

Proyecto Fin de Máster

Máster en Ingeniería Ambiental

Incidencia Ambiental de Actividades Mineras por Emisiones a la Atmósfera: El caso de Manabí (Ecuador).

Autor: José Eduardo Cantos Zambrano

Tutor: Eladio M. Romero González.

Dpto. de Ingeniería Química y Ambiental
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2019



Proyecto Fin de Máster
Máster en Ingeniería Ambiental

**Incidencia Ambiental de Actividades Mineras por
Emisiones a la Atmósfera: El caso de Manabí
(Ecuador).**

Autor:

José Eduardo Cantos Zambrano.

Tutor:

Prof. Dr. Eladio M. Romero González

Dpto. de Ingeniería Química y Ambiental
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2019

Proyecto Fin de Máster: Incidencia Ambiental de Actividades Mineras por Emisiones a la Atmósfera: El caso de Manabí (Ecuador).

Autor: José Eduardo Cantos Zambrano.

Tutor: Eladio M. Romero González

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2019

El Secretario del Tribunal

A mi pareja, a mi hija, a toda mi familia, a mis maestros y a mi mismo

Agradecimientos

En la vida las personas debemos ser agradecidos por cada cosa que tenemos, por eso agradezco a Dios por la vida que me ha dado ya que sin EL mi camino hubiese sido diferente, también a mi pareja por ser mi apoyo durante todo el proceso de este estudio académico, por su amor, consejos y sacrificios.

Agradezco a mi hija que a pesar de la distancia, siempre estuvo esperando paciente para que logre mis objetivos y pueda regresar a pasar con ella, también a mis padres y hermanos que con su apoyo moral estuvieron alentándome para que este tiempo lo aproveche al máximo.

También reconozco mi enorme gratitud para mis suegros, ya que sin ellos realizar este master no hubiera sido posible, ya que sin dudar me dieron el apoyo y la oportunidad de que pueda realizar mis estudios junto a mi pareja, además de estar al cuidado de mi hija para que ella no le falte nada en todo el tiempo de nuestra ausencia.

Agradezco a mis profesores de la Universidad Técnica de Manabí y a mis maestros de la Universidad de Sevilla, por todo lo aprendido que sin dudas son guías y herramientas para crecer profesionalmente, y en especial a mi tutor Eladio Romero González por su compromiso y dedicación en cada tutoría para poder lograr un trabajo de calidad.

Gracias TOTALES!

Resumen

Las actividades mineras a nivel mundial son un gran aporte económico, que a lo largo de la historia se ha venido desarrollando para la obtención de minerales que sirven de materia prima para diversos procesos industriales, además de su uso para la construcción, convirtiéndola en una actividad primordial para el desarrollo de muchos países. Sin embargo también se lo considera “un mal necesario” debido a sus grandes impactos y problemas que ha ocasionado ambientalmente.

En la provincia de Manabí (Ecuador) existen dos tipos de actividades mineras, una de ellas llamada minería artesanal y la otra se la conoce como pequeña minería (tipo canteras), donde el material que se explota es para actividades relacionadas a la construcción, siendo reguladas por el Ministerio del Ambiente y el Ministerio de Minería por la Agencia de Regulación y Control Minero.

Sin embargo el Ministerio del Ambiente ha autorizado a los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) de la provincia de Manabí a que lleven el control de esta actividad, esto no exime a que solo los GAD municipales puedan controlar a las actividades mineras, ya que cualquier entidad ambiental o de minas puede realizar alguna auditoría, es por eso que dentro de este trabajo vamos a estudiar sobre la actividad minera en Manabí y si estas actividades tienen algún impacto sobre la calidad del aire.

Además se proponen alternativas de actuación como aportación para la corrección de las diferentes desviaciones con respecto a las técnicas de evaluación ambiental previstas en el marco de la OCDE.

Abstract

The mining activities at the global level are a great economic contribution, which throughout history has been developed to obtain minerals that serve as raw material for various industrial processes, in addition to its use for construction, making it a primary activity for the development of many countries. However, it is also considered a "necessary evil" because of its major impacts and problems that it has caused environmentally.

In the province of Manabí there are two types of mining activities, one of them called artisanal mining and the other is known as small quarry mining, where the material being exploited is for activities related to construction, being regulated by the Ministry of the Environment and the Ministry of Mining by the Mining Regulatory and Control Agency.

However, the Ministry of the Environment has authorized the decentralized Autonomous Governments (GADs) of the Province of Manabi to monitor the activity, this does not exempt the fact that only municipal GADs can control mining activities, since any environmental or mining entity can carry out some audit, is why within this work we will study about mining activity in Manabí and if these activities have any impact on air quality.

In addition, action options are proposed as a contribution to the correction of the different deviations from the environmental assessment techniques envisaged in the OECD framework.

Índice

Agradecimientos	ix
Resumen	xi
Abstract.....	xiii
Índice	xiv
Índice de Tablas y Matrices	xvii
Índice de Figuras	xviii
Glosario.....	xix
1 Introducción y Objetivos	1
1.1. <i>Objetivo del Trabajo Final de Máster.....</i>	2
2 Contaminación Atmosférica en la Minería.....	3
2.1. <i>Fuentes móviles</i>	3
2.2. <i>Fuentes estacionarias.....</i>	3
2.3. <i>Emisiones fugitivas.....</i>	3
2.4. <i>Emisiones sólidas.....</i>	4
2.5. <i>Emisiones gaseosas.....</i>	6
2.6. <i>Aerosoles.....</i>	6
2.7. <i>Ruido y Vibraciones</i>	7
2.7.1. <i>Vibraciones.....</i>	7
3 El Control de la Calidad del Aire en la EIA (OCDE).....	10
3.1. <i>Identificación de acciones susceptibles de provocar contaminación atmosférica.....</i>	12
3.1.1 <i>Prospección.....</i>	12
3.1.2 <i>Exploración</i>	12
3.1.3 <i>Desarrollo.....</i>	13
3.1.4 <i>Explotación</i>	13
3.1.4.1 <i>Explotación de minería a cielo abierto</i>	13
3.1.4.1.1 <i>Clasificación por su forma.....</i>	14
3.1.4.1.2 <i>Relieve del terreno.....</i>	14
3.1.4.1.3 <i>Proximidad a la superficie</i>	15
3.1.4.1.4 <i>Inclinación.....</i>	15
3.1.4.1.5 <i>Complejidad o número de mineralizaciones.....</i>	15
3.1.4.1.6 <i>Distribución de la calidad del mineral en el yacimiento.....</i>	15
3.1.4.1.7 <i>Tipo de roca dominante.....</i>	15
3.1.4.2 <i>Tipos de explosiones mineras.....</i>	15
3.1.4.2.1 <i>Cortas</i>	16

3.1.4.2.2	Descubiertas	16
3.1.4.2.3	Terrazas	17
3.1.4.2.4	Contorno	18
3.1.4.2.5	Canteras	19
3.1.4.2.6	Graveras	20
3.1.4.2.7	Minería Hidráulica	21
3.1.4.2.8	Lixiviación.....	22
3.1.4.2.9	Especiales o mixtos.....	22
3.1.4.3	Minería subterránea.....	23
3.1.5	Procesado de minerales.....	24
3.1.6	Cierre y recuperación	25
3.2.	<i>Identificación de factores ambientales potencialmente afectados</i>	26
3.2.1.	Impactos en los recursos hídricos	26
3.2.2.	Impactos sobre el suelo	26
3.2.3.	Impactos en la vida silvestre	27
3.2.4.	Impactos por la pérdida de hábitat.	27
3.2.5.	Impactos sobre la flora.....	27
3.2.6.	Impactos sociales.....	28
3.2.7.	Impactos mineros sobre el medio cultural y estético.....	28
3.2.8.	Impacto en consideración sobre el cambio climático.....	29
4	Claves Para La Identificación de Interacciones Ambientales.	30
4.1.	<i>Caracterización de impactos</i>	36
4.1.1.	Caracterización de impactos en fase de Exploración.....	36
4.1.1.1	Perforación preliminar para muestras	36
4.1.2	Caracterización de impactos en la fase de desarrollo.....	36
4.1.2.1	Realización de excavaciones	36
4.1.2.2	Movimientos de vehículos y personal.....	37
4.1.2.3	Transporte de material pesado.	37
4.1.2.4	Construcción de rutas de acceso	37
4.1.3	Caracterización de impactos en la fase de explotación.....	38
4.1.3.1	Voladura del suelo.	38
4.1.3.2	Destrucción de cobertura	39
4.1.3.3	Remoción de cobertura.....	39
4.1.3.4	Operación de maquinaria.	39
4.1.3.5	Transporte de material y mineral.....	40
4.1.4	Caracterización de impactos en la fase de procesado del mineral.....	40
4.1.4.1	Molienda	40
4.1.4.2	Proceso metalúrgico.....	41
4.1.4.3	Proceso mineralurgia.....	41
4.1.4.4	Proceso pirometalúrgico.	41
4.1.4.5	Proceso hidrometalúrgico.....	42
4.1.4.6	Secado.	42
4.1.4.7	Fundición.....	42
4.1.5	Caracterización de impactos en la fase de cierre y recuperación	43
4.1.5.1	Reforestación.	43
4.1.5.2	Relleno de suelo.....	43

4.1.5.3	Remoción de edificios de oficina.....	44
4.1.5.4	Eliminación de desechos.....	44
5	Situación Actual de Manabí	45
5.1.	<i>Diagnóstico.....</i>	45
5.1.1.	Normativa	45
5.1.2.	Actividad minera y control atmosférico en Manabí.	47
5.1.3.	Conclusiones	55
5.2.	<i>Propuesta de Actuación.....</i>	61
5.2.1.	Paso 1.	61
5.2.2.	Paso 2.	62
5.2.3.	Paso 3.	63
6.	Conclusiones	65
	Referencias.....	67
	Anexos	70
	<i>Cantera Uruzca, del cantón Montecristi.....</i>	71
	<i>Vías de las canteras.....</i>	72
	<i>Planta el chorrillo. Cantera de la parroquia Picoaza del cantón Portoviejo.....</i>	73
	<i>Ficha ambiental para proyectos mineros de categoría II.</i>	74

ÍNDICE DE TABLAS Y MATRICES

Matriz N° 1. Fase de Exploración	31
Matriz N° 2. Fase de Desarrollo.	32
Matriz N° 3. Fase de Explotación.	33
Matriz N° 4. Fase del Procesado de Mineral.	34
Matriz N° 5. Fase de Cierre y Recuperación	35
Matriz N° 6. Fase de Exploración	57
Matriz N° 7. Fase de Desarrollo.	58
Matriz N° 8. Fase de Explotación	59
Matriz N° 9. Procesado de mineral	60
Tabla N° 5-1 Listado de minas artesanales en Manabí.	48
Tabla N° 5-2 Ejemplo de ficha de Registro y control	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 3-1. Emisiones de GEI por región, escenario de referencia 2010-2050.	10
Figura N° 3-2. Muertes Prematuras mundiales relacionada a riesgos ambientales, escenario referencia 2010 – 2050.	11
Figura N° 3-3. Esquema de una Corta minera.	16
Figura N° 3-4. Esquema de una descubierta minera.	17
Figura N° 3-5. Método de terrazas mineras.	18
Figura N° 3-6. Minería de contorno.	19
Figura N° 3-7. Cantera minera.	20
Figura N° 3-8. Gravera Minera	21
Figura N° 3-9. Minería Hidráulica y Dragado.	22
Figura N° 3-10. Minería Subterránea.	24
Figura N° 5-1. Nivel de polución del aire en Ecuador (anual).	51
Figura N° 5-2. Zona del cerro Jaboncillo - Cantón Portoviejo.	52
Figura N° 5-3. Temperatura Promedio anual del cantón Portoviejo.	53
Figura N° 5-4. Corriente del niño y de Humboldt.	53
Figura N° 5-5. Rosa de los vientos promedio anual de Portoviejo	54
Figura N° 5-6. Velocidad promedio anual de Portoviejo.	54
Figura N° 5-7. Cantera 1 (sub zona centro) Cerro de Hojas Jaboncillo con radio de 5km y 10km.	55
Figura N° 5-8. Cantera 2 (sub zona sur) Cerro de Hojas Jaboncillo con radio de 5km y 10km.	56
Figura N° 5-9. Captador Difusivo	63
Figura N° 5-10. Red de Vigilancia.	64

Glosario

EIA: Evaluación de Impacto Ambiental.

GAD: Gobierno Autónomo Descentralizado.

MTDs: Mejores Técnicas Disponibles.

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico

OMS: Organización Mundial de la Salud.

RAAM: Reglamento Ambiental para Actividades Mineras

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La minería es una de las actividades que se ha desarrollado desde la antigüedad, en donde las personas utilizaban ciertos minerales para la fabricación de armas y herramientas, y con el pasar de los siglos se ha convertido en una importante industria por los grandes beneficios que a lo largo del tiempo ha generado para el bienestar y el desarrollo.

La industria minera es de gran interés no solo por sus aportes en cuanto a materia prima o minerales, que son esenciales para muchas otras industrias o procesos para poder generar algún tipo de producto que mejore la calidad de vida de la población, sino por los daños que a lo largo del tiempo ha venido ocasionando al ambiente y que hoy en día es una actividad tan necesaria como generadora de riesgos.

Es por eso que desde algunos años atrás se ha empezado a tratar de generar los menos impactos posibles, ya que por la magnitud de las consecuencias al final de una actividad minera son muy perjudiciales para el medio ambiente y que además en muchos casos provoca efectos que son irreversibles.

Las operaciones mineras son actividades que producen cantidades grandes de desecho y provocan alteraciones físicas al medio ambiente. Por lo que uno de los problemas más grandes en las minas es la forma de manejar la cantidad de desechos de manera que se puedan reducir al mínimo los impactos a largo plazo y de igual manera maximizar cualquier beneficio a largo plazo.

Cuando la actividad minera opera en terrenos en los que previamente fueron de hábitat natural, tierras productivas o de cultivo, pueden llegar a tomar tiempo para volver a obtener el nivel de productividad si no se las rehabilita de manera apropiada.

Además de la pérdida de productividad, estos desechos pueden tener un profundo efecto en los ecosistemas cercanos. Cuando éstos no son estables físicamente, la erosión o alguna falla catastrófica, puede provocar impactos graves o de largo plazo. En los casos en que no tienen una estabilidad química, pueden transformarse en mayor o menor medida en fuente de contaminantes de los sistemas naturales de agua. Estos impactos pueden tener consecuencias ambientales y socioeconómicas duraderas y puede ser extremadamente difícil y costoso abordarlas a través de medidas de rehabilitación [1].

La cantidad de desechos que se genera en una mina depende del tipo de yacimiento, si son yacimientos abiertos o cerrados, de las características propias y geológicas del terreno, del tipo de mineral que se extrae y la escala de operación. Aquí podemos incluir algunas categorías de los desechos de las minas [1]:

- Recubrimiento: se debe remover suelo y roca para tener acceso al recurso mineral.
- Roca de desecho: roca que no contiene el mineral suficiente para ser de interés económico.
- Relaves: residuo acuoso de mineral molido que permanece después que se ha extraído la mayor cantidad de minerales.
- Mineral residual de la pila de lixiviación: la roca que queda en una instalación de lixiviación después de la recuperación de los minerales.

Las actividades de procesado de minerales y minería moderna emplean una amplia variedad de métodos para prevenir o minimizar efectos ambientales adversos. Sin embargo, si no se llevan a cabo las prácticas apropiadas para la mitigación y prevención, las actividades mineras y de procesado de la mina pueden dispersar una gran cantidad de metales pesados de riesgo potencial para el medio ambiente [2].

Se pueden destacar cuatro principales fuentes de la contaminación en la actividad minera:

1. Botaderos de desmonte.
2. Depósitos de relaves.
3. Lagunas en los tajos abiertos.
4. Minas subterráneas.

Cada una de estas fuentes de contaminación tiene diferentes características tanto físicas, como geoquímicas, resultando en diferentes cinéticas y magnitud del problema. En muchos casos las diferentes fuentes están conectadas [3].

Se debe tener en cuenta la paragénesis mineral, es decir el mineral de interés económico conocido como la “mena” y la parte económicamente no valiosa que es el constituyente mayoritario en los residuos mineros conocido como la “ganga”. Esta distinción sirve para saber los elementos químicos transferibles y en la manera en que se transfieren al medio ambiente dependiendo de su naturaleza y de las características antrópicas.

Si comparamos el volumen de los relaves (desechos tóxicos de procesos mineros) con todo el mineral procesado puede variar entre 60% y 80% en el caso de yacimientos del tipo de sulfuros masivos de Pb – Zn; entre 97% y 99,5% en el caso de pórfidos cupríferos, y 99,9% en el caso de yacimientos de oro. En esta actividad minera, minerales sulfurados que se formaron en un ambiente reductor, al ser extraídos, quedan expuestos a un ambiente oxidante, resultando en su desestabilización (oxidación) [3].

Otra de las consecuencias de las actividades mineras la representa la contaminación atmosférica, objeto central del presente trabajo. Al estar en el marco de la evaluación ambiental, es preciso atender tanto a la caracterización de las emisiones como a la incidencia de la inmisión.

1.1. Objetivo del Trabajo Final de Máster

El presente trabajo investigativo tiene como objetivo general establecer una aproximación a la incidencia ambiental de las actividades mineras por emisiones a la atmósfera en la provincia de Manabí.

Por lo tanto dentro del marco que abarca este TFM se pretende lograr estos objetivos específicos:

- Conocer los efectos en el medio ambiente causados por emisiones atmosféricas de las actividades mineras.
- Investigar si las empresas mineras de Manabí tienen algún plan de control ambiental sobre las emisiones atmosféricas.
- Conocer el estado actual de las canteras que operan en Manabí.
- Realizar una propuesta de actuación para mejorar la evaluación de las emisiones atmosféricas en las canteras de Manabí.

2 CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN LA MINERÍA

Las emisiones de las actividades mineras a la atmósfera se producen en todas las etapas del ciclo de vida de una mina, exploración, desarrollo, construcción, explotación, procesado del mineral y cierre, ya que hay un constante movimiento de grandes cantidades de material que bien pueden ser dispersadas fácilmente por el viento como en los depósitos o pilas de desecho, o material que puede ser emitido por movilización o en el procesado del material.

Por lo tanto las emisiones mineras a la atmósfera son:

- Fuentes móviles.
- Fuentes estacionarias.
- Emisiones fugitivas.
- Emisiones sólidas.
- Emisiones gaseosas.
- Aerosoles.
- Ruido
- Vibraciones.

2.1. Fuentes móviles

Son contaminantes del aire proveniente de vehículos pesados que son usados en operaciones de excavación, vehículos encargados del transporte del personal en los sitios mineros, camiones que movilizan el material necesario para los procesos mineros y los materiales procesados. Si bien el grado en que las emisiones de contaminantes de estas fuentes dependen del combustible y las condiciones del equipo, y aun cuando las emisiones de fuentes individuales pueden ser relativamente pequeñas, la cantidad de emisiones en conjunto constituyen materia de preocupación. Las fuentes móviles generan grandes cantidades de material particulado, monóxido de carbono y compuestos orgánicos volátiles que contribuyen significativamente a la formación de ozono a nivel del suelo [4].

2.2. Fuentes estacionarias.

Los principales contaminantes gaseosos son emisiones provenientes de la quema de combustible de las instalaciones generadoras de energía y de operaciones de secado, tostado y fundición.

Muchos productores de metales preciosos realizan procesos de fundición antes de transportar el material a refinerías. Por lo general, el oro y plata producidos en los hornos de fundición/flujo pueden producir elevados niveles de mercurio, arsénico, dióxido de azufre y otros metales [4].

2.3. Emisiones fugitivas.

El caso de las fuentes fugitivas es el más complejo de los mencionados, ya que intervienen otros factores no inherentes a la propia fuente como son los meteorológicos y topográficos, que pueden influir decisivamente en

el fenómeno de la difusión [5].

Según la Alianza Mundial de Derecho Ambiental en 2010 mencionan que las emisiones fugitivas en los proyectos mineros son principalmente las de almacenamiento y manipulación de materiales, procesos mineros, fugas de polvo, voladuras, actividades de construcción, caminos asociados con el proyecto minero, pilas y lagunas de lixiviación, depósitos de material estéril y escombros [4].

Por lo tanto los impactos de las emisiones fugitivas pueden variar significativamente para cada caso, lo cual dificulta predecir o calcular los impactos [4].

Un ejemplo de emisiones fugitivas son las emisiones de mercurio, aunque hoy en día no son muy frecuentes debido a las tecnologías para recuperar y almacenar este contaminante en los procesos mineros. Sin embargo la liberación del mercurio que se produce de manera accidental por cualquier motivo que cause esa liberación, es un problema a tener en cuenta por los efectos que causa al ambiente.

En los procesos de minería del oro, usualmente el mercurio está presente en la mena de oro, si bien las concentraciones pueden variar sustancialmente aun en un mismo yacimiento de mineral, se espera encontrar mercurio en los desechos de la minería de oro. Es decir que si el contenido de mercurio en un mineral de oro es de 10 mg/kg, y un millón de toneladas de mineral se procesan en una mina en particular, se pueden liberar 10 toneladas de mercurio en el ambiente y por lo tanto puede ser una gran fuente de mercurio que puede afectar al ambiente si no es controlado [4].

Según la guía para evaluar EIA de proyectos mineros describen como se produce la liberación accidental del mercurio y que problemas causa [4].

“En algunos proyectos mineros el mineral con oro es chancado y después si es necesario es sometido a calor y oxidado en tostadores o autoclaves para retirar el azufre y los materiales con contenido de carbono que afectan a la recuperación del oro. El mercurio que está presente en el mineral se evapora, especialmente en los tostadores, los cuales han sido una de las mayores fuentes de emisión de mercurio en la atmósfera.”

“Después del tostado o autoclavado el mineral se mezcla con agua y se hace reaccionar con una solución lixiviante de cianuro donde el mercurio y el oro se disuelven y se filtran los sólidos. La solución purificada se envía a un proceso de electro-deposición (electrowinning) donde se recupera el oro. En este proceso el mercurio también puede ser recuperado y almacenado. Si no es retenido por equipos de control de emisiones atmosféricas, este mercurio puede liberarse a la atmósfera y afectar al ambiente y salud pública.”

“Se ha identificado recientemente la volatilización del mercurio de instalaciones de lixiviación y de relaves como una fuente sustancial de liberación de mercurio a la atmósfera y que debería ser considerado en la evaluación ambiental. Igualmente esta fuente deber ser controlada. En general el mercurio presente en el mineral de oro puede ser liberado tanto en tierra (en la disposición final de los filtro para el control de contaminantes atmosféricos o desde los relaves o pilas de lixiviación), o en el oro (como impureza).”

2.4. Emisiones sólidas.

En minería las emisiones sólidas hacen referencia a las partículas contaminantes en estado sólido, que son emitidas por los diversos procesos, además de los caminos, vías o rutas que se encuentran dentro y aledañas al depósito minero, este tipo de contaminante se lo conoce como polvo o material particulado (PM_{2,5} Y PM₁₀).

Las emisiones de polvo en la minería tienen un origen variado:

- Por acción del viento sobre las superficies excavadas, en la manipulación de los materiales, tráfico de vehículos, que constituyen la principal fuente de contaminación del aire en la minería [5].

