelos áridos con gran presencia de polvo, generando una contaminación bastante elevada.

No obstante, las empresas sí hacen grandes esfuerzos por controlar su contaminación y evitar sanciones, razón por la cual autores como Guzmán (2019) encuentran concentraciones de 91.6 de PM₁₀ y 39.6 de PM_{2.5} en puntos cercanos a las áreas más contaminantes. Estos valores están muy cercanos a los ECA, pero la empresa se encarga de aplicar estrategias como el riego de superficies, el uso de filtros para controlar emisiones, mantenimiento adecuado de los equipos, entre otros, para mantener controladas estas emisiones.

Aunque también se debe señalar que las mediciones en empresas no siempre son fiables, esto debido a intereses particulares pues la demostración de presencia de contaminantes podría generar sanciones para las organizaciones evaluadas, esto lo indican claramente Cieza y Torres (2022), que detallan que, por esta razón, las mediciones en empresas suelen ser algo distantes de las áreas de producción o en temporadas de mucho viento con poca producción, razón por la cual encuentran concentraciones máximas de $7.98 \mu\text{g}/\text{m}^3$, pero al encuestar a su población, identifican problemas de salud relacionadas al material particulado.

Por todo ello se puede afirmar que las concentraciones de contaminantes son más significantes en lugares cercanos a la cantera y otras empresas que generan contaminantes al aire. Además, con las pruebas estadísticas de ANOVA y de Scheffe se puede confirmar que las concentraciones de la Cantera La Laguna y de los Caseríos evaluados, son diferentes, por lo que se confirma que, por la distancia que hay entre los puntos, el material particulado se dispersa y ya no genera un peligro para la población.

Esto también se confirma con el mapa de distribución, pues es la Cantera la que emite material particulado y mientras más alejado se encuentre de esta, menor es la concentración de contaminantes. Siendo que en el Caserío La Laguna a 2.08 km se encuentra mayor concentración que en el Caserío Santa Elena a 3.24 km para el PM_{2.5}. De igual forma lo observan Leon et al. (2020) que, aunque en la cantera se tenga $205 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{2.5}, en la ciudad a 1 km se tiene $31.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, cumpliendo el ECA. Ekpa et al. (2022) también observa como a 1km de la cantera se disminuye las concentraciones máximas hasta en un 78.06 %. Finalmente, Nemer et al. (2020) confirma que hay mayor presencia de personas con síntomas respiratorios en un rango de 250 m de la cantera, que pasando los 500 m. Esto confirma que la distancia del centro de emisión influye significativamente en la concentración del contaminante.

Por otro lado, se puede observar que el viento no tiene influencia significativa en las mediciones pues, a pesar de que el viento tiene una velocidad de hasta 2.36 m/s en dirección al norte, hacia el Caserío Santa Elena, la distancia es suficiente para dispersar todo el contaminante, por lo que en este caserío hay una menor concentración de material particulado que en el Caserío La Laguna que está al sur de la cantera. La presencia de PM_{2.5} en esta localidad podría ser causado por las propias actividades del pueblo, antes que por un efecto de la cantera. En cambio, cuando se evalúan monitoreos cercanos a la fuente de emisión el viento sí tiene influencia directa, como Licla (2021) que encuentra

mayores concentraciones en el punto de control en sotavento que al que está antes de la fuente de emisión: barlovento, a pesar de estar a igual distancia del área de extracción de la cantera. Además, se debe considerar que el PM 2.5 al ser más pequeño, puede esparcirse más, razón por la que autores como Ekpa et al. (2022) encuentran más concentración de PM 2.5 que de PM 10.

Con respecto al PM10, los valores son estadísticamente iguales entre los caseríos estudiados; esto se debe a que, como las partículas PM 10 pesan más, la distancia superior a 2 km ya es suficiente para dispersarlas en su mayoría, por lo que no es un contaminante que sea generado por la cantera; no obstante, su presencia puede deberse por la circulación de vehículos por la vía existente, las actividades agrícolas de cultivo de la tierra, quema de basura, siendo necesaria una difusión de cultura ambiental para evitar cualquier problema de salud a mediano plazo.

V. CONCLUSIONES

En la Cantera estudiada, las actividades que involucra acciones directamente con el material en bruto son las que emiten mayor cantidad de material particulado, influyendo negativamente en la calidad del aire, estos son excavación, zarandeo y acopio.

El nivel de concentración de PM 10 y PM 2.5 es alto en la Cantera La Laguna, siendo en promedio 116.455 y 60.02 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente, superando el Estándares de Calidad Ambiental para Aire. Esto es consecuencia directa de las actividades que se realiza en la Cantera; mientras que los niveles de concentración en el Caserío La Laguna y el Caserío Santa Elena se encuentra en concentraciones bajas, no superando los al ECAs.

La Cantera La Laguna emite PM 10 y PM 2.5 en grandes cantidades afectando las áreas cercanas. El viento no tiene una influencia muy significativa, pero la distancia de la fuente principal de emisión sí, ya que en el Caserío La Laguna que se encuentra a 2.08 km de distancia se tiene mayor concentración de material particulado que en el Caserío Santa Elena a 3.24 km.

