

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Evaluación del Impacto Ambiental de las actividades extractivas de materiales pétreos en la cantera “Cerro Quemado” de la Isla San Cristóbal, Galápagos, Ecuador.

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero de Minas

Presentado por:

Loor Medranda Emely Nathaly

GUAYAQUIL - ECUADOR

PAO I-2023

Dedicatoria

Este proyecto se lo dedico a mis padres Manuel Loor y Mirella Medranda ya que sin su apoyo no podría haberlo logrado.

Se lo dedico además a Dayse, por ser mi amiga y mi soporte. Por las veces que me motivo a terminar esta tesis aun cuando yo no quería continuar.

Y finalmente a mi abuelita Gregoria, gracias a ti, espero que hasta el cielo puedas ver estas palabras.

Te lo dedico a ti lector, espero que encuentres respuestas y motivación en estas páginas, si hay errores, que estoy segura los hay, espero sepas disculparlos.

.

Agradecimientos

Gracias a mis padres por creer en mi a pesar de todas las dificultades.

Gracias a mi tía Maritza por el alojamiento y la comida a lo largo de la carrera.

Le agradezco a mis amigos y a los profesores que resolvieron mis dudas. Sin su guía habría estado perdida.

Gracias a CIPAT y al Dr. Paúl por su apoyo y la oportunidad de poder colaborar con ustedes, fue maravilloso el camino que recorrí.

Gracias a mis tutores, por su paciencia y por iluminar mi camino hacia la meta.

Gracias a Mafer por sus ideas y consejos.

Y finalmente gracias a todas aquellas personas que me animaron en mis días tristes.

Declaración Expresa

“Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Emely Nathaly Loor Medranda doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

Emely Loor Medranda

Evaluadores

Ing. Samantha Jiménez, Ph.D.

Profesora de la Materia

Ing. Paúl César Carrión, Ph.D.

Tutor del proyecto

Resumen

La Cantera “Cerro Quemado” constituye un cono de ceniza volcánica diseccionado ubicado al Sur de la Isla San Cristóbal (Galápagos), donde material de interés son los áridos y pétreos. Esta cantera está destinada a suministrar materias primas para la construcción en la isla (puertos de embarque, senderos turísticos, vías, obras civiles). La necesidad de material de construcción debido al aumento población (0.8% de crecimiento anual) y afluencia turística (136.000 turistas por año), sumado a la proximidad a la zona urbana (1 km) y áreas protegidas (1.3 km) ha hecho esencial el monitoreo y control continuamente del progreso y los impactos ambientales de las actividades de extracción minera. En este contexto, el objetivo de esta investigación es evaluar los efectos de las actividades extractivas en el medio físico, y que sirvan como directrices para los planes de mitigación de los impactos negativos detectados. Este estudio comprende tres fases; i) identificación de las principales actividades realizadas en la cantera; ii) evaluación de los impactos ambientales a través de la metodología de Conesa; iii) propuesta de medidas preventivas y correctivas en los ejes de prevención-mitigación, salud ocupacional-seguridad, monitoreo-seguimiento, emergencia-contingencia, y cierre. Como resultado, se obtuvo una matriz de valoración de impactos que refleja un 78% de impactos moderados y un 23% en impactos críticos en la fase de producción. Para la fase de cierre se identificaron un 63% de impactos moderados y un 25% de impactos críticos. Con base en los impactos evaluados se diseñaron medidas preventivas y correctivas además de recomendaciones técnicas para el control y mitigación de los efectos nocivos al ambiente que las actividades extractivas causan en la Isla San Cristóbal.

Palabras Clave: Cantera, áridos y pétreos, impacto ambiental, áreas protegidas.

Abstract

The "Cerro Quemado" quarry is a dissected volcanic ash cone located south of San Cristobal Island (Galapagos), where the material of interest is aggregates and stone. This quarry is intended to supply raw materials for construction on the island (shipping ports, tourist trails, roads, civil works). The need for construction material due to the increasing population (0.8% annual growth) and tourist influx (136,000 tourists per year), coupled with the proximity to the urban area (1 km) and protected areas (1.3 km) has made it essential to continuously monitor and control the progress and environmental impacts of mining activities. In this context, the objective of this research is to evaluate the effects of extractive activities on the physical environment, and to serve as guidelines for mitigation plans for the negative impacts detected. This study comprises three phases: i) identification of the main activities carried out at the quarry; ii) evaluation of environmental impacts using the Conesa methodology; iii) proposal of preventive and corrective measures in the areas of prevention-mitigation, occupational health-safety, monitoring-follow-up, emergency-contingency, and closure. As a result, an impact assessment matrix was obtained that reflects 78% moderate impacts and 23% critical impacts in the production phase. For the closure phase, 63% moderate impacts and 25% critical impacts were identified. Based on the evaluated impacts, preventive and corrective measures were designed, as well as technical recommendations for the control and mitigation of the harmful effects on the environment caused by the extractive activities on San Cristóbal Island.

Keywords: *Quarrying, aggregates and stone, environmental impact, protected areas*

Índice General

Resumen	VI
<i>Abstract</i>	VII
Abreviaturas	XII
Simbología.....	XIII
Capítulo 1	1
1. Introducción.....	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Descripción del problema	4
1.3 Justificación del problema	5
1.4 Objetivos	7
1.4.1 Objetivo general.....	7
1.4.2 Objetivos específicos	7
1.5 Marco teórico.....	7
1.5.1 Metodologías comunes para la evaluación ambiental	8
1.5.2 Marco Legal.....	10
2. Metodología.....	14
2.1 Fase I: Marco general de la cantera y diseño de estudio de campo	15
2.1.1 Marco conceptual.....	15
2.1.2 Definición de los elementos principales del marco técnico de la cantera.....	15
2.1.3 Identificación de las principales actividades de la cantera.....	15
2.1.1 Elaboración del Plan de muestreo	16
2.2 Fase II: Identificación y evaluación de impactos ambientales	17
2.2.1 Análisis de muestras de suelo.....	17
2.2.1 Identificación de aspectos ambientales.....	18

2.2.1	Recolección de muestras in situ de suelo	19
2.2.1	Medición de ruido	20
2.3	Identificación y evaluación impactos ambientales	21
2.3.1	Criterios de evaluación	21
2.3.2	Cálculo de la importancia de un impacto ambiental	23
2.3.3	Nivel del impacto ambiental según su importancia	25
2.4	Fase III: Definición de medidas preventivas y correctivas	25
Capítulo 3	28
3.	Resultados y Análisis.....	29
3.1	Principales actividades de la cantera	29
3.2	Plan de muestreo.....	30
3.3	Identificación y evaluación de impactos ambientales	31
3.4	Resultados de los análisis químicos de suelo	35
3.5	Medidas preventivas y correctivas	36
Capítulo 4	53
4.1	Conclusiones y recomendaciones	54
4.1.1	Conclusiones	54
4.1.2	Recomendaciones	55
Referencias	57
Apéndices	63

Índice de tablas

Tabla 1.1. Metodologías utilizadas en las Evaluaciones ambientales.....	8
Tabla 1.2. Artículos de la Constitución ecuatoriana	11
Tabla 2.1. Formato utilizado para el listado de actividades	16
Tabla 2.2. Análisis químicos para las muestras de suelo	18
Tabla 2.3. Formato para el listado de aspectos ambientales	19
Tabla 2.4. Criterios para la Evaluación de Impactos.....	21
Tabla 2.5. Rangos de criterios de Evaluación	24
Tabla 2.6. Niveles de Intensidad de un Impacto ambiental	26
Tabla 2.7. Ficha técnica para la elaboración de Planes de Manejo Ambiental	27
Tabla 3.1. Aspectos ambientales Identificados	29
Tabla 3.2. Evaluación de Impactos ambientales para la fase de Producción	32
Tabla 3.3. Evaluación de Impactos ambientales para la fase de Cierre	34
Tabla 3.4. Resultados de los análisis químicos de suelo	35
Tabla 3.5. Plan de Prevención y Mitigación de impactos	38
Tabla 3.6. Plan de Monitoreo y Seguimiento.....	46
Tabla 3.7. Plan de Cierre y Abandono de actividades	50

Índice de Figuras

Figura 1.1. Ubicación de la cantera “Cerro Quemado”.....	3
Figura 2.1. Metodología Utilizada para la Evaluación ambiental.....	14
Figura 2.2. Puntos de muestreo dentro de la cantera.....	17
Figura 2.3. Cuarteo de suelo.....	20
Figura 2.4. Metodología utilizada para la elaboración de los Planes de Manejo Ambiental.....	27

Abreviaturas

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
EIA	Evaluación del Impacto Ambiental
CIPMA	Centro de Investigación y Planificación del Medio Ambiente
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
CIPMA	Centro de investigación y Planificación del Medio Ambiente
CGREG	Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos
PRAS	Programa de Reparación Ambiental y Social
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
TULSMA	Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente

Simbología

mg	Miligramo
pH	Potencial de Hidrógeno
m	Metro
cm	Centímetro
mmhos	Milimhos
kg	Kilogramo
Cu	Cobre
Ni	Níquel
C	Carbono
Mg	Magnesio
P	Fósforo
K	Potasio
TPH	Hidrocarburos totales de petróleo

Capítulo 1

1. Introducción

1.1 Antecedentes

Debido al crecimiento poblacional, aumento de la producción industrial y modernización el medio ambiente ha sido severamente afectado. Cada año, los efectos ambientales ocasionados por las industrias generan un impacto en el entorno en diferentes niveles (Xu et al., 2023). Frente a este fenómeno medio ambiental, países como Dinamarca, Reino Unido, Finlandia y Malta han promulgado leyes y regulaciones para la conservación del medio ambiente que incluye la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) (Yale University, 2022).

El interés a nivel internacional de los impactos que producen las actividades humanas a la naturaleza se remonta a varias décadas. En 1987, las metas y principios para la evaluación del impacto ambiental del Programa de las Naciones Unidas indican que: *“Si el alcance, naturaleza y ubicación de una actividad propuesta son tales que pueden afectar considerablemente al medio ambiente, debe realizarse una evaluación completa del impacto ambiental”* (Consejo de administración del PNUMA, 1987,pag1).

En Ecuador se reconocen los derechos de la Naturaleza por la Constitución desde el año 2008, esto en contraste con la primera ley que fomenta la minería en 1830 (Estupiñan et al., 2021). Desde su inicio, la actividad minera en Ecuador ha carecido de regulación y sus repercusiones ambientales han producido una problemática social que demanda la realización de investigaciones, análisis y la implementación de medidas correctivas (CIPMA, 2002).

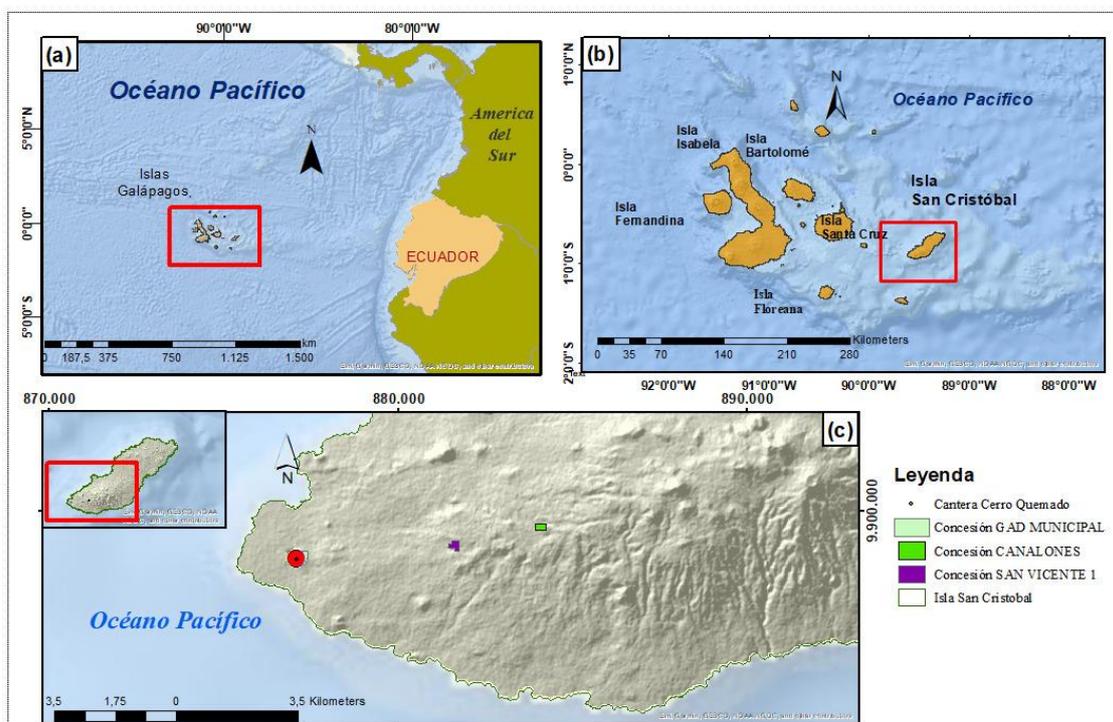
Pese a que la minería tiene consecuencias adversas, resulta indispensable debido a que satisface las demandas de materiales para la edificación de una población en constante crecimiento (Rodríguez, Fernando Guzman & Escalante, 2020). Además, constituye un sector de relevancia significativa para el desarrollo del país. En enero del 2022, las exportaciones mineras llegaron al récord de 271,85 millones de dólares según el informe del Banco Central

del Ecuador (BCE), manteniéndose así, como el cuarto rubro más exportado del país (Ministerio de Energía y Minas, 2022).

