

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**PROPUESTA DE PLAN DE CIERRE DEL
FRENTE 2 DE LA CANTERA CARAYACA,
DISTRITO CAPITAL**

**Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Gavidia M., Winder A.**

Para optar por el Título de Ingeniero de Minas

Caracas, 2017

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**PROPUESTA DE PLAN DE CIERRE DEL
FRENTE 2 DE LA CANTERA CARAYACA,
DISTRITO CAPITAL**

**TUTOR ACADÉMICO: Prof. Miguel Castillejo
COTUTORA ACADÉMICA: Profa. Alba Castillo**

**Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Gavidia M., Winder A.
Para optar por el Título de
Ingeniero de Minas**

Caracas, 2017

Caracas, octubre del 2017

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Geología, Minas y Geofísica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Gavidia M. Winder A., titulado:

“PROPUESTA DE PLAN DE CIERRE DEL FRENTE 2 DE LA CANTERA CARAYACA, DISTRITO CAPITAL”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero de Minas, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.

Prof. Pietro de Marco
Jurado

Profa. Sasha Cazal
Jurado

Prof. Miguel Castillejo
Tutor académico

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a mis padres y a mi abuela Aurora por darme siempre su apoyo y su amor incondicional y por procurar guiarme por el camino correcto, con las mejores intenciones y con enfoque a mi crecimiento y desarrollo personal, ¡gracias por tanto cariño!

A la Universidad Central de Venezuela, especialmente a toda la unidad docente del Departamento de Minas, por haberme compartido sus conocimientos y experiencias con interés, y por siempre procurar formar profesionales de calidad y competencia.

Al profesor Miguel Castillejo, a la Profesora Alba Castillo y al profesor Feliciano de Santis por creer en mí y en mi proyecto desde el principio, por su asesoría y sus consejos, que fueron de vital ayuda en mi crecimiento profesional.

A mis vecinos Julio Bastardo y Jorge Carrera, por el apoyo brindado en la realización y publicación de este estudio.

Finalmente, y no menos importantes, les agradezco a ustedes: Daniel Seijas, Reinaldo Pimentel, Yusbelys Méndez, Israel Guevara, Darwin Querales y Junior Colina, que han sido mis hermanos y un gran apoyo desde hace varios años y con los que he vivido excelentes momentos. Gracias a ustedes me he atrevido a dar pasos radicales en mi vida. Le agradezco a la vida por permitirme conocer gente maravillosa.

***“Cuando una persona piensa se revoluciona su mundo,
cuando muchas personas hacen algo cambia el mundo”.***
(Anónimo)

Gavidia M. Winder A.

“PROPUESTA DE PLAN DE CIERRE DEL FRENTE 2 DE LA CANTERA CARAYACA, DISTRITO CAPITAL”

Tutor Académico: Prof. Miguel Castillejo

Cotutor Académico: Profa. Alba Castillo

Tesis. Caracas. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ingeniería.

Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Departamento de Minas. Año 2017, 155p.

Palabras Clave: Cantera Carayaca - Distrito Capital, minas - cierre, impacto ambiental, legislación ambiental.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objeto diseñar una propuesta de plan de cierre del Frente 2 de la Cantera Carayaca, Distrito Capital, la cual se encarga de la explotación y procesamiento de minerales no metálicos para la comercialización de agregados para la construcción. El mismo para el 2018 dispondrá de 6 años de reservas de material aprovechable. Para determinar el contenido del plan de cierre, se comparó la normativa aplicable de Chile, Perú, Canadá y Estados Unidos, y se reflexionó sobre el significado propio de la palabra “plan”, obteniéndose que el contenido básico debe señalar los objetivos, delimitación en espacio y tiempo, metodologías, seguimiento y viabilidad. En Venezuela para cubrir los aspectos básicos de un plan de cierre, desde el punto de vista legislativo, bastaría con darle un carácter flexible, modificaciones periódicas y contenido técnico con mayor detalle a los Estudios de Impacto Ambiental aplicado a la minería, y de alguna forma considerar el uso posterior del terreno en la planificación minera a largo plazo. Para el Plan de Cierre del Frente 2, se establecieron 10 medidas de prevención, mitigación, corrección y un programa de seguimiento en fases de operación, cierre y postcierre hacia los 15 impactos potenciales diagnosticados en este estudio en base a recorridos en la zona y encuestas a la comunidad. Se analizó la estabilidad de los taludes rocosos y en relleno para la configuración final de explotación, obteniendo factores de seguridad por encima de 1,680 en los primeros y 1,051 en los segundos. Se evaluó la erosión hídrica a través de parcelas experimentales con clavos de erosión, demostrando que localmente la erosión supera la sedimentación. Se establecieron las medidas de revegetación enfocadas primeramente a la corrección de los procesos erosivos, proponiendo especies de siembra tanto gramíneas como arbóreas. Se diseñó un sistema de canales abiertos para el control de aguas de escorrentía, estableciendo sus elementos geométricos. Finalmente, se estableció un uso recreativo intensivo y deportivo como propuesta de uso postcierre del terreno, en base a proyecciones futuras sobre las características físico-espaciales de las áreas afectadas y la realidad local.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	IV
RESUMEN.....	VI
ÍNDICE GENERAL.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS	11
ÍNDICE DE TABLAS	13
ÍNDICE DE GRÁFICOS	14
1. INTRODUCCIÓN.....	15
2. FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
2.1. <i>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</i>	<i>16</i>
2.2. <i>OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....</i>	<i>16</i>
2.2.1. Objetivo general	16
2.2.2. Objetivos específicos.....	16
2.3. <i>JUSTIFICACIÓN.....</i>	<i>17</i>
2.4. <i>ALCANCE Y LIMITACIONES.....</i>	<i>18</i>
3. MARCO TEÓRICO.....	19
3.1. <i>ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....</i>	<i>19</i>
3.2. <i>BASES TEÓRICAS</i>	<i>20</i>
3.2.1. Fundamentos del cierre de mina	20
3.2.2. Aspectos técnicos.....	23
3.2.2.1. Estabilidad de taludes	23
3.2.2.2. Análisis de roturas en macizos rocosos.....	23
3.2.2.3. Proyección estereográfica de las discontinuidades	24
3.2.2.4. Tipos de fallas en roca	25
3.2.2.5. Factor de seguridad.....	27
3.2.2.6. Retrocálculo o “Back Analysis”	28
3.2.2.7. Método de rebanadas	29
3.2.2.8. Erosión hídrica.....	29
3.2.2.9. Evaluación de procesos erosivos por medio de parcelas experimentales.....	29
3.2.2.10. Diseño de obras de drenajes superficiales.....	31
3.2.2.11. Método Racional	31
3.2.2.12. Caudal de escorrentía.....	32
3.2.2.13. Fórmula de Manning	33
3.2.2.14. Elementos básicos para el diseño de canales abiertos	33
3.2.2.15. Numero de Froude	34

