



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA DE MINAS

“DISEÑO DE BOTADEROS PARA LOS RESIDUOS DE LA PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE CALCIO EN LA CONCESIÓN COLQUIRRUMI N° 49-B, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA, 2018”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Camilo Sergio Cuzco Llanos

Froilán Correa Sánchez

Asesor:

Ing. Roberto Severino Gonzales Yana

Cajamarca – Perú

2018

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, APRUEBAN la tesis desarrollada por los Bachilleres **Camilo Sergio Cuzco Llanos y Froilán Correa Sánchez**, denominada:

**“DISEÑO DE BOTADEROS PARA LOS RESIDUOS DE LA PRODUCCIÓN DE
ÓXIDO DE CALCIO EN LA CONCESIÓN COLQUIRRUMI N° 49-B, PROVINCIA
DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA, 2018”**

Ing. Roberto Severino Gonzales Yana.

ASESOR

Ing. Manuel Oscar Zambrano Chilón.

JURADO

PRESIDENTE

Ing. Maryuri Vega Eras.

JURADO

Ing. Elmer Ovidio Luque Luque.

JURADO

Cajamarca, 25 de Agosto de 2018.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres Artemiza y Froilán, por ser el pilar más importante en mi vida, porque en gran parte gracias a ellos, hoy puedo ver alcanzada una de mis metas, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final.

Froilán Correa.

Esta tesis está dedicada a mi madre Hilda por su aporte importante en mi formación desde mi niñez, a mi padre Sergio por inculcarme valores, aunque la vida haya silenciado su voz la esencia vive en mí, a mi esposa y a mis hijos, que son la razón para seguir adelante.

Camilo Cuzco.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por nunca abandonarme a lo largo de toda mi vida.

Agradezco también la confianza y el apoyo por parte de mis padres y de mi amada esposa. Y sé que están orgullosos de la persona en la cual me he convertido.

Froilán Correa.

Agradezco a Dios y a mis padres por darme la vida y por sus enseñanzas a lo largo de mi carrera profesional.

A mis hermanos Tania, Víctor y José por el soporte en el día a día y por estar en los momentos más difíciles de mi vida. A mis hijos por ser la fuerza que me ha impulsado a cumplir esta meta.

A la Universidad Privada del Norte por abrirme las puertas y darme la oportunidad de formarme como profesional a los maestros por compartir los conocimientos que fueron fundamentales en el desarrollo de este logro.

Camilo Cuzco.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
APROBACIÓN DE LA TESIS	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
TABLA DE CONTENIDO	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática	12
1.2. Formulación del problema	13
1.3. Justificación	13
1.4. Limitaciones.....	14
1.5. Objetivos	14
1.5.1. <i>Objetivo general</i>	14
1.5.2. <i>Objetivos específicos</i>	14
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	15
2.1. Antecedentes	15
2.2. Bases Teóricas.....	18
2.2.1. <i>Botaderos</i>	18
2.2.1.1. <i>Construcción de un botadero</i>	19
2.2.1.2. <i>Disposición de botaderos en laderas</i>	21
2.2.1.3. <i>Colapso en los bordes del Botadero</i>	22
2.2.2. <i>Operación en botaderos</i>	23
2.2.3. <i>Cálculo del Volumen en el botadero y Costo de utilización</i>	24
2.2.4. <i>Botaderos de desmonte</i>	27
2.2.5. <i>Elementos del diseño geométrico</i>	30
2.2.6. <i>Factores que afectan la estabilidad de los botaderos</i>	31
2.2.6.1. <i>Configuración del botadero</i>	31
2.2.6.2. <i>Fundación de los taludes y grado de confinamiento</i>	31
2.3. Definición de términos básicos.....	32
2.3.1. <i>Actividad minera</i>	32
2.3.2. <i>Botaderos</i>	32
2.3.3. <i>Caliza</i>	32
2.3.4. <i>Desmonte</i>	32

CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS.....	33
3.1. Formulación de la hipótesis	33
3.2. Hipótesis específicas	33
3.3. Variables.....	33
3.4. Operacionalización de variables	34
CAPÍTULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS	35
4.1. Tipo de investigación	35
4.2. Diseño de investigación.....	35
4.3. Método	35
4.4. Material de estudio.....	35
4.4.1. Unidad de estudio.....	35
4.4.2. Población	35
4.4.3. Muestra	36
4.5. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos	36
4.6. Instrumentos.....	36
CAPÍTULO 5. RESULTADOS.....	37
5.1. Aspectos generales.....	37
5.1.1. Ubicación política:.....	37
5.1.2. Ubicación geográfica	37
5.1.3. Método de explotación	39
5.1.3.1. Clasificación por su Forma	39
5.1.3.2. Clasificación por el Relieve del Terreno Original	39
5.1.3.3. Clasificación Por Su Proximidad A La Superficie	40
5.1.3.4. Clasificación Por Su Inclinación	40
5.2. Estabilidad física de los botaderos	42
5.2.1. Descripción de la situación actual de las desmonteras.....	42
5.2.1.1. Desmontera de Cantera:.....	42
5.2.1.2. Desmontera de Residuos de Cal:	47
5.2.2. Factor de seguridad para la estabilidad física	49
5.2.2.1. Para botadero de cantera	49
5.2.2.2. Para botadero de calera	51
5.2.3. Diseño de bancos estables.....	52
5.3. Estabilidad química de los botaderos	54
5.3.1. Para suelos de botaderos	54
5.3.2. Para el aire en los botaderos.....	56
5.4. Estabilidad hidrológica de los botaderos	65
5.4.1. Determinación del potencial hídrico	65
5.4.2. Elaboración de canales de coronación	67
CONCLUSIONES.....	68
RECOMENDACIONES.....	69

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
ANEXOS.....	72
A.1. Fichas de muestreo para estabilidad física, química e hidrológica.....	73
A.2. Fotografías.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Botadero de una mina open pit.....	19
Figura 2: Distancias entre caminos de carga.....	20
Figura 3: Diseño de botaderos con presencia de fallas.....	20
Figura 4: Napas Freáticas.....	21
Figura 5: Botadero en ladera.....	21
Figura 6: Alturas máximas de botadero.....	22
Figura 7: Colapso de botaderos.....	22
Figura 8: Botadero con material no compactado.....	23
Figura 9: Botadero con inicio de inestabilidad.....	23
Figura 10: Descarga de botadero.....	24
Figura 11: Calculo de disponibilidad del sector.....	26
Figura 12: Estimación de volumen de descarga.....	27
Figura 13: Construcción de botadero por bancos o capas.....	30
Figura 14: Ubicación Geográfica de la Concesión COLQUIRRUMI N°49 – B.....	38
Figura 15: Elección del método de explotación.....	41
Figura 16: Desechos de cantera.....	43
Figura 17: Desechos de cantera.....	43
Figura 18: Factor de seguridad de la desmontera de cantera.....	50
Figura 19: Análisis del factor de seguridad de la desmontera de calera.....	51
Figura 20: Diseño de bancos de desmonteras.....	53
Figura 21: Comparación de concentraciones de Partículas en Suspensión PM10($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	58
Figura 22: Comparación de concentraciones de Partículas en Suspensión PM2.5($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	60
Figura 23: Comparación de concentraciones de Monóxido de Carbono (CO) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	63
Figura 24: Comparación de concentraciones de Dióxido de Nitrógeno (NO ₂) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	64
Figura 25: Potencial hídrico de la zona de estudio.....	67

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Operacionalización de las Variables.	34
Tabla 2 Ubicación política.	37
Tabla 3 Coordenadas de Colquirrumi 49 B.	38
Tabla 3 Coordenadas de los botaderos.	39
Tabla 4 Botadero de cantera.	42
Tabla 5 Promedio de FS.	52
Tabla 6 Ubicación de las muestras.	54
Tabla 7 Valores de Intervención de monitoreo del suelo.	54
Tabla 8 Valores presentes en el suelo – desmontera de calera.	55
Tabla 9 Valores presentes en el suelo – desmontera de calera.	55
Tabla 10 Concentración de Partículas en Suspensión PM ₁₀	57
Tabla 11 Concentración de Partículas en Suspensión PM _{2.5}	59
Tabla 12 Concentración de Dióxido de Azufre (SO ₂).	61
Tabla 13 Concentración de Monóxido de Carbono (CO).	62
Tabla 14 Concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)-12h.	63
Tabla 15 Potencial hídrico de la parte baja de la cuenca.	65
Tabla 16 Potencial hídrico de la parte baja de la cuenca.	66

RESUMEN

La presente tesis tiene por objetivo determinar el diseño de botaderos para la producción de óxido de calcio, actividades mineras de la concesión Colquirrumi N° 49-B, provincia de Hualgayoc, departamento Cajamarca, 2018. En el análisis de estabilidad física, se considera que nuestro promedio del factor 1.682 con bancos de 2 metros de altura, 3 metros de ancho y un ángulo de 45°, la desmontera tiene 68 metros de ancho, 114 metros de largo haciendo y 8.30 metros de altura, haciendo un volumen de 64 341.6 metros cúbicos; considerando cuatro bancos de 2 metros, con 3 metros de ancho; el botadero tiene una capacidad para 57 894 metros cúbicos de desmonte. En relación a la estabilidad química, los análisis orgánicos y análisis inorgánicos en los suelos de los lugares muestreados se encuentran en la categoría NORMAL teniendo en cuenta el cuadro de valores de intervención de monitoreo del suelo. El promedio aritmético de concentración de partículas en suspensión PM10 es $4.20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, el cual no supera el límite máximo permisible fijado en $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$. El promedio aritmético de concentración de partículas en suspensión PM2.5, es $3.06 \mu\text{g}/\text{m}^3$, el cual no supera el límite máximo permisible fijado en $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Con respecto al dióxido de azufre (SO₂), el promedio aritmético es $1.61 \mu\text{g}/\text{m}^3$, el cual no supera el límite fijado en $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Para el monóxido de carbono (CO), el promedio aritmético de concentración es $2529.16 \mu\text{g}/\text{m}^3$, el cual no supera el límite fijado en $30\ 000 \mu\text{g}/\text{m}^3$. El promedio aritmético de concentración de dióxido de nitrógeno (NO₂), es $69.34 \mu\text{g}/\text{m}^3$, el cual no supera el límite fijado en $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De acuerdo al análisis de estabilidad hidrológica no representa mayor peligro ya que el excedente hídrico solo se presenta en la temporada de lluvia desde Enero hasta Marzo, y la recarga no es mayor a $30.86 \text{ ml}/\text{m}^3$.

Palabras clave: Diseño de botaderos, producción de óxido de calcio, estabilidad física, química e hidrológica.

ABSTRACT

The objective of this test is the design of dumps for the production of calcium oxide, mining activities of the Colquirrum concession N° 49-B, Hualgayoc province, Cajamarca department, 2018. In the analysis of safety physics, consider that our average factor of 1,682 with banks 2 meters high, 3 meters wide and an angle of 45 degrees, the dismantle is 68 meters wide, 114 meters long and 8.30 meters high, making a volume of 64 341.6 cubic meters; considering four banks of 2 meters, with 3 meters wide; the dump has a capacity for 57 894 cubic meters of waste. In relation to chemical chemistry, the organic analyzes and inorganic analysis in the soils of the sampled places are in the NORMAL category taking into account the table of intervention values for soil monitoring. The arithmetic average concentration of particles in suspension PM10 is $4.20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, which does not exceed the maximum permissible limit set at $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$. The arithmetic average concentration of particles in PM2.5 suspension is $3.06 \mu\text{g}/\text{m}^3$, which does not exceed the maximum permissible limit set at $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. With respect to sulfur dioxide (SO_2), the arithmetic average is $1.61 \mu\text{g}/\text{m}^3$, which does not exceed the limit set at $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$. For carbon monoxide (CO), the arithmetic average concentration is $2529.16 \mu\text{g}/\text{m}^3$, which does not exceed the limit set at $30\ 000 \mu\text{g}/\text{m}^3$. The arithmetic average concentration of nitrogen dioxide (NO_2) is $69.34 \mu\text{g} / \text{m}^3$, which does not exceed the limit set at $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. According to the analysis of hydrological stability, it does not represent a greater danger than the water surplus only occurs in the rainy season until January to March, and the recharge is not higher than $30.86 \text{ ml}/\text{m}^3$.

Keywords: Design of dumps, calcium oxide production, physical, chemical and hydrological stability.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La experiencia de la industria minera a nivel internacional ha demostrado que la mejor manera de asegurar la estabilidad física y química a corto, mediano y largo plazo es aplicando las mejores técnicas para diseñar botaderos de desmonte, éstos deben contar con características de ecosistema saludable y adecuado para el desarrollo de la vida y la preservación paisajista. (Ortíz, 2014)

La problemática, radica en la disposición de material estéril a la intemperie y/o acumulado en cursos más cercanos de agua, el propósito de la locación sobre el curso más cercano de agua, fue que estos desechos fuesen arrastrados por las corrientes sin medir las consecuencias como, peligro a la salud de los habitantes y perjuicio a las actividades propias de la zona (agricultura, ganadería, etc.) (Paucar, 2015).

El material estéril extraído de la mina, debe ser dispuesto en lugares específicos y adecuados para este fin, por lo que tendremos que definir las características de un botadero. Un buen lugar para un botadero lo constituirá el sector que cumpla de mejor manera todas las exigencias para su habilitación, tanto técnicas como económicas (Valenzuela, 2015).

En Cajamarca, específicamente en el distrito de Bambamarca en el año 2017, la Dirección Regional de Energía y Minas, realizó una auditoría ambiental a las canteras de materiales dedicadas a la producción de óxido de calcio, determinando que estas se encuentran rodeadas de poblaciones, mientras que, en otros casos, las explotaciones mineras están muy próximas a pistas o se encuentran en zonas de expansión urbana, creando conflictos legales entre el municipio y los titulares mineros. Se observó principalmente a la cantera La Resurrección, generando una problemática medioambiental agudizada por el hecho de no contar con botaderos específicos para cada material, como resultado los pobladores y trabajadores son afectados en su salud

por las partículas en suspensión (PM10 y PM2.5) generados al no compactar el desmonte; de igual manera se evidenció el impacto a la flora y fauna del lugar. Asimismo, se ha determinado que el impacto paisajístico es alto debido a que la empresa no cuenta con botadero adecuado para cada desmonte. El ente fiscalizador impuso una multa de 15 UITs a dicha empresa con la condición que absuelva las observaciones en un plazo de tres meses.

La empresa W&J Minería y construcción SAC, dueña de la concesión Colquirrumi 49° -B, acumula tres tipos de desmontes, el primero es de material orgánico, el segundo son los residuos de cantera, y el tercero son los residuos de óxido de calcio mezclados con carbón antracita. Actualmente no se separan por tipos de desmonte lo que produce el cambio del paisaje, hecho que se evidencia a simple vista pues se ha modificado el relieve, la topografía y geomorfología del lugar. Este hecho ha provocado el impacto en determinadas áreas con volúmenes y restos mineros de consideración, producto de la inestabilidad física, química e hidrológica. Esta problemática se pretende resolver determinando la estabilidad física, química e hidrológica.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es diseño de botaderos adecuados para la producción de óxido de calcio en la concesión Colquirrumi N° 49-B, provincia de Hualgayoc, departamento Cajamarca, 2018?

1.3. Justificación

El presente trabajo de investigación se hace necesario debido a que la empresa W&J Minería y construcción SAC, en su concesión Colquirrumi 49° -B, no realiza un adecuado manejo y disposición de desmontes, provocando impactos al suelo, paisaje y al aire.

Asimismo, será de utilidad para la empresa W&J Minería y construcción SAC, ya que contará con un diseño de botaderos evitando así posibles multas establecidas por la Dirección Regional de Energía y Minas.

Este estudio beneficia a la empresa W&J Minería y construcción SAC y a todos los interesados en buscar información acerca de diseño de botaderos.