La calidad de aire en la Cantera La Laguna, Bagua Grande, Utcubamba, Amazonas es desfavorable, superando el ECA de PM 10 y PM 2.5, según los monitoreos realizados.

VI. RECOMENDACIONES

Preservar y restaurar las áreas naturales alrededor de la cantera, pues la vegetación ayuda a reducir los contaminantes atmosféricos por medio de la captura de gases y partículas, gracias a la deposición atmosférica y retención.

Realizar monitoreos de calidad de aire periódicamente considerando mayores puntos de muestreo y parámetros, con el propósito de mantener vigilado los niveles de material particulado en las poblaciones cercanas, evitando impactar en la salud de la población y que pueda traer consecuencias negativas a futuro.

Promover la educación ambiental y concientizar sobre los impactos a la salud a causa de las emisiones de material particulado en la empresa, a fin de que todo el personal que labora adopte buenas prácticas amigables con el medio ambiente.

Todo proyecto de ejecución que involucre la explotación de canteras debe contar con una partida presupuestal aprobada de un plan de manejo ambiental para mitigar los impactos negativos generados por las actividades de aprovechamiento de canteras.

Considerar para investigaciones futuras realizar un análisis más detallado sobre la interacción del viento (velocidad y dirección) en el área de influencia directa e indirecta de una cantera.

Cumplir de manera eficiente las Entidades Nacionales de Fiscalización Ambiental (EFAS), con su rol de fiscalización ambiental en el desarrollo de proyectos de infraestructura vial que contemple la explotación de canteras, siendo supervisado por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) para asegurar el cumplimiento de las normas ambientales.

VII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AQMD. (2021). *Aire Sucio: Efectos de la Contaminación del Aire Sobre la Salud*.
Obtenido de AQMD.gov:
<https://www.aqmd.gov/home/research/publications/aire-sucio>
- Bui, L. T., Nguyen, P. H., & Nguyen, D. C. (2020). Model for assessing health damage from air pollution in quarrying area – Case study at Tan Uyen quarry, Ho Chi Minh megapolis, Vietnam. *Heliyon*, 6(9).
doi:<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05045>
- Cieza Peña, S. R., & Torres López, Y. J. (2022). *Medidas preventivas para reducir el nivel de riesgo ocupacional por SO₂, NO₂, CO, H₂S y material particulado PM-10, en el molino Chiclayo SAC, 2021*. Chiclayo: Universidad Tecnológica del Perú. Obtenido de
https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/6119/S.Cieza_Y.Torres_Tesis_Titulo_Profesional_2022.pdf
- Ekpa, I. D., Laniyan, D. G., Agbor, C. N., Ben, U. C., & Okon, J. E. (2022). Effect of air pollution from quarry activities on agriculture and plant biodiversity in South-Eastern Nigeria. *Research Square*. doi:<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1819483/v1>
- Guzmán, J. (2019). *Evaluación de la Calidad de Aire de la Central Térmica de Ventanilla*. Universidad Nacional Federico Villarreal. Obtenido de
<http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/412>
- Hernández, et al. (2014). *Metodología de la investigación 6ta ed*. México D.F.: McGraw-Hill.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2019). *Emisiones por fuentes móviles*. Obtenido de IDEAM.gov:
<http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/emisiones-por-fuentes-moviles>
- IQAir. (2023). *World's most polluted countries & regions (historical data 2018-2022)*. Obtenido de IQAir.com: <https://www.iqair.com/world-most-polluted-countries>

- Juste, I. (2021). *Soluciones para la contaminación del aire. Ecología verde*. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/>: <https://www.ecologiaverde.com/soluciones-para-la-contaminacion-del-aire-638.html/soluciones-para-la-contaminacion-del-aire-638.html>
- Leon-Kabamba, N., Ngatu, N. R., Muzembo, B. A., Kakoma, S., Michel-Kabamba, N., Danuser, B., . . . Hirao, T. (2020). Air Quality in the Working Environment and Respiratory Health of Female Congolese Stone Quarry Workers. *Tropical Medicine and Infectious Disease*, 5(4). doi:<http://dx.doi.org/10.3390/tropicalmed5040171>
- 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), 245-252. doi:<https://doi.org/10.15381/iigeo.v24i48.21777>
- MINAM. (2017). *Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y Establecen Disposiciones Complementarias*.
- Ministerio del ambiente. (2020). *Gestión de calidad de aire*. Obtenido de MINAM.gob: <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/zonas-de-atencion-prioritaria/>
- Nemer, M., Giacaman, R., & Hussein, A. (2020). Lung Function and Respiratory Health of Populations Living Close to Quarry Sites in Palestine: A Cross-Sectional Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(17). doi:<http://dx.doi.org/10.3390/ijerph17176068>
- Organización Mundial de la Salud. (2016). *Calidad del Aire Ambiente*. Obtenido de PAHO.org: <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire/calidad-aire-ambiente>
- Organización Mundial de la Salud. (2022). *10 cosas que debe saber sobre la contaminación del aire*. Obtenido de Who.int: <https://www.who.int/es/news-room/spotlight/how-air-pollution-is-destroying-our-health/10-things-to-know-about-air-pollution#:~:text=La%20contaminaci%C3%B3n%20del%20aire%20mata,prohibir%20los%20veh%C3%ADculos%20altamente%20contaminantes>.