4. GENERALIDADES DE LA CANTERA	35
4.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	35
4.1.1. Reseña histórica	35
4.1.2. Misión	36
4.1.3. Visión	36
4.1.4. Objetivos	36
4.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE EXPLOTACIÓN.....	36
4.2.1. Ubicación y acceso	36
4.2.2. Coordenadas UTM.....	37
4.2.3. Reservas probadas	38
4.2.4. Método de explotación	38
4.2.5. Proceso de producción.....	38
4.2.6. Plantas de procesamiento.....	39
4.2.7. Diseño de banco	41
4.2.8. Diseño de explotación	41
5. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO	43
5.1. CONSIDERACIONES	43
5.2. MEDIO ABIÓTICO.....	43
5.2.1. Fisiografía	43
5.2.2. Geología regional	43
5.2.3. Geología local	46
5.2.4. Definición estructural del yacimiento	47
5.2.5. Clima	49
5.2.6. Precipitación.....	49
5.2.7. Suelos	50
5.2.8. Drenajes.....	50
5.3. MEDIO BIÓTICO	51
5.3.1. Flora.....	51
5.3.2. Fauna	51
5.4. CONTEXTO SOCIOECONÓMICO	51
5.4.1. Acceso y descripción demográfica	51
5.4.2. Infraestructura social y actividades económicas	52
5.4.3. Organizaciones político-sociales	52
6. MARCO METODOLÓGICO	53
6.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	53
6.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	53
6.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	54

6.4. RECOLECCIÓN DE DATOS.....	54
6.4.1. Técnicas	54
6.4.2. Instrumentos	55
6.5. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	55
6.5.1. Etapa compilatoria	56
6.5.2. Etapa de campo.....	57
6.5.3. Etapa de laboratorio.....	59
6.5.4. Etapa de planificación	59
7. CONTEXTO NACIONAL E INTERNACIONAL PARA EL CIERRE DE MINAS	60
7.1. CONTENIDO DEL PLAN DE CIERRE A PARTIR DE LA NORMATIVA INTERNACIONAL.....	60
7.1.1. Perú	60
7.1.2. Chile.....	62
7.1.3. Canadá y Estados Unidos	65
7.1.4. Consideraciones finales.....	65
7.2. ALCANCE DE LA NORMATIVA VENEZOLANA PARA EL CIERRE DE MINA	67
7.2.1. Constitución Nacional (Gaceta Oficial N° 36.860, 1999).....	69
7.2.2. Leyes Orgánicas	70
7.2.3. Leyes Ordinarias	73
7.2.4. Decretos y resoluciones	75
8. PLAN DE CIERRE	81
8.1. ENFOQUE.....	81
8.2. COMPONENTES DEL CIERRE	81
8.3. CONSULTAS A LA COMUNIDAD	82
8.4. IMPACTOS POTENCIALES.....	83
8.5. ESTABILIDAD DE TALUDES ROCOSOS	90
8.5.1. Análisis cinemático	94
8.5.2. Análisis mecánico	97
8.6. ESTABILIDAD DE TALUDES EN RELLENOS	99
8.6.1. Granulometría del material.....	99
8.6.2. Antecedentes del deslizamiento	101
8.6.3. Sección del deslizamiento	102
8.6.4. Análisis por retrocálculo.....	103
8.6.5. Análisis de estabilidad global	105
8.7. EVALUACIÓN DE LA EROSIÓN HÍDRICA	108
8.7.1. Densidad aparente del suelo.....	109
8.7.2. Medición de las precipitaciones.....	110

8.7.3. Resultados de evaluación local de los procesos erosivos	110
8.8. MEDIDAS CORRECTIVAS, MITIGANTES Y PREVENTIVAS.....	112
8.9. REVEGETACIÓN.....	123
8.9.1. Selección de especies	123
8.9.2. Preparación de la cubierta vegetal	124
8.9.3. Metodología de siembra	125
8.10. CONTROL DE AGUAS DE ESCORRENTÍA.....	126
8.10.1. Caudal de diseño	126
8.10.2. Elementos geométricos del canal	127
8.11. DEMOLICIÓN Y DESINSTALACIÓN DE ESTRUCTURAS	128
8.12. PROGRAMA DE SEGUIMIENTO	128
8.12.1. Controles periódicos	128
8.12.2. Reportes e informes de avance.....	132
8.12.3. Contacto con organismos implicados	132
8.13. PROPUESTA DE USO POSTERIOR DEL ÁREA DE LA CANTERA	133
9. CONCLUSIONES	135
10. RECOMENDACIONES	140
BIBLIOGRAFÍA	142
ANEXOS	147

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 01. Etapas en la vida de una mina	22
Figura N° 02. Densidad de polos en proyección estereográfica	25
Figura N° 03. Falla plana, características y configuración estereográfica	25
Figura N° 04. Falla en cuña, característica y configuración estereográfica	26
Figura N° 05. Falla por volcamiento, característica y configuración estereográfica.....	26
Figura N° 06. Falla circular, características y configuración estereográfica	27
Figura N° 07. Fuerzas actuando sobre una superficie de rotura en un talud	28
Figura N° 08. Elementos básicos para el diseño de canales abiertos	34
Figura N° 09. Administración de la empresa VARCAM C.A., junta directiva	35
Figura N° 10. Ubicación de la zona de estudio.....	37
Figura N° 11. Proceso de producción	39
Figura N° 12. Simbología para los componentes del circuito.....	39
Figura N° 13. Diagrama, Planta 1	40
Figura N° 14. Diagrama, Planta 2	40
Figura N° 15. Topografía del proyecto en el año 2016.....	41
Figura N° 16. Topografía del proyecto para el año 2024	42
Figura N° 17. Complejo La Costa.....	44
Figura N° 18. Fase Tacagua	45
Figura N° 19. Secuencia litológica en el Frente 2.....	46
Figura N° 20. Litología del Frente 2	47
Figura N° 21. Ubicación de la Falla Tacagua.....	48
Figura N° 22. Fallas geológicas locales en el Frente 2	48
Figura N° 23. Estadísticas de precipitación	56
Figura N° 24. Procedimiento experimental	56
Figura N° 25. Modelo de encuesta	58
Figura N° 26. Procedimiento para planes de cierre en Chile	62
Figura N° 27. Contenido del plan de cierre en el contexto Jurídico-Político Venezolano	80
Figura N° 28. Componentes del cierre	81
Figura N° 29. Emisiones de PTS en la Cantera Carayaca	86
Figura N° 30. Zonificación de los taludes de acuerdo a su orientación	90
Figura N° 31. Representación de las discontinuidades.....	93
Figura N° 32. Estudio de falla plana en los taludes del Grupo 1	94
Figura N° 33. Estudio de falla de cuña en los taludes del Grupo 1	94
Figura N° 34. Estudio de falla plana en los taludes del Grupo 2	95
Figura N° 35. Estudio de falla de cuña en los taludes del Grupo 2	95
Figura N° 36. Estudio de falla plana en los taludes del Grupo 3	96
Figura N° 37. Estudio de falla de cuña en los taludes del Grupo 3	96
Figura N° 38. Perfil y 3D de la falla de cuña del Grupo 1.....	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 39. Perfil y 3D de la falla de cuña del Grupo 2	98
Figura N° 40. Perfil y resultados del análisis mecánico de la falla plana del Grupo 2	98
Figura N° 41. Falla plana del Grupo 2 en 3D	99
Figura N° 42. Deslizamiento en la escombrera	101
Figura N° 43. Sección crítica de análisis A-A'	102
Figura N° 44. Sección crítica de análisis A-A' con la superficie de falla	104
Figura N° 45. Ubicación de las secciones	105
Figura N° 46. Análisis de estabilidad sección B-B'	106
Figura N° 47. Análisis de estabilidad sección C-C'	106
Figura N° 48. Análisis de estabilidad sección D-D'	107
Figura N° 49. Análisis de estabilidad sección E-E'	107
Figura N° 50. Ubicación de las parcelas experimentales	108
Figura N° 51. Sección del canal tramo 1-A	128
Figura N° 52. Elementos geométricos para distintas secciones de canales hidráulicos	147
Figura N° 53. Curvas IDF para la Región Capital	147
Figura N° 54. Coeficientes de rugosidad	148
Figura N° 55. Pesos unitarios característicos	149