La isla San Cristóbal es la isla más oriental del Parque Nacional Galápagos (Figura 1.1-b) y cuenta con 7199 habitantes. Posee un crecimiento poblacional del 0,8% anual que requiere de materiales pétreos para su desarrollo. Se estima que, esta isla contará con 9514 habitantes para el 2050 (Instituto Nacional de Estadística y Censos - INEC, 2015). Al mismo tiempo, esta zona se encuentra dentro del Parque Nacional Galápagos declarado Patrimonio Cultural de la Humanidad en 1978 por la UNESCO (UNESCO, 2023).

Figura 1.1

Ubicación de la cantera “Cerro Quemado”



La Cantera “Cerro Quemado” (Figura 1.1-c) es una de las siete canteras que posee Galápagos para la extracción de materiales de construcción y constituye un cono de ceniza ubicado al sur de la isla San Cristóbal a menos de un kilómetro del aeropuerto “Isla San Cristóbal” (Kelley et al., 2019). Las operaciones de extracción se encuentran bajo la dirección del Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos (CGREG). La cantera está compuesta por un amplio manto de material piroclástico. Se encuentra cerca de la concesión minera GAD Municipal, y su licencia ambiental fue emitida en el 2014 para libre aprovechamiento durante el plazo de dos años (Consejo de Gobierno de Régimen Especial de Galápagos, 2014).

Las actividades en la cantera han generado impactos ambientales, al ser la Isla San Cristóbal parte de un área protegida es necesario analizar los efectos que las labores mineras han tenido en el sector circundante (PRAS, 2019). Por ello, el objetivo de este estudio es la evaluación de los impactos ambientales provocados por las actividades extractivas de la cantera “Cerro quemado” en la Isla San Cristóbal con el fin de proponer un Plan de Manejo Ambiental que logre mitigar los efectos negativos de esta labor. La cantera se encuentra en la etapa de explotación y la licencia ambiental fue solicitada por el CGREG. Este estudio se centrará en el medio físico para la evaluación ambiental.

1.2 Descripción del problema

El aumento poblacional (0,8% anual) y turístico (36.900 turistas por año) en la isla San Cristóbal del Parque Nacional Galápagos (Dirección del Parque Nacional Galápagos, 2022) ha generado nuevas demandas en términos de viviendas, infraestructura vial, puentes y mantenimiento de obras (De la Torre et al., 2022). Para satisfacer estas demandas, es necesario una constante producción de material pétreo. Debido al gran coste en combustibles y transporte que representa el importe de material desde el continente el Consejo de Gobierno

del Régimen especial de Galápagos (CGREG) se ha visto en la necesidad de permitir proyectos de explotación minera a lo largo de la isla San Cristóbal (Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos, 2016), contando con tres concesiones (GAD Municipal, San Vicente 1, Canalones) registradas en el catastro minero (Agencia de Regulación y Control minero, 2008).

La cantera “Cerro Quemado” se encuentra ubicada a 1 kilómetro de la zona urbana y a 1,3 kilómetros de la playa Lobería (GAD Municipal de San Cristóbal, 2007). Pertenece a la Armada Nacional pero se encuentra bajo el control de del GAD Municipal de San Cristóbal y CGREG para satisfacer las demandas de materiales de construcción de la isla (Consejo de Gobierno de Régimen Especial de Galápagos, 2014). Las actividades extractivas de la cantera han provocado en el área la contaminación del suelo por hidrocarburos y mal manejo de desechos, destrucción de la capa vegetal, modificación del paisaje, afectación de la fauna local y la contaminación del aire con partículas disueltas provocando así impactos ambientales (PRAS, 2019). En un ecosistema tan frágil y sensible como el de Islas Galápagos, resulta de vital importancia llevar a cabo un monitoreo regular de los efectos ambientales ocasionados por las actividades mineras de la cantera, con el fin de preservar los componentes bióticos y abióticos del Parque Nacional Galápagos (Dirección del Parque Nacional Galápagos, 2014) . Todo esto nos lleva a la siguiente pregunta: ¿Cuál es el impacto ambiental de las actividades extractivas en la cantera “Cerro Quemado” en la Isla San Cristóbal? Y, ¿Cómo se pueden mitigar los efectos a través de unas consideraciones ambientales?

1.3 Justificación del problema

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) buscan abordar diferentes desafíos para promover un desarrollo global equitativo a través de 17 ODS y 169 metas (Dinesha et al., 2023). Dentro de sus enfoques se encuentra el cambio climático, la pérdida de biodiversidad y

la degradación del medio ambiente. La evaluación ambiental de la cantera “Cerro Quemado” contribuye al cumplimiento de ciertos ODS, tal es el ejemplo del ODS13 (Acción por el clima) al identificar y minimizar impactos ambientales negativos. Al igual que respalda el ODS 15 (Vida de ecosistemas terrestres) al ayudar en la conservación del entorno natural. ´

Las islas Galápagos son mundialmente reconocidas por sus especies endémicas y su importancia en la historia de la biología (Varela-Jaramillo et al., 2023). La cantera “Cerro quemado” se encuentra dentro de una de estas islas, por lo cual es de vital importancia identificar y evaluar los impactos ambientales para garantizar así la conservación de los ecosistemas y especies de la isla.

El valor académico de esta tesis reside en la recopilación de información actualizada. Los datos topográficos, químicos y físicos del suelo de la cantera pueden ser utilizados por la comunidad académica y científica para contrastar y evaluar estudios previos, e incluso pueden fomentar la curiosidad y dar lugar al surgimiento de nuevos proyectos de investigación.

En cuanto a la relevancia social, esta radica en la necesidad del CGREG y la Dirección de Obras y Servicios Públicos del GAD Municipal de San Cristóbal de conocer los efectos ocasionados por las actividades mineras en sitios protegidos, para que puedan tomar acciones que minimicen los impactos negativos de estas actividades y realicen elecciones informadas en cuanto a los efectos de una Obra minera, y si es adecuado permitir la ejecución de este tipo proyectos en la isla.

El no llevar a cabo una evaluación ambiental oportuna en la cantera “Cerro quemado” podría desencadenar efectos negativos como: degradación irreversible del suelo, pérdida de hábitat y especies, incumplimiento legal, daño a la reputación y turismo del Parque Nacional Galápagos.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar los impactos ambientales que derivan de las actividades extractivas de la cantera “Cerro Quemado” en la Isla San Cristóbal (Galápagos) durante el primer periodo del año 2023, a través de la identificación, caracterización y análisis de los componentes del medio físico utilizando la metodología de Vicente Conesa en la evaluación de impactos ambientales, para la propuesta de medidas preventivas y correctivas que minimicen las repercusiones socioambientales.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Identificar los principales aspectos ambientales causados por la cantera “Cerro Quemado” a través de revisión de estudios ambientales, visitas de campo, aplicación de checklist de actividades de la cantera enfocado en el medio físico para el reconocimiento de los principales impactos ambientales.
2. Valorar los impactos ambientales mediante la aplicación de la metodología de Vicente Conesa simplificada para la comprensión de su importancia y el nivel al que estos pertenecen para una medida de mitigación adecuada.
3. Elaborar Medidas preventivas y correctivas para la cantera “Cerro Quemado” mediante los ejes de prevención-mitigación, salud ocupacional-seguridad, monitoreo-seguimiento, emergencia-contingencia, y plan de abandono-entrega del área para el control y gestión del medio físico.

1.5 Marco teórico

La Evaluación de Impactos Ambientales (EIA) es un procedimiento que tiene como fin mejorar la toma de decisiones, y orientar las propuestas de proyectos hacia un enfoque

ambiental y socialmente sostenible. La EIA es un conjunto de análisis, estudios y sistemas técnicos que estiman los efectos que provoca la ejecución de un proyecto, obra u actividad sobre el medio ambiente. Se define al impacto ambiental como la alteración que sufre el medio ambiente debido a la acción humana o por efectos de la naturaleza (Maza, 2009). Existen diferentes métodos para realizar una Evaluación ambiental de acuerdo a las necesidades y objetivos del proyecto. Sin embargo, hay dos fases que priman en todos los estudios, estas fases corresponden a la identificación y la evaluación de los impactos ambientales.

1.5.1 Metodologías comunes para la evaluación ambiental

Existen diferentes metodologías para el estudio de los impactos ambientales que pueden ser cuantitativas, cualitativas o semicuantitativas. Algunos métodos han sido diseñados para un proyecto en específico, ajustándose a las necesidades específicas que este requiere, sin embargo, la metodología puede ser replicada en un proyecto con características similares. A continuación, en la Tabla 1.1 se presenta un esquema de los métodos más usados según María Teresa Estevan para la evaluación de impactos ambientales (Estevan Bolea, 1984).

Tabla 1.1

Metodologías utilizadas en las Evaluaciones ambientales

Metodologías	Métodos
Sistema de red y gráficos	Matrices causa- efecto (Leopold)
	Lista de chequeos
	Bereano
Sistemas Cartográficos	Superposición de transparentes
	Mc Harg
	Tricart
Métodos basados en indicadores, índices e integración de la evaluación	Holmes
	Universidad de Georgia
	Hill- Schecter
	Fisher-Davies
Métodos cuantitativos	Método de Batelle

Nota: Datos tomados de la Guía metodológica para la Evaluación Ambiental (Conesa Fernández -Vitora, 2015).

Algunos de los métodos más usados serán descritos brevemente a continuación.

1.5.1.1 Método de Leopold

El método de Leopold, concebido por Luna Leopold en los años 70 contiene un enfoque sistemático y científico que ha sido utilizado muy a menudo por la evaluación ambiental. Esta metodología se basa en la identificación, evaluación y clasificación de los factores ambientales, abarcando los medios físicos, biológicos y sociales. Un componente esencial en este método es la matriz de Leopold, la cual relaciona la magnitud de los impactos medioambientales con su relevancia relativa. A través de esta matriz, es posible asignar una puntuación y categoriza los diferentes impactos ambientales, lo cual facilita la toma de decisiones priorizando las medidas correctivas para los efectos adversos (Leopold, L.B., Clarke, F.E., Hanshaw, B.B., y Balsley, 1971).

1.5.1.2 Lista de chequeos

Este método posee un enfoque basado en la enumeración sistemática de factores ambientales susceptibles a las afectaciones por actividades humanas. Su principal objetivo es identificar las posibles implicaciones relacionadas con las acciones propuestas, garantizando que ninguna alteración significativa quede inadvertida en la fase inicial de EIA (Conesa Fernández-Vitora, 1995).

1.5.1.3 Método de Batelle

Contiene un enfoque matricial que se ha desarrollado con el propósito de evaluar los impactos de proyectos relacionados con recursos hídricos, pues bien, su mención se debe a que su aplicación se ha extendido en el ámbito ambiental. Este método se basa en una estructura de lista de verificación con escalas de ponderación, que abarca la descripción de los factores ambientales, la valoración ponderada de cada aspecto y la asignación de unidades de importancia. El sistema consta de cuatro niveles de jerarquía: el nivel general, que engloba las

categorías ambientales; el nivel intermedio, que abarca los componentes ambientales como por un ejemplo un ecosistema acuático: el nivel específico, que se refiere a los parámetros ambientales como puede ser la temperatura o el pH del agua; y el nivel muy específico, que incluye las medidas ambientales (Guillermo Espinoza & Vera Kaufmann, 2007).

1.5.1.4 Superposición de transparentes.

La superposición de transparencias en las evaluaciones ambientales posee un enfoque científico que logra integrar el análisis de múltiples estratos de información ambiental, con el objetivo de lograr una comprensión completa y unificada de los efectos medioambientales asociados a una actividad humana. Para esta metodología se emplean datos geoespaciales y modelos predictivos que examinan variables ambientales fundamentales, tales como la calidad del aire, la biodiversidad y las fuentes hídricas. A través de la superposición de capas informativas, se logra identificar las zonas que han sido más afectadas para tomar acciones que logren mitigar los impactos negativos. Se ha logrado demostrar que este enfoque resulta eficaz en la evaluación de proyectos de desarrollo sostenible (Smith, 2020).

1.5.2 Marco Legal

En Ecuador existen leyes y reglamentos que establecen los lineamientos de las evaluaciones ambientales, algunas de estas leyes son: Ley Orgánica del Ambiente (LOA), Ley Forestal y de Conservación de Áreas naturales y Vida silvestre, y el Reglamento General para la aplicación de la Ley orgánica del Ambiente (RGA-LOA) (Rodríguez, Fernando Guzmán & Escalante, 2020).

Algunos artículos de la Constitución ecuatoriana respaldan los derechos del medio ambiente (Tabla 1.2) y justifican la necesidad de una evaluación ambiental (Constitución de La República Del Ecuador, 2008).

Tabla 1.2*Artículos de la Constitución ecuatoriana*

Capítulo	Artículo
Derechos del buen vivir	Art. 14.- “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, <i>sumak kawsay</i> . Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados”
Derechos de la naturaleza	Art. 72.- “Se establece que la naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependen de los sistemas naturales afectados. En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas”
Biodiversidad y recursos naturales	Art. 404.- El patrimonio natural del Ecuador único e invaluable comprende, entre otras, las formaciones físicas, biológicas y geológicas cuyo valor desde el punto de vista ambiental, científico, cultural o paisajístico exige su protección, conservación, recuperación y promoción. Su gestión se sujetará a los principios y garantías consagrados en la Constitución y se llevará a cabo de acuerdo al ordenamiento territorial y una zonificación ecológica, de acuerdo con la ley.” Art. 405.- Se establece que el sistema nacional de áreas protegidas garantizará la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas.