1.4. Limitaciones

El desmonte de cantera, calera y de material orgánico se encuentra disperso, por lo cual es difícil calcular el volumen para el diseño de botaderos.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Diseñar los botaderos para los residuos de la producción de óxido de calcio en la concesión Colquirrumi N° 49-B, provincia de Hualgayoc, departamento Cajamarca, 2018.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar la estabilidad física de los botaderos de residuos generados en la producción de óxido de calcio en la concesión Colquirrumi N° 49-B, mediante el factor de seguridad (Bishop Simplificado).
- Determinar la estabilidad química de los botaderos de residuos generados en la producción de óxido de calcio en la concesión Colquirrumi N° 49-B, mediante monitoreo de aire, suelos y agua.
- Determinar la estabilidad hidrológica de los botaderos de residuos generados en la producción de óxido de calcio en la concesión Colquirrumi N° 49-B, mediante el excedente hídrico.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

- **García, (2013).** Realizó su Tesis para obtener el título de geólogo, en la Universidad de Chile, titulada: “*Modelación del Potencial de Drenaje Ácido de Botaderos*”, en Santiago. Los resultados mostraron que: debido a las diferencias granulométricas se puede esperar pH más alto en un botadero pues posee una fracción fina muy baja en comparación a las muestras sometidas a los ensayos, debido a que estas han sido preparadas. Las diferencias en los valores de una misma muestra pueden ser hasta de un punto en los últimos ciclos. Además de este modelo se propusieron dos variantes, en la primera se limitó a que solo podría reaccionar la pirita expuesta directamente en superficie, en segundo lugar, se hizo variar el contenido de pirita, para observar el comportamiento y la sensibilidad respecto a esta variable. Lo que se observó fue que tanto el contenido de pirita como el modo de reacción de las muestras juega un papel importante en el control del pH, pudiendo hacer que este llegue a cifras varios puntos por sobre, o debajo, del modelo anterior.
- **Zorrilla, (2017).** Realizó su Tesis de Maestría, en la Universidad Politécnica de Madrid, titulada: “*Aplicación de la Geoquímica al Estudio del Vertedero de Duquesa, en Santo Domingo, República Dominicana, y Propuesta de Tratamiento Pasivo de los Lixiviados*”, en España. En esta investigación mediante datos geoquímicos de Santo Domingo obtenidos por el Servicio Geológico Nacional se seleccionaron 164 Muestras en un área de 1.238.000 m² perteneciente a Santo Domingo, detectaron anomalías en una parte de elementos químicos identificados bajo un análisis factorial, agrupando elementos que se correlacionan y generando 4 mapas de contornos, los cuales reflejaban gráficamente las incidencias de cada agrupación distribuidas en toda la zona de estudio. Se generó una superposición de la imagen satelital de Santo Domingo conjunto con el mapa de contorno obtenido como concentraciones de metales conocidos como los existentes en los lixiviados, el cual plasmo la relación de la ubicación del vertedero sobre el terreno con elevadas concentraciones de estos metales.

- **Valenzuela, (2015).** Realizó su Tesis doctoral, en la Escuela Politécnica de Madrid, titulada: “*Sistema de medición de la estabilidad de depósitos mineros de relave frente a la acción eólica, para su recuperación como espacio urbano sostenible. El caso de la ciudad de Copiapó en Chile*”, en España. Las pruebas in situ consideraron la aplicación de un tratamiento supresor de polvo en un depósito de relave en operación, cubriendo una superficie aproximada de 4 ha. Se realizaron tres campañas experimentales cada una de un año de duración, con el fin de aplicar la metodología en desarrollo. También se aplicó la metodología de evaluación de la erosión eólica en una prueba in situ realizada en un depósito de relave cerrado, emplazado a 77 m de una población. Por otra parte, fue desarrollada y validada la metodología a pruebas de laboratorio, en túnel de viento, para evaluar el desempeño del relave tratado con supresores de polvo. Entre los resultados de producción científica que se lograron en el desarrollo de esta investigación, además de las presentaciones a congresos y publicaciones en revistas, es importante destacar la oficialización de la norma chilena NCh 3266-2012 Depósitos de relaves – Caracterización del producto supresor de material particulado – Evaluación de propiedades de desempeño de los relaves tratados con supresor de material particulado, con la que se busca entregar una herramienta para encargados de depósitos de relave, autoridades fiscalizadoras, proveedores de productos supresores de polvo, entre otros, que les permita evaluar la afección de la erosión eólica en depósitos de relave y/o evaluar la efectividad de las soluciones implementadas para disminuir sus emisiones.
- **Paucar, (2015).** Realizó su Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil, en la Universidad Nacional del Centro del Perú, en Huancayo, titulada: “*Diseño y Estabilidad de Botaderos de Desmonte para la Remediación de Pasivos Ambientales de la Mina Recuperada Huancavelica*”. La evaluación de estabilidad de taludes, basado en el método Bishop, del botadero de desmonte, con las características geométricas planteadas, garantizan una solución integral al problema de estabilidad física. Cuyos resultados en función del Factor de Seguridad son mayores al mínimo recomendable; en condiciones estáticas (FS=1.893>1.5) y condiciones Pseudoestático (FS=1.183>1.0). El factor de

seguridad. calculado mediante una evaluación probabilística de la estabilidad física de los taludes de los botaderos, usando el método Monte Carlo, mediante la variabilidad de los parámetros de resistencia al corte, obteniéndose un riesgo de inestabilidad (Probabilidad de fracaso) de 2.89 E-11 %. Las principales conclusiones son: El diseño del botadero de desmonte propone una estabilidad física, geoquímica e hidrológica concordante con la normativa vigente en la Remediación de Pasivos Ambientales, con características de ecosistema compatible con un ambiente saludable y adecuado para el desarrollo de la vida y la preservación paisajista.

- **Ortíz, (2014).** Realizó su Tesis para obtener el título de Maestro en Ciencias, en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann - Tacna, titulada: *“Impacto Ambiental Producido por los Botaderos de Desmonte y Pads de Lixiviación en la Mina Santa Rosa de Puno”*. Se concluye que si por cuanto según las mediciones las aguas que percolan en el caso del botadero sur y el Pad de lixiviación nos dan valores de pH que oscila entre 3,5 y 4,5 que es mayor al límite permisible que está en 6-9 en cualquier momento. En el caso de concentraciones de cianuro fluctúa entre 0,001 mg/1 a 0,005 mg/1 por debajo del límite permisible de 1 mg/1, las concentraciones de Arsénico varían entre 0,005 mg/1 y 0,2 mg/1, resultando en niveles por debajo del límite de igual manera Cobre Plomo y Zinc. La concentración de Hierro varía entre 0,09 mg/1 y 16,41 mg/1, resultado por encima del límite permisible que es de 2 mg/1. El control físico tanto de los botaderos como de los pads de lixiviación se demuestra que tiene gran influencia, al controlar el diseño del talud, para que estos no colapsen. En el caso del botadero se ha determinado que la mejor inclinación del banco debe ser de 30°, con una altura de 15 m con banquetas de 12 m, que da un factor de seguridad de 1,50, incluyendo coeficiente sísmico y carga de volquetes de 100 t, lo cual está por encima del mínimo que está de 1 -1,5.

- **Yucra, (2016).** Realizó su Tesis para obtener el título de Ingeniero de Minas, en la Universidad Nacional del Altiplano - Puno, titulada: “*Diseño de Botadero de la Explotación de Magnetita Cuerpo 2 Mecaminas E.I.R.L. – Santa Lucía*”. El depósito metálico denominado “Cuerpo 2”, se ha clasificado como un Filón Hidrotermal; con un rumbo promedio de N 60 E, tiene una longitud mayor a los 200 m. y una potencia aproximada de 12 m. en las zonas de enriquecimiento con tendencia a reducirse a los extremos norte y sur, teniendo una estructura metálica masiva, compuesta principalmente por Hematita y Magnetita, que a profundidad muestran un aspecto más consolidado. Los siguientes son los criterios de diseño para el depósito de desmonte: Se ubicará a 0.3 km al Este del tajo abierto, la base del desmonte consistirá en gran parte de roca caliza que es relativamente dura y competente, con alta permeabilidad y resistente, la generación de desmontes en la etapa de construcción y explotación será de 81,000 m³ aproximadamente, altura vertical máxima 40 m, densidad aparente promedio del desmonte 2.00 TM/m³ , se ha proyectado una poza de sedimentación de 15 m de largo, 5 m de ancho y 3 m de profundidad.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Botaderos

Los botaderos o escombreras -Wastes Dumps- son estructuras masivas de material estéril o con un contenido mineral muy bajo producto de las operaciones mineras a tajo abierto o de las labores de preparación en las subterráneas que se acumulan sobre fundaciones rocosas (Ver figura 1).

Los botaderos se caracterizan por ser acumulaciones aisladas a manera de montones de material o adosadas a taludes naturales (Zorrilla, 2017).

Los botaderos se construyen por el simple vertido directo de los materiales desde los camiones en los bordes de estas estructuras o en otros casos por la descarga del material en las plataformas y posterior empuje con tractores (Zorrilla, 2017).

Estas grandes estructuras y sus inestabilidades, han dado lugar a una fuerte preocupación de parte de los organismos gubernamentales que han orientado sus esfuerzos a minimizar los impactos ambientales y los riesgos de seguridad tanto para el personal, equipos e infraestructura involucrada (Ortíz, 2014).



Figura 1: Botadero de una mina open pit.
Fuente: (Ortíz, 2014).

2.2.1.1. Construcción de un botadero

El material estéril extraído de la mina, debe ser dispuesto en lugares específicos y adecuados para este fin, por lo que tendremos que definir las características de estos lugares. Un buen lugar para un botadero lo constituirá el sector que cumpla de mejor manera todas las exigencias para su habilitación, tanto técnicas como económicas, de las cuales podemos mencionar las siguientes (García, 2013):

La distancia entre el punto de carga de los camiones en la mina y el lugar de descarga del material estéril (o botadero) debe ser la mínima posible, por

una razón económica, ya que el rendimiento de los equipos de transporte es afectado por esta distancia (Ver figura 2) (García, 2013).

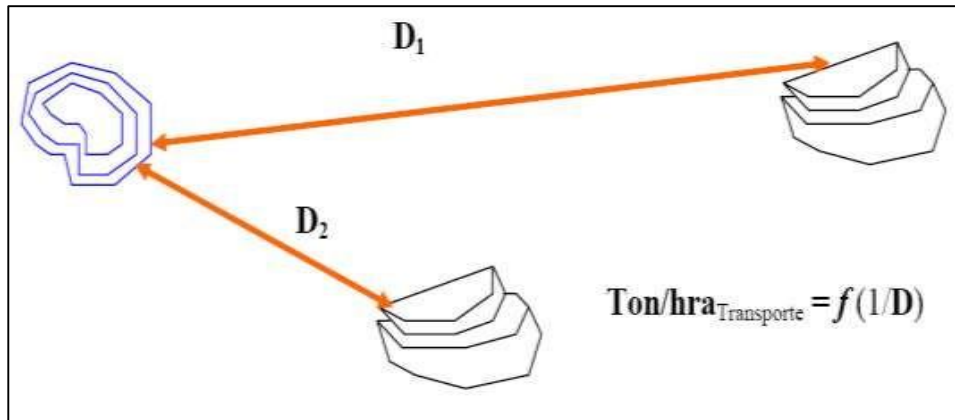


Figura 2: Distancias entre caminos de carga.
Fuente: (García, 2013).

- El lugar donde se depositarán el material estéril debe ser geológica y geomecánicamente apto para ello, ya que la gran cantidad de material a depositar puede generar siniestros geomecánicos en el sector mismo (hundimiento) o en sectores aledaños (distribución de esfuerzos). Ver figura 3 y 4. (Zorrilla, 2017)

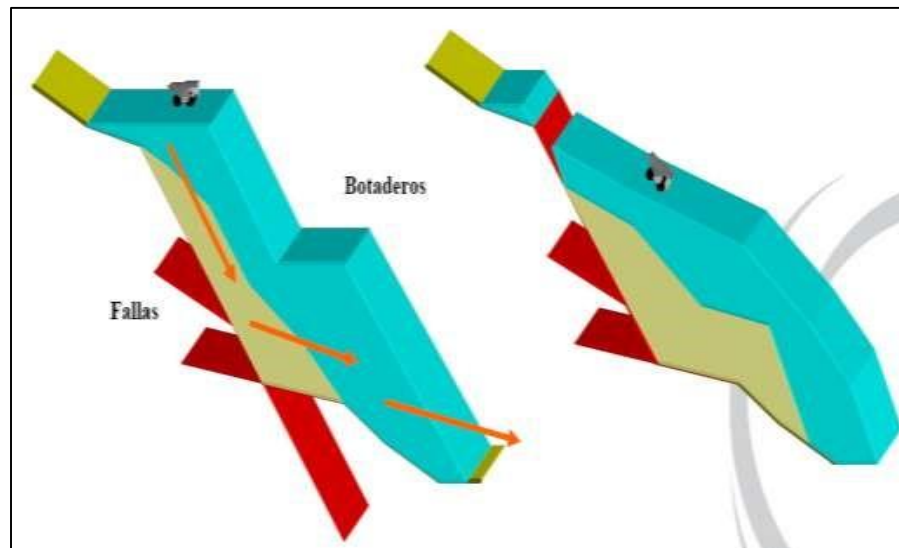


Figura 3: Diseño de botaderos con presencia de fallas.
Fuente: (Zorrilla, 2017)

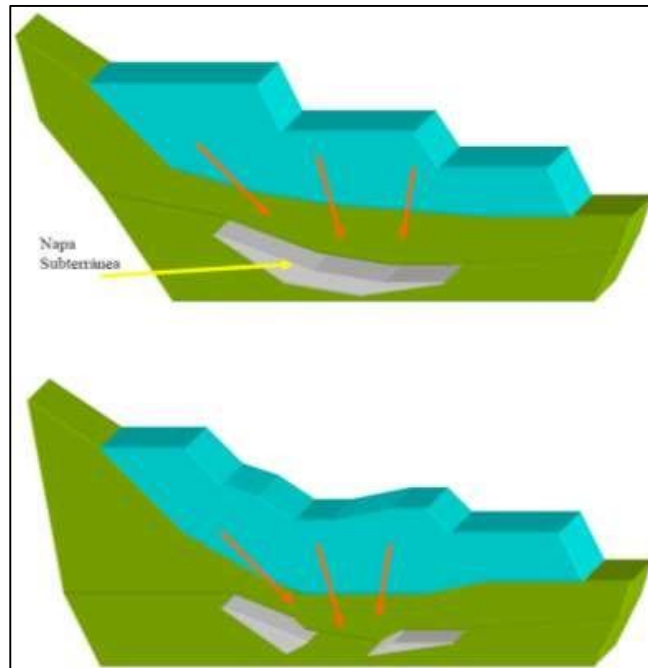


Figura 4: Napas Freáticas.
Fuente: (Zorrilla, 2017).

2.2.1.2. Disposición de botaderos en laderas

Comúnmente se disponen los residuos minerales en las laderas de los cerros circundantes a la explotación, más que nada por razones de simplicidad en la descarga, mantención y estabilidad, además que se encuentra disponible un mayor espacio para la actividad y ésta se puede realizar de una manera más uniforme (Ver figura 5 y 6). (Paucar, 2015)

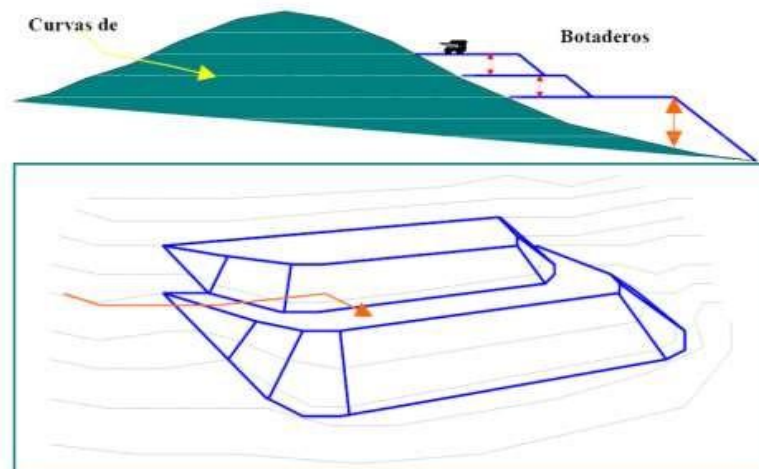


Figura 5: Botadero en ladera.
Fuente: (Paucar, 2015).