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01. Coordenadas del Frente 2.....	37
Tabla N° 02. Tendencia general de las discontinuidades	49
Tabla N° 03. Contenido básico de los planes de cierre de minas en Chile	63
Tabla N° 04. Resumen de impactos potenciales de la Cantera Carayaca.....	84
Tabla N° 05. Ruido equivalente percibido en la Cantera Carayaca.....	85
Tabla N° 06. Orientación de los taludes de excavación.....	91
Tabla N° 07. Medición de las foliaciones presentes en Frente 2	91
Tabla N° 08. Medición de familia de diaclasa 1 presentes en Frente 2.....	92
Tabla N° 09. Medición de familia de diaclasa 2 presentes en Frente 2	92
Tabla N° 10. Resumen de discontinuidades presentes en Frente 2	93
Tabla N° 11. Resultados del análisis mecánico para fallas de cuña, Grupo 1.....	97
Tabla N° 12. Resultados del análisis mecánico para fallas de cuña, Grupo 2.....	97
Tabla N° 13. Granulometría del material	101
Tabla N° 14. Iteración de valores para análisis por retrocálculo.....	103
Tabla N° 15. Factor de seguridad en las secciones estudiadas	105
Tabla N° 16. Coordenadas de las parcelas experimentales.....	109
Tabla N° 17. Densidad aparente de las muestras	109
Tabla N° 18. Medición de las precipitaciones	110
Tabla N° 19. Evaluación de procesos erosivos	111
Tabla N° 20. Selección de especies de gramíneas	123
Tabla N° 21. Selección de especies arbóreas	124
Tabla N° 22. Resultados para el cálculo del caudal de diseño	127
Tabla N° 23. Elementos geométricos del canal.....	127
Tabla N° 24. Cronograma de monitoreo	130
Tabla N° 25. Humedad natural de las muestras	149
Tabla N° 26. Reportes muestras 2401-1	150
Tabla N° 27. Reportes muestras 2401-2	151
Tabla N° 28. Reportes muestras 2401-3	152
Tabla N° 29. Reportes muestras 2402-1	153
Tabla N° 30. Reportes muestras 2402-2	154
Tabla N° 31. Reportes muestras 2402-3	155

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 01. Distribución granulométrica. Muestras del Grupo 2401	100
Gráfico N° 02. Distribución granulométrica. Muestras del Grupo 2402	100
Gráfico N° 03. Análisis por retrocálculo	104

1. INTRODUCCIÓN

La Cantera Carayaca, pertenece a la Gobernación de Estado Vargas y es dirigida por la Empresa Varguense de Canteras y Minas de Vargas VARCAM, C.A., se encarga de la comercialización de agregados para la construcción, específicamente de piedra bruta, piedra 1", piedra 3/4", polvo de piedra, ripio y arena; todo esto a partir de la explotación a cielo abierto de mármol y esquistos. La extracción del material rocoso se realiza en un área conocida como Frente 2 con una dimensión aproximada 93.000 m². También existe otra área denominada Frente 4 que en años anteriores ha sido objeto de explotación pero actualmente se encuentra inactivo y posee importantes reservas de material para agregados.

El presente trabajo tiene por objeto elaborar una propuesta de plan de cierre para el Frente 2 de la cantera, en vista de que el mismo para el 2018 dispondrá de 6 años de reservas de material aprovechable, y no cuenta con un instrumento actualizado dirigido a los impactos generados por las operaciones mineras.

El plan de cierre de mina es un documento que busca que las actividades mineras cumplan con medidas ambientales y sociales específicas como respuesta a los impactos generados a lo largo de su ciclo de vida. En muchos países del mundo se ha venido avanzando en lo que corresponde a la planificación y aplicación de medidas para el cierre de mina, estableciendo actividades específicas a desarrollar, técnicas, herramientas, programas de seguimiento, cronograma, presupuesto, mecanismos de garantía financiera y demás pautas para obtener resultados concretos, en concordancia con objetivos ambientales y sociales específicos. Sin embargo, en Venezuela no se registran muchos casos de cierre de mina cuyos resultados sean exitosos, aun sabiendo la importancia del sector minero en nuestro país.

Por ello, previo a la elaboración de la propuesta de plan de cierre, se realizó en este estudio una revisión estructurada de cómo se aborda el tema de cierre de mina a nivel internacional, comparando la normativa relativa al tema de países como Perú, Chile, Canadá y Estados Unidos. Posterior a ello, se determinó el alcance de la normativa venezolana para la elaboración de planes de cierre de mina, y en referencia a este alcance se elaboró el plan de cierre del Frente 2 de la Cantera Carayaca adaptado al contexto jurídico de nuestro país, con los aspectos generales que conlleva un plan de cierre, entre los cuales destacan: las medidas de prevención, mitigación, corrección y seguimiento de los impactos ambientales y socioculturales generados por la cantera, la estabilidad estructural e hidrológica de las condiciones finales y la propuesta de uso posterior del área explotada.

2. FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Frente 2 de la Cantera Carayaca dispondrá para el 2018 de 6 años de reservas de material aprovechable, y no posee un instrumento actualizado dirigido a los impactos generados por las operaciones mineras, ya que el Estudio de Factibilidad Ambiental y Sociocultural de la cantera realizado para cumplir con los requisitos legales no se encuentra adaptado a las modificaciones realizadas al plan de explotación, desde el inicio de las operaciones. La problemática de ello radica en que si las consideraciones para el manejo y restitución de los impactos producidos no son las adecuadas, el lugar puede ser un peligro potencial para las personas y el medio ambiente durante y luego del cese de las operaciones del Frente 2.

La minería a cielo abierto como toda actividad antrópica altera el equilibrio ecológico, nombrando entre los efectos la modificación del paisaje y la configuración local del drenaje, emisión de residuos por diversos medios (que pueden ser peligrosos o no), generación de ruido, entre otros aspectos solo para nombrar los más comunes. Todo ello afecta a la naturaleza y la salud pública, directa o indirectamente, pero de forma inevitable, por lo que se requiere como un imperativo ético y legal imprescindible establecer respuestas oportunas ante ello.

Si la explotación de Frente 2 cierra sin las consideraciones adecuadas de restitución ambiental, dependiendo de la magnitud de los impactos, la naturaleza tardará siglos en restituir por sí sola su ecosistema, prolongando los efectos negativos y en muchos casos empeorándolos. Se propone entonces la creación de un plan de cierre para el Frente 2 ya que en líneas generales, es un instrumento que procura prevenir, compensar, corregir o mitigar los impactos generados por efecto de las actividades mineras, de igual forma plantea un uso beneficioso del terreno una vez que concluyan las operaciones.