- SENAMHI. (2023). *Estación : BAGUA CHICA , Tipo Convencional - Meteorológica*.
Obtenido de Senamhi.gob.pe: https://www.senamhi.gob.pe/mapas/mapa-estaciones/_dat_esta_tipo.php?estaciones=000253
- SINIA. (2019). *Decreto Supremo N° 010-2019-MINAM. - Decreto Supremo que aprueba el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire*. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/decreto-supremo-que-aprueba-protocolo-nacional-monitoreo-calidad>
- Smith, H. (2022). *Creaciones cartográficas en ArcGIS Pro*. Obtenido de Arcgis.com: <https://learn.arcgis.com/es/projects/cartographic-creations-in-arcgis-pro/>
- Zimmer, K. (29 de Agosto de 2019). *No, la Amazonia no produce el 20 % del oxígeno del planeta*. Obtenido de National Geographic: <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2019/08/amazonia-no-produce-20-por-ciento-del-oxigeno-del-planeta>

ANEXOS

ANEXO 1

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MUESTREADOR



ECOSISTEM S.A.C
LAB. DE FLUJO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LFU 021-2022

1.- Solicitante

CONSULTORA AGROAMBIENTAL INGENIEROS S.R.L.

2.- Dirección

Jr. Los Angeles 840-Chachapoyas-Amazonas.

3.- Instrumento

MUESTREADOR DE PARTICULAS

Marca/Fabricación: ECS
Modelo: 2000
Serie: 23456610
Flujo de Trabajo: 16.7 L/min
Precisión: 4.5% V.Set.

4.- Fecha de Calibración:

31 de Julio del 2022

5.- Lugar de Calibración:

LAB. ECOSISTEM S.A.C

6.- Condiciones de Calibración

Temperatura Ambiental: 23 °C
Humedad: 78%
Presión: 747.9 mmHg

7.- Metodo de Calibración

La Calibracion fue hecha mediante el manual de fabricante, comparacion con patrones trazables y el procedimiento de calibracion de Muestreadores de Bajo Volumen de ECOSISTEM SAC. PCLV001.

8.- Trazabilidad

Los resultados de la calibración realizadas tienen trazabilidad a los patrones del sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Para la calibración se utilizo:

Medidor de Flujo - Marca: Tetracal / Modelo: BGI / S/N 327 / N° de Certificado 105-04T1- Calibrado: 2022/07/31

Barometro - Marca Extech Instruments / Modelo: SD700 / S/N A.095029 Certificado N° LFP-031-2021/ Calibrado: 2021-07- 31.

Termohigrometro - Marca: Boeco /Modelo: SH -110 - S/N: ECS 023- Certificado N° T- 4592 - 2020 - Fecha de Calibracion: 2022-07-31.

9.- Observaciones

Los resultados del certificado son validos solo para el objeto calibrado, se refieren al momento, condiciones en que se realizarón las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

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

ECOSISTEM S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo despues de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aqui declaradas.

Este certificado no podra ser reproducido parcialmente, excepto con autorización de ECOSISTEM S.A.C.

Realizado por :

ECOSISTEM S.A.C.

Ian L. Salazar Tupia
Técnico de Laboratorio

Realizado por :

ECOSISTEM S.A.C.

MARCELINO HUARCAYA TAIPE
JEFE DE LABORATORIO

ECOSISTEM S.A.C
AV. San Juan Mz K Lt 07 - ATE - LIMA
Telf: 7788111
Email: info@ecosistemsac.com
Web: www.ecspe.com

PR0.001 - FCDT01 - 2022

1/2

10.- Resultados

PATRON (L/min)	EQUIPO (L/min)	ERROR (L/min)	INCERTIDUMBRE (L/min)
14.80	14.78	0.020	0.081
16.69	16.70	-0.010	0.083
18.01	17.98	0.030	0.085

Verificación de T° y Presión

	Patrón	Instrumento	Corrección
T (c°)	24.1	23.6	0.5
Presión (mm Hg)	747	746	1

11.- Incertidumbre

*La incertidumbre expandida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura $k=2$ que para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximación 95%

*La incertidumbre declarada en el presente certificado ha sido estimada siguiendo la " Guía para la expresión de la Incertidumbre de Medida , CEM 2008 "

FIN DE DOCUMENTO

ANEXO 2

CERTIFICADO DE ACREDITACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYO



DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN

1 de 24

ALCANCE DE LA ACREDITACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYO

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Ubicado en : Av. Naciones Unidas N° 1565 - Chacra Ríos Norte - Lima
 Proceso : Precisión¹
 Expediente N° : 0489-2019-DA
 Informe Ejecutivo N° : N.A.
 Vigencia de la Acreditación : Del 2016-06-17 al 2020-06-17 (Vigencia extendida)
 Acreditado con la Norma : NTP-ISO/IEC 17025:2017
 Código de Registro : LE-047
 Fecha de Actualización : 2020-01-22

Laboratorio : HIDROBIOLOGÍA
 Campo de Prueba : HIDROBIOLOGICAS (Incluye MUESTREO)