- Según el Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería [5] menciona que, *“El hecho de que el polvo sea desplazado y dirigido por el viento hace que su difusión dependa de un gran número de parámetros difíciles de valorar, muchos de ellos son”*:
 - Estado del suelo y tipo de vehículo en la superficie y/o equipo generador de polvo.
 - Estación del año y hora del día.
 - Velocidad y dirección del viento.
 - Turbulencia del aire.
 - Humedad y temperatura del suelo.
 - Relación que se establece entre la dirección del viento y los efectos de la lluvia caída en los días inmediatamente precedentes.
 - Rugosidad del terreno, existencia de taludes de excavación y terraplenes naturales o artificiales.
 - Vegetación.
 - Otros obstáculos en general.

Existen algunas actividades consideradas fuentes generadoras de polvos, que según MINEO en su “Part 2: Review of potential environmental and social impact of mining” detalla [6]:

- La trituración de minerales y los transportadores pueden ser fuentes sustanciales de polvo fugitivo, y el control generalmente implica rociadas o nieblas de agua en el área inmediata de la trituradora y a lo largo de las rutas de transporte.
- Los recipientes de carga de mineral, piedra caliza y otros materiales también generan polvo. De nuevo, los aerosoles de agua se utilizan normalmente para el control.
- La explosión genera polvo que puede ser controlado con rociadores de agua.
- El equipo y el transporte de vehículos en las carreteras de acceso y transporte son fuentes importantes de polvo fino y grueso. La mayoría de las minas utilizan camiones de agua para humedecer la superficie periódicamente.
- El vertido de rocas residuales puede generar polvo, pero generalmente consiste en partículas gruesas que se asientan rápidamente sin ningún otro control.
- La ventilación de los ejes puede emitir el polvo.
- El viento también atrapa el polvo de los vertederos y las pilas de desperdicios, las carreteras, los relaves (ya sea secos como eliminados o las porciones secas de los depósitos), y otras zonas perturbadas.
- El aerosol de los camiones de agua se utiliza a menudo cuando la mina está en funcionamiento. Durante los cierres temporales, especialmente después de la vida activa, la estabilización y la regeneración están destinadas en parte a reducir las emisiones fugitivas de polvo.
- Los relaves, en particular, pueden ser una fuente potente de partículas finas; el cierre temporal o permanente aumenta enormemente la posibilidad de que los relaves superficiales se sequen y se conviertan en fuentes de polvo.

Emisiones de polvo de las operaciones mineras, consideradas por el Instituto Tecnológico Geominero de España [5]:

- Perforación de barrenos.
- Voladura: ocasionada al proyectarse y desplazar la roca produciendo polvo que se lanza al aire.
- Excavación y carga: en estas operaciones se efectúa el arranque mecánico y la carga del estéril y del mineral, que va acompañada de una producción de finos que se pone de manifiesto durante el vertido del material sobre las unidades de transporte.
- Transporte: que es la principal fuente de emisión de polvo fugitivo que se produce por la circulación de los volquetes a través de las pistas y las rampas de mina.

Como se ha detallado anteriormente, las emisiones de polvo en la industria minera es un problema que se presenta prácticamente en todo el ciclo de vida de este tipo de instalación, lo cual implica que se apliquen medidas para combatir este problema que no solo afecta al ambiente sino a la salud de los trabajadores de las minas y de las poblaciones cercanas a estas.

El tener la presencia de núcleos urbanos cerca de una industria minera provocará molestar en las personas por el constante ensuciamiento del entorno en donde habitan y por consiguiente una notable contaminación a la calidad del aire, que al respirar puede causar enfermedades a la población.

Por otro lado e independientemente de la toxicidad del polvo y del contenido de sustancias metálicas que éstas puedan traer, dará lugar a desgastes prematuros en los elementos móviles de equipos industriales y también causará efectos dañinos sobre la vegetación por oclusión de los estomas de las plantas que disminuye la aspiración del dióxido de carbono y de agua que son necesitadas por las mismas, debido a la menor penetración de la luz [5].

2.5. Emisiones gaseosas.

Los contaminantes gaseosos emitidos a la atmósfera en una mina son los provenientes de la quema de combustibles tanto en las fuentes estacionarias como móviles, voladuras y procesamiento de materiales [4].

Los gases son el resultado de la detonación de los explosivos, de las emisiones de los motores térmicos de los equipos, de la combustión espontánea de residuos de carbón en escombreras, etc. [5].

La emisión de gases que no sea habitual a los gases presentes en la atmósfera es un factor importante a considerar ya que los contaminantes gaseosos pueden ser de dos tipos, o bien son contaminantes primarios o contaminantes secundarias; es decir, que una vez emitidos en la atmósfera pueden provocar reacciones químicas con otros compuestos gaseosos dando lugar a un nuevo contaminante gaseoso.

Es importante identificar el origen de la emisión y sus posibles efectos, por eso dentro de las actividades mineras se producen al menos estos tipos de contaminantes gaseosos:

- CO_2 : El dióxido de carbono es un gas que se encuentra presente comúnmente en la atmósfera, pero que en grandes cantidades tiene efectos perjudiciales para las vías respiratorias, tanto que puede causar muerte por asfixia, y otro efecto de gran peligro de este gas cuando se acumula de manera excesiva en la atmósfera es el efecto invernadero. Con respecto a las actividades mineras este gas se produce en las explotaciones de carbón, además de la utilización de maquinaria pesada por la gran cantidad de consumo de combustibles derivados del petróleo [7].
- CO : El monóxido de carbono es un gas poco común en la atmósfera natural y se produce por la combustión incompleta en atmósferas cerradas con presencia pobre de oxígeno. Es mucho más letal que el dióxido de carbono, ya que una concentración de CO de 0.25% a 0.50% en el aire deja sentir sus efectos tóxicos [7].
- SO_x : Nos referimos a las distintas formas de compuestos sulfurados que se pueden provocar en una combustión como pueden ser, dióxido de azufre (SO_2), y trióxido de azufre (SO_3). En la minería se producen comúnmente en la combustión del carbón con piritas y en los procesos pirometalúrgicos en donde se funde el concentrado liberando SO_2 a la atmósfera. El principal problema de este compuesto es que reacciona con el agua en estado líquido, incluso en estado gaseoso dando origen al ácido sulfúrico, en donde la lluvia ácida es el efecto más notable de este contaminante gaseoso [7].

2.6. Aerosoles.

Este tipo de contaminante atmosférico proveniente de la industria minera, usualmente es originado en los procesos de hidrometalurgia, el cual se produce por aspersión de compuestos muy tóxicos como el sulfúrico o el cianuro para extracciones de cobre u oro, y que con la presencia del viento puede arrastrar esos contaminantes.

2.7. Ruido y Vibraciones

Las fuentes de emisiones de ruido asociadas con la minería son muy diversos, estos pueden incluir motores de vehículos, carga y descarga de rocas, voladuras, generación de energía, entre otras fuentes relacionadas con la construcción y actividad de la mina [4].

La problemática con las emisiones de ruido es que dependiendo de la intensidad causara diversos inconvenientes, ya que un ruido de alta intensidad provoca a las personas un estado de fatiga nerviosa, disminución de rendimiento, agotamiento y pérdida de audición. Además un ruido de menor intensidad puede perturbar a los habitantes de áreas próximas a las explotaciones, por lo que cada día hace frecuente la presencia de reclamaciones y quejas que pueden derivar a un estado de conflicto permanente [5].

Además según la guía para evaluar proyectos mineros, se debe tener en cuenta la acumulación de impactos de los diferentes procesos o etapas de la minería desde la excavación, perforación, voladuras, transporte, molienda y almacenamiento ya que pueden afectar a la vida silvestre y a las poblaciones aledañas [4].

2.7.1. Vibraciones.

Las vibraciones también son fuente de contaminación aunque no en gran medida en comparación con otros tipos o forma de contaminación pero sí es una problemática a tener en cuenta.

Aunque las vibraciones pueden estar asociados con muchos tipos de equipos usados en las operaciones mineras debido a la cantidad del material que se procesa y de los tamaños de los diferentes equipos, la fuente principal de vibraciones son las voladuras. Por lo que la vibración ha afectado la estabilidad de infraestructuras, edificios y casas de la gente que vive cerca de un tajo abierto [4].

3 EL CONTROL DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA EIA (OCDE)

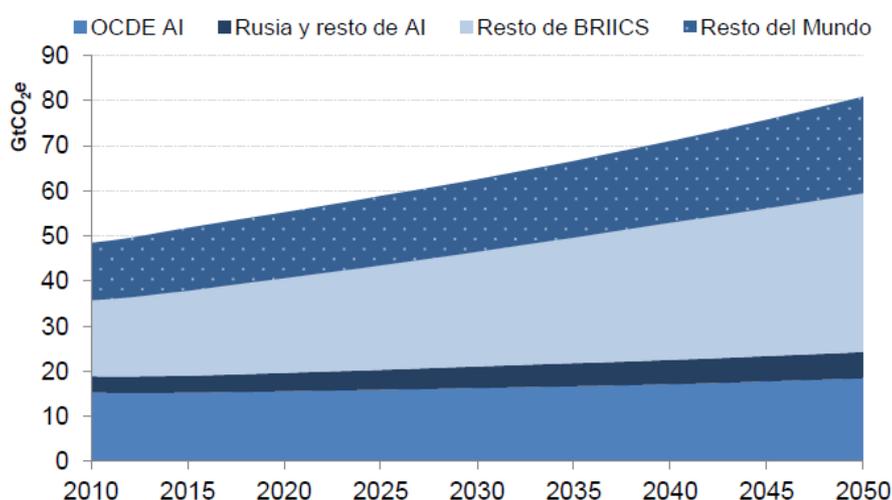
Dentro de lo que abarca la Prospectiva medioambiental de la OCDE para el 2030 referente a la calidad del aire y su incidencia en el cambio climático, se tienen en cuenta ciertos contaminantes: partículas y ozono troposférico, emisiones de NO_x y SO_x, que aún en la actualidad son problemas para muchas industrias, y aunque existen tecnologías para mitigar esos contaminantes, siguen causando problemas al ambiente.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), se la reconoce por ser una organización intergubernamental en la que además de intervenir en temas sociales, políticos y económicos, también da recomendaciones para los problemas que afecten el medio ambiente y que sean responsables de los cambios climáticos que actualmente se están dando en el planeta.

No es nada nuevo sobre los efectos que los contaminantes atmosféricos pueden causar a la salud de las personas, al medio físico, biótico, socioeconómico, cultural y que además de las medidas de aplicación de las mejores técnicas disponibles (MTDs) y políticas actuales para preservar el medio ambiente no son suficientes ante problemas irreversibles que ya se están dando y que se pueden agravar aún más para las siguientes décadas.

Es por eso que siguiendo con las medidas actuales la OCDE advierte sobre la probabilidad de que suscite un cambio climático más perjudicial en donde las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI) se eleven en 50%, principalmente debido al incremento de 70% en las emisiones de CO₂ relacionadas con la generación de energía. Esto quiere decir que la concentración de los GEI en la atmósfera para el 2050 podría alcanzar las 685ppm, por lo tanto la temperatura global se incrementaría entre 3°C y 6°C hacia el final de siglo [8].

Figura N° 3-1. Emisiones de GEI por región, escenario de referencia 2010-2050.

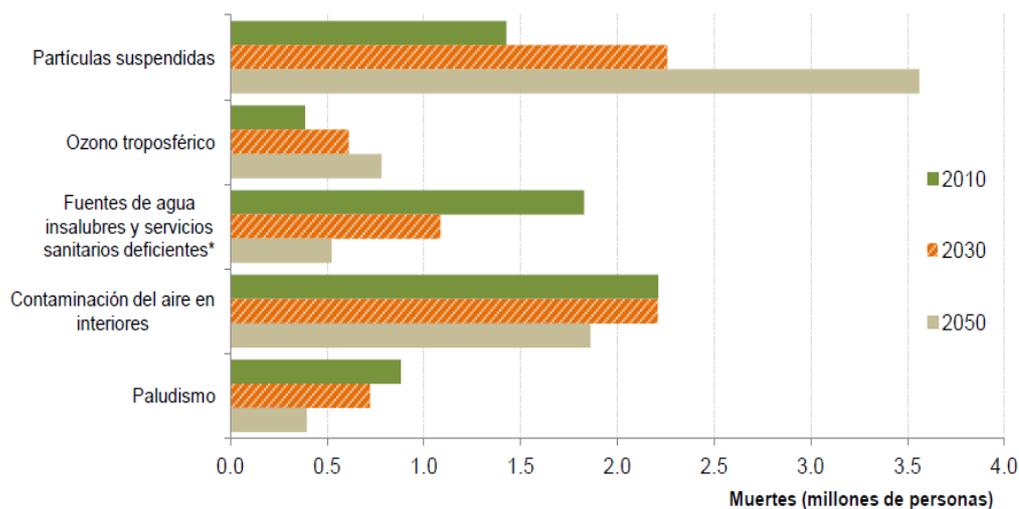


Fuente: OCDE, 2012.

La contaminación atmosférica se convertirá en la principal causa ambiental del mundo de mortalidad prematura, por delante del agua sucia y de la falta de saneamiento. Las concentraciones de contaminación atmosférica en

algunas ciudades, especialmente en Asia, ya superan con creces los niveles de seguridad de la Organización Mundial de la Salud, y se prevé que se deterioren aún más hasta 2050, de igual manera se prevé que el número de muertes prematuras por exposición a partículas (PM) (que provocan fallas respiratorias) se duplique con creces en todo el mundo, pasando de poco más de 1 millón hoy a casi 3,6 millones anuales en 2050 [8].

Figura N° 3-2. Muertes Prematuras mundiales relacionada a riesgos ambientales, escenario referencia 2010 – 2050.



Fuente: OCDE, 2012 [8].

Dentro del estudio de la perspectiva ambiental de la OCDE para el 2050 hace mención a la probabilidad de que aumenten sustancialmente las emisiones de dióxido de azufre (SO₂) y de óxidos de nitrógeno (NO_x) en las principales economías emergentes en las próximas décadas. Por lo que se prevé que los niveles de SO₂ sean un 90% más elevado y de NO_x un 50% más elevado en 2050 [8].

Sin lugar a dudas con las políticas, esfuerzos y participación de muchos países y organizaciones para combatir el cambio climático actualmente, no parecen ser suficientes para las consecuencias poco alentadoras para el 2050. Por eso la OCDE propone algunas políticas con algunos enfoques en común con los países miembros y que puedan ser de referencia para los países no miembros, para poder cambiar este panorama [8]:

- Hacer que la contaminación sea más costosa que las alternativas verdes; por ejemplo, a través de impuestos ambientales y esquemas de comercialización de las emisiones. Estos instrumentos basados en el mercado también podrían generar ingresos fiscales, muy necesarios.
- Asignar valor y precio a los bienes naturales y los servicios de los ecosistemas; por ejemplo, mediante la asignación de precios al agua que es una forma efectiva de redistribuir el agua escasa, pagar por los servicios de los ecosistemas; cobro de entrada a los parques naturales, etc.
- Eliminar los subsidios que dañan el medio ambiente; se trata de un paso importante para asignar precio a los recursos y a la contaminación de manera adecuada (por ejemplo, a los combustibles fósiles, o a la electricidad empleada para bombear el agua de riego).
- Concebir reglamentaciones y normas efectivas; por ejemplo, para salvaguardar la salud humana o la integridad ambiental, para promover la eficiencia energética.
- Alentar la innovación verde; por ejemplo, encareciendo la generación de contaminación y las formas de consumo e invirtiendo en apoyo público para la I+D básicos. [8].

3.1. Identificación de acciones susceptibles de provocar contaminación atmosférica.

Dentro de este apartado se considerarán todas las etapas del ciclo de vida de una actividad minera, para obtener una visión más específica sobre las etapas que influyen de manera negativa o positiva en la identificación de las interacciones ambientales que se desarrollarán posteriormente.

Dichas acciones susceptibles o vectores de acción es de vital importancia tenerlos identificados dentro de una evaluación de impacto ambiental (EIA) para proyectos mineros, ya que sirven de referencia para identificar con cual factor ambiental está influyendo, y así poder tomar medidas de control para controlar algún posible impacto [9].

3.1.1 Prospección

La prospección es la etapa inicial en los proyectos mineros, donde se busca que un posible yacimiento minero tenga minerales o minerales valiosos como el carbón o no metales, porque los minerales necesariamente no están presentes en la superficie, ya que pueden encontrarse por debajo de la superficie de la tierra, y dependiendo de eso la prospección puede ser directa o indirecta.

El método de prospección directa, normalmente está limitado a depósitos superficiales, el cual consiste en un examen visual de la exposición (afloramiento) del yacimiento o de los fragmentos sueltos (flotador) que se han alejado del afloramiento. Los estudios geológicos de toda la zona aumentan esta técnica simple y directa. El geólogo realiza el estudio recogiendo información por métodos directos para localizar depósitos minerales por medio de fotografías aéreas, mapas geológicos y evaluación estructural de un área, cartografía precisa y análisis estructural, más estudios microscópicos de muestras también permiten al geólogo localizar la mineralización oculta y superficial [10].

La prospección indirecta en la búsqueda de depósitos minerales ocultos, usa como herramienta fundamental y científica, la geofísica donde se tienen en cuenta las variables electromagnéticas y radiométricas de la Tierra [10].

Los métodos se aplican desde el aire, utilizando aeronaves y satélites; en la superficie de la tierra; y debajo de la tierra, usando métodos que sondan por debajo de la topografía. La geoquímica, el análisis cuantitativo del suelo, la roca y las muestras de agua, la geobotánica y el análisis de los patrones de crecimiento de las plantas, también pueden utilizarse como herramientas de prospección [10].

3.1.2 Exploración

La segunda etapa de un proyecto minero es la exploración, aunque puede ser muy similar y en algunos casos considerarse igual que la etapa de prospección, estas se diferencian en que esta etapa se pueden obtener con mayor efectividad el tamaño y el valor de un yacimiento mineral.

En la exploración se toman muestras de masa mineral y se aplican distintos tipos de análisis para poder obtener una característica más específica del mineral, como lo menciona Hartman & Mutmansky. *“La exploración generalmente se desplaza a lugares superficiales y subsuperficiales, utilizando una variedad de mediciones para obtener una imagen más positiva de la extensión y el grado de la masa mineral. Las muestras representativas pueden ser sometidas a técnicas químicas, metalúrgicas, de rayos X, espectrográficas o de evaluación radiométrica destinadas a mejorar el conocimiento del investigador sobre el yacimiento mineral.”* [10].

Para la obtención de muestras se pueden realizar por arranques o perforaciones, utilizando taladros rotativos, además del uso de registro de perforaciones para estudio de la composición geológica y estructural del depósito. Sin embargo los taladros de diamantes son favorecidos porque los núcleos que producen, proporcionan el conocimiento de la estructura geológica. El núcleo se divide normalmente a lo largo de su eje; una mitad se

analiza, y la otra mitad se mantiene intacta para el estudio geológico posterior [10].

Una vez obtenidas las muestras se las puede evaluar y así poder calcular el tonelaje y el grado o la riqueza del yacimiento mineral, además de calcular los costos de extracción, evalúa la recuperación de los minerales valiosos, determina los costos ambientales y evalúa otros factores previsibles en un esfuerzo por llegar a una conclusión sobre la rentabilidad del yacimiento mineral [10].

Todo este análisis permite saber si el área de exploración que se evalúa es un cuerpo de mineral o depósito mineral, para poder decidir si el proyecto se desarrolla o se abandona.

3.1.3 Desarrollo

El desarrollo se considera como la tercera etapa del proyecto en una minería, donde básicamente consiste en la apertura del yacimiento para su extracción del suelo o roca que cubre el depósito o excavación cuando el depósito es subterráneo, para llevar el mineral a la superficie y que pueda ser tratado.

En todo caso el desarrollo contempla los permisos confirmados para que pueda proceder a la puesta en marcha, tomando en cuenta ciertas medidas como, vías de acceso, nivelación y compactación del terreno, fuentes de energía, sistemas de transporte de minerales, instalaciones de tratamiento de minerales, zonas de eliminación de residuos, zona de excavaciones, oficinas, y otras instalaciones de apoyo, que deben haberse tomado en cuenta para que se proceda a la extracción efectiva de los minerales en la superficie [10].

El desarrollo de la minería subterránea es generalmente más complejo y costoso, por lo que requiere una cuidadosa planificación y disposición de aperturas de acceso para una minería eficiente y segura. Muchas minas de metal se encuentran a lo largo de depósitos de inmersión pronunciada y por lo tanto se abren de los pozos, mientras que por túneles llevan el mineral a la superficie que luego pasarán a las áreas de producción. Muchas minas de carbón y no metálicas se encuentran en depósitos casi horizontales, sus aperturas primarias pueden ser túneles de entradas, que pueden ser claramente diferentes de las de las minas de metal [10].

3.1.4 Explotación

La explotación es la cuarta etapa de la minería, está asociada con la recuperación real de minerales de la tierra, aunque el desarrollo puede continuar, el énfasis en la etapa de producción está en la producción. Por lo general, sólo se hace suficiente desarrollo antes de la explotación para asegurar que la producción, una vez iniciada, puede continuar ininterrumpidamente durante toda la vida de la mina [10].

El método seleccionado de extracción para la explotación está determinado principalmente por las características del yacimiento mineral y los límites impuestos por la seguridad, la tecnología, las preocupaciones ambientales y la economía. Las condiciones geológicas, como la inmersión, la forma y la fuerza del mineral y la roca circundante, desempeñan un papel clave en la selección del método [10].

Los métodos tradicionales de explotación se dividen en dos grandes categorías basadas en la localización: la superficie o el subsuelo. La explotación minera superficial incluye métodos mecánicos de excavación, como la excavación y la extracción a cielo abierto, además de incluir métodos acuosos como la extracción de depósitos aluviales y soluciones. La minería subterránea se clasifica generalmente en tres categorías de métodos: sin soporte, con soporte, y la cavidad [10].

3.1.4.1 Explotación de minería a cielo abierto

Desde el punto de vista medioambiental las explotaciones a cielo abierto se caracterizan por su impacto edafológico (destrucción de la cubierta vegetal), morfológico (alteración de la topografía del terreno), hidrogeológico (alteración de los cursos fluviales, subterráneos y, a veces, de las calidades de las aguas) y socioeconómico. Estas alteraciones son especialmente importantes en las grandes explotaciones de lignito, en

las que se encuentran superficies afectadas de decenas de kilómetros cuadrados [11].

La extracción superficial incluyen las partículas atmosféricas provenientes del tráfico vehicular, voladura, generación de residuos peligrosos, excavación y transporte; las emisiones, ruido, y vibraciones de los equipos a diésel y la voladura; las descargas de agua contaminada de la mina; interrupción de los acuíferos de agua freática; remoción del suelo y la vegetación; y los efectos visuales. Se excluyen los otros usos de la tierra en el sitio durante las actividades de extracción y reclamación [12].