Nota: Artículos tomados de Constitución de la República del Ecuador (Constitución de La República Del Ecuador, 2008).

1.5.2.1 Organismos reguladores

Ministerio del Ambiente. - De acuerdo al artículo 8 de la Ley de Gestión Ambiental “La autoridad ambiental nacional será ejercida por el Ministerio del ramo, que actuará como instancia rectora, coordinadora y reguladora del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental, sin perjuicio de las atribuciones que dentro del ámbito de sus competencias

y conforme las leyes que las regulan, ejerzan otras instituciones del Estado”(LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL, 2004, p. 55).

Consejo de Gobierno de Régimen Especial de las Galápagos. - Contiene dentro de sus atribuciones el dictaminar las políticas generales con el fin de conservar y ayudar en el desarrollo sustentable del régimen del sumak kawsay de las Islas Galápagos, esto en sujeción con la política nacional. (Consejo de Gobierno de Galápagos, 2021).

La UNESCO, reconoció al Parque Nacional Galápagos como un sitio de Patrimonio Mundial Cultural y Natural en 1976 (UNESCO, 2006). Esta designación conlleva una serie de obligaciones y responsabilidades para Ecuador que aseguren la protección y conservación del ecosistema. Dentro de sus obligaciones consta la conservación, la gestión sostenible, valor universal excepcional, participación y cooperación, así como el monitoreo y reporte del para la protección del parque (UNESCO, 1972).

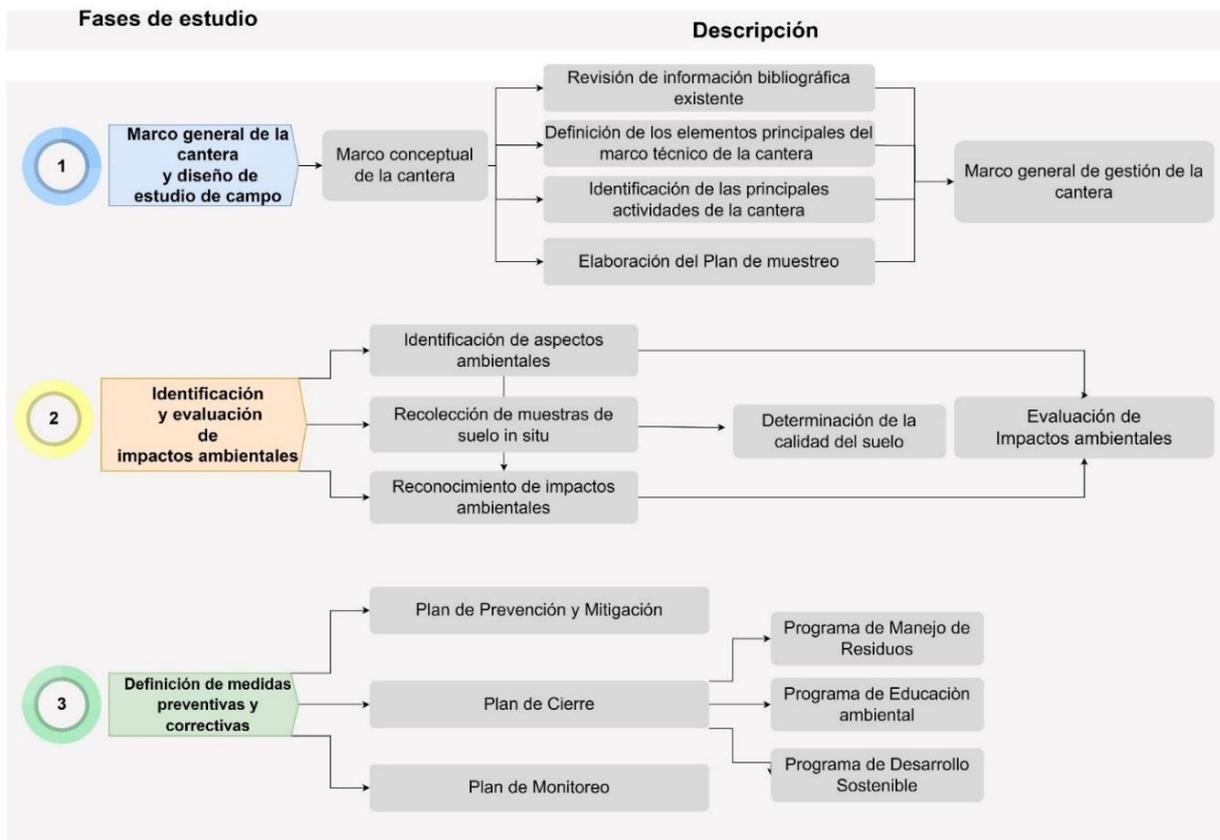
Capítulo 2

2. Metodología

La metodología empleada para este proyecto se estructuró en tres etapas (Figura 2.1). La primera fase engloba la recolección de datos e investigación bibliográfica, así como la elaboración del plan de muestreo y establecimiento de la línea base. Durante la segunda fase, se llevó a cabo el muestreo in situ y el levantamiento topográfico, permitiendo la identificación de las principales actividades, aspectos e impactos ambientales, los cuales fueron evaluados y constituyeron la base para la etapa final. Por último, en la tercera etapa, se realizó un análisis químico de las muestras de suelo para determinar la calidad del suelo. En base a los resultados obtenidos en fases previas, se realizó el diseño de las medidas preventivas y correctivas enfocadas en los ejes de mitigación-prevención, emergencia-contingencia, salud ocupacional-seguridad, monitoreo, abandono-entrega.

Figura 2.1

Metodología Utilizada para la Evaluación ambiental



2.1 Fase I: Marco general de la cantera y diseño de estudio de campo

2.1.1 Marco conceptual

Para iniciar con las actividades que nos llevaron a realizar esta investigación fue necesario realizar búsqueda de información empleando las principales bases de datos como Scopus, Web of Science y Google Scholar, tanto de las actividades de la cantera como datos varios de la Isla San Cristóbal (entorno geológico, geográfico y socioeconómico de la isla) con el fin de realizar un correcto proceso de análisis. Se revisó la información disponible en las fuentes oficiales de entes gubernamentales de la zona de estudio como el Consejo de Gobierno de Régimen Especial de Galápagos (CGREG), el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Municipio de San Cristóbal en especial la Unidad de Obras y Servicios Públicos, Planificación Vial y Sistemas de Riego.

2.1.2 Definición de los elementos principales del marco técnico de la cantera.

En esta fase también se llevaron a cabo entrevistas libres a los operadores de la cantera Cerro Quemado en base a cinco aspectos: i) material de extracción de la cantera, ii) volumen diario de extracción del material, iii) método de extracción, iv) planes de operatividad de la cantera y v) licencia ambiental. Las entrevistas permitieron establecer las condiciones iniciales e impactos potenciales que servirán para el planteamiento de la matriz ambiental, definición de riesgos y vulnerabilidades y de información base para la formulación de las consideraciones ambientales del medio físico.

2.1.3 Identificación de las principales actividades de la cantera

Un aspecto ambiental, de acuerdo con la norma ISO 14001:2015 es un elemento presente en las actividades, productos o servicios de una organización que puede tener

una interacción con el medio ambiente. Esta interacción puede tener consecuencias tanto positivas como negativas en el entorno natural e involucra aspectos como el uso de recursos naturales, generación de residuos y la emisión de sustancias contaminantes, entre otros (ISO 14001, 2015)

La identificación y evaluación de estos aspectos resultan esenciales para establecer controles y tomar medidas que ayuden a reducir los impactos negativos y, a su vez, impulsen una mejora continua en el desempeño ambiental del proyecto.

Mediante la observación de las actividades en la cantera, se llevó a cabo un análisis detallado de las operaciones y procesos implicados. A través de una lista de chequeo (Tabla 2.1) se identificaron los principales aspectos ambientales de la cantera.

Tabla 2.1

Formato utilizado para el listado de actividades

LISTA DE ACTIVIDADES					MEDIO FÍSICO
N	Proceso	Actividad	Descripción	Encargado	Componente
1					
2					
3					
n					

2.1.1 Elaboración del Plan de muestreo

Se elaboró un Plan de muestreo con el propósito de recolectar, manejar y conservar las muestras tomadas in situ, acorde a los objetivos y necesidades del estudio. En una etapa se determinó realizar un muestreo aleatorio de suelos dentro del área de explotación de material pétreo de la cantera, como se muestra en la Figura 2.2. En la tabla 2.2 se muestra los ensayos necesarios para conocer la calidad de suelo basados en

la Guía Metodológica para la elaboración de una Evaluación ambiental (Conesa Fernández-Vitora, 2015). El Plan de Muestreo y su estructura se encuentran detallados en el Apéndice A.

Figura 2.2

Puntos de muestreo dentro de la Cantera



2.2 Fase II: Identificación y evaluación de impactos ambientales

2.2.1 Análisis de muestras de suelo

El análisis de suelo se realizó en el Laboratorio de Suelos y Nutrición Vegetal. Los parámetros de pH y Conductividad se analizaron bajo el método de agua: suelo (5:1), para la materia orgánica se utilizó el analizador automático y para los metales pesados y micronutrientes se empleó el acetato de amonio.

Los valores de fondo y el grado de perturbación con los cuales se contrastarán los resultados de la muestra de suelo se encuentran en la Apéndice B.

Tabla 2.2

Análisis químicos para las muestras de suelo

Tipo de análisis	
Parámetros fisicoquímicos	Micronutrientes
pH	Hierro (Fe)
Conductividad eléctrica (CE)	Manganeso (Mn)
Materia Orgánica	Zinc (Zn)
Metales	
Cadmio (Cd)	Zinc (Zn)
Cobre (Cu)	Mercurio (Hg)
Cromo (Cr)	Cianuro (CN ⁻)
Níquel (Ni)	Plomo (Pb)
Aluminio (Al)	Arsénico (As)
Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH)	

Nota: Datos tomados de la Norma de Calidad Ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados (Ministerio del Ambiente, 2018).

2.2.1 Identificación de aspectos ambientales.

Los aspectos ambientales son las partes derivadas de una actividad, producto o servicio, que poseen la capacidad de afectar las condiciones naturales del medio ambiente y provocar alteraciones o cambios específicos, lo que se conoce como impacto ambiental. En este contexto, los aspectos son considerados como la causa que genera a los impactos (Ihobe, 2009).

Para la identificación de los aspectos ambientales en condiciones normales de la actividad extractiva se realizó la recopilación de información acerca de las

actividades realizadas, luego, se efectuó una visita técnica para reconocimiento del lugar y charla con los trabajadores, finalmente se creó una lista de chequeo simple (Tabla 2.3) con las actividades y los principales aspectos ambientales identificados en la cantera.

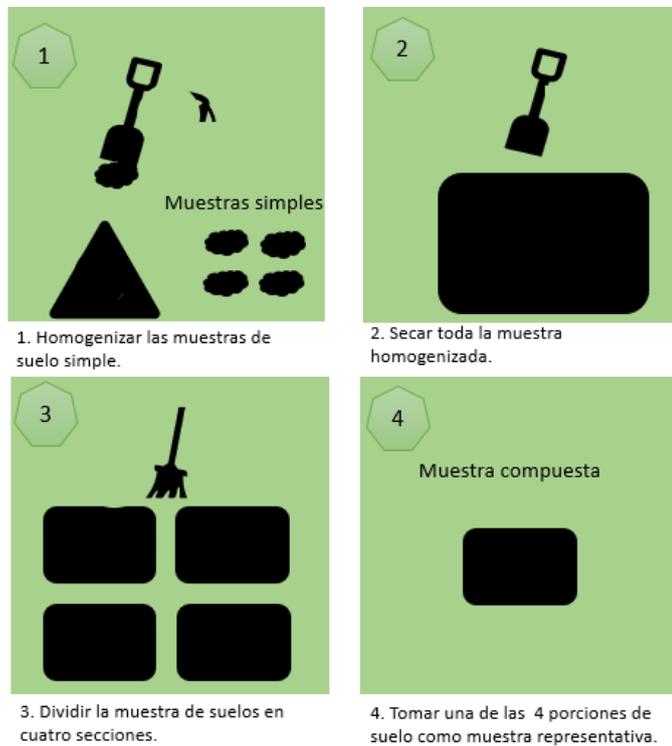
Tabla 2.3

Formato para el listado de aspectos ambientales

Estado del proyecto	Componentes	Actividad	Aspecto ambiental

2.2.1 Recolección de muestras in situ de suelo

Se seleccionaron 18 puntos distribuidos en base a la Figura 2.2 y se extrajo 0.5 kg de suelo como muestra simple a una profundidad de 10 cm. La cantidad de suelo fue almacenada en una funda plástica hermética, etiquetada de acuerdo con las iniciales de la isla y el número de punto visitado (por ejemplo, tipo de muestra (S: suelo), isla Santa Cristóbal (SC) y punto visitado (01); etiqueta: SSC-01). Para tomar una muestra compuesta de suelo de la cantera se aplicó la técnica del Cuarteo (Figura 2.3). Los datos de las coordenadas de cada punto fueron tomadas mediante un GPS Manual GARMIN serie GPSMAP 64, las especificaciones de las coordenadas y sus puntos se encuentran detalladas en el Apéndice A.

