

ESCUELA DE POSGRADO NEWMAN

MAESTRÍA EN
GESTIÓN MINERA Y AMBIENTAL



**“Análisis del impacto de las operaciones mineras de la
compañía minera Cecilia 2 sobre la Parroquia Loma de Franco,
Cantón Pasaje, Provincia de El Oro.”**

**Trabajo de Investigación
para optar el Grado a Nombre de la Nación de:**

Maestro en
Gestión Minera y Ambiental

Autores:

Bach. Guerrero Paccha, Diana Dolores
Bach. Nagua Iñaguazo, Jonathan Alexander

Docente Guía:

Mg. Leo Rossi, Ernesto Alessandro

TACNA – PERÚ

2022

“El texto final, datos, expresiones, opiniones y apreciaciones contenidas en este trabajo son de exclusiva responsabilidad del (los) autor (es)”

DEDICATORIA

Este nuevo peldaño superado en mi vida, se lo dedico a mis hijas, mi esposo, mi hermana, y en especial, a mi madre. Gracias por protegerme y cuidarme día a día. Continúa abrigando y cuidando desde el cielo a tus nietas y tus hijas. Intercede por nosotros, madre linda, por futuros prósperos y llenos de felicidad. Espero que te sientas orgullosa de mí. Te amo, madre.

Ab. Diana Guerrero

Le dedico este trabajo a mi hija, por la cual lucho cada día para construir un futuro mejor.

Lcdo. Jonathan Nagua

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos infinitamente a los docentes de la Escuela de Postgrado Neumann por apoyarnos en el desarrollo del presente trabajo de investigación. Gracias a ustedes hemos incorporado en nuestra vida laboral, las herramientas necesarias para enfrentarnos a los desafíos que presenta el campo minero, en especial, en minería a cielo abierto.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	v
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
Capítulo I Antecedentes del Estudio.....	1
1.1. Título del tema	1
1.2. Planteamiento del Problema.....	1
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Justificación	4
1.4.1. Justificación teórica	4
1.4.2. Justificación metodológica.....	5
1.4.3. Justificación práctica	6
1.5. Metodología	6
1.5.1. Tipo y diseño de investigación	6
1.5.2. Nivel de investigación.....	7
1.5.3. Técnica e instrumento	7
1.6. Definiciones	8
1.7. Alcances y limitaciones.....	11
1.7.1. Alcance.....	11
1.7.2. Limitaciones	12
Capítulo II Marco Teórico	14
2.1. Conceptualización de las variables.....	14

2.1.1.	Concesiones mineras	14
2.1.2.	Minería a cielo abierto	23
2.1.3.	Canteras	26
2.1.4.	Minería de no metales y materiales de construcción en canteras	27
2.1.5.	Canteras de arcillas	28
2.1.6.	Impacto de canteras de arcilla	29
2.1.7.	Buenas prácticas para transporte de materiales pulverulentos	31
2.2.	Importancia de las variables	34
2.3.	Análisis comparativo	36
2.4.	Análisis crítico	37
Capítulo III Marco Referencial		39
3.1.	Reseña histórica	39
3.2.	Filosofía organizacional	45
3.3.	Diseño organizacional	46
3.4.	Productos y/o servicios	48
3.5.	Diagnóstico organizacional	49
Capítulo IV Resultados		52
4.1.	Marco Metodológico	52
4.1.1.	Tipo y diseño de estudio	52
4.1.2.	Población	52
4.1.3.	Muestra	53
4.1.4.	Instrumentos	53
4.2.	Resultados	60
4.2.1.	Análisis gravimétrico	60
4.2.2.	Geomodelamiento de la concentración de material particulado	71

4.2.3. Impacto ambiental	77
Capítulo V Sugerencias	87
Conclusiones	93
Bibliografía.....	94
Anexos	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Clasificación de minería	17
Figura 2 Reconformación del carretero	41
Figura 3 Incorporación de lastre sobre calzada de vía	42
Figura 4 Construcción de cunetas	42
Figura 5 Operaciones mineras	44
Figura 6 Diseño organizacional	46
Figura 7 Volqueteros	48
Figura 8 Muestreador RespiCon.....	55
Figura 9 Puntos de muestreo	61
Figura 10 Concentración de la fracción respirable frente a los límites permisibles ..	65
Figura 11 Límites permisibles diarios de la fracción torácica.....	68
Figura 12 Límites permisibles diarios de la fracción inhalable.....	71
Figura 13 Distribución de la fracción respirable.....	73
Figura 14 Distribución de la fracción torácica	75
Figura 15 Distribución de la fracción inhalable	76
Figura 16 Volquete sin uso de lona y sobrecargado.....	78
Figura 17 Partículas en suspensión	79
Figura 18 Deterioro de la carretera.....	80
Figura 19 Frente de la concesión minera Cecilia 2.....	81
Figura 20 Laguna artificial del frente de explotación actual	82
Figura 21 Disposición de combustibles	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Producción de minería artesanal según tipo de mineral	20
Tabla 2 Producción de pequeña minería según tipo de mineral	21
Tabla 3 Producción de mediana minería según tipo de mineral	22
Tabla 4 Clasificación granulométrica de áridos	27
Tabla 5 Análisis comparativo de variables.....	36
Tabla 6 Análisis comparativo del estudio de impactos ambientales y sociales de dos canteras	37
Tabla 7 Matriz FODA.....	51
Tabla 8 Límites permisibles	57
Tabla 9 Valores de la matriz de Leopold	59
Tabla 10 Valoración de impactos	60
Tabla 11 Ubicación de los puntos de muestreo.....	62
Tabla 12 Peso de fracción respirable	63
Tabla 13 Concentración del material particulado de la fracción responsable.....	64
Tabla 14 Peso de fracción torácica	66
Tabla 15 Concentración del material particulado en la fracción torácica.....	67
Tabla 16 Peso de fracción inhalada	69
Tabla 17 Concentración del material particulado en la fracción inhalable	70
Tabla 18 Puntos de muestreo de la concentración por fracción respirable, torácica e inhalable	72
Tabla 19 Matriz de Leopold	85

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo analizar el impacto de las operaciones mineras de la concesión Cecilia 2 en la población de la parroquia Loma de Franco del cantón Pasaje, poniendo énfasis en las reiteradas denuncias sobre material particulado. Por tal motivo, se aplica una investigación no experimental – transversal, con alcance explicativo, en el que se recolecta información a través de informes de calidad ambiental y minería, inspecciones de campo, y mediante el uso del muestreador multifracción RespiCon para recopilar datos sobre las partículas en suspensión en fracción respirable, torácico e inhalable.

El procesamiento de datos se realiza mediante el método gravimétrico, distinguiendo los límites permisibles sobre la salud, identificando el nivel de impacto hacia los pobladores que viven cerca de la vía perimetral, en la que circulan los volquetes de la concesión minera Cecilia 2. Para el modelamiento de las zonas conforme al nivel de impacto, se emplea la herramienta Kriging de ArcGIS para cada una de las fracciones. Mientras que, para la identificación del nivel de impacto ambiental del proyecto, por componentes y subcomponentes, se emplea la matriz de Leopold, considerando la interpretación del profesional.

Como resultado se registró niveles de concentración de la fracción respirable de 3.46 mg/m^3 , 4.75 mg/m^3 , y 4.21 mg/m^3 . Mientras que, para la fracción torácica se superó el límite permisible con 11.45 mg/m^3 , 13.80 mg/m^3 y 12.92 mg/m^3 . En cuanto a la fracción inhalable, se detectaron niveles que superaron el límite permisible diario de 10.6 mg/m^3 , 13.90 mg/m^3 , 16.46 mg/m^3 , 15.14 mg/m^3 y 11.45 mg/m^3 .

Estos resultados indican que los pobladores que viven cerca de la garita de la concesión minera (A02 y A03) están expuestos a partículas en suspensión en fracción respirable, torácica e inhalable, lo cual repercute en su salud y calidad de vida. Las zonas más lejanas (A6 – A10) no se encuentran afectados por el material particulado. En cuanto al nivel de impacto ambiental, el proyecto se encuentra en crítico, así como todos los componentes, siendo el medio físico el más afectado, con la calidad de la tierra con el único valor crítico en comparación con los demás subcomponentes. Por otro lado, el impacto de la calidad del aire se califica como severo y negativo. Mientras que, el impacto al agua, fauna y social se revela con un nivel medio, teniendo en cuenta que se requiere más estudios para el componente biótico.

En conclusión, esta investigación cumple con los objetivos planteados y se identifica la necesidad urgente de la aplicación de medidas preventivas debido a la falta de compromiso ambiental que afecta de gran manera a los pobladores de la parroquia Loma de Franco.

ABSTRACT

The aim of this study is to analyze the impact of the mining operations of the "Cecilia 2" concession on the population of the Loma de Franco community in Pasaje canton, with emphasis on the repeated complaints about particulate debris. For this reason, a non-experimental - transversal research is applied, with explanatory scope, in which information is collected through environmental quality and mining reports, field inspections, and through the use of the RespiCon multi-fraction sampler to collect data on suspended particles in respirable, thoracic and inhalable fractions.

The data processing is carried out using the gravimetric method, distinguishing the permissible limits on health, identifying the level of impact on the inhabitants living near the perimeter road, where the dump trucks of the Cecilia 2 mining concession circulate. For the modeling of the zones according to the level of impact, the ArcGIS Kriging tool is used for each of the fractions. The Leopold matrix was used to identify the level of environmental impact of the project, by components and subcomponents, considering the interpretation of the professional.

As a result, concentration levels of the respirable fraction of 3.46 mg/m³, 4.75 mg/m³, and 4.21 mg/m³ were recorded. Meanwhile, for the thoracic fraction, the permissible limit was exceeded with 11.45 mg/m³, 13.80 mg/m³ and 12.92 mg/m³. As for the inhalable fraction, levels that exceeded the daily permissible limit of 10.6 mg/m³, 13.90 mg/m³, 16.46 mg/m³, 15.14 mg/m³ and 11.45 mg/m³ were detected.

These results indicate that the residents living near the mining concession gate (A02 and A03) are exposed to suspended particles in the respirable, thoracic and inhalable fractions, which affects their health and quality of life. The more distant areas (A6 - A10) are not affected by particulate matter. Regarding the level of environmental impact, the project is critical, as are all the components, with the physical environment being the most affected, with soil quality being the only critical value compared to the other subcomponents. On the other hand, the impact of air quality is rated as severe and negative. While the impact to water, atmosphere, fauna and social is revealed with a medium level, taking into account that more studies are required for the biotic component.

In conclusion, this research meets the objectives set and identifies the urgent need for the application of preventive measures due to the lack of environmental commitment that greatly affects the inhabitants of the Loma de Franco community.

INTRODUCCIÓN

En Ecuador, la minería es uno de los sectores de producción más importantes para la economía. En este país se realiza la extracción de material metálico como el oro, plata y cobre, pero también, se explotan materiales no metálicos como los materiales de construcción, arcilla, entre otros.

La provincia de El Oro es una de las más reconocidas en cuanto a la experiencia y antigüedad en la explotación minera de materiales tanto metálicos como no metálicos. Este último se realiza a cielo abierto, aprovechando la geomorfología y tipo de roca de la zona. Las canteras se distribuyen a lo largo de los cerros, en donde se disputan las hectáreas mineras para explotación minera aurífera o de materiales de construcción.

En el cantón Pasaje, las concesiones mineras de cielo abierto son casi exclusivamente para materiales de construcción. Sin embargo, desde aproximadamente un año después del 2015, la concesión minera Cecilia 2 cambia de tipo de material a no metálico, por lo que es regulado por el Ministerio del Ambiente, el cual ha reducido su personal por la etapa de austeridad en la que se encuentra el gobierno, con lo que no se abastece para la regulación y control ambiental de las concesiones mineras a su poder.

En 2011, la concesión minera fue notificada por el Ministerio del Ambiente sobre la infracción la calidad de aire por parte del transporte del material, en el cual se dispusieron de medidas correctivas, las mismas que fueron acatadas en el tiempo

correspondiente. Sin embargo, hace más de 3 años que las malas prácticas en cuanto a este aspecto han retomado, lo cual ha generado incomodidad en los moradores del sector.

La parroquia Loma de Franco es la principal afectada por la falta de intervención de los agentes controladores de la normativa ambiental ecuatoriana. Constantemente, han denunciado las malas prácticas para la transportación de la arcilla, la cual provoca una capa de material particulado en suspensión que afecta a su salud y calidad de vida.

Por tal motivo, el presente trabajo se enfoca en identificación de la concentración de material en suspensión en fracción respirable, torácico e inhalable, para evidenciar la medida en la que afecta las malas prácticas de transporte de la arcilla. Estos datos se geoprocesan para mostrar la ubicación del área de influencia, y, finalmente, se determina el nivel de impacto ambiental.

En resumen, el presente estudio se compone de 5 capítulos. El primer capítulo, denominado antecedentes del estudio detalla la problemática, justificación, objetivos, metodología, definiciones, alcance y limitaciones. El segundo capítulo contiene el marco teórico, en el que se muestra la conceptualización de variables, importancia, análisis comparativo y análisis crítico del sector minero. El tercer capítulo, llamado marco referencial, se detalla la reseña histórica, filosofía organizacional, diseño organizacional, productos y/o servicios y diagnóstico organizacional de la concesión Cecilia 2.

El cuarto capítulo está compuesto por el marco metodológico y los resultados. En el primer caso, se realiza una breve explicación sobre el tipo y diseño de estudio, población, muestra e instrumentos para la obtención y procesamiento de datos gravimétricos, modelamiento y nivel de impacto ambiental. Mientras que, en resultados se muestra la concentración de partículas en suspensión en fracción respirable, torácico e inhalable, con las cuales se identifican las zonas que sobrepasan el límite permisible, mapas de modelamiento y la matriz de Leopold. Finalmente, se muestra el quinto capítulo, en el que se presentan las sugerencias.

Capítulo I Antecedentes del Estudio

1.1. Título del tema

“Análisis del impacto de las operaciones mineras de la compañía minera Cecilia 2, Parroquia Loma de Franco, Cantón Pasaje, Provincia de El Oro.”

1.2. Planteamiento del Problema

La concesión minera Cecilia 2 realiza sus operaciones extractivas de material no metálico en el cerro denominado Tres Cerritos, frente a la parroquia Loma de Franco del cantón Pasaje, en donde en múltiples ocasiones los pobladores se han pronunciado sobre molestias por el polvo en suspensión que genera la circulación del transporte pesado.

Las operaciones mineras se realizan a una distancia de 600 metros a la vía principal perimetral, la cual se encuentra cubierta por una capa de material fino que se produce por la constante salida de volquetes con llantas que arrastran material arcilloso, que se dispersan al salir de la empresa y se extienden por aproximadamente 3 kilómetros.

Esta situación se agrava con la falta de concienciación de la importancia del uso de la malla para cubrir el material de los volquetes y evitar la dispersión de la arcilla que se eleva como una nube de polvo y perjudica a los negocios que se encuentran en la vía perimetral.

La exposición constante del polvo en suspensión ha traído consecuencias para los habitantes de la parroquia, quienes manifiestan su preocupación sobre los niños, niñas y adolescentes que emplean esta vía para dirigirse a sus escuelas y colegios, ya que las operaciones de esta empresa se realizan a partir de las 7h00, por lo que son los más perjudicados, así como las familias que viven frente a la vía.

En general, las operaciones mineras de la concesión Cecilia 2 se dividen: extracción y transporte. En la primera etapa, las excavadoras y retroexcavadoras raspan el afloramiento y recogen la arcilla para disponerla en los volquetes; y, en la segunda etapa, se transporta el material a través de volquetes que se dirigen directamente a la garita en donde varios no colocan la malla de protección, y salen a la vía principal sin limpiar las llantas.

Esta problemática se expuso el 25 de mayo de 2011, mediante informe técnico No. 345, por parte de un técnico de calidad ambiental donde señaló que se verifica la contaminación al sector Uzhuplaya por material particulado provocado por volquetes. Por tal motivo, solicitó un plan de acción inmediato en donde se contemplen medidas y estrategias para reducir, mitigar y eliminar estos aspectos negativos frente a la comunidad en un plazo de 30 días, de acuerdo con lo estipulado en el artículo 90 del Reglamento General de la Ley de Minería (Herrera, 2011).

Sin embargo, aunque se dio cumplimiento a lo solicitado por parte del oficio No. MAE-DPEO-2011-1166, del 4 de julio de 2011, mediante un plan de acción que tenía como objetivo prevenir emisión de contaminantes ambientales hacia la atmósfera por

utilización de maquinaria pesada y rehabilitar la calzada de la carretera dentro del área de influencia directa, en la actualidad, se han retomado las malas prácticas ambientales, dejando de lado las estrategias propuestas en su momento, y teniendo únicamente la infraestructura y señalética que se exigió en dicha fecha.

En virtud de lo expuesto, el presente estudio se enfoca en el análisis del impacto ambiental del transporte de arcilla como parte de las operaciones mineras de la concesión Cecilia 2 frente a la población de la parroquia Loma de Franco. Adicionalmente, se emplea un modelado de la distribución de la concentración de material particulado, y se realiza un análisis cualitativo a través de la matriz de Leopold.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Analizar el impacto de las operaciones mineras de la concesión Cecilia 2 en la población de la parroquia Loma de Franco del cantón Pasaje.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar la concentración de materia particulada en aire correspondiente a la fracción respiratoria, torácica e inhalable, por medio del método gravimétrico.

- Distinguir las áreas de influencia de los niveles de concentración de materia particulada en la vía perimetral conforme los límites máximos permisibles.
- Identificar el nivel de impacto ambiental de la concesión minera a cielo abierto, Cecilia 2, mediante la matriz Leopold.

1.4. Justificación

La minería a cielo abierto es considerada como una de las actividades productivas más agresivas, con un alto impacto ambiental y social (Sánchez & Ortiz, 2021). Las operaciones mineras a cielo abierto se inician al remover la capa superficial del suelo para crear vías de acceso para el ingreso a las zonas de extracción del material no metálico, para luego movilizarlos a la zona de almacenamiento o distribuirlo en los volquetes hacia los clientes en los diferentes puntos geográficos de la provincia (Gómez & Correa, 2011).

Dada la importancia de los estudios frente a los impactos que se generan en el desarrollo extractivo y de transporte de la concesión minera Cecilia 2, se indica la justificación de la presente investigación a través de tres ejes: teórico, metodológico y práctico.

1.4.1. Justificación teórica

La presente investigación se justifica de manera teórica en las bases normativas ecuatorianas sobre los límites permisibles de material particulado, y en

estudios técnicos y académicos elaborados por diferentes autores, los cuales sostienen que la minería a cielo abierto genera un alto impacto ambiental y social, y que la explotación sin medidas preventivas para afrontar actividades que conllevan la exposición a material particulado de manera prolongada, puede convertirse en un serio problema de salud para las personas que trabajan dentro de la empresa y los que se encuentran en el área de influencia.

En este sentido, la presente investigación contribuye a la comunidad científica con un documento que refleja las prácticas teóricas de diferentes autores, y que pone en ejecución para la obtención de resultados, con lo cual se obtiene una línea bibliográfica con la que futuras generaciones pueden partir para realizar estudios de muestreo de PM10 debido al impacto que provoca el transporte de material arcilloso de una concesión minera.