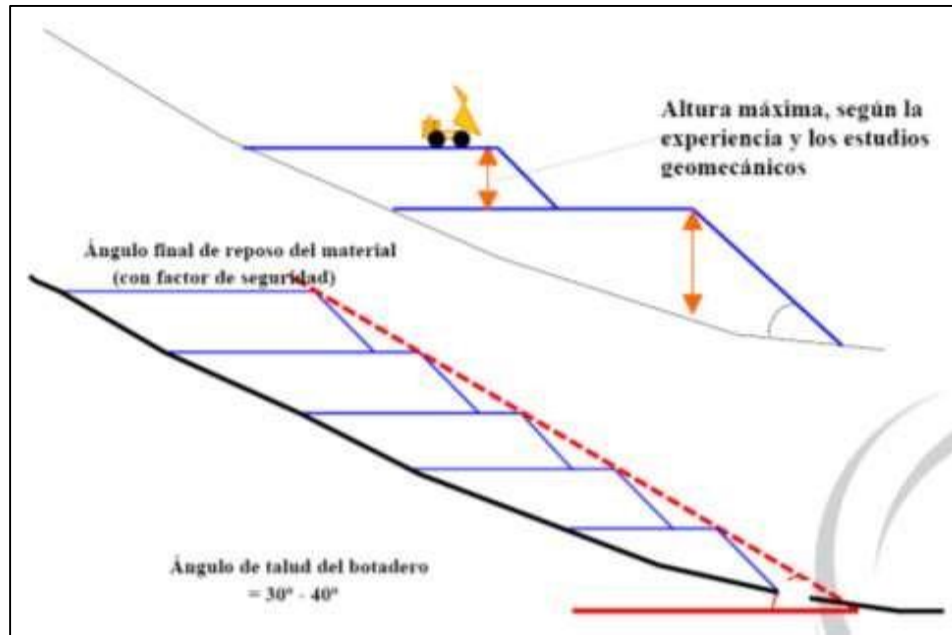


Figura 6: Alturas máximas de botadero.
Fuente: (Paucar, 2015).

2.2.1.3. Colapso en los bordes del Botadero

Los colapsos en las caras de material compacto, como en el caso de los bancos construidos en roca, se producen en función de las estructuras presentes y por lo general son predecibles, ya que la mayor parte de las veces dichas estructuras son debidamente mapeadas y tienen algún grado de presencia en la superficie, por lo que se puede estimar, prevenir y controlar la ocurrencia de un evento de inestabilidad (Ver figura 7). (Yucra, 2016)

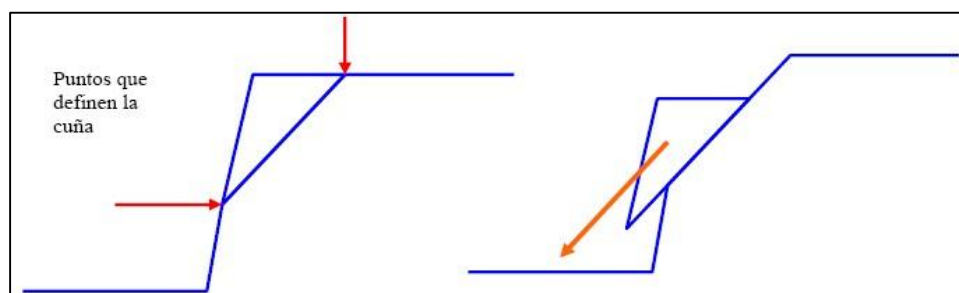


Figura 7: Colapso de botaderos.
Fuente: (Yucra, 2016).

Para el caso de los depósitos de material no compacto o suelto, se pueden apreciar ciertos indicios de inestabilidad en superficie, pero lamentablemente no siempre se puede determinar el volumen afectado por

dicha inestabilidad, debido a que la cara por la cual se deslizaría el material inestable no es recta sino curva (Ver figura 8). (Yucra, 2016)

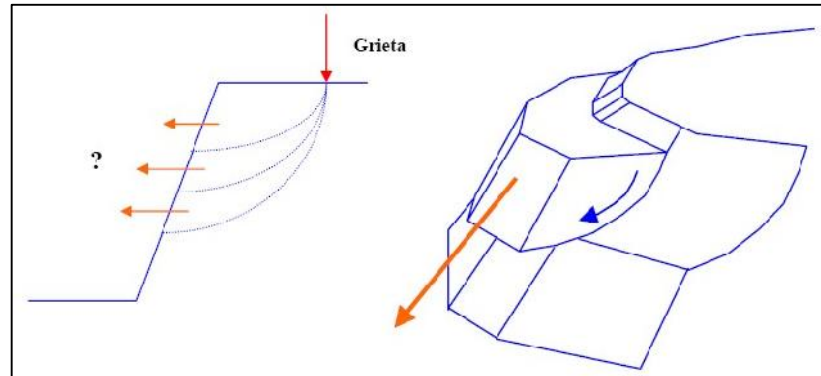


Figura 8: Botadero con material no compactado.
Fuente: (Yucra, 2016).

En algunas ocasiones puede apreciarse en el talud algún indicio de la inestabilidad y de ese modo estimar la curva de deslizamiento, e incluso evitarlo con algún tipo de acción. Este indicio por lo general luce como un levantamiento de la superficie del talud (Ver figura 9). (Yucra, 2016)

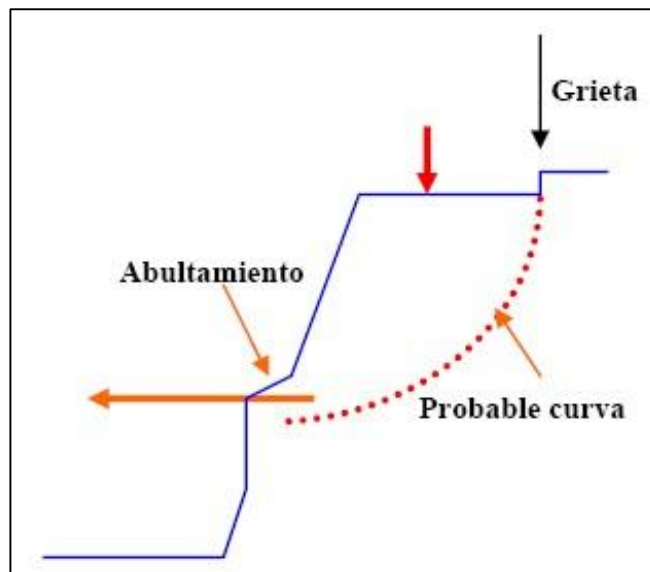


Figura 9: Botadero con inicio de inestabilidad.
Fuente: (Yucra, 2016).

2.2.2. Operación en botaderos

Básicamente la descarga se realiza en las cercanías del borde del botadero, teniendo en cuenta que debe existir una distancia prudente para evitar accidentes durante y después de la operación.

Para ello no basta con la operación solitaria y cuidadosa del operador del camión que descargará, sino que se requiere la operación conjunta de otros equipos de apoyo como los bulldozers y/o wheeldozers, los cuales procederán a realizar su acomodamiento y construirán la cuneta de seguridad una vez descargado el material. (Yucra, 2016)

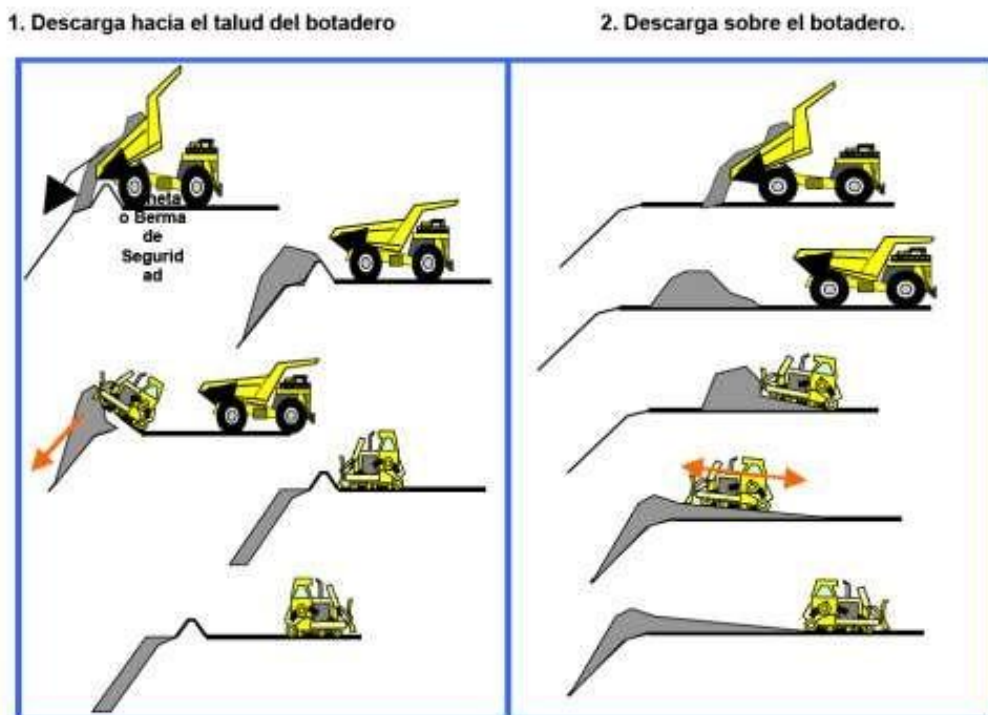


Figura 10: Descarga de botadero.

Fuente: (Yucra, 2016).

2.2.3. Cálculo del Volumen en el botadero y Costo de utilización

El cálculo del volumen a utilizar en los botaderos, se realiza con el fin de estimar el espacio físico necesario para la adecuada disposición del material estéril, de modo que podamos definir el lugar o lugares donde se dispondrán dicho material. (Ortíz, 2014)

En función de la necesidad y considerando los aspectos económicos involucrados (costos en el transporte, distancia, discriminación entre estéril con leyes de fino interesantes (es decir potencialmente explotables), tipo de material (oxidado, sulfurado, suelo, etc.) y su potencial uso futuro o su potencial efecto sobre el medio ambiente, características de los sectores disponibles para el depósito de estéril,

proceso del mineral principal extraído, etc., se obtendrá como resultado la disponibilidad y ubicación de los sectores para la disposición de estos materiales. (Ortíz, 2014)

Teniendo en cuenta lo anterior, cada sector habilitado para la disposición de materiales tendrá un costo asociado, es decir cada tonelada de material a depositar, con sus características propias costará una cierta cantidad de dinero, por lo que este cálculo es de suma importancia en el momento de evaluar un proyecto de explotación a rajo abierto. (Ortíz, 2014)

Cada bloque de estéril, dentro de la explotación, tendrá asociado un costo de extracción extra por concepto de manejo fuera de la mina, lo cual determinará una planificación especial de su disposición fuera de la explotación.

Teniendo en claro todo lo anterior, se puede proceder a calcular el espacio o volumen necesario para depositar los materiales involucrados en la explotación, y el cálculo se puede expresar como (García, 2013):

$$VX = TX / X \text{ (m}^3\text{)}$$

VX: Volumen necesario para depositar el Material X en metros cúbicos.

TX: Tonelaje del Material X in situ (en la mina).

X: Densidad compactada final del Material X en el botadero en toneladas por metro cúbico.

Una vez calculado el volumen necesario, debemos identificar los sectores donde podrán ser depositados los distintos materiales teniendo en cuenta las consideraciones antes descritas y simulando la geometría posible del depósito, de modo que se tenga una aproximación de la forma y los límites del botadero y así poder calcular su capacidad. (Zorrilla, 2017)

Para cubicar y visualizar gráficamente los futuros botaderos debemos disponer de la información suficiente de los sectores que serán habilitados para ello, como por ejemplo la pendiente del sector, el ángulo de reposo del material (con el cual va a quedar finalmente el material en forma segura), altura de los depósitos, áreas y las figuras típicas que se formarían en función de estos datos, luego hacer los cálculos geométricos correspondientes de volúmenes y finalmente llevarlos a un plano donde serán representados (Ver figura 11). (García, 2013)

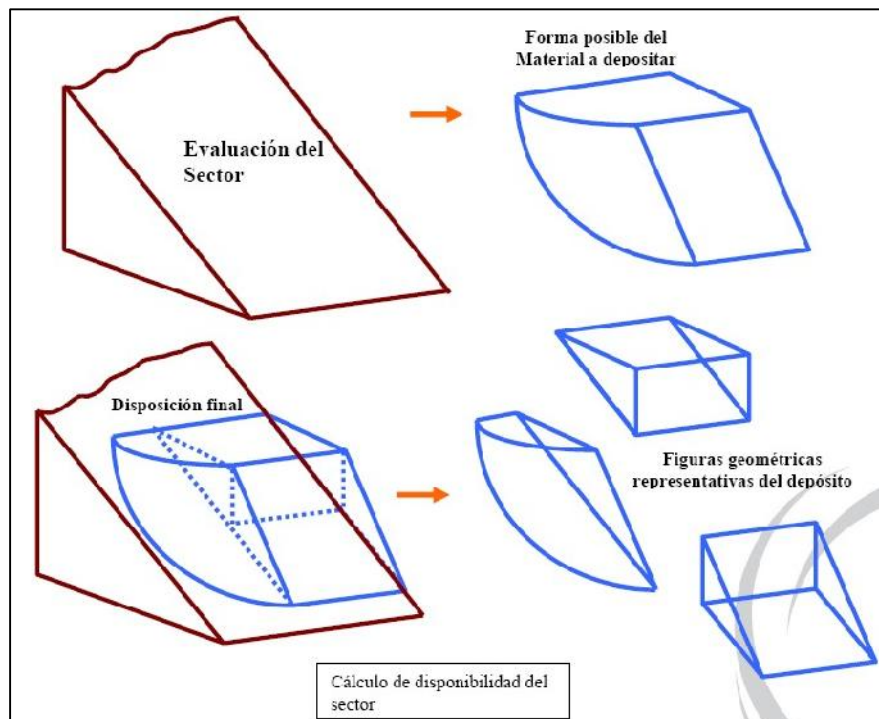


Figura 11: Cálculo de disponibilidad del sector.

Fuente: (García, 2013).

En el caso de que se requiera cubicar el estado de los botaderos operativos debemos recurrir a técnicas topográficas de cubicación en terreno, realizando inicialmente un levantamiento topográfico y luego evaluar el estado actual del botadero, de modo que se pueda llevar un control de alimentación o crecimiento del depósito (ver figura 12). (García, 2013)

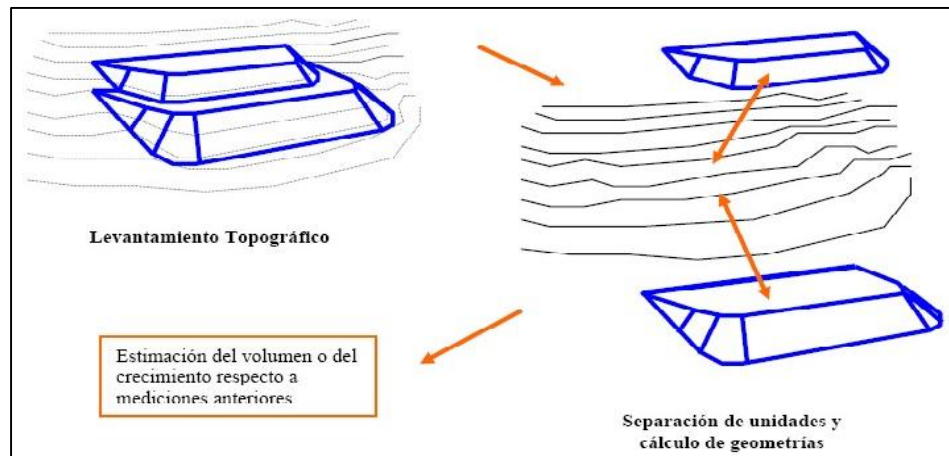


Figura 12: Estimación de volumen de descarga.
Fuente: (García, 2013).