Figura 2.3*Cuarteo de suelo***2.2.1 Medición de ruido**

Con el propósito de caracterizar los niveles de ruido generados por las actividades desarrolladas en la cantera “Cerro Quemado”, se llevaron a cabo registros de los niveles máximo, mínimo y medio de ruido en distintas ubicaciones a las 9:00 a.m., 1:00 p.m. y 4:00 p.m. Los datos se obtuvieron en tiempo real mediante smartphones.

Se realizaron las mediciones de ruido durante las operaciones de extracción, carga, transporte y trituración del material. Debido a la limitada disponibilidad de sonómetros, se optó por utilizar una aplicación móvil para la medición de ruido. Se empleó la aplicación Splend Sound Meter como sonómetro, la cual registro los valores mínimos, medios y máximos de los niveles de ruido en decibelios (dB).

El periodo de medición abarcó los días desde el 10 de julio hasta el 14 de julio del 2023, y se realizaron mediciones en las cuatro franjas horarias mencionadas.

2.3 Identificación y evaluación impactos ambientales

Para la identificación de los impactos ambientales se analizó la lista de aspectos ambientales (Tabla 2.3) de cada una de las actividades realizadas dentro de la cantera “Cerro Quemado” sobre los componentes ambientales: agua aire y suelo del medio físico. Estas actividades fueron catalogadas para las fases de explotación y cierre de mina debido a que el proyecto se encuentra en la fase de producción convirtiendo a este análisis en un estudio “EX POST.

2.3.1 Criterios de evaluación

Una vez se identificaron los impactos ambientales fue necesario asignarles una valoración cualitativa. Para este apartado se utilizó la metodología de Vicente Conesa Simplificada conservando sus criterios de evaluación (Tabla 2.4).

Tabla 2.4

Criterios para la Evaluación de Impactos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
CRITERIOS	SIGNIFICADO
Signo Positivo (+) Negativo(-)	Hace alusión al carácter benéfico (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados.
Intensidad IN	Grado de incidencia de la acción sobre el factor en el ámbito específico en el que actúa. Varía entre 1 y 12, siendo 12 la expresión de la destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto y 1 una mínima afectación.

		Área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno de la actividad (% de área, respecto al entorno, en que se manifiesta el efecto). Si la acción produce un efecto muy localizado, se considera que el impacto tiene un carácter puntual (1). Si, por el contrario, el impacto no admite una ubicación precisa del entorno de la actividad, teniendo una influencia generalizada en todo él, el impacto será Total (8). Cuando el efecto se produce en un lugar crítico, se le atribuirá un valor de cuatro unidades por encima del que le correspondía en función del % de extensión en que se manifiesta.
Extensión	EX	
		Alude al tiempo entre la aparición de la acción que produce el impacto y el comienzo de las afectaciones sobre el factor considerado. Si el tiempo transcurrido es nulo, el momento será Inmediato, y si es inferior a un año, Corto plazo, asignándole en ambos casos un valor de cuatro (4). Si es un período de tiempo mayor a cinco años, Largo Plazo (1).
Momento	MO	
		Tiempo que supuestamente permanecerá el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por los medios naturales o mediante la introducción de medidas correctoras.
Persistencia	PE	
		Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez aquel deje de actuar sobre el medio.
Reversibilidad	RV	
		Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medio de la intervención humana (o sea mediante la implementación de medidas de manejo ambiental). Cuando el efecto es irrecuperable (alteración imposible de reparar, tanto por la acción natural, como por la humana) le asignamos el valor de ocho (8). En caso de ser irrecuperable, pero existe la posibilidad de introducir medidas compensatorias, el valor adoptado será cuatro (4).
Recuperabilidad	MC	
		Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente, no simultánea.
Sinergia	SI	
		Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera. Cuando una acción no produce efectos acumulativos (acumulación simple), el efecto se valora como uno (1); si el efecto producido es acumulativo el valor se incrementa a cuatro (4).
Acumulación	AC	

Efecto	EF	Este atributo se refiere a la relación causa-efecto, o sea, a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción. Puede ser directo o primario, siendo en este caso la repercusión de la acción consecuencia directa de ésta, o indirecto o secundario, cuando la manifestación no es consecuencia directa de la acción, sino que tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando este como una acción de segundo orden.
Periodicidad	PR	Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular) o constante en el tiempo (efecto continuo).

Nota: Datos obtenidos de la Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental y el Estudio de impacto ambiental del Consorcio CESEL (CESEL, 2017,p11-12).

2.3.2 Cálculo de la importancia de un impacto ambiental

La importancia de un impacto ambiental se encuentra ligada a la influencia que una acción ejerce sobre un factor ambiental (Estevan Bolea, 1984). Esta valoración se fundamenta en la manifestación cualitativa del efecto correspondiente. Para lograr evaluar los impactos ambientales se consideró un conjunto de atributos, características y cualidades. El valor numérico que representa la magnitud del impacto se obtuvo mediante el modelo propuesto por Vicente Conesa (Conesa Fernández-Vitora, 2015). La ecuación (2.1) se utilizó para determinar la magnitud de un impacto y se basa en los parámetros de la Tabla 2.5.

$$I = \pm(3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC) \quad (2.1)$$

Donde:

I = Importancia del Impacto

IN= Intensidad

EX= Extensión

MO= Momento

PE= Persistencia

RV= Reversibilidad

SI= Sinergia

AC= Acumulación

EF= Efecto

PR= Periodicidad

MC= Recuperabilidad

Tabla 2.5

Rangos de criterios de Evaluación

Criterio	Abreviatura	Rango de criterio	Calificación
Naturaleza	Signo	Impacto benéfico	+
		Impacto perjudicial	-
Intensidad	IN	Baja	1
		Media	2
		Alta	4
		Muy alta	8
		Total	12
Extensión	EX	Puntual	1
		Parcial/local	2
		Extenso/General	4
		Total/Regional	8
		Crítico/Global	12
Momento	MO	Largo Plazo	1
		Mediano Plazo	2
		Corto Plazo	4
		Inmediato	6
		Crítico	8
Persistencia	PE	Fugaz u momentáneo	1
		Temporal	2
		Permanente	4
Reversibilidad	RV	Corto Plazo	1

		Mediano Plazo	2
		Largo Plazo	3
		Irreversible	4
Sinergia	SI	Sin sinergismo	1
		Sinérgico	2
		Muy Sinérgico	3
Acumulación	AC	Simple	1
		Acumulativa	4
Efecto	EF	Indirecto	1
		Directo	4
Periodicidad	PR	Irregular	1
		Periódico	2
		Continuo	4
		Permanente	8
Recuperabilidad	MC	Recuperable inmediato	1
		Recuperable a corto plazo	2
		Recuperable a plazo medio	3
		Recuperable a largo plazo	4
		Mitigable	4
		Irrecuperable	8

Nota: Datos tomados de la Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental (2015).

2.3.3 Nivel del impacto ambiental según su importancia

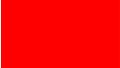
El valor cualitativo de cada impacto se base en un rango de importancia que los ubicará en nivel según su interacción con la naturaleza y el tiempo en el cual puede ser remediado.

Los criterios se pueden apreciar en la Tabla 2.6.

2.4 Fase III: Definición de medidas preventivas y correctivas

Para realizar las medidas preventivas y correctivas se realizó un análisis de los impactos ambientales considerando los valores de importancias mayores dentro de las labores de extracción y cierre de la Cantera (MERCHÁN-SANMARTIN et al., 2022). Con el fin de proponer indicaciones que pueden adaptarse en las diferentes etapas del proyecto.

Tabla 2.6*Niveles de Intensidad de un Impacto ambiental*

Clase de Impacto	Rango	Color	Nivel de Impacto
Compatible	< 25		De baja intensidad, puede ser reversible a corto plazo
Moderado	25 <= and <=50		De intensidad media o alta, puede ser reversible en mediano plazo y recuperable en ese plazo o periodo
Severo	50 <= and <=75		De intensidad alta, puede ser reversible en un plazo mediano o ser persistente.
Crítico	75 <= and <=100		Intensidad alta o total, con extensión total e irreversible.

Nota: Datos adaptados de la Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental (Conesa Fernández-Vitora, 2015)

Se elaboró un plan para los enfoques de: prevención-mitigación, salud ocupacional-seguridad, monitoreo-seguimiento, emergencia-contingencia, y plan de abandono-entrega en los cuales se consideraron los parámetros con las incidencias de mayor intensidad en los impactos ambientales (Morante-Carballo et al., 2023) según la etapa del proyecto.

Los diferentes planes para el manejo ambiental fueron elaborados considerando como base la matriz de evaluación de aspectos e impactos ambientales (CARRIÓN-MERO et al., 2021). Estos programas fueron concebidos con el propósito de establecer una serie de medidas preventivas, mitigadoras, compensatorias y de control destinada a contrarrestar los posibles efectos adversos que podrán surgir en el entorno debido a las actividades del proyecto (Pachòn, 2016).

Para la elaboración del PMA que contiene a las medidas compensatorias y mitigadoras, se utilizó una metodología adaptada a las necesidades de la cantera y basada en la ISO 14001 que contempla diferentes pasos (Figura 2.4) y es presentada en fichas técnicas de fácil aplicación (Tabla 2.7)(Basset-Mens & Antunes, 2018).

Capítulo 3

3. Resultados y Análisis

Los resultados serán mostrados de acuerdo con la metodología utilizada para el desarrollo de la Evaluación Ambiental.

3.1 Principales actividades de la cantera

Las actividades llevadas a cabo dentro de la cantera no cuentan con ninguna tecnificación, carecen de un plan de extracción, manejo de residuos, cálculo de reservas o incluso un registro de la cantidad de material diario que extraen y procesan. Durante la visita a la cantera se pudo observar sus actividades y registrarlas para identificar los principales aspectos ambientales detallados en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1

Aspectos ambientales Identificados

Etapa del proyecto	Componentes del proyecto	Actividad	Aspecto ambiental
Operación	Transporte del material	Carga y transporte del material	Generación de material particulado
			Generación de vibraciones y ruido
			Alteración del suelo
			Generación de ruido vibraciones
	Extracción del material	Excavación	Generación de material particulado
			Emisión de gases de combustión
			Generación de ruido y vibraciones
			Alteración del suelo
		Trituración del material	Generación de ruido y vibraciones
			Consumo de energía
		Generación de material particulado	

	Taller de mantenimiento de maquinaria	Instalación y montaje de equipo	Emisión de gases de combustión
		Mantenimiento de equipo	Consumo de recursos naturales
			Generación de residuos peligrosos
Cierre	Accesos	Cierre de caminos	Trafico y transporte
		Revegetación	Paisajismo y valor estético
	Estabilidad de taludes	Movimiento de stock	Generación de material particulado
		Construcción de muros de contención	Alteración del suelo
		Inyección de escoria	Paisajismo y alteración visual
	Relleno y nivelación del área	Inyección de escoria	Generación de material particulado
		Nivelación del área	Paisajismo y alteración visual
	Desmantelamiento del campamento	Desmontaje de la caseta de reunión	Generación de residuos
		Limpieza del área	Consumo de recursos

3.2 Plan de muestreo

Un total de 18 muestras simples fueron recolectadas del suelo desnudo de la cantera. La profundidad a la que se tomaron estas muestras fue de 10 cm como lo dicta el Código Orgánico del Ambiente para suelos con uso industrial y extractivo.

De las muestras simples recolectadas se tomaron dos muestras, ambas muestras con un peso de dos kilogramos cada una para realizar los ensayos químicos de calidad de suelo.

Figura 3.1*Recolección de muestras simples de suelo*

Nota: La figura “a” pertenece a la recolección de muestras mientras que la figura “b” representa las muestras etiquetadas y listas para su envío al continente.

3.3 Identificación y evaluación de impactos ambientales

En la matriz de evaluación de impactos (Tabla 3.2) se puede apreciar que de los 9 impactos estudiados solo uno de ellos tiene un nivel severo, o una afectación que perdurará en el tiempo y que necesitará ser tratada incluso en la fase de cierre. El programa de Capacitación Ambiental para la sostenibilidad en la cantera “Cerro Quemado” tratará este impacto, el programa se encuentra detallado en el Apéndice B.