La minería de cielo abierto o de superficie es el procedimiento de explotación predominante en todo el mundo, produciendo en los Estados Unidos alrededor del 85% de todos los minerales, excluyendo el petróleo y el gas natural. Casi todos los minerales metálicos (98%), alrededor del 97% de los minerales no metálicos, y el 61% del carbón en los Estados Unidos se extraen utilizando métodos de superficie y la mayoría de ellos son extraídos por métodos de tajo abierto o de tiro abierto. En la minería a cielo abierto, un método de extracción mecánica, un depósito grueso se extrae generalmente en bancos o escalones, aunque los depósitos finos pueden requerir sólo un banco o cara [10].

Dentro de las explotaciones de minería a cielo abierto tenemos algunos criterios a tomar en cuenta en los yacimientos o en los depósitos mineros que condicionarán la explotación, y se clasifican por [13]:

- Su forma.
- Relieve del terreno.
- Proximidad a la superficie.
- Inclinación.
- Complejidad o número de mineralizaciones.
- Distribución de la calidad del mineral en el yacimiento.
- Tipo de roca dominante.

3.1.4.1.1 Clasificación por su forma.

Según Juan Herrera Herbert en un estudio sobre Métodos de Minería a Cielo Abierto clasifica las explotaciones de minería a cielo abierto por su forma en [13]:

- **Isométricos:** Son depósitos masivos que se extienden en todas las direcciones
- **Estratificados:** Son yacimientos que se presentan según dos direcciones preferentes.
- **Columnares o cilíndricos:** Son aquellos que se extienden en una sola dirección.
- **Intermedios o mixtos:** Como indica su nombre son aquellos que combinan características de dos o más de los grupos anteriores, bien sea por su génesis o a la tectónica que los ha replegado.

La morfología de un yacimiento minero es muy importante porque referencia a la geometría final de las explotaciones, la secuencia de extracción y el método minero más adecuado [13].

3.1.4.1.2 Relieve del terreno

La geometría del terreno determina a cierta medida, el método de explotación y la aplicación de medios mecánicos para llevar la extracción de los distintos materiales y se clasifica en [13]:

- **Horizontales o planos:** forma de la superficie que sea relativamente llana u horizontal.
- **Laderas:** dependerá de la disposición de las masas mineralizadas, que pueden estar a favor o contra talud.
- **Montañosos:** se considera a los terrenos que son irregulares y que presentan importantes accidentes topográficos.
- **Subacuáticos o submarinos:** depósitos que están cubiertos por una lámina de agua.

3.1.4.1.3 Proximidad a la superficie

La posición o ubicación de un yacimiento con respecto a la superficie determina el tamaño de la explotación tanto para yacimientos profundos o cerca de la superficie, y se suelen clasificar de acuerdo a su posición en [13]:

Superficiales: cuando el recubrimiento presente un espesor de 20 o 30 metros, o en cuyo caso que no exista recubrimiento.

Profundos: son depósitos que se encuentran a profundidades entre o mayores de 40 a 250 m.

Variables: son aquellos en los que una parte es económicamente explotable a cielo abierto y la otra parte se desarrolla en profundidad por minería subterránea.

3.1.4.1.4 Inclinación

Comprende en ángulo de la masa mineralizada y pueden ser horizontales (ángulo entre 0 o 15°), tumbados (10° a 35°), inclinados (35° a 70°), verticales (70° a 90°). La inclinación condiciona el método de explotación, las relaciones de estéril y mineral, la posibilidad de rellenar los huecos alargados para la recuperación de terrenos afectados y también afecta a la economía de las operaciones [13].

3.1.4.1.5 Complejidad o número de mineralizaciones.

Simple: su estructura es homogénea, es decir que no hay presencia de otros niveles mineralizadores y todos los minerales se extraen directamente del yacimiento [13].

Complejos: son depósitos con diferentes masas o niveles mineralizados de mineral pobre o esterilizado, lo que conlleva a una explotación selectiva para evitar pérdidas del mineral aprovechable [13].

Depósitos diseminados: son los que tienen una estructura complicada y una distribución más o menos aleatoria del contenido recuperable, lo que obliga a una fuerte minería selectiva así como una muy difícil concentración mineralúrgica [13].

3.1.4.1.6 Distribución de la calidad del mineral en el yacimiento.

La distribución puede ser uniforme cuando la calidad del mineral es la misma dentro de los límites del yacimiento, por lo tanto la explotación se realiza con uno o varios tajos pero sin proceder a la mezcla de los minerales extraídos [13].

También podemos encontrar una distribución que no sea uniforme, lo que conlleva a que la calidad del mineral sea distinta en alguna dirección del yacimiento, y la explotación se efectúa de forma simultánea en varias zonas para pueda proceder a la homogenización de los minerales extraídos [13].

3.1.4.1.7 Tipo de roca dominante.

El recubrimiento está constituido por rocas ígneas o metamórficas no homogéneas, con alternancia de estériles blandos y duros. El mineral de estériles son rocas compactadas o meteorizadas y también de origen ígneo o metamórfico [13].

Las rocas del estéril de recubrimiento son blandas y densas, con el mineral y rocas de intrusión compacta o meteorizada, de origen ígneo o metamórfico. Tanto el recubrimiento como la zona mineralizada están constituidas por rocas ígneas o metamórficas meteorizadas, además las rocas de recubrimiento son blandas y sedimentables, y el mineral no es homogéneo [13].

3.1.4.2 Tipos de explosiones mineras

En todo caso, por lo descrito a respecto de la naturaleza, estructura y característica de un yacimiento. La explotación de minas a cielo abierto puede ser de varios tipos [13]:

- Cortas.
- Descubiertas.
- Transferencia.
- Terrazas.
- Contorno.
- Canteras.
- Graveras.
- Minería hidráulica.
- Lixiviación.
- Especiales o mixtos.

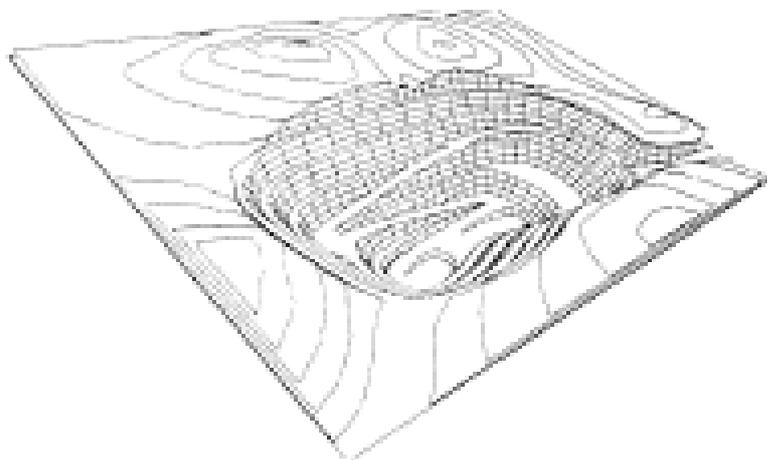
3.1.4.2.1 Cortas

La explotación suele hacerse tridimensionalmente por blanqueo descendente, con secciones verticales en forma troncocónica en yacimientos masivos o de capas inclinadas, este método se adaptó en las últimas décadas a la minería de carbón con algunas modificaciones ya que era un método usado en la minería metálica [13].

Estas explotaciones en yacimientos de cortas suelen dejar grandes profundidades por lo tanto grandes desechos, por lo que se debe tener depósitos para cubrir la demanda de lo que se está desechando, por lo general estos depósitos se los conoce como escombreras y balsas, para descubrir el mineral y almacenar desechos respectivamente.

La extracción en cada nivel se realiza en un banco con uno o varios tajos, debe haber un desfase entre bancos para poder obtener unas plataformas de trabajo donde puedan operar los equipos a su máximo rendimiento.

Figura N° 3-3. Esquema de una Corta minera.



Fuente: Juan Herrera Herbert, 2006 [13].

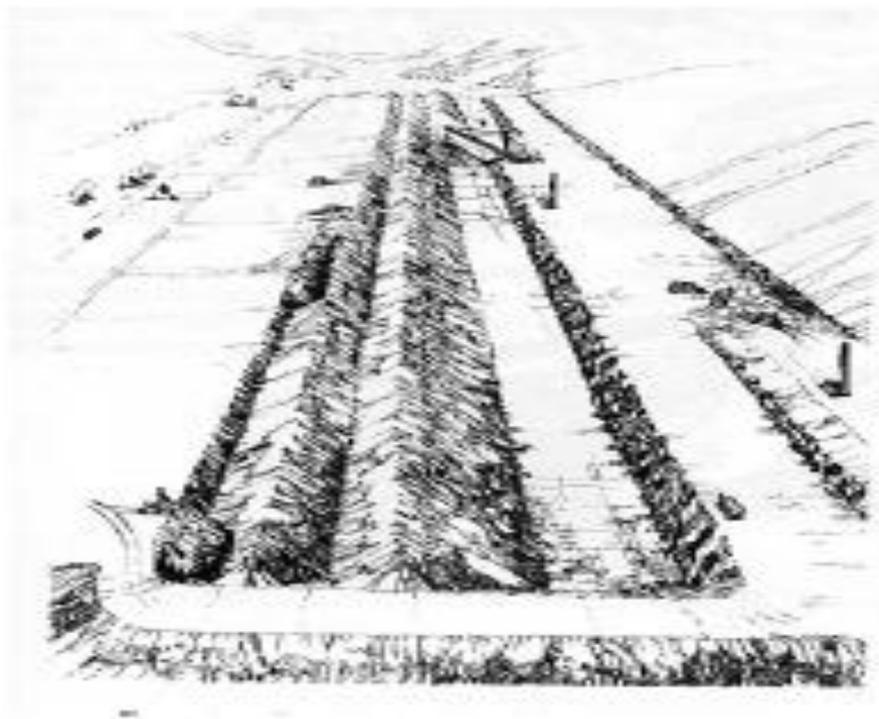
3.1.4.2.2 Descubiertas.

Este método se aplica para los yacimientos tumbados u horizontales, con unos recubrimientos de estéril inferiores a los 50m, el cual consiste en el avance unidireccional de un módulo con un solo banco desde el que se efectúa el arranque del estéril y vertido de éste al hueco de las fases anteriores, por lo que el mineral se extrae desde el fondo de la explotación que coincide con el muro de depósito [13].

Dependiendo del número de reservas extraíbles se utiliza un tipo de maquinaria, siendo en las grandes minas de frecuente aplicación las dragaminas y en las pequeñas si no se justifican las fuertes inversiones en maquinaria,

son equipos convencionales como los tractores de orugas, las excavadoras hidráulicas, las palas cargadoras etc. [13].

Figura N° 3-4. Esquema de una descubierta minera.



Fuente: Juan Herrera Herbert, 2006. [13]

3.1.4.2.3 Terrazas

La explotación por terrazas es un método que se aplica a yacimientos horizontales o de algunos o varios niveles de mineralización y con recubrimientos potentes pero que permiten depositar el estéril en el hueco creado, transportándolo alrededor de la explotación [13].

Las consecuencias de este método son las profundidades que se alcanzan, lo que hace que sea una limitación económica en la determinación de cuál es el último nivel mineralizado que se explotará, y que al igual que sucede con los métodos de descubiertas se efectúa un autorrelleno del hueco creado por lo que desde el punto de vista de la restauración de los terrenos las posibilidades de actuación son grandes [13].

Usualmente en este método los sistemas y equipos utilizados son muy variados, como equipos de transporte y carga, hasta equipos de transporte por cintas y trituración dentro de las explotaciones [13].

Figura N° 3-5. Método de terrazas mineras.



Fuente: <https://slideplayer.es/slide/6831555/21/images/8/3.+TERRAZAS.jpg> [14].

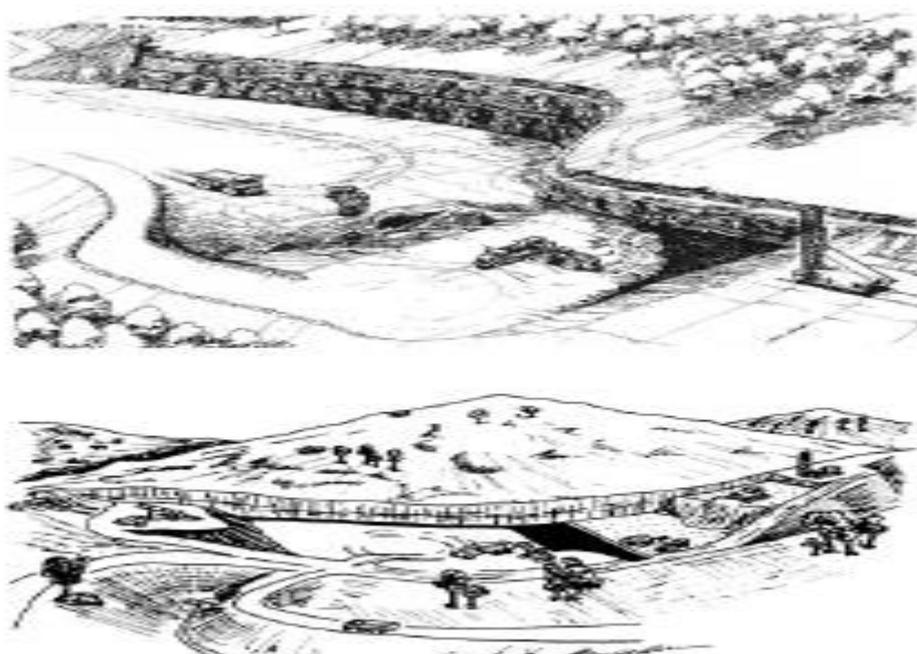
3.1.4.2.4 Contorno

Este método se aplica para yacimientos de carbón con capas tumbadas de reducida potencia y topografía desfavorable, el cual consiste en la excavación del estéril y mineral en sentido transversal, hasta alcanzar el límite económico, dejando un talud de banco único y progresión longitudinal siguiendo el afloramiento [13].

Las explotaciones por contorno utilizan equipos convencionales que logran provocar huecos de poca o escasa profundidad, lo que hace posible la recuperación de los terrenos posteriormente.

Una vez alcanzado una situación que permita el vertido dentro de la explotación se puede efectuar el relleno de los huecos, por lo que se aconseja se lo realice de forma selectiva colocando los más gruesos en la base para que actúen como drenes y al mismo tiempo se adoptarán medidas para el aislamiento de materiales contaminantes para reducir al máximo la producción de aguas acidas durante y después de la explotación [13].

Figura N° 3-6. Minería de contorno.



Fuente: Juan Herrera Herbert, 2006. [13]

3.1.4.2.5 Canteras

Son explotaciones de rocas industriales ornamentales y de materiales de construcción lo que las convierte por mucho en el sector más importante en cuanto a número, porque desde hace mucho tiempo se ha venido explotando para la explotación y abastecimientos de materias primas para infraestructura y construcción [13].

Generalmente el método de explotación suele ser el de blanqueo, con uno o vario niveles, situándose un gran número de canteras a media ladera. Las canteras pueden sub dividirse en don grandes grupos [13]:

- Un grupo donde se desea obtener un todo-uno fragmentado apto para alimentar a las plantas de tratamiento y obtener un producto destinado a la construcción en forma de áridos, a la fabricación de cementos, a la fabricación de productos industriales, etc. En este tipo de explotación se dan canteras donde la extracción no es cuidadosa y se dan grandes alturas de banco.
- El segundo se dedica a la explotación cuidadosa de grandes bloques paralelepédicos, que posteriormente se cortan y elaboran. Estas explotaciones se caracterizan por el gran numero de bancos que se abren para arracar los bloques y la maquinaria especial con la que se obtienen planos de corte limpios.

Las canteras del segundo grupo no tienen una fácil recuperación ya que por un lado casi no se dispone de materiales estériles para el relleno de los huecos, y por otro lado las labores de remodelado si no se han contemplado desde la fase de proyecto son difíciles y costosas de llevar a cabo [5].

En general este método de explotación se utilizan maquinaria móvil de dimensiones medias a grandes, e instalaciones de preparación mecánica de los materiales extraídos, además es habitual la generación de polvo, ruido y vibraciones, etc. [5].

Figura N° 3-7. Cantera minera.



Fuente: quarry-2279602_1920 Algunos derechos reservados por rotzokowski. Dirección: https://cdn.pixabay.com/photo/2017/05/02/22/56/quarry-2279602_960_720.jpg

3.1.4.2.6 Graveras

Este tipo de explotación se realiza para depósitos de valle y terrazas de los ríos ya que el material es de carácter detríticos como son las arenas y las gravas, por lo tanto su explotación es intensa debido a la demanda de dichos materiales en el sector de la construcción [13].

Generalmente las explotaciones suelen llevarse a cabo en un solo banco, con una profundidad inferior a los 20m. Sin embargo es frecuente que los materiales se presenten en contacto con el subálveo o acuíferos infra yacentes, dando lugar a posterior formación de lagunas [13].

Figura N° 3-8. Gravera Minera



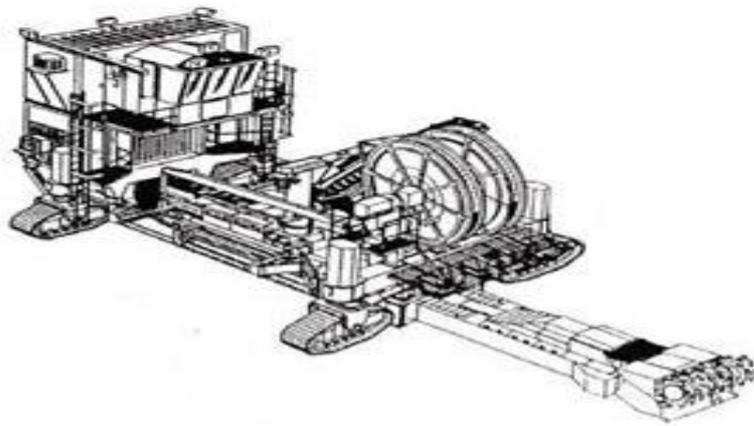
Fuente: Gravera-aridisa. Algunos derechos reservados por la asociación ecológica del jarama el soto. Dirección: <https://www.elsoto.org/wp-content/uploads/2014/05/Gravera-aridisa.jpg>.

3.1.4.2.7 Minería Hidráulica

Método utilizado para mineralizaciones metálicas de oro, casiterita entre otras, que se encuentran contenidas en aluviones, donde se aplica dragado, inundando previamente la zona de explotación. Este método es económico cuando la propia agua de inundación se utiliza en el proceso de concentración, como ocurren con la separación gravimétrica [13].

Además de las dragas y el sistema de extracción, es posible incorporar la planta de tratamientos con capacidad de tratar grandes volúmenes de materia, y un sistema de evacuación de esteriles a la zona ya explotada. Aunque es más frecuente observar que la draga y planta son foltantes pero están separadas entre sí y conectadas por una tubería, en donde la draga bombea el material extraído a la planta [13].

Figura N° 3-9. Minería Hidráulica y Dragado.



Fuente: 7.+MINERÍA+HIDRÁULICA.+DRAGADO. Algunos derechos reservados por Slide Player. Dirección: <https://slideplayer.es/slide/6831555/21/images/12/7.+MINER%C3%8DA+HIDR%C3%81ULICA.+DRAGADO.jpg>. [14].

3.1.4.2.8 Lixiviación.

Aplicable en algunos yacimientos de sales, donde se explota primero la descubierta del estéril superficial para que por medio de voladuras poder fragmentar el mineral y que posteriormente disolverlo mediante agua caliente, que es recuperada como salmuera mediante un sistema de tuberías y bombas que la llevan hasta la planta de mineralurgia que con la presencia de unos cristalizadores permiten obtener el producto final.

Basicamente en un proceso que consiste en la extracción química de los metales o minerales contenidos en un depósito, este proceso es netamente químico pero también puede ser bacteriológico [13].

3.1.4.2.9 Especiales o mixtos.

Son explotaciones en las que se llevan a cabo combinando labores de superficie, con labores subterráneas, es comúnmente utilizada en la minería “auger”, en donde una vez realizado la extracción parcial del mineral no explotable económicamente a cielo abierto, con la utilización de equipos especiales que estando situados en la superficie, efectúan el arranque y transporte hasta el exterior [13]

3.1.4.3 Minería subterránea

Dentro de este tipo de minas existen tres tipos de métodos utilizados, los de soportes, no soportados y de cavidad, los cuales se diferencian por el tipo de pared y los soportes de techo utilizados, además de la configuración y el tamaño de las aberturas de producción y la dirección en la que las operaciones mineras progresan.

Los métodos no soportados se utilizan para la extracción de depósitos minerales que son más o menos tabulares, es decir que están más sumergidos, planos o abruptos y se asocian generalmente con mineral fuerte y roca circundante, además de no utilizar ningún pilar artificial para ayudar en el apoyo de las aperturas, sin embargo a menudo se utilizan cantidades generosas de bulonado del techo y medidas de apoyo localizadas. El método no soportado más común es la llamada minería de cámaras y pilares (room and pillar en inglés), en donde principalmente se utilizan para las costuras planas o depósitos como el carbón, trona, caliza y sal, en los cuales el techo es proporcionado por pilares naturales del mineral que se dejan de pie en un patrón sistemático [10].

Para minas subterráneas que no sean de carbón se usa el método de stope and pillar (un stope es una abertura de la producción en una mina de metal), se aplica para cuerpos minerales más irregulares y gruesos, donde los pilares son espaciados aleatoriamente y situados en el mineral así poder extraer el mineral de calidad. Estos dos métodos representan la casi totalidad de la minería subterránea en depósitos horizontales en los Estados Unidos y una proporción muy alta del tonelaje subterráneo también [10].

El método de soporte se utiliza en minas de estructura rocosa débil, y se utiliza principalmente para depósitos metálicos de inmersión profunda, este método se lo conoce como el método de corte y relleno (cut and fill en inglés), y se aplica en dirección superior e inferior y los vacíos se llenan con una variedad de tipos de relleno para apoyar las paredes, sin embargo depende principalmente de conjuntos de madera para sostener las paredes durante la minería [10].

Por otra parte, los métodos de cavidad son variados ya que implican la cavidad del mineral y/o de la roca que los cubre, normalmente el hundimiento de la superficie ocurre después, y es bien aplicado para minas de carbón, donde las costuras son horizontales para mantener una pared de considerable longitud y a medida que avanza la minería, se caen los estratos superpuestos, provocando de esta manera la rotura del carbón. Este método cuando se aplica por subniveles puede ser empleado para depósitos de inmersión tabular o masiva donde se pueden recuperar los minerales mientras la roca permanece atrás, normalmente este tipo de minas suelen ser de gran escala o a granel de cuerpos minerales débiles o moderadamente fuertes que se rompen fácilmente al caer [10].

Figura N° 3-10. Minería Subterránea.

Fuente: Roberto Oyarzun, Pablo Higuera, Javier Lillo [7]

3.1.5 Procesado de minerales.

Después de extraer el material, se debe pasar por algunos procesos para obtener la parte de interés o de mayor valor económico, procesos que se diferenciarán por el tipo de minería, como se detalla a continuación [7]:

Metalurgia: se aplica para minerías metálicas con procesos como molienda, flotación o gravedad para obtener el concentrado, sin que haya reacciones químicas.

Mineralurgia: al igual que la metalurgia, aplica los mismos procesos pero se aplica para minerías de minerales industriales.