1.4.2. Justificación metodológica

Este estudio emplea el método gravimétrico para determinar las concentraciones de material particulado de la fracción inhalable. Esta metodología toma en consideración los lineamientos del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) y el de los autores Ramírez y otros (2018), para la identificación de las concentraciones en muestreos en vías de acceso de empresas mineras. La comparación de los resultados se realiza frente a los valores que señala el Acuerdo No. 97A, sobre la Norma de calidad del aire ambiente o nivel de emisión, Anexo 4, Libro VI de la Calidad Ambiental, del Texto Unificado de la Legislación Secundaria del

Ministerio del Ambiente, publicado en el Registro Oficial Edición Especial No. 387, del 4 de noviembre de 2015.

1.4.3. Justificación práctica

La justificación práctica se fundamenta en la importancia del análisis del impacto de las operaciones mineras en la población dentro del área de influencia y las acciones que se deben realizar para la mitigación de los riesgos a los que se asocian. Estos estudios son realizados con técnicas estandarizadas, que permiten comparar la concentración del material particulado con las normas establecidas por el país, con lo cual se verificará la contaminación en el aire y los riesgos a los que están expuestos los habitantes de la parroquia Loma de Franco, y a su vez, los trabajadores de la cantera Cecilia 2.

1.5. Metodología

1.5.1. Tipo y diseño de investigación

El diseño de investigación es de tipo no experimental – transversal, debido a que no se manipulan las variables, sino que se trabaja recolectando información en un tiempo específico sobre un aspecto determinado dentro del contexto natural en el que se desenvuelven las acciones de los implicados (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

1.5.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación es de tipo descriptivo, ya que se plantea utilizar instrumentos estadísticos que permitan detallar las características específicas de la variable independiente para responder las dudas sobre la cantidad de concentración de material particulado PM10 provocado por el transporte de arcilla del área minera Cecilia 2, al cual se expone diariamente la población de Loma de Franco.

1.5.3. Técnica e instrumento

Como técnica se toma a la observación, la cual se apoya en la recopilación fotográfica del estado actual de la vía perimetral por donde circulan los volquetes de la concesión minera Cecilia 2, para evidenciar de manera visual el aspecto y las condiciones en las que se encuentran viviendo los moradores de la zona.

Adicionalmente, se emplea a la entrevista estructurada, en donde se recolecta la información, versiones y testimonio de las personas que residen en la parroquia Loma de Franco y se encuentran en la zona de influencia de los volquetes que transportan material particulado. Esta entrevista es estructurada, ya que se plantean preguntas específicas que se aplican a todos los participantes.

Mientras que, para la recolección de datos bibliográficos se realiza de fuentes primarias y secundarias, en donde se pone mayor énfasis en los artículos, tesis e informes de revistas científicas, repositorios universitarios y reportes técnicos dentro de la propia concesión minera. De igual manera, se emplea buscadores

especializados académicos para obtener información como Google Académico, Redalyc, Dialnet, ScieLo, entre otros.

Finalmente, se hace uso de técnicas e instrumentos propios de la carrera, por lo que, para la obtención de datos sobre la concentración del material particulado, se emplea el método gravimétrico, en el cual se hace uso de un muestreador estacionario, el cual se instaló en diferentes puntos de la vía perimetral, cuya medición se realizó durante 12 horas para cada coordenada. La medición del volumen y peso se realizó en oficina, en donde se hizo uso de una balanza, previamente calibrada y ajustada en cero. Los puntos del tramo de muestreo se presentan a través del software ArcGIS.

1.6. Definiciones

- **Aire ambiente:** Es una mezcla gaseosa no confinada de la atmósfera, la cual se compone de al menos 20% de oxígeno, 77% de nitrógeno, y el resto se complementa de proporciones variables de gases inertes y vapor de agua (Acuerdo 97A, 2015).
- **Calidad del aire ambiental:** La calidad del aire ambiental son los atributos mensurables de procesos que contribuyen la composición porcentual normal del aire ambiental. La OMS dictamina directrices para los umbrales y límites sobre la calidad de aire, para la cual se realizan pruebas científicas sobre: materia particulada, ozono (O₃), dióxido de nitrógeno (NO₂), y dióxido de azufre (SO₂) (Barraza, 2019).

- **Material particulado:** Es un material sólido o líquido a manera de partículas, con excepción del agua no combinada, presente en la atmósfera en condiciones normales. Las partículas en suspensión es el estado de las partículas o cuerpos que se mantienen en el seno de un fluido durante cierto tiempo. Las partículas en dispersión es la acción que tienen los gases y partículas para esparcirse en un medio debido al viento o movimientos verticales (Barraza, 2019).
- **Concentración de materia particulada en aire:** Es la medida que se obtiene de la división de la masa de la cantidad de materia particulada recogida (miligramos) sobre el volumen del aire muestreado (metros cúbicos) (INSHT, 2001).
- **Fracciones de material particulado:** Clasificación por tamaño de partícula en fracción inhalable, torácica y respirable. La fracción inhalable es la fracción de la masa de partículas de aerosol que se inhala a través de la nariz y boca. La fracción torácica es la fracción de la masa de las partículas inhaladas, cuyo ingreso supera la laringe. Estas partículas resultan peligrosas al depositarse en cualquier parte de las vías pulmonares y la región de intercambio de gases. En este concepto se sitúa el material particulado PM10. Mientras que, la fracción respirable es la fracción de la masa de las partículas inhaladas que penetran en las vías respiratorias no ciliadas (INSHT, 2001).

TLV: Valores límite de referencia y no un límite entre condiciones seguras o peligrosas. En condiciones laborales, TLV-TWA se refiere al valor límite umbral – media ponderada en el tiempo, donde se considera las ocho horas laborables o los 40 semanales, para verificar la exposición de los agentes. La variación TLVc es el valor límite umbral – techo, en donde se presenta la concentración límite que de ninguna manera debe de sobrepasarse durante el tiempo de trabajo (Escobar, 2017).

- **Impacto ambiental:** El impacto ambiental es la alteración del medio ambiente generado de manera directa o indirecta por un proyecto o actividad humana en un espacio y tiempo determinado que afecta de manera positiva o negativa a dicha área (Perevochtchikova, 2013).
- **Diámetro aerodinámico:** El diámetro aerodinámico es el diámetro de una esfera con densidad unitaria (densidad del agua) que se sedimenta en aire quieto a la misma velocidad que la partícula en cuestión (Acuerdo 97A, 2015).
- **Elementos de retención:** Los elementos de retención son instrumentos utilizados en el muestreador para la separación de materiales. Por lo general, son filtros o espumas con características específicas para cada objetivo (INSHT, 2001).
- **Monitoreo:** Proceso programado para recolectar muestras, realizar mediciones y registrar sus valores y las características del ambiente, con el fin de evaluar la variable frente a objetivos propios del estudio en cuestión

(Acuerdo 97A, 2015). El instrumento para la obtención de datos es el muestreador, el cual es un equipo que permite diferenciar partículas del aerosol del aire y recogerlas en un elemento de retención (INSHT, 2001).

- **Balanza analítica:** Instrumento con una sensibilidad mínima de 0.01 miligramos, es decir, que es una balanza capaz de pesar con una resolución de 1 o 10 microgramos (INSHT, 2001). En el caso del presente trabajo, se emplea una balanza analítica digital con una sensibilidad de hasta 0.000001 gramos.

1.7. Alcances y limitaciones

Para la realización de cualquier proyecto, es necesario establecer el alcance y las limitaciones que presentan para aclarar y direccionar el trabajo, sin agregar esfuerzos que no se contemplan dentro del tiempo y los recursos disponibles. Por tal motivo, a continuación, se detalla lo que se pretende obtener y la delimitación del presente estudio.

1.7.1. Alcance

- El estudio abarca la vía perimetral de la parroquia Loma de Franco, de la ciudad de Pasaje, de la provincia de El Oro. Esta zona tiene aproximadamente 3 Km de longitud.
- La investigación se centra en el impacto que provoca el transporte de arcilla

de la cantera Cecilia 2, a través de volquetes por la vía perimetral, a la comunidad que reside en la parroquia Loma de Franco.

- La entrevista se dirige únicamente a los moradores de la zona y se trata específicamente de la problemática que genera la suspensión de material particulado.
- El muestreo para la determinación de la concentración de material particulado se realiza en 3 Km contados desde la garita de la cantera Cecilia 2.

1.7.2. Limitaciones

- El estudio diagnostica las operaciones mineras dentro de la empresa a través de una única inspección de campo realizada con fines ambientales, sin renovación de acceso por parte del propietario.
- Este diagnóstico se apoya de la información de libre acceso de la Agencia de Regulación y Control Minero (ARCOM) y Ministerio del Ambiente (MAE).
- El muestreo por punto se realiza por día, debido a las limitaciones económicas y de personal para la instalación de varios instrumentos.
- El tiempo de cada muestreo es de 12 horas, comenzando una hora antes de las operaciones mineras y dos horas después de concluir.

- El estudio no abarca otros impactos provocados por las operaciones mineras de la cantera Cecilia 2, limitándose al análisis del impacto que genera el transporte de arcilla a través de volquetes en la comunidad de la parroquia Loma de Franco.

Capítulo II Marco Teórico

2.1. Conceptualización de las variables

La conceptualización de las variables permite separar las características de los aspectos que intervienen en un conjunto de fenómenos, para comprender la relación entre estas (Carballo & Guelmes, 2016). Por tal motivo, se presenta a continuación la conceptualización de las variables más relevantes para este estudio.

2.1.1. Concesiones mineras

La minería es una actividad económica que comprende proceso de extracción, explotación y aprovechamiento de minerales con fines comerciales, en el cual se tiene contemplada la aplicación de técnicas que permiten el descubrimiento y explotación de minerales.

De acuerdo con la Ley de Minería, publicada en el Registro Oficial No. 517, el 29 de enero de 2009, señala en su artículo 30 que la concesión minera es un acto administrativo en el que se otorga un título de carácter personal que faculta al titular minero que realice prospección, exploración, explotación, operar, comercializar y enajenar las sustancias minerales que estén dentro del subsuelo de la superficie adquirida.

La concesión minera es un derecho real a la adquisición de un bien inmueble, el cual es distinto e independiente al de la propiedad de la tierra en superficie, por lo

que se puede tener un dueño de los materiales del subsuelo (titular minero), y el propietario de la superficie. El derecho de la concesión minera es susceptible a hipoteca, transmisible, transferible, y oponible a terceros. Sin embargo, la concesión minera no es un contrato que permita una constitución del patrimonio familiar (Pineda, 2009).

El título minero puede ser otorgado a personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, públicas, mixtas o privadas, comunitarias, asociativas y de auto gestión, cumpliendo las exigencias descritas en las normas jurídicas que implican el respeto hacia el ambiente, cumplimiento con la seguridad y prevención de riesgos laborales, y el reglamento de la ley de minería (Ley de Minería, 2009).

En Ecuador, las concesiones mineras se clasifican según el uso o naturaleza del material, por lo que se tiene previsto títulos mineros que otorgan derecho para la exploración y explotación de minerales metálicos, no metálicos y materiales de construcción. De igual manera, se hace presente el término de régimen de minería, donde se destaca minería a gran escala, mediana minería, pequeña minería, minería artesanal y libre aprovechamiento (Ley de minería, 2009).

Las operaciones mineras dependen del tipo de material, los costos de producción y el impacto que puede generar a la comunidad de alrededor, por lo que se puede presentar minería en cielo abierto, subterránea, aluvial, paredones, pozos de perforación y submarina o dragad (Miller, y otros, 2010).

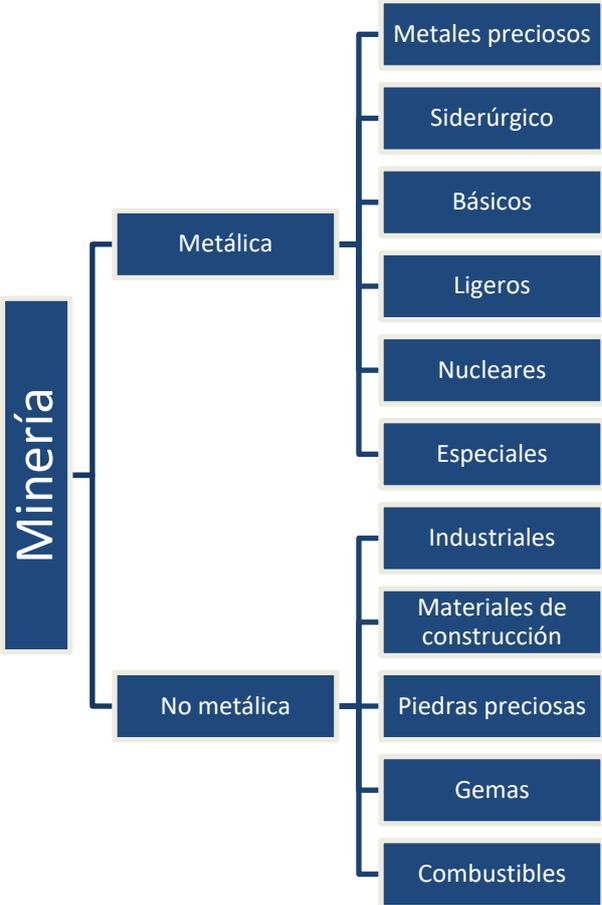
En este sentido, se hace necesario definir el término minerales, el cual hace referencia a sustancias inorgánicas de origen natural con propiedades físicas y químicas uniformes, formados por procesos inorgánicos, cuyo aspecto actual es resultado de procesos geológicos, otorgándoles una estructura interna ordenada. De acuerdo con su naturaleza, se clasifican en metálicos y no metálicos (Banco Central del Ecuador, 2015).

Entre los minerales metálicos se encuentran a los metales preciosos como oro (Au), plata (Ag); siderúrgicos como hierro (Fe), níquel (Ni), cobalto (Co); básicos como cobre (Cu), plomo (Pb); ligeros como magnesio (Mg) y aluminio (Al); nucleares como uranio (U), radio (Ra) y torio (Th); y, especiales como litio (Li), germanio (Ge), galio (Ga) y arsénico (As).

Mientras que, entre los minerales no metálicos se pueden encontrar a los minerales de tipo industria como potasio, azufre, cuarzo, sal, talco, feldespato y fosfato; materiales de construcción como arena, arcilla, caliza, mármol, entre otros; piedras preciosas y gemas, como diamantes, perlas, zircón; y, combustibles como carbón, lignito, petróleo y gas, tal como se aprecia en la figura 1 (Banco Central del Ecuador, 2015).

Figura 1

Clasificación de minería



Fuente: Banco Central del Ecuador, 2015.

En cuanto al tipo de minería, se distingue a la subterránea que es la que se desarrolla debajo de la tierra, en el que se emplean túneles verticales u horizontales para su acceso y extracción del mineral. La minería de superficie es la que se da a cielo abierto debido a la cercanía de los minerales a la superficie, en el que se trabaja por capas de manera progresiva (Banco Central del Ecuador, 2015).

La minería aluvial se presenta en riberas y cauces de ríos, en donde se recogen minerales de las terrazas aluviales, las cuales son pequeñas plataformas

sedimentarias o mesas construidas en un valle fluvial. La minería de paredones es un tipo de método de explotación de carbón. La minería en pozos de perforación es un tipo de explotación que se enfoca en la extracción de combustible (Banco Central del Ecuador, 2015).

Finalmente, la minería submarina o dragado es un método de explotación de materiales bajo océano o ríos (Banco Central del Ecuador, 2015). En Ecuador, la minería puede pasar por siete fases, dependiendo del tipo de minería, por lo que se tiene:

- a) Prospección: búsqueda o indicios de nuevas áreas mineralizadas. Actividad netamente geológica exploratoria de zonificación somera.

- b) Exploración: determinación de tamaño y forma del yacimiento, en donde se realizan estudios de viabilidad para la rentabilidad económica del proyecto. Esta fase integra el mapeo geológico, muestreos y análisis geoquímicos, estudios geofísicos y sondajes.

- c) Explotación: conjunto de operaciones para la preparación, extracción y transporte del mineral. Se distingue la construcción de vías de acceso, instalación de equipos de producción, extracción, triturado, transporte, molienda y concentración, actividades de atenuación de impactos ambientales, escombreras y depósito de relaves, y cierre de mina.

- d) Beneficio: tratamiento de minerales para elevar la ley de estos.

- e) Fundición: procesos enfocados en la separación de metales.

- f) Refinación: procesos de transformación de productos metálicos a metales de alta pureza.

- g) Comercialización: compraventa de minerales.

Finalmente, con respecto al régimen minero, se distinguen grandes diferencias entre el tamaño de producción y los rubros económicos a pagar a las instituciones de control, sean municipales o la agencia minera, por lo cual, se presenta a continuación las características de cada una de estas.

La minería artesanal está dirigida hacia las labores populares de emprendedores unipersonales, familiares y domésticos, cuya prevalencia se sitúa en el oro, siendo necesario que cumplan con los valores de producción de acuerdo con el tipo de mineral que extraen (tabla 1) (Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca, 2019).

Así también, se establecen parámetros en cuanto a la extensión por hectáreas, las cuales también varían según el tipo de mineral y en donde se realiza. Para el caso de minería no metálica, materiales de construcción y minería metálica subterránea, se otorga un máximo de 4 hectáreas; mientras que, para minería aluvial tienen un máximo de 6 hectáreas mineras, según se indica en el Instructivo de Otorgamiento de

Permisos para Labores de Minería Artesanal, publicado en el Registro Oficial Suplemento 531, mediante Acuerdo Ministerial 286, del 9 de septiembre del 2011.

Tabla 1

Producción de minería artesanal según tipo de mineral

Tipo de mineral		Producción
Metálicos	<10 toneladas / días en minería subterránea	120 m ³ / día en minería de aluviales
No metálicos	Hasta 50 toneladas / día	
Materiales de construcción	<100 m ³ / día para aluviales o minerales no consolidados	50 toneladas / día para minería en cielo abierto de rocas duras

Fuente: Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca, 2019.

La pequeña minería se refiere a régimen especial, en donde el Estado pretende eliminar el subempleo, y fomentar la productividad y competitividad. De acuerdo con el Instructivo de Otorgamiento de Concesiones Mineras Minerales No metálicos, publicado en el Registro Oficial 370, mediante Acuerdo Ministerial 612, del 07 de noviembre del 2014, las concesiones para pequeña minería pueden tener hasta 300 hectáreas mineras, en donde se puede realizar trabajos enfocados en la explotación de no metálicos y materiales de construcción.

De conformidad con el Instructivo Otorgamiento Concesiones Mineras Minerales Metálicos, publicado en el Registro Oficial 722, mediante Acuerdo Ministerial 2, el 28 de julio del 2017, las operaciones de minería metálica deben tener un área que exceda de 4 hectáreas mineras hasta 300; mientras que, para labores a

cielo abierto, deben ser de 6 hectáreas hasta 300. En la tabla 2 se puede apreciar las diferencias de producción por cada tipo de mineral.

Tabla 2

Producción de pequeña minería según tipo de mineral

Tipo de mineral	Producción		
Metálicos	<300 toneladas / días en minería subterránea	Hasta 100 toneladas / día en minería a cielo abierto	150 m ³ / día en minería aluvial
No metálicos	Hasta 1000 toneladas / día		
Materiales de construcción	<800 m ³ / día para minería aluvial	500 toneladas / día para minería en cielo abierto de rocas duras	

Fuente: Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca, 2019.

La minería a mediana es un tipo de minería en la que se ha llegado a cuantificar reservar que permiten ejecutar la explotación sobre el volumen determinado para el régimen especial de pequeña minería (Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca, 2019), teniendo los rangos de producción establecidos en la tabla 3.