2.2.4. Botaderos de desmonte

El primer paso para diseñar un botadero es la selección de un sitio o sitios que serán apropiados para manejar el volumen de desmonte de roca a ser removido durante la vida de la mina. La selección del sitio depende de varios factores, de los cuales los más importantes son (Ortíz, 2014):

- Ubicación del Pit y tamaño a través del tiempo.
- Topografía.
- Volúmenes de Desmonte de Roca.
- Límites de la propiedad.
- Rutas de drenaje existente.
- Requerimientos de restauración.
- Condiciones de fundación.
- Equipos y maquinaria para el manejo del material.

El objetivo del planeamiento del botadero es diseñar una serie de alternativas de disposición de desmontes que minimizó las distancias horizontales y verticales entre el Pit y el botadero. Desde que los costos de manejo de desmontes son usualmente más grandes que los costos de minado, el diseño del botadero juega un rol muy importante y crítico, afectando los costos de la operación total. (García, 2013)

La secuencia de minado a tajo abierto y planeamiento de producción fue completado previo al diseño de botadero con el objetivo de maximizar el retorno de la inversión. Por lo tanto, dos de los más importantes parámetros concernientes al diseño de botadero han sido fijados antes de comienzo de diseño: la ubicación del Pit, tamaño a través del tiempo y el planeamiento de producción de desmonte. Estos dos parámetros definen donde pueden comenzar los botaderos, cuán rápido avanzó, y el volumen final que pueden almacenar. (Yucra, 2016)

La secuencia de minado del Pit definirá el ratio y fuente de desmonte de roca. Generalmente, los materiales de desmonte de las áreas más altas deben ser transportados a los botaderos localizados en las partes más altas y el desmonte más bajo en las locaciones más bajas. Esto es común si los costos de transporte son minimizados. Si bien esto es el objetivo ideal, topografía, límites de propiedad, rutas de drenaje, estabilidad, consideraciones medioambientales, y otras restricciones pueden hacer este objetivo dificultoso o imposible. (García, 2013)

La topografía limitará las áreas disponibles y usualmente definirán el tipo o forma del botadero. La configuración más común del botadero son rellenos de valles (completo o parcial), ladera de cuña, abanico y terrazas o combinaciones de estas. (Yucra, 2016)

Antes de comenzar con el diseño de botadero, dos adicionales parámetros deben ser determinados. El factor de esponjamiento del material y el ángulo de reposo son factores muy importantes en determinar el volumen del botadero requerido y el talud global. El material In Situ, cuando es minado, se esponjará 10 a 60%, dependiendo del tipo de material y frecuencia de fractura, En operaciones de roca dura, el factor de esponjamiento esta entre 30 a 45%. Las pruebas de densidad suelta deben ser ejecutadas para determinar el esponjamiento anticipado. (Ortíz, 2014)

Un segundo parámetro que debe ser determinado es el ángulo de reposo del material suelto. Las rocas secas que salen de la mina usualmente están entre 34 a 37°. Para propósitos de diseño, un talud conservador de 1.5:1 (34°) es recomendado en orden

para la seguridad. Las dimensiones de taludes existentes también darán una buena indicación del ángulo de cara del botadero a largo plazo. (Zorrilla, 2017)

La configuración del botadero también será afectada por el método de transporte y la estabilidad y consideraciones de restauración. (Valenzuela, 2015)

- Estabilidad de Botaderos

La estabilidad general del botadero depende de un número de factores como:

- Topografía del sitio.
- Método de construcción.
- Parámetros geotécnicos del desmonte.
- Parámetros geotécnicos del material de fundación.
- Fuerzas externas que actúan sobre el botadero (presencia de agua y sismos).
- Ratio de avance del botadero.

Todos estos factores combinados en varias formas durante la vida del botadero de mina ayudarán en la estabilidad del botadero o para contribuir a su inestabilidad. (Zorrilla, 2017)

- Métodos de construcción

Los botaderos son usualmente contruidos por uno de los dos métodos más comunes: en capas o descarga final. Descarga final es controlada por procesos de falla donde el desmonte es depositado formando un talud cerrado a su ángulo de reposo y el factor de seguridad es por consiguiente cerrado a uno. Desde que la cara del frente está siempre avanzando durante la vida del botadero, el talud no está estabilizado por la nivelación con equipos convencionales hasta el cierre del botadero. (García, 2013)

El monitoreo de la vida del botadero es recomendado y anticipado debido a las fallas de taludes. El botadero de mina construido usando una técnica de descarga final algunas veces son referidas como “construidos desde la parte superior”, mientras que, las descargas en capas son contruidos “de abajo hacia arriba”.

Los botaderos en capas o bancos pueden ser controlados, lo cual añade significativamente a su estabilidad general; sin embargo, ello requiere un talud de topografía relativamente suave y usualmente conlleva una distancia de acarreo más larga en los años más tempranos de la vida de la mina. (Valenzuela, 2015)

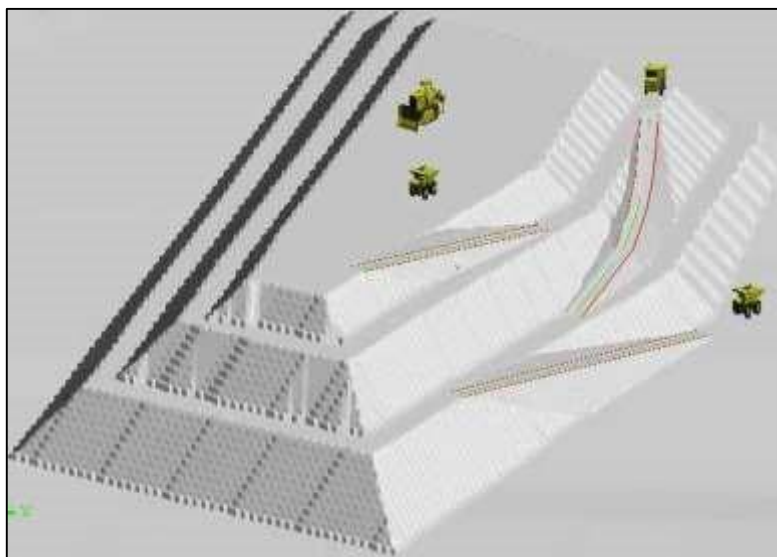


Figura 13: Construcción de botadero por bancos o capas.
Fuente: (Valenzuela, 2015).

2.2.5. Elementos del diseño geométrico

Los elementos que definen la geometría de la pista son:

- La velocidad de diseño seleccionada.
- La distancia de visibilidad necesaria.
- La estabilidad de la plataforma de la pista, de las superficies de rodadura.
- La preservación del medio ambiente.

En la aplicación de los requerimientos geométricos que imponen los elementos mencionados, se tiene como resultante el diseño final de un proyecto de pista estable y protegida contra las inclemencias del clima y del tránsito. Para el buen diseño de una pista se consideran claves las siguientes prácticas (Valenzuela, 2015):

- Evitar la alteración de los patrones naturales de drenaje. Proporcionar drenaje superficial adecuado.

- Evitar terrenos escarpados con taludes de más de 60%. Evitar problemas tales como zonas inundadas o inestables.
- Minimizar el número de contactos entre la pista y las corrientes de agua.
- Conseguir una superficie de rodadura de la pista estable y con materiales físicamente sanos. Instalar obras de subdrenaje donde se necesite, identificando los lugares activos durante la estación de lluvias.
- Reducir la erosión colocando cubiertas vegetales o físicas sobre el terreno en cortes, terraplenes, salidas de drenajes y cualquier zona expuesta a corrientes de agua.
- Usar ángulos de talud estables en cortes y rellenos.
- Usar medidas de estabilización de taludes, de estructuras y de obras de drenaje conforme se necesiten y sea económicamente seleccionada
- Proporcionar un mantenimiento debidamente planeado y programado.

2.2.6. Factores que afectan la estabilidad de los botaderos

2.2.6.1. Configuración del botadero

- **Altura:** Distancia vertical desde la superficie del terreno a la cresta del botadero.
- **Volumen:** Usualmente expresado en metros cúbicos
- **Botaderos Pequeños:** Menor a 1 millón de metros cúbicos.
- **Botaderos Medianos:** Entre 1 millón y 50 millones de metros cúbicos.
Botaderos Grandes: Mayores a 50 millones de metros cúbicos.
- **Ángulo del Talud:** Es el ángulo total medido desde la cresta hasta el pie del botadero. Por lo general el ángulo aceptado es de 26° , este valor va relacionado con los procesos de reclamación.
- El promedio del ángulo de reposo de los materiales en los botaderos es 37° . Ángulos mayores a 37° podrían ser considerados como botaderos sobre inclinado y estos están relacionados con el tipo de materiales que son descargados. (García, 2013)

2.2.6.2. Fundación de los taludes y grado de confinamiento

- Ambos afectan la estabilidad de los botaderos.

- Fundaciones muy empinadas de los taludes y sin confinamiento, son consideradas de alto riesgo y han sido reportadas como causa de fallas importantes.
- Una situación favorable sería la disminución del ángulo en la base del botadero y el confinamiento tridimensional del mismo.
- Donde el valle es sinuoso el botadero tomará la configuración del valle. (García, 2013)

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Actividad minera

Se realiza en los yacimientos, extrayéndose los minerales de las rocas que concentran uno o más minerales, como oro, plata, cobre, cinc, plomo, aluminio, hierro, bauxita o estaño. (Ortíz, 2014)

2.3.2. Botaderos

Son lugares especialmente destinados para recibir el material estéril de la mina a tajo abierto y los ripios que se obtienen al desarmar las pilas de lixiviación. (Valenzuela, 2015)

2.3.3. Caliza

Es una roca sedimentaria compuesta mayoritariamente por carbonato de calcio (CaCO_3), generalmente calcita, aunque frecuentemente presenta trazas de magnesita (MgCO_3) y otros carbonatos.. (Valenzuela, 2015)

2.3.4. Desmante

El desmante de mina es el material estéril o mineral de baja ley (con una ley de mineral que se encuentra por debajo del nivel económico conocido como en minería como Cut Off) que se obtiene al momento de realizar el corte de mineral en la operación de mina o que es obtenido como material de desbroce para acceder al mineral. (García, 2013)

CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS

3.1. Formulación de la hipótesis

Al realizar el diseño de botaderos adecuado se minimizan los impactos negativos provocados por los desmontes de la concesión Colquirrumi N° 49-B, provincia de Hualgayoc, departamento Cajamarca, 2018.

3.2. Hipótesis específicas

- La estabilidad física de los botaderos evita deslizamientos producto de un factor de seguridad bajo, en la concesión Colquirrumi N° 49-B.
- La estabilidad química de los botaderos evita la posible alteración al agua, aire y suelo en la concesión Colquirrumi N° 49-B.
- La estabilidad hidrológica de los botaderos evita posibles derrumbes producto de un excedente hídrico en la concesión Colquirrumi N° 49-B.

3.3. Variables

- Independiente: Diseño de botaderos.
- Dependiente: Producción de óxido de calcio.

3.4. Operacionalización de variables

Tabla 1:

Operacionalización de las Variables.

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADOR
Diseño de botaderos	Independiente	Determinación del análisis de las cargas o las fuerzas aplicadas a los macizos rocosos y los efectos internos de estos; los cuales pueden ocasionar: deformaciones, fracturas y roturas o el deslizamiento.	Estabilidad física	Factor de seguridad (Bishop simplificado)
			Estabilidad química	Monitoreos de suelos (Cianuro, Arsénico, Bario, Cadmio, Cromo, Mercurio y plomo)
				Monitoreo de aire (PM10, PM2.5, CO, NO2, SO2)
			Estabilidad Hidrológica	Monitoreo de agua
Producción de óxido de calcio	Dependiente	Son las actividades que permiten la producción de óxido de calcio a partir del quemado de la roca caliza.	Limpieza de material orgánico	Toneladas de desmonte trasladado al botadero de material orgánico
			Voladura	Toneladas de ripio trasladado al botadero de cantera
			Chancado	Toneladas de ripio trasladado al botadero de cantera
			Calcinación	Toneladas de desmonte trasladadas al botadero de residuos de cal

Fuente: Elaboración propia, 2018.

CAPÍTULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. Tipo de investigación

Esta investigación es Descriptiva ya que caracteriza el objeto de estudio o situaciones concretas, ordena, agrupa y sistematiza los parámetros involucrados en el diseño de botaderos (Hernández, 2014, pp. 175). En esta tesis se describen los factores que influyen para la estabilidad física, química e hidrológica, en la concesión Colquirrumi N° 49-B, de la empresa W&J Minería y Construcción S.A.C.

4.2. Diseño de investigación

El diseño a aplicar es el inductivo, se observan aspectos particulares para llegar a conclusiones generales que puedan ser aplicadas por la empresa W&J Minería y Construcción S.A.C, en su proceso de operaciones mina y en la etapa de cierre, de acuerdo a las condiciones que geográficas, geotécnicas que se presenten entre otros (Hernández, 2006, pp. 204).

4.3. Método

Se aplicó el método analítico, que consiste en observar y realizar el diseño de botaderos de la concesión Colquirrumi N° 49-B” (Hernández, 2006, pp. 273)

4.4. Material de estudio

4.4.1. Unidad de estudio

El desmonte generado en la concesión no metálica Colquirrumi N° 49-B.

4.4.2. Población

Se trabajó en la concesión no metálica Colquirrumi N° 49-B, de propiedad de la empresa W&J Minería y Construcción SAC, Hualgayoc, Cajamarca.

4.4.3. Muestra

Se trabajó con 3 desmonteras en la concesión no metálica Colquirrumi N° 49-B, se muestreo de forma aleatoria.

4.5. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

- Recopilación bibliográfica

Se analizaron libros, tesis y proyectos de investigación que se utilizan como fuentes para la elaboración del marco teórico. Asimismo, para el desarrollo de la tesis se utilizarán reportes emitidos por el SENAMHI.

- Toma de datos en campo

Se utilizaron fichas de muestreo para estabilidad física, química e hidrológica.

- Análisis de resultados

Esta actividad se realizó en gabinete para analizar los datos y resultados obtenidos en campo, mediante el programa AutoCad y Slide.

4.6. Instrumentos

Los instrumentos a emplearse para la elaboración del presente trabajo de investigación serán:

- Caracterización de estabilidad de taludes mediante el factor de seguridad.
- Clasificación de desechos contaminantes.
- Tablas de evapotranspiración, precipitación y evaporación.

CAPÍTULO 5. RESULTADOS

5.1. Aspectos generales

5.1.1. Ubicación política:

Tabla 2

Ubicación política.

Continente	América del Sur
País	Perú
Región	Cajamarca
Departamento	Cajamarca
Provincia	Hualgayoc
Distrito	Bambamarca
Caserío	Apán Bajo

Fuente: Elaboración propia, 2018.

5.1.2. Ubicación geográfica

La concesión se ubica en el departamento de Cajamarca la cual se localiza en el norte del país, presenta una superficie aproximada de 33,317.5 km². Cajamarca limita por el Norte, con la República de Ecuador; por el Este, con el departamento de Amazonas; por el Sur, con el departamento de La Libertad y por el Oeste, con los departamentos de Piura y Lambayeque.

Asimismo, en un ámbito más específico la concesión está dentro del distrito de Bambamarca, la cual tiene las siguientes características geográficas:

Altitud: 2580 msnm

Latitud: 06°40'43" Sur.