Hidrometalurgia: es donde se aplican los procesos de extracción de metales a partir del lixiviado del material en la pila o en tanques (bateas). Aquí hay que diferenciar entre lixiviación ácida y cianuración, la primera se utiliza para minerales de cobre, óxidos y sulfuros, así como también uranio, y la segunda se utiliza para recuperar oro. Para sulfuros se incluyen cepas específicas de bacterias que catalizan el proceso de oxidación-lixiviación, en esos casos también se los puede llamar como biohidrometalurgia o biolixiviación [7].

El sistema de lixiviación ácida en pilas consiste en generar apilamiento de mineral previamente molido, donde en la parte superior se instalan cañerías y un sistema de aspersores o riego por goteo, que distribuyen la solución ácida sobre la pila para que percole y lixivie el cobre. Estos aspersores pueden generar un aerosol ácido que por efectos del viento se produce una neblina ácida que afecta tanto a los trabajadores de la mina como a las poblaciones cercanas [7].

Pirometalurgia: consiste en la obtención de cobre refinado a fuego o “cobre RAF”. Se trata de un proceso de alta temperatura que se realiza en convertidores para la fundición de los concentrados, sin embargo este metal aun contiene impurezas por lo tanto deberá pasar por un último proceso de purificación llamado la electro obtención, dicho proceso también puede ser parte integral de otro circuito para el cobre y se lo conoce internacionalmente como SX-EW [7].

Un proceso básico en una minería consta de las siguientes etapas:

- a) Voladura o explosiones, que se describió en la etapa anterior
- b) Transporte de los materiales para su molienda.
- c) Flotación de los materiales finos para separar los minerales de la mena de los de la ganga.
- d) Fundición del concentrado.
- e) Refinación.

En las etapas anteriores se ha descrito sobre las explosiones y del transporte, y su incidencia con respecto con la actividad minera, por lo que en esta etapa compete desde el proceso de flotación de los materiales.

El proceso de flotación se realiza en la celdas de flotación, en donde los sulfuros útiles flotan por medio de espumantes y colectores, ya que los espumantes generan una espuma en donde las partículas que se desean que floten se fijan en la espuma y los colectores ayudan a las partículas sulfuradas a que floten, haciendo así que las burbujas arrastren los minerales sulfurados valiosos hacia la superficie, donde la pulpa es enviada a procesos de secado del concentrado y entrará a operaciones de fundición (pirometalurgia) [7].

Dentro de este proceso se obtiene una gran cantidad de residuos que se los conoce como “balsas”, pero más allá del volumen de las balsas se tienen peligros aún mayores como el drenaje ácido, aparte de ser tóxico para la vida acuática por su acidez intrínseca, suele ser rico en metales pesados, teniendo así dos problemas a destacar [7]:

1. Los volúmenes de residuos de la planta de flotación que se incrementan en una base diaria sin parar.
2. Su potencial para generar drenaje ácido y liberar metales pesados, con lo que esto significa para la vida en término de toxicidad.

Pero aun así el generar drenajes ácidos que contaminan el agua, los problemas de las balsas tienen aún mayores consecuencias, cuando existan roturas de los diques de contención provocando grandes inundaciones sobre amplias áreas, afectando a la población y biota cercas a ellas.

La fundición de sulfuros al momento de realizar la fundición del concentrado provoca emisiones a la atmosfera de partículas y SO_2 . Esto se debe a la relación con la mineralogía de los materiales que constituyen el concentrado que será fundido, ya que si el material contiene enargita (Cu_3AsS_4), entre otros minerales sulfurados, el proceso de fundición que se lleva a cabo en un convertidor en condiciones oxigenadas llevará inexorablemente la oxidación del azufre y por lo tanto la formación de SO_2 gaseoso, y en el caso de tener presencia de arsénico este formará As_2O_3 particulado [7].

Por lo tanto podemos obtener los principales problemas ambientales provocados por la fundición de sulfuros [7]:

- Los gases tipo dióxido de azufre que escapan a la atmosfera.
- El particulado aéreo que escapa a la atmósfera, principalmente cuando los minerales contienen arsénico junto al cobre, en el caso de las plantas que funde concentrados de zinc debemos agregar el cadmio, que es un elemento de alta toxicidad.
- Las erosiones generadas por el proceso de fundición, aunque su peligrosidad ambiental es reducida por ser materiales vitrificados.

3.1.6 Cierre y recuperación

La etapa final de una mina es la recuperación, en donde se tiene en cuenta el proceso de cerrar una mina, restablecer la vegetación y restaurar los valores de tierra y agua, todo este proceso se debe de contemplar en el momento de la planificación de la mina para que se minimice el costo total de la minería más la regeneración [10].

Dentro de esta etapa incluye la remoción de edificios de oficinas, utilidades y otras estructuras de superficie, además la compañía minera debe sellar todos los pozos mineros y otras aberturas que puedan presentar riesgos físicos. Cualquier muro superior existente u otras estructuras geológicas que pueden requerir atenuación para prevenir lesiones o muertes por fallas geológicas [10].

También es importante dentro de la recuperación de una mina es la superficie de la tierra, la reforestación, la calidad del agua y las zonas de eliminación de desechos, para evitar así la contaminación del agua a largo plazo, la erosión del suelo o problemas de vegetación. Es muy común el uso de plantas nativas en este proceso de restauración ya que las plantas ayudan a construir una estructura de suelo estable además de naturalizar el área [10].

Además se pueden colocar rocas o relaves con propiedades ácidas en lugares donde la lluvia tiene poco efecto sobre el material, lo mismo puede ocurrir con algunos metales pesados que contaminan las corrientes. Ante todo esto la planificación de vertederos de desechos, las lagunas de relaves y otras zonas perturbadas ayudara a prevenir los problemas de contaminación [10].

Es necesario tener planificado sobre el uso de la tierra una vez terminada la extracción, para poder empezar lo antes posible con la recuperación, lo que ayudara a la compañía minera a aumentar el valor de la tierra para un posterior uso.

3.2. Identificación de factores ambientales potencialmente afectados

Una vez identificados los vectores de acción, se procede a evaluar los efectos prevesibles directos o indirectos, acumulativos y sinérgicos de un proyecto minero sobre la población, la salud humana, la flora, la fauna, la biodiversidad, la geodiversidad, el suelo, el aire, el agua, los factores climáticos, el cambio climático, el paisaje, los bienes materiales, incluido el patrimonio cultural [15].

3.2.1. Impactos en los recursos hídricos

Se considera que el impacto más significativo en un proyecto minero es el efecto en la calidad y disponibilidad de los recursos hídricos en la zona del proyecto, es decir que tanto el agua superficial como el agua subterránea permanecerán aptas para consumo humano, además de la calidad de las aguas superficiales en el área de proyecto seguirá siendo adecuada para mantener las especies acuáticas y la vida silvestre terrestre [4].

Una de las razones principales que perjudica en gran medida a los recursos hídricos es el drenaje ácido formado cuando los materiales (tales como las paredes de los tajos abiertos y de las minas subterráneas, relaves, escombros o desechos de roca, lixiviados y materiales de desecho de la lixiviación), se excavan y se exponen al oxígeno y al agua, se puede formar ácido si el hierro y los materiales sulfurados son abundantes en comparación con la cantidad de material para neutralizarlos [4].

El ácido se convertirá en lixiviado o disolverá metales y otros contaminantes que se encuentran en los materiales minados, formando una solución ácida con alto contenido de sulfatos rica en metales (como Cd, Pb, Zn, etc.). Por lo tanto el potencial de drenaje ácido es muy importante para considerar una propuesta de un proyecto minero es o no ambientalmente aceptable [4].

3.2.2. Impactos sobre el suelo

Las zonas que son intervenidas por proyectos mineros pueden contaminar grandes extensiones de suelos, debido a que las operaciones mineras diariamente modifican el paisaje circundante mediante la remoción de materiales previamente no perturbados. Los suelos contaminados por derrames de compuestos químicos y residuos en las minas son riesgosos, cuando estos materiales son utilizados como material de relleno [4].

La erosión causada por la exposición de suelos, extracción de minerales, relaves y materiales finos que se encuentran en las pilas de desechos, puede provocar un aumento en la carga de sedimentos en las aguas superficiales y drenajes. Además, los derrames y vertidos de materiales tóxicos y la sedimentación de polvo contaminado pueden causar la contaminación de suelos [4].

3.2.3. Impactos en la vida silvestre

La minería causa efectos sobre la vida silvestre entendiéndose como tal a todos los vegetales, animales y otros organismos que no han sido domesticados y que debido a la remoción de vegetación y de capa superficial del suelo, la liberación de contaminantes y la generación de ruido, provoca un desplazamiento de la fauna [4].

3.2.4. Impactos por la pérdida de hábitat.

Con respecto a la pérdida del hábitat provocado por la actividad minera tiene efectos directos e indirectos en la vida silvestre y dependiendo del lugar en donde está la mina, algunos impactos pueden ser de corto o largo plazo. Los impactos en la vida silvestre inician principalmente de la perturbación desde el momento que se empiezan abrir los caminos y eventualmente se empeora cuando ingresan los equipos y empiezan a funcionar, adicionalmente la remoción de la tierra y la redistribución de superficie del terreno incrementan la pérdida de hábitat.

Los efectos directos en la vida silvestre son la destrucción o desplazamiento de especie en áreas excavadas y en los depósitos de desechos mineros, provocando que las especies silvestres terrestres móviles, tales como los animales de caza, aves y predadores estén obligados a dejar estas áreas. Pero un problema mayor tiene que afrontar muchos animales con menor capacidad de movilizarse como son los invertebrados, reptiles y vertebrados pequeños que son los más afectados.

Si algún desecho proveniente de la minería es depositado y rellenado en los riachuelos, lagos, lagunas o marismas, los peces, invertebrados acuáticos y anfibios son impactados gravemente, provocando un problema de abastecimiento para los predadores ya que son su fuente de alimentación y por lo tanto la desaparición de estas especies terrestres y acuáticas. También hay mucha vida silvestre que es altamente dependiente de la vegetación para alimentarse, aunque también tiene otras funciones como lugares para anidar y de cubierta para escapar de los depredadores [4].

Muchas especies de animales tienen la necesidad de tener un buen hábitat y que a veces no se pueden acondicionar a los cambios por los resultados de las perturbaciones en el ambiente, reduciendo su espacio vital. Algunas especies toleran muy poco la perturbación provocada por el ser humano, y comúnmente cuando se restringen hábitat de vital importancia, tales como lagos, lagunas, o principalmente áreas usadas por especies silvestres para su reproducción, estas especies pueden desaparecer [4].

Otro problema de gran importancia en la actividad minera son los provocados en los hábitats acuáticos, aunque este trabajo está centrado en la contaminación atmosférica de las minas, vale mencionar el impacto que tienen por contaminación de las aguas, provocando aguas ácidas y que es uno de los mayores impactos de las minas.

Un aspecto a tener en cuenta en los hábitats es la fragmentación de esta, quiere decir cuando grandes áreas se dividen en áreas más pequeñas, siendo así un gran impedimento en la posibilidad de que las especies nativas se puedan trasladar naturalmente debido al corte total o parcial de sus rutas migratorias, provocando un aislamiento de algunas especies que puede causar una reducción en el número de especies, o efectos genéticos como la endogamia y por otro lado las especies que necesiten mayores extensiones de bosque pueden hasta desaparecer [4].

3.2.5. Impactos sobre la flora

La presencia de partículas que son arrastradas por el aire, al depositarse sobre la vegetación forma una costra gruesa en la superficie exterior de las hojas interfiriendo en el proceso de fotosíntesis de la planta, logrando impedir la penetración de luz solar necesaria y afectando el proceso de intercambio de CO₂ con la atmósfera. De esta manera el crecimiento natural de la planta es perjudicado [16].

Las emisiones gaseosas que contengan compuestos químicos nocivos, pueden ser adsorvidos por los tejidos de las hojas o quedar sobre la superficie, ocasionando problemas para aquellos animales se alimenten de estas plantas [16].

Cualquier actividad que destruya la vegetación cercana a los estanques, reservorios, pantanos y humedales reduce la calidad y cantidad de hábitat esencial para las aves acuáticas, aves costeras y muchas especies

terrestres, produciendo una alteración de los espacios naturales [4].

3.2.6. Impactos sociales

Los proyectos mineros generan un impacto social que en muchos casos pueden llegar a ser muy controversiales, ya que en el desarrollo de un proyecto minero se llegan a proponer como la creación de empleos, caminos, escuelas y aumentar las demandas de bienes y servicios en zonas empobrecidas y remotas, todo esto con el fin de que el proyecto sea aceptado por la comunidad, pero los costos y beneficios pueden ser distribuidos sin equidad, y he aquí el problema porque si las comunidades sienten que no son tratadas justamente, o que no se las ha compensado adecuadamente, los proyectos mineros tienden a tener una tensión social y conflictos violentos [4].

Casi siempre las comunidades se sienten vulnerables cuando los vínculos con las autoridades y otros sectores de la economía son débiles, o cuando los impactos ambientales ocasionados por la minería, en la contaminación del suelo, aire y agua, afectan la subsistencia de la gente local. Las diferencias de poder pueden causar una percepción de desamparo cuando las comunidades se enfrentan a la posibilidad de cambio inducido por empresas foráneas, grandes y poderosas, es por eso que las actividades mineras deben asegurar que se respetaran los derechos colectivos e individuales, es decir incluir el derecho al control y uso de la tierra, al agua limpia, a un ambiente y modo de vida seguro, adicionalmente al derecho contra intimidaciones y violencia, así como a como a compensaciones justas en casos de pérdidas, todo esto debe estar contemplado en el proceso de evaluación de impacto ambiental [4].

También es de destacar el impacto que se tiene cuando para la aprobación de un proyecto minero se deba realizar un desplazamiento y reubicación de comunidades nativas, esto generara conflictos para el proyecto minero, sobre todo cuando las comunidades indígenas se tienen que reubicar porque para ellos dentro de su cultura tienen un fuerte apego con sus tierras.

Como se ha detallado en este trabajo, las actividades mineras pueden afectar súbitamente la calidad de vida, el bienestar físico, mental y social, ya que dentro de los impactos sociales también se incluye los efectos sobre la salud pública, muchas veces podemos llegar a este problema cuando se realizan los campamentos mineros improvisados que con frecuencia pueden afectar la disponibilidad de alimentos y seguridad, provocando así un aumento en el riesgo de desnutrición por deficiencias nutricionales, además por la exposición a sustancias tóxicas, que como consecuencia de ello se incrementa la incidencia de tuberculosis, asma, bronquitis crónica y enfermedades gastrointestinales [4].

Con frecuencia los problemas de salud pública relacionados con las actividades mineras incluyen [4]:

- *“Agua: Contaminación de las aguas superficiales y subterráneas con metales, elementos, microorganismo provenientes de desagües y desechos en los campamentos y residencia de los trabajadores.*
- *Aire: Exposición a altas concentraciones de dióxido de azufre, material particulado, metales pesados incluyendo plomo, mercurio y cadmio.*
- *Suelos: Precipitación de elementos tóxicos suspendidos en las emisiones atmosféricas.”*

3.2.7. Impactos mineros sobre el medio cultural y estético.

El medio cultural tiene un impacto directo por consecuencia de algunas de las actividades que se aplican en la minería como las que están relacionadas a la construcción y otras actividades, también existen impactos indirectos a efectos de la erosión del suelo.

En la guía para evaluar EIAs de proyectos mineros de la alianza mundial de derecho ambiental mencionan algunos de los potenciales impactos de las actividades mineras y su capacidad de afectar lugares sagrados, bienes históricos y sitios de interés cultural, entre los cuales se encuentran:

- *“Completa destrucción de un recurso si este se encuentra en áreas sujetas a excavaciones o perturbaciones en la superficie de terrenos.”*
- *“Degradación o destrucción de lugares de valor cultural dentro o fuera del sitio de como resultado de cambios en los patrones hidrológicos o de la topografía, por el movimiento de tierras (remoción, erosión, sedimentación).”*
- *“Remoción sin autorización de artefactos de interés cultural o histórico. Vandalismo como resultados del aumento de personas en lugares previamente inaccesibles.”*
- *“Impactos visuales causados por el desbroce de vegetación, grandes excavaciones, polvo, y la presencia de maquinaria pesada y vehículos.”*

3.2.8. Impacto en consideración sobre el cambio climático.

Como ya se ha descrito dentro de este capítulo, la gran variedad de impactos ambientales que causan las actividades mineras, es por eso que la ELAW en el 2010 en su guía para evaluar EIA de proyectos mineros menciona que los grandes proyectos mineros en su EIA deben incluir las alteraciones globales de carbono, en al menos las siguientes maneras:

- *“La pérdida del secuestro de CO₂ de bosques y vegetación que es desbrazada. Muchos proyectos mineros a gran escala han sido propuestos en áreas de bosques de zonas tropicales que son importantes para la captura de dióxido de carbono, y mantener un equilibrio entre las emisiones de CO₂ y la absorción de CO₂. Algunos proyectos proponen la destrucción permanente o a largo plazo de bosques tropicales. En los EIA de los proyectos mineros deben incluir por lo tanto un cálculo cuidadoso de cómo cualquier perturbación propuesta de los bosques tropicales pueda alterar el presupuesto de carbono.”*
- *“El CO₂ emitido por la maquinaria que se empleen en la extracción y transporte del mineral que consumen combustibles a base de petróleo. El EIA debe incluir un cálculo de las emisiones de CO₂ por las máquinas y vehículos que se necesiten durante el ciclo de vida de un proyecto minero.”*
- *“El CO₂ que emite durante el procesamiento del mineral, por ejemplo las técnicas pirometalúrgicas versus las hidrometalúrgicas, aquí es muy útil la realización de estudios de análisis de ciclo de vida, para poder estimar las emisiones de gases de efecto invernadero.”*

4 CLAVES PARA LA IDENTIFICACIÓN DE INTERACCIONES AMBIENTALES.

Una vez identificados las acciones susceptibles de provocar impactos (vectores de acción) y los factores ambientales potencialmente afectados, nace la matriz de identificación de impactos ambientales donde se analizarán todas las interacciones entre todos los factores mencionados, durante las fases de ejecución, explotación y en su caso durante la demolición o abandono del proyecto [9].

Para poder caracterizar las interacciones de los impactos que las actividades mineras provocan al medio ambiente, es necesario la aplicación de la matriz de Leopold, ya que es un método que sirve para identificar las interacciones ambientales dentro de una evaluación de impacto ambiental.

Se describirán a continuación las matrices en las que se realizaron las interacciones ambientales, tomando en cuenta las fases del proyecto minero y su incidencia en el medio ambiente. Cabe recalcar que la cuantificación de los impactos no está considerada dentro del alcance de este trabajo, aunque dentro de una EIA es indispensable su realización para saber si un impacto es relevante o no.

Matriz N° 1. Fase de Exploración

FACTOR AMBIENTAL			FASES DEL PROYECTO		
			EXPLORACIÓN		
MEDIO	COMPONENTE	IMPACTOS GENERADOS	Perforación preliminar para muestras	Remoción de cobertura vegetal	
MEDIO FÍSICO	SUELO	Calidad del suelo	X	X	
		Cambios del uso de suelo		X	
		Alteraciones físicas y químicas	X	X	
		Erosión		X	
	GEOMORFOLOGÍA				
	AGUA	Calidad del agua superficial			
		Calidad del agua subterránea			
		Agotamiento de acuíferos			
	ATMÓSFERA	Calidad del aire			
		Ruido y vibraciones	X		
		Clima			
	MEDIO BIÓTICO	FLORA	Pérdida de cobertura vegetal		X
			Alteración de espacios naturales		
FAUNA		Terrestre	X	X	
		Acuática			
		Avifauna	X	X	
MEDIO SOCIOECONÓMICO		Efectos a la salud por contaminación			
		Calidad de vida de la comunidad			
		Generación de empleo	X	X	
MEDIO CULTURAL Y ESTÉTICO	Paisaje			X	
	Patrimonio Histórico Arqueológico		X		
	Cambios de las actividades productivas				

Fuente: Elaboración propia.

Matriz N° 2. Fase de Desarrollo.

FACTOR AMBIENTAL			FASES DEL PROYECTO						
			DESARROLLO						
MEDIO	COMPONENTE	IMPACTOS GENERADOS	Realización de excavaciones	Nivelación y compactación del terreno	Implantación de infraestructuras	Movimiento de vehículos y personal	Uso de maquinaria pesada	Construcción de rutas de acceso	Transporte de material pesado
MEDIO FÍSICO	SUELO	Calidad del suelo	X	X	X			X	
		Cambios del uso de suelo	X	X	X				
		Alteraciones físicas y químicas	X					X	
		Erosión	X						
	GEOMORFOLOGÍA			X					
	AGUA	Calidad del agua superficial	X						X
		Calidad del agua subterránea	X						
		Agotamiento de acuíferos							
	ATMÓSFERA	Calidad del aire	X			X		X	X
		Ruido y vibraciones	X		X	X	X	X	X
Clima									
MEDIO BIÓTICO	FLORA	Pérdida de cobertura vegetal	X					X	
		Alteración de espacios naturales	X					X	
	FAUNA	Terrestre	X			X	X	X	X
		Acuática	X			X	X		X
		Avifauna	X			X	X	X	X
MEDIO SOCIOECONÓMICO		Efectos a la salud por contaminación				X			X
		Calidad de vida de la comunidad				X			X
		Generación de empleo	X	X	X	X	X	X	X
MEDIO CULTURAL Y ESTÉTICO	Paisaje		X		X		X	X	
	Patrimonio Histórico Arqueológico		X					X	
	Cambios de las actividades productivas		X						

Fuente: Elaboración propia.

Matriz N° 3. Fase de Explotación.

FACTOR AMBIENTAL			FASES DEL PROYECTO									
			EXPLOTACIÓN									
MEDIO	COMPONENTE	IMPACTOS GENERADOS	Voladura del suelo	Destrucción de cobertura	Remoción de Cobertura	Operación de maquinaria	Agotamiento de yacimientos	Transporte de material y mineral	Generación de residuos peligrosos	Movimiento de suelo	Generación de aguas residuales	
MEDIO FÍSICO	SUELO	Calidad del suelo	X	X	X				X	X	X	
		Cambios del uso de suelo	X	X	X					X		
		Alteraciones físicas y químicas	X	X	X		X		X	X	X	
		Erosión	X	X	X		X		X	X	X	
	GEOMORFOLOGÍA			X	X	X		X			X	
	AGUA	Calidad del agua superficial	X	X	X		X		X	X	X	
		Calidad del agua subterránea	X				X		X		X	
		Agotamiento de acuíferos					X				X	
	ATMÓSFERA	Calidad del aire	X	X	X	X		X		X		
		Ruido y vibraciones	X	X	X	X		X		X		
		Clima						X				
	MEDIO BIÓTICO	FLORA	Pérdida de cobertura vegetal	X	X	X				X		
Alteración de espacios naturales			X	X	X		X		X	X	X	
FAUNA		Terrestre	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
		Acuática	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
		Avifauna	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MEDIO SOCIOECONÓMICO	Efectos a la salud por contaminación		X	X				X	X	X	X	
	Calidad de vida de la comunidad								X		X	
	Generación de empleo		X	X	X	X		X				
MEDIO CULTURAL Y ESTÉTICO	Paisaje		X	X	X		X		X	X		
	Patrimonio Histórico Arqueológico		X	X	X							
	Cambios de las actividades productivas		X	X	X		X		X		X	

Fuente: Elaboración propia.