Tabla 3*Producción de mediana minería según tipo de mineral*

Tipo de mineral	Producción	
Metálicos	Entre 301 a 1000 toneladas / día en minería subterránea	
No metálicos	Entre 1001 y 3000 toneladas / día	
Materiales de construcción	Entre 801 y 2000 m ³ / día para minería aluvial	Entre 501 y 1000 toneladas / día para minería en cielo abierto de rocas duras

Fuente: Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca, 2019.

La minería a gran escala es de las actividades más rentables para el país, cuyo impacto es uno de los más grandes por lo que está sujeto a control por parte de las autoridades competentes. Este tipo de minería comprende los valores que superen en producción a la minería mediana.

Finalmente, se hace mención sobre el libre aprovechamiento, el cual es un cuerpo legal que faculta a las instituciones públicas la extracción de materiales de construcción para realizar obras públicas en diferentes niveles jerárquicos, es decir, provinciales, cantonales y parroquiales.

De acuerdo con el Reglamento del régimen especial para el libre aprovechamiento de materiales de construcción para obra pública (2011), el libre aprovechamiento debe cumplir con las normas ambientales, y dirigirse al bienestar social, cumpliendo con la producción y cantidad de material proyectado y demostrando que su uso es para la ejecución de proyectos. El libre aprovechamiento debe cumplir también con las obligaciones económicas frente al Servicio de Rentas Internas,

entrega de informes de producción semestrales y la remediación del impacto ambiental al cierre de mina.

2.1.2. Minería a cielo abierto

La minería a cielo abierto, o minería a tajo abierto, o simplemente cantera, es una minería que realiza sus actividades en superficie para la extracción de minerales someros del subsuelo. Existen dos categorías de trabajo una es la minería a cielo abierto y la otra es la minería de extracción a cielo abierto. En la primera, se trata de roca suelta, en la que se arranca del afloramiento y se carga al equipo de transporte pesado para su clasificación, almacenamiento o distribución. En el segundo caso, se trata de roca consolidada que requiere de perforación y voladura, con fases de carga y acarreo (Amstrong, 2019).

En este sentido, está claro que las operaciones mineras dependen del tipo de roca, por lo que a continuación se explica de manera general todas las fases que comprende la minería a cielo abierto, y que deben ser aplicadas de conformidad con la realidad de cada empresa.

Explotación y equipos

La perforación y voladura es un método aplicado para roca consolidada, en la que se emplea usualmente nitrato amónico para la formación de cartuchos de dinamita. El equipo de perforación depende de la naturaleza del mineral, profundidad del barreno, velocidad y tiempo para fragmentar un volumen específico diario. En la

carga en superficie se emplean palas de mesa, cargadoras frontales, retroexcavadoras y orugas. El tipo de equipo de carga depende de las condiciones climáticas, logística del terreno, velocidad del trabajo, peso y dureza del material (Amstrong, 2019).

El acarreo suele limitarse a los volquetes, los cuales transportan el material a la estación de trituración, clasificadores, almacenamiento o los distribuye directamente hacia los clientes. Los costos del transporte suelen ser superior al 50% del total de las operaciones mineras. Por tal motivo, se emplean sistemas informáticos para planificar y controlar a los vehículos pesados para disminuir costos y aumentar la eficiencia y productividad (Amstrong, 2019).

Dentro del tratamiento del mineral se tiene a la trituración, en la que consiste en la instalación de una trituradora semimóvil que aporta grandes ventajas para la reducción de gastos de construcción y mantenimiento de carreteras. Adicionalmente, esta práctica reduce el consumo de combustibles y la mano de obra. El traslado de las trituradoras móviles dependen de su tamaño (Amstrong, 2019).

Aspectos ambientales

Los impactos ambientales en minería a cielo abierto son notables desde la percepción de la vista, pues implica la remoción de la cobertura vegetal, alterando el terreno, destruyendo la flora, disminuyendo el área la fauna, contaminando la superficie y las aguas subterráneas. Afortunadamente, las normativas respecto a la remediación ambiental están contempladas en la mayoría de los países del continente

americano, con lo que se pretende que las empresas den un cierre de mina con el que se recupere el aspecto del terreno inicial, reforestando para la restauración de la flora y fauna autóctona (Reglamento ambiental de actividades mineras, Ministerio del Ambiente, 2014).

Respeto a la voluntad social

Este punto es de vital sensibilidad, pues ha sido partícipe de varias de las manifestaciones más grandes en el Ecuador para evitar impactos por contaminación minera en zonas cercanas a ríos, sectores turísticos, áreas con vestigios arqueológicos, y destrucción de la flora y fauna. La problemática social también genera conflictos por el derecho al uso de tierra, el cual lo estipula los GAD's de cada cantón. Así mismo, las actividades mineras entorpecen el rendimiento de los cultivos debido a la calidad del agua y suelo (Massa, 2018).

Actualmente, las normas mineras y ambientales se enfocan también en el eje social, por lo que antes de la obtención la certificación ambiental, se pasa rigurosamente por canales de comunicación con la comunidad para recopilar las preocupaciones que más inquietan a los comuneros, y de igual manera, es una manera para informar sobre las medidas que la empresa considera para el manejo de riesgos y reducción de impactos durante y al cierre de mina (Solano, 2014).

2.1.3. Canteras

Las canteras son un tipo de explotación de minerales a cielo abierto que se enfocan en la extracción de productos como materiales de construcción y minerales industriales. Las exigencias técnicas actuales, han llevado a que las empresas cuenten con estándares de calidad, los cuales dependen del país en el que residen. De parte de las autoridades, se generan un cúmulo de exigencias medioambientales y sociales que deben ser cumplidas por el titular minero. Usualmente, las canteras responden a la expansión territorial, principalmente, la urbana. En consecuencia, el aumento de demanda es consecuencia de un mayor desarrollo socioeconómico, que se traduce a un aumento en la calidad de vida (Herrera, 2006).

Las canteras se clasifican en función al material que extraen, teniendo así a las canteras de áridos y pétreos, canteras de roca ornamentales, y canteras de rocas y minerales industriales. Los áridos son materiales minerales de origen natural o artificial, sólidos e inertes, y dimensionados por granulometría. Su importancia radica en su directa intervención en el sector de la construcción para la fabricación de cemento y mejorar el aspecto visual de las estructuras a través del uso de rocas ornamentales.

Los áridos se clasifican según su procedencia y proceso de obtención en naturales, artificiales, reciclados, ligeros y asimilados a áridos (Herrera, 2006). Por otro lado, la clasificación más empleada por parte de los técnicos en geología es la que estudia su tamaño mediante la granulometría, observándose los siguientes rangos (Tabla 4).

Tabla 4*Clasificación granulométrica de áridos*

Tipo	Tamaño [mm]
Escollera	> 200
Cantos gruesos	100 – 200
Cantos medios	20 – 100
Grava	2 – 20
Arena	0.02 – 2
Limo	0.002 – 0.02
Arcilla	< 0.002

Fuente: Herrera, 2006.

2.1.4. Minería de no metales y materiales de construcción en canteras

De acuerdo con la normativa existente para minería, se puede comprender que la arcilla es un no metal debido a su origen natural, pero también se puede considerar como un material de construcción por su utilidad. Esta disyuntiva ha generado gran problemática entre las entidades de control, por lo que sus competencias se ponen en práctica de acuerdo con el tipo de material según lo registre el titular minero.

En el caso de los materiales de construcción, las competencias directas de regulación minera y ambiental radican en los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD's), de conformidad con el artículo 260, literal 12 de la Constitución de la República del Ecuador 2008, en donde se menciona las competencias exclusivas sobre la delimitación, regulación, autorización y control de la explotación de materiales de construcción áridos y pétreos que se encuentren en lechos de los ríos, lagos, playas de mar y canteras.

Por el contrario, para los minerales metálicos y no metálicos, el ente regulador es la Agencia de Regulación y Control Minero (ARCOM), el cual tiene la potestad de inscribir, otorgar, auditar, intervenir, sancionar y controlar las actividades mineras bajo sus competencias para el aprovechamiento racional y técnico, que respete los alcances sociales y tenga responsabilidad ambiental. Esta agencia cuenta con 4 oficinas repartidas a nivel nacional, 9 coordinaciones regionales y su matriz se centra en Quito (ARCOM, 2020).

2.1.5. Canteras de arcillas

La minería a cielo abierto, también conocidos como canteras, se destinan mayoritariamente a la obtención de materiales de construcción debido a la cercanía del mineral a la superficie. En la actualidad, la industria de la construcción ha elevado su necesidad de materia prima para la constitución de productos para la edificación de viviendas y estructuras.

Las canteras de arcillas son fuentes de minerales de grano fino $< 1\mu\text{m}$ de acuerdo con los estudios químicos, $< 2\mu\text{m}$ según los mineralogistas, y $< 4\mu\text{m}$ de conformidad con los sedimentólogos. Sin embargo, las características tan variadas se pueden percibir inclusive en el mismo depósito. Las cualidades de las arcillas han sido usadas por su versatilidad, pero la falta de estudios no ha permitido caracterizar correctamente su potencial para las diferentes empresas. Los análisis indispensables en una cantera dedicada a la explotación de arcilla son la granulometría, límite líquido y límite plástico (Irigoín, Burga, Ramos, & Silva, 2019).

La explotación de arcilla comprende el desmonte de la cobertura vegetal, y el uso de maquinaria para realizar el raspado del afloramiento, para luego colocar el material en los volquetes, las cuales destinan el material según la empresa lo desee. Se observan dos modelos de negocios, el tradicional que se basa en la explotación y traslado directo al cliente, o el de valor agregado, en donde es la empresa la que utiliza la arcilla para producir los ladrillos (Ortiz, 2008).

2.1.6. Impacto de canteras de arcilla

La cuantificación del impacto minero de canteras se puede realizar mediante diversos métodos, los cuales engloban el proceso de las operaciones mineras, la calidad de agua, aire y suelo, y el efecto sobre la comunidad. La clasificación por contaminantes se muestra en cuatro componentes: atmosférico, físico, biótico y socioeconómico (Hernández, Ulloa, & Rosario, 2011).

En el caso atmosférico por desequilibrio del aire en el entorno, dado por emisión de material particulado, gases de combustible y ruido. En el componente físico se tiene al suelo, con afectación por remoción de la capa orgánica, cambio de drenaje superficial, movimientos en masa y generación de residuos; en el agua se reconoce la variación de la dinámica fluvial, y la variación en las características fisicoquímicas o sedimentación; y, en el paisaje, con la variación de las geoformas iniciales y el cambio de la percepción paisajística por la presencia de elementos no compatibles.

En el componente biótico, la flora es afectada por la introducción de especies invasoras, disminución o muerte de vegetación, y remoción de la cobertura vegetal;

mientras que, en la fauna, se produce la migración de especies, y la disminución o muerte de animales. Finalmente, en el componente socioeconómico, se analiza desde el punto de vista económico en el cual se ve reflejado la producción de empleo y el aumento del ingreso familiar; mientras que, en el lado ambiental, se muestra al mejoramiento de la calidad de vida, afectación de las vías públicas y generación de expectativas (Marchevsky, Giubergia, & Ponce, 2018).

Los estudios demuestran que la minería en canteras provoca afectaciones críticas en el paisajismo y el mejoramiento de vida; mientras que, las afectaciones severas se registran para la remoción de la capa orgánica, efectos erosivos, movimientos en masa, remoción de cobertura vegetal, y aumento del ingreso familiar (Marchevsky, Giubergia, & Ponce, 2018).

Un estudio especializado en los impactos ambientales y sociales de la minería de arcillas a cielo abierto reveló que el deterioro del aire se asocia a los vehículos transportadores y el tipo de proceso que realizan para obtener ladrillos; así también se detecta procesos de erosión producto a la extracción de arcillas; contaminación del agua y cambio de valor paisajístico; y, afectación a la calidad de vida por presencia de enfermedades respiratorias (Garzón, 2013).

De igual manera concuerdan Halanocca y Huaman (2015) sobre el impacto negativo de la minería de arcillas hacia el ambiente, pues detectaron que influye al deterioro del paisaje, contribuye a las emisiones atmosféricas contaminantes y a la pérdida de suelos. Sin embargo, registraron impactos positivos sobre la comunidad como la generación de empleo y economía local.

2.1.7. Buenas prácticas para transporte de materiales pulverulentos

En el caso específico de manipulación de materiales pulverulentos, existen sistemas que permiten la disminución del impacto atmosférico como el sistema de lavado de ruedas, sistema de captura de polvo por atomizadores o nebulización, barreras contraviento, pantallas y muros perimetrales, y limpieza de suelos y caminos internos (Ycaza, 2021).

Sistema de lavado de ruedas

El sistema de lavado de ruedas es simple, su objetivo es evitar que las llantas de los vehículos recolecten polvo y este sea esparcido durante el recorrido interno o externo. Dentro de este sistema se encuentra: a) tipo paso continuo, el cual se enfoca en el lavado de neumáticos mientras el vehículo se encuentra en movimiento sobre una plataforma, en donde se emplea agua limpia a presión para eliminar residuos; y, b) tipo estático o Batch, en el que se requiere que el vehículo se ubique sobre unos rodillos para la limpieza de los neumáticos (Ycaza, 2021).

La selección del tipo de sistema de lavado depende de la naturaleza del polvo, posibles sustancias peligrosas mezcladas en el polvo, cantidad de polvo y tiempo en el suelo, flujo de vehículos y nivel de disponibilidad del recurso hídrico. Para que sea efectiva el sistema se requiere que los caminos internos y los próximos a la garita se encuentren limpios, definir límites de velocidad para el lavado continuo (menor a 5

Km/h), mantenimiento continuo del sistema de dispersión de agua, y controlar el impacto de la recirculación del recurso hídrico (Ycaza, 2021).

Sistema de captura de polvo por atomizadores o nebulización

Se aplica para manipulación de graneles pulverulentos o en donde se produzca la caída libre del concentrado de minerales. Se emplea un equipo que produce una bruma densa de pequeñas gotas de agua que sirven para encapsular las partículas en suspensión, precipitándose de manera aglomerada. El tamaño de gota es de 20 a 200 micras para los atomizadores; mientras que, los sistemas nebulizantes generan un tamaño de 50 a 150 micrones.

Adicionalmente, se requiere de los datos sobre velocidad de caída superficial, tensión superficial, superficie de captura, dirección de la niebla y cobertura del sistema. Así también, es necesario tomar en consideración el volumen del recurso hídrico empleado y su gestión para la recirculación. Este sistema es el más aplicado frente al transporte con caída de material libre, efectos del viento sobre material descargado, descarga de volquetes y rutas de transporte (Ycaza, 2021).

Barreras contraviento, pantallas y muros perimetrales

En una empresa minera que genere grandes concentraciones de material pulverulento a la atmósfera debe requerir un medio natural o artificial que sea capaz de brindar protección a los efectos negativos del particulado en las comunas más

cercanas. Para esto, se debe considerar la dirección predominante del viento y la ubicación de las zonas pobladas (Ycaza, 2021).

Las barreras contraviento evitan un efecto erosivo sobre el material almacenado y evitan su dispersión. Los ejemplos más comunes de este método se evidencian en la planificación de la extracción del mineral por diferencia de altimetría, en donde las zonas más altas no son modificadas, sino que sirven de barrera natural para afrontar los futuros impactos en la atmósfera (Ycaza, 2021).

Las pantallas son barreras para reducir el efecto de la velocidad del viento. Mientras que, los muros perimetrales se construyen con una altura superior a la pila de almacenamiento del material y tienen como función su delimitación, lo cual evita la dispersión del material por el tránsito de los volquetes o vehículos pesados, efectos de la velocidad del viento, y arrastre del material por lluvias (Ycaza, 2021).

Limpieza de suelos y caminos internos

La cantidad de material particulado disperso en el suelo es el factor principal de resuspensión de materiales, por lo que es necesario mantener una limpieza constante de los caminos internos. Durante su ejecución se debe humedecer y mojar la zona a ser barrida, debido a que una limpieza en seco representa una dispersión del material particulado a la atmósfera, afectando a los trabajadores.

El sistema de humectación debe considerar la gestión del recurso hídrico. Además, la velocidad de los vehículos por la zona debe ser menor a 5 m/s. Para la

selección del equipo se debe tomar en cuenta la mínima generación de gases de escape, mínima generación de ruido, máxima maniobrabilidad, caudal de aspiración, dimensión del barrido y generación de aire limpio desde los depósitos de residuos (Ycaza, 2021).

2.2. Importancia de las variables

En Ecuador, la explotación de arcilla se la realiza para solventar las necesidades de la industria manufacturera y de construcción para la fabricación de ladrillos y baldosas. La mayoría de las aplicaciones son sencillas y no requieren de especificaciones químicas. La arcilla representa una de las materias primas más importantes en la construcción, dedicándose el 90% de la explotación al beneficio de estos rubros. El 10% restante se emplea como materia prima para la industria del papel, caucho, absorbentes, decolorantes, farmacéuticos, entre otros (Zea, 2005).

En 2014, la producción de arcilla fue de 770.936,72 toneladas (Banco Central del Ecuador, 2015). Sin embargo, en 2015 disminuyó a 479.622 toneladas (Banco Central del Ecuador, 2016). La asociación de dicho acontecimiento no es clara, pero se le atribuye a la poca demanda de materiales de construcción y a la falta de controles por parte de las autoridades competentes.

El impacto que genera la extracción de arcillas influye de manera positiva y negativa en la vida de los habitantes que se encuentran cerca de las canteras. La mayor preocupación de los pobladores es la capacidad que tiene la minería en la afectación de las actividades económicas previas al desarrollo de operaciones

mineras. Concesiones cerca de poblados dedicados a la agricultura y ganadería, que consumen directamente el agua de los ríos son los que mayor problemática tienen para establecer actividades de explotación de recursos (Luna, 2015).

A estas condiciones se denominan alteración del equilibrio del poder, el cual es altamente percibido en las comunidades, especialmente en indígenas. Los conflictos sociales son el resultado de un desplazamiento de pobladores que no han llegado a un acuerdo con la empresa, falta de beneficios en la comunidad como compensación por el impacto ambiental y social que perciben, y la injusta e inexistente comunicación sobre las actividades para convivir de manera armónica.

Uno de los grandes obstáculos es la falta de conocimiento sobre las costumbres y jerarquías locales, lo cual provoca que no se llegue a consensos entre las partes. La disconformidad por el uso de suelo, muchas veces son el detonante de protestas, en las que se puede incurrir en incumplimientos de los derechos humanos de los pobladores, por andar en defensa de los intereses de la empresa (Pineda, 2009).

Por tal motivo, el presente estudio considera de gran importancia evaluar las operaciones mineras en minería a cielo abierto de arcillas y el impacto ambiental y social que genera en los pobladores de la parroquia Loma de Franco, ya que existen antecedentes de inadecuada práctica de transporte de materiales, por la cual, la concesión minera Cecilia 2 fue denunciada ante la autoridad competente en 2002, cuyas prácticas han sido reportadas nuevamente en 2020, afectando desde esa fecha a la salud de los ciudadanos que residen cerca de la vía perimetral.

2.3. Análisis comparativo

Como se ha mencionado con anterioridad, la producción de arcilla comprende varios pasos, dependiendo de la capacidad de la empresa para generar valor agregado, por lo que, para efectos del presente estudio, se limitan a la investigación de la obtención de la arcilla, y el acarreo y carga para el transporte de la materia prima para el cliente.