N°	Tipo Ensayo	Norma Referencia	Año	Título
1	FITOPLANCTON CUALITATIVO	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 10200 C.1, 2, // Part 10900, 23rd Ed.	2017	Plankton. Concentration Techniques // Identification of Aquatic Organisms
				Producto(s): AGUA NATURAL
				AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
				AGUA SALINA
2	FITOPLANCTON CUANTITATIVO	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 10200 F, items: F.2.a, F.2.b y F.2.c.1, 23rd Ed.	2017	Plankton. Phytoplankton Counting Techniques
				Producto(s): AGUA NATURAL
				AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
				AGUA SALINA
3	MACROBENTOS O MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 10500 C, 23rd Ed.	2017	Benthic Macroinvertebrates. Sample Processing and Analysis
				Producto(s): SEDIMENTOS EPICONTINENTALES

¹ La modificación correspondiente se encuentra en negritas y subrayado

ALCANCE DE LA ACREDITACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYO

Laboratorio : QUIMICA

Campo de Prueba : QUIMICAS

Nº	Tipo Ensayo	Norma Referencia	Año	Título
32	DETERMINACIÓN DE PESO DE MATERIAL PARTICULADO Y PESO DE FILTRO: PM2.5 Y PM10 BAJO VOLUMEN	<u>EPA 40 CFR Appendix L to Part 50, 2006. Validado (modificado).</u>	2019	Reference Method for the Determination of Fine Particulate Matter as PM 2.5 in the Atmosphere . NO INCLUYE MUESTREO
				Producto(s): FILTRO PM 2.5 BAJO VOLUMEN FILTRO PM10 BAJO VOLUMEN
33	DETERMINACIÓN DE PESO DE MATERIAL PARTICULADO Y PESO DE FILTRO: PTS ALTO VOLUMEN	<u>EPA 40 CFR Appendix B to Part 50, 1983. Validado (modificado).</u>	2019	Reference Method for the Determination of Suspended Particulate Matter in the Atmosphere (High-Volume Method) . NO INCLUYE MUESTREO
				Producto(s): FILTRO PTS ALTO VOLUMEN
34	DETERMINACIÓN DE PESO DE MATERIAL PARTICULADO Y PESO DE FILTRO:PM 2.5 Y PM 10 ALTO VOLUMEN	<u>EPA 40 CFR Appendix J to Part 50, 1987. Validado (modificado).</u>	2019	Reference Method for the Determination of Particulate Matter as PM10 in the Atmosphere. NO INCLUYE MUESTREO
				Producto(s): FILTRO PM10 ALTO VOLUMEN FILTRO PM2.5 ALTO VOLUMEN
35	DIOXIDO DE AZUFRE (SO2)	<u>EPA- 40 CFR, Appendix A-2 to part 50, item 7 al 11. 2010. Validado (modificado).</u>	2019	Reference Method for the Determination of Sulfur Dioxide in the Atmosphere (Pararosaniline Method). NO INCLUYE MUESTREO
				Producto(s): SOLUCIÓN CAPTADORA PARA DIÓXIDO DE AZUFRE (SO2)
36	DIOXIDO DE NITROGENO (NO2)	<u>Peter O. Warner. Análisis de los Contaminantes del Aire, Ed. Española 1981. Cap. 3, Pág. 147-151. Validado (modificado).</u>	2019	Determinación de Dióxido de Nitrógeno en Calidad de Aire (NO2). NO INCLUYE MUESTREO
				Producto(s): SOLUCIÓN CAPTADORA PARA DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO2)
37	MIGRACIÓN DE ELEMENTOS: Arsénico, Antimonio, Bario, Cadmio, Cromo, Plomo, Mercurio, Selenio, Níquel, Boro, Aluminio, Manganeso, Cobalto, Cobre, Zinc, Estroncio, Estaño.	NTP 324.001-3, 3ra Edición 2018.	2018	Seguridad de los juguetes. Parte 3: Migración de Elementos Contaminantes . Técnica de lectura por ICP-MS.

Formato: DA-acr-06P-21F Ver. 00

ALCANCE DE LA ACREDITACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYO

		Producto(s):		LODOS SEDIMENTOS
78	MATERIA ORGÁNICA	NOM-021-SEMARNAT-2000, ítem 7.1.7 (Método AS-07)	2002	Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis.
		Producto(s):		SUELOS
79	MATERIAL EXTRAÍBLE EN n-HEXANO TRATADO CON SILICA GEL (SGT-HEM, MATERIAL NO POLAR)	EPA 821-R-10-001 Method 1664, Revision B	2010	n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry
		Producto(s):		AGUA NATURAL AGUA RESIDUAL
80	MATERIAL EXTRAÍBLE EN n-HEXANO TRATADO CON SILICA GEL (SGT-HEM, MATERIAL NO POLAR)	EPA 821-R-10-001 Method 1664, Revision B	2010	n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry
		Producto(s):		SEDIMENTOS SUELOS
81	MATERIAL PARTICULADO - PM 2.5 (BAJO VOLUMEN)	AS/NZS 3580.9.10:2017, Method 9.10	2017	Methods for sampling and analysis of ambient air - Determination of suspended particulate matter - PM2.5 low volume sampler - Gravimetric method
		Producto(s):		AIRE
82	MATERIAL PARTICULADO - PM 2.5 (BAJO VOLUMEN)	EPA 40 CFR APPENDIX L TO PART 50	2006	Reference Method for the Determination of Fine Particulate Matter as PM2.5 in the Atmosphere.
		Producto(s):		AIRE
83	MATERIAL PARTICULADO - PM10 (ALTO VOLUMEN)	NTP 900.030: 2018	2018	GESTION AMBIENTAL. Calidad de aire. Método de referencia para la determinación de material particulado respirable como PM10 en la atmósfera
		Producto(s):		AIRE
84	MATERIAL PARTICULADO - PM10 (BAJO VOLUMEN)	AS/NZS 3580.9.9:2017, Method 9.9	2017	Methods for sampling and analysis of ambient air - Determination of suspended particulate matter - PM10 low volume sampler - Gravimetric method
		Producto(s):		AIRE
85	MATERIAL PARTICULADO - PM10 (BAJO VOLUMEN)	EPA Compendium Method IO-2.3	1999	Sampling of ambient air for PM10 concentration using the Rupprecht and Patashnick (R&P) Low Volume Partisol® Sampler
		Producto(s):		AIRE