Matriz N° 4. Fase del Procesado de Mineral.

FACTOR AMBIENTAL			FASES DEL PROYECTO								
			PROCESADO DE MINERAL								
MEDIO	COMPONENTE	IMPACTOS GENERADOS	Molienda	Flotación del mineral	Proceso metalúrgico	Proceso mineralurgia	Proceso pirometalúrgico	Proceso hidrometalurgia	Generación de aguas ácidas	Secado	Fundición
MEDIO FÍSICO	SUELO	Calidad del suelo		X	X	X			X		
		Cambios del uso de suelo									
		Alteraciones físicas y químicas		X	X	X			X		
		Erosión							X		
	GEOMORFOLOGÍA										
	AGUA	Calidad del agua superficial		X	X	X	X	X	X		
		Calidad del agua subterránea		X	X	X	X	X	X	X	
		Agotamiento de acuíferos		X	X	X		X	X		
	ATMÓSFERA	Calidad del aire	X		X	X	X	X		X	X
		Ruido y vibraciones	X								
Clima							X				
MEDIO BIÓTICO	FLORA	Pérdida de cobertura vegetal						X			X
		Alteración de espacios naturales		X				X	X		X
	FAUNA	Terrestre						X	X		X
		Acuática			X	X	X	X	X	X	X
		Avifauna						X	X		X
MEDIO SOCIOECONÓMICO		Efectos a la salud por contaminación						X	X	X	X
		Calidad de vida de la comunidad						X	X	X	X
		Generación de empleo	X		X	X	X	X	X	X	X
MEDIO CULTURAL Y ESTÉTICO	Paisaje										
	Patrimonio Histórico Arqueológico										
	Cambios de las actividades productivas								X		

Fuente: Elaboración propia.

Matriz N° 5. Fase de Cierre y Recuperación

FACTOR AMBIENTAL			FASES DEL PROYECTO					
			CIERRE Y RECUPERACIÓN					
MEDIO	COMPONENTE	IMPACTOS GENERADOS	Reforestación	Relleno de suelo	Remoción de edificios de oficinas	Eliminación de desechos	Atenuación de estructuras geológicas	Abandono de la mina
MEDIO FÍSICO	SUELO	Calidad del suelo	X	X		X	X	
		Cambios del uso de suelo	X	X			X	
		Alteraciones físicas y químicas	X	X		X		
		Erosión						
	GEOMORFOLOGÍA							
	AGUA	Calidad del agua superficial	X			X		
		Calidad del agua subterránea				X		
		Agotamiento de acuíferos						
	ATMÓSFERA	Calidad del aire	X	X	X	X		
		Ruido y vibraciones			X			
Clima		X						
MEDIO BIÓTICO	FLORA	Pérdida de cobertura vegetal						
		Alteración de espacios naturales	X	X	X	X	X	
	FAUNA	Terrestre	X	X	X	X		
		Acuática	X		X	X		
		Avifauna	X	X	X	X		
MEDIO SOCIOECONÓMICO	Efectos a la salud por contaminación		X			X		
	Calidad de vida de la comunidad		X			X		
	Generación de empleo		X	X	X	X	X	
MEDIO CULTURAL Y ESTÉTICO	Paisaje		X	X	X	X	X	X
	Patrimonio Histórico Arqueológico							
	Cambios de las actividades productivas					X		

Fuente: Elaboración propia.

4.1. Caracterización de impactos

Una vez realizada la presentación de las matrices de impactos ambientales, podemos caracterizar las interacciones ambientales con respecto a las emisiones atmosféricas y su incidencia o impacto en el medio ambiente, ya que esa es la competencia de este trabajo final de máster. Dentro de un EIA para un proyecto de esta actividad es totalmente necesaria la caracterización de todas y cada una de las interacciones de la matriz de impactos [17], [15].

4.1.1. Caracterización de impactos en fase de Exploración

4.1.1.1 Perforación preliminar para muestras

Perforación preliminar para muestras – Medio Físico

Impacto:

Como la exploración es una de las primeras fases en el ciclo de vida de un proyecto minero, la obtención de muestras para su posterior análisis es fundamental para saber el tipo de mineral que se podría extraer, utilizando perforadores o con voladuras, que provocarían emisiones de ruido y vibraciones.

Perforación preliminar para muestras – Medio Biótico

Impacto:

Las consecuencias de emisiones de ruido y vibraciones provocado por perforaciones, alterar la vida silvestre presente en la zona de muestreo.

Perforación preliminar para muestras – Medio Cultural y Estético

Impacto:

Si no se tiene bien caracterizada la zona de posible yacimiento minero, una perforación para muestras puede causar algún daño a una estructura de patrimonio histórico arqueológico.

4.1.2 Caracterización de impactos en la fase de desarrollo.

4.1.2.1 Realización de excavaciones

Realización de excavaciones –Medio Físico

Impacto:

Esta actividad genera emisiones de ruido por las maquinarias y polvo que afectan la calidad del aire y del agua cuando el viento que arrastra el polvo y este precipite en el agua provocando turbidez, o que la excavación sea profunda alterando las aguas subterráneas, y en cuanto a la calidad del suelo este se ve afectado ya que se altera su geomorfología y sus condiciones normales, físicas o químicas, y/o provocando un desgaste o erosión en la superficie del suelo.

Realización de excavaciones –Medio Biótico.

Impacto:

Se alteran los espacios naturales y se pierde la cobertura vegetal, de igual manera como se menciona anteriormente el polvo afecta a las cosechas o siembras cercanas, y el ruido altera a los animales nativos a emigrar.

Realización de excavaciones –Medio cultural y Estético.

Impacto:

Como son excavaciones profundas y de gran magnitud, estas alteran el entorno teniendo un impacto paisajístico, además de que por cualquier circunstancia a la realización de esta actividad afecte a zonas de patrimonio histórico. También el efecto que puede causar una excavación de este tipo es en los cambios en las actividades productivas de la comunidad afectada por esta actividad.

4.1.2.2 Movimientos de vehículos y personal**Movimientos de vehículos y personal –Medio Físico.****Impacto:**

La movilización de vehículos genera nubes de polvo, ruido y gases de combustión de los vehículos que afectan a la calidad del aire, y que influyen en la generación de gases de efecto invernadero.

Movimientos de vehículos y personal –Medio Biótico.**Impacto:**

Se alteran los espacios naturales, y las nubes de polvo afecta a las cosechas o siembras cercanas, y el ruido altera a los animales nativos a emigrar.

Movimientos de vehículos y personal –Medio Socioeconómico.**Impacto:**

El polvo afecta de manera directa a las vías respiratorias del personal de la planta y de las comunidades cercanas a la mina, afectando así en la calidad de vida con un ambiente lleno de polvo.

Movimientos de vehículos y personal –Medio Cultural y Estético.**Impacto:**

El paisaje se ve afectado con la presencia de grandes nubes de polvo, ya que en esta industria los vehículos son de gran tamaño.

4.1.2.3 Transporte de material pesado.**Transporte de material pesado. – Medio Físico.****Impacto:**

Generación de ruido y de grandes nubes de polvo, no solo en el transporte sino también en la descarga del material, además de emisiones gaseosas por el combustible empleado, afectando así en la calidad del aire.

Transporte de material pesado. – Medio Biológico.**Impacto:**

Se alteran los espacios naturales, y las nubes de polvo afecta a las cosechas o siembras cercanas, y el ruido altera a los animales nativos a emigrar.

Transporte de material pesado. – Medio Biológico.**Impacto:**

El paisaje se ve afectado con la presencia de grandes nubes de polvo, ya que en esta industria los vehículos son de gran tamaño.

4.1.2.4 Construcción de rutas de acceso**Construcción de rutas de acceso –Medio Físico**

Impacto:

Como la exploración es una de las primeras fases en el ciclo de vida de un proyecto minero, es fundamental la construcción de rutas para toma de muestras para un posible yacimiento, lo cual afectara a la calidad del suelo ocasionando alteraciones físicas o químicas si es que el suelo era de uso agrícola o virgen.

Para construir las rutas es necesario el uso de maquinaria que generarán polvo alterando así la calidad del aire y de las aguas superficiales aledañas al sitio de exploración ya que, el polvo dispersándose con efecto del viento provoca que el agua se enturbie.

Construcción de rutas de acceso –Medio Biótico.**Impacto:**

Alterar un espacio que era natural para la construcción de rutas de acceso provoca una alteración de espacios naturales aunque sea en menor medida también la producción de polvo produce efectos negativos sobre cosechas o siembras cercanas, además de la generación de ruido que altere la vida silvestre.

Construcción de rutas de acceso –Medio Cultural y Estético**Impacto:**

Dependiendo el sitio de la exploración la alteración del entorno por construir una ruta en donde existía vegetación afectara al paisaje o pueda afectar un sitio que se considere patrimonio arqueológico.

4.1.3 Caracterización de impactos en la fase de explotación.**4.1.3.1 Voladura del suelo.****Voladura del suelo. – Medio Físico.****Impacto:**

Las explosiones con voladuras con focos principales de fuertes ruidos y vibraciones, además de generar grandes nubes de polvo o partículas afectando en la calidad del aire, así como provocando turbidez a las aguas superficiales y alterando las aguas subterráneas. También afectan la calidad del suelo transformando su topología.

Este proceso es el principal foco de emisión de gases, que en su mayoría son gases de efecto invernadero.

Voladura del suelo. – Medio Biótico.**Impacto:**

Las nubes de polvo a causa de las voladuras afectan negativamente a las cosechas y siembras que se encuentren cerca del yacimiento minero, además que sus fuertes ruidos alteran la fauna del entorno.

Voladura del suelo. – Medio Socioeconómico.**Impacto:**

Las emisiones de ruido y polvo provocadas por las voladuras pueden causar problemas de salud, en el personal de trabajo y de las comunidades cercas, afectando así su calidad de vida.

Voladura del suelo. – Medio Cultural y Estético.**Impacto:**

Las voladuras afectan significativamente al entorno transformándolo de su forma natural, alterando así el paisaje, además que por sus fuertes vibraciones puede llegar a afectar o incluso destruir algún patrimonio histórico arqueológico.

4.1.3.2 Destrucción de cobertura

Destrucción de cobertura. – Medio Físico.

Impacto:

Los movimientos de tierra generan polvo, sobre todo de grandes coberturas de terreno o superficie, teniendo consecuencias sobre la calidad del aire, y enturbiando las aguas superficiales, además de alterar la topología del suelo afectando su calidad.

Destrucción de cobertura. – Medio Biótico.

Impacto:

Las nubes de polvo afectan negativamente a las cosechas y siembras que se encuentren cerca del yacimiento minero, además que sus ruidos alteran la fauna del entorno.

Destrucción de cobertura. – Medio Socioeconómico.

Impacto:

El polvo que se genera en la destrucción de la cobertura afecta a las vías respiratorias de las personas.

Destrucción de cobertura. – Medio Cultural y Estético

Impacto:

Igual que en el caso anterior la alteración de cobertura terrestre afecta significativamente al entorno transformándolo de su forma natural, alterando así el paisaje, además que llegar a afectar o incluso destruir algún patrimonio histórico arqueológico.

4.1.3.3 Remoción de cobertura.

Remoción de Cobertura. – Medio Físico.

Impacto:

Cualquier movimiento de tierra genera polvo, sobre todo de grandes coberturas de terreno o superficie, teniendo consecuencias sobre la calidad del aire, y enturbiando las aguas superficiales, además de alterar la topología del suelo afectando su calidad.

Remoción de Cobertura. – Medio Biótico.

Impacto:

Como se ha mencionado anteriormente las nubes de polvo afectan negativamente a las cosechas y siembras que se encuentren cerca del yacimiento minero, además que sus ruidos alteran la fauna del entorno.

Remoción de Cobertura. – Medio Socioeconómico.

Impacto:

El polvo que se genera en la destrucción de la cobertura afecta a las vías respiratorias de las personas.

Remoción de Cobertura. – Medio Cultural y Estético.

Impacto:

La alteración de cobertura terrestre afecta significativamente al entorno transformándolo de su forma natural, alterando así el paisaje, además que llegar a afectar o incluso destruir algún patrimonio histórico arqueológico.

4.1.3.4 Operación de maquinaria.

Operación de maquinaria. – Medio Físico.

Impacto:

Las máquinas y equipos generan fuertes ruidos, además de gases de combustión por el uso de combustible a base de petróleo.

Operación de maquinaria. – Medio Biótico.**Impacto:**

El ruido provocado por las maquinarias altera la fauna de la zona, sobre todo si algunas especies están en etapa de reproducción y del desplazamiento de los animales de su hábitat.

Operación de maquinaria. – Medio Socioeconómico.**Impacto:**

Los fuertes ruidos pueden provocar daños auditivos al personal, además de causar molestias a las personas de las comunidades cercanas.

4.1.3.5 Transporte de material y mineral**Transporte de material y mineral. – Medio Físico.****Impacto:**

El transporte del mineral genera polvo en las rutas del transporte.

Transporte de material y mineral. – Medio Biótico.**Impacto:**

El polvo afecta negativamente a las cosechas y siembras.

Transporte de material y mineral. – Medio Socioeconómico.**Impacto:**

El polvo como ya se ha mencionado causa problemas en las vías respiratorias.

4.1.4 Caracterización de impactos en la fase de procesado del mineral**4.1.4.1 Molienda****Molienda. – Medio Físico.****Impacto:**

El proceso de molienda al reducir grandes cantidades de material produce material particulado y polvo, afectando la calidad del aire, además de sus fuertes emisiones de ruido que perturban el entorno.

Molienda. – Medio Biótico.**Impacto:**

Las grandes nubes de polvo y partículas afectan en la cosecha y siembra, además de ahuyentar a la fauna de la zona cercana a la mina.

Molienda. – Medio Socioeconómico.**Impacto:**

Como se ha mencionado anteriormente la presencia de partículas en el aire causa problemas en las vías respiratorias de las personas.

4.1.4.2 Proceso metalúrgico.

Proceso metalúrgico. – Medio Físico.

Impacto:

Dentro de este proceso se generan polvos y gases que afectan la calidad del aire, también de aguas ácidas que causa graves daños a la calidad de las aguas subterráneas como superficiales.

Proceso metalúrgico. – Medio Biótico.

Impacto:

Las aguas ácidas es un problema para las especies acuáticas en las aguas alterando su hábitat natural y su existencia.

Proceso metalúrgico. – Medio Socioeconómico.

Impacto:

La presencia de partículas en el aire causa problemas en las vías respiratorias de las personas, además la probabilidad de contagiarse de otro tipo de enfermedades por las aguas contaminadas del entorno.

4.1.4.3 Proceso mineralurgia.

Proceso mineralurgia. Medio Físico.

Impacto:

Al igual que en los procesos de metalurgia se generan polvos y gases que afectan la calidad del aire, también de aguas ácidas que causa graves daños a la calidad de las aguas subterráneas como superficiales.

Proceso mineralurgia. – Medio Biótico.

Impacto:

Las aguas ácidas es un problema para las especies acuáticas en las aguas alterando su existencia y su hábitat natural.

Proceso mineralurgia. – Medio Socioeconómico.

Impacto:

Como en el proceso anterior la presencia de partículas en el aire causa problemas en las vías respiratorias de las personas, además la probabilidad de contagiarse de otro tipo de enfermedades por las aguas contaminadas del entorno.

4.1.4.4 Proceso pirometalúrgico.

Proceso pirometalúrgico. – Medio Físico.

Impacto:

La pirometalurgia genera emisiones de gases de efecto invernadero como el SO₂, CO, y CO₂, originando un impacto negativo sobre la calidad del aire, y derivando a otros problemas ya que el SO₂ reacciona con el agua en fase líquida o vapor provocando así lluvias ácidas.

Proceso pirometalúrgico. – Medio Biótico.

Impacto:

La emisión de gases que pueden acidificar las aguas, causando problemas en la vida acuática.

Proceso pirometalúrgico. – Medio Socioeconómico.

Impacto:

El aire con grandes cantidades de gases de efecto invernadero provocados en la pirometalurgia provoca problemas respiratorios para las poblaciones cercanas al yacimiento minero.

4.1.4.5 Proceso hidrometalúrgico.**Proceso Hidrometalúrgico. – Medio Físico.****Impacto:**

En este tipo de procesos se generan aerosoles ácidos y mercurio gaseoso que afectan la calidad del aire, así como también causan alteraciones en las aguas.

Proceso Hidrometalúrgico. – Medio Biótico.**Impacto:**

Los aerosoles ácidos que se generan por los aspersores, provocan daños en la vegetación como en cosechas y siembras además de alterar la vida silvestre.

Proceso Hidrometalúrgico. – Medio Socioeconómico.**Impacto:**

La presencia de aerosoles ácidos como de mercurio gaseoso causa daños en la salud de las personas, provocando una mala calidad de vida.

4.1.4.6 Secado.**Secado. – Medio Físico.****Impacto:**

El proceso de secado de minerales genera gases de efecto invernadero que se emiten a la atmósfera alterando la calidad del aire, como también acidificando las aguas superficiales.

Secado. – Medio Biótico.**Impacto:**

Por el efecto de acidificar las aguas se altera la vida acuática.

Secado. – Medio Socioeconómico.**Impacto:**

La presencia de gases de efecto invernadero causa problemas de salud a las personas que viven cerca del foco de emisión.

4.1.4.7 Fundición.**Fundición. – Medio Físico.****Impacto:**

Se generan gases de efecto invernadero que afectan la calidad del aire.

Fundición. – Medio Biótico.**Impacto:**

Los gases de efecto invernadero afectan la vegetación, y a la vida silvestre de la zona.

Fundición. – Medio Socioeconómico.**Impacto:**

La presencia de gases de efecto invernadero causa problemas de salud a las personas que viven cerca del foco de emisión.

4.1.5 Caracterización de impactos en la fase de cierre y recuperación**4.1.5.1 Reforestación.****Reforestación. - Medio Físico.****Impacto:**

La reforestación tiene un impacto importante en el medio físico para recuperar la calidad del aire, suelo y agua.

Reforestación. - Medio Biótico.**Impacto:**

Se repoblará de vegetación y de vida silvestre, existiendo un mejor entorno.

Reforestación. - Socioeconómico.**Impacto:**

La presencia de áreas verdes en donde fue zona de explotación minera dará grandes cambios en la calidad del aire que puedan respirar.

Reforestación. – Cultural y Estético.**Impacto:**

La recuperación de un entorno verde será positivo para la estética paisajística.

4.1.5.2 Relleno de suelo**Relleno de suelo. – Medio Físico.****Impacto:**

Como se mencionó anteriormente, cualquier movimiento del suelo provoca nubes de polvo que afectan la calidad del aire, y si hay aguas superficiales cercanas, el polvo puede precipitar afectando en su turbidez.

Relleno de suelo. – Medio Biótico.**Impacto:**

El polvo afecta a las cosechas y siembra.

Relleno de suelo. – Medio Socioeconómico.**Impacto:**

El polvo afecta de manera directa a las vías respiratorias del personal de la planta y de las comunidades cercanas a la mina, afectando así en la calidad de vida con un ambiente lleno de polvo.

Relleno de suelo. – Medio Cultural y Estético.**Impacto:**

Sin dudas esta actividad tendrá su efecto en el contorno del paisaje.

4.1.5.3 Remoción de edificios de oficina.

Remoción de edificios de oficina. – Medio Físico.

Impacto:

Esto generara las emisiones de nubes grandes de partículas que afecta en la calidad del aire y de ruido.

Remoción de edificios de oficina. – Medio Biótico.

Impacto:

La generación de polvo afecta negativamente a las cosechas y siembra de la agricultura, además de alterar la fauna por la emisión de ruidos.

Remoción de edificios de oficina. – Medio Socioeconómico.

Impacto:

El ruido polvo afecta de manera directa a la salud del personal de la planta y de las comunidades cercanas a la mina, afectando así en la calidad de vida.

Remoción de edificios de oficina. – Medio Cultural y Estético

Impacto:

La no presencia de edificios en áreas que habían sido de origen natural, afectara al entorno apreciando un mejor paisaje.

4.1.5.4 Eliminación de desechos.

Eliminación de desechos. – Medio Físico.

Impacto:

Los desechos mineros son de gran volumen y muchos de ellos son tóxicos afectando a la calidad del suelo y del agua y que además la presencia del viento arrastrara las partículas más finas generando un ambiente polvoso.

Eliminación de desechos. – Medio Biótico.

Impacto:

Puede haber aguas ácidas que afecten la vida acuática y de los animales silvestres que beban de ella, además por el arrastre de polvo por el viento esto afecta a la agricultura.

Eliminación de desechos. – Medio Socioeconómico.

Impacto:

La contaminación de aguas, suelo y aire hace que sea un ambiente propenso a enfermedades para las poblaciones cercanas.

Eliminación de desechos. – Medio Cultural y Estético.

Impacto:

Los desechos son de gran volumen que ocupan extensiones amplias de terreno, alterando así el paisaje.

5 SITUACIÓN ACTUAL DE MANABÍ

5.1. Diagnóstico.

5.1.1. Normativa

Las actividades mineras en el Ecuador están reguladas bajo la Ley de Minería del Registro Oficial Suplemento 517, entrando en vigencia el 29 de enero del 2009, donde en su artículo primero expresa como objeto de la ley lo siguiente. “*La presente Ley de Minería norma el ejercicio de los derechos soberanos del Estado Ecuatoriano, para administrar, regular, controlar y gestionar el sector estratégico minero, de conformidad con los principios de sostenibilidad, precaución, prevención y eficiencia.*” [18].

Es por ello que la entidad estatal encargada de controlar, vigilar, auditar, fiscalizar y sancionar en todas las fases de una mina es la Agencia de Regulación y Control Minero, que está dentro de la jurisdicción del Ministerio de Minerías. Sin embargo solo hay 10 coordinaciones regionales en todo el país de las cuales 2 de ellas se encuentran en la región costa, en las provincias de El Oro y del Guayas respectivamente, siendo ésta última donde las canteras de la provincial de Manabí tienen que realizar sus trámites. Esto es debido a que las 10 coordinaciones regionales se encuentran repartidas en las provincias cuya actividad minera es grande y que son las más representativas del país.

El artículo 16 de la Ley de Minería (párrafo 3º) refiere para la exploración y explotación de los recursos mineros una estrategia de sostenibilidad ambiental pública que permitirá la fiscalización, contraloría, regulación y prevención de la contaminación y remediación ambiental, así como el fomento de la participación social y la veeduría ciudadana. Actualmente no existe esta estrategia de sostenibilidad ambiental para los recursos mineros.

Sin embargo el Ecuador cuenta con un Plan Nacional de Desarrollo “Toda una Vida”, donde hace mención a ciertas propuestas referentes a la sustentabilidad ambiental y gestión de riesgos de manera genérica, convirtiéndose en el punto de partida para el país, en la toma de medidas de actuación de interés ambiental.

Adicionalmente el país cuenta con un Reglamento Ambiental para Actividades Mineras, que sirve de referencia para la fiscalización, regulación, prevención y remediación ambiental, más adelante se detallará el objeto de este reglamento, logrando así que este reglamento sea lo más cercano a una estrategia de sostenibilidad ambiental para los recursos mineros.