De hecho, el transporte de estos materiales es uno de los problemas más comunes de la parroquia Loma de Franco debido a que la empresa minera no aplica buenas prácticas para la manipulación de materiales pulverulentos. Por tal motivo, se relaciona las operaciones mineras con los impactos ambientales y sociales que generan en la comunidad, por lo que las variables se miden de acuerdo con los criterios y dimensiones de la tabla 5.

Tabla 5

Análisis comparativo de variables

Variable	Dimensión	Criterios
Independiente: Operaciones mineras	Extracción	Volumen de producción anual
	Acarreo y carga	Cantidad de maquinaria interna
	Transporte	Cantidad y condiciones de vehículos pesados
Dependiente: Impacto ambiental y social	Atmosférico	Material particulado
		Gases de combustible
		Ruido
	Físico	Suelo
		Agua
	Biótico	Paisaje
Flora		
Socioeconómico	Fauna	
	Económico	
		Social

Fuente: Marchevsky, Giubergia, & Ponce, 2018.

De igual manera, el análisis del impacto de las operaciones mineras provocado por la extracción y transporte de material particulado ha sido estudiada por varios autores, por lo que, a continuación, se muestra un análisis comparativo de los resultados más relevantes de dos estudios enfocados en canteras de materiales de construcción, en donde se puede apreciar que en ambos estudios se reporta alteración en el paisaje y afectación del suelo. Mientras que, como impactos positivos se encuentra la generación de empleos y el incremento de la economía local, traduciéndose en un aumento de la calidad de vida (tabla 6).

Tabla 6

Análisis comparativo del estudio de impactos ambientales y sociales de dos canteras

Característica	Cantera La Represa	Sector Ladrillero
Autor	Marchevsky, Giubergia y Ponce	Quisque y Huaman
Año	2018	2015
Ubicación	Argentina	Perú
Impactos positivos	Aumento del ingreso familiar Generación de empleos Mejoramiento de la calidad de vida Generación de expectativas	Generación de empleo Incremento de la economía local por venta de ladrillo, y el preparado y moldeado
Impactos negativos	Afectación del suelo Alteración de la dinámica fluvial y la calidad del agua Alteraciones críticas en el paisaje Afectación de fauna y flora	Alteración del paisaje Disminución de la calidad de aire Pérdida de suelos

Fuente: Marchevsky, Giubergia y Ponce (2018), y Hualanocca y Huaman (2015).

2.4. Análisis crítico

Para realizar el análisis crítico del presente estudio se emplean los instrumentos mostrados en el análisis comparativo, como la matriz de Leopold, el cual es un método por el que se evalúan los impactos asociados a cualquier tipo de proyecto. Este sistema es de gran utilidad debido a la facilidad y rapidez de diagnóstico cualitativo de

las reacciones de causa y efecto. Sin embargo, como desventaja se tiene que no evalúa los costos ambientales y la proyección en el tiempo (Ramos, 2004).

Por otro lado, para el estudio del impacto por material particulado del transporte de minerales no metálicos, se emplea la metodología y estrategias empleadas por Ramírez y otros (2018), para la medición de la concentración de material particulado PM10, por el método simplificado. Ambos trabajos permitirán conocer el nivel de impacto ambiental y social que perciben los moradores del sector, los cuales afectan a su calidad de vida y por lo cual han estado luchando para que se tome medidas preventivas y de corrección, siendo la dispersión de material particulado la preocupación más grande de los pobladores de Loma de Franco.

Capítulo III Marco Referencial

3.1. Reseña histórica

La concesión minera Cecilia 2, cuyo código catastral es 300836, tiene una fecha de inscripción que data del 18 de julio del 2002, cuenta con una superficie de 47 hectáreas mineras contiguas del sector Tres Cerritos, pertenece al cantón Pasaje, provincia de El Oro. Esta concesión minera cuenta con plazo de actividades de 258 meses, y se dedica a la exploración – explotación de minerales no metálicos, con interés principal en la arcilla. Cecilia 2 se encuentra inscrita bajo el régimen especial de pequeña minería y cuenta con licencia ambiental aprobada por el Ministerio del Ambiente.

Históricamente, a partir de la regulación y catastro minero promocionado por el Ministerio de Recursos Naturales No Renovables, se inscribió con fecha 1 de septiembre de 2010 a la concesión minera Cecilia 2 con un título minero que facultaba las labores de extracción de materiales de construcción, por lo que las competencias de regulación y control pasaron a manos del GAD del cantón Pasaje en 2015.

No obstante, para dicho año, se realizó un proceso de cambio de tipo de material de interés a arcilla, considerándose material no metálico, por lo que las competencias de regulación y control recaen en la Agencia de Regulación y Control Minero (ARCOM) y Ministerio del Ambiente (MAE).

En 2011, tras la inspección de un técnico de calidad ambiental, se detecta que la concesión minera contamina al sector Uzhuplaya debido a la dispersión de material particulado provocado por los volquetes que ingresan y salen de la concesión minera, por lo que se les solicita un plan de acción para remedir el impacto con un plazo de 30 días.

Cumpliendo con el reglamento de la ley minera, se realiza dicho documento, en donde se integran estrategias para el control y reducción de las emisiones contaminantes como polvo, gases y ruido provocada por vehículos pesados. De igual manera, se plantea la rehabilitación de la carretera pública dentro del área de influencia directa.

Por tal motivo, adecuaron la vía a través de la colocación de material lastre a lo largo del tramo de ingreso a la concesión minera, se construyeron cunetas para la evacuación de aguas lluvias, se utilizaron lonas para cubrir el material que sacan los volquetes, y se colocó señalética de entrada y salida. Por un lado, la nivelación de la carretera de acceso tuvo un costo de \$160, y consistió en la reconfiguración de la vía principal, la misma que se encontraba deteriorada por la acción de los vehículos pesado, tal como se aprecia en la figura 2.

Figura 2

Reconformación del carretero



Fuente: Plan de Acción Concesión Minera Cecilia 2, 2011.

El mejoramiento del lastrado de la vía consistió en colocar lastre sobre un ancho de 10 metros de largo de toda la carretera, en el que una capa de 25 cm correspondió a material sub-base clase 3 y luego se colocó una capa de 20 cm de material base clase 1. Posteriormente, se realizó la nivelación y compactación a través de rodillo, motoniveladora y volquetes. El precio de esta obra fue de \$3.000 (figura 3).

Figura 3

Incorporación de lastre sobre calzada de vía



Fuente: Plan de Acción Concesión Minera Cecilia 2, 2011.

En el caso de las cunetas, fue una obra que tuvo un valor de \$160 y se realizó con la finalidad de mejorar la circulación del agua lluvia para conservar y disminuir el impacto en la carretera perimetral. Esto se realiza con el objetivo de que se evite la creación de baches producto del agua lluvia y el peso de los volquetes. Las cunetas tienen una extensión desde la vía principal hasta la quebrada que cruza área minera (figura 4).

Figura 4

Construcción de cunetas



Fuente: Plan de Acción Concesión Minera Cecilia 2, 2011.

Otra medida que se tomó fue la incorporación de señalética dentro de la concesión minera, que cumpla con las normas establecidas. La adquisición e instalación de los instrumentos fue de \$425. Así mismo, se planteó el mejoramiento del aspecto paisajístico donde se proyectó la plantación de árboles con un costo de 225, y también serviría como medio de retención de ruido y polvo. Sin embargo, no se tiene registros o evidencia del cumplimiento de esta actividad.

También, se enfocaron esfuerzos en el mantenimiento y maquinaria utilizada, especialmente en la mitigación del ruido y gases, por lo que plantean la compra de silenciadores de maquinaria pesada y volquetes, así como, la dotación de orejeras para operadores. Esta actividad tuvo un costo de \$432, y de igual manera, no se tiene registros del cumplimiento.

Con respecto a la mitigación de gases, se previó un mantenimiento periódico de los vehículos y maquinaria pesada cada 200 horas de trabajo, en donde se incluye cambio de aceite, engrasado, revisión, mantenimiento, cambio o reposición de tubos de escape y filtros depuradores de combustión. Esta actividad tiene un costo de ejecución de \$1200.

En cuanto al material particulado, se comprometieron en el control del polvo a través de la aspersión de agua sobre la calzada en la vía de acceso a la concesión, específicamente, en la época de verano, teniendo un costo de \$500. Mientras que, también se estableció, de manera obligatoria, el uso de lonas para evitar el derrame o

dispersión de material particulado. Además, se limita la velocidad de salida de garita a 20 Km / hora.

Finalmente, se estableció la limpieza de la calzada de la vía principal y las medidas de mitigación del polvo, la cual consiste en recoger el material dejado por los volquetes. Además, se añadió personal a la nómina, para el control del uso de la loma y que el volumen de material transportado no supere la capacidad del volquete, así mismo, esta persona tiene la responsabilidad de la limpieza de neumáticos.

En la actualidad, se han registrado nuevamente problemas entre la comunidad y la concesión minera, debido a la falta de medidas para disminuir la dispersión de material particulado. Sin embargo, en la inspección de campo realizada en 2021, se encontró que las operaciones mineras dentro de la concesión están impactando no sólo al componente atmosférico, el cual es el más percibido por los pobladores de Loma de Franco, sino que también existe un impacto en los componentes físicos y bióticos, como se puede observar en la figura 5.

Figura 5

Operaciones mineras



Fuente: Elaboración propia, 2022.

3.2. Filosofía organizacional

La filosofía organizacional es el conjunto de principios y creencias que direccionan a la empresa, para lo cual suman todos sus esfuerzos en conseguir los objetivos de acuerdo con las habilidades que más valora la organización. La filosofía organizacional es un recurso teórico que permite la comprensión del intangible sobre las conductas aprobadas e inaceptables que la empresa puede tolerar, expresa el futuro y el propósito de la organización, buscando motivar al personal (Dávila, Noriega, Máynez, Hernández, & Torres, 2017).

En el caso de la concesión minera Cecilia 2, al ser una empresa unipersonal de régimen especial de pequeña minería, no requiere dentro de sus informes técnicos a las autoridades competentes sobre la filosofía organizacional, por lo cual, no reportan la visión, misión y objetivo concreto de la empresa.

A diferencia de la minería en gran escala, en cuyos informes se diferencia claramente las motivaciones y el enfoque al que quieren dirigirse. Así mismo, estas empresas emplean la filosofía organizacional como carta de presentación a nuevos socios y en la captación de capital humano, los cuales se interesan por las acciones sobre el alcance de metas, la reducción del impacto ambiental, la rentabilidad y la viabilidad de los proyectos.

En los casos de régimen especial de minería, forman parte de las empresas que deben realizar contribuciones a las autoridades competentes, a través de las regalías mineras y la patente de conservación. Pero no requieren de un trabajo

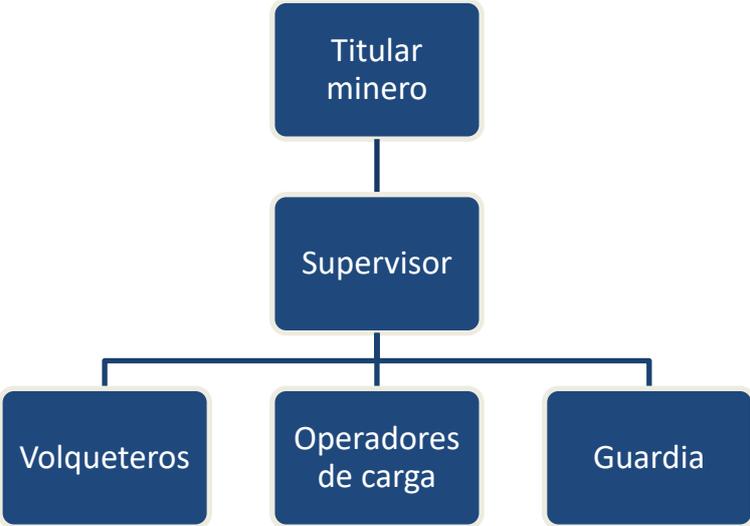
exhaustivo administrativo, ya que las toneladas que extraen son inferiores a las de otros regímenes. Sin embargo, deben cumplir con todas las obligaciones tributarias, licenciamiento ambiental, prevención de riesgos laborales, seguridad social y normativa jurídica minera.

3.3. Diseño organizacional

El diseño organizacional de la empresa es muy simple. En la cabeza para la toma de decisiones se encuentra el titular minero. En segundo nivel, se ubica al encargado de supervisión. Finalmente, en tercer nivel se encuentran los operadores de maquinaria, en donde se distinguen volqueteros y conductores de retroexcavadoras y cargadoras frontales, así como también, se encuentra el guardia de garita, tal como se observa en la figura 6.

Figura 6

Diseño organizacional



Fuente: Elaboración propia, 2022.

El trabajo de los operadores de carga consiste en la extracción del material a través del raspado del afloramiento por medio del cucharón, con lo cual obtienen el material y lo colocan en los volquetes. Se contabilizan 3 operadores de carga, cuyo horario de trabajo es de 7h00 a 17h00. Con una hora de almuerzo alternada.

En el caso de los volqueteros, se dedican al transporte del material colocado dentro de la caja, cuyo volumen no debe sobrepasar la capacidad del vehículo. Son los responsables de colocar la lona para evitar la caída del material mientras conducen. Sin embargo, se ha comprobado varias veces que incumplen con esta norma obligatoria de tránsito. Su horario de trabajo es igual al de los operadores de carga, con una hora de almuerzo alternada. En la concesión minera trabajan 6 volqueteros. Sin embargo, dentro de las formas de negocio que presta el titular minero, permite que el cliente decida usar el servicio de transporte de material de la empresa, o emplear sus propias volquetas para realizar el transporte de la arcilla.

En la figura 7 se puede apreciar el incumplimiento de la norma sobre la cual se regula el volumen del material transportado, pues evidentemente sobrepasa la capacidad del volquete, lo que incurre en la posibilidad de la caída del material a pesar de llevar una lona puesta.

Figura 7

Volqueteros



Fuente: Elaboración propia, 2022.

En cuanto al guardia, realiza sus actividades dentro de garita, registrando la entrada y salida del personal y clientes. Dentro de sus responsabilidades se estableció en 2011, que sería el encargado de la limpieza de los neumáticos de los vehículos; sin embargo, en la inspección técnica no se evidenció tales medidas preventivas. Su horario laboral es similar al de sus compañeros. Su hora de almuerzo lo realiza en garita.

3.4. Productos y/o servicios

El producto principal es la venta y transporte de arcilla, el cual es considerado como material de construcción y para otros es un material no metálico. El modelo de negocio se divide de acuerdo con las necesidades y requerimientos del cliente. Se

presenta la venta y transporte de arcilla para aquellos usuarios que no cuentan con maquinaria pesada para el traslado, por lo que el costo es tanto por el material como por la movilización, ya que las máquinas son de propiedad del titular minero.

El otro modo de comercialización es por convenio, en el cual el concesionario pacta un volumen o volquetadas llenas de acuerdo con lo acordado, pero no presta el servicio de transporte. En este caso el ingreso se da únicamente por la extracción de material.

La calidad de la arcilla no ha sido evaluada de manera constante, el trabajo de extracción se realiza de manera empírica, conociendo las propiedades geológicas y fisicoquímicas del cerro. El material es usualmente vendido para empresas dedicadas a la industria de la construcción, elaboración de ladrillos, y personas naturales que realizan modificaciones o construyen sus viviendas.

3.5. Diagnóstico organizacional

Para el diagnóstico organizacional se realiza un análisis interno y externo sobre los aspectos más destacables de la concesión minera, Cecilia 2. En la tabla 7 se muestra la matriz FODA, con la cual se indica las fortalezas, oportunidades, debilidades y fortalezas de la empresa.

Como fortalezas, la empresa se sostiene bajo los 20 años de experiencia en el sector minero, siendo dueño de la mayor parte de los predios donde se asienta la concesión minera sobre el cerro Tres Cerritos para realizar la explotación minera. El

material principal de explotación no requiere de procesos alternos como voladura, ya que se extrae fácilmente con una pala hidráulica o una retroexcavadora. Presenta un alto volumen de arcilla sin explotar. Finalmente, cumple anualmente con la patente municipal.

En cuanto a las oportunidades, se presenta un compromiso del gobierno por la explotación minera legal, y presenta beneficios mineros por considerarse minería en régimen especial o pequeña minería. El sector de la construcción está incrementando por lo que se pueden crear alianzas estratégicas con las empresas privadas para la construcción de obras civiles. Finalmente, existe estabilidad en el sector minero.

En el caso de las debilidades, se enfocan básicamente en el desempeño conforme al cumplimiento de las normas ambientales ecuatorianas, ya que no cumple con las actividades de mitigación de impactos ambientales. Las afectaciones se perciben en la flora, fauna, paisaje y calidad de aire de la parroquia Loma de Franco, por lo cual, existen múltiples denuncias por parte de los pobladores por el impacto del material particulado (polvo) en su salud respiratoria. Además, no se implementa las observaciones señaladas en 2011 sobre la mitigación de material particulado por parte de los volquetes.

Finalmente, las mayores amenazas detectadas son la suspensión de actividades por parte del Ministerio del Ambiente debido al incumplimiento de las normas del Código Orgánico Ambiental (COA) y por bloqueo de las carreteras por pobladores. Además, también se percibe un incremento en la minería ilegal, incremento del combustible e inestabilidad económica nacional.

Tabla 7*Matriz FODA*

Fortalezas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none">• Veinte años de experiencia en la venta de materiales no metálicos• Propietario de los predios donde se asienta la mayor parte de la concesión minera• Material de explotación que no requiere de voladuras• Alto volumen de material sin explotar• Cumplimiento anual de la patente municipal	<ul style="list-style-type: none">• Compromiso del gobierno para la explotación minera legal• Alianzas estratégicas con el sector privado para la construcción de obras civiles• Estabilidad del sector minero• Beneficios del sector minero por considerarse de régimen especial o pequeña minería
Debilidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none">• Bajo nivel de compromiso con las normas ambientales• No implementa las actividades de mitigación del material particulado por parte de los volquetes señaladas en 2011• Afectación de la flora y fauna del cerro Tres Cerritos• Afectación de la calidad de aire• Impacto negativo sobre la calidad paisajística.• Falta de implementación de actividades de mitigación de impactos ambientales• Múltiples denuncias por parte de los pobladores de la parroquia Loma de Franco por afectación de material particulado	<ul style="list-style-type: none">• Suspensión de las actividades mineras por incumplimiento de las normas del Código Orgánico Ambiental• Suspensión de las actividades por bloqueo de la carretera por parte de los pobladores• Incremento del precio del combustible• Inestabilidad económica nacional• Incremento de la minería ilegal

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Capítulo IV Resultados

4.1. Marco Metodológico

4.1.1. Tipo y diseño de estudio

El presente estudio es de tipo explicativo, que parte de la descripción estadística de los datos cuantitativos para identificar las características de la muestra, con lo cual se escala a la interpretación y análisis de la información, con la comparación de los resultados frente a los límites permitidos, y finaliza con la explicación del fenómeno y en las condiciones en las que se manifiesta (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

El diseño de estudio es no experimental transversal, debido a que la recolección de datos se realiza en un tiempo único y sin manipular las variables, por lo que se limita a recuperar la información sin alterar el entorno en el que se desarrollan las actividades diarias de la concesión minera (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

4.1.2. Población

La población de estudio o universo de estudio se refiere al conjunto de personas u objetos hacia los que se dirige la atención de la investigación científica para determinar las características específicas derivadas de ciertos fenómenos (López, 2004). En el presente trabajo, la población de estudio es el material particulado en

suspensión que afecta a los habitantes de la parroquia Loma de Franco, ubicada en el cantón Pasaje, perteneciente a la Provincia de El Oro.