ANEXO 3

INFORMES DE LABORATORIO



SAG

LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL ORGANISMO
INTERNATIONAL ACCREDITATION
SERVICE, INC. - IAS
CON REGISTRO TL - 829



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE
ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE - 047



INFORME DE LABORATORIO N° 168379-2023 CON VALOR OFICIAL

RAZÓN SOCIAL : HITSCLIFF CARRASCO ORTIZ
DOMICILIO LEGAL : ---
SOLICITADO POR : HITSCLIFF CARRASCO ORTIZ
REFERENCIA : RESERVADO POR EL CLIENTE
PROCEDENCIA : CASERIO SANTA ELENA
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 2023 - 01 - 26
FECHA(S) DE ANALISIS : 2023 - 01 - 26 AL 2023 - 02 - 13
FECHA(S) DE MUESTREO : 2023 - 01 - 24/26
MUESTREADO : POR EL CLIENTE
CONDICION DE LA MUESTRA : LOS RESULTADOS DE ANALISIS SE APLICAN A LA MUESTRA(S) TAL COMO SE RECIBIO

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO

Ensayo	Método	L.C	Unidades
Determinación de peso de material particulado y peso de filtro: Filtros PM10 y PM2.5 de Bajo Volumen	EPA 40 CFR Appendix L to Part 50, 2006. Validado (modificado), 2019. Reference Method for the Determination of Suspended Particulate Matter in the Atmosphere. NO INCLUYE MUESTREO.	0.000017	g

L.C.: limite de cuantificación

II. RESULTADOS:

Producto Declarado	Calidad de Aire	Calidad de Aire
Fecha de Muestreo	2023-01-24/25	2023-01-25/26
Hora de inicio de muestreo (h)	8:00	8:30
Condiciones de Muestra	Conservada	Conservada
Código del Cliente	CA-01	CA-01
Procedencia	Caserio Santa Elena	Caserio Santa Elena
Código del Laboratorio	23022759	23022759

ENSAYOS ACREDITADOS ANTE INACAL-DA (SEDE LIMA 1)			
Ensayos	Unidades	Resultados	
Determinación de pesaje inicial: filtro PM 10 Bajo Volumen	g	0.121195	////
Determinación de pesaje final: filtro PM 10 Bajo Volumen	g	0.121734	////
Determinación de peso material particulado PM 10 Bajo volumen	g	0.000539	////
Determinación de pesaje inicial: filtro PM 2.5 Bajo Volumen	g	////	0.120104
Determinación de pesaje final: filtro PM 2.5 Bajo Volumen	g	////	0.120417
Determinación de peso material particulado PM 2.5 Bajo volumen	g	////	0.000313

////: Ensayo no realizado

Lima, 13 de Febrero del 2023

Ing. Marilu Tello Paucar
Director Técnico
C.I.P. N° 219624
Servicios Analíticos Generales S.A.C.

EXPERTS
WORKING
FOR YOU

Cod. FI 005/ Versión 02/ F.E. 04/2021

SM: SMEVW - APHA - WEF 22nd. Edition 2012 EPA: Environmental Protection Agency ASTM American Society for Testing and Materials N.T.P Norma Técnica Peruana
OBSERVACIONES: Esta prohibida la reproducción parcial o total del documento a menos que sea bajo autorización estricta de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Los resultados emitidos son válidos para las muestras referidas al presente informe. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber entrado la muestra al laboratorio. Luego serán eliminadas. *Para corroborar la autenticidad del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagpu.com

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C

Laboratorio: Av Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Rios Norte - Lima. *Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N°2079 - Lima

Página 1 de 1

**SAG**

LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL ORGANISMO
INTERNATIONAL ACCREDITATION
SERVICE, INC. - IAS
CON REGISTRO TL - 829



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE
ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE - 047