2.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.2.1. Objetivo general

Diseñar una propuesta de plan de cierre del Frente 2 de la Cantera Carayaca, Distrito Capital

2.2.2. Objetivos específicos

- Comparar la normativa aplicable al cierre de minas de diferentes países, en términos de su contenido
- Determinar el alcance de la normativa venezolana para la elaboración de planes de cierre de mina

- Describir las características de los componentes bióticos, abióticos y socioeconómicos del entorno de la cantera
- Diagnosticar los impactos ambientales y socioculturales asociados a la explotación de la cantera
- Analizar la estabilidad geoestructural e hidrológica en las condiciones finales de la explotación
- Establecer las medidas de prevención, mitigación, corrección y seguimiento de los impactos ambientales y socioculturales generados
- Proponer usos posteriores del área intervenida por las operaciones mineras

2.3. JUSTIFICACIÓN

Se ejecuta este proyecto de investigación por la necesidad de realizar y aplicar en la Cantera Carayaca un plan de medidas para la protección del ambiente de los impactos generados por la empresa. Elaborar un plan de cierre para la cantera abarca muchos de los aspectos requeridos para responder adecuadamente a sus demandas de protección ambiental y responsabilidad social, contribuyendo a la sustentabilidad de su actividad.

Otra razón que justifica la investigación es su utilidad metodológica, debido a que se estudia un concepto que comenzó a ser mencionado en Venezuela en tiempos muy recientes, pero todavía de forma muy tímida. El cierre de mina no está explícitamente señalado en la legislación venezolana, y si bien su importancia es reconocida, este tema en nuestro país todavía carece de práctica consolidada. La investigación sirve como muestra de planificación de la gestión ambiental y social utilizando conceptos que han sido poco estudiados en nuestro país, por lo que vale como un aporte para posteriores estudios y es un claro ejemplo de conciencia y responsabilidad con el ecosistema por razones que van más allá del cumplimiento de la legislación, siendo esto una herramienta poderosa para impulsar la credibilidad, confianza e imagen de VARCAM, C.A. como operadora minera nacional. De igual forma, sensibiliza a la alta dirección de la empresa en lo que respecta a la naturaleza estratégica de la planificación del cierre.

Finalmente se afirma la relevancia social de esta investigación ya que los resultados son formulados considerando el criterio de la comunidad de Tacagua, principal sector afectado por las repercusiones ambientales de la cantera, y podrán ser aplicados en busca de generar un impacto positivo tanto ambiental como socioeconómico.

2.4. ALCANCE Y LIMITACIONES

- La concesión minera VARCAM, C.A. abarca dos frentes de extracción de material (Frente 2 y Frente 4), del cual Frente 4 se encuentra actualmente inoperativo por diversas razones y no posee plan de explotación. Este proyecto solo involucra el frente activo de la cantera (Frente 2), ya que para la realización de un plan de cierre es indispensable conocer información inherente al plan de explotación del yacimiento (reservas probadas, ritmo de explotación, topografía modificada, diseño de vías, etc.).
- Los proyectos de cierre de mina suelen ser extensos debido a la gran cantidad de aspectos que deben ser considerados. En este sentido, no realizaron mediciones de ruido ambiental ni emisión de polución porque no se disponen de los equipos ni el presupuesto para su alquiler.
- Este plan con el tiempo puede ser sometido a reformas (por naturaleza los planes de cierre deben ser actualizados periódicamente), puesto que se realiza en función de la última actualización del plan de explotación y debe adaptarse a sus futuras modificaciones.
- Las medidas ambientales también pueden ser objeto de modificaciones en lo que respecta a los parámetros que deben ser medidos, periodicidad de las medidas y límites entre los que deben encontrarse dichos parámetros. Y todo ello cuando así lo aconseje la entrada en vigor de nuevos conocimientos significativos sobre la estructura y funcionamiento de los sistemas implicados.
- De presentarse un cierre temporal de la cantera algunos aspectos de este proyecto no podrán ser aplicados, sobre todo aquellos que se basan en las condiciones finales del terreno, es decir, el cierre de la explotación por agotamiento de los recursos.
- Un factor clave en el cierre de mina en muchos países es la constitución de garantías financieras que les permitan a los gobiernos la tranquilidad de la disponibilidad de recursos por parte de los operadores. No es lógico creer que todo contexto internacional es aplicable en nuestro país, dadas las condiciones que lo enmarcan, especialmente las restricciones de carácter económico. Por lo tanto el hecho de realizar este proyecto no garantiza su aplicación.
- Las propuestas de obras civiles aquí planteadas están en etapa conceptual y son solo para guiar los diseños definitivos (así es por naturaleza en los planes de cierre de mina). Al momento de realizar las obras civiles, se debe aumentar la precisión y el detalle de los proyectos.
- No se realizaron estudios económicos puesto que se requiere mayor detalle de los proyectos para calcular cómputos de obra, e igualmente mayor certidumbre en cuanto a su aplicación.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

- **Seijas, D. (2017), “Integración de Criterios de Cierre de Mina a la Planificación a Largo Plazo: “Canteras del Distrito Capital”, Mamera, Municipio Libertador”.** Elaboró la integración de los criterios realizando múltiples estudios de campo en la zona, con la intención de conocer y evaluar sus características geotécnicas, así como determinar el grado de impacto ambiental que genera la cantera. También realizó los respectivos ensayos geomecánicos para definir los parámetros de resistencia y estabilidad, logrando caracterizar el macizo rocoso y conocer la existencia de algún tipo de inestabilidad en los taludes. A raíz de los impactos estudiados, generó un programa de recuperación y remediación ambiental que contempla las medidas preventivas, correctivas, o mitigantes que hacen frente a dichos impactos. También reconoció los escenarios propios del cierre de mina y planteó las actividades correspondientes a cada uno.
- **Zambrano, J. (2014), “Propuesta de Cierre Progresivo e Integral de una Cantera de Áridos de Construcción: Caso Arenera O Toxo C.A., Municipio Los Salias, Estado Miranda”** Elaboró la propuesta considerando aspectos topográficos, geológicos y geotécnicos, con la finalidad de lograr lo siguiente: proteger la salud y seguridad pública, garantizar la estabilidad física, reducir los efectos negativos de las instalaciones sobre el ecosistema, otorgar al terreno condiciones de uso compatibles con su entorno hasta donde sea posible, e identificar las necesidades, capacidades y limitaciones de las comunidades a fin de implementar programas de desarrollo sostenible.
- **Cazal, S. (2013), “Propuesta de Cierre de Cantera Las Marías, Estado Miranda, como aporte al Ministerio del Poder Popular de Petróleo y Minería en las Políticas Mineras”.** Elaboró una propuesta de cierre de Cantera Las Marías, Estado Miranda, con la visión de aportar aspectos resaltantes en las políticas mineras que adelantaba el Ministerio del Poder Popular de Petróleo y Minería para el año 2013, reconociendo que en Venezuela no existe una normativa de planes de cierre de mina. Las distintas fases del trabajo fueron realizadas con diversas tareas y diligencias para la recolección de muestras y el análisis de los datos, entre las cuales se pueden mencionar: actividades diarias de campo, en horario laboral, con instrumentos aportados por la empresa, ejecución personal tanto del muestreo en la cantera, como de ensayos de laboratorio (con supervisión) para la caracterización de la roca, además de las actividades de oficina en la Dirección General de Fiscalización y Control Minero, del Ministerio del Poder Popular de Petróleo y Minería.
- **Blanco, Y. (2007), “Propuesta de Plan de Cierre Progresivo de Mina en el Cuadrilátero Ferrífero de San Isidro de C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A. Ciudad Piar Estado Bolívar”.** Se propuso en ese trabajo un plan de cierre progresivo de mina para el Cuadrilátero Ferrífero

San Isidro, compuesto por cuatro minas explotadas a cielo abierto, San Isidro, Los Barrancos, Las Pailas y San Joaquín. Se realizaron inspecciones a los cerros en explotación y se establecieron los criterios necesarios para planificar el cierre, los cuales fueron: estabilización de taludes, revegetación de áreas agotadas, vinculación de la comunidad en el proceso de planificación para nuevo cambio de uso del territorio y principalmente el control del proceso erosión-sedimentación. Para definir el posible nuevo uso de las áreas mineras se realizó una encuesta a las comunidades aledañas a las minas, se modeló la secuencia de explotación de cada una de las minas y se evidenciaron los cambios topográficos, las geoformas generadas y el de la mina.