4.1.3. Muestra

La muestra es un subconjunto del universo de estudio, que reúne las características representativas para generalizar los resultados de la población de estudio (López, 2004). En el presente trabajo, la muestra es el material particulado que fue receptado por el muestreador multifracción, RespiCon, en la vía principal de la parroquia Loma de Franco, por donde realizan el ingreso y salida de volquetes de la concesión minera Cecilia 2.

4.1.4. Instrumentos

Los instrumentos de investigación representan los recursos que el investigador emplea para extraer información sobre los problemas y fenómenos en los que se desarrollan las variables (Garay, 2020). A continuación, se explica brevemente los métodos de recolección de datos:

Método Gravimétrico

El método gravimétrico consiste en recolectar partículas por filtración en un muestreador, para determinar las concentraciones ambientales de partículas de suspensión. Este estudio sigue los pasos definidos las normas europeas en cuanto a la selección, calibración y manipulación del instrumento para fracciones inhalables,

torácicos y respirables; y, por Ramírez y otros (2018) para el modelamiento en geoestadístico de las mediciones de concentración en ArcGIS.

En el primer caso, se seleccionó el muestreador RespiCon, de la marca TSI, que cumple con las especificaciones de la norma UNE-EN 481 y UNE-EN 13205. Este instrumento es de tipo multifracción, por lo que permite la recolección de fracciones inhalables, torácicos y respirables debido a los 3 niveles de filtros (INSHT, 2014).

Las partículas ingresan a través de una bomba de muestreo personal, en donde se sitúa primeramente la fracción inhalable, siendo las partículas gruesas separadas al colector inferior; mientras que las demás se separan aerodinámicamente en el filtro correspondiente. En la primera etapa se recogen partículas menores a $4\mu\text{m}$, en la segunda se obtiene las menores a $10\mu\text{m}$, y, en la tercera las restantes, como se observa en la figura 8. Como elemento de retención usa filtros de 37mm y su caudal de muestreo total es de 3.11 L/min, siendo diferentes para cada filtro, es decir, de la suma de los caudales de cada filtro se obtiene dicha cifra (TSI, 2017).

Figura 8

Muestreador RespiCon



Fuente. TSI, 2017.

Las ventajas de este instrumento es que se puede tomar muestras en períodos prolongados sin que se sobrecarge, no hay rebote de partículas y no necesita de trampas de grasas (TSI, 2017). Mientras que, los criterios para tomar en consideración para realizar el muestreo son las afectaciones por la velocidad del viento, ya que al ser elevada no recoge correctamente el material, esto sucedería dentro de mina, pero los registros se realizan en la vía principal, evitando una prolongación de este inconveniente. En cuanto al cálculo de la cantidad particulada retenida, el INSHT (2014) señala que el peso de las partículas (P) se determina comparando el peso del filtro antes (P_1) y después del muestreo (P_2).

$$P = (P_2 - P_1)$$

Donde:

P1 = Valor medio de las tres pesadas previas al muestreo, en mg.

$$P_1 = \frac{P_{11} + P_{12} + P_{13}}{3}$$

P2 = Valor medio de las tres pesadas posterior al muestreo, en mg.

$$P_2 = \frac{P_{21} + P_{22} + P_{23}}{3}$$

Cabe resaltar que, la determinación del peso debe realizarse en una balanza al vacío que brinde resultados con seis cifras decimales. Además, la manipulación del instrumento y los filtros deben realizarse con guantes, debido a que el sudor o la grasa de las manos puede alterar las mediciones del material particulado (INSHT, 2014). Finalmente, la concentración de la materia particulada en el aire se calcula diferenciando cada tipo de fracciones, tal como se muestra en las siguientes ecuaciones:

$$C_1 = C_{respirable} = \frac{P_{respirable}}{Q_{respirable} * ts}$$

$$C_2 = C_{torácico} = \frac{P_{respiratorio} + P_{torácico}}{(Q_{respirable} + Q_{torácico}) * ts}$$

$$C_3 = C_{inhalable} = \frac{P_{respiratorio} + P_{torácico} + P_{inhalable}}{(Q_{responsible} + Q_{torácico} + Q_{inhalable}) * ts}$$

Donde:

$$Q_{respirable} = 2.66 \text{ L/mn}$$

$$Q_{torácico} = 0.33 \text{ L/mn}$$

$$Q_{inhalable} = 0.11 \text{ lpm}$$

Los límites permisibles para las fracciones inhalable, torácica y respirable se muestran en la tabla 8, así como el nivel de acción de cada una de estas. Con esta información, se plantea determinar la zona de impacto mediante modelamiento a través del geoprocesamiento de los resultados.

Tabla 8

Límites permisibles

Fracciones	Diámetro aerodinámico (μm)	Límite permisible (mg/m^3)	Nivel de acción NA (mg/m^3)
Inhalable	1100 ^a	10.0 ^a	
Torácica	0.1 – 35 ^a	10.0 ^a	
Respirable	0.1 – 15 ^a	3.0 ^a	1.5 ^b

Fuente: INSHT (2004)^a y Escobar (2017)^b.

Método Kriging

Para el modelamiento de geoestadístico se optó por el uso del método Kriging del programa ArcGIS, para observar la distribución de las partículas en suspensión bajo los límites permisibles y áreas de nivel de acción, con lo cual se pretende observar las áreas de impacto de la población.

El kriging es un método geoestadístico, que está basado en modelos estadístico que facultan a la autocorrelación entre puntos medidos. Por lo tanto, esta técnica tiene la capacidad de producir una superficie de predicción, con porcentaje de certeza en estas. El kriging presupone que la distancia o dirección entre puntos reflejan una correlación espacial, lo cual emplea para comprender las variaciones en la superficie. Este método es recomendado cuando se tiene conocimiento sobre la influencia direccional correlacionada entre datos (Esri, 2020).

En consecuencia, este método se adapta al presente estudio, ya que, primeramente, se determina el valor de la concentración para cada fracción, teniendo conocimiento sobre los picos en el incremento y su posible influencia. Sin embargo, es necesario mencionar que para la interpretación es necesario mencionar la geomorfología del sector, ya que la parroquia se asienta en un área plana, mientras que, la concesión minera, Cecilia 2, se encuentra en elevación de aproximadamente de 100 m.s.n.m.

En el método Kriging, es importante la selección de un correcto modelo de semivariograma debido a que influye en la predicción de los valores. Cuanto más pronunciada sea la curva al origen, más influye en los vecinos cercanos, lo cual provoca que el raster final sea menos suave (Esri, 2020). En este caso, el modelo de semivariograma empleado es el circular.

Matriz de Leopold

Es un instrumento que permite determinar los impactos de relaciones de causa y efecto, el cual parte del árbol de acciones de las actividades y los factores

ambientales que se ven afectadas. Para la evaluación de las interacciones se determina la magnitud y la importancia del impacto. La magnitud califica la intensidad y la afectación, que varía entre 1 y 10 puntos, donde si la alteración se considera benéfica se otorga un signo positivo (+), mientras que, si la alteración se considera perjudicial, toma un signo negativo (-). Por otro lado, la importancia del impacto califica la duración e influencia, la cual varía entre 1 y 10 puntos, tal como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9

Valores de la matriz de Leopold

Intensidad	Magnitud		Importancia		
	Afectación	Calificación	Duración	Influencia	Calificación
Baja	Baja	1	Temporal	Puntual	1
Baja	Media	2	Medida	Puntual	2
Baja	Alta	3	Permanente	Puntual	3
Media	Baja	4	Temporal	Local	4
Media	Media	5	Medida	Local	5
Media	Alta	6	Permanente	Local	6
Alta	Baja	7	Temporal	Regional	7
Alta	Media	8	Medida	Regional	8
Alta	Alta	9	Permanente	Regional	9
Muy alta	Alta	10	Permanente	Regional	10

Fuente. Peña, 2018.

Para determinar el valor del impacto se multiplica las casillas de magnitud por importancia. Luego, se realiza la sumatoria algebraica de cada columna y fila. Finalmente, se obtiene un valor total tanto para las columnas como para las filas, el cual debe ser el mismo entre sí, y dependiendo del signo se cataloga si el proyecto es

perjudicial o viable ambientalmente. La valoración de impactos se clasifica según la tabla 10.

Tabla 10

Valoración de impactos

Impacto	Rango [Puntos]
Bajo	1 – 30
Medio	31 – 61
Severo	62 – 92
Crítico	> 93

Fuente: Peña, 2018.

4.2. Resultados

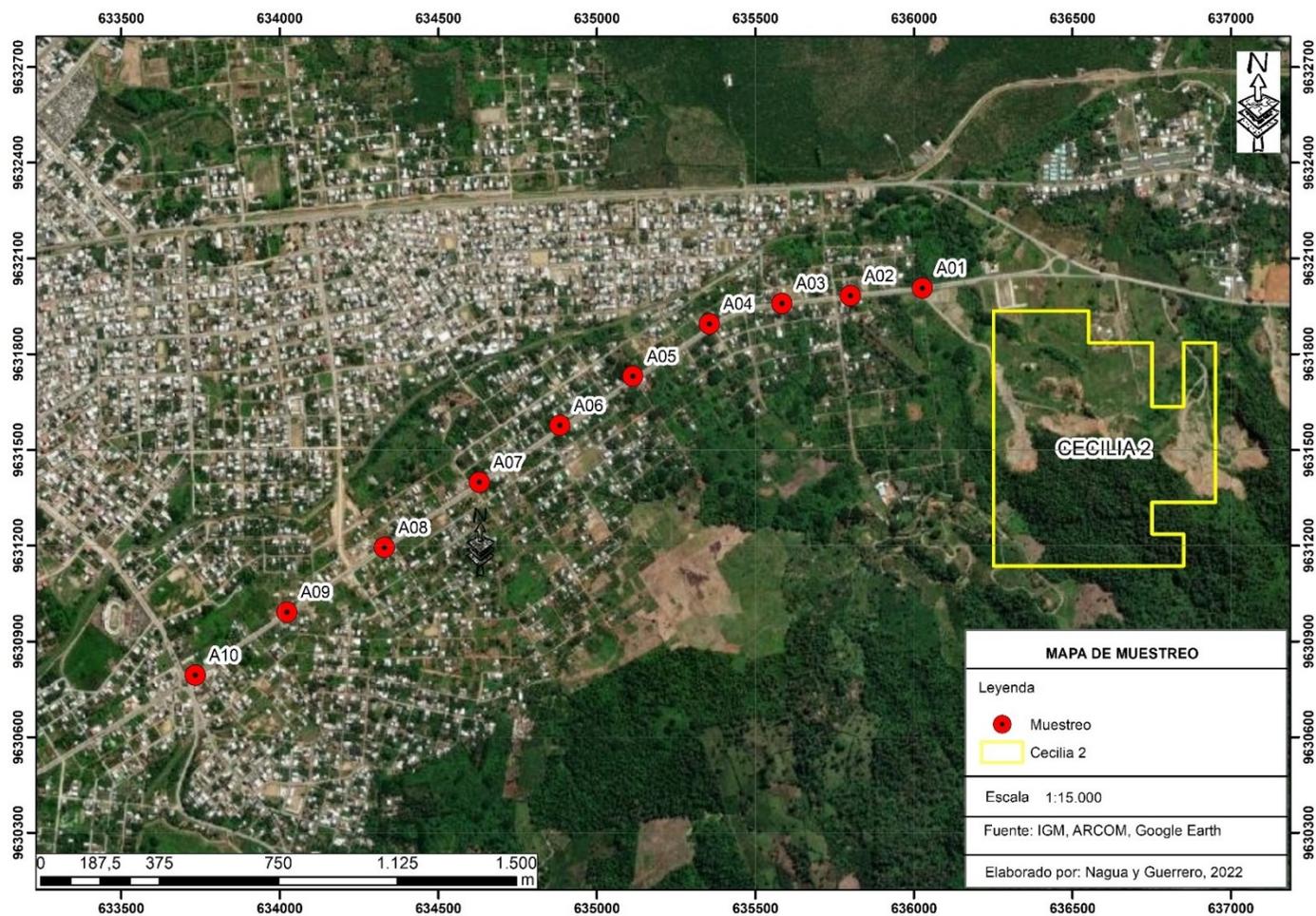
4.2.1. Análisis gravimétrico

Es necesario mencionar, que la recolección de partículas en suspensión se realiza en la vía perimetral debido a que fluyen constantemente los volquetes con arcilla de la empresa minera Cecilia 2 (figura 9), los cuales no emplean una lona que impida la caída de material y arrastran el polvo de la mina hacia la carretera, creando cortinas de polvo que afectan a la parroquia Loma de Franco, por lo que han existido varias denuncias por parte de la población al Ministerio del Ambiente.

Previo al procesamiento de datos, se refiere con gran importancia la ubicación de los puntos donde se tomaron las muestras como se observa en la tabla 11. En estas coordenadas se ubicó el muestreador RespiCon para la captación de las fracciones respirables, torácicas e inhalables.

Figura 9

Puntos de muestreo



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Tabla 11*Ubicación de los puntos de muestreo*

Muestreo	Coordenada X	Coordenada Y
A01	636300,08	9632047,17
A02	636044,86	9632031,26
A03	635801,09	9631995,15
A04	635503,37	9631951,23
A05	635181,62	9631774,68
A06	634883,54	9631576,52
A07	634629,37	9631398,48
A08	634329,67	9631193,85
A09	634022,40	9630991,65
A10	633733,42	9630793,85

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Cálculo de la concentración de la fracción respirable

El cálculo de la concentración de la fracción respirable comienza con la determinación del peso del material particulado correspondiente a la fracción respirable, en miligramos (mg), para lo cual se presenta la tabla 12 en el que se detallan los valores de los pesos antes y después de recolectar la muestra, y se observa los respectivos promedios y el resultado final.

Tabla 12*Peso de fracción respirable*

Muestreo	Pi1	Pi2	Pi3	Pi	Pf1	Pf2	Pf3	Pf	P [µg]	P1 [mg]
A01	0,012554	0,012556	0,012553	0,012554	0,012668	0,012667	0,012665	0,012667	0,000112	0,112333
A02	0,012565	0,012563	0,012564	0,012564	0,012743	0,012741	0,012741	0,012742	0,000178	0,177667
A03	0,012558	0,012557	0,012559	0,012558	0,012801	0,012803	0,012801	0,012802	0,000244	0,243667
A04	0,012562	0,012561	0,012562	0,012562	0,012785	0,012774	0,012774	0,012778	0,000216	0,216000
A05	0,012553	0,012554	0,012559	0,012555	0,012655	0,012655	0,012653	0,012654	0,000099	0,099000
A06	0,012563	0,012562	0,012565	0,012563	0,012621	0,012623	0,012622	0,012622	0,000059	0,058667
A07	0,012553	0,012553	0,012554	0,012553	0,012615	0,012613	0,012614	0,012614	0,000061	0,060667
A08	0,012561	0,012563	0,012564	0,012563	0,012606	0,012608	0,012606	0,012607	0,000044	0,044000
A09	0,012556	0,012551	0,012552	0,012553	0,012597	0,012600	0,012598	0,012598	0,000045	0,045333
A10	0,012562	0,012564	0,012563	0,012563	0,012595	0,012593	0,012594	0,012594	0,000031	0,031000

Fuente. Elaboración propia, 2022.

A continuación, se realiza el cálculo del volumen de las partículas, para posteriormente obtener la concentración de la fracción respirable.

$$V_1 = Q_{respirable} * ts$$

$$V_1 = 0.111 \frac{L}{mn} * 462mn$$

$$V_1 = 512.82 L$$

$$V_1 = 0.051282 m^3$$

A partir de estos datos, se realiza los cálculos para la obtención de la concentración del material particulado de la fracción respirable a la que se exponen los pobladores de la parroquia Loma de Franco, tal como se observa en la tabla 13,

donde P1 responde a peso de fracción respirable, V1 es el volumen de la fracción respirable, y C1, es la concentración de la fracción respirable

Tabla 13

Concentración del material particulado de la fracción responsable

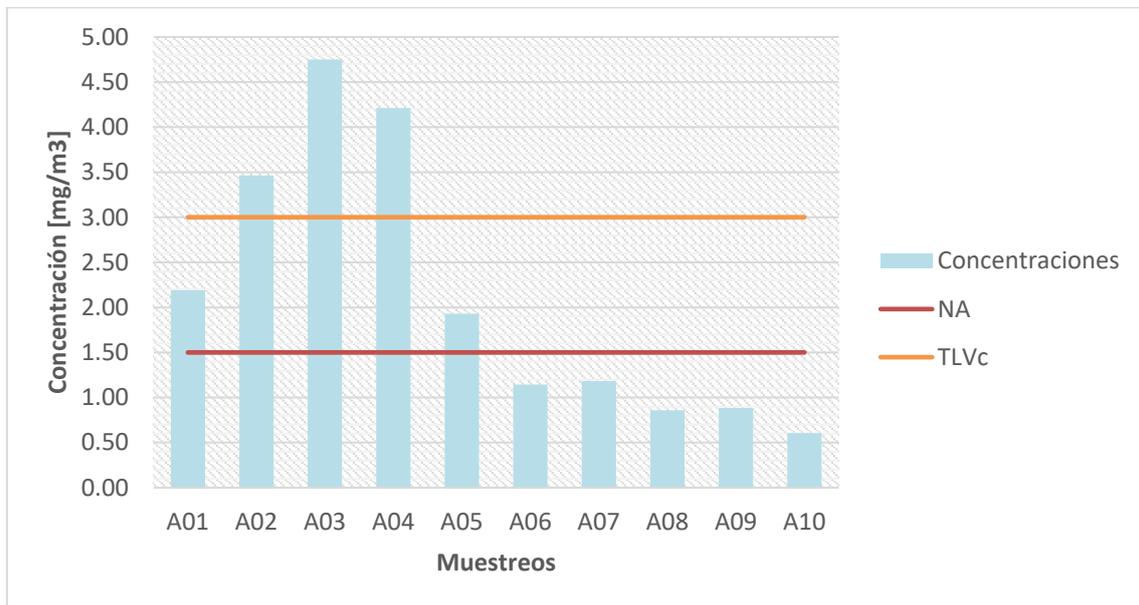
Muestreo	P1 [mg]	V1 [m3]	C1 [mg/m3]
A01	0,112333	0,051282	2,190502
A02	0,177667	0,051282	3,464503
A03	0,243667	0,051282	4,751505
A04	0,216000	0,051282	4,212004
A05	0,099000	0,051282	1,930502
A06	0,058667	0,051282	1,144001
A07	0,060667	0,051282	1,183001
A08	0,044000	0,051282	0,858001
A09	0,045333	0,051282	0,884001
A10	0,031000	0,051282	0,604501

Fuente. Elaboración propia, 2022.

En la figura 10 se muestran los valores que superan el límite permisible 3mg/m³, y también, se observa los puntos que requieren de medidas de acción para precautelar la salud de los pobladores. En el caso del límite permisible, se detecta que los puntos A02, A03 y A04 son los que superan su valor, por lo que el impacto más grave lo reciben los pobladores de esa zona, siendo necesario la implementación de medidas correctivas que soluciones de manera urgente el problema que afecta a la salud respiratoria. Mientras que, el punto A01 y A05 son los únicos que superan el nivel de acción, por lo que se debe plantear medidas preventivas para mitigar las afectaciones del transporte de material arcilloso.