Cabe mencionar que la ley de minería del Ecuador clasifica a las actividades mineras como:

- Minería artesanal y de sustento.
- Pequeña Minería
- Mediana y Gran Minería

Minería artesanal y de sustento:

Las actividades en minería artesanal como lo estipula el artículo 134 de la ley de minas, se caracterizan por la utilización de maquinarias y equipos con capacidades limitadas de carga y producción de conformidad con el instructivo aprobado por el directorio de la Agencia de Regulación y Control Minero destinados a la obtención de minerales, cuya comercialización en general permita cubrir las necesidades de la comunidad, de las personas o grupo familiar que las realiza, únicamente, dentro de la circunscripción territorial respecto de la cual se hubiere otorgado el correspondiente permiso [18].

Rangos de producción

- a) **Para minerales metálicos:** Hasta 10 toneladas por día en minería subterránea y 120 metros cúbicos por día en minería de aluviales.
- b) **Para minerales no metálicos:** Hasta 50 toneladas por día.
- c) **Para materiales de construcción:** Hasta 100 metros cúbicos por día para minería de aluviales o materiales no consolidados; y, 50 toneladas métricas por día en minería a cielo abierto en rocas duras.

Pequeña Minería:

En el Ecuador se considera pequeña minería aquella que, en razón de las características y condiciones geológico mineras de los yacimientos de sustancias minerales metálicas, no metálicas y materiales de construcción, así como de sus parámetros técnicos y económicos, se hace viable su explotación racional en forma directa, sin perjuicio de que le precedan labores de exploración, o de que se realicen simultáneamente las labores de exploración y explotación [18].

Rangos de producción

- a) **Para minerales metálicos:** hasta 300 toneladas por día en minería subterránea; hasta 1000 toneladas por día en minería a cielo abierto; y, hasta 1500 metros cúbicos por día en minería aluvial;
- b) **Para minerales no metálicos:** hasta 1000 toneladas por día; y,
- c) **Para materiales de construcción:** hasta 800 metros cúbicos para minería en terrazas aluviales; y, 500 toneladas métricas por día en minería a cielo abierto en roca dura (cantera).

Mediana y Gran Minería.**Mediana Minería:**

Según el artículo 133 de la ley de minerías del Ecuador, se considera mediana minería aquella que, en razón del tamaño de los yacimientos dependiendo del tipo de sustancias minerales metálicas y no metálicas, se ha llegado a cuantificar reservas que permitan efectuar la explotación de las mismas por sobre el volumen de procesamiento establecido para el régimen especial de pequeña minería y hasta el volumen establecido en los artículos siguientes [18].

Además podrán optar por la modalidad de mediana minería, quienes habiendo iniciado sus operaciones bajo el régimen de pequeña minería, en la evolución de sus labores simultáneas de exploración y explotación hubieren llegado a la cuantificación de recursos y reservas mineras que permitan el incremento de la producción [18].

Rangos de producción

- a) **Para minerales metálicos:** De 301 hasta 1000 toneladas por día en minería subterránea; de 1001 hasta 2000 toneladas por día en minería a cielo abierto; y, desde 1501 hasta 3000 metros cúbicos por día en minería aluvial.
- b) **Para minerales no metálicos:** Desde 1001 hasta 3000 toneladas por día.
- c) **Para materiales de construcción:** Desde 801 hasta 2000 metros cúbicos para minería en terrazas aluviales; y, desde 501 hasta 1000 toneladas métricas en minería a cielo abierto en roca dura (cantera).

Gran Minería o Minería a gran escala:

Se considera minería a gran escala, aquella que supere los volúmenes máximos establecidos para la modalidad de mediana minería [18].

Dentro del todo el marco legislativo correspondiente a las actividades mineras también, se cuenta con una normativa de carácter ambiental que entró en vigencia por Acuerdo Ministerial Nro. 037 en el Registro Oficial Nro. 213 del 27 de marzo del 2014, denominada Reglamento Ambiental para Actividades Mineras (RAAM)

siendo la autoridad competente el Ministerio del Ambiente de llevar el control y cumplimiento de este reglamento, que según lo expresado en su artículo segundo tiene como objeto el de *“promover el desarrollo sustentable de la minería en el Ecuador, a través del establecimiento de normas, procedimientos, procesos y subprocesos, para prevenir, controlar, mitigar, rehabilitar, remediar y compensar los efectos que las actividades mineras puedan tener sobre el medio ambiente y la sociedad, en todo el territorio nacional”* [19].

Es decir que para una actividad minera en el Ecuador tiene la obligación de presentar su estudio de impacto ambiental al Ministerio del Ambiente correspondiente a su jurisdicción para obtener la debida licencia ambiental previo al inicio de sus actividades y que dependiendo del tipo de minería el titular de la mina obtendrá una de las categorías de licencia ambiental.

Por ello para la pequeña minería según el artículo 132 del RAAM el titular deberá obtener necesariamente una licencia ambiental para sus operaciones de exploración/explotación simultáneas debiendo contar para el efecto con estudios ambientales específicos y simplificados, para lo cual la licencia ambiental será de categoría IV. Los promotores del proyecto deberán presentar un estudio unificado para actividades de exploración y explotación simultánea y podrán ser incluidas las fases de beneficio o procesamiento cuando el mineral provenga de la misma concesión minera [19].

Para el caso de la minería artesanal descrito en el artículo 133 del RAAM, el Ministerio del Ambiente ejercerá las potestades que se desprenden de la evaluación ambiental, prevención y control de la contaminación ambiental y de calidad ambiental en general, en las actividades de la minería artesanal autorizadas por el Ministerio Sectorial; para lo cual la licencia ambiental será de categoría II y se obtendrá mediante la elaboración de una ficha ambiental y plan de manejo ambiental simplificado. Para la obtención de la licencia ambiental categoría II, el Ministerio del Ambiente reconocerá la agrupación de unidades económicas populares, emprendimiento unipersonales, familiares y domésticos de los beneficiarios de los permisos mineros que se unieren con medidas comunes de solución a los problemas ambientales. La ficha ambiental contará con planes de manejo específico y simplificado para la minería artesanal cuyos contenidos mínimos constarán en el Acuerdo Ministerial correspondiente, emitido por el Ministerio del Ambiente [19].

Por último para la minería a mediana y gran escala formarán parte de las categorías II, III y IV, de acuerdo a su fase; y deberán obtener una licencia ambiental previo a iniciar la ejecución de su actividad, conforme a los procedimientos determinados en la normativa minero-ambiental aplicable, la categorización ambiental nacional, y las normas establecidas por la autoridad ambiental competente [19].

5.1.2. Actividad minera y control atmosférico en Manabí.

La provincia de Manabí se encuentra situada en la región costa de la República del Ecuador siendo la cuarta provincia de veinte y cuatro de mayor extensión por sus 19.427 km², y teniendo una población de 1'369.780 habitantes según el último censo realizado en el 2010 [20]. Dentro de las actividades principales tiene a la ganadería, pesca e industria y posee un clima variado entre clima tropical húmedo y subtropical.

Aunque las actividades mineras no están consideradas como una de las principales actividades de la provincia, de Manabí, es una actividad generadora de empleo sobre todo para las personas que viven aledañas al depósito minero.

Las actividades mineras que operan en la provincia de Manabí en general se las conoce en su mayoría como pequeña minería, y son minas a cielo abierto de tipo CANTERAS, es decir que el tipo de material que tratan son, basaltos, gravas, áridos y pétreos, aunque también hay un gran número de minería artesanal que se realiza dentro de la provincia.

De todos los cantones de la provincial de Manabí que tienen actividad minera, son los cantones o ciudades que se encuentran en la zona centro como Portoviejo, Manta, Jaramijó, Montecristi, Pichincha y Tosagua, y en la zona norte como El Carmen, Flavio Alfaro y Chone, donde trabajan con material pétreo y arena ya que las canteras de esta zona estan ubicadas en cauce de los ríos de sus respectivos cantones. Las canteras de la zona

centro que se encuentran operando en el cerro Jaboncillo son consideradas las más importantes de la provincia, por la calidad y cantidad de material que tratan, lo que corresponde a canteras de las ciudades de Portoviejo, Montecristi y Jaramijó.

Cabe recalcar que el cerro Jaboncillo también llamado cerro de Hojas junto con los cerros Guayabal, Verde, y Bravo que ocupan un área aproximada de 8 mil hectáreas, fueron declarados patrimonio cultural y arqueológico el 3 de junio del 2009, y es justo en estos cerros donde canteras de la zona centro tienen actividad, provocando que en reiteradas ocasiones existan confrontamientos sociales con grupos de prevención, mantenimiento y control del patrimonio cultural, logrando que en alguna ocasión el cierre de canteras cercanas al área arqueológica [21].

El tipo de material que se extraen de las canteras es utilizado para la construcción de cualquier tipo de edificación, así como para la pavimentación, construcción y reconstrucción de calles, además la provincia no cuenta con ningún tipo de minería metálica. Las canteras de la provincia de Manabí en general cuentan con un proceso típico de canteras como son, el uso de explosivos para extracción de material, trituración, tamizado, y además del uso maquinarias como volquetas, y escabadoras.

Generalmente estas canteras no generan residuo ya que casi todo el material de construcción que extraen se comercializa, bien sea para cambios de suelo en construcción de viviendas, pavimentación de calles, relleno de tierra para calles no pavimentadas, etc.

Según una información adquirida a través de ciertas canteras mediante entrevistas, las canteras dentro de su plan ambiental controlan la emisión de partículas mediante riego por tanqueros y mangas protectoras en las salidas de las bandas para evitar que el polvo se disperse ya que la emisión de polvo es el principal contaminante de estas canteras. En lo que respecta al ruido, se usan equipos como sonómetros para monitorear los niveles de ruido, además del uso de equipos de protección para los trabajadores, y las emisiones de gases solo se contempla a los gases que salen de los tubos de escapes de las maquinarias. Además el estado obliga a las canteras a una auditoría ambiental con planes de mitigación que se realiza anualmente [22].

El Gobierno Provincial de Manabí cuenta con 27 minas de tipo artesanal al nivel provincial legalizadas con sus permisos mineros y ambientales, sin embargo actualmente existen otras minas que se encuentran caducadas y están en proceso de revisión por parte de la Dirección de Obras Públicas para solicitar la renovación de las mismas.

El material a tratar en la minería artesanal lo define la Dirección de Obras Públicas, que por lo general es:

- ✓ Canto Rodado.
- ✓ Material de Mejoramiento.
- ✓ Material Pétreo.

La diferencia de la minería artesanal con las canteras, es que en su proceso no utilizan moladora evitando así la generación de material particulado, además de no utilizar dinamita para la explotación, por lo que prácticamente solo desencapan en el lugar de extracción, con el uso de tractores para desbrazar, de esta manera obtienen el material para comercializar y una vez finalizada la actividad de extracción se realizan informes de cumplimiento para ser presentados a los Ministerios de Ambiente y Minería.

Tabla N° 5-1 Listado de minas artesanales en Manabí.

N°	NOMBRE DEL ÁREA	CANTÓN	PARROQUIA
1	MINA EL AJI	BOLÍVAR	MEMBRILLO
2	MINA RIO PUPUSA	EL CARMEN	EL CARMEN

3	MINA 3 ESQUINAS	CHONE	CONVENTO
4	MINA ESTEROSECO	PEDERNALES	10 DE AGOSTO
5	MINA ÑAUCE	CHONE	SANTA RITA
6	MINA PUERTO NUEVO	EL CARMEN	SAN PEDRO DE SUMA
7	MINA PANGORA	JIPIJAPA	PEDRO PABLO GOMEZ
8	CANTERA SAN LUIS	FLAVIO ALFARO	FLAVIO ALFARO
9	CANTERA CAÑITAS	SUCRE	CHARAPOTO
10	LA DIOSA	JAMA	JAMA CABECERA CANTONAL
11	LA PILA	MONTECRISTI	LA PILA
12	EL ESCONDIDO	JAMA	JAMA CABECERA CANTONAL
13	MINA CORNETA	CHONE	CONVENTO
14	BOCA PAPAYA	JAMA	JAMA CABECERA CANTONAL
15	MINA JOA	JIPIJAPA	JULCUY
16	MINA 10 DE AGOSTO	PEDERNALES	10 DE AGOSTO
17	MINA RIO AYAMPE	PUERTO LOPEZ	SALANGO
18	MINA BETILLAL	CHONE	CONVENTO
19	BARRETO	JAMA	JAMA CABECERA CANTONAL
20	MINA MACHE	PEDERNALES	COJIMIES
21	MINA NILE	PEDERNALES	ATAHUALPA
22	MINA YUCATAN	PAJAN	CASCOL
23	MINA TAMARINDO	PUERTO LOPEZ	PUERTO DE CAYO

24	MINA JULCUY	JIPIJAPA	JULCUY
25	MINA TUAREZ	FLAVIO ALFARO	FLAVIO ALFARO
26	MINA LAS ANTENAS	PEDERNALES	COJIMIES
27	MINA SANCAN	JIPIJAPA	SANCAN

Fuente: Gobierno Provincial de Manabí

Dentro del Reglamento Ambiental de Actividades Mineras del Ministerio del Ambiente, dan autoridad para que los Gobiernos Autónomos Descentralizados de la República del Ecuador tengan autoridad para control del régimen ambiental, como lo indica el artículo 6 del RAAM. *“El Ministerio del Ambiente, como Autoridad Ambiental Nacional rectora del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental, tiene a su cargo la coordinación con los organismos del Estado, Gobiernos Autónomos Descentralizados y Organismos Seccionales, que tengan competencia en materia de protección ambiental y uso y manejo de recursos naturales no renovables con el objeto de verificar el cumplimiento del régimen ambiental vigente en la República del Ecuador”* [19].

Consecuentemente debido a la repartición de obligaciones el control del plan ambiental de las canteras en la provincia de Manabí es responsabilidad de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD), o conocido también como Municipios, pero en los casos denominados de libre aprovechamiento, es decir en donde se requiera de las canteras para extraer material de construcción de un volumen específico para una obra específica, sea de un municipio, parroquia o provincia, la autoridad competente del control ambiental es el Ministerio del Ambiente. Sin embargo cualquiera de estas entidades públicas puede realizar una auditoría y realizar algún tipo de sanción en caso de alguna infracción o incumplimiento de la ley.

La provincia de Manabí no cuenta con estaciones de monitoreo para el control del aire, ya que solo existen 3 estaciones de control de la calidad del aire en todo el Ecuador, siendo las ciudades de Quito, Cuenca y Guayaquil en poseerlas, dentro de la provincia de estudio solo cuenta con 5 estaciones meteorológicas ubicadas en las ciudades de Portoviejo, Manta, Pedernales, Bahía y Chone, dificultando así la información de la calidad del aire y como esta incidiendo en la salud de los habitantes de la provincia manabita.

En un estudio realizado 2016 por la Organización Mundial de la Salud a 3000 ciudades de 103 países, sobre la calidad del aire en cuanto a la presencia de PM_{2.5} detalló que las ciudades de Portoviejo y Manta de la provincia de Manabí superan la concentración límite establecido por la OMS, que es de 10ug/m³ [23], aunque la Normativa Ecuatoriana de Calidad del Aire indica que el límite máximo permisible anual es de 15ug/m³. [24].

Figura N° 5-1. Nivel de polución del aire en Ecuador (anual).



Fuente: Informe de la Organización Mundial de la Salud. [25]
Elaborado por: Diario la Hora.

Por lo tanto para poder abordar la tarea de saber cuanto de las emisiones que se producen en las canteras tienen una inmisión sobre alguna población cercana al depósito minero, podemos recurrir a 3 alternativas:

1. Modelización por medio de un software.
2. Red de control de la calidad del aire.
3. Correlación teórica.

Como es un trabajo académico contar con un software está fuera del alcance debido al coste alto de la licencia, además de la necesidad de obtener una base de datos compleja que pueden alterar la veracidad de los resultados con márgenes de errores altos.

Como ya se mencionó Manabí no cuenta con una red de control de la calidad del aire, por lo tanto una alternativa era de comparar con la red de control de Guayaquil ya que por ser la más cercana es la única en la región costa, pero no existe relación entre la red de control con las actividades mineras ya que existen muchos factores que afectarían al resultado, ya que en la provincia donde se encuentra la ciudad de Guayaquil existe una mayor actividad industrial, donde se encuentran las principales fábricas del país, además de tener más del doble de habitantes en la provincia en comparación con Manabí.

Por lo tanto la correlación teórica es una alternativa que para este trabajo ayudará para estimar algunas situaciones que pueden ocurrir debido a la presencia de material particulado (PM_{10} y $PM_{2,5}$), por emisión de las canteras, aunque depende de muchos factores determinar los niveles de inmisión por lo que existen dos factores que son importante a tomar en cuenta:

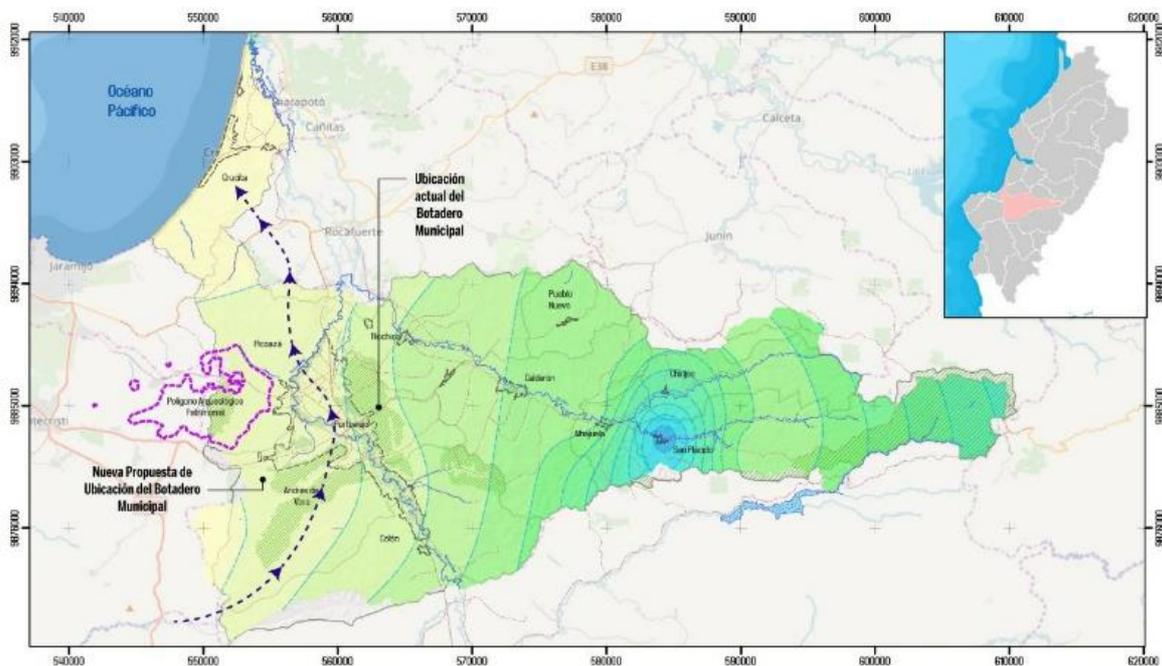
- **Factor orográfico:** Se refiere al relieve y su importancia en los movimientos atmosféricos y por consiguiente fenómenos de contaminación atmosférica. Esta importancia de la orografía es especialmente destacable en la mesoescala, por ejemplo, en el caso de un valle cerrado, es fácil que los contaminantes sean arrastrados hacia el interior y luego se queden atrapados en el fondo del valle,

causando importantes aumentos de la concentración de contaminantes. También es frecuente que se formen inversiones térmicas sobre depresiones rodeadas de montañas [26].

- Factor meteorológico:** Es un factor decisivo y que se debe analizar con cautela debido a que el aire se comporta diferente según la altura a la que se encuentre (presión) y la temperatura. Por eso se estudian las diferentes distribuciones verticales de la temperatura en la troposfera, conocidas como estratificaciones, que varían según la situación meteorológica y que afectan en gran medida a la dispersión de los contaminantes. Estas estratificaciones pueden favorecer o desfavorecer los movimientos ascendentes de estos contaminantes, dificultando su dispersión, también se tienen en cuenta posibles inversiones térmicas, vientos, turbulencias, la aparición de lluvias, etc. En el caso del viento, se observa que los vientos bajos o en calma no facilitan la dispersión del contaminante, que permanece cerca de la fuente de emisión. En cambio, los vientos fuertes alejan y dispersan a los contaminantes [26].

Como datos de partida para realizar una estimación vamos a tomar en consideración a las canteras de la zona centro, específicamente de las que se encuentran en el cerro Jaboncillo, debido a que dos de los tres cantones que tienen activada en el cerro, cuentan con equipos de medición meteorológico, además de tener una referencia mas precisa en la ubicación, ya que en las canteras de la zona norte no existe mucha información en cuanto a la ubicación.

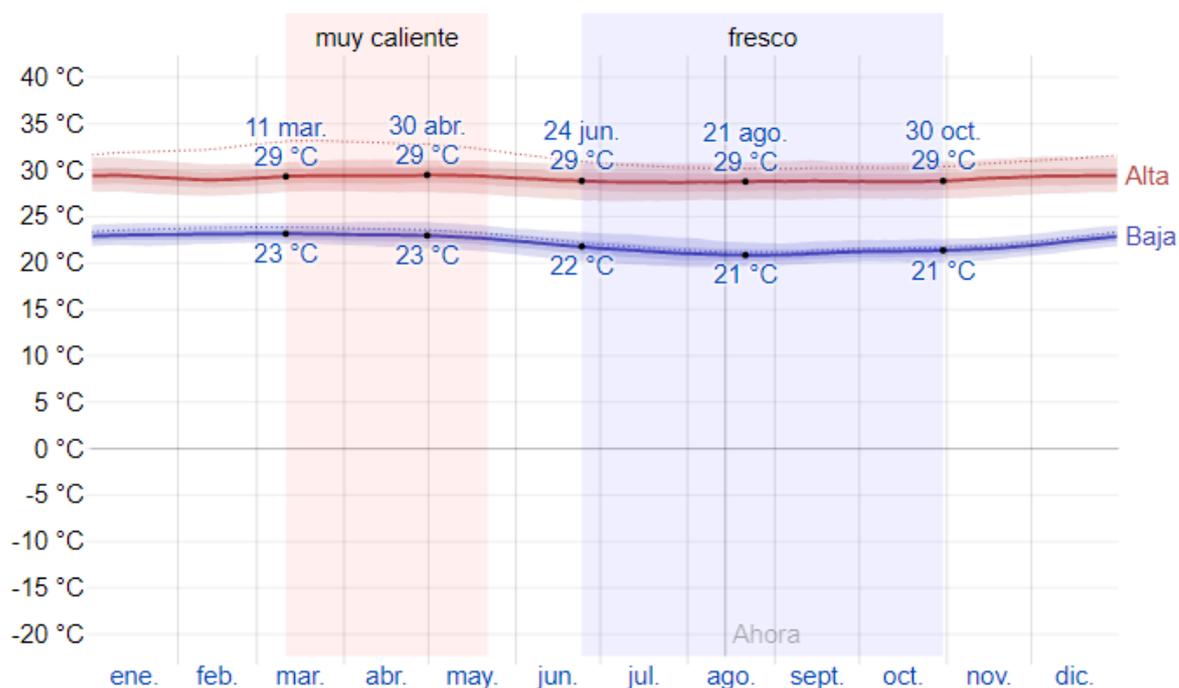
Figura N° 5-2. Zona del cerro Jaboncillo - Cantón Portoviejo.