Tabla 3.2

Evaluación de Impactos ambientales para la fase de Producción

MATRIZ PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS EN LA FASE DE PRODUCCIÓN														
ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	I	Clase de Impacto
Alteración del suelo	Cambio en el uso del suelo	(-)	4	4	2	4	4	2	1	4	4	4	45	Moderado
Emisión de gases de combustión	Alteración en la calidad del aire	(-)	1	1	1	2	2	1	4	1	1	4	21	Bajo
Consumo de agua	Incremento en el consumo de agua	(-)	2	2	1	2	2	2	4	1	2	4	28	Moderado
Seguridad industrial	Afectación a la salud humana	(-)	4	2	1	2	2	4	4	4	2	4	39	Moderado
Monitoreos	Alteración en la calidad del aire	(+)	1	2	2	4	1	4	4	1	4	2	29	Moderado
Tiempo de producción	Alteración en la calidad del aire	(-)	2	4	1	2	2	2	4	1	2	2	30	Moderado
Mantenimiento de máquinas y equipos	Contaminación del suelo	(-)	4	2	2	4	4	2	4	4	4	4	44	Moderado
Generación de residuos	Contaminación del suelo	(-)	4	2	2	4	4	2	4	4	4	4	44	Moderado
Generación de residuos peligrosos	Contaminación del suelo	(-)	4	2	2	4	4	4	4	4	4	8	50	Severo

En la matriz de evaluación de impactos (Tabla 3.3) para la fase de cierre se puede apreciar 8 impactos evaluados, dos de ellos corresponden al nivel severo, que perduraran a lo largo del tiempo y que deben ser tratados en la fase de cierre. Uno de los impactos severos es la degradación visual, este impacto es permanente y abarca una gran extensión. En esta misma línea se encuentra la afectación a la salud del suelo, que debe ser mitigada durante la fase de cierre con un programa de reforestación y monitoreo. Los otros seis impactos evaluados corresponden a un impacto moderado que pueden ser reversibles con las medidas adecuadas y durante la fase de producción. Los programas de Manejo de Residuos y Educación ambiental en la cantera pueden mitigar al impacto de afectación de la salud del suelo, ambos programas se encuentran en el Apéndice D.

Tabla 3.3*Evaluación de Impactos ambientales para la fase de Cierre*

MATRIZ PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS EN LA FASE DE CIERRE														
ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	I	Nivel
Retiro de maquinaria y equipos	Cambio en el uso del suelo	(-)	1	4	1	4	4	2	1	1	4	4	32	Moderado
Monitoreo	Cambio en el uso del suelo	(+)	2	4	1	4	4	1	4	1	2	4	35	Moderado
Calidad del suelo	Afectación a la salud del suelo	(-)	4	4	8	4	2	2	4	4	4	4	52	Severo
Estabilización de taludes	Alteración de las condiciones geotécnicas	(-)	4	4	1	2	2	4	4	4	4	4	45	Moderado
Paisajismo y alteración visual	Degradación visual	(-)	8	8	1	4	4	4	4	4	4	8	73	Severo
Generación de residuos	Afectación a la salud del suelo	(-)	2	4	1	4	4	1	4	1	2	4	35	Moderado
Consumo de agua	Incremento en el consumo de agua	(-)	1	2	1	2	2	1	1	1	2	4	21	Compatible
Desmantelamiento del campamento	Cambio en el uso del suelo	(-)	2	4	1	4	4	1	4	1	2	4	35	Moderado

3.4 Resultados de los análisis químicos de suelo

Los análisis químicos arrojaron los siguientes resultados (Tabla 3.4).

Tabla 3.4

Resultados de los análisis químicos de suelo

Parámetros fisicoquímicos	Resultados	Referente permisible	Unidades	¿Dentro del rango permisible?
pH	9,36	6 a 8		Perturbado
Conductividad eléctrica (CE)	0.0000789	2	Mmhos/cm	Inferior
Materia Orgánica	0,26%	-	-	
Micronutrientes				
Hierro (Fe)	BLM	-	-	
Manganeso (Mn)	0,44	-	-	
Zinc (Zn)	0,19	60	Mg/kg	Inferior
Microelementos				
Azufre (S)	20,76	250	Mg/kg	Inferior
Cadmio (Cd)	0.3	0.5	Mg/kg	Si
Cobre (Cu)	0.05	30	Mg/Kg	Inferior
Cromo (Cr)	0.05	20	Mg/Kg	Inferior
Cobalto (Co)	0.04	10	Mg/Kg	Inferior
Níquel (Ni)	0.09	20	Mg/Kg	Inferior
Plomo (Pb)	BLD	25	Mg/Kg	Inferior
Sodio (Na)	148,27	-	Mg/Kg	
Hidrocarburos totales de petróleo (TPH)	26640	0.5	Mg/Kg	Severamente perturbado

Nota: Datos obtenidos del Laboratorio de Suelos y Nutrición Vegetal

Los valores de TPH exceden en gran medida a los valores de fondo que se encuentran en el Apéndice B, esto ocurrió debido a que los valores de fondo son tomados de muestras de suelo en contacto no directo con la fuente de contaminación, para el muestreo de suelo en la cantera, la muestra fue tomada directamente de las diferentes fuentes de contaminación, ahí recae la explicación para su altísimo valor.

El pH del suelo está por encima del valor recomendado para un suelo en estado sano, por lo que se considera a este tipo de suelos como ligeramente alcalinos. Los suelos de este tipo tienen una gran cantidad de sodio y se pudo observar en los resultados del análisis químico. Los suelos alcalinos pueden ser remediados a través de la colocación de materia orgánica sobre ellos.

3.5 Medidas preventivas y correctivas

Las medidas propuestas para la mitigación de impactos ambientales se encuentran detalladas en la tabla 3.5. El plan se encuentra diseñado para la fase producción y abarca las áreas de; trituración, mantenimiento de equipos y el área de desechos. Este plan se complementa con el Programa de Manejo de Residuos y Educación ambiental detallado en el Apéndice D. Para este plan se estima un costo aproximado de 4600 dólares.

Las medidas propuestas para el monitoreo de las actividades y la evolución de estas se encuentran detalladas en la tabla 3.6. El plan se encuentra diseñado para la fase de producción y cinco años después del cierre. En él se contemplan las áreas de trituración y carga de material.

Para este plan se estima un costo aproximado de 3100 dólares. La estructura de costos se encuentra detallada en apéndice C.

Las medidas propuestas para el cierre y abandono de actividades se encuentran detalladas en la Tabla 3.7. El plan se encuentra diseñado para la fase de cierre y 5 años después de este. En él se contemplan toda el área de explotación y campamento. El plan se complementa

con los programas de Manejo de Residuos, Educación ambiental y Desarrollo Comunitario Sostenible, además del Plan de Monitoreo. Para este plan se estima un costo aproximado de 7400 dólares. La estructura de costos se encuentra detallada en el Apéndice C.

El plan de Emergencia y Contingencia, así como el de Seguridad y Salud ocupacional no contemplan ningún impacto ambiental ni pertenecen al medio físico, sin embargo, es obligatoria para toda la actividad considerar la seguridad de sus trabajadores. Las medidas preventivas y correctivas para la seguridad de los trabajadores se presentan en el Apéndice E.

La efectividad de los planes no puede ser medida con exactitud, pero varios estudios demuestran que ayudan de manera significativa siempre y cuando se empleen de manera correcta y continua.

Tabla 3.5*Plan de Prevención y Mitigación de impactos*

PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN						
OBJETIVO: Implementar estrategias que minimicen los impactos ambientales de las actividades extractivas de la cantera "Cerro Quemado"						
LUGAR DE APLICACIÓN: Cantera "Cerro Quemado"						
RESPONSABLE:						
Aspecto Ambiental	Impacto identificado	Medida Propuesta	Indicadores	Medio de verificación	Frecuencia	Periodo
Generación de residuos peligrosos	Contaminación del suelo	Designar áreas de mantenimiento: Establecer zonas específicas para el mantenimiento de las maquinarias. Estas deberán estar equipadas con medidas de contención como pisos impermeables y un sistema de drenaje adecuado que capture cualquier líquido	Área delimitada y señalizada	Informes de mantenimiento de equipos	Permanente	Durante la fase de producción
				Registro fotográfico		

		derrame o alguna fuga.		Resultados de los análisis químicos de suelo		
Generación de residuos peligrosos	Contaminación del suelo	Emplear absorbentes: Utilizar materiales que absorban los líquidos derramados, pueden ser mantas, absorbente y serrín, con el fin de limpiar cualquier derrame de líquido durante el mantenimiento de los equipos.	Numero de paños absorbentes usados	Informes de mantenimiento de equipos	Mensual	Durante la fase de producción
Generación de residuos peligrosos	contaminación del suelo	Recolecta y manejo de residuos: Gestionar adecuadamente los residuos generados durante el mantenimiento,	Manejo de residuos	Registro de entrega de residuos	Trimestral	Durante la fase de producción

		como aceites usados, filtros de aceite y aire. Estos materiales deben ser almacenados en un lugar adecuado hasta ser entregados a un centro especializado en este tipo de residuos.				
Generación de residuos peligrosos	contaminación del suelo	Auditorias y monitoreo: Realizar auditorías y monitoreos periódicos para asegurar el cumplimiento de las medidas de prevención	Porcentaje de cumplimiento: Auditorías realizadas/ auditorias propuestas* 100	Informe de monitoreo Registro fotográfico	Trimestral	Durante la fase de producción
Generación de residuos peligrosos	contaminación del suelo	Promover la conciencia ambiental: Promover la cultura	Porcentaje de cumplimiento: Charlas	Registro fotográfico y de asistencia	Semestral	Durante la fase de producción

		de conciencia ambiental en el personal de mantenimiento y otros empleados, resaltando la importancia de cuidar del suelo y el medio ambiente en general.	dadas/ charlas propuestas* 100			
Generación de residuos no peligrosos	contaminación del suelo	Separación de residuos: Fomentar la clasificación y separación adecuado de los residuos para facilitar su manejo	Manejo de residuos	Informe de mantenimiento	Diario	Durante la fase de producción
Generación de residuos no peligrosos	contaminación del suelo	Área de residuos: Designar un área de residuos para evitar que los residuos sean colocados en	Manejo de residuos	Registro fotográfico	Permanente	Durante la fase de producción

		lugares inadecuados				
Generación de residuos	contaminación del suelo	Amonestación por incumplimiento: Notificar al empleado la falta que comete al no colocar los residuos en el área designada	Registro de amonestaciones	Registro fotográfico	Trimestral	Durante la fase de producción
Generación de residuos	contaminación del suelo	Limpieza de las áreas identificadas con residuos: Aplicar técnicas de limpieza en áreas contaminadas por residuos	Manejo de residuos	Registro fotográfico e Informe de mantenimiento y limpieza	Trimestral	Durante la fase de producción
Emisión de gases de combustión	Alteración de la calidad el aire	Empleo de combustibles limpios: Utilizar combustibles	No aplica	Informe de medidas alternativas de combustible	Anual	Durante la fase de producción

		menos contaminantes que puedan reducir las emisiones de gases nocivos				
Mantenimiento de equipos y maquinaria	Alteración de la calidad el aire	Mantenimiento de equipos: Realizar mantenimientos regulares de todos los equipos para mejorar la eficiencia de la combustión y así minimizar las emisiones de los gases al ambiente	Manejo de residuos	Informe de mantenimiento	Trimestral	Durante la fase de producción
Tiempo de producción	Alteración de la calidad el aire	Gestión de rutas: Planificar rutas y horarios que puedan reducir el tiempo de funcionamiento de los equipos	Registro de actividades	Informe de planificación de actividades	Permanente	Durante la fase de producción

Emisión de material particulado	Alteración de la calidad el aire	Zonas verdes: Plantar vegetación alrededor de áreas de emisión para filtrar y absorber contaminantes.	Partículas diseminadas en el aire	Informa de monitoreo	Anual	Durante la fase de producción
Emisión de material particulado	Alteración de la calidad el aire	Control de polvo: Humedecer las vías de acceso y áreas de trabajo para evitar la dispersión de las partículas de polvo	Registro de actividades	Informe de actividades	Semanal	Durante la fase de producción
Emisión de material particulado	Alteración de la calidad el aire	Cubrir los vehículos: Cubrir las volquetas antes de iniciar el transporte del material hacia el poblado para que se minimice la diseminación del material	Registro de actividades	Informe de actividades	Semanal	Durante la fase de producción

		particulado durante el viaje				
Uso del agua	Incremento en el consumo del agua	Educación y sensibilización: Crear conciencia sobre la importancia del agua y su aprovechamiento en los trabajadores	Porcentaje de cumplimiento = Capacitaciones dadas / Capacitaciones propuestas * 100	Informe de capacitaciones	Trimestral	Durante la fase de producción
Uso del agua	Incremento en el consumo del agua	Cosecha de agua lluvia: Recolectar y almacenar agua de las lluvias para riego y limpieza.	Cantidad de agua recolectada en litros	Registro de Cosecha de agua lluvia	Mensual	Durante la fase de producción

Tabla 3.5*Plan de Monitoreo y Seguimiento*

PLAN DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO						
OBJETIVO: Supervisar sistemáticamente el progreso de actividades para la identificación de desviaciones o tendencias						
LUGAR DE APLICACIÓN: Cantera "Cerro Quemado"						
RESPONSABLE:						
Aspecto Ambiental	Impacto identificado	Medida Propuesta	Indicadores	Medio de verificación	Frecuencia	Periodo
Calidad del suelo	Alteración de la calidad del suelo	Muestras de suelo: Tomar muestras de suelo de manera aleatoria para analizarlas y determinar el estado de la salud del suelo	Muestras de suelo tomadas y analizadas	Informe de monitoreo de la calidad del suelo	Cada año	Durante la fase de operación
Ruidos y vibraciones	Alteración de la calidad del aire	Monitoreo de ruido y vibraciones: Medir los niveles sonoros durante las actividades diarias y llevar un registro de ellos.	Registro de ruido y vibraciones	Informe de monitoreo de los niveles de ruido y vibraciones	Diario	Durante la fase de operación