Figura 10

Concentración de la fracción respirable frente a los límites permisibles



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Cálculo de la concentración de la fracción torácica

El cálculo de la concentración de la fracción torácica comienza con la determinación del peso del material particulado correspondiente a la fracción torácica, en miligramos (mg), para lo cual se presenta la tabla 14 en el que se detallan los valores de los pesos antes y después de recolectar la muestra, y se observa los respectivos promedios y el resultado final.

Tabla 14*Peso de fracción torácica*

Muestreo	Pi1	Pi2	Pi3	Pi	Pf1	Pf2	Pf3	Pf	P [μg]	P2 [mg]
A01	0,012556	0,012555	0,012558	0,012556	0,014214	0,014212	0,014215	0,014214	0,001657	1,657333
A02	0,012565	0,012564	0,012563	0,012564	0,014737	0,014733	0,014736	0,014735	0,002171	2,171333
A03	0,012556	0,012557	0,012557	0,012557	0,015142	0,015145	0,015144	0,015144	0,002587	2,587000
A04	0,012564	0,012562	0,012563	0,012563	0,014998	0,014997	0,014994	0,014996	0,002433	2,433333
A05	0,012554	0,012554	0,012556	0,012555	0,014401	0,014496	0,014400	0,014432	0,001878	1,877667
A06	0,012563	0,012563	0,012564	0,012563	0,014209	0,014205	0,014203	0,014206	0,001642	1,642333
A07	0,012554	0,012555	0,012554	0,012554	0,013895	0,013896	0,013893	0,013895	0,001340	1,340333
A08	0,012564	0,012563	0,012565	0,012564	0,013663	0,013665	0,013666	0,013665	0,001101	1,100667
A09	0,012555	0,012553	0,012555	0,012554	0,013392	0,013389	0,013387	0,013389	0,000835	0,835000
A10	0,012564	0,012564	0,012630	0,012586	0,013301	0,013298	0,013303	0,013301	0,000715	0,714667

Fuente: Elaboración propia, 2022.

A continuación, se realiza el cálculo del volumen para posteriormente obtener la concentración de la fracción torácica.

$$V_2 = (Q_{respirable} + Q_{torácico}) * ts$$

$$V_2 = (0.111 + 0.333) \frac{L}{mn} * 462mn$$

$$V_2 = 205.128 L$$

$$V_2 = 0.205128 m^3$$

A partir de estos datos, se realiza los cálculos para la concentración del material particulado de la fracción torácica a la que se exponen los pobladores de la parroquia Loma de Franco, tal como se muestra en la tabla 15, en donde P1 representa al peso

de fracción respirable, P2 significa peso de fracción torácica, V2 es volumen de fracción torácica, y C2 corresponde a la concentración torácica.

Tabla 15

Concentración del material particulado en la fracción torácica

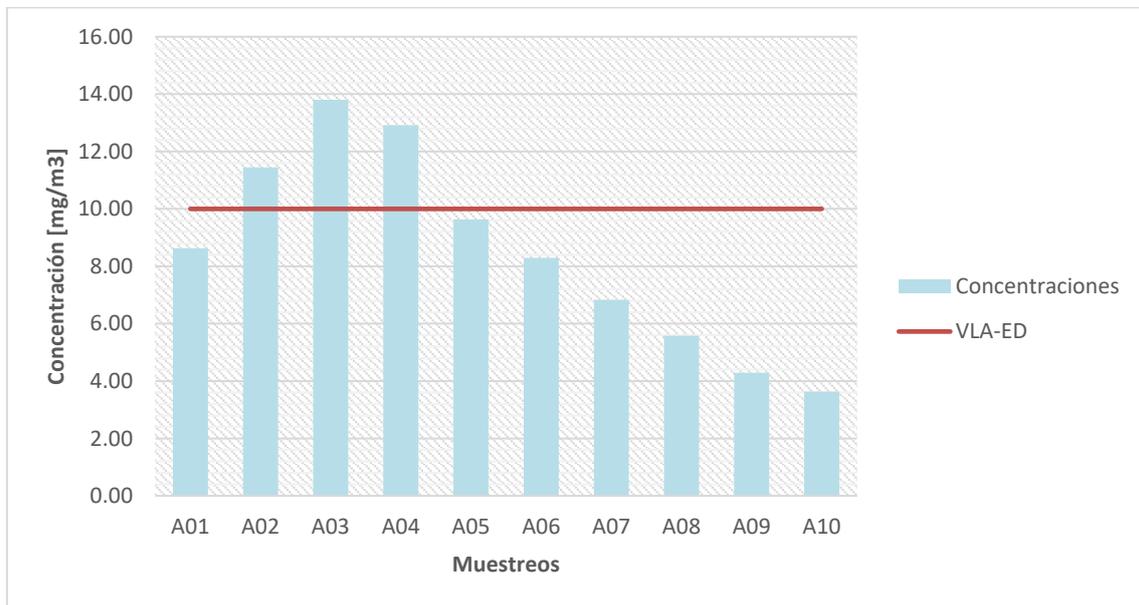
Muestreo	P1 [mg]	P2 [mg]	V2 [m3]	C2 [mg/m3]
A01	0,112333	1,657333	0,205128	8,627134
A02	0,177667	2,171333	0,205128	11,451386
A03	0,243667	2,587000	0,205128	13,799514
A04	0,216000	2,433333	0,205128	12,915513
A05	0,099000	1,877667	0,205128	9,636260
A06	0,058667	1,642333	0,205128	8,292383
A07	0,060667	1,340333	0,205128	6,829882
A08	0,044000	1,100667	0,205128	5,580256
A09	0,045333	0,835000	0,205128	4,291629
A10	0,031000	0,714667	0,205128	3,635129

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Mientras que, en la figura 11 se presenta los valores que superan el límite permisible de 10mg/m³, representado por una línea roja, con lo cual se puede distinguir los sectores que son críticos. La figura 11 muestra que los puntos A02, A03 y A04 abarcan una zona con exposición diaria que sobrepasa el límite permisible, por lo cual se requiere de la aplicación de medidas que reduzcan el riesgo de contraer alguna enfermedad de carácter respiratorio que afecte a la salud de los pobladores.

Figura 11

Límites permisibles diarios de la fracción torácica



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Cálculo de la concentración de la fracción inhalada

El cálculo de la concentración de la fracción inhalada comienza con la determinación del peso del material particulado correspondiente a la fracción inhalada, en miligramos (mg), para lo cual se presenta la tabla 16 en el que se detallan los valores de los pesos antes y después de recolectar la muestra, y se observa los respectivos promedios y el resultado final.

Tabla 16*Peso de fracción inhalada*

Muestreo	Pi1	Pi2	Pi3	Pi	Pf1	Pf2	Pf3	Pf	P [μg]	P3 [mg]
A01	0,012567	0,012564	0,012568	0,012566	0,026014	0,026017	0,026015	0,026015	0,013449	13,449000
A02	0,012565	0,012565	0,012563	0,012564	0,030159	0,030157	0,030157	0,030158	0,017593	17,593333
A03	0,012563	0,012565	0,012567	0,012565	0,034358	0,033352	0,033355	0,033356	0,020791	20,791000
A04	0,012568	0,012570	0,012571	0,012570	0,033644	0,031643	0,031640	0,031644	0,019074	19,074333
A05	0,012564	0,012565	0,012566	0,012565	0,027015	0,027014	0,027016	0,027015	0,014450	14,450000
A06	0,012566	0,012568	0,012567	0,012567	0,025153	0,025151	0,025153	0,025152	0,012585	12,585333
A07	0,012568	0,012565	0,012566	0,012566	0,023202	0,023196	0,023197	0,023198	0,010632	10,632000
A08	0,012567	0,012563	0,012564	0,012565	0,022213	0,022209	0,022212	0,022211	0,009647	9,646667
A09	0,012565	0,012563	0,012563	0,012564	0,021018	0,019018	0,019013	0,019015	0,006451	6,451333
A10	0,012567	0,012566	0,012569	0,012567	0,019555	0,018554	0,018553	0,018551	0,005984	5,983667

Fuente: Elaboración propia, 2022.

A continuación, se realiza el cálculo del volumen para posteriormente obtener la concentración de la fracción inhalable.

$$V_3 = (Q_{respirable} + Q_{torácico} + Q_{inhalable}) * ts$$

$$V_3 = (0.111 + 0.333 + 0.2662) \frac{L}{mn} * 462mn$$

$$V_3 = 01434.972 L$$

$$V_3 = 1.434972 m^3$$

A partir de estos datos, se realiza los cálculos para la concentración del material particulado de la fracción inhalable a la que se exponen los pobladores de la parroquia Loma de Franco, como se observa en la tabla 17, en donde P1 corresponde al peso

de la fracción respirable, P2 es el peso de la fracción torácica, P3 simboliza al peso de la fracción inhalada, V3 es el volumen de la fracción inhalada, y C3 es la concentración de la fracción inhalada.

Tabla 17

Concentración del material particulado en la fracción inhalable

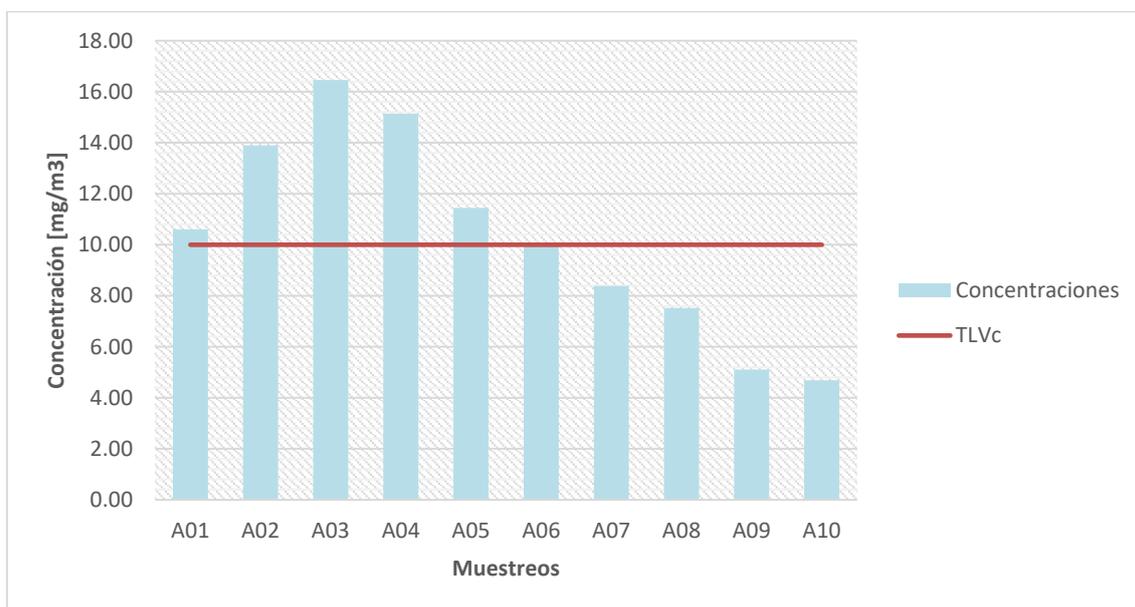
Muestreo	P1 [mg]	P2 [mg]	P3 [mg]	V3 [m3]	C3 [mg/m3]
A01	0,112333	1,657333	13,449000	1,434972	10,605550
A02	0,177667	2,171333	17,593333	1,434972	13,897368
A03	0,243667	2,587000	20,791000	1,434972	16,461413
A04	0,216000	2,433333	19,074333	1,434972	15,138739
A05	0,099000	1,877667	14,450000	1,434972	11,447378
A06	0,058667	1,642333	12,585333	1,434972	9,955827
A07	0,060667	1,340333	10,632000	1,434972	8,385529
A08	0,044000	1,100667	9,646667	1,434972	7,520240
A09	0,045333	0,835000	6,451333	1,434972	5,109275
A10	0,031000	0,714667	5,983667	1,434972	4,689522

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Por otro lado, se muestra la figura 12 en la que se resaltan los valores que superan el límite permisible 10mg/m³, los cuales corresponden a los puntos de muestreo A01, A02, A03, A04 y A05, lo que demuestra que forman un área que impacta de manera negativa a la población que vive cerca de la vía perimetral, a la entrada de la garita de la concesión minera, Cecilia 2.

Figura 12

Límites permisibles diarios de la fracción inhalable



Fuente: Elaboración propia, 2022.

4.2.2. Geomodelamiento de la concentración de material particulado

En la tabla 18 se muestra las coordenadas conforme al muestreo y sus respectivas concentraciones. En este apartado se emplea la herramienta Kriging de ArcGIS para realizar una geointerpolación de puntos mediante el modelo esférico para determinar las zonas que son más afectadas por las partículas en suspensión de acuerdo con el tipo de fracción: respirable, torácica e inhalable. Este proceso se realiza para evidenciar como el transporte de materiales de arcilla sin las debidas protecciones impacta en el ambiente de la vía perimetral de Pasaje, afectando de manera directa a los pobladores de la parroquia Loma de Franco, quienes han denunciado constantemente sobre problemas de salud relacionados con las vías respiratorias.

Tabla 18

Puntos de muestreo de la concentración por fracción respirable, torácica e inhalable

Muestreo	Coordenada X	Coordenada Y	Concentración respirable	Concentración torácica	Concentración inhalable
A01	636300,08	9632047,17	2,190502	8,627134	10,605550
A02	636044,86	9632031,26	3,464503	11,451386	13,897368
A03	635801,09	9631995,15	4,751505	13,799514	16,461413
A04	635503,37	9631951,23	4,212004	12,915513	15,138739
A05	635181,62	9631774,68	1,930502	9,636260	11,447378
A06	634883,54	9631576,52	1,144001	8,292383	9,955827
A07	634629,37	9631398,48	1,183001	6,829882	8,385529
A08	634329,67	9631193,85	0,858001	5,580256	7,520240
A09	634022,40	9630991,65	0,884001	4,291629	5,109275
A10	633733,42	9630793,85	0,604501	3,635129	4,689522

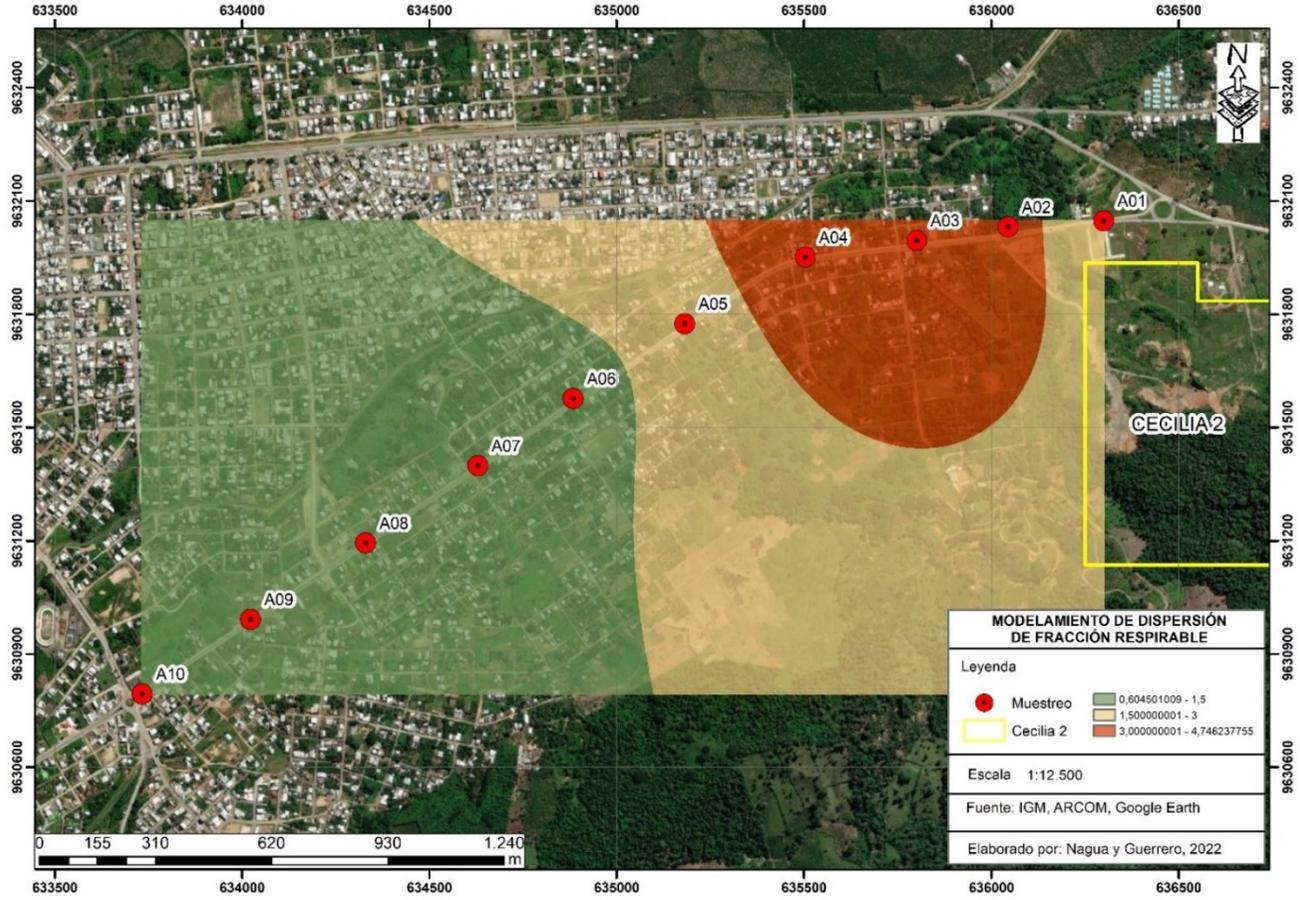
Fuente: Elaboración propia, 2022.

En la figura 13 se muestra el mapa de dispersión de fracción respirable, en el cual se puede distinguir que las zonas que se encuentran perjudicadas y requieren de medidas urgentes están en los puntos A02, A03 y A04, los mismos que concuerdan con la entrada y salida de los volquetes hacia la concesión minera Cecilia 2. Por otro lado, se muestra que el punto A01 y A05 requieren que se actúe para la mitigación de las partículas en suspensión. Es necesario destacar que, por la geomorfología de la zona, A05 es independiente a A01, por lo que cada uno debe de revisarse los mecanismos para disminuir el impacto de los volquetes.

Finalmente, se observa que desde los puntos A06 al A10 no existen valores que superen los niveles de acción y los límites permisibles, por lo que esta parte de la población de la parroquia Loma de Franco no se ve afectada por las partículas en suspensión en fracción respirable.

Figura 13

Distribución de la fracción respirable



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Por otro lado, en la figura 14 se muestra el mapa de la dispersión de fracción torácica en la vía perimetral de la parroquia Loma de Franco. En esta imagen se puede apreciar que el límite permisible se mantiene los puntos A02, A03 y A04, pero que aumentó su superficie, casi alcanzando al punto A05. De igual manera, esta área concuerda con la entrada y salida de los volquetes de la concesión minera, Cecilia 2. Mientras que, los puntos A05 – A10 se encuentran bajo el límite permisible, por lo que no se ven afectados por partículas suspendidas en fracción torácica.