3.2. BASES TEÓRICAS

Se presentan a continuación los conceptos e ideas que sirvieron de base para elaborar el plan de cierre de la Cantera Carayaca y permitieron comprender su enfoque principal. De igual forma, se presentan los aspectos técnicos que fueron considerados en la elaboración del plan de cierre.

3.2.1. Fundamentos del cierre de mina

El cierre de mina, desde el enfoque de una gestión sustentable de la minería, es “el conjunto de actividades a ser implementadas a lo largo del ciclo de vida de la mina a fin de cumplir con los criterios ambientales específicos y alcanzar los objetivos sociales deseados después de la etapa de minado. El cierre de mina es un proceso progresivo que empieza en la primera etapa del proyecto con el diseño conceptual y termina sólo cuando se han alcanzado de manera permanente los objetivos específicos de cierre” (Guía para la Elaboración de Planes de Cierre de Minas, 2016).

La minería es una actividad económica momentánea, ya que se trata de la extracción y comercialización de recursos naturales finitos y no renovables, en este caso, minerales. De allí también su carácter de actividad no sostenible. Una mina inevitablemente va a cerrarse en algún momento, bien sea por agotamiento del recurso o por cualquier otra causa interna o externa a la explotación. El cierre de una explotación mineral está íntimamente relacionado a las **etapas de la vida de una mina** (Figura N° 01), que comprende una serie de etapas sucesivas con diferentes particularidades a saber:

- 1) Prospección:** consiste en la búsqueda de yacimientos minerales a través de distintos métodos científicos de aproximación. Se realizan estudios en el suelo con distintos grados de profundidad, hasta lograr determinar precisamente la existencia de un potencial yacimiento minero.

- 2) **Exploración:** consiste en dimensionar, mediante estudios, pruebas geológicas y sondajes, la cantidad de mineral presente y su calidad, determinando así el nivel de reservas.
- 3) **Investigación detallada, estudio de factibilidad, diseño y planeamiento:** son todas las actividades necesarias para la determinación de la viabilidad técnica y económica del proyecto. En esta etapa se debe establecer, entre otras cosas, el dimensionamiento de las reservas y la ley mineral en función del valor económico de los mismos, el método de minado (subterráneo o a cielo abierto) y la tecnología para la recuperación de los metales.
- 4) **Construcción:** consiste en la realización de las obras de infraestructura e instalaciones necesarias para explotar el yacimiento, las tareas de extracción, tratamiento y transporte de los minerales, la instalación y acondicionamiento de máquinas y equipos, y la compra de los insumos a utilizar.
- 5) **Operación:** se trata de la ejecución de las operaciones de extracción, procesamiento y transporte del mineral.
- 6) **Cierre de mina:** comprende la clausura temporal o definitiva de la explotación por alguna causa. El cierre de mina abarca los siguientes escenarios:
 - **Cierre temporal:** implica que las actividades del proceso minero sean temporalmente suspendidas, como resultado de las circunstancias económicas u operacionales (baja de los precios del mineral explotado, conflictos laborales, problemas geotécnicos o hidrológicos graves, circunstancias políticas, entre otras). También podría llamarse como paralización, ya que en éste escenario se espera que las actividades se reinicien en corto plazo, una vez que los factores negativos se hayan eliminado.
 - **Cierre progresivo:** son todas aquellas actividades relacionadas con el cierre, que son implementadas de forma progresiva durante la etapa de operación del proyecto minero, estas actividades constituyen el mecanismo más importante para minimizar la cantidad de esfuerzo necesario para la implementación de medidas de cierre final y optimizar los resultados de cierre.
 - **Cierre final:** el cierre final comienza cuando, a consecuencia del agotamiento de los recursos minerales económicos, cesan las operaciones de minado y de procesamiento. El cierre final comprende el desarrollo de actividades tales como: diseños de ingeniería requeridos para el desmantelamiento; demoliciones; estudios in situ para la disposición final y/o el rescate de materiales; estabilización física, geoquímica e hidrológica; restablecimiento de la forma del terreno; revegetación; rehabilitación de hábitats acuáticos; rehabilitación de las áreas de préstamo; reconversión laboral; provisiones para brindar servicios esenciales a la comunidad; transferencia de propiedad y acceso a las tierras; etc.
- 7) **Post-cierre:** implican los programas de cuidado y mantenimiento continuo que se realizan una vez finalizadas todas las actividades de cierre de mina, a fin de garantizar el

restablecimiento del equilibrio existente en la zona previo al inicio de la explotación, y sus consecuencias sociales, económicas y ambientales, mediante el seguimiento de las actividades realizadas en el cierre para tal fin.

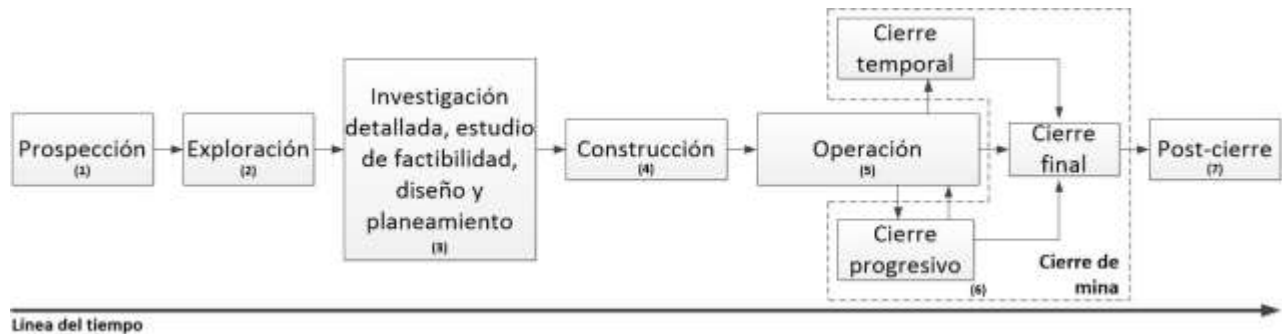


Figura N° 01. Etapas en la vida de una mina.
(Elaboración propia)

Así mismo, la actividad de extracción y procesamiento de minerales produce significativos impactos ambientales que de no ser corregidos de forma oportuna perduran años, décadas o hasta siglos después del cese de las operaciones mineras, dependiendo de su magnitud. De allí la importancia de “planificar el cierre”. En esta etapa, el titular minero tiene mayor responsabilidad en minimizar los efectos negativos producidos por la actividad extractiva, para que el lugar tenga condiciones compatibles con el entorno y compensar de cierta forma los impactos sociales y económicos que produce el cese de la explotación. Por ejemplo, el cierre no programado ni ejecutado responsablemente puede llevar a efectos como: desplome de labores superficiales, erosión de los depósitos de desechos sólidos mineros, perturbación del drenaje, contaminación del agua y la atmósfera (material particulado), incremento de procesos erosivos y de remoción en masa, entre otros particulares de cada explotación. En cuanto al ser humano, experimenta todos los efectos anteriores, más aquellos de carácter socio-económico y cultural. La pérdida de la actividad minera (que por otra parte, pudo haber afectado el desarrollo de otras actividades económicas previas a su implantación) puede destruir no solamente el sustento económico sino también la base de valores sociales y familiares de la comunidad afectada, si la misma es altamente dependiente de la explotación desde el punto de vista económico.