Calidad del suelo, ruido y vibraciones	Alteración de la calidad del aire y suelo	Analizar tendencias: Estudiar los datos a lo largo del tiempo para identificar patrones y tendencias que puedan necesitar intervenciones adicionales	Registro de ruido y vibraciones	Conclusiones del informe de monitoreo	Semestral	Durante la fase de operación
Calidad del suelo, ruido y vibraciones	Alteración de la calidad del aire y suelo	Informe de progreso: Generar informes semestrales que detallen resultados, tendencias y recomendaciones basada en los datos recopilados	No aplica	Conclusiones del informe de monitoreo	Semestral	Durante la fase de operación
Seguridad industrial	Afectación a la seguridad humana	Registros de las actividades Crear un registro de las actividades diarias que se llevan a cabo en la cantera. Este registro debe incluir apuntes de la producción diaria de la cantera	Registro de actividades	Informe de actividades	Diario	Durante la fase de operación

Ruidos y vibraciones	Calidad del aire	Mantenimiento de equipos: Asegurarse que los dispositivos que miden el ruido y las vibraciones se encuentren en buen estado	Registro de mantenimiento	Informes de mantenimiento	Anual	Durante la fase de operación
Seguridad industrial	Afectación a la seguridad humana	Cumplimiento normativo: Revisar que todas las actividades cumplan con las regulaciones y estándares establecidos por la ley	Registro de actividades	Informe de actividades	Mensual	Durante la fase de operación
Monitoreos	Afectación a la salud del suelo y el aire	Ajustes y mejoras: Identificar las áreas de mejora a través del monitoreo y realizar ajustes en el plan según lo requiera el proyecto	Porcentaje de cumplimiento= Monitore realizados / Monitoreos propuestos *100	Informe de monitoreo	Anual	Durante la fase de operación

Capacitaciones	Afectación a la seguridad humana	Comunicación y concientización: Informar a los trabajadores de los resultados del monitoreo para fomentar la conciencia y colaboración en ellos	Porcentaje de cumplimiento= Capacitaciones realizadas / Capacitaciones propuestas *100	Capacitaciones	Semestral	Durante la fase de operación
----------------	----------------------------------	--	--	----------------	-----------	------------------------------

Tabla 3.6*Plan de Cierre y Abandono de actividades*

PLAN DE CIERRE Y ABANDONO						
OBJETIVO: Concluir las actividades de extracción de manera responsable y segura para el logro de un legado positivo.						
LUGAR DE APLICACIÓN: Cantera "Cerro Quemado"						
RESPONSABLE:						
Aspecto Ambiental	Impacto identificado	Medida Propuesta	Indicadores	Medio de verificación	Frecuencia	Periodo
Calidad del suelo	Afectación a la salud y estabilidad del suelo	Evaluación preliminar: Realizar una evaluación detallada de la cantera para la identificación de los riesgos ambientales, geotécnicos y de seguridad ligados al cierre de la cantera	Registro de riesgos identificados	Informe de riesgos	Anual	Previo a la fase de cierre
Desmantelamiento del campamento	Cambio en el uso del suelo	Desmantelamiento del campamento: Desmantelar la caseta que se utiliza como campamento de manera segura y limpiar el área.	No aplica	Registro fotográfico	Cuando se lo requiera	Durante la fase de cierre

Retiro de maquinaria y equipos	Cambio en el uso del suelo	Remoción de equipos y maquinaria: Retiro de equipos y maquinaria de la cantera de manera segura	Porcentaje de cumplimiento = Equipos y maquinaria reubicados / Equipos y maquinaria disponibles * 100	Registro fotográfico y Aprobación del Informe de Cierre final	Mensual	Durante la fase de cierre
Estabilización de taludes	Alteración de las condiciones geotécnicas	Estabilización del lugar: Realizar actividades que aseguren la estabilidad del terreno sobre todo de los taludes	Factor de Seguridad	Registro fotográfico y Aprobación del Informe de Cierre final	Trimestral	Durante la fase de cierre
Generación de residuos	Afectación en la salud del suelo	Gestión de residuos: Manejar adecuadamente los residuos generados durante el abandono de la cantera según la normativa	Hoja de manejo de residuos	Informe de manejo de residuos	Trimestral	Durante la fase de cierre
Monitoreos	Cambio en el uso del suelo	Seguro y garantías financieras: Establecer garantías financieras que cubran los costos de monitoreo y mantenimiento del área abandonada	Monto destinado para la actividad	Informe del Plan de Cierre	Anual	Previo a la fase de explotación
Calidad de suelo					Anual	

	Afectación a la calidad del suelo	Cierre final: Certificar formalmente el cierre y abandono de la cantera una vez que las actividades hayan sido completadas y aprobadas	Informe de Cierre Final	Informe del Plan de Cierre		Al final de la etapa de cierre
Calidad del suelo	Afectación a la salud del suelo	Elaboración de un plan de cierre ambiental que conste del siguiente formato: 1) Título del plan; 2) Antecedentes de la cantera; 3) Objetivos (Generales y específicos); 4) Ficha técnica; 5) Marco Legal; 6) Descripción de las actividades; 7) Identificación y evaluación de impactos ambientales; 8) Diagnóstico ambiental del área; 9) Actividades de cierre y abandono; 10) Monitoreo; 11) Costos del Plan de cierre ambiental	Informe	Aprobación del Plan de Cierre ambiental	Anual	Previo a la fase de cierre

Capítulo 4

4.1 Conclusiones y recomendaciones

4.1.1 Conclusiones

- Las principales actividades de la cantera corresponden a la fase de producción con 12 aspectos ambientales identificados, mientras que en la fase de cierre se identificaron 11. Siguiendo esta línea, se pudo reconocer nueve impactos ambientales para la fase de producción y ocho para la fase de cierre.
- En la fase de producción el 78% de los impactos identificados son moderados, mientras que 11 % son severos. Para la fase de cierre el 63% son moderados y el 25% severos. Los impactos moderados pueden ser mitigados con medidas no complejas y durante la fase en la que ocurren. Una medida de mitigación para este tipo de impactos es el “Programa de Capacitación Ambiental para la sostenibilidad en la cantera Cerro Quemado” y el “Programa de Manejo de Residuos”. A pesar de que estos impactos no representan un peligro inmediato para la naturaleza, dejarlos sin atención podría provocar su evolución a un nivel severo y su remediación implicaría medidas más complejas y un tiempo más extenso para su tratamiento.
- Los impactos severos identificados corresponden a la contaminación del suelo y la degradación visual, ambos impactos perdurarán aun cuando las actividades de la cantera cesen, pueden ser tratados a través del Plan de Cierre, sin embargo, el impacto de la degradación visual no podrá ser remediado del todo y persistirá a lo largo del tiempo.
- Los resultados del análisis químico de laboratorio mostraron que el pH es del suelo es superior al indicado para un suelo sano (6 a 8), con un valor de 9.36 el suelo es considerado alcalino. En el año 2016 los valores del pH del suelo eran de 8.61 esto demuestra un aumento en el pH al pasar el tiempo, existen diferentes razones por las

cuales un suelo puede volverse alcalino y están van desde las precipitaciones y fertilizantes hasta la deforestación y el cambio del uso del suelo. Como en el área de la cantera no se utilizan fertilizantes la razón por la cual el pH a aumentado se debe a las actividades de extracción y la remoción de la capa vegetal.

- Para esta investigación se proponen cinco planes, tres de ellos se relacionan directamente con la mitigación de los impactos severos. Si se aplica de manera correcta estos planes pueden reducir los impactos ambientales de manera significativa, no se puede dar un porcentaje exacto ya que la eficacia de estos depende de factores diversos y externos como; la predisposición de la cantera a cumplir las medidas recomendadas, la naturaleza de la operación, la eficacia de los planes y otros factores.

4.1.2 Recomendaciones

- Se aconseja llevar a cabo una Evaluación Ambiental más profunda que incluye el medio socioeconómico y biótico del lugar para completar la información que en este estudio se presenta.
- Se sugiere llevar un registro diario de la actividad para facilitar al investigador la identificación de los aspectos ambientales.
- Se insta al investigador a revisar el “Listado de Impactos ambientales específicos 2021” para reconocer de manera eficiente los impactos ambientales.
- Se propone tratar al impacto severo de degradación ambiental como un lugar para el Geoturismo esto a modo de alternativa al aprovechamiento del recurso post cierre de la operación para que pueda conservar su valor natural y geológico.

- Se recomienda al lector leer el capítulo VI del libro de TULSMA acerca de los residuos y su manejo para completar la información presentada en el Programa de Manejo de Residuos.
- Se recomienda a los encargados de la cantera “Cerro Quemado” realizar el cálculo de recursos y reservas del área de explotación para realizar un diseño de explotación técnico.

Referencias

Libros físicos

Conesa Fernández-Vitora, V. (2015). Conesa Fernández-Vitora, V. (1995). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. In Auditorías medioambientales. Guía metodológica (p. 551).

Estevan Bolea, M. T. (1984). *Evaluación del impacto ambiental*. MAPFRE.

Tesis/trabajos de grado

Bismark, R., & Espinoza, A. (2017). *Guía técnica para muestreos de suelos*.
<https://repositorio.una.edu.ni/3613/1/P33M539.pdf>

Rodríguez, Fernando Guzmán, G., & Escalante, D. (2020). Efectos de la minería en el desarrollo económico, social y ambiental. *CEPAL*, 63.
http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45682/S2000241_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Pachón, J. A. (2016). *Plan de Manejo ambiental para el proyecto de urbanización Pino Foresta “estudio de caso.”*
https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/13225/PLAN_DE_MANEJO_AMBIENTAL?sequence=1#:~:text=La metodología para la formulación, deterioro ambiental y social que

Artículos en línea

Agencia de Regulación y Control minero. (2008). *Catastro minero*.
https://hub.arcgis.com/datasets/1cea6ad34d8d46818e23cca1335d4fe1_2/explore

Constitución de la República del Ecuador, 202 (2008).

Basset-Mens, C., & Antunes. (2018). *Integrated environmental management: A comprehensive methodology for developing and implementing effective environmental management plans,* así como en los lineamientos de la ISO 14001:2015.

Consejo de administración del PNUMA. (1987). *Metas y Principios de la evaluación del impacto ambiental.* 7.

https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/30879/ELGP9_SP.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CESEL. (2017). *Estudio de Impacto Ambiental de una Línea de Transmisión en 500 kV entre Ecuador – Perú.*

CIPMA. (2002). *Minería, minerales y desarrollo sustentable en América del Sur* (Centro de Investigación y Planificación del Medio Ambiente (CIPMA) (ed.)).

ISO 14001, 32 (2015). <https://www.nqa.com/medialibraries/NQA/NQA-Media-Library/PDFs/Spanish QRFs and PDFs/NQA-ISO-14001-Guia-de-implantacion.pdf>

Dirección del Parque Nacional Galápagos. (2014). *El ámbito conceptual y geográfico del Plan de Manejo: Galápagos como una Ecorregión y un Socioecosistema.*
https://revistas.ute.edu.ec/index.php/eidos/article/view/2_Art2_13-21/986

De la Torre, J. E., Silva, P., Granda, S., & Argudo, M. (2022). La importancia de los materiales locales para construcción en las Islas Galápagos y su relación con el desarrollo urbano sostenible. *Revista Científica de Arquitectura y Urbanism.*
https://revistas.ute.edu.ec/index.php/eidos/article/view/2_Art2_13-21/986

GAD Municipal de San Cristóbal. (2007). *La Lobería de Galápagos en San Cristóbal.*
<https://galapagossancristobal.com/es-ec/galapagos/san-cristobal/playas/loberia-galapagos-san-cristobal-azwk7xcwa>

Guillermo Espinoza, & Vera Kaufmann. (2007). Gestión y fundamentos de la evaluación de impacto ambiental. Santiago - Chile.

<http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/1052.pdf>

Ihobe. (2009). *Identificación y Evaluación de Aspectos Ambientales* (p. 20).

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/123182/identificacion_y_evaluacion_de_aspectos_ambientales.pdf

Smith, J. (2020). Integration of Transparent Layers for Environmental Assessments. *Environmental Science Journal*, 145.

UNESCO. (1972). *Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural*.

32. <https://whc.unesco.org/archive/convention-es.pdf>

UNESCO. (2006). *Reserva de la Biosfera Archipiélago de Colón - Galápagos (Ecuador)*. 23

de Julio. [https://es.unesco.org/biosphere/lac/galapagos#:~:text=En reconocimiento de su importancia, y Sitio Ramsar en 2001.](https://es.unesco.org/biosphere/lac/galapagos#:~:text=En%20reconocimiento%20de%20su%20importancia,%20y%20Sitio%20Ramsar%20en%202001.)

UNESCO. (2023). *UNESCO.org*. Reserva de La Biosfera Archipiélago de Colón - Galápagos

(Ecuador). <https://app.bibguru.com/p/18d2b00b-1034-4633-a4e4-03f409889c60>

Yale University. (2022). Environmental Performance Index. *Environmental Law and Policy*,

206. <https://epi.yale.edu/downloads/epi2022report06062022.pdf>

Informes Gubernamentales

Consejo de Gobierno de Régimen Especial de Galápagos. (2014). *Borrador de la declaración*

de impacto ambiental expost del proyecto: área de libre aprovechamiento “Cerro Quemado 2.” <https://www.gobiernogalapagos.gob.ec/wp-content/uploads/2015/07/DIA-Expost-San-Cristobal.pdf>

Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos. (2016). *Plan de Desarrollo*

Sustentable y Ordenamiento Territorial del Régimen Especial Galápagos.