Longitud: 78°31'27" Oeste.

Superficie: 451.38 Km²

El área de la concesión Colquirrumi N°49 – B es de 99.9998 hectáreas y está delimitada entre las siguientes coordenadas UTM (WGS 84– 17S):

Tabla 3
Coordenadas de Colquirrumi 49 B.

CUADRO DE COORDENADAS UTM – COLQUIRRUMI N°49 – B		
VERTICE	ESTE	NORTE
A	769 880.54	9 255 720.90
B	769 807.73	9 254 723.57
C	768 810.40	9 254 796.36
D	768 883.20	9 255 793.70

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Estas coordenadas pertenecen al cuadrángulo de Celendín Hoja 14 - g.



Figura 14: Ubicación Geográfica de la Concesión COLQUIRRUMI N°49 – B.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Las desmonteras actuales tienen las siguientes coordenadas UTM WGS 84:

Tabla 4

Coordenadas de las desmonteras.

VERTICE	ESTE	NORTE
Desmontera de top soil	769 694	9 255 548
Desmontera de cantera	769 706	9 255 555
Desmontera residuos de cal	769 732	9 255 584

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Los botaderos propuestos tienen las siguientes coordenadas UTM WGS 84:

Tabla 5

Coordenadas de los botaderos propuestas.

VERTICE	ESTE	NORTE
Botadero de cantera	769 963	9 255 873
Botadero de residuos de cal	769 957	9 255 908

Fuente: Elaboración propia, 2018.

5.1.3. Método de explotación

5.1.3.1. Clasificación por su Forma

De acuerdo a su forma el yacimiento de calizas de la concesión Colquirrumi N°49B es Estratificado o filoniano ya que se presentan según dos direcciones preferentes.

5.1.3.2. Clasificación por el Relieve del Terreno Original

La concesión Colquirrumi N°49B es en ladera: Según disposición de masas mineralizadas, están a favor de talud. La geometría del terreno determina, en cierta medida, el método de explotación y la aplicabilidad de medios mecánicos para llevar a cabo la extracción de los distintos materiales.

5.1.3.3. Clasificación Por Su Proximidad A La Superficie

El yacimiento Colquirrumi N49B es superficial ya que no existe otro material aparte del top soil con un espesor inferior a los 20 o 30 m.

La posición relativa de un yacimiento determina el tamaño de la explotación, tanto en planta como en profundidad, así como los sistemas aplicables, especialmente en lo referente a los medios de transporte.

5.1.3.4. Clasificación Por Su Inclinación

De acuerdo a los datos de rumbo y buzamiento tomados en campo, este yacimiento califica como horizontales puesto que muestra ángulos que pueden variar desde los 0° hasta los 10° o 15° sobre el plano horizontal.

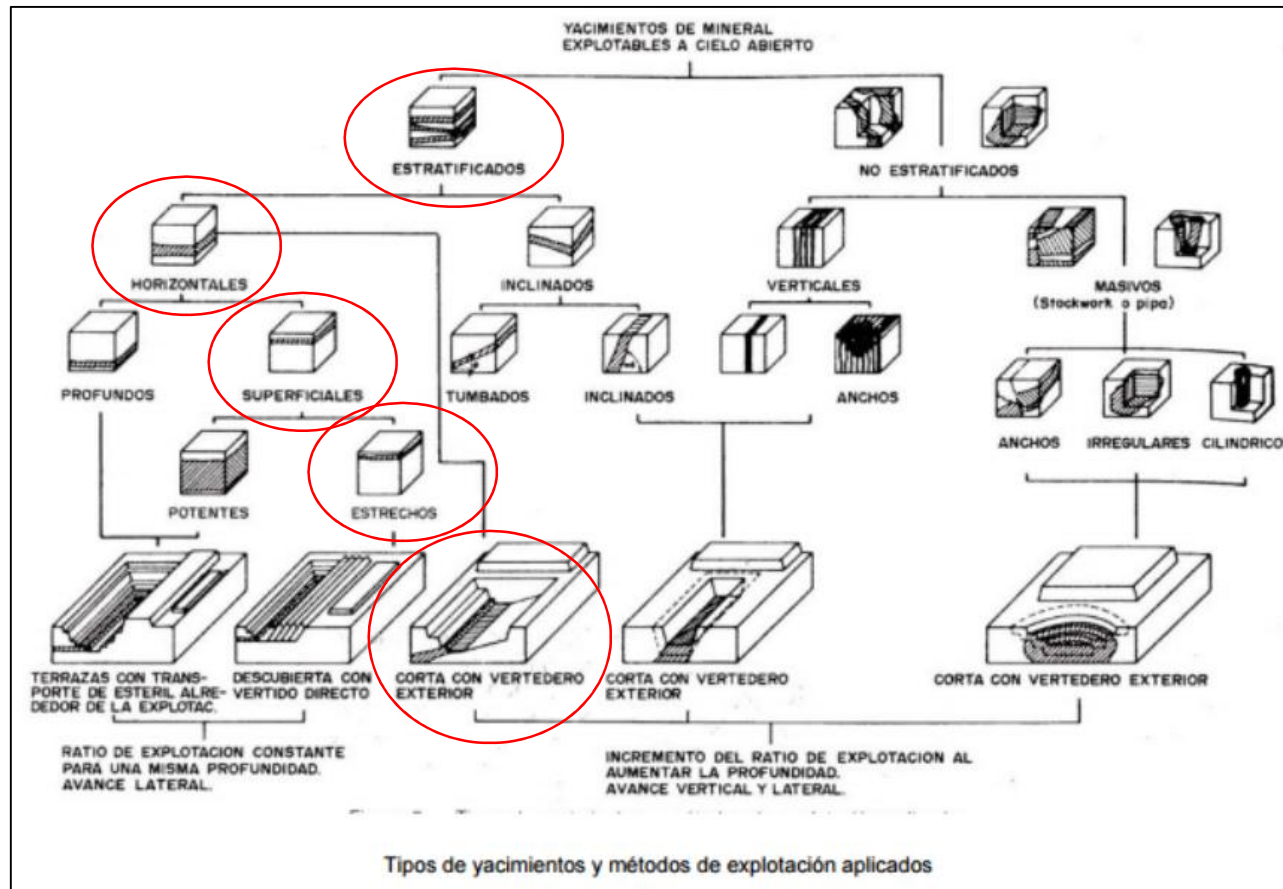


Figura 15: Elección del método de explotación.

Fuente: (Paucar, 2015).

El método que debe ser por terrazas o bancos.

En líneas generales, el método de explotación aplicado suele ser el de banqueo, con uno o varios niveles, situándose esta cantera a media ladera. Dedicado a la explotación cuidadosa de grandes bloques paralelepípedicos, que posteriormente se cortan y elaboran.

Dentro de seis meses la empresa W&J Minería y Construcción contratará a un ingeniero geólogo o minero que se encargue que el diseño de bancos sea el correcto y se cumpla a cabalidad.

5.2. Estabilidad física de los botaderos

5.2.1. Descripción de la situación actual de las desmonteras

5.2.1.1. Desmontera de Cantera:

La desmontera actual de cantera se ubica cerca de la cantera en las siguientes coordenadas:

Tabla 6

Desmontera de cantera.

COORDENADAS UTM (PSAD56)		
NORTE	ESTE	COTA
9255814	769 953	3050

Fuente: Elaboración propia, 2018.



Figura 16: Desechos de cantera.
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Actualmente los desmontes de cantera son almacenados sin ningún tipo de criterio técnico, en forma de domos, tampoco cuentan con criterios de estabilidad física.

Cálculo de Volumen

- Volumen de D1:

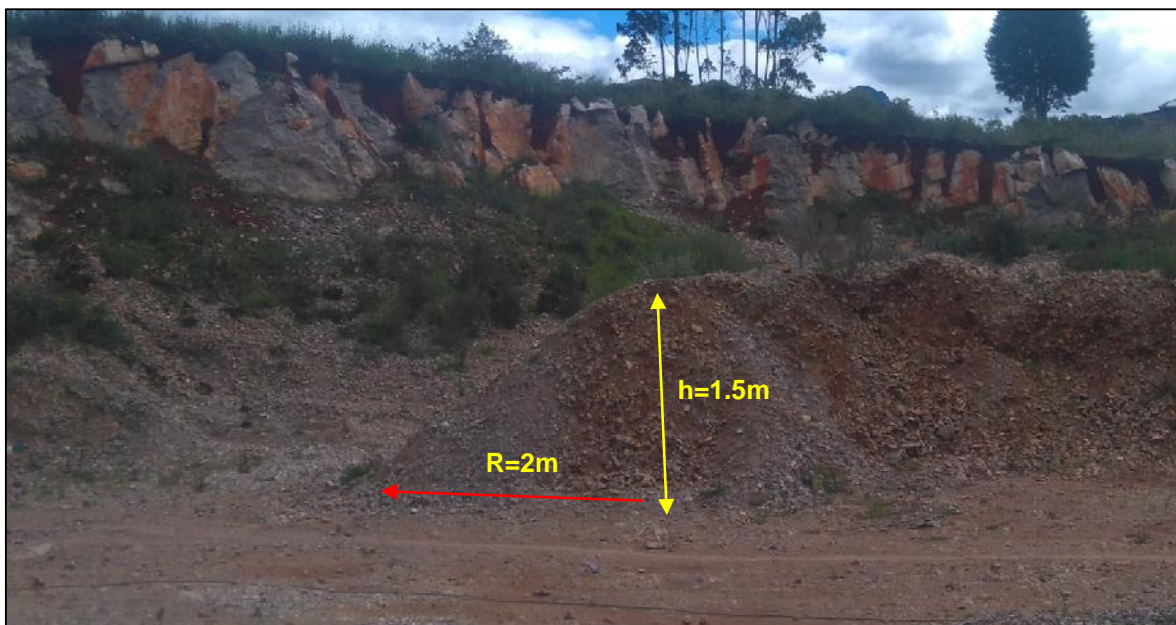


Figura 17: Desechos de cantera D1.
Fuente: Elaboración propia, 2018.

$$\text{Volumen del cono D1} = \frac{\pi r^2 h}{3}$$

$$\text{Volumen del cono D1} = \frac{\pi 2^2 1.5}{3}$$

$$\text{Volumen del cono D1} = \frac{\pi * 4 * 1.5}{3}$$

$$\text{Volumen del cono D1} = \frac{18.84956}{3}$$

$$\text{Volumen del cono D1} = 6.28 \text{ m}^3.$$

- Volumen de D2:

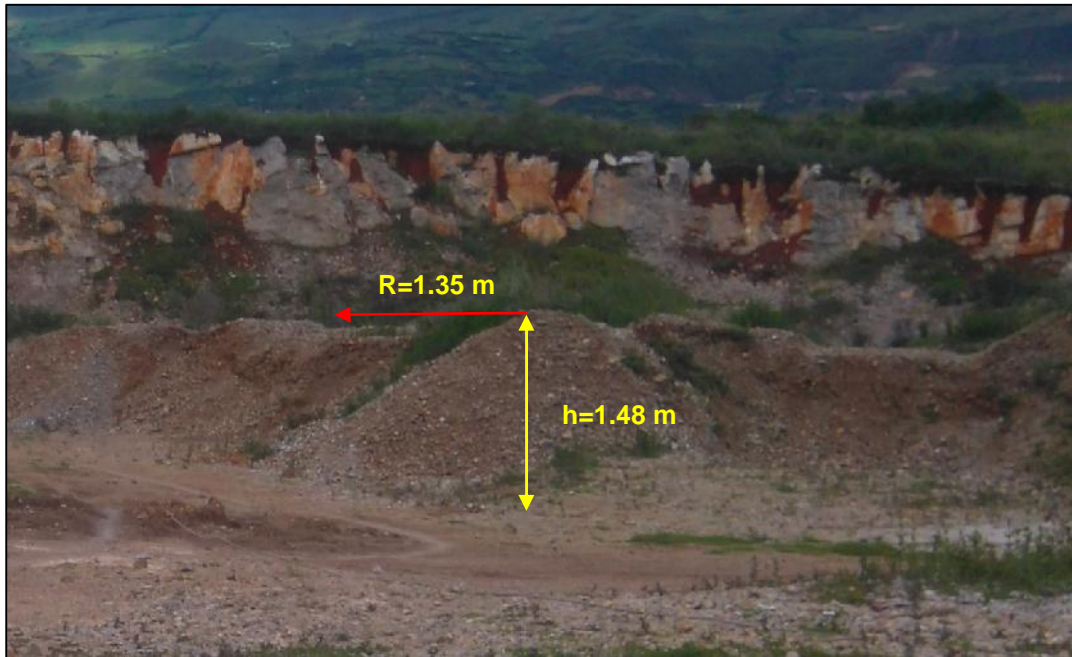


Figura 18: Desechos de cantera D2.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

$$\text{Volumen del cono D2} = \frac{\pi r^2 h}{3}$$

$$\text{Volumen del cono D2} = \frac{\pi (1.35)^2 1.48}{3}$$

$$\text{Volumen del cono D2} = \frac{\pi * 1.8225 * 1.48}{3}$$

$$\text{Volumen del cono D2} = \frac{8.4738}{3}$$

Volumen del cono D2 = 2.82 m³.

- Volumen de D3:



Figura 19: Desechos de cantera D3.
Fuente: Elaboración propia, 2018.

$$\text{Volumen del cono D3} = \frac{\pi r^2 h}{3}$$

$$\text{Volumen del cono D3} = \frac{\pi(2.3)^2 1.88}{3}$$

$$\text{Volumen del cono D3} = \frac{\pi * 5.29 * 1.88}{3}$$

$$\text{Volumen del cono D3} = \frac{31.24}{3}$$

$$\text{Volumen del cono D3} = 10.41 \text{ m}^3.$$

- Volumen de D4:



Figura 20: Desechos de cantera D4.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

$$\text{Volumen del cono D4} = \frac{\pi r^2 h}{3}$$

$$\text{Volumen del cono D4} = \frac{\pi(4.6)^2 2.4}{3}$$

$$\text{Volumen del cono D4} = \frac{\pi * 21.16 * 2.4}{3}$$

$$\text{Volumen del cono D4} = \frac{159.54}{3}$$

$$\text{Volumen del cono D4} = 53.18 \text{ m}^3.$$

Volumen total de desmonte de cantera:

$$\text{Volumen total} = \text{VD1} + \text{VD2} + \text{VD3} + \text{VD4}$$

$$\text{Volumen total} = 6.28 + 2.82 + 10.41 + 53.18$$

$$\text{Volumen total} = 72.69 \text{ m}^3$$

Estos residuos de desmonte en el lapso de seis meses serán acumularlos en taludes de 2 metros de ancho por 1 de alto con un factor de seguridad mayor a 1.

5.2.1.2. Desmontera de Residuos de Cal:

Actualmente los residuos de cal se encuentran esparcidos en 2 lugares sin ningún control de estabilidad ni criterio técnico.

Depósito 1:

COORDENADAS UTM (PSAD56)		
NORTE	ESTE	COTA
9255892	769 975	3048



Cálculo de área: 7×9.4

Cálculo de área: 65.8 m^2

Cálculo de volumen: $65.8 \text{ m}^2 \times 0.3 \text{ m}$

Cálculo de volumen: 19.74 m^3

Depósito 2:



Cálculo de área: 10.5×6.8

Cálculo de área: 71.4 m^2

Cálculo de volumen: $71.4 \text{ m}^2 \times 0.3 \text{ m}$

Cálculo de volumen: 21.42 m^3

Volumen total de residuos de cal:

Volumen total = $21.42 \text{ m}^3 + 19.74 \text{ m}^3$

Volumen total = 41.16 m^3

En el lapso de 6 meses estos residuos serán acondicionados en la desmontera de cal en el siguiente lugar:

COORDENADAS UTM (PSAD56)		
NORTE	ESTE	COTA
9255908	769 957	3034

Fuente: Elaboración propia, 2018.



Esta desmontera será de 2 metros de ancho por 1 de alto con un factor de seguridad mayor a 1.