Fuente: GAD Municipal de Portoviejo

La temperatura promedio de los cantones en la zona centro y de prácticamente toda la provincia de Manabí varía de 20°C hasta 29°C, siendo la época más calurosa entre los meses de enero hasta mayo, esto también se debe a la alta presencia de humedad ya que en invierno por la presencia de lluvias la humedad es alta y la sensación térmica es aun mayor, y la época más fresca varía entre los meses de julio a octubre correspondiente a la época seca o verano, ya que en el Ecuador por estar en la mitad del mundo solo existen dos estaciones [27].

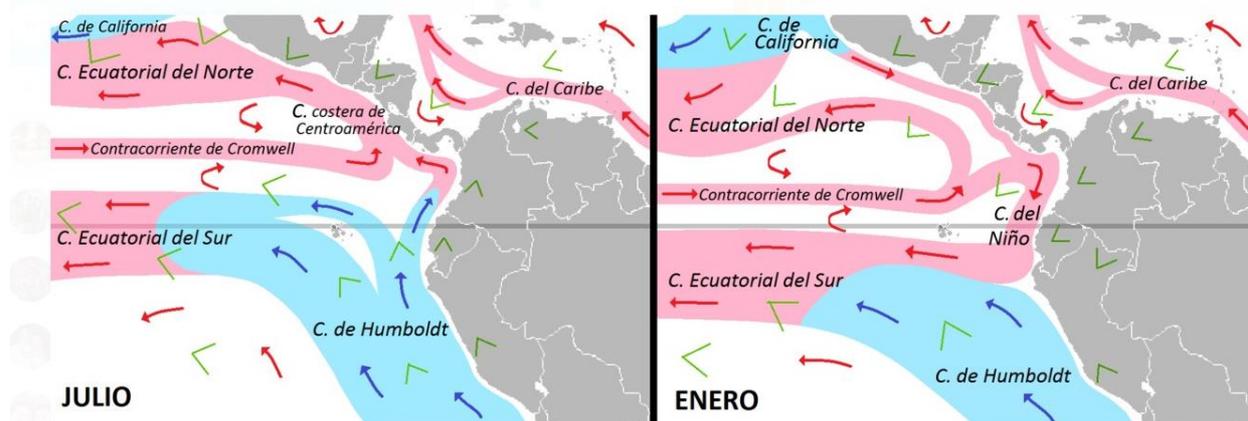
Figura N° 5-3. Temperatura Promedio anual del cantón Portoviejo.



Fuente: Weather Spark. Dirección: <https://es.weatherspark.com/y/18295/Clima-promedio-en-Portoviejo-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o> [27]

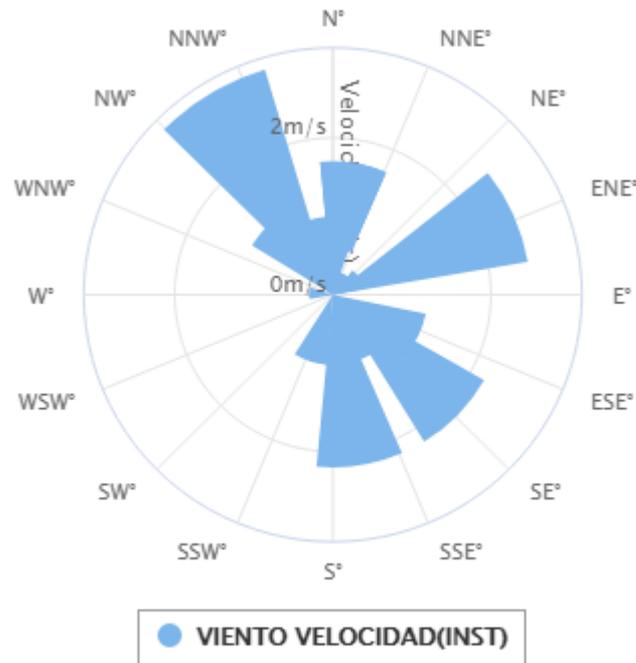
La dirección del viento promedio anual es en su mayoría la dirección Norte -Oeste casi para toda la provincia de Manabí [28], y es debido a las corrientes oceánicas que afectan no solo a la provincia sino al Ecuador y algunos países de Sur América, ya que tenemos la corriente fría de Humboldt y a la corriente ecuatorial o la corriente caliente del niño.

Figura N° 5-4. Corriente del niño y de Humboldt.



Fuente: De Maulucioni - Trabajo propio, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=39781545>

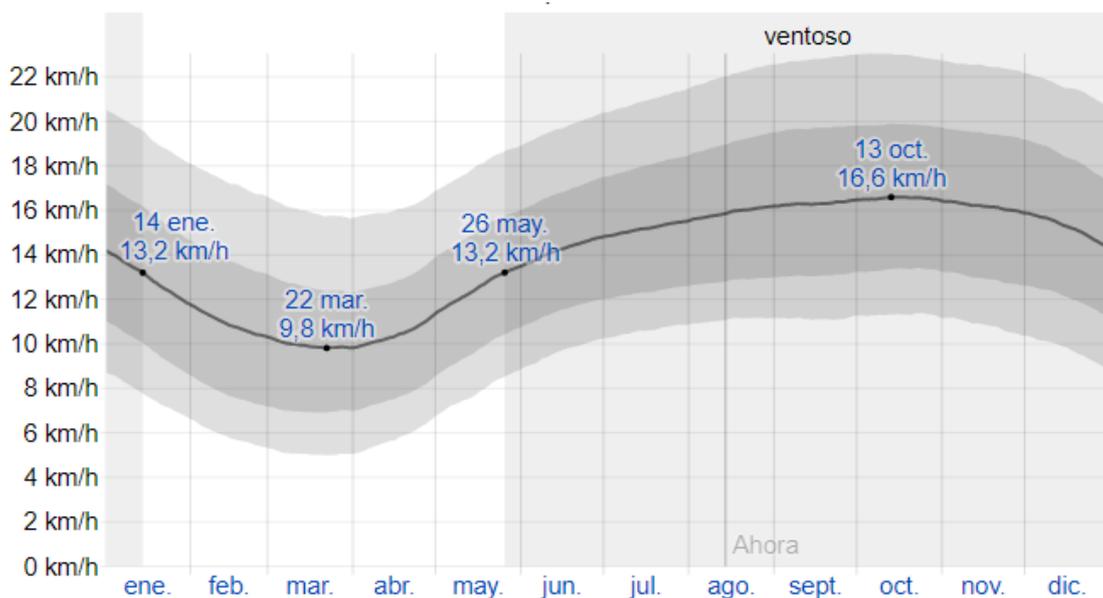
Figura N° 5-5. Rosa de los vientos promedio anual de Portoviejo



Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). [28].

La velocidad del viento promedio anual en la provincia de Manabí varía en algunos cantones, ya que, esta provincia se caracteriza por tener ciudades con poco o mucho relieve y valles, y que dependiendo de la época del año se pueden obtener velocidades máximas promedio anuales de 9,8 km/h y de 16 km/h, teniendo en cuenta que las velocidades pueden variar respecto a cada hora [27].

Figura N° 5-6. Velocidad promedio anual de Portoviejo.



Fuente: Weather Spark. Dirección: <https://es.weatherspark.com/v/18295/Clima-promedio-en-Portoviejo-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>. [27].

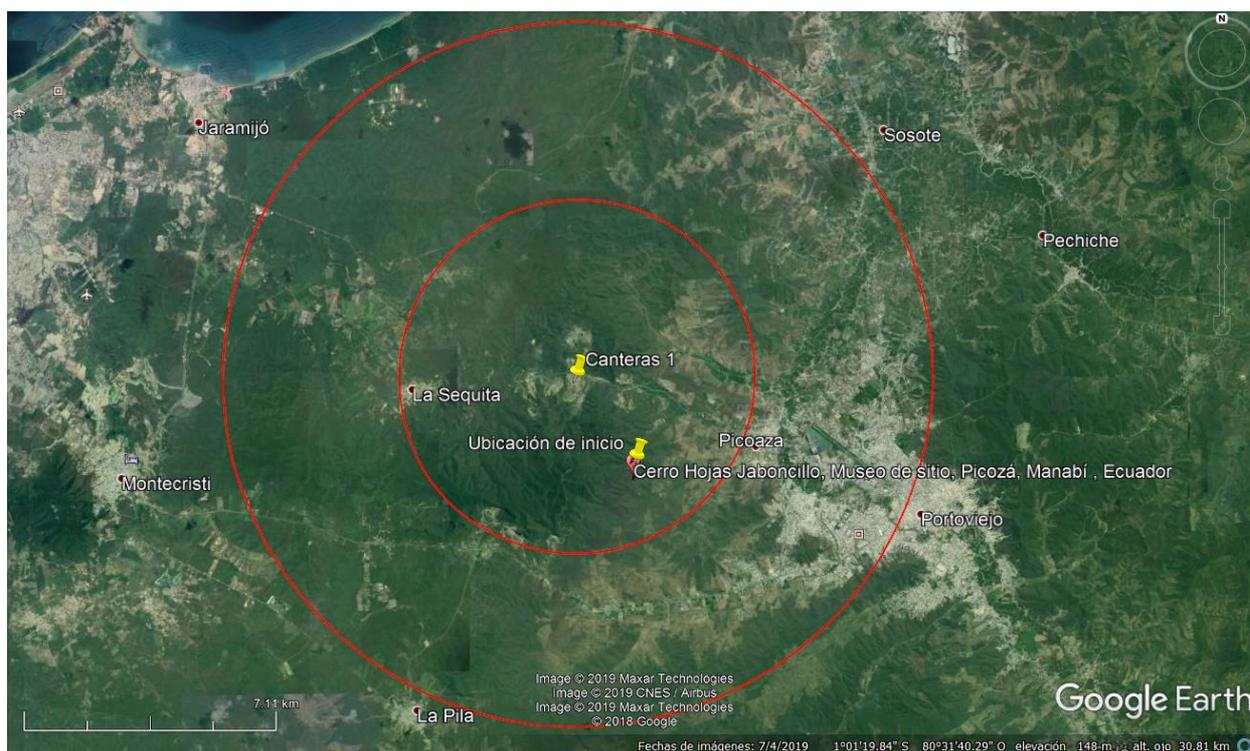
5.1.3. Conclusiones

Existen diversas fuentes de estudios que indican que dependiendo de la velocidad del viento, las concentraciones de partículas PM_{10} y $PM_{2.5}$ varían, es decir que si hay la presencia de viento con velocidades altas la concentración aumenta, además de que la rosa de los vientos es predominante en cuanto a la dirección en que se dispersa el material particulado en una zona y distancia determinada [29].

Por lo tanto tomando en cuenta las canteras de la zona centro específicamente del Cerro de Hojas Jaboncillo, en función de la rosa de los vientos de la figura N° 5-5, en la que predomina la dirección noroeste, con una velocidad máxima promedio de viento de 16.6 km/h como indica la figura 5-6, y estimando un volumen de emisión de 50 toneladas métricas por día con una concentración de $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ de $PM_{2.5}$ emitidos en las canteras como muestra la figura (5-7), con un desplazamiento de decantación de 5 km a 10 km, la zona más afectada sería la parroquia La Sequita del cantón Montecristi y en menor medida las zonas rurales de los cantones de Jaramijó y Portoviejo.

De igual manera asumiendo una dirección de viento noreste o sureste, con un volumen de emisión de 50 toneladas métricas por día con la misma velocidad promedio de viento (16.6 km/h), que sea capaz de desplazar el material particulado a distancias de 5km a 10km emitido por la CANTERA 1 (canteras sub zona centro), la inmisión podría repercutir en los habitantes y en la vegetación del cantón Portoviejo, sobre todo en el sector de la vía Manta – Portoviejo.

Figura N° 5-7. Cantera 1 (sub zona centro) Cerro de Hojas Jaboncillo con radio de 5km y 10km.



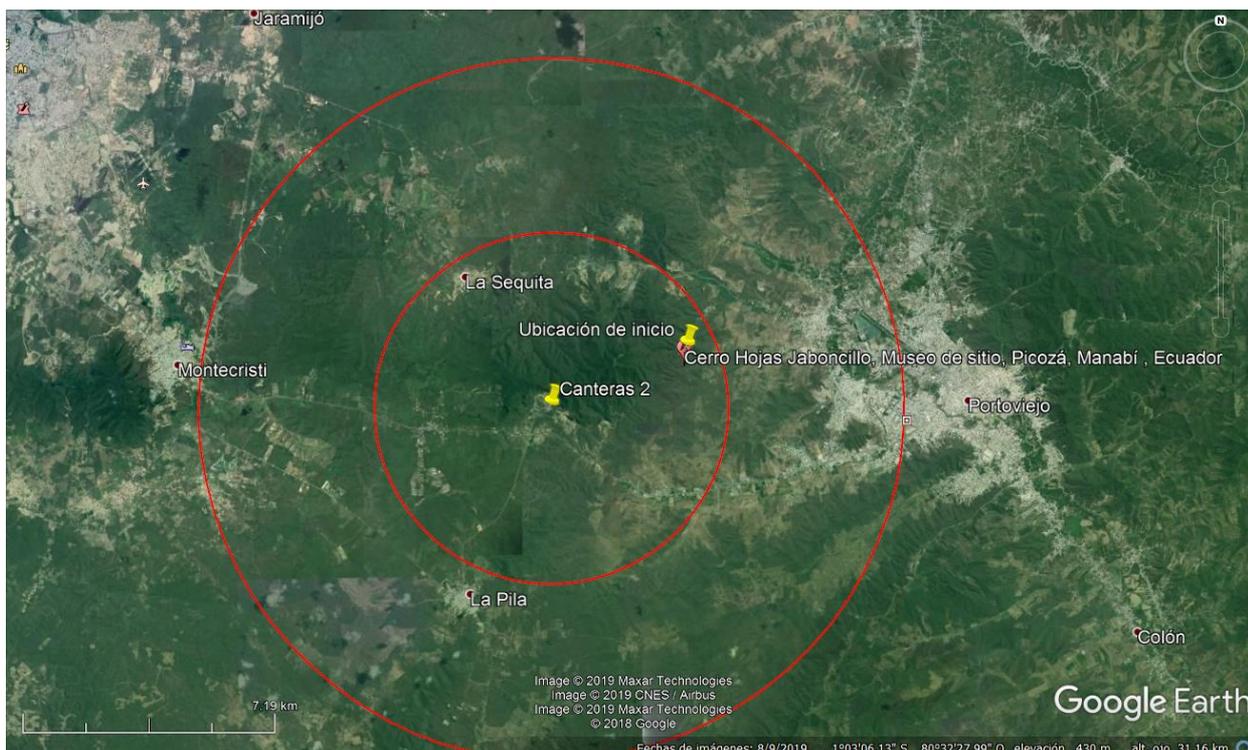
Fuente: Elaboración Propia.

En casos de que las canteras ubicadas al sur del Cerro de Hojas y asumiendo las mismas condiciones del caso anterior de dirección de viento noroeste, velocidad de viento de 16.6 km/h, volumen de emisión de 50 toneladas métricas por día, concentración de $PM_{2.5}$ de $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ y que el desplazamiento de inmisión sea de 10 km, la zona rural de los cantones de Montecristi y Jaramijó serían los más perjudicados, además de afectar a la flora y fauna del Cerro Jaboncillo declarado Patrimonio Arqueológico.

Cuando la dirección del viento sea sureste y estimando las mismas condiciones descritas anteriormente, la inmisión de material particulado tendrá efectos sobre vegetación y población del sector de la vía Manta –

Portoviejo y en menor medida superando los 5km a lo habitantes de la parroquia La Pila del cantón Montecristi. Para casos que la dirección del viento sea noreste con un desplazamiento de inmisión de 10km afecta a una parte considerable de la población del cantón Portoviejo, aunque la parroquia urbana de Picoazá sería la más perjudicada debido a su cercanía a la fuente de emisión y con esta dirección del viento, además de ser una de las rutas principales para la entrada y salida de las volquetas de las canteras del cerro.

Figura N° 5-8. Cantera 2 (sub zona sur) Cerro de Hojas Jaboncillo con radio de 5km y 10km.



Fuente: Elaboración Propia.

Con estas estimaciones podemos realizar una nueva matriz de impactos ambientales referente a las actividades mineras de la provincia de Manabí, tomando como base científica y teórica los factores ambientales potencialmente afectados, con las acciones susceptibles de provocar impactos, referidas en los apartados 3.1 y 3.2 de este trabajo. Con la finalidad de obtener una idea más clara sobre la incidencia ambiental de las canteras en Manabí.

Matriz N° 6. Fase de Exploración

FACTOR AMBIENTAL			FASES DEL PROYECTO	
			EXPLORACIÓN	
MEDIO	COMPONENTE	IMPACTOS GENERADOS	Perforación preliminar para muestras	Remoción de cobertura vegetal
MEDIO FÍSICO	SUELO	Calidad del suelo	X	X
		Cambios del uso de suelo		X
		Alteraciones físicas y químicas	X	X
		Erosión		X
	GEOMORFOLOGÍA			
	AGUA	Calidad del agua superficial		
		Calidad del agua subterránea		
		Agotamiento de acuíferos		
	ATMÓSFERA	Calidad del aire		
		Ruido y vibraciones	X	
		Clima		
	MEDIO BIÓTICO	FLORA	Pérdida de cobertura vegetal	
Alteración de espacios naturales				X
FAUNA		Terrestre	X	X
		Acuática		
		Avifauna	X	X
MEDIO SOCIOECONÓMICO		Efectos a la salud por contaminación		
		Calidad de vida de la comunidad		
		Generación de empleo		
MEDIO CULTURAL Y ESTÉTICO	Paisaje			X
	Patrimonio Histórico Arqueológico		X	
	Cambios de las actividades productivas			

Fuente: Elaboración Propia.

Matriz N° 7. Fase de Desarrollo.

FACTOR AMBIENTAL			FASES DEL PROYECTO						
			DESARROLLO						
MEDIO	COMPONENTE	IMPACTOS GENERADOS	Realización de excavaciones	Nivelación y compactación del terreno	Implantación de infraestructuras	Movimiento de vehículos y personal	Uso de maquinaria pesada	Construcción de rutas de acceso	Transporte de material pesado
MEDIO FÍSICO	SUELO	Calidad del suelo	X	X	X			X	
		Cambios del uso de suelo	X	X	X				
		Alteraciones físicas y químicas	X					X	
		Erosión	X						
	GEOMORFOLOGÍA			X	X				
	AGUA	Calidad del agua superficial	X					X	
		Calidad del agua subterránea	X						
		Agotamiento de acuíferos							
	ATMÓSFERA	Calidad del aire	X			X		X	X
		Ruido y vibraciones	X		X	X	X	X	X
		Clima							
	MEDIO BIÓTICO	FLORA	Pérdida de cobertura vegetal	X					X
Alteración de espacios naturales			X					X	
FAUNA		Terrestre	X			X	X	X	X
		Acuática	X			X	X		X
		Avifauna	X			X	X	X	X
MEDIO SOCIOECONÓMICO		Efectos a la salud por contaminación				X			X
		Calidad de vida de la comunidad				X			X
		Generación de empleo	X	X	X	X	X	X	X
MEDIO CULTURAL Y ESTÉTICO	Paisaje		X		X		X	X	
	Patrimonio Histórico Arqueológico		X					X	
	Cambios de las actividades productivas		X						

Fuente: Elaboración Propia.

Matriz N° 8. Fase de Explotación

FACTOR AMBIENTAL			FASES DEL PROYECTO									
			EXPLOTACIÓN									
MEDIO	COMPONENTE	IMPACTOS GENERADOS	Voladura del suelo	Destrucción de cobertura	Remoción de Cobertura	Operación de maquinaria	Agotamiento de yacimientos	Transporte de material y mineral	Generación de residuos peligrosos	Movimiento de suelo	Generación de aguas residuales	
MEDIO FÍSICO	SUELO	Calidad del suelo	X	X	X				X	X	X	
		Cambios del uso de suelo	X	X	X					X		
		Alteraciones físicas y químicas	X	X	X		X		X	X	X	
		Erosión	X	X	X		X		X	X	X	
	GEOMORFOLOGÍA			X	X	X		X			X	
	AGUA	Calidad del agua superficial	X	X	X		X		X	X	X	
		Calidad del agua subterránea	X				X		X		X	
		Agotamiento de acuíferos					X				X	
	ATMÓSFERA	Calidad del aire	X	X	X	X		X		X		
		Ruido y vibraciones	X	X	X	X		X		X		
Clima							X					
MEDIO BIÓTICO	FLORA	Pérdida de cobertura vegetal	X	X	X				X			
		Alteración de espacios naturales	X	X	X		X		X	X	X	
	FAUNA	Terrestre	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
		Acuática	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
		Avifauna	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MEDIO SOCIOECONÓMICO	Efectos a la salud por contaminación		X	X				X	X	X	X	
	Calidad de vida de la comunidad								X		X	
	Generación de empleo		X	X	X	X		X				
MEDIO CULTURAL Y ESTÉTICO	Paisaje		X	X	X		X		X	X		
	Patrimonio Histórico Arqueológico		X	X	X							
	Cambios de las actividades productivas		X	X	X		X		X		X	

Fuente: Elaboración Propia.

Matriz N° 9. Procesado de mineral

FACTOR AMBIENTAL			FASES DEL PROYECTO	
			PROCESADO DE MINERAL	
MEDIO	COMPONENTE	IMPACTOS GENERADOS	Triturado del mineral	Tamizado
MEDIO FÍSICO	SUELO	Calidad del suelo		
		Cambios del uso de suelo		
		Alteraciones físicas y químicas		
		Erosión		
	GEOMORFOLOGÍA			
	AGUA	Calidad del agua superficial		
		Calidad del agua subterránea		
		Agotamiento de acuíferos		
	ATMÓSFERA	Calidad del aire		
		Ruido y vibraciones	X	X
Clima		X	X	
MEDIO BIÓTICO	FLORA	Pérdida de cobertura vegetal		
		Alteración de espacios naturales		
	FAUNA	Terrestre		
		Acuática		
		Avifauna		
MEDIO SOCIOECONÓMICO	Efectos a la salud por contaminación		X	X
	Calidad de vida de la comunidad		X	
	Generación de empleo		X	X
MEDIO CULTURAL Y ESTÉTICO	Paisaje			
	Patrimonio Histórico Arqueológico			
	Cambios de las actividades productivas			

Fuente: Elaboración Propia.

Una vez determinado a nivel teórico unos vectores de acción y unos factores ambientales potencialmente afectados por la minería de carácter general en sus diferentes etapas, que ha quedado caracterizado de acuerdo con la metodología de evaluación de impacto ambiental, se ha tomado como referencia para poder aplicarlo en el caso de Manabí.

Determinando que en el caso de Manabí se cumplen mayoritariamente para las diferentes etapas las mismas interacciones ambientales debido a que se observan los mismos vectores de acción, los mismos factores ambientales potencialmente afectados y por lo tanto los mismos impactos ambientales. Exceptuando la etapa del procesado de mineral que es la única que presenta menos vectores de acción a los caracterizados teóricamente en el capítulo 3 del presente trabajo, ya que al ser una actividad minera de tipo cantera no se aplica ningún procesado o refinado del mineral.