En tal sentido, el **plan de cierre** es una herramienta que permite identificar y cuantificar los impactos negativos en la etapa de cierre de una faena minera, así como, definir medidas de acción presentes y futuras para prevenirlos, minimizarlos y/o mitigarlos y desarrollar un cronograma de ejecución de las medidas proyectadas, de forma de dar cumplimiento al marco jurídico ambiental para la etapa de cierre del sitio.

El plan de cierre de mina por lo general incluye actividades que van desde la elaboración del plan de cierre conceptual al inicio del proyecto, la planificación de las actividades de cierre progresivo durante la operación, las investigaciones durante la operación de la mina para determinar las mejores técnicas que formarán parte del plan de cierre, las actualizaciones periódicas, la ejecución de las actividades de cierre final y las actividades post cierre identificadas.

Sobre el objetivo del plan de cierre, el Decreto Supremo N° 033 de 2005 de Perú estipula “la prevención, minimización y control de los riesgos y efectos sobre la salud, la seguridad de las personas, el ambiente, el ecosistema circundante y la propiedad, que pudieran derivarse del cese de las operaciones de una unidad minera”.

3.2.2. Aspectos técnicos

Se presentan a continuación las consideraciones técnicas utilizadas para la formulación del plan de cierre de la Cantera Carayaca.

3.2.2.1. Estabilidad de taludes

La estabilidad de taludes estudia la estabilidad o posible inestabilidad de un talud a la hora de realizar un proyecto, o llevar a cabo una obra de construcción de ingeniería civil, siendo un aspecto directamente relacionado con la ingeniería geológica - geotécnica. Los análisis de estabilidad de taludes “permiten diseñar los taludes, mediante el cálculo de su factor de seguridad, y definir el tipo de medidas correctoras o estabilizadoras que deben ser aplicadas en caso de roturas reales o potenciales. Es necesario el conocimiento geológico y geomecánico de los materiales que forman el talud, de los posibles modelos o mecanismos de rotura que pueden tener lugar y de los factores que influyen, condicionan y desencadenan las inestabilidades” (Vallejo, 2002).

3.2.2.2. Análisis de roturas en macizos rocosos

Las fallas en los macizos rocosos están condicionadas por su grado de fracturación y por la orientación y distribución de los planos de las discontinuidades con respecto al talud, entendiendo por discontinuidad a todas aquellas estructuras geológicas (fallas, fracturas, diaclasas, estratificación, foliación, etc.) que forman dichos planos, los que comúnmente se conoce como fábrica estructural del macizo rocoso. Normalmente este tipo de discontinuidades son producto del tectonismo a la que fue sujeta la roca en un estado inicial de esfuerzos. Dependiendo de la orientación de las discontinuidades se tendrá un patrón de fracturamiento que delimitará los bloques de roca. Luego, la estabilidad queda definida por los parámetros

resistentes de las discontinuidades y de la matriz rocosa. En macizos rocosos duros o resistentes, las discontinuidades determinan la situación de los planos de rotura. En macizos formados por rocas blandas poco competentes, a matriz rocosa también juega un papel importante en la generación de estos planos y en el mecanismo de rotura.

Analizar la estabilidad de un talud realizado en macizos rocosos fracturados, es parte de dos procesos:

- a) **Análisis cinemático:** en el cual se analiza la fábrica estructural en el corte realizado para determinar si la orientación de las discontinuidades podría resultar en inestabilidad, a lo cual se conoce como orientación desfavorable del talud con respecto a las discontinuidades. Esta determinación es realizada por medio de un análisis estereográfico de la fábrica estructural junto con la posición del talud.
- b) **Análisis mecánico:** una vez que ha sido determinada la cinemática en la cual se tiene posibilidad de falla del talud, el segundo paso requiere un análisis de estabilidad considerando las fuerzas resistentes a la falla. Uno de los métodos de análisis mecánico es el de equilibrio límite, donde se comparan las fuerzas resistentes contra las fuerzas causantes de la falla del talud. El rango entre estos dos sistemas de fuerzas se denomina factor de seguridad.

3.2.2.3. Proyección estereográfica de las discontinuidades

Desde el punto de vista de análisis, la característica más importante de una discontinuidad es su orientación (rumbo y buzamiento). El concepto fundamental de la proyección estereográfica es una esfera que tiene una orientación fija de su eje relativo al norte y su plano ecuatorial, relativo al horizontal. La orientación de los planos de discontinuidad se representa mediante la proyección de la intersección de un plano paralelo a éstas pasando por el centro de una semiesfera ideal de referencia. La intersección de la normal al plano representativo en la esfera genera un punto llamado polo, que representa la dirección de la fuerza que originó la discontinuidad. Como la proyección de los polos está sujeta a errores de precisión, es necesario recurrir en la mayoría de los casos a un análisis estadístico de una muestra grande de datos con el fin de generar un curvado representativo de la densidad de polos determinando la dirección y buzamiento predominante (Figura N° 02).

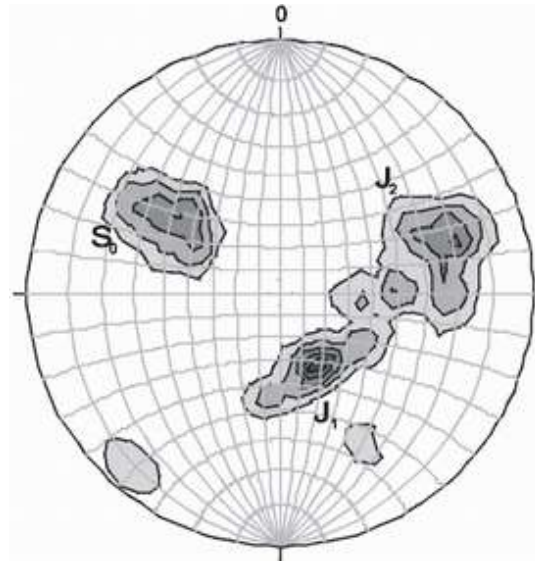


Figura N° 02. Densidad de polos en proyección estereográfica.
(Rosas, 2006)

3.2.2.4. Tipos de fallas en roca

Los tipos de fallas más frecuentes son los siguientes:

a) Falla plana

La condición básica es la presencia de discontinuidades buzando a favor del talud y con la misma dirección, cumpliéndose la condición de que la discontinuidad debe estar descalzada por el talud (ángulo de talud > buzamiento de falla) y su buzamiento debe ser mayor que su ángulo de rozamiento interno (buzamiento de falla > ángulo de rozamiento interno). La Figura N° 03 muestra las características y configuración estereográfica de la falla plana.