5.2.2. Factor de seguridad para la estabilidad física

5.2.2.1. Para botadero de cantera

Considerando la cohesión 0.1 KPa y ángulo de fricción 26.5° ; estos datos han sido ingresados al programa SLIDE, para desmonte de la concesión Colquirrumi N° 49-B. El material es caliza en ripio, la densidad promedio es 2.76 KN/m³, considerando que no existe agua subterránea.

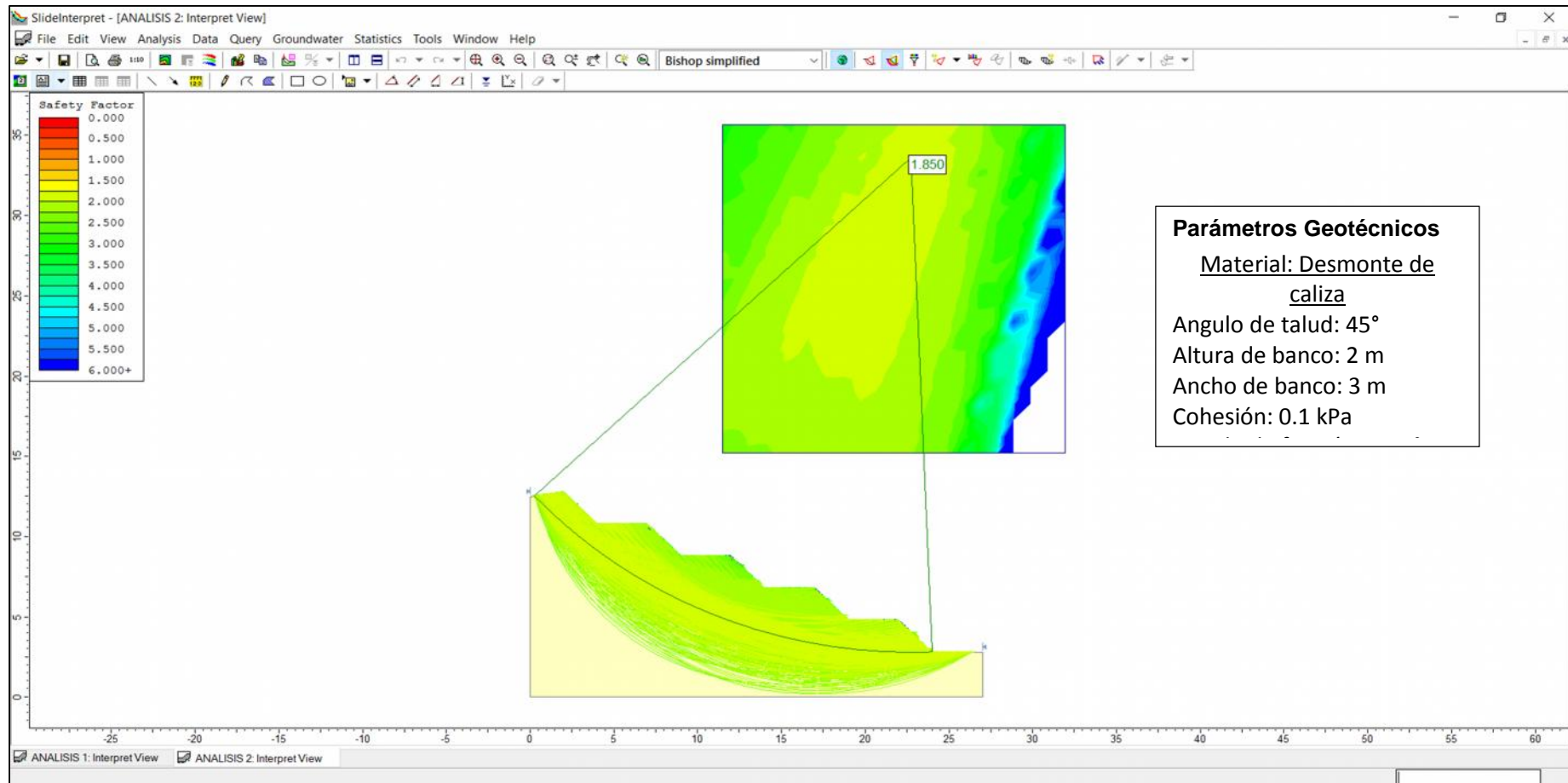


Figura 21: Factor de seguridad de la desmontera de cantera.

Fuente: Elaboración propia, 2017.

El factor de seguridad es 1.85.

5.2.2.2. Para botadero de calera

Considerando la cohesión 0.1 KPa y ángulo de fricción 25.5°; estos datos han sido ingresados al programa SLIDE, para cal agrícola. El material es cal, la densidad promedio es 2.76 KN/m³, considerando que no existe agua subterránea.

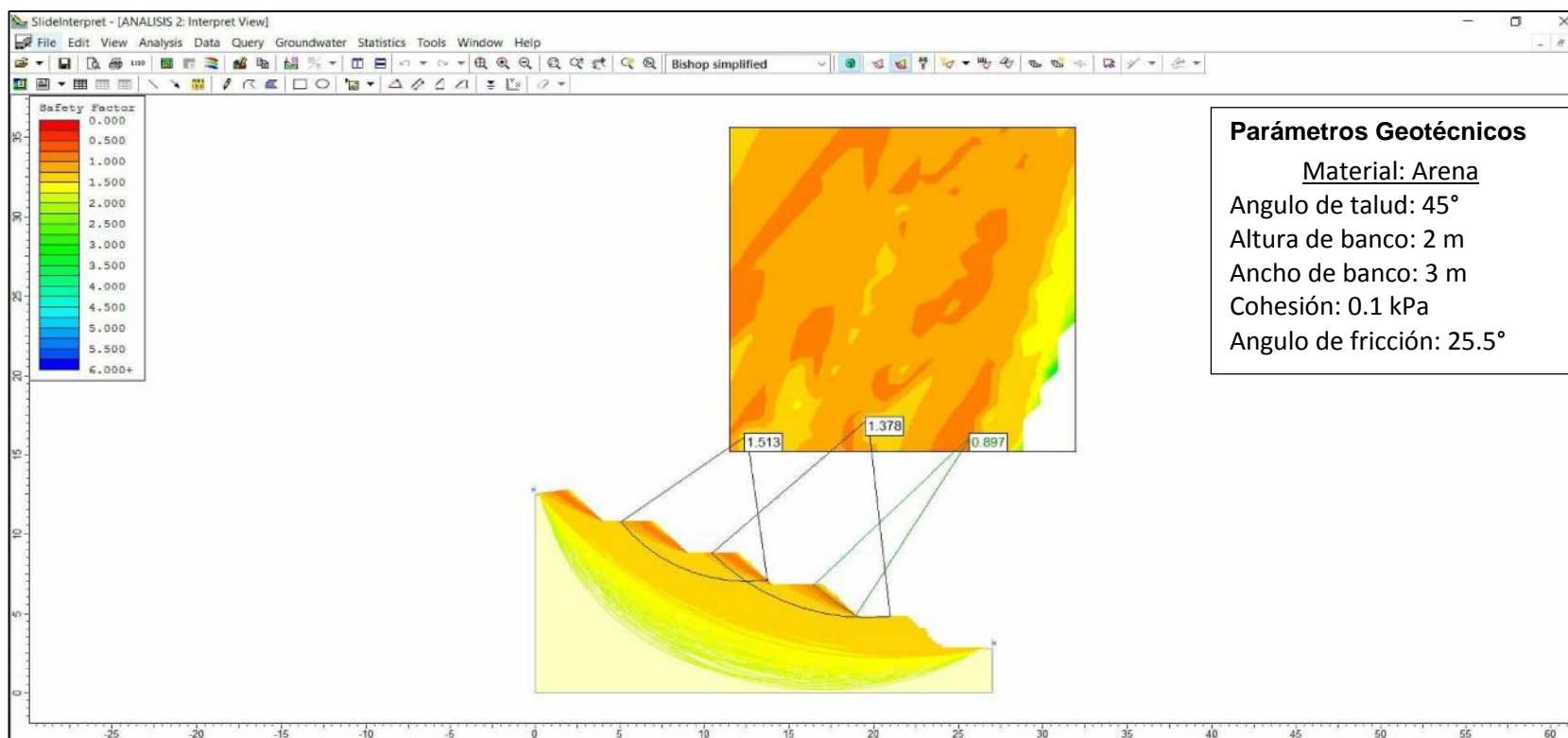


Figura 22: Análisis del factor de seguridad de la desmontera de calera.

Fuente: Elaboración propia, 2017.

El factor de seguridad es 1.513.

Promedio del factor de seguridad

Tabla 7

Promedio de FS.

Cuerpo	F.S.	Promedio
Desmontera de cantera	1.85	1.682
Desmontera de calera	1.513	

Fuente: Elaboración propia, 2018.

5.2.3. Diseño de bancos estables

Considerando que nuestro promedio del factor 1.682.

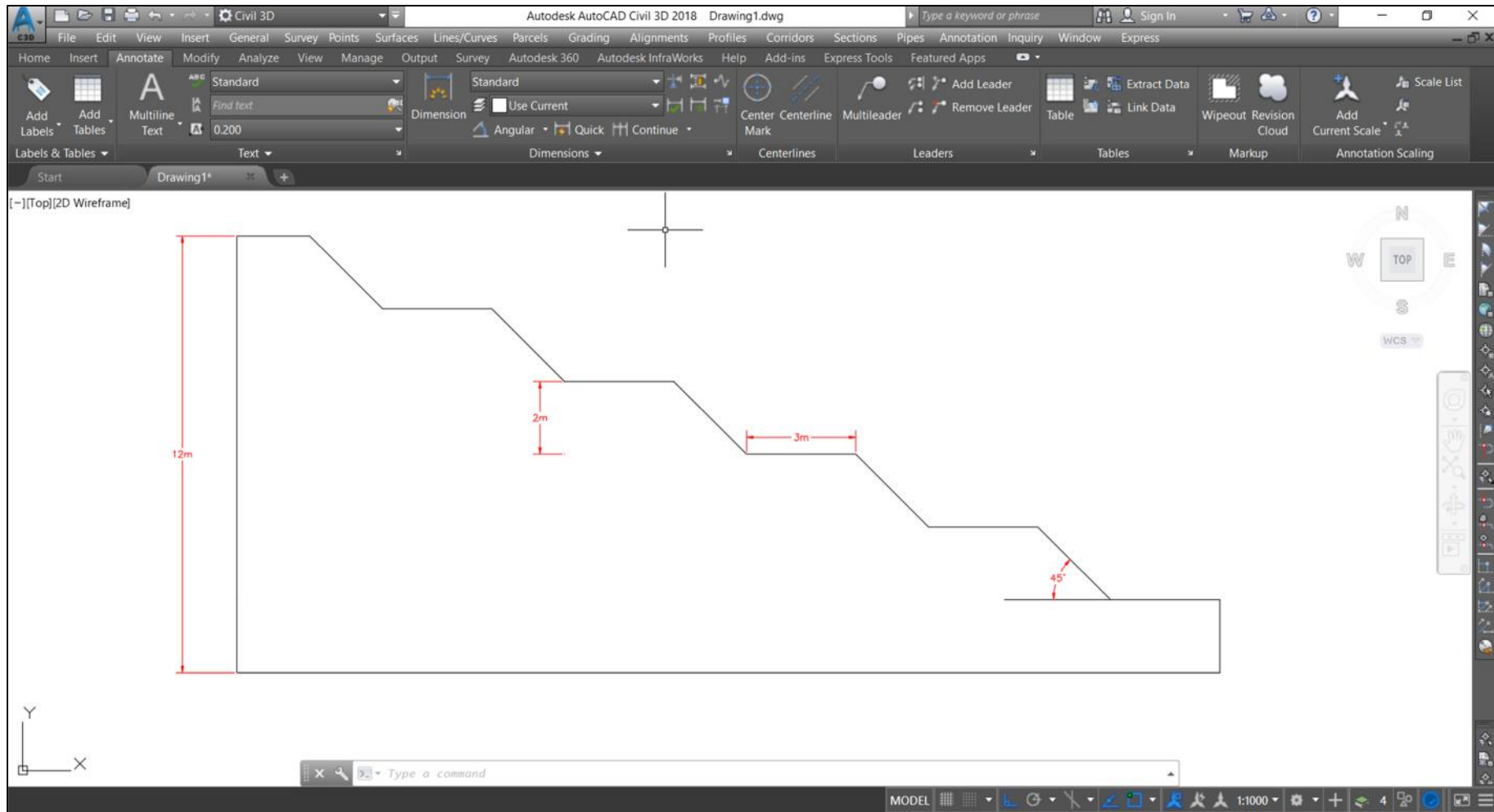


Figura 23: Diseño de bancos de botaderos.
Fuente: Elaboración propia, 2018.

5.3. Estabilidad química de los botaderos

5.3.1. Para suelos de botaderos

La ubicación de los puntos de muestreo se determinó previa inspección y observación de las características de las habilitaciones de la Calera, determinando que la extracción de muestras se efectúa en zonas representativas de la zona.

Tabla 8
Ubicación de las muestras.

Código	Ubicación	Coordenadas (WGS-84)	
		Este	Norte
M – 01	Desmontera de cantera	769 706	9 255 555
M – 02	Desmontera de Calera	769 732	9 255 584

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Parámetros y límites de contaminación

Para la evaluación de contaminación en el suelo utilizaremos los valores de los estándares del VHI (Valores Holandeses de Intervención), aplicables cuando la contaminación es mayor a 25 m² de suelo y estos son:

Tabla 9
Valores de Intervención de monitoreo del suelo.

Monitoreo Para Calidad De Suelo: D.S. 002-2013-MINAM			
Parámetro	Método	Límite	Unidad
Análisis Orgánicos			
Fracción de Hidrocarburos F1 (C5-C10)	EPA 8015 – B	200	mg/kg MS
Fracción de Hidrocarburos F2 (C10 – C28)	EPA 8015 –M	1200	mg/kg MS
Fracción de Hidrocarburos F-3 (C28 - C40)	EPA 8015 –D	3000	mg/kg MS
Análisis Inorgánicos			
Cianuro Libre	EPA 013-A / APHA AWW	0.9	mg/kg MS
Arsénico Total	EPA 3050-B EPA 3051	50	mg/kg MS
Bario Total	EPA 3050-B EPA 3052	750	mg/kg MS
Cadmio Total	EPA 3050-B EPA 3053	1.4	mg/kg MS

Cromo IV	DIN 19734	0.4	mg/kg MS
Mercurio Total	EPA 7471-B	6.6	mg/kg MS
Plomo Total	EPA 3050-B EPA 3052	70	mg/kg MS

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- **Para botadero de calera**

Ubicación del Monitoreo: Desmontera de calera.

Tabla 10

Valores presentes en el suelo – desmontera de calera.

MONITOREO PARÁ CALIDAD DE SUELO: D.S 002 -2013-MINAM			
Resultados Obtenidos en el Primer punto de muestreo - calera			
Parámetro	Valor	Límite	Unidad
Análisis Orgánicos			
Fracción de Hidrocarburos F1 (C5 – C10)	23.48	200	mg/kg MS
Fracción de Hidrocarburos F2 (C10 – C28)	183.21	1200	mg/kg MS
Fracción de Hidrocarburos F3 (C28 - C40)	282.87	3000	mg/kg MS
Análisis Inorgánicos			
Cianuro Libre	0.0001	0.9	mg/kg MS
Arsénico Total	0.0003	50	mg/kg MS
Bario Total	12.32	750	mg/kg MS
Cadmio Total	0.011	1.4	mg/kg MS
Cromo IV	0.003	0.4	mg/kg MS
Mercurio Total	0.0028	6.6	mg/kg MS
Plomo Total	0.5	70	mg/kg MS

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- **Para botadero de cantera**

Tabla 11

Valores presentes en el suelo – desmontera de calera.