Registro N° LE - 047

INFORME DE LABORATORIO N° 166739-2022 CON VALOR OFICIAL

RAZÓN SOCIAL : JASS CARRASCO ORTIZ
DOMICILIO LEGAL : ---
SOLICITADO POR : JASS CARRASCO ORTIZ
REFERENCIA : RESERVADO POR EL CLIENTE
PROCEDENCIA : CASERÍO SANTA ELENA
FECHA(S) DE RECEPCION DE MUESTRA : 2022 - 12 - 19
FECHA(S) DE ANALISIS : 2022 - 12 - 19 AL 2023 - 01 - 04
FECHA(S) DE MUESTREO : 2022 - 12 - 16/18
MUESTREADO : POR EL CLIENTE
CONDICION DE LA MUESTRA : LOS RESULTADOS DE ANALISIS SE APLICAN A LA MUESTRA(S) TAL COMO SE RECIBIO

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO

Ensayo	Método	L.C	Unidades
Determinación de peso de material particulado y peso de filtro: Filtros PM10 y PM2.5 de Bajo Volumen	EPA 40 CFR Appendix L to Part 50, 2006. Validado (modificado), 2019. Reference Method for the Determination of Suspended Particulate Matter in the Atmosphere. NO INCLUYE MUESTREO.	0.000017	g

L.C.: limite de cuantificación

II. RESULTADOS:

Producto Declarado	Calidad de Aire	Calidad de Aire
Fecha de Muestreo	2022-12-16/17	2022-12-17/18
Hora de inicio de muestreo (h)	8:00	8:30
Condiciones de Muestra	Conservada	Conservada
Código del Cliente	CA-01	CA-01
Procedencia	Caserío Santa Elena	Caserío Santa Elena
Código del Laboratorio	22121906	22121906
ENSAYOS ACREDITADOS ANTE INACAL-DA (SEDE LIMA 1)		
Ensayos	Unidades	Resultados
Determinación de pesaje inicial: filtro PM 10 Bajo Volumen	g	0.120175
Determinación de pesaje final: filtro PM 10 Bajo Volumen	g	0.120728
Determinación de peso material particulado PM 10 Bajo volumen	g	0.000553
Determinación de pesaje inicial: filtro PM 2.5 Bajo Volumen	g	////
Determinación de pesaje final: filtro PM 2.5 Bajo Volumen	g	0.120186
Determinación de peso material particulado PM 2.5 Bajo volumen	g	0.120421
Determinación de peso material particulado PM 2.5 Bajo volumen	g	0.000235

////: Ensayo no realizado

Lima, 04 de Enero del 2023

Ing. Marilu Tello Paucar
Director Técnico
C.I.P. N° 219624
Servicios Analíticos Generales S.A.C.

EXPERTS
WORKING
FOR YOU



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL ORGANISMO
INTERNATIONAL ACCREDITATION
SERVICE, INC. - IAS
CON REGISTRO TL - 829



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE
ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE - 047



INFORME DE LABORATORIO N° 168383-2022 CON VALOR OFICIAL

RAZÓN SOCIAL : HITSCLIFF CARRASCO ORTIZ
DOMICILIO LEGAL : ---
SOLICITADO POR : HITSCLIFF CARRASCO ORTIZ
REFERENCIA : RESERVADO POR EL CLIENTE
PROCEDENCIA : CANTERA LA LAGUNA
FECHA(S) DE RECEPCION DE MUESTRA : 2023 - 01 - 29
FECHA(S) DE ANALISIS : 2023 - 01 - 29 AL 2023 - 02 - 15
FECHA(S) DE MUESTREO : 2023 - 01 - 26/28
MUESTREADO : POR EL CLIENTE
CONDICION DE LA MUESTRA : LOS RESULTADOS DE ANALISIS SE APLICAN A LA MUESTRA(S) TAL COMO SE RECIBIO

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO

Ensayo	Método	L.C	Unidades
Determinación de peso de material particulado y peso de filtro: Filtros PM10 y PM2.5 de Bajo Volumen	EPA 40 CFR Appendix L to Part 50, 2006. Validado (Modificado), 2019. Reference Method for the Determination of Suspended Particulate Matter in the Atmosphere. NO INCLUYE MUESTREO.	0.000017	g

L.C.: límite de cuantificación

II. RESULTADOS:

Producto Declarado	Calidad de Aire	Calidad de Aire
Fecha de Muestreo	2023-02-26/27	2023-02-27/28
Hora de inicio de muestreo (h)	10:40	11:30
Condiciones de Muestra	Conservada	Conservada
Código del Cliente	CA-01	CA-01
Procedencia	Cantera La Laguna	Cantera La Laguna
Código del Laboratorio	23021954	23021954
ENSAYOS ACREDITADOS ANTE INACAL-DA (SEDE LIMA 1)		
Ensayos	Unidades	Resultados
Determinación de pesaje inicial: filtro PM 10 Bajo Volumen	g	0.121586
Determinación de pesaje final: filtro PM 10 Bajo Volumen	g	0.124566
Determinación de peso material particulado PM 10 Bajo volumen	g	0.002980
Determinación de pesaje inicial: filtro PM 2.5 Bajo Volumen	g	////
Determinación de pesaje final: filtro PM 2.5 Bajo Volumen	g	////
Determinación de peso material particulado PM 2.5 Bajo volumen	g	////
Determinación de pesaje inicial: filtro PM 10 Bajo Volumen	g	0.120451
Determinación de pesaje final: filtro PM 10 Bajo Volumen	g	0.121963
Determinación de peso material particulado PM 2.5 Bajo volumen	g	0.001512

/////: Ensayo no realizado

Lima, 15 de Febrero del 2023

Ing. Marilu Tello Paucar
Director Técnico
C.I.P. N° 219624
Servicios Analíticos Generales S.A.C.