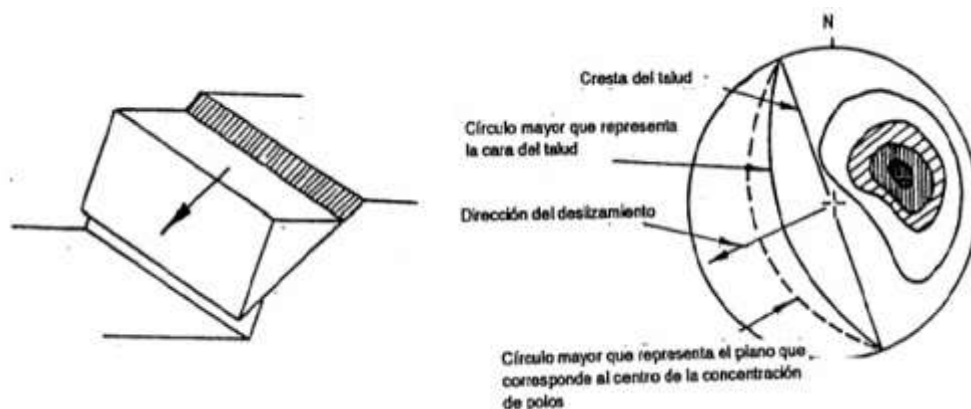


Figura N° 03. Falla plana, características y configuración estereográfica.
(Hoek & Bray, 1981)

b) Fallas en cuña

Son deslizamientos de bloques en forma de cuña, formado por dos planos de discontinuidad, a favor de su línea de intersección. Para que se produzca este tipo de rotura, los dos planos deben aflorar en la superficie del talud, y deben cumplir iguales condiciones que para la rotura plana, siendo en este caso el buzamiento de la línea de intersección. Las representaciones de las fallas de cuña en taludes y la estereografía de los mismos son mostradas en la Figura N° 04.

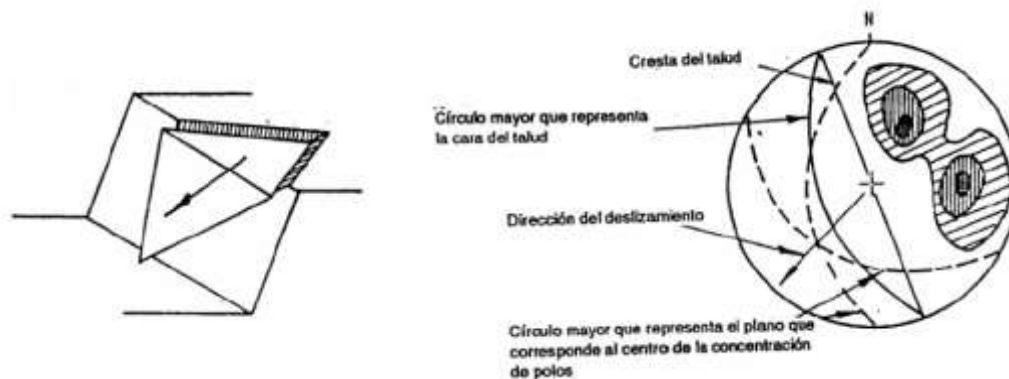


Figura N° 04. Falla en cuña, características y configuración estereográfica.
(Hoek & Bray, 1981)

c) Fallas por volcamiento

Es la rotura producida a favor de los planos de estratificación paralelos al talud, con buzamiento mayor que el ángulo de rozamiento interno. La condición necesaria es que los estratos sean suficientemente esbeltos, en relación con la altura del talud, para poder pandear. La Figura N° 05 muestra un esquema de talud con estructura favorable al vuelco de los estratos.

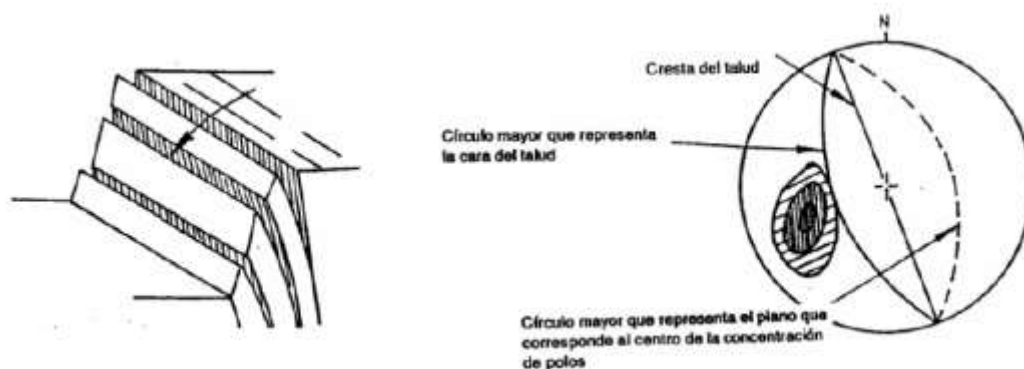


Figura N° 05. Falla por volcamiento, características y configuración estereográfica.
(Hoek & Bray, 1981)

d) Fallas circulares o rotacionales

Ocurren en macizos rocosos blandos poco competentes y en macizos muy alterados o intensamente fracturados, que presentan un comportamiento isótropo y donde los planos de discontinuidad no controlan el comportamiento mecánico; en estos casos, el macizo se comporta como un suelo. La Figura N° 06 muestra el esquema de rotura circular de un talud y su representación estereográfica.

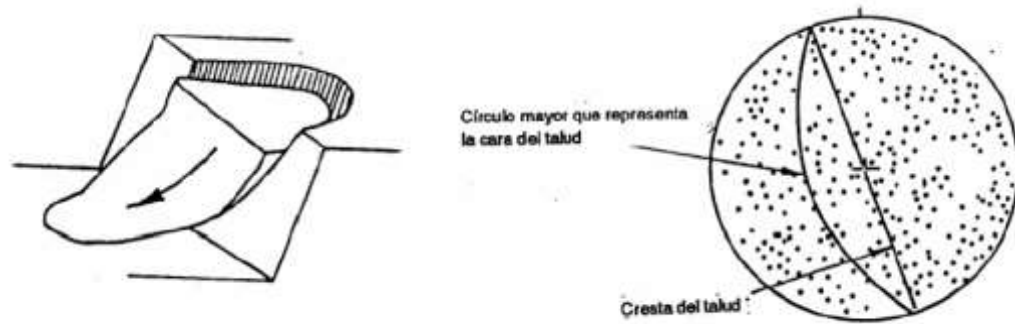


Figura N° 06. Falla circular, características y configuración estereográfica.
(Hoek & Bray, 1981)

3.2.2.5. Factor de seguridad

Los análisis de estabilidad proporcionan el valor del factor de seguridad del talud para la superficie de rotura, bajo equilibrio estricto o equilibrio límite de las fuerzas que actúan. Este factor se expresa de la siguiente forma:

$$FS = \frac{\text{Fuerzas resistentes}}{\text{Fuerzas actuantes}} \quad (1)$$

Las fuerzas que actúan sobre la superficie de rotura, suponiendo que no existen fuerzas externas sobre el talud, son las debidas al peso del material, W , a la cohesión, c , y a la fricción, ϕ , del plano, como se muestra en la Figura N° 07.