MONITOREO PARA CALIDAD DE SUELO: D.S. 002-2013-MINAM			
Resultados Obtenidos en el Segundo punto de muestreo			
Parámetro	Valor	Limite	Unidad
Análisis Orgánicos			
Fracción de Hidrocarburos F1 (C5 – C10)	22.74	200	mg/kg MS
Fracción de Hidrocarburos F2 (C10 – C28)	101.45	1200	mg/kg MS
Fracción de Hidrocarburos F3 (C28 - C40)	283.28	3000	mg/kg MS
Análisis Inorgánicos			

Cianuro Libre	0.00017	0.9	mg/kg MS
Arsénico Total	0.00056	50	mg/kg MS
Bario Total	13.81	750	mg/kg MS
Cadmio Total	0.0051	1.4	mg/kg MS
Cromo IV	0.0013	0.4	mg/kg MS
Mercurio Total	0.0012	6.6	mg/kg MS
Plomo Total	0.81	70	mg/kg MS

Fuente: Elaboración propia, 2018.

5.3.2. Para el aire en los botaderos

El monitoreo se ha realizado de acuerdo al Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aire, Suelos y Gestión de Datos, publicado por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA).

Los parámetros monitoreados son:

Material Particulado menor a 10 micras (PM10) y Material Particulado menor a 2.5 micras (PM2.5), Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Nitrógeno (NO₂), y Dióxido De Azufre (SO₂), con la finalidad de conocer las concentraciones de las sustancias o contaminantes presentes en el aire y el nivel de ruido (en dBA).

Se monitoreó en las siguientes coordenadas:

Tabla 12

Coordenadas de muestreo.

ESTE	NORTE	COTA
769708	9255494	3059
Zona 17S	Datum: WGS 84	

Fuente: Elaboración propia, 2018.

El punto de monitoreo se realizó en la concesión minera “Colquirrumi N°49-B” del distrito de Apán (Turno Diurno), realizando el muestreo de gases de Monóxido de Carbono (CO), Dióxido Azufre (SO₂) y Dióxido de Nitrógeno (NO₂), así como el material Particulado PM₁₀ y PM_{2.5}.

a. Partículas en suspensión PM₁₀ -12h

Al realizar el estudio de las partículas PM₁₀ por el equipo Contador de partículas HANDHELD 3016, se comprobó que en dicha zona existe una escasa actividad de movimiento de partículas.

En la tabla 12 muestra las concentraciones de partículas PM₁₀ medidos en los puntos de control medido en la plataforma superior de los hornos de calcinación, y son comparados con el Valor Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Aire.

Tabla 13

Concentración de Partículas en Suspensión PM₁₀.

Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM ₁₀ (µg/m ³)
		Este	Norte			
07:00 a.m.	Hornos – Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	5.95
08:00 a.m.	Hornos – Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	3.23
09:00 a.m.	Hornos – Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	4.75
10:00 a.m.	Hornos – Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	3.72
11:00 a.m.	Hornos – Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	2.72
12:00 a.m.	Hornos – Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	2.44
01:00 p.m.	Hornos – Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	2.88
02:00 p.m.	Hornos – Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	9.56
03:00 p.m.	Hornos – Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	6.86
04:00 p.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	3.23
05:00 p.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	2.61
06:00 p.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	2.42
Promedio aritmético de concentración de partículas en suspensión PM₁₀ (12 horas)						4.20 µg/m³
Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Aire PM₁₀						150 µg/m³

Fuente: Elaboración propia, (2018).

Las concentraciones de partículas PM₁₀ medido en el punto de control están por debajo del valor establecido por el Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Aire para PM₁₀ fijado en 150 µg/m³ según la norma 074-2001-pcm-ECA para aire.

La máxima concentración ($9.56 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se obtuvo en la hora 2:00 p.m.; mientras que la mínima concentración se obtuvo en la hora 6:00 p.m. ($2.42 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

La figura 21 muestra las concentraciones de partículas obtenidas en las horas de control.

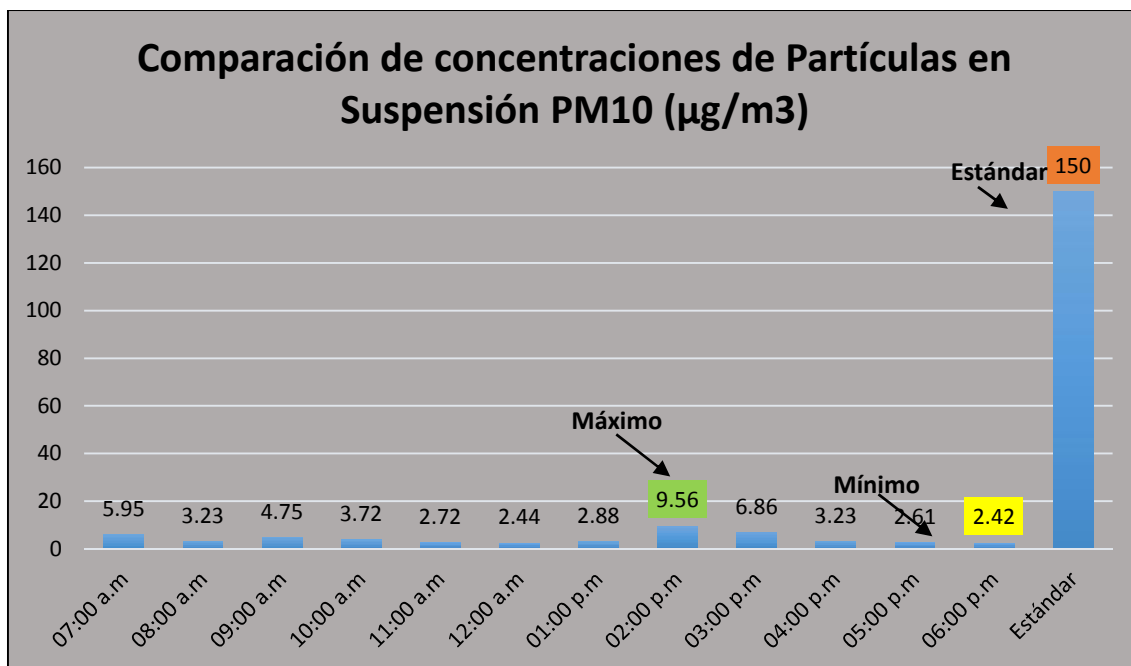


Figura 24: Comparación de concentraciones de Partículas en Suspensión PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Fuente: Elaboración propia (2018).

b. Partículas en suspensión PM_{2.5}

Al determinar las partículas PM_{2.5} por el equipo Contador de partículas HANDHELD 3016, con un flujo de 0.1 CFM y un interfaz “Pantalla Táctil”, La tabla 13 muestra las concentraciones de partículas PM_{2.5} medidas en el punto de control (plataforma superior de los hornos de calcinación) de 7:00 a.m. a 6:00 p.m. y comparadas con el Valor Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Aire.

Tabla 14
Concentración de Partículas en Suspensión PM2.5.

Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM2.5 (µg/m ³)
		Este	Norte			
07:00 a.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	2.35
08:00 a.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	2.86
09:00 a.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	2.92
10:00 a.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	2.40
11:00 a.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	2.14
12:00 a.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	2.00
01:00 p.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	2.25
02:00 p.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	2.11
03:00 p.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	3.12
04:00 p.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	5.13
05:00 p.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	5.02
06:00 p.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	4.44
Promedio aritmético de concentración de partículas en suspensión PM2.5 (12 horas)						3.06 µg/m³
Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Aire PM2.5						50 µg/m³

Fuente: Elaboración propia, (2017).

Las concentraciones de partículas PM_{2.5} medidas en las horas de 7:00 a.m. a 6:00 p.m. están por debajo del valor establecido por el Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Aire para PM_{2.5} fijado en 50 µg/m³, mediante el DS-003-2008-MINAM.

La máxima concentración (5.13 µg/m³) se obtuvo a las 4:00 p.m., mientras que la mínima concentración (2.00 µg/m³) se obtuvo a las 12:00 p.m.

La figura 22 muestra la concentración de partículas obtenidas en las horas de control.

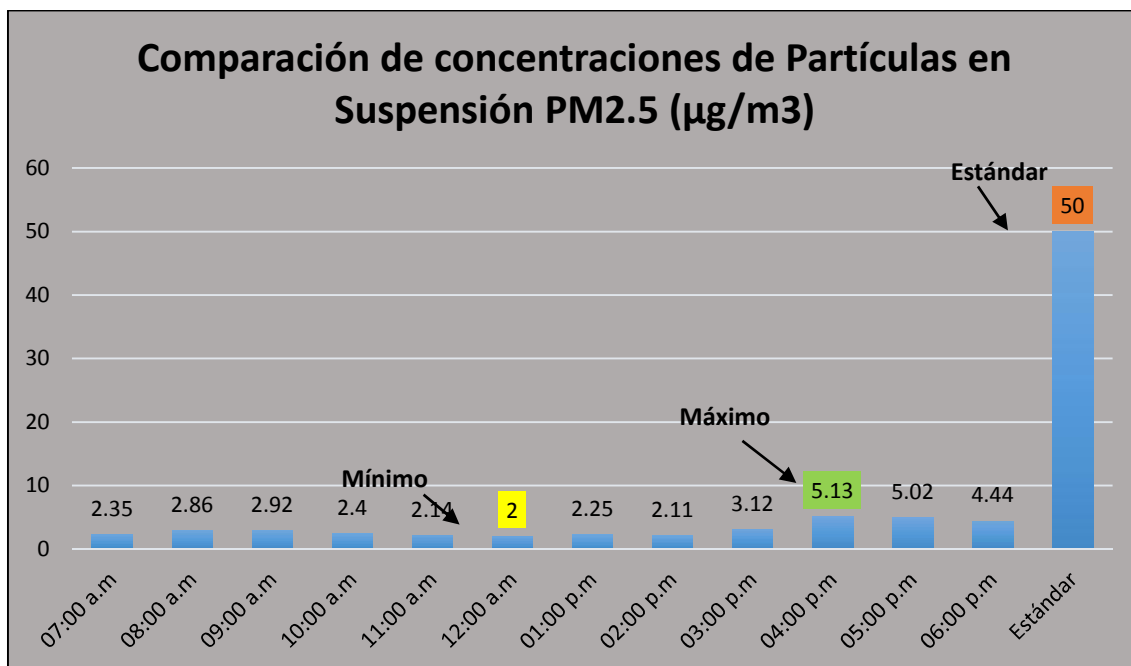


Figura 25: Comparación de concentraciones de Partículas en Suspensión PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Fuente: Elaboración propia, (2018).

c. Dióxido de Azufre (SO₂)

La presencia de este gas es mínima debido a que no existe un comportamiento ácido tanto de las aguas como de algunos minerales presentes en las canteras para que puedan mezclarse. Así mismo al utilizar el equipo sensor de gases nos indica la baja concentración en los datos obtenidos lo que demuestra que es un gas mínimo en su obtención por las propiedades antes mencionadas.

La tabla 14 muestra las concentraciones de Dióxido de Azufre (SO₂) (g) medidos en el punto de control de 7:00 a.m. a 6:00 p.m., y son comparados con el Valor Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Aire.

Tabla 15

Concentración de Dióxido de Azufre (SO₂).

Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de SO ₂ (µg/m ³)
		Este	Norte			
07:00 a.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	1.33
08:00 a.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	1.41
09:00 a.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	1.58
10:00 a.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	1.79
11:00 a.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	1.63
12:00 a.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	1.71
01:00 p.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	1.71
02:00 p.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	1.96
03:00 p.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	1.75
04:00 p.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	1.63
05:00 p.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	1.71
06:00 p.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	1.08
Promedio aritmético de concentración de Dióxido de Azufre(SO₂) (12 horas)						1.61 µg/m³
Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Aire SO₂						80 µg/m³

Fuente: Elaboración propia, (2018).

Los niveles de concentración de SO₂ obtenidos en los puntos de control de 7:00 a.m. a 6:00 p.m., se encuentran por debajo del Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Aire fijado en 80 µg/m³ según DS-003-2008-MINAM.

La máxima concentración (1.96 µg/m³) se obtuvo a las 2:00 pm., mientras que la mínima concentración (1.33 µg/m³) se obtuvo en el punto de 7:00 a.m.

d. Monóxido de Carbono (CO)

La concentración de gas en esta zona es baja, debido a que la zona es muy vulnerable a los vientos, que son muy fuertes, de esta manera este gas se dispersa y no se puede concentrar, por ello el sensor de gases arroja resultados muy bajos.

La tabla 15 muestra las concentraciones de Monóxido de Carbono (CO) medidos en los puntos de control de 7:00 a.m. a 6:00 p.m., y son comparados con el Valor Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Aire.

Tabla 16

Concentración de Monóxido de Carbono (CO).

Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
		Este	Norte			
07:00 a.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	98.71
08:00 a.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	108.29
09:00 a.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	129.38
10:00 a.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	519.42
11:00 a.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	2311.50
12:00 a.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	2514.67
01:00 p.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	3134.71
02:00 p.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	5261.25
03:00 p.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	5639.58
04:00 p.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	2677.25
05:00 p.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	4732.25
06:00 p.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	3222.88
Promedio aritmético de concentración de Monóxido de Carbono (CO) (12 horas)						2529.16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Aire CO						30 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Fuente: Elaboración propia (2018).

Los niveles de concentración de Monóxido de Carbono (CO) obtenidos en los puntos de control de 7:00 a.m. a 6:00 p.m., se encuentran por debajo del Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Aire fijado en 30000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ según la norma 074-2001-pcm-ECA para aire.

La máxima concentración (5639.58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) se obtuvo a las 3:00 p.m., mientras que la mínima concentración (98.71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) se obtuvo en el punto de 7:00 a.m. debido a que a esta hora las labores en la chancadora están iniciando.

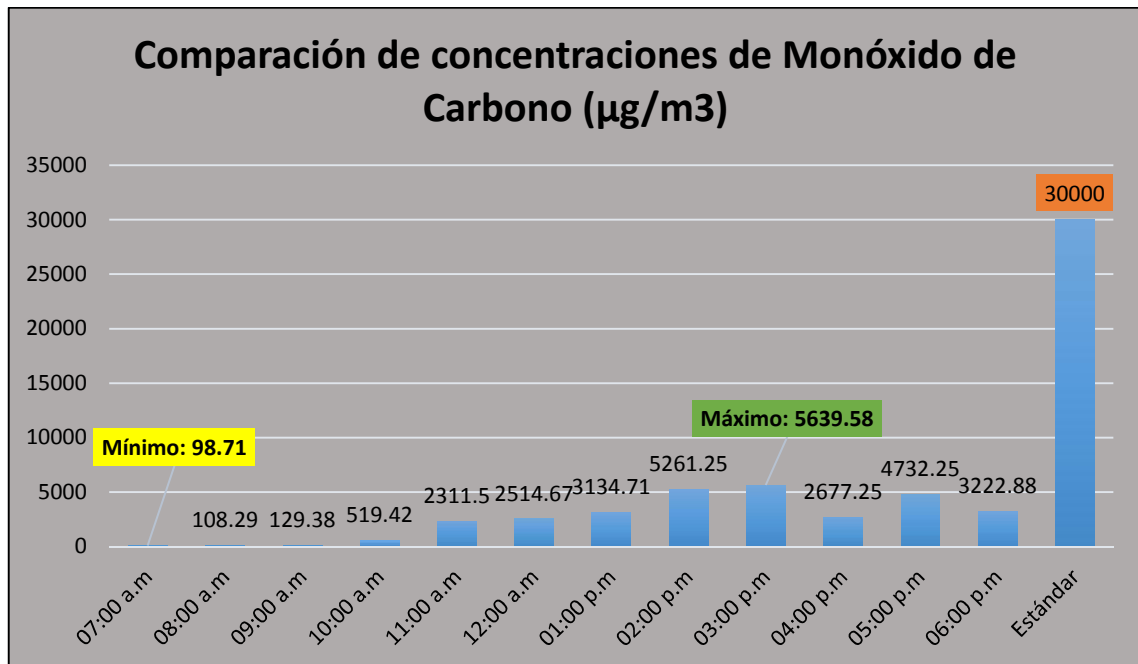


Figura 26: Comparación de concentraciones de Monóxido de Carbono (CO) (µg/m³).
Fuente: Elaboración propia (2018).

e. Dióxido de Nitrógeno (NO₂)-12h

En esta zona la presencia del gas Dióxido de Nitrógeno (NO₂) es mínima ya que se presentan vientos fuertes, esto hace que este gas no se concentre ni tenga valores altos, sino que tenga valores mínimos como los que se muestran en el sensor de gases en esta zona.