EXPERTS
WORKING
FOR YOU



SAG

LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL ORGANISMO
INTERNATIONAL ACCREDITATION
SERVICE, INC. - IAS
CON REGISTRO TL - 829



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE
ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE - 047



INFORME DE LABORATORIO N° 166743-2022 CON VALOR OFICIAL

RAZÓN SOCIAL : HITSCLIFF CARRASCO ORTIZ
DOMICILIO LEGAL : ---
SOLICITADO POR : HITSCLIFF CARRASCO ORTIZ
REFERENCIA : RESERVADO POR EL CLIENTE
PROCEDECENCIA : CANTERA LA LAGUNA
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 2022 - 12 - 21
FECHA(S) DE ANALISIS : 2022 - 12 - 21 AL 2023 - 01 - 06
FECHA(S) DE MUESTREO : 2022 - 12 - 18/20
MUESTREADO : POR EL CLIENTE
CONDICION DE LA MUESTRA : LOS RESULTADOS DE ANALISIS SE APLICAN A LA MUESTRA(S) TAL COMO SE RECIBIO

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO

Ensayo	Método	L.C	Unidades
Determinación de peso de material particulado y peso de filtro: Filtros PM10 y PM2.5 de Bajo Volumen	EPA 40 CFR Appendix L to Part 50, 2006. Validado (modificado), 2019. Reference Method for the Determination of Suspended Particulate Matter in the Atmosphere. NO INCLuye MUESTREO.	0.000017	g
L.C.: límite de cuantificación			

II. RESULTADOS:

Producto Declarado	Calidad de Aire	Calidad de Aire
Fecha de Muestreo	2022-12-18/19	2022-12-19/20
Hora de inicio de muestreo (h)	10:00	10:30
Condiciones de Muestra	Conservada	Conservada
Código del Cliente	CA-01	CA-01
Procedencia	Cantera La Laguna	Cantera La Laguna
Código del Laboratorio	22122086	22122086
ENSAYOS ACREDITADOS ANTE INACAL-DA (SEDE LIMA 1)		
Ensayos	Unidades	Resultados
Determinación de pesaje inicial: filtro PM 10 Bajo Volumen	g	0.120586
Determinación de pesaje final: filtro PM 10 Bajo Volumen	g	0.123196
Determinación de peso material particulado PM 10 Bajo volumen	g	0.002610
Determinación de pesaje inicial: filtro PM 2.5 Bajo Volumen	g	////
Determinación de pesaje final: filtro PM 2.5 Bajo Volumen	g	////
Determinación de peso material particulado PM 2.5 Bajo volumen	g	////
Determinación de pesaje inicial: filtro PM 2.5 Bajo Volumen	g	0.120596
Determinación de pesaje final: filtro PM 2.5 Bajo Volumen	g	0.121965
Determinación de peso material particulado PM 2.5 Bajo volumen	g	0.001369

////: Ensayo no realizado

Lima, 06 de Enero del 2023

Ing. Marilu Jello Paucar
 Director Técnico
 C.I.P. N° 219824
 Servicios Analíticos Generales S.A.C.

EXPERTS
WORKING
FOR YOU

Cod. FI 005/ Versión 02/ F.E. 04/2021

SM: SNEVV - APHA - WEF 22nd. Edición 2012 EPA: Environmental Protection Agency ASTM American Society for Testing and Materials N.T.P Norma Técnica Peruana
 OBSERVACIONES: Está prohibida la reproducción parcial o total del documento a menos que sea bajo autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Los resultados emitidos son válidos para las muestras referidas al presente informe. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber entrado la muestra al laboratorio. Luego serán eliminadas. *Para corroborar la autenticidad del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sageru.com

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C
 Laboratorio. Av Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Rios Norte - Lima. *Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N°2079 - Lima

Página 1 de 1



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL ORGANISMO
INTERNATIONAL ACCREDITATION
SERVICE, INC. - IAS
CON REGISTRO TL - 829



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE
ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE - 047



INFORME DE LABORATORIO N° 168388-2023 CON VALOR OFICIAL

RAZÓN SOCIAL : HITSCLIFF CARRASCO ORTIZ
DOMICILIO LEGAL : ---
SOLICITADO POR : HITSCLIFF CARRASCO ORTIZ
REFERENCIA : RESERVADO POR EL CLIENTE
PROCEDECENCIA : CASERIO LA LAGUNA
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 2022 - 02 - 31
FECHA(S) DE ANALISIS : 2022 - 02 - 31 AL 2023 - 02 - 17
FECHA(S) DE MUESTREO : 2022 - 02 - 28/30
MUESTREADO : POR EL CLIENTE
CONDICION DE LA MUESTRA : LOS RESULTADOS DE ANALISIS SE APLICAN A LA MUESTRA(S) TAL COMO SE RECIBIO