En todo caso la realización de estimaciones se puede seguir realizando de muchas alternativas, conjungando los datos del lugar de estudio y la correlación teórica con base científica y estimar posibles alternativas que pueden ocurrir cuando se dan ciertas situaciones específicas.

Lo ideal para poder realizar un diagnóstico completo y fiable, es poder contar con una buena fuente de datos e información del lugar de estudio, así a las posibles estimaciones se les pueden desarrollar una o varias alternativas de control y mitigación, además se deben considerar muchos factores como la actividad de la población, la cantidad de tráfico rodado, ya que todas esas variantes son determinantes en la calidad del aire.

5.2. Propuesta de Actuación.

Para una adecuada determinación de la incidencia ambiental de las actividades mineras por emisiones a la atmósfera en Manabí, en función de la aproximación realizada en el presente trabajo final de máster se plantea una propuesta de actuación siguiendo los siguientes pasos:

5.2.1. Paso 1.

Generar informe de registro y control para obtener datos reales en cuanto a las emisiones por unidad de superficie de cada etapa dentro de las canteras, con el fin de realizar un diagnóstico preciso en cuanto al volumen de emisión, y así poder estudiar su incidencia por inmisión en los cantones de la provincia de Manabí.

Registrar secuencialmente mediante una ficha de control la cantidad de extracción desde la explotación hasta la comercialización, tomando en cuenta el valor de entrada y salida en cada etapa del proceso de canteras hasta la venta, para poder estimar la cantidad que se ha emitido a la atmósfera, ya que las canteras solamente están obligadas a llevar un control en cuanto al volumen extraído y del precio de comercialización por la entidad reguladora de la Agencia de Regulación y Control Minero.

Figura N° 5-9. Captador Difusivo



Fuente: Ayuntamiento de la Castilleja Cuesta. Dirección:
<http://www.castillejadelacuesta.es/es/actualidad/noticias/Campana-de-medicion-de-la-contaminacion-atmosferica/?urlBack=>

5.2.3. Paso 3.

Instalar estaciones de muestreo fijas para monitorear la calidad del aire por lo menos en ciudades donde exista actividad de canteras o donde el nivel de población sea alto, ya que como se ha mencionado anteriormente la provincia de Manabí no cuenta con ninguna estación de monitoreo, siendo solo 3 ciudades en el Ecuador que cuentan con estos equipos.

Así poder obtener datos reales y precisos sobre la calidad del aire y estudiar los efectos directos o indirectos de las emisiones atmosféricas de las canteras, además de servir como referencia para analizar otros focos de emisión que pueden proceder por otro tipo de actividad, logrando que la provincia de Manabi pueda realizar planes de manejo ambiental con el fin de mitigar y controlar contaminantes atmosféricos que alteran la calidad del aire de la provincia.

Figura N° 5-10. Red de Vigilancia.



Fuente: cadenaser.com. Dirección:
https://cadenaser.com/emisora/2018/02/09/radio_cartagena/1518187667_683405.html

6. CONCLUSIONES

Las actividades mineras han sido foco de atención en cuanto a sus efectos al medio ambiente, que dependiendo el tipo de minería pueden causar daños graves y en algunos casos hasta irreversibles por sus emisiones a la atmósfera y por sus aguas ácidas, haciendo que en la actualidad es una industria en la que se han tomado diversas medidas de control aplicando MTDs y políticas para minimizar sus impactos sobre los medios físico, biótico, social, económico, paisajístico, cultural, además de estar obligadas a realizar un riguroso plan de manejo ambiental para mitigar y controlar posibles daños al ambiente.

Es necesaria una buena segregación en la evaluación de impacto ambiental para un proyecto minero, para saber cuales son las acciones susceptibles de provocar impactos, sobre los factores ambientales potencialmente afectados, con el fin de generar una serie de alternativas que sean capaces de controlar y mitigar los posibles impactos ambientales, ya que la realización de una buena EIA dependerá si un proyecto minero es aceptable o no.

El principal contaminante atmosférico emitido por las actividades mineras, es el material particulado, que dependiendo del tamaño de la mina el volumen de emisión puede repercutir considerablemente en la calidad del aire, logrando de esta manera consecuencias relevantes por su efecto de inmisión en zonas pobladas.

Como se ha detallado anteriormente la decantación de material particulado sobre el medio biótico es un problema con efecto dominó, esto sucede cuando las pilas de desechos tóxicos de metales pesados, son arrastrados por acción del viento y decantan en plantas que son fuente de alimento de algunos animales, afectando de esta manera no solo a la vegetación sino también a la fauna. Además la presencia de polvo sobre la flora va enlazado con el medio socioeconómico, cuando la vegetación cercana a un yacimiento minero es de actividad agrícola, causando problemas en la producción siendo una molestia para el titular de esta actividad.

Las poblaciones cercanas a una actividad minera están forzadas a vivir en un ambiente turbio por la presencia de material particulado en el ambiente, disminuyendo su calidad de vida con respecto a los problemas de salud ocasionado por la inhalación de este contaminante, ya que no solo tienen el riesgo de las emisiones de las voladuras, sino también del movimiento de las volquetas que llevan el material para su comercialización o uso. Llamando mucho la atención de organizaciones como la OMS sobre los problemas respiratorios y cardiovasculares que está afectando a la población.

El nivel de contaminación atmosférica por emisión de partículas en una zona determinada, va a depender de algunos elementos como el factor meteorológico, relieve, geomorfología y orografía que van a determinar el desplazamiento de inmisión de partículas, que en algunas zonas, tomando en cuenta estas condicionantes, el área de contaminación puede ser extensa o pequeña.

Otro contaminante atmosférico emitido por las actividades mineras es el ruido que en comparación con el material particulado, afecta en menor medida por su longitud de onda. Sin embargo tiene un efecto considerable en la alteración de la vida silvestre, desplazando de su hábitat natural a ciertas especies locales en la zona de la actividad minera. También puede provocar problemas de salud auditiva para el personal de la mina, causando un mayor efecto cuando no se cuenta con equipos de protección profesional para realizar la actividad.

La actividad minera en la provincia de Manabí como en todo el Ecuador están obligadas a llevar un plan de vigilancia ambiental ya que es requisito para la debida licencia ambiental, donde abarca el plan de mitigación y prevención de impactos, y al ser la actividad minera de tipo Canteras donde se trabaja con material para construcción, no hay procesamiento de mineral, haciendo de esta manera la mitigación de material particulado con riego en la zona de la cantera.

Aunque se ha verificado que en el caso de la provincia de Manabí se obtienen los mismos vectores de acción, los mismos factores ambientales potencialmente afectados y las mismas interacciones ambientales que en la metodología general aplicada al análisis de impacto ambiental de actividades mineras, se ha podido comprobar la necesidad de proponer una actuación de mejora como se detalla en el apartado 5.2, con la finalidad de obtener un registro de datos confiables para determinar la incidencia ambiental de las canteras de Manabí.

Las canteras de la provincia de Manabí llevan poco registro en cuanto a emisiones a la atmósfera, esto es un problema común con otras canteras o actividades mineras de las demás provincias del Ecuador, debido a la falta de autoridad competente que haga cumplir las normativas de carácter ambiental, ya que las empresas tienen como enfoque principal el de generar rentabilidad antes de tener responsabilidad ambiental, razón de eso, es que recién en esta última década, el gobierno de turno comenzó a fiscalizar o controlar el cumplimiento normativo y aunque es un primer paso hacia el control de la calidad del aire en el país, aún estamos muy atrasados.

La provincia de Manabí requiere de una red de vigilancia para el monitoreo de control de calidad del aire, porque sus cantones no cuentan con registros confiables haciendo que sea muy difícil saber el estado actual de la calidad del aire, además de no poder obtener una estimación real y confiable en cuanto a la acción directa que tienen las emisiones de material particulado provocado por las canteras.

Es evidente que existe impacto ambiental por emisiones atmosféricas de las actividades mineras, más aún cuando no se tiene un buen control ambiental para mitigar la contaminación y considerando que en el presente trabajo solo hemos abordado una parte del problema, ya que dentro de una mina existen muchos problemas como la producción de aguas ácidas que es otro contaminante importante a tomar en cuenta y que hoy en día es un inconveniente que esta afectando al medio ambiente. Por lo tanto las actividades mineras son riesgosas ambientalmente pero a su vez son muy necesarias por lo que ofrecen y por el desarrollo económico que hace crecer no solo una población sino a todo un país.

REFERENCIAS

- [1] MMSD, «ABRIENDO BRECHA,» Instituto Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo, London, 2007.
- [2] Ó. G. Fernández, Impacto Ambiental de las áreas de minería metálica: Aplicación de metodologías analíticas no destructivas al análisis geoquímico., Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona, 2015.
- [3] D. B. Dold, «Aguas Ácidas: formación, predicción, control y prevención,» *Ciencias de la Tierra, University of Lausanne*, p. 29, 2003.
- [4] Alianza Mundial de Derecho Ambiental (ELAW), Guía para Evaluar EIAs de Proyectos Mineros, Eugene OR.: Alianza Mundial de Derecho Ambiental (ELAW), 2010.
- [5] INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA , Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería, Madrid: Servicio de publicaciones del ITGE, MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA , 1994.
- [6] MINEO, Part 2: Review of potential environmental and social impact of mining, Orléans: Bureau de Recherches Géologiques et Minières, (BRGM), 2000.
- [7] P. H. & J. L. Roberto Oyarzun, Minería Ambiental Una Introducción a los impactos y su Remediación, Madrid: Ediciones GEMM - Aula2punto.net, 2011.
- [8] ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICO (OCDE), Perspectivas ambientales de la OCDE hacia 2050 Consecuencias de la inacción., París: OCDE, 2012.
- [9] E. Romero González EVALUACIÓN Y GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL PARA PLANES, PROGRAMAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA, SEVILLA: UNIVERIDAD DE SEVILLA, 2016.
- [10] H. L. Hartman y J. M. Mutmansky, Introductory Mining Engineering, John Wiley & Sons inc., 2008.
- [11] J. L. Bueno, H. Sastre y A. G. Lavín, CONTAMINACIÓN E INGENIERIA AMBIENTAL I. Principios generales y actividades contaminantes, Oviedo: Universidad de Oviedo, 1997.
- [12] BANCO MUNDIAL, Libro de Consulta para Evaluación Ambiental Vol III, Washington, D. C. : Copyright, 1991.
- [13] J. H. Herbert, MÉTODOS DE MINERÍA A CIELO ABIERTO, Madrid: Universidad Politécnica de Madrid - Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, 2006.
- [14] Slide Player, «Slide Player,» Martes Julio 2019. [En línea]. Available:

<https://slideplayer.es/slide/6831555/21/images/8/3.+--+TERRAZAS.jpg>. [Último acceso: 16 07 2019].

- [15] PARLAMENTO Y CONSEJO DE LA UNION EUROPEA, *Directiva 2011/92/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de diciembre de 2011, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente*, Parlamento y Consejo de la Union Europea, 2012.
- [16] B. A. R. d. T. P. Salvador Martínez, «Evaluación de la Contaminación Atmosférica Producida por Partículas en Suspensión en las Redes de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid,» Informes Técnicos Ciemat, Madrid, 2000.
- [17] CONGRESO NACIONAL , *Registro Oficial Suplemento 418: Ley de Gestión Ambiental - Codificación 19*, Quito, 2004.
- [18] ASAMBLEA NACIONAL, LEY DE MINERÍA, QUITO, 2009.
- [19] MINISTERIO DEL AMBIENTE, REGLAMENTO AMBIENTAL PARA ACTIVIDADES MINERAS-RAAM, QUITO, 2014.
- [20] INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS, «INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS,» Creative Commons, [En línea]. Available: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>. [Último acceso: 07 08 2019].
- [21] EL DIARIO, «Pausa temporal en las canteras de Portoviejo,» *EL DIARIO*, 10 02 2010.
- [22] G. Poggi, Interviewee, *Control de emisiones atmosféricas en las canteras*. [Entrevista]. 10 08 2019.
- [23] Organización Mundial de la Salud, «Organización Mundial de la Salud,» OMS, 2 Mayo 2018. [En línea]. Available: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health). [Último acceso: 6 Septiembre 2019].
- [24] MINISTERIO DEL AMBIENTE, NORMA ECUATORIANA DE CALIDAD DEL AIRE, QUITO, 2011.
- [25] Diario La Hora, «La Hora,» 2 Junio 2016. [En línea]. Available: <https://lahora.com.ec/noticia/1101950131/ambato-entre-las-urbes-con-aire-mc3a1s-limpio-de-latinoamc3a9rica>. [Último acceso: 12 Agosto 2019].
- [26] C. S. Ortíz, «ESTUDIO PREDICTIVO SOBRE INMISIONES, DEL NUEVO CENTRO DE TRANSPORTES DE INTERÉS AUTONÓMICO (CTIA) DE BAILÉN,» JUNTA DE ANDALUCÍA, BARCELONA, 2009.
- [27] Weather Spark, «Weather Spark,» Cedar Lakes Ventures Inc., [En línea]. Available: <https://es.weatherspark.com/y/18295/Clima-promedio-en-Portoviejo-Ecuador-durante-todo-el-año>. [Último acceso: 14 Agosto 2019].
- [28] INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA (INAMHI), «INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA (INAMHI),» 15 Agosto 1961. [En línea].

Available: <http://186.42.174.236/InamhiEmas/#>. [Último acceso: 14 Agosto 2019].

- [29] A. J. A. Fuentes, «DISPERSIÓN DE MATERIAL PARTICULADO (PM10), CON INTERRELACIÓN DE FACTORES METEOROLÓGICOS Y TOPOGRÁFICOS,» *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, vol. 16, nº 2, pp. 43-54, 2016.

ANEXOS

Cantera Uruzca, del cantón Montecristi





Vías de las canteras.



Planta el chorrillo. Cantera de la parroquia Picoaza del cantón Portoviejo.



Ficha ambiental para proyectos mineros de categoría II.



MINISTERIO DEL AMBIENTE

SUBSECRETARÍA DE CALIDAD AMBIENTAL-SCA

**GUÍA GENERAL DE ELABORACIÓN DE LA FICHA AMBIENTAL
PARA PROYECTOS MINEROS CATEGORÍA II – FASE DE
EXPLORACION INICIAL**

FEBRERO 2015



Ministerio
del Ambiente

FICHA AMBIENTAL Y PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

1. FICHA TÉCNICA

NOMBRE DEL ÁREA MINERA		CÓDIGO DEL ÁREA MINERA		FASE MINERA	
DATOS GENERALES					
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					
<i>Localización del proyecto obra o actividad mediante coordenadas UTM en los sistemas de referencia WGS84 y PSAD56, indicando la zona o huso horario (continental 17 o 18 o régimen insular 15 o 16), las coordenadas ingresadas en PSAD56 deberán estar acorde al sustitución de título minero y en base al Catastro Minero Nacional del ARCOM</i>					
WGS 84 - Zona:			PSAD56 - Zona:		Altitud (msnm)
PUNTO	Este (X)	Norte (Y)	Este (X)	Norte (Y)	
Estado del proyecto, obra o actividad:					
Construcción:		Operación:		Cierre:	
				Abandono:	
Dirección del proyecto, obra o actividad:					
Cantón:		Ciudad:		Provincia:	
Parroquia:		Zona no delimitada:		Periférico:	
Datos del promotor:					
Nombre del Titular Minero:					
Dirección del Titular Minero:					
Correo electrónico del promotor:			Teléfono:		
Casillero Judicial (si se dispone):					
CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA					
Área del proyecto (ha o m ²):					
MAPA BASE (ríos, vías, cotas, curvas de nivel, centros poblados, centros de aglomeración humana, iglesias, escuelas, etc.), e incluir la localización del proyecto, obra o actividad.					
Hoja y Código Topográfica IGM:			Escala:		Fecha:



Ministerio
del Ambiente

ESPACIO FÍSICO DEL PROYECTO	
Área Total:	Área de Implantación:
Topografía del terreno:	
SITUACIÓN DEL PREDIO	
Alquiler:	Compra:
Comunitarias:	Zonas Restringidas
Otros (Detallar):	
Observaciones:	

2. MARCO LEGAL REFERENCIAL

Detallar el marco legal en orden jerárquico, correspondiente a la fase del proyecto y describir cada artículo.

MARCO LEGAL	
Nombre del cuerpo legal	
Número del Artículo (Art.....)	Escribir literalmente lo que menciona dicho artículo
Número del Artículo (Art.....)	Escribir literalmente lo que menciona dicho artículo
Nombre del cuerpo legal	
Número del Artículo (Art.....)	Escribir literalmente lo que menciona dicho artículo
Número del Artículo (Art.....)	Escribir literalmente lo que menciona dicho artículo

3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO, OBRA O ACTIVIDAD

3.1 Incluir los Servicios Básicos

SERVICIOS BÁSICOS			
Agua Potable : SI () NO ()	Consumo de agua (m ³):		
Energía Eléctrica: SI () NO ()	Consumo de energía eléctrica (Kv):		
Acceso Vehicular: SI () NO ()	Facilidades de transporte para acceso:		
Alcantarillado: SI () NO ()			
Telefonía: SI () NO ()	Móvil ()	Fija ()	Otra ()
Tipo de vía:			
Otros:			

3.2 Marque con una X las actividades mineras que realizará en el Proyecto

ACTIVIDADES MINERAS	
Recolección manual de muestras de rocas y suelos	
Apertura de trochas y/o accesos	
Apertura de trincheras	
Realización de calicatas	
Instalación de campamentos provisorios	
Entibado	
Transporte del mineral	
Evacuación de mineral (aluvial)	



Ministerio
del Ambiente

Geoquímica	
Trabajos geofísicos	
Otras (especificar)	

*En caso de marcar con una X las actividades, describir cada una de ellas.

3.3 Marque con una X las instalaciones mineras que tendrá el Proyecto

INSTALACIONES	
Campamentos	
Bodegas	
Caminos	
Almacenamiento de combustible	
Sitios de almacenamiento temporal de desechos	
Generador Eléctrico	
Otras (especificar)	

*En caso de marcar con una X las instalaciones, describir las especificaciones técnicas de cada una de ellas de manera general.

3.4 Marque con una X equipos o herramientas que utilizará el proyecto

EQUIPOS O HERRAMIENTAS	
Palas manuales	
Martillo neumático	
Picos	
Carretillas	
Combos	
Palas mecánicas	
Generador eléctrico	
Bombas	
Otras (especificar)	

3.5 Marque con una X los insumos que utilizarán el proyecto y cantidades requeridas

INSUMOS		
Sustancias químicas		Cantidades y/o volúmenes
Aceites		
Grasas		
Gasolina		
Diésel		
Gas		
Otros (especificar)		

3.6 Con respecto al aprovisionamiento de agua (bebida y procesos), indique con una X la fuente del recurso que utilizará y los volúmenes requeridos

Recurso Agua		Cantidades y/o volúmenes
Ríos		



Ministerio
del Ambiente

Lagos		
Lagunas		
Pozos		
Agua envasada		
Otros (especificar)		

*En caso de marcar con una X un cuerpo hídrico (ríos, lagos, lagunas) describirlo dentro del Capítulo 4. Descripción del Área de Implementación en el ítem 4.1 Componente Físico-Hidrología.

3.7 Indique cuántas personas trabajaran en el proyecto

Número de personas	Cargo/Especialidad	Actividad

4. DESCRIPCIÓN DEL AREA DE IMPLEMENTACIÓN

4.1 Componente Físico

Los criterios deben incluir una descripción general de lo siguiente:

- Clima
- Geología, geomorfología, suelos
- Zonas de riesgo (sismicidad, zonas inundables, fallas geológicas, etc.)
- Condiciones de drenaje
- Aire, ruido
- Hidrología (En caso de existir descargas líquidas o cuerpos hídricos dentro de la concesión minera se deberá realizar muestreos de agua en base al Acuerdo Ministerial No. 028 (R.O 270 de 13 de febrero de 2015), Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua, Tabla 3: Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios).

4.2 Componente Biótico

Los criterios deben incluir una descripción general de lo siguiente:

- Ecosistemas
- Cobertura vegetal
- Flora y Fauna básica asociada (Incluir una lista con los nombres comunes y científicos de las especies encontradas, además añadir la categoría de amenaza en base a la UICN, CITES o Libros Rojos, en caso que lo hubiere.
- Medio perceptual (Paisaje)
- Presentar un Mapa de Ecosistemas incluyendo la localización del proyecto, obra o actividad, además este deberá contener una buena nitidez y resolución.
- Presentar un Mapa de Cobertura Vegetal y Uso de Suelo.



Los criterios deben incluir una descripción general de lo siguiente:

- Demografía (descripción el entorno social y colectividad donde se desarrolla la actividad)
- Actividades socioeconómicas
- Organización Social
- Aspectos culturales relevantes

5. PRINCIPALES IMPACTOS AMBIENTALES

PRINCIPALES IMPACTOS AMBIENTALES			
ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	POSITIVO/NEGATIVO	ETAPA DEL PROYECTO

6. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

El Plan de Manejo Ambiental comprende los siguientes planes:

- Plan de Prevención y Mitigación de Impactos (PPM)
- Plan de Manejo de Desechos (PMD)
- Plan de Comunicación y Capacitación (PCC)
- Plan de Relaciones Comunitarias (PRC)
- Plan de Contingencias (PDC)
- Plan de Seguridad y Salud Ocupacional (PSS)
- Plan de Monitoreo y Seguimiento (PMS)
- Plan de Rehabilitación (PRA)
- Plan de Cierre, Abandono y Entrega del Área (PCA)

Formato modelo de los Planes contemplados en el Plan de Manejo Ambiental (PMA)

6.1 PLAN DE.....

6.1.1 PROGRAMA DE.....

Medida No. :

Descripción de la Medida:

Medio de Verificación:

Periodicidad:

Costo de la Medida:

Responsable:



Ministerio
del Ambiente

No.	Programa	Descripción de la Medida	Medio de Verificación	Periodicidad	Costo de la medida	Responsable

Cronograma Valorado del Plan de Manejo Ambiental (PMA)

PLANES	MESES												PRESUPUESTO
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Plan de Prevención y Mitigación de Impactos													
Plan de Manejo de Desechos													
Plan de Comunicación y Capacitación													
Plan de Relaciones Comunitarias													
Plan de Contingencias													
Plan de Seguridad y Salud Ocupacional													
Plan de Monitoreo y Seguimiento													
Plan de Rehabilitación													
Plan de Cierre, Abandono y Entrega del Área													
COSTO TOTAL	EN LETRAS												\$ USD

7. PROCESO DE PARTICIPACIÓN SOCIAL

Se adjuntará el informe del proceso desarrollado de acuerdo a lo indicado en el Acuerdo Ministerial No. 066 publicado en el Registro Oficial 036 del 15 de julio de 2013 o normativa vigente.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

9. FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

10. ANEXOS DE LA FICHA



Ministerio
del Ambiente

- Certificado de Intersección.
- Sustitución del Título Minero
- Archivo Fotográfico
- Medios de verificación del proceso de participación social: registros documentales y fotográficos, entre otros.