La tabla 16 muestra las concentraciones de Dióxido de Nitrógeno (NO₂) medidos en los puntos de control de 7.00 a.m. a 6.00 pm y son comparados con el Valor Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Aire.

Tabla 17

Concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO₂)-12h.

Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de NO ₂ (µg/m ³)
		Este	Norte			
07:00 a.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	58.65
08:00 a.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	60.76
09:00 a.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	66.99
10:00 a.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	66.89
11:00 a.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	65.07
12:00 a.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	63.54

01:00 p.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	73.60
02:00 p.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	79.93
03:00 p.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	74.65
04:00 p.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	78.49
05:00 p.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	75.80
06:00 p.m.	Hornos - Calera	769708	9255494	3059	06/04/2018	67.75
Promedio aritmético de concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO₂) (12 horas)						69.34 µg/m³
Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Aire NO₂						200 µg/m³

Fuente: Elaboración propia, (2018).

Los niveles de concentración de NO₂ obtenido en el punto de control de 7:00 a.m. a 6:00 p.m., se encuentran por debajo del Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Aire fijado en 200 µg/m³ según la norma 074-2001-pcm-ECA para aire.

La máxima concentración (79.93 µg/m³) se obtuvo a las 2:00 p.m., mientras que la mínima concentración (58.65 µg/m³) se obtuvo a las 7:00 a.m.

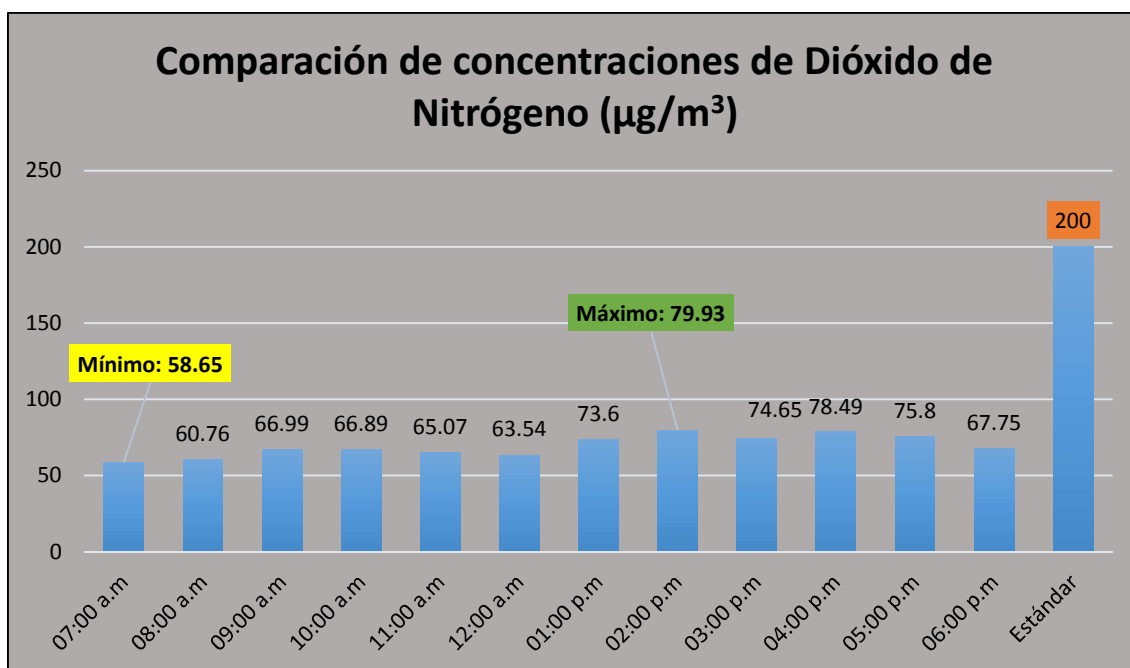


Figura 27: Comparación de concentraciones de Dióxido de Nitrógeno (NO₂) (µg/m³).

Fuente: Elaboración propia (2018).

5.4. Estabilidad hidrológica de los botaderos

5.4.1. Determinación del potencial hídrico



Figura 28: Cuenca de análisis.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla 18

Potencial hídrico de la parte baja de la cuenca.

PARTE BAJA DE LA CUENCA					
ELEVACION	MES	PRECIPITACION	EVAPO. POTENCIAL	EXCEDENTE HIDRICO	RECARGA REFERENCIAL
1255	Enero	54.00	112.31	0	0
	Febrero	77.14	115.13	0	0
	Marzo	102.15	107.41	0	0
	Abril	78.14	98.62	0	0
	Mayo	38.26	101.80	0	0
	Junio	18.67	113.79	0	0
	Julio	12.10	126.87	0	0
	Agosto	15.55	125.91	0	0

Septiembre	31.98	122.96	0	0
Octubre	65.72	122.16	0	0
Noviembre	46.64	123.25	0	0
Diciembre	40.69	122.70	0	0
ANUAL	581.04	1392.91	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla 19

Potencial hídrico de la parte baja de la cuenca.

PARTE ALTA DE LA CUENCA					
ELEVACION	MES	PRECIPITACION	EVAPORACION POTENCIAL	EXCEDENTE HIDRICO	RECARGA REFERENCIAL
3679	Enero	107.27	89.98	17.29	8.645
	Febrero	116.45	92.13	24.32	12.16
	Marzo	144.29	82.57	61.72	30.86
	Abril	68.94	72.44	0	0
	Mayo	26.20	69.15	0	0
	Junio	4.26	77.04	0	0
	Julio	2.87	82.11	0	0
	Agosto	9.39	83.92	0	0
	Septiembre	37.20	83.07	0	0
	Octubre	76.89	91.10	0	0
	Noviembre	76.34	90.69	0	0
	Diciembre	81.14	96.32	0	0
ANUAL	751.24	1010.52	103.33	51.67	

Fuente: Elaboración propia, 2018.

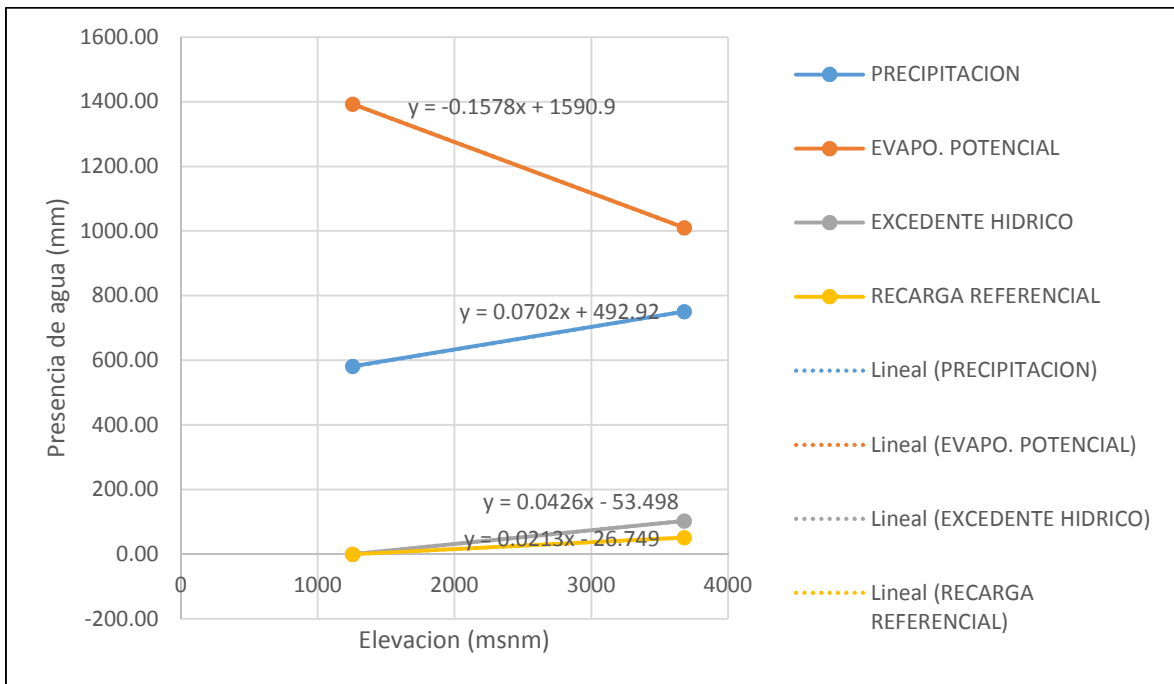


Figura 29: Potencial hídrico de la zona de estudio.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

5.4.2. Elaboración de canales de coronación

Ver anexo de diseño de canal de coronación y planos hidrológico, hidrogeológico y climático.

CONCLUSIONES

- La estabilidad física, se realizó mediante la determinación del factor de seguridad con el programa Slide, donde se proponen realizar bancos de 2 metros de altura, 3 metros de ancho y un ángulo de 45° para obtener un factor de seguridad de 1.682, que se considera estable. La desmontera tiene 68 metros de ancho, 114 metros de largo haciendo y 8.30 metros de altura, haciendo un volumen de 64 341.6 metros cúbicos; considerando cuatro bancos de 2 metros, con 3 metros de ancho; el botadero tiene una capacidad para 57 894 metros cúbicos de desmonte.
- La estabilidad química, se determinó mediante monitoreos ambientales, donde el promedio aritmético de concentración de partículas en suspensión PM_{10} es $4.20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, el cual no supera el límite máximo permisible fijado en $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$. El promedio aritmético de concentración de partículas en suspensión $PM_{2.5}$, es $3.06 \mu\text{g}/\text{m}^3$, el cual no supera el límite máximo permisible fijado en $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Con respecto al dióxido de azufre (SO_2), el promedio aritmético es $1.61 \mu\text{g}/\text{m}^3$, el cual no supera el límite fijado en $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Para el monóxido de carbono (CO), el promedio aritmético de concentración es $2529.16 \mu\text{g}/\text{m}^3$, el cual no supera el límite fijado en $30\ 000 \mu\text{g}/\text{m}^3$. El promedio aritmético de concentración de dióxido de nitrógeno (NO_2), es $69.34 \mu\text{g}/\text{m}^3$, el cual no supera el límite fijado en $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En cuanto a suelos no se considera mayor impacto ya que las calizas no presentan ningún grado de acidez, al contrario, son alcalinos.
- La estabilidad hidrológica se determinó mediante el análisis del excedente hídrico, que no representa mayor peligro ya que sólo se presenta en la temporada de lluvia desde Enero hasta Marzo, y la recarga no es mayor a $30.86 \text{ ml}/\text{m}^3$.

RECOMENDACIONES

- A la empresa W&J Minería y Construcción S.A.C., construir los canales de coronación, para evitar posibles deslizamientos en las desmonteras, en época de lluvias por alta infiltración (como se muestra en Anexos), y mantener el diseño propuesto.
- A la empresa W&J Minería y Construcción S.A.C., realizar monitoreos químicos de suelos y aire semestralmente, para evitar que los resultados superen los límites máximos permisibles.
- A las autoridades del sector minero, verificar que las empresas mineras cumplan con mantener la estabilidad física, química e hidrológica.
- A los estudiantes de la Universidad Privada del Norte, usar esta tesis como base teórica en las investigaciones referentes a estabilidad en botaderos de canteras.
- A la empresa W&J Minería y Construcción S.A.C., evaluar periódicamente los taludes, para mantener el diseño propuesto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- García, S. (2013). Modelación del Potencial de Drenaje Ácido de Botaderos”,. *Tesis para optar el título de Geólogo*. Santiago, Chile: Universidad de Chile. Obtenido de http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/113400/cf-garcia_sc.pdf?sequence=1
- Hernández, R. (2006). Metodología de la Investigación. 5, 257-300. México : Interamericana Editores. Recuperado el 15 de Mayo de 2017, de <https://www.esup.edu.pe>
- Ortíz, S. (2014). Impacto Ambiental Producido por los Botaderos de Desmonte y Pads de Lixiviación en la Mina Santa Rosa de Puno. *Tesis Magistral en Ciencias*. Tacna, Perú: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Obtenido de <http://tesis.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/702/>.
- Paucar, G. (2015). Diseño y Estabilidad de Botaderos de Desmonte para la Remediación de Pasivos Ambientales de la Mina Recuperada Huancavelica. *Tesis para optar el grado de Ingeniero Civil*. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú. Obtenido de http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/402/TCIV_12.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Valenzuela, P. (2015). Sistema de medición de la estabilidad de depósitos mineros de relave frente a la acción eólica, para su recuperación como espacio urbano sostenible. El caso de la ciudad de Copiapó en Chile. *Tesis Doctoral*. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid. Obtenido de http://oa.upm.es/42873/1/PAMELA_VALENZUELA_TORO_01.pdf

Yucra, L. (2016). Diseño de Botadero de la Explotación de Magnetita Cuerpo 2 Mecaminas

E.I.R.L. – Santa Lucía. *Tesis para optar el grado de Ingeniero de Minas*. Puno, Perú:

Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de

http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3009/Yucra_Quispe_Luis_Francisco.pdf?sequence=20

Zorrilla, S. (2017). Aplicación de la Geoquímica al Estudio del Vertedero de Duquesa, en

Santo Domingo, República Dominicana, y Propuesta de Tratamiento Pasivo de los

Lixiviados. *Tesis de maestría*. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.

Obtenido de http://oa.upm.es/48285/1/TFM_Stanly_Zorrilla_Fernandez.pdf

ANEXOS

A.1. Fichas de muestreo para estabilidad física, química e hidrológica.

Estabilidad Física
Angulo de talud
Altura de banco
Ancho de banco
Cohesión
Fricción
Tipo de materia
Factor de Seguridad

ESTABILIDAD QUÍMICA PARÁ SUELOS			
Parámetro	Valor	Límite	Unidad
Análisis Orgánicos			
Fracción de Hidrocarburos FI (C5 - C10)		200	mg/kg MS
Fracción de Hidrocarburos F2 (C10 - Q8)		1200	mg/kg MS
Fracción de Hidrocarburos F3 (Q8 - C40)		3000	mg/kg MS
Análisis Inorgánicos			
Cianuro Libre		0.9	mg/kg MS
Arsénico Total		50	mg/kg MS
Bario Total		750	mg/kg MS
Cadmio Total		1.4	mg/kg MS
Cromo IV		0.4	mg/kg MS
Mercurio Total		6.6	mg/kg MS
Plomo Total		70	mg/kg MS

ESTABILIDAD QUÍMICA PARA AIRE						
Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM10 (µg/m³)
		Este	Norte			
07:00 a.m.						
08:00 a.m.						
09:00 a.m.						
10:00 a.m.						
11:00 a.m.						
12:00 a.m.						
01:00 p.m.						
02:00 p.m.						
03:00 p.m.						

04:00 p.m.

05:00 p.m.

06:00 p.m.

Promedio aritmético de concentración de partículas en suspensión PM10 (12 horas) **µg/m³**

Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Aire PM10 **150 µg/m³**

ESTABILIDAD HIDROLÓGICA

ELEVACION N	MES	PRECIPITACION N	EVAPO. POTENCIAL	EXCEDENTE HIDRICO	RECARGA REFERL.
	Enero				
	Febrero				
	Marzo				
	Abril				
	Mayo				
	Junio				
	Julio				
	Agosto				
	Septiembre				
	Octubre				
	Noviembre				
	Diciembre				
	ANUAL				

A.2. Fotografías