Dirección del Parque Nacional Galápagos. (2022). *INFORME2022 Ingreso de visitantes a las áreas protegidas de Galápagos.* https://galapagos.gob.ec/wp-content/uploads/2022/08/INFORME_SEMESTRAL_VISITANTES_2022_RL-62.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Censos - INEC. (2015). *Censo de Población y Vivienda Galápagos 2015.* 22. http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Poblacion_y_Demografia/CPV_Galapagos_2015/Presentacion_CPVG15.pdf

Consejo de Gobierno de Galápagos. (2021). *Parque Nacional Galápagos.* 23 de Julio. <https://galapagos.gob.ec/>

PRAS. (2019). *Informe de actividades y productos alcanzados vfam-dt-002-2019-131.* <http://pras.ambiente.gob.ec/documents/228536/6720914/Cur+992.pdf/4c1167ba-9d84-4d27-b774-373125917037>

Leyes

LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL, 14 (2004). <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-GESTION-AMBIENTAL.pdf>

Ministerio de Energía y Minas. (2022). *Ecuador alcanzó el nivel de exportación minera mensual más alto en su historia en enero de 2022, con USD 271,85 millones.* [https://www.recursosyenergia.gob.ec/ecuador-alcanzo-el-nivel-de-exportacion-minera-mensual-mas-alto-en-su-historia-en-enero-de-2022-con-usd-27185-millones/#:~:text=271%2C85 millones-, Ecuador alcanzó el nivel de exportación minera mensual más alto, con USD](https://www.recursosyenergia.gob.ec/ecuador-alcanzo-el-nivel-de-exportacion-minera-mensual-mas-alto-en-su-historia-en-enero-de-2022-con-usd-27185-millones/#:~:text=271%2C85%20millones-,Ecuador%20alcanz%C3%B3%20el%20nivel%20de%20exportaci%C3%B3n%20minera%20mensual%20m%C3%A1s%20alto,%20con%20USD)

Ministerio del Ambiente. (2014). *Guía para muestreo de suelos.* file:///C:/Users/EmelyLoor/Desktop/TESIS/Referencias/GUIA-MUESTREO-SUELO_MINAM1.pdf

Ministerio del Ambiente. (2018). *Norma de Calidad Ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados*. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/ecu112181.pdf>

Artículos con indicador DOI

Carrión-Mero, P., Morante-Carballo, F., Palomeque-Arévalo, P., & Apolo-Masache, B. (2021). *Environmental assessment and tourist carrying capacity for the development of geosites in the framework of geotourism, Guayaquil, Ecuador*. 149–160. <https://doi.org/10.2495/SC210131>

Dinesha, S., Hosur, S. R., Tushif, P. K., Bodiga, D., Deepthi Dechamma, N. L., Ashwath, M. N., & Pradhan, D. (2023). Sustaino-Resilient Agroforestry for Climate Resilience, Food Security and Land Degradation Neutrality. In *Land and Environmental Management through Forestry* (pp. 217–245). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119910527.ch9>

Estupiñán, R., Romero, P., García, M., Garcés, D., & Valverde, P. (2021). Mining in Ecuador. Past, present and future. *Boletín Geológico y Minero*, 132(4), 533–549. <https://doi.org/10.21701/bolgeomin.132.4.010>

Kelley, D., Page, K., Quiroga, D., & Salazar, R. (2019). *In the Footsteps of Darwin: Geoheritage, Geotourism and Conservation in the Galapagos Islands* (1st ed.). Springer Cham. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-05915-6>

Leopold, L.B., Clarke, F.E., Hanshaw, B.B., y Balsley, J. . (1971). *A procedure for evaluating environmental impact*. U.S. Geological Survey. <https://doi.org/10.3133/cir645>

Maza, C. L. (2009). *Evaluación de Impactos Ambientales, en el contexto internacional, de la Comunidad Europea*. <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6830/02Lagl02de09.pdf>

Merchán-Sanmartín, B., Guadamud-Soledispa, E., Bravo-Murillo, G., & Carrión-Mero, P.

- (2022). *Proposal for the location of a waste management center on a University Campus: A CASE STUDY*. 121–132. <https://doi.org/10.2495/WMEI220111>
- Morante-Carballo, F., Apolo-Masache, B., Taranto-Moreira, F., Merchán-Sanmartín, B., Soto-Navarrete, Lady, Herrera-Franco, G., & Carrión-Mero, P. (2023). Geo-Environmental Assessment of Tourist Development and Its Impact on Sustainability. *Heritage*, 6(3), 2863–2885. <https://doi.org/10.3390/heritage6030153>
- Varela-Jaramillo, A., Rivas-Torres, G., Guayasamín, J. M., Steinfartz, S., & MacLeod, A. (2023). A pilot study to estimate the population size of endangered Galápagos marine iguanas using drones. *Frontiers in Zoology*, 20(1), 4. <https://doi.org/10.1186/s12983-022-00478-5>
- Xu, Q., Ning, L., Yuan, T., & Wu, H. (2023). Application of data mining combined with power data in assessment and prevention of regional atmospheric pollution. *Energy Reports*, 9, 3397–3405. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2023.02.016>
- Estupiñán, R., Romero, P., García, M., Garcés, D., & Valverde, P. (2021). Mining in Ecuador. Past, present and future. *Boletín geológico y Minero*, 132(4), 533–549. <https://doi.org/10.21701/bolgeomin.132.4.010>

Apéndices

Apéndice A

Plan de muestreo

1.1 Objetivo del muestreo

Para el proceso del muestreo es necesario seguir protocolos estandarizados con el objetivo de asegurar la representatividad de la muestra y minimizar la variabilidad no deseada. La selección adecuada de la ubicación y el número de puntos de muestreo, así como la profundidad y la cantidad de suelos recolectada en cada punto es un aspecto crucial. De esta forma, resulta fundamental conocer las características particulares del sitio y el uso de la tierra. (Bismark & Espinoza, 2017)

El objetivo del muestreo es sentar las bases necesarias para un análisis de laboratorio preciso, que resulta esencial en la evaluación de la calidad del suelo, la identificación de posibles problemas o deficiencias, y la orientación de las prácticas de un manejo sostenible.

1.2 Tipo de muestreo

Localización

Tabla A1

Coordenadas de localización de la cantera “Cerro Quemado”

Latitud	Longitud	Altura	Zona	Datum
S0°54`55-25469	W89°36`49-38815”	30.651 m	16 South	WGS 1984

Población de interés: Cantera “Cerro Quemado”

Tipo de muestreo: Muestreo de identificación

Número de puntos de muestreo: 18

1.3. Profundidad de muestreo

Las Profundidad del muestreo se basa en el uso del suelo, para un suelo extractivo la profundidad adecuada a la que se debe tomar la muestra es a 10 centímetros de la capa de contacto.

Tabla A2

Profundidad de muestreo según el uso del suelo

Usos del suelo	Profundidad de muestreo (capa de contacto)
Suelos residenciales	0- 10 cm
Suelo agrícola	30 – 60 cm
Suelo extractivo	0 – 10 cm

Nota: Datos tomados de la Guía de muestreos de suelo del Ministerio del ambiente de Perú.

1.4 Tipos de muestras

La muestra simple se extrae en una única ocasión del suelo. Su extracción es específica en tiempo y lugar (Ministerio del Ambiente, 2014).

La muestra compuesta se define como una muestra constituida por varias simples, que son homogenizadas y llevadas a un laboratorio para su análisis. Este proceso da como resultado un valor promediado de las propiedades y características analizadas. El número de muestras simples depende de la variabilidad del suelo estudiado (Bismark & Espinoza, 2017).

Un muestreo de identificación tiene como objetivo identificar si el suelo se encuentra contaminado de acuerdo con la Norma técnica del suelo. (Ministerio del Ambiente, 2014).

1.5 Estimación del Número total de muestras

- 17 muestras simples de 200 gramos cada una
- 1 muestra compuesta de 0.49 kilogramos
- 3 muestras compuestas de un kilogramo cada una

1.6 Equipo de muestreo de suelo

Tabla A3

Equipos y materiales utilizados para muestreo en campo

Equipos	Materiales
GPS	Guantes de vinilo
Bascula de gancho	Bolsas plásticas
Cinta métrica	Lona
Palín	Rotulador
	Contenedor de vidrio
	Libreta de apuntes

1.7. Medidas para asegurar la calidad del muestreo

- Selección del sitio a muestrear a partir de un croquis de la zona de interés.
- Remoción de la primera capa del suelo con Palín.
- Marcar la profundidad del muestreo con el Palín.
- Cavar un hueco en forma de v.
- Tomar un corte del suelo de la pared del hueco y colocarlo dentro de una funda ziploc rotulada.
- Particularidades.
- Las muestras fueron tomadas durante un día soleado, con guantes de vinilo individuales para cada muestra simple.

1.8. Preservación de las muestras

- 17 de las muestras simples fueron colocadas en un ambiente seco y a la sombra durante las primeras 48 horas después de su recolección.
- 1 muestra individual de 0.5 kilogramos se mantuvo dentro de un frasco de vidrio y a 4° C .
- Las muestras individuales fueron colocadas dentro de un recipiente de cartón embaladas y selladas en el aeropuerto.
- La muestra compuesta de 0.49 kilogramos fue colocado dentro de un cooler portátil con hielo, embalada y sellada para su viaje al continente.
- Las muestras individuales permanecieron dentro de un ambiente seco, ventilado y a la sombra hasta ser llevadas al laboratorio de suelos, después de 78 horas desde su recolección.
- La muestra compuesta permaneció a una temperatura de 4°C hasta su llegada al laboratorio.

Coordenadas de muestreo

La coordenada de los puntos tomados para el muestreo de suelos se encuentra en la siguiente tabla.

Tabla A4*Tabla de coordenadas de puntos de muestreo de suelo*

Puntos	X	Y	Z	Código
1	209167	9898676	23	Sc-01
2	209146	9898652	24	Sc-02
3	209145	9898613	33	Sc-03
4	209202	9898659	35	Sc-04
5	209050	9898696	35	Sc-05
6	209471	9898755	58	Sc-06-e
7	209352	9898742	76	Sc-07
8	209301	9898734	72	Sc-08_L
9	209266	9898745	66	Sc-09
10	209230	9898736	59	Sc-10
11	209196	9898730	51	Sc-11
12	209161	9898757	46	Sc-12
13	209145	9898795	39	Sc-13
14	209100	9898817	37	Sc-14
15	209040	9898805	37	Sc-15
16	209033	9898768	40	Sc-16
17	209084	9898740	40	Sc-17
18	209119	9898758	39	Sc-18

Nota: Las coordenadas se encuentran en sistema WGS 1984 16M.

Apéndice B

Tabla B1

Indicadores de Contaminación para resultados de suelo

Grado de perturbación	Tipo de perturbación	Factor de contaminación
0	Insignificante	< 1.5
1	Evidente	3 – 1.5
2	Severa	3 – 10
3	Muy severa	>10

Nota: Datos tomados de la Norma de Calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados (Ministerio del Ambiente, 2018)

Tabla B2

Criterios de fondo para la calidad del suelo

Parámetros	Unidad	Valor
pH		6 a 8
Conductividad	Mmhos/cm	2
Azufre	Mg/kg	250
Bario	Mg/kg	200
Boro	Mg/kg	1
Cadmio	Mg/kg	0.5
Cromo total	Mg/kg	20
Zinc	Mg/kg	60
Hidrocarburos totales	Mg/kg	0.5

Nota: Datos tomados de la Norma de Calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados (Ministerio del Ambiente, 2018)

Apéndice C

Tabla C1

Estructura de costos para los planes presentados anualmente

PLAN DE EMERGENCIA Y CONTINGENCIA	
Razón	Costo
Mantenimiento de equipos y maquinaria (3 unidades)	6000 \$
Señaléticas	245 \$
Capacitaciones	200 \$
Simulacros	150 \$
TOTAL	6595 \$
PLAN DE SALUD Y SEGURIDAD OCUPACIONAL	
Razón	Costo
Equipos de protección personal (7 personas)	1239\$
Capacitaciones	200 \$
Botiquín	75 \$
TOTAL	1517\$
PLAN DE CIERRE	
Razón	Costo
Equipos y materiales	1200 \$
Recurso del personal	700 \$
Monitoreo	2500 \$
Programas de Manejo Ambiental	3000 \$
TOTAL	7400 \$
PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	
Razón	Costo
Equipos y materiales	1200 \$
Recurso del personal	500 \$
Monitoreo	1200 \$
Programas de Manejo Ambiental	1500 \$
TOTAL	4600 \$
PLAN DE MONITOREO	
Razón	Costo
Equipos y materiales	2400
Recurso del personal	300
Gastos Administrativos	150
Capacitación	250
TOTAL	3100

Apéndice D

Programa de Capacitación Ambiental para la sostenibilidad en la cantera “Cerro Quemado”

Duración del programa: 6 semanas

Objetivos:

- Sensibilizar a los trabajadores de la cantera acerca de la importancia de la sostenibilidad de sus labores en la Isla San Cristóbal (Morante-Carballo et al., 2023).
- Informar sobre los principales problemas ambientales y los impactos que estos generan dentro la cantera.
- Fomentar la adopción de comportamientos responsables durante las operaciones dentro de la cantera.