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO

Ensayo	Método	L.C	Unidades
Determinación de peso de material particulado y peso de filtro: Filtros PM10 y PM2.5 de Bajo Volumen	EPA 40 CFR Appendix L to Part 50, 2006. Validado (modificado), 2019. Reference Method for the Determination of Suspended Particulate Matter in the Atmosphere. NO INCLuye MUESTREO.	0.000017	g

L.C.: límite de cuantificación

II. RESULTADOS:

Producto Declarado	Calidad de Aire	Calidad de Aire
Fecha de Muestreo	2022-12-18/19	2022-12-19/20
Hora de inicio de muestreo (h)	12:15	12:35
Condiciones de Muestra	Conservada	Conservada
Código del Cliente	CA-01	CA-01
Procedencia	Caserio La Laguna	Caserio La Laguna
Código del Laboratorio	22122246	22122246

ENSAYOS ACREDITADOS ANTE INACAL-DA (SEDE LIMA 1)			
Ensayos	Unidades	Resultados	
Determinación de pesaje inicial: filtro PM 10 Bajo Volumen	g	0.121489	////
Determinación de pesaje final: filtro PM 10 Bajo Volumen	g	0.122668	////
Determinación de peso material particulado PM 10 Bajo volumen	g	0.001179	////
Determinación de pesaje inicial: filtro PM 2.5 Bajo Volumen	g	////	0.120265
Determinación de pesaje final: filtro PM 2.5 Bajo Volumen	g	////	0.120868
Determinación de peso material particulado PM 2.5 Bajo volumen	g	////	0.000603

/////: Ensayo no realizado

Lima, 17 de Febrero del 2023

Ing. Mariu Tello Paucar
Director Técnico
C.I.P. N° 219624
Servicios Analíticos Generales S.A.C.

EXPERTS
WORKING
FOR YOU

Cod. FI 005/ Versión 02/ F.E. 04/2021

SM: SMEVW - APHA - WEF 22nd. Edition 2012 EPA: Environmental Protection Agency ASTM American Society for Testing and Materials N.T.P Norma Técnica Peruana
OBSERVACIONES: Está prohibida la reproducción parcial o total del documento a menos que sea bajo autorización estricta de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Los resultados emitidos son válidos para las muestras referidas al presente informe. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber entrado la muestra al laboratorio. Luego serán eliminadas. *Para corroborar la autenticidad del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C
Laboratorio, Av Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima. *Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N°2079 - Lima

Página 1 de 1



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL ORGANISMO
INTERNATIONAL ACCREDITATION
SERVICE, INC. - IAS
CON REGISTRO TL - 829



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE
ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE - 047



INFORME DE LABORATORIO N° 166744-2022 CON VALOR OFICIAL

RAZÓN SOCIAL : HITSCLIFF CARRASCO ORTIZ
DOMICILIO LEGAL : ---
SOLICITADO POR : HITSCLIFF CARRASCO ORTIZ
REFERENCIA : RESERVADO POR EL CLIENTE
PROCEDENCIA : CASERÍO LA LAGUNA
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 2022 - 12 - 22
FECHA(S) DE ANALISIS : 2022 - 12 - 22 AL 2023 - 01 - 09
FECHA(S) DE MUESTREO : 2022 - 12 - 19/21
MUESTREADO : POR EL CLIENTE
CONDICION DE LA MUESTRA : LOS RESULTADOS DE ANALISIS SE APLICAN A LA MUESTRA(S) TAL COMO SE RECIBIO

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO

Ensayo	Método	L.C	Unidades
Determinación de peso de material particulado y peso de filtro: Filtros PM10 y PM2.5 de Bajo Volumen	EPA 40 CFR Appendix L to Part 50, 2006. Validado (modificado), 2019. Reference Method for the Determination of Suspended Particulate Matter in the Atmosphere. NO INCLUYE MUESTREO.	0.000017	g

L.C.: limite de cuantificación

II. RESULTADOS:

Producto Declarado	Calidad de Aire	Calidad de Aire
Fecha de Muestreo	2022-12-18/19	2022-12-19/20
Hora de inicio de muestreo (h)	11:00	11:30
Condiciones de Muestra	Conservada	Conservada
Código del Cliente	CA-01	CA-01
Procedencia	Caserío La Laguna	Caserío La Laguna
Código del Laboratorio	22122246	22122246
ENSAYOS ACREDITADOS ANTE INACAL-DA (SEDE LIMA 1)		
Ensayos	Unidades	Resultados
Determinación de pesaje inicial: filtro PM 10 Bajo Volumen	g	0.120471
Determinación de pesaje final: filtro PM 10 Bajo Volumen	g	0.121628
Determinación de peso material particulado PM 10 Bajo volumen	g	0.001157
Determinación de pesaje inicial: filtro PM 2.5 Bajo Volumen	g	////
Determinación de pesaje final: filtro PM 2.5 Bajo Volumen	g	0.120365
Determinación de pesaje final: filtro PM 2.5 Bajo Volumen	g	0.121028
Determinación de peso material particulado PM 2.5 Bajo volumen	g	0.000663

////: Ensayo no realizado

Lima, 09 de Enero del 2023

Ing. Marilu Tello Paucar
Director Técnico
C.I.P. N° 219824
Servicios Analíticos Generales S.A.C.

EXPERTS
WORKING
FOR YOU