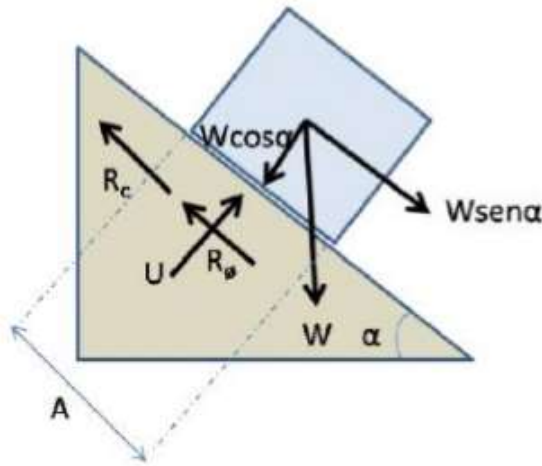


Figura N° 07. Fuerzas actuando sobre una superficie de rotura en un talud

En este caso, el factor de seguridad viene dado por la siguiente ecuación:

$$F = \frac{R_c + R_\phi}{S} \quad (2)$$

Siendo:

R_c : Fuerzas cohesivas = cA

R_ϕ : Fuerzas friccionantes = $(W * \cos \alpha) * \tan \phi$

S : Fuerzas que tienden al deslizamiento = $(W * \cos \alpha)$

A : Área del plano de rotura

Si existe U , es decir, las fuerzas totales debido a una presión de agua sobre la superficie A ; la ecuación se traduciría a:

$$R_\phi = (W * \cos \alpha - U) * \tan \phi \quad (3)$$

3.2.2.6. Retrocálculo o “Back Analysis”

La finalidad del retrocálculo o “back analysis”, es determinar los valores representativos de los parámetros de resistencia al corte del macizo rocoso o suelo (en una zona definida de acuerdo a las formaciones locales), que podrán servir de referencia en los análisis de estabilidad rutinarios, en base a estudios detallados de deslizamientos que ya han ocurrido.

Recurriendo a un modelo de estado límite, se obtiene el equilibrio a la rotación de una superficie de deslizamiento circular en torno a un centro de rotación. Atribuyendo al terreno parámetros de resistencia al corte arbitrarios y calculando el factor de seguridad, es posible representar en el plano los esfuerzos, la envolvente de la resistencia movilizada, es decir, la

recta de los parámetros. El esfuerzo medio eficaz resultará de la intersección con la envolvente de resistencia y la recta horizontal que representa la resistencia de corte movilizada.

En la práctica se trata de obtener, como se ha visto anteriormente, el estado de esfuerzos medio a la rotura de cada fenómeno de deslizamiento. Tales valores de esfuerzos, si la formación es suficientemente homogénea, la representación en el plano de los esfuerzos se dispondrá de una envolvente rectilínea a la cual le corresponderán los valores de resistencia a corte efectivamente disponibles.

3.2.2.7. Método de rebanadas

Un método clásico para el análisis de estabilidad en suelos es el método de rebanadas, el en cual se tienen en cuenta el efecto de las fuerzas entre las rebanadas suponiendo una superficie de rotura circular, dividiendo la masa deslizante en n rebanadas y estableciendo el equilibrio de momentos de las fuerzas actuantes en cada rebanada respecto al centro de círculo. El método de rebanadas supone que las fuerzas de contacto entre cada dos rebanadas no influyen por estar equilibradas. Se obtiene, así la expresión del factor de seguridad F de la superficie considerada la cual no aparece de forma explícita, por lo que es necesario realizar varias iteraciones para obtener su valor.

3.2.2.8. Erosión hídrica

Se define este tipo de erosión como el proceso de disgregación de las partículas del suelo por la acción del agua, el cual culmina con el depósito de los materiales transportados por la corriente en áreas de sedimentación, cuando la capacidad de arrastre de las aguas se reduce hasta el punto de no permitir la continuación en el flujo de las partículas terrosas previamente incorporadas al mismo.

3.2.2.9. Evaluación de procesos erosivos por medio de parcelas experimentales

Es un método que consiste en parcelas rectangulares a las cuales se les instalan “clavos” que marcan la línea inicial del suelo, cuya medición se efectúa luego de ocurrida la tormenta con el objetivo de evaluar la erosión o sedimentación producida. Lo anterior permite establecer un balance entre pérdidas y entradas de suelo para realizar estimaciones más reales. En la cuantificación de las pérdidas o entradas de material, se asocian algunos conceptos al establecimiento y aplicación de este método, con el fin de explicar los procesos que ocurren. Así, se habla de erosión y sedimentación media, erosión neta y suelo movilizado (Cuitiño & Pizarro, 2002):

a) Erosión media y sedimentación media

Es la erosión o sedimentación promedio que se produce en las parcelas, según sea el caso. Se procede calculando la altura media de los clavos, los cuales pueden presentar una altura de erosión o una altura de sedimentación respecto a las diferencias en las mediciones. La expresión matemática que determina estos procesos es:

$$X = Y * Da * 10 \quad (4)$$

Siendo:

X : Suelo erosionado o sedimentado (ton/Ha)

Y : Altura media de suelo erosionado o sedimentado (mm)

Da : Densidad aparente del suelo (ton/m³)

b) Erosión neta

Es la pérdida de suelo al considerar la sedimentación ocurrida; es decir, corresponde a la diferencia entre la erosión media del suelo y la sedimentación media, expresado en toneladas por hectárea. Se expresa como:

$$En = E - S \quad (5)$$

Siendo:

En : Erosión neta (ton/Ha)

E : Erosión media (ton/Ha)

S : Sedimentación media (ton/Ha)

c) Suelo movilizado

Es la cuantificación tanto de la erosión media como la sedimentación ocurrida. La expresión matemática permite describir la totalidad de suelo que se movilizó en el terreno, expresado en toneladas por hectárea. Su expresión es:

$$Sm = E + S \quad (6)$$

Siendo:

Sm : Suelo movilizado (ton/Ha)

E : Erosión media (ton/Ha)

S : Sedimentación media (ton/Ha)

3.2.2.10. Diseño de obras de drenajes superficiales

El objetivo principal del diseño y construcción de obras de drenajes superficiales es conducir por los lugares adecuados los excesos de agua que se presentan durante las lluvias y al cortar acuíferos, o la que discurre por cauces existentes, de manera de mejorar la estabilidad de los taludes reduciendo la infiltración y evitando la erosión. El sistema de recolección de aguas superficiales debe captar las aguas de escorrentías, tanto en el talud, como en la cuenca de drenaje aguas arriba, y conducir las aguas a un sitio adecuado, lejos de las estructuras susceptibles a deslizamientos.

3.2.2.11. Método Racional

El método racional se utiliza en hidrología para determinar el caudal máximo de descarga de una cuenca hidrográfica. El método es confiable para cuencas menores a 500 hectáreas. La fórmula básica del método racional es:

$$Q = C * I * A \quad (7)$$

Siendo:

Q : Caudal máximo, en L/s

C : Coeficiente de escorrentía

I : Intensidad de la precipitación en L/s/Ha en un período igual al tiempo de concentración t_c

A : Área de la cuenca hidrográfica, en Ha.

Los valores de C e I se establecen de la siguiente forma:

a) Intensidad de la lluvia (I)

Para establecer la intensidad de diseño en las obras de drenaje, el país se ha dividido en dieciocho regiones con iguales características de precipitación. Para cada una de estas regiones el