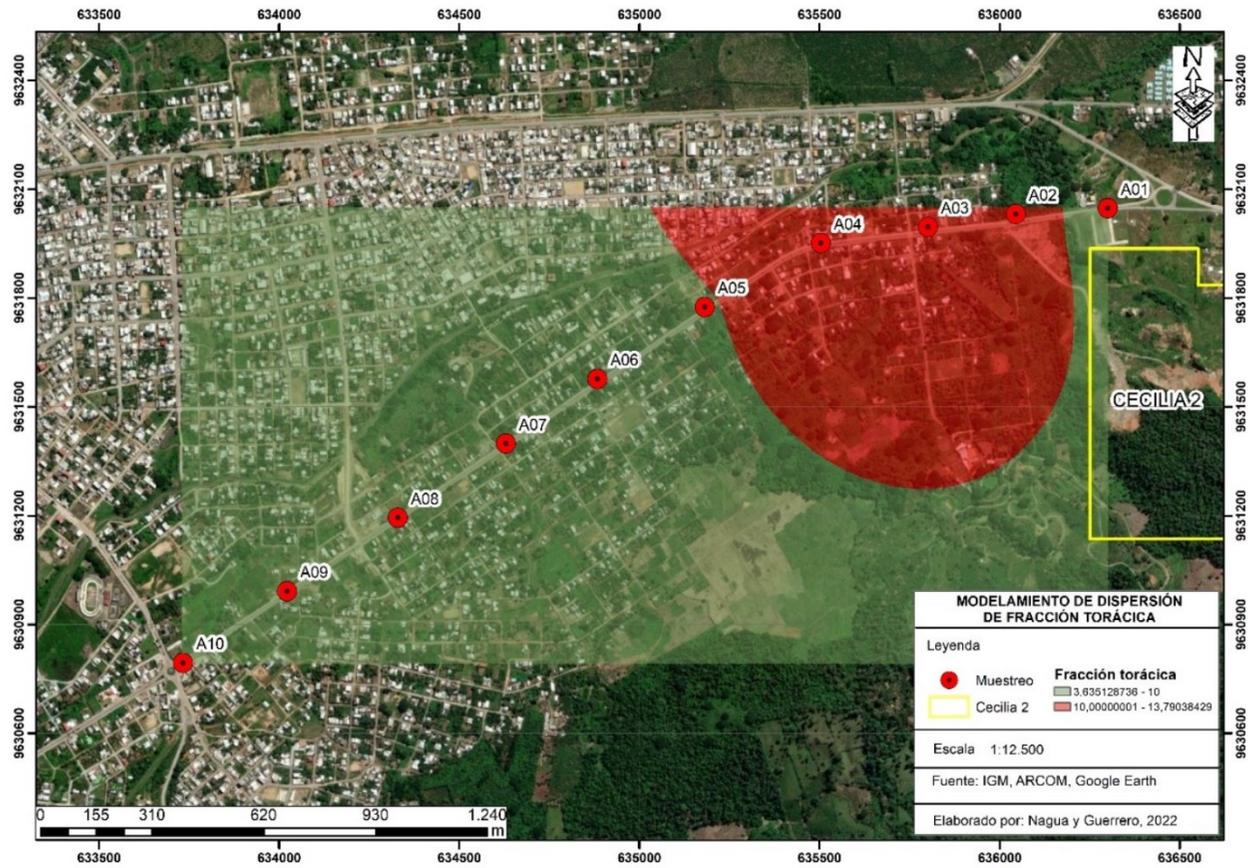
En cuanto a la última fracción, se muestra la figura 15, la cual presenta el mapa de distribución de fracción inhalable, en la vía perimetral de la parroquia Loma de Franco. Este es el resultado más preocupante de las tres fracciones estudiadas. En la figura 15 se encuentra a los puntos A01, A02, A03, A04 y A05 superando los límites permisibles, por lo que se requiere de medidas urgentes para eliminar o reducir estos factores. De manera específica, hay que mencionar que el área que abarca esta zona crítica tiende a acercarse al punto A06, por lo que también debe de tomarse en consideración para la implementación de medidas.

Cabe mencionar que, el modelamiento esférico no ha tomado en consideración la altimetría de la zona por lo que se limita a las zonas próximas a la carretera debido a que al sur de la superficie remarcada con rojo se ubican colinas que alcanzan hasta 90 m.s.n.m.

Finalmente, los puntos A07 – A10 son los que se mantienen en una superficie donde los valores de fracción inhalable se encuentran bajo los límites permisibles, lo que indica que son zonas seguras respecto a estas partículas en suspensión.

Figura 14

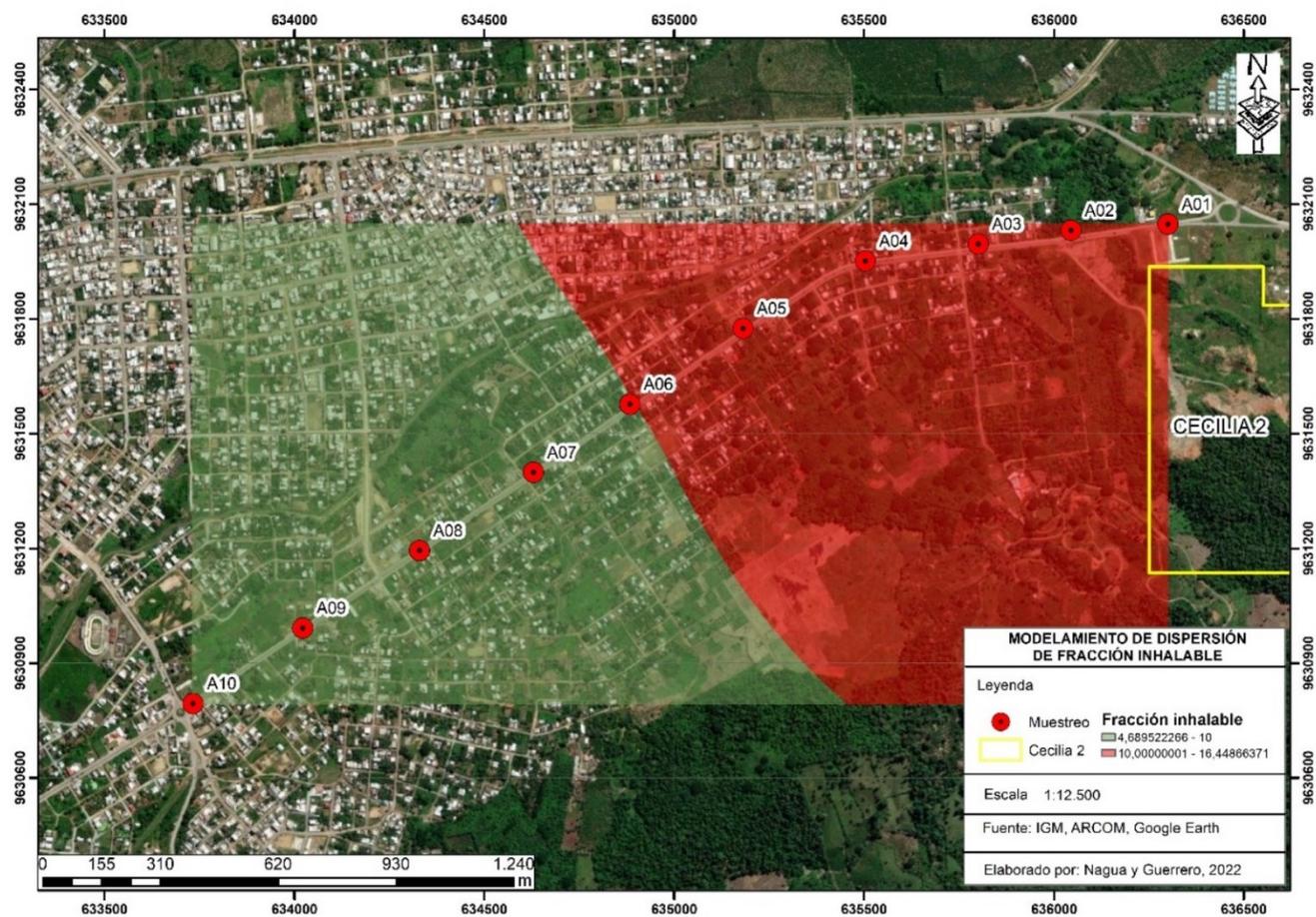
Distribución de la fracción torácica



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Figura 15

Distribución de la fracción inhalable



Fuente: Elaboración propia, 2022.

4.2.3. Impacto ambiental

Para la aplicación de la matriz de Leopold es necesario identificar las actividades que se realizan en la concesión minera Cecilia 2, con la finalidad de determinar los niveles de impacto ambiental en el medio físico, biótico y factores culturales. A continuación, se detalla cada uno de estos.

- Extracción de material (arcilla) mediante pala hidráulica o retroexcavadora con la que se raspa el afloramiento del cerro para colocar la arcilla en los volquetes.
- Acarreo y carga de material (arcilla) de los volquetes.
- Transporte del material hacia los compradores, por lo que los volquetes una vez que completan la etapa de ser cargados con el material, parten hacia los distintos destinos utilizando la vía perimetral sin el uso de lona y/o sobrecargados, incumpliendo las disposiciones legales mineras y ambientales (figura 16).

Figura 16

Volquete sin uso de lona y sobrecargado



Fuente: Elaboración propia, 2022.

En la figura 17 se muestra la realidad cotidiana de los moradores, en los que se levanta una capa de particulado en suspensión cada vez que una volqueta sale o ingresa a la concesión minera. De hecho, este inconveniente se agrava en las temporadas secas, en las que la lluvia no hace efecto, por lo que el material que se cae de los volquetes o la misma que se encuentra en las llantas es depositado a lo largo de la vía perimetral, disminuyendo conforme se alejan de la concesión minera, Cecilia 2.

Figura 17

Partículas en suspensión



Fuente: Elaboración propia, 2022.

En las épocas de lluvia, no se levanta una cortina de partículas en suspensión, pero la carretera se llena de lodo, producto de la acción de la lluvia con la arcilla. Este comportamiento es normal debido a que la entrada y salida de los volquetes se dispone con un ingreso contemplado en la figura 18 donde se observa claramente el deterioro de la carretera y el material depositado en esta, debido al transporte de arcilla sin las medidas preventivas.

Figura 18

Deterioro de la carretera



Fuente: Elaboración propia, 2022.

En cuanto al aspecto actual que la concesión minera expone hacia los habitantes de la parroquia Loma de Franco se observa en la figura 19 que no han realizado trabajos de remediación ambiental por frentes. De hecho, esperan hasta que la propia naturaleza reponga los impactos. La vía de ingreso y salida está pavimentada, pero al llegar cerca de la vía perimetral se asientan la arcilla de los volquetes.

Figura 19

Frente de la concesión minera Cecilia 2



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Internamente, la concesión minera ha provocado impactos en el suelo, agua, flora y fauna de la zona cuando realiza los procesos de explotación de arcilla. Con respecto al suelo, en la figura 20 se puede observar claramente como se ha realizado una explotación que no ha respetado el nivel del freático, por lo que se ha generado una laguna artificial. La profundidad de dicha laguna no pudo ser medida dentro de la inspección técnica.

En la figura 20 también se puede observar otra parte que conecta al frente actual de explotación, donde se evidencia otra laguna artificial cuya profundidad no pudo ser medida en la inspección. Así también se muestra el arrastre de material arcilloso por las llantas de los volquetes.

Figura 20

Laguna artificial del frente de explotación actual



Fuente: Elaboración propia, 2022.

El suelo también es afectado por la disposición del combustible, tal como se muestra en la figura 21, ya que no existe un área que impida el contacto del combustible con el suelo, lo que cual puede suceder en caso de derrames. También, se puede observar que no existe cerca un kit antiderrame. Por lo tanto, se requiere que se apliquen medidas preventivas para solucionar este escenario.

Figura 21

Disposición de combustibles



Fuente: Elaboración propia, 2022.

En cuanto a la flora y fauna, los trabajadores comentan que cuando se realiza la apertura de un nuevo frente se suelen encontrar con serpientes debido a la intervención de su hábitat, por lo que prefieren extraer material bajo el nivel del suelo, además, esta práctica es menos costosa que la de crear un nuevo camino de acceso para otro frente. Este tipo de trabajos daña el diseño del paisaje.

En el sector se pueden observar varios caminos que ya no son utilizados, los cuales están forestados con plantas autóctonas de la zona, posiblemente sin la intervención del empresario, sino que fue por efecto de la naturaleza. No se ha comprobado la existencia de más lagunas artificiales en dichas áreas. Referente a la contaminación atmosférica por ruido, es una situación que afecta al personal de la empresa, pero no a los pobladores de la parroquia Loma de Franco, debido a que el frente de explotación está muy alejado de la comunidad. En el caso de la contaminación del aire, es un tema estudiado en la presente investigación, en el cual se comprobó su efecto por fracción respirable, torácica e inhalable a lo largo de la vía perimetral.

Con respecto al impacto social, la empresa minera ha generado empleo para aproximadamente cinco (5) personas, y más de 10 conductores de volquetes. Sin embargo, no existe un control sobre salud ocupacional. En ocasiones se puede observar que el personal de garita se encuentra sin mascarilla, lo que provoca que sea vulnerable ante la contaminación por partículas en suspensión.

A partir de la información disponible, se realiza la matriz de Leopold, con la finalidad de identificar el impacto ambiental. En la tabla 19 se presenta el resultado de la valoración cualitativa de la matriz de Leopold respecto a la valoración del impacto ambiental de la concesión minera hacia la población de la parroquia Loma de Franco, en la cual se determina que el proyecto causa un impacto crítico negativo, de conformidad con la valoración de impactos. Cabe mencionar que, la valoración de la calidad del suelo, agua, ruido y vibraciones, flora y fauna, es una interpretación de la información recopilada.

Tabla 19

Matriz de Leopold

Impacto ambiental		Acciones del proyecto	Extracción del material (arcilla)				Acarreo y carga de material				Transporte				Mantenimiento y carga de combustible				Interacciones				Impactos		
			Extracción del material (arcilla)		Acarreo y carga de material		Transporte		Mantenimiento y carga de combustible		Total	-	+	Promedio aritmético	Impacto por subcomponente	Impacto por componente	Impacto total del proyecto								
Medio físico	Tierra	Calidad de suelo	-6	-6	-6	-8	3	3	2	2	4	4	0	-64	-130	-258	-392								
		Geomorfología	-10	-3	-10		3	2	3		3	3	0	-66											
	Agua	Agua superficial	-10				3				1	1	0	-30											
		Agua subterránea	-10				3				1	1	0	-30											
	Atmósfera	Calidad del aire	-5	-5	-10		2	2	2		3	3	0	-40											
		Ruido y vibraciones	-6	-6	-2		2	2	2		3	3	0	-28											
Medio biótico	Flora	Disminución de flora	-8				3				1	1	0	-24	-24										
	Fauna	Disminución de fauna	-8				3				1	1	0	-24	-48										
		Desplazamiento de especies	-8				3				1	1	0	-24											
Factores culturales	Social	Salud y seguridad	-6	-6	-6	-6	3	3	3	3	4	4	0	-72	-42										
		Empleo	5	5	5	5	1	1	2	2	4	0	4	30	-62										
	Cultural	Calidad de vida			-10				2		1	1	0	-20	-20										
Resultados		Negativa	-77	28	-26	12	-44	14	-14	5		23	4	-392											
		Positiva	5	1	5	1	5	2	5	5															

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Mediante este método se comprueba que el impacto ambiental al suelo es crítico, lo cual es propio de este tipo de actividades. En este caso se acentúa el

problema debido a que no existen medidas de mitigación, por lo que se requiere de medidas urgentes. En cuanto al agua, el proyecto genera un impacto medio. La actividad de extracción del material es el que contribuye a su deterioro. De hecho, en el área no existía agua superficial, pero la excavación por sobreexplotación de arcilla creó una laguna artificial, la cual es producto de superar el nivel freático, interactuando con el agua subterránea.

Por otro lado, el subcomponente atmosférico tiene un impacto severo, en el que se aprecia a la calidad de aire afectada mayoritariamente por el transporte, lo cual repercute en las personas que viven cerca de la concesión minera. Con respecto al ruido y vibraciones, son aspectos que recaen directamente sobre los trabajadores. Referente al medio biótico, es un tema que requiere de una mayor investigación. Los datos recabados permiten determinar que se tiene un impacto bajo respecto a la flora y medio para fauna.

Finalmente, con respecto a los factores sociales y culturales, se aprecia un aspecto positivo que es la generación de empleos. Sin embargo, la salud y seguridad se encuentra vulnerada en ciertos aspectos hacia los trabajadores y la población de la parroquia Loma de Franco, lo cual afecta a la calidad de vida.

Capítulo V Sugerencias

Las concentraciones que se reportaron en la presente investigación dependen si la temporada es lluviosa o seca. El presente trabajo se realizó cuando no existían precipitaciones, con la finalidad de obtener un valor cercano a los acontecimientos que más afectan a la población de Loma de Franco, pero también para que el muestreador multifracción reporte las cifras reales del caso.

Esta acción concuerda con el trabajo de Angulo y otros (2011), quienes aseguraron que las máximas concentraciones de material particulado para una minería a cielo abierto se observan en las estaciones de verano, mientras que, en las temporadas lluviosas se minimiza. Por lo tanto, se sugiere que la aplicación del proceso metodológico del presente estudio se realice durante la temporada seca.

Así también, Angulo y otros (2011) confirmaron que la poca investigación sobre la contaminación atmosférica en áreas cercanas a minas a cielo abierto no permite tener registros del daño que perciben los moradores aledaños a estos emisores de fuentes fugitivas de material particulado, lo cual es congruente con la presente investigación, ya que no tiene estudios previos que reporten cuantitativamente el valor de particulado en suspensión, sino que las inspecciones se han realizado de manera cualitativa, en el que se ha valorado el aspecto y características de la concesión minera.

En realidad, los países que más se preocupan por cuantificar y caracterizar el material particulado generado por este tipo de minería son India, Reino Unido y

Estados Unidos (Angulo, Huertas, & Restrepo, 2011). Ecuador, carece de estaciones de muestreo anual en los sectores principales de minería como El Oro, Pichincha, Azuay (Ponce Enríquez), Orellana, Sucumbíos, Imbabura, Zomora Chinchipe, Guayas y Esmeralda. En consecuencia, es necesario que se realice una cuantificación en las áreas de minería de estas provincias, para crear una línea base con la que se pueda medir los cambios referentes al tema.

Los resultados obtenidos muestran claramente la necesidad de la aplicación de medidas correctivas y preventivas, en especial en el subcomponente suelo, siguiendo con lo atmosférico, y, posteriormente, con los de nivel medio como agua, fauna y social. Un análisis a profundidad refiere que se enfoque los esfuerzos a la calidad de suelo, geomorfología y calidad de aire. El subcomponente social, tiene aspectos que mitigan su impacto, como lo es la generación de empleo frente a la salud y seguridad. Sin embargo, también se incluye para la creación de medidas preventivas.

Para facilitar las operaciones para el manejo de los aspectos negativos, se sugiere realizar un plan de acción en el que se contemple como mínimo los hallazgos, medidas correctivas, cronograma en donde se indique las fechas de inicio y finalización de las medidas preventivas a implementarse, costos, responsables, indicadores, medios de verificación e instrumentos de avance o cumplimiento del plan (GADMG, 2022).