SEMANA 1- 2 Introducción a la Sostenibilidad ambiental y principales problemas ambientales

Sesión 1: Introducción al programa y a la importancia de la conservación de las Islas Galápagos en cuanto su biodiversidad y conservación.

Sesión 2: Principales problemas ambientales dentro de las canteras.

Sesión 3: Impacto humano en el ambiente y los ecosistemas frágiles. Presentación de las especies endémicas de la isla San Cristóbal.

SEMANA 3-4 Conservación y uso responsables de los recursos naturales.

Sesión 4: Normativas ambientales y regulaciones en las Islas San Cristóbal

Sesión 5: Gestión de residuos y reciclaje

Sesión 6: Huella de ecológica y el uso responsable de recursos naturales.

SEMANA 5-6 Biodiversidad y conservación de ecosistemas

Sesión 7: Planificación y diseño de operación en la cantera para minimizar impactos ambientales.

Sesión 8: Medidas para evitar daños a la degradación visual de la cantera.

Sesión 9: Colaboración con las autoridades locales y las comunidades para la gestión ambiental.

Sesión 10: Implementación de programas de reforestación y restauración de hábitad.

Evaluación y certificación

- Cuestionarios al final de cada sesión y un examen final
- Certificación: Emitir un certificado al completar el programa
- Recursos y metodología
- Presentaciones del material
- Estudio de casos concretos
- Discusión de grupo de los temas tratados durante la sesión
- Material de trabajo y recurso en línea
- Invitados especializados en los temas de sostenibilidad

Programa de Desarrollo Sostenible en la Comunidad de la Isla San Cristóbal

Duración: 5 años

Objetivo

Incentivar la creación de un equilibrio sostenible en concordancia con las actividades extractivas de la cantera y la conservación de medio ambiente en la Isla.

Fase I: Evaluación y Planificación (1 año)

1. Realizar un estudio detallado de los impactos ambientales ocasionados por la cantera dentro de la esta y definir el área donde se desea mejorar.
2. Dialogar con la comunidad local para comprender las necesidades, aspiraciones y preocupaciones en cuanto al desarrollo de la Isla San Cristóbal.
3. Desarrollar un plan estratégico que integra las actividades de la cantera con la protección del entorno natural y el bien común.

Fase II Implementación Gradual (2 años)

1. Introducir a las operaciones dentro de la cantera tecnologías y prácticas que minimicen los impactos ambientales, un ejemplo de esto es el reciclaje, el manejo adecuado de residuos y la eficiencia energética dentro de las operaciones.
2. Dar capacitaciones a los empleados de la cantera sobre prácticas sostenibles y la importancia de la conservación de la isla.
3. Crear proyectos comunitarios que impulsen el desarrollo, tales como programas educativos, propuestas ecológicas para el turismo y sostenibilidad durante estas actividades.

Fase III Monitoreo y adaptación (2 años)

1. Realizar una evaluación de las actividades para identificar los principales impactos ambientales ocasionados por las operaciones y hacer ajustes según convenga o sea necesario dentro del Plan de Manejo Ambiental de la Cantera.
2. Observar la percepción de la comunidad sobre los efectos que el programa ha tenido en la comunidad, de ser necesario realizar algún ajuste según los comentarios que los pobladores de la isla emitan siempre y cuando estos realmente sean posibles y sean por el desarrollo y mejora de la comunidad

3. Hacer una revisión del plan original y buscar los aspectos en los cuales este puede ser mejorado para aumentar la sostenibilidad y la innovación.

Recursos y metodología

- Capacitación del personal de la cantera.
- Charlas para la población acerca de la sostenibilidad de la Islas Galápagos.
- Talleres que incluyan la participación de la comunidad.
- Consultores expertos en cuanto a sostenibilidad y conservación.
- Trabajo en conjunto con las autoridades locales.
- Financiamiento de la cantera para la creación de proyectos comunitarios y ambientales.

PROGRAMA DE MANEJO DE RESIDUOS

Duración: Durante toda la fase de producción

Objetivo: Gestionar de manera adecuada y responsable los residuos generados por las actividades extractivas de la cantera “Cerro Quemado” con el fin de minimizar los impactos ambientales generados por estos.

Fase 1. Evaluación de identificación

Realizar la identificación de los residuos generados en la cantera además el impacto probable que estos pudieran ocasionar.

Clasificar los residuos que pueden ser reciclados o aquellos que son potencialmente peligrosos.

Fase 2: Reducción desde la fuente:

Implementar acciones que puedan reducir el consumo de recursos y la generación de residuos desde el inicio.

Capacitar al personal en formas de reducir sus residuos, dándole ejemplos concisos de cómo hacerlos.

Fase 3: Separación de la Fuente

Establecer un lugar de recolección de residuos correctamente etiquetados y con contenedores de colores según su naturaleza, para que estos pueden ser separados y reciclados de ser posible.

Capacitar al personal sobre tema de la correcta separación de residuos y reciclaje.

Fase 4: Reciclaje y reutilización

Colaborar con la instalación de un punto de Reciclaje para asegurar el gestionamiento adecuado de los residuos.

Investigue oportunidades de reutilización de ciertos residuos dentro de la cantera

Fase 5: Gestión de residuos peligrosos

Identificar y clasificar los residuos, en productos químicos y material contaminado

Almacenar los residuos de manera segura en contenedores adecuado con tapa segura y en un lugar impermeable donde no se filtre hasta el suelo.

Fase 6: Transporte de residuos

Coordinar con las autoridades locales el manejo de residuos y su transporte con el fin de eliminarlos de manera segura para la isla y de acuerdo con las regulaciones aplicables.

No transporte los residuos fuera de la Isla.

Fase 7: Auditoría y cumplimiento

Establecer un sistema de registro y supervisión que garantice la implementación del programa de manera efectiva.

Realizar auditorías para la constancia del cumplimiento y eficiencia del programa

Tabla C2

Recipientes utilizados para la clasificación de residuos

	<p>En los botes de color azul se puede almacenar papel, cartones y periódicos</p>
	<p>En los botes de color verde se pueden almacenar botellas de vidrio, cerámica o cualquier objeto de cristal.</p>
	<p>En los botes de color amarillo se puede almacenar envase de plásticos y metal, al igual que bolsas plásticas.</p>

Apéndice E

Tabla E1

Plan de Seguridad y Salud Ocupacional

PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL						
OBJETIVO: Implementar medidas adecuadas para la protección de la salud de todos los trabajadores en el entorno laboral						
LUGAR DE APLICACIÓN: Cantera "Cerro Quemado"						
RESPONSABLE:						
Aspecto Ambiental	Impacto identificado	Medida Propuesta	Indicadores	Medio de verificación	Frecuencia	Periodo
Seguridad industrial	Afectación a la salud humana	Identificación de riesgos laborales: Realizar un proceso de reconocimiento de peligros ocupacionales, abarcando los factores físicos, mecánicos, químicos, ergonómicos y psicológicos.	Registro de riesgos	Informe de evaluación de riesgos	Anual	Previo a la fase de producción
Seguridad industrial	Afectación a la salud humana	Elaborar un Manual de Seguridad y Salud ocupacional en base a las actividades realizadas en la cantera que incluya los principales riesgos laborales	No aplica	Aprobación del Manual de Seguridad y Salud ocupacional "	Permanente	Previo a la fase de producción

Capacitaciones	Afectación a la salud humana	Inducción de trabajo: Cada trabajador recibirá una capacitación inicial sobre la actividad que va a realizar, así como las precauciones necesarias para garantizar su salud, seguridad y preservar el medio ambiente.	Registro de charla de inducción al trabajo	Manual de Seguridad y Salud ocupacional	Cada vez que sea requerido	Previo al inicio de actividades
Seguridad industrial	Afectación a la salud humana	EPP: Cada trabajador recibirá un equipo de protección personal, para minimizar su exposición a los riesgos laborales y mecánicos, según la tarea que desempeñe dentro de la cantera.	Porcentaje de cumplimiento= $\frac{\text{EPP entregados}}{\text{EPP disponibles}} * 100$	Charla de inducción	Cada vez que sea requerido	Previo al inicio de actividades
Seguridad industrial	Afectación a la salud humana	Políticas: Se implementará las políticas de seguridad y salud ocupacional en todas las etapas del proyecto, previniendo riesgos y fomentando	Según lo establezca el Manual de Seguridad y Salud ocupacional	Manual de Seguridad y Salud ocupacional	Permanente	Previo a la fase de producción

		la notificación de accidentes y su mitigación				
Seguridad industrial	Afectación a la salud humana	IEES: Se afiliará el IESS a todo el personal conforme la ley lo demanda.	Registro en el IEES	Nómina del IEES	Permanente	Durante la fase de producción
Seguridad industrial	Afectación a la salud humana	Operaciones: Todas las operaciones de equipos y maquinarias deberán realizarse de forma adecuada y segura para el personal, limitando su uso exclusivamente para fines designados	Registro de actividades	Registro fotográfico	Permanente	Durante la fase de producción
Seguridad industrial	Afectación a la salud humana	Seguimiento de salud del personal: Realizar una evaluación médica general de personal en un centro de salud cercano, para conocer su estado de salud actual.	Actualización del perfil médico	Perfil médico del trabajador	Anual	Durante la fase de producción
Seguridad industrial	Afectación a la salud humana	Botiquín de emergencia: Se colocará en el	Porcentaje de cumplimiento= botiquines entregados/botiq	Registro fotográfico	Trimestral	Durante la fase de

		campamente un botiquín de emergencia con todos los elementos requeridos por la ley, que será revisado y reabastecido cada tres meses	uines disponibles *100			producción
Seguridad industrial	Afectación a la salud humana	Promoción de buenas prácticas: Fomentar comportamientos seguros a través de incentivos y reconocimientos por adherencia al plan de seguridad	No aplica	No aplica	Trimestral	Durante la fase de producción
Seguridad industrial	Afectación a la salud humana	Imprecaciones regulares: Realizar inspecciones rutinarias de seguridad en el lugar de trabajo para identificar y abordar riesgos laborales	Registro de inspecciones diarias	Registro fotográfico	Diario	Durante la fase de producción
Capacitaciones	Afectación a la salud humana	Capacitación continua: Impartir programas de formación para empleados	Registro de capacitaciones	Registro fotográfico	Semestral	Durante la fase de producción

		sobre riesgos laborales, procedimientos y uso del equipo de protección				
--	--	--	--	--	--	--

Tabla E2*Plan de emergencia y contingencia*

PLAN DE EMERGENCIA Y CONTINGENCIA						
OBJETIVO: Establecer procedimientos que garanticen respuesta eficiente ante situaciones de emergencia para la protección de vidas y bienes						
LUGAR DE APLICACIÓN: Cantera "Cerro Quemado"						
RESPONSABLE:						
Aspecto Ambiental	Impacto Identificado	Medida Propuesta	Indicadores	Medio de verificación	Frecuencia	Periodo
Seguridad industrial	Afectación a la salud humana	Elaborar un listado de los trabajadores: El listado incluirá los datos de los trabajadores, el horario en el que ingresan, así como la actividad que van a realizar	Registro de actividades	Registro de trabajadores	Diario	Durante la fase de producción
Seguridad industrial	Afectación a la salud humana	Elaborar un Protocolo de Emergencias que cubra cada uno de los procesos, áreas y personal de la	Plan de Emergencia	Aprobación del Protocolo de Emergencias	Anual	Durante la fase de producción

		cantera en caso de incendios, sismos, tsunami o terremotos				
Mantenimiento de equipos	Afectación a la salud humana	Mantenimiento de extintores: Se deberá recargar y verificar la caducidad de los extintores de forma periódica	Porcentaje de cumplimiento = $\frac{\text{mantenimientos realizados}}{\text{Mantenimientos propuestos}} * 100$	Registro de mantenimiento de extintores	Trimestral	Durante la fase de producción
Seguridad industrial	Afectación a la salud humana	Áreas de prohibido fumar: Señalar las áreas de almacenamiento de combustibles y equipos donde se prohíbe fumar.	Letreros de prohibición	Registro fotográfico	Permanente	Durante la fase de producción
Seguridad industrial	Afectación a la salud humana	Lugar de reunión: Se designará un lugar de reunión en caso de una emergencia.	Letreros de prohibición	Mapa de rutas de escape y reunión	Permanente	Durante la fase de producción
Seguridad industrial	Afectación a la salud humana	Brigadas de emergencia: Conformar un grupo dentro del personal capacitado para afrontar una	Comité de emergencia	Registro de asistencia	Anual	Durante la fase de producción

		emergencia o eventualidad				
Capacitaciones	Afectación a la salud humana	Capacitación del personal: Capacitar al personal de manera periódica en temas contingencias y emergencias	Comité de emergencia	Registro de asistencias	Semestral	Durante la fase de producción
Seguridad industrial	Afectación a la salud humana	Simulacros de emergencia: Realizar simulacros con el personal de la cantera para medir y preparar sus respuestas ante una emergencia	Porcentaje de cumplimiento = $\frac{\text{Simulacros realizados}}{\text{Simulacros propuestos}} * 100$	Informe de simulacro	Anual	Durante la fase de producción
Seguridad industrial	Afectación a la salud humana	Señalización de peligros: Señalar los tanques de combustibles, o cualquier elemento que suponga un peligro para el personal	Señales de peligro colocadas	Registro fotográfico	Anual	Durante la fase de producción