Estas acciones deben tomar consideración de las normas ambientales establecidas frente a los impactos negativos encontrados. En especial, la calidad de

aire, debido a que es un aspecto ligado a la salud y seguridad, tanto de los trabajadores como los pobladores.

La norma de calidad de aire ambiente, señalada por el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, menciona que los contaminantes comunes en el ambiente para el presente caso son las partículas sedimentables, material particulado aerodinámico menor a 10 micrones, y material particulado aerodinámico menor a 2.5 micrones, por lo cual, establece medidas límite diarios, que no deben ser excedidos. Sin embargo, el presente estudio reporta la superación de estos valores, ya que se ubican entre los resultados obtenidos para la fracción torácica e inhalable. Además, se comprobó la incidencia en la salud de los pobladores debido a los límites diarios permisibles para los trabajadores, de acuerdo con las normas de salud ocupacional.

Por lo tanto, se demuestra la importancia del estudio y su réplica en otras concesiones mineras a cielo abierto. Este trabajo abre nuevas ramas de investigación que se dirigen al control de los impactos mineros y ambientales que perciben los habitantes cercanos a las zonas mineras que realizan explotación a cielo abierto. Por lo tanto, conviene su réplica por parte de las autoridades de control. Ante lo expuesto, se sugiere como medidas preventivas lo siguiente:

Calidad de aire, seguridad y salud

- Recubrir la tolva del volquete con una lona para prevenir la dispersión y caída del material hacia la vía perimetral. La cubierta debe ser resistente

para evitar que se rompa o rasgue, y debe estar sujeta a los exteriores de la tolva, de tal manera que sobresalga del mismo por lo menos 30 cm a partir del borde exterior.

- Evitar saturar la tolva con exceso de material (arcilla), para lo cual se debe llenar con 10 cm por debajo del límite del borde de la tolva, con la finalidad de evitar la caída de arcilla por la vía perimetral, y que se rasgue o dañe la lona.
- Verificar que la circulación de la maquinaria de transporte de material arcilloso cumpla con el límite del material en tolva y el uso de la lona para impedir la dispersión de la arcilla por la vía perimetral, lo cual es de responsabilidad del personal de garita.
- Controlar la emisión de material particulado a través del humedecimiento de la superficie, el cual se debe realizar con el fin de mantener la compactación de estas. Este proceso es de responsabilidad del personal de garita, el mismo que debe realizar la limpieza periódica de la vía y de las ruedas de los volquetes, con el fin de evitar los impactos negativos por dispersión de material particulado sobre los habitantes de la parroquia Loma de Franco.
- Emplear mascarilla como equipo de protección personal para los trabajadores de la concesión minera, debido a la constante interacción con material particulado susceptible a dispersión, que supera los límites permisibles en cuanto a la fracción inhalable, torácica y respirable.

Calidad del suelo y geomorfología

- Recuperar las áreas intervenidas mediante la restauración del suelo y de la cobertura vegetal con plantas nativas, con la finalidad de minimizar los efectos negativos sobre el suelo provocado por la pérdida de horizontes orgánicos. Además, se plantea solucionar la erosión de las tierras descubiertas.
- Construir un área impermeable en el que se pueda realizar el trasvase de los combustibles sin afectar al suelo, cuya zona no debe encontrarse cerca de las fuentes de agua. Además, se debe disponer de un sistema de recolección de aceites, mediante canales por acción de la gravedad.
- Evitar las operaciones de mantenimiento de maquinaria dentro de las áreas descubiertas. De preferencia, se sugiere realizar estas operaciones en talleres para evitar el posible arrastre de sustancias contaminantes en el suelo y cursos de agua.

Como medida compensatoria, se plantea la readecuación de la zona de la vía perimetral que tiene contacto directo con la garita de la concesión minera, es decir, el área donde se conecta con la salida y entrada de los volquetes. Esto implica un compromiso por mejorar los lazos de amistad con los pobladores y una manera de comprobar su preocupación por el respeto de las obras de interés social con fondos públicos.

Finalmente, se señala urgentemente que se detenga la explotación minera al punto de llegar al nivel freático, lo cual ha generado la creación de una laguna artificial. Este tipo de actividades tienen un alto impacto ambiental sobre la geomorfología del lugar, la cual está siendo alterada por la naturaleza del trabajo, pero también, se asocia con la calidad del agua subterránea, y la generación de aguas superficiales. El impacto visual no se aprecia debido a que emplean barreras naturales que impiden observar actividades que se realizan para la explotación del material.

Conclusiones

- Se identificó la concentración de material particulado en suspensión por medio del método gravimétrico, en el que se registró que niveles de 3.46 mg/m³, 4.75 mg/m³, y 4.21 mg/m³. Mientras que, para la fracción torácica se superó el límite permisible con 11.45 mg/m³, 13.80 mg/m³ y 12.92 mg/m³. En cuanto a la fracción inhalable, se detectaron niveles que superaron el límite permisible diario de 10.6 mg/m³, 13.90 mg/m³, 16.46 mg/m³, 15.14 mg/m³ y 11.45 mg/m³.
- Se logró distinguir la ubicación de la distribución de la concentración de material particulado en suspensión, en el que se detectó niveles altos para la fracción respiratoria en el área donde se encuentran los puntos A02, A03 y A4; mientras que, en la fracción torácica se muestra una expansión de la superficie en donde se ubican los puntos A02, A03 y A04; y, finalmente, la fracción inhalable tiene una influencia en los puntos A01 – A05.
- Se identificó que el nivel de impacto ambiental del proyecto es crítico, requiriendo de medidas preventivas y correctivas urgentes para todos los componentes. El subcomponente más afectado es la tierra con un impacto ambiental crítico, lo cual es propio de este tipo de actividades. Mientras que, para los subcomponentes agua, atmósfera, fauna y social se obtienen un impacto ambiental medio.

Bibliografía

Acuerdo No. 97A, sobre la Norma de calidad del aire ambiente o nivel de emisión, Anexo 4, Libro VI de la Calidad Ambiental, del Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. *Registro Oficial Edición Especial No. 387*. de 4 de noviembre de 2015.

Agencia de Regulación y Control Minero. (2020). *Informe de rendición de cuentas 2020*. <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/10/Informe-Narrativo-Rendici%C3%B3n-de-Cuentas-2019-ARCOM.pdf>

Albornoz, Beriestain, Vilasau, & Alcaíno. (2017). *Convenios para la toma de muestra de aerosoles en función al tamaño del material particulado y su relación para el muestreo selectivo de las diferentes fracciones: Inhalable, torácica y respirable*. Insituto de Salud Pública. <https://www.ispch.cl/sites/default/files/CONVENIOS%20%20MUESTREO%20DE%20AEROSOLES%20EN%20FUNCION%20DEL%20TAMA%C3%91O%20DEL%20MATERIAL%20PARTICULADO.pdf>

Amstrong. (2019). *Minas y canteras*. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. <https://www.insst.es/documents/94886/161971/Cap%C3%ADtulo+74.+Minas+y+canteras>

Angulo, Huertas, & Restrepo. (2011). Caracterización de Partículas Suspendidas (PST) y Partículas respirables (PM10) producidas en áreas de explotación carbonífera a cielo abierto. *Información Tecnológica*, 22(4), 23-34. doi:10.4067/S0718-07642011000400004

Banco Central del Ecuador. (2015). *Sector Minero*. Obtenido de <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/cartilla00.pdf>

Banco Central del Ecuador. (2016). *Reporte de minería*. Obtenido de <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/ReporteMinero072016.pdf>

Barraza. (2019). *Evaluación de la concentración de material particulado PM10 en la región norte - centro histórico de la ciudad de Barranquilla*. Universidad de la Costa. Obtenido de <https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/5548/Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20concentraci%C3%B3n%20de%20material%20particulado%20pm10%20en%20la%20Regi%C3%B3n%20Norte%20%E2%80%93%20Centro%20Hist%C3%B3rico%20de%20la%20ciudad%20de%20Barranquilla..pdf>

Carballo, & Guelmes. (2016). Algunas consideraciones acerca de las variables en las investigaciones que se desarrollan en educación. *Universidad y Sociedad*, 8(1), 140-150.

Constitución de la República del Ecuador 2008. (s.f.). *Registro Oficial 449*. de 20 de octubre de 2011.

Dávila, Noriega, Máynez, Hernández, & Torres. (2017). Modelo de factores críticos del éxito para el despliegue de programas de filosofía organizacional. *Nova scientia*, 9(17), 459-485.

Escobar. (2017). *Nivel de concentración de polvos respirables y su relación con la salud ocupacional de los trabajadores de las compañías mineras Taylor's y Sierra Central en las cuencas del río Huari y río Mantaro - Yauli 2017*.

- Universidad Continental. Obtenido de https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4106/3/IV_FIN_108_TE_Escobar_Meza_2017.pdf
- Esri. (2020). *ArcGIS Pro*. Obtenido de *Cómo funciona Kriging*: <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/2.8/tool-reference/3d-analyst/how-kriging-works.htm#:~:text=superficie%20de%20salida.-%20BFQu%C3%A9%20es%20kriging%3F,suavidad%20de%20la%20superficie%20resultante.>
- Garay. (2020). *Técnicas e instrumentos de investigación*. Universidad de Panamá. Obtenido de <https://crubocas.up.ac.pa/sites/crubocas/files/2020-07/3%20M%C3%B3dulo%2C%20%2C%20EVIN%20300.pdf>
- Garzón. (2013). *Análisis preliminar de los impactos ambientales y sociales generados por la minería de arcillas a cielo abierto en la Vereda el Mochuelo Bajo, ciudad Bolívar, Bogotá D.C., estudio de caso*. Pontificia Universidad Javeriana.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Guayaquil (GADMG). (2022). *Aprobación de plan de acción para realizar medidas correctivas ambientales*. Obtenido de <https://www.gob.ec/gadmg/tramites/aprobacion-plan-accion-realizar-medidas-correctivas-ambientales>
- Gómez, & Correa. (2011). Análisis del transporte y distribución de materiales de construcción utilizando simulación discreta en 3D. *Bol. cienc. tierra*(30), 39-52. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/bcdt/n30/n30a05.pdf>
- Halanocca, & Huaman. (2015). *Impacto ambiental generado por el sector ladrillero en el distrito de San Jerónimo - Cusco*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Hernández, Fernández, & Baptista. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw Hill.

- Hernández, Ulloa, & Rosario. (2011). Impacto ambiental de la explotación del yacimiento de materiales de construcción. El Cacao. *Minería y geología*, 27(1), 38-52.
- Herrera. (2006). *Métodos de minería a cielo abierto*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Herrera, L. (2011). *Plan de acción ambiental. Concesión minera Cecilia 2*. Pasaje. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos91/plan-remediacion-area-minera/plan-remediacion-area-minera>
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2001). *Determinación de materia particulada (fracciones inhalable, torácica y respirable) en aire - Método gravimétrico*. Programa Nacional de Normalización de Métodos de Toma de Muestra y Análisis. https://www.insst.es/documents/94886/359043/MA_014_A11.pdf/687c3305-70c6-4f12-9115-4c317d7e819f
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2014). *Determinación de materia particulada (fracciones inhalable, torácica y respirable) en el aire - Método Gravimétrico*. Obtenido de https://www.insst.es/documents/94886/359043/MA_014_A11.pdf/687c3305-70c6-4f12-9115-4c317d7e819f
- Instructivo de Otorgamiento de Concesiones Mineras Minerales No metálicos. *Registro Oficial 370, mediante Acuerdo Ministerial 612*. del 07 de noviembre del 2014.
- Instructivo de Otorgamiento de Permisos para Labores de Minería Artesanal. *Registro Oficial Suplemento 531*. 9 de septiembre del 2011.

Instructivo Otorgamiento Concesiones Mineras Minerales Metálicos *Registro Oficial* 722. 28 de julio del 2017.

Irigoin, Burga, Ramos, & Silva. (2019). Características físicas de la cantera de arcilla en Lascan, Conchán, Chota. *Revista Ciencia Nor@ndina*, 2(2), 106-114.

Ley de Minería. (s.f.). *Registro Oficial No. 517*. el 29 de enero de 2009.

Liberta. (2007). Impacto, impacto social y evaluación del impacto. *Acimed*, 15(3).
Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/aci/v15n3/aci08307.pdf>

López, P. (2004). Población muestra y muestreo. *Punto Cero*, 9(8), 69-74.
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012

Luna. (2015). *El impacto ambiental por la actividad de explotación de canteras en la localidad de Usme y sus principales medidas de manejo*. [Tesis de pregrado, Universidad Militar Nueva Granada].
<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/6331/Art%c3%adcu%20EL%20IMPACTO%20AMBIENTAL%20POR%20LA%20ACTIVIDAD%20DE%20EXPLORACI%c3%93N%20DE%20CANTERAS%20EN%20LA%20LOCALIDAD%20DE%20USME%20Y%20SUS%20PRINCIPALES%20MEDIDAS%20DE%20MANEJO..pdf>

Marchevsky, Giubergia, & Ponce. (2018). Evaluación de impacto ambiental de la cantera “La Represa”, en la provincia de San Luis, Argentina. *Tecnura*, 22(56), 51-61.

Massa. (2018). Minería a gran escala y conflictos sociales: un análisis para el sur de Ecuador. *Prob. Des.*, 194(49), 119-141.

Miller, Figueroa, Maest, Paz, Chernaik, Mercedes, Villar. (2010). *Guía para evaluar EIAs de proyectos mineros*. Alianza Mundial de Derecho Ambiental.

<https://www.elaw.org/files/mining-eia-guidebook/Guia%20%20para%20Evaluar%20EIAs%20de%20Proyectos%20Mineros.pdf>

Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca. (2019). *Protocolo técnico, logístico y de seguridad para el sector minero.*

<http://logistica.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2019/10/Protocolo-T%C3%A9cnico-VF.pdf>

Ortiz. (2008). *Proyecto de explotación de una cantera de arcilla y posterior uso como vertedero de residuos inertes.* Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Civil.

<https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/40/pfc1394.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Peña. (2016). Evaluación de impacto ambiental en el plano de inundación del río Yara en el tramo urbano del municipio Yara. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 4(1), 59-71.

Perevochtchikova. (2013). La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los indicadores ambientales. *Gestión y Política Pública*, 22(2), 283-312.

<http://www.scielo.org.mx/pdf/gpp/v22n2/v22n2a1.pdf>

Pineda. (2009). *Análisis a las concesiones mineras en el Ecuador.* [Trabajo de pregrado, Universidad de Azuay].

<https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/868/1/07494.pdf>

Ramírez, Armijos, Crespo, Pino, & Álvarez. (2018). Modelamiento geoestadístico de mediciones de concentración de material particulado (PM10) para la validación de un método simplificado. *Anales Científicos*, 79(1), 81-91. Obtenido de

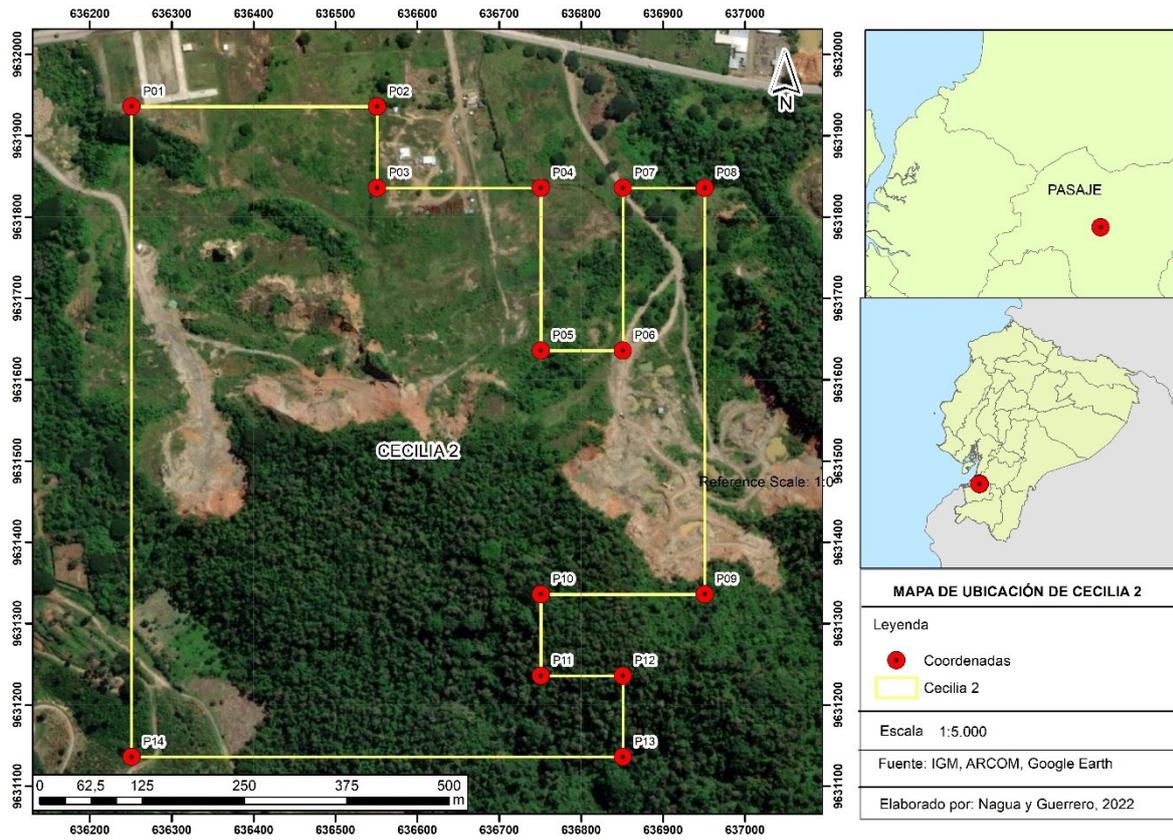
<http://dx.doi.org/10.21704/ac.v79i1.1143>

- Ramos. (2004). *Metodologías matriciales de evaluación ambiental para países en desarrollo: matriz de Leopold y método Mel-Enel*. [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2469_C.pdf
- Reglamento ambiental de actividades mineras, Ministerio del Ambiente. *Registro Oficial Suplemento 213*. de 27 de marzo de 2014.
- Reglamento del régimen especial para el libre aprovechamiento de materiales de construcción para obra pública. *Registro Oficial 482*. de 01 de julio de 2011.
- Sánchez, & Ortiz. (2021). Escenarios ambientales y sociales de la minería a cielo abierto. *Narraciones de la ciencia y la tecnología*, 27-34.
- Solano. (2014). ¿Es posible una minería con responsabilidad social empresarial?. Acercamiento al municipio de Tausa - Cundinamarca. *Criterios - Cuadernos de Ciencias Jurídicas y Política Internacional*, 7(1), 19-46.
- TSI. (2017). *RespiCon Particle Sampler*. <http://www.a-a.co.kr/pdf/TSI-8522.pdf>
- Ycaza. (2021). *Guía de buenas prácticas para el transporte terrestre en carreteras de concentrado de minerales*. [Tesis de postgrado, SEK]. Obtenido de <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/4418/1/TESIS%20ESMI%20FINAL%20-%20GUILLERMO%20IV%c3%81N%20FLORES%20CAAMA%c3%91O.pdf>
- Zea. (2005). *Caracterización de las arcillas para la fabricación de ladrillos artesanales*. [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2549_C.pdf

Anexos

Anexo A

Mapa de ubicación de la concesión minera Cecilia 2



Fuente: Elaboración propia, 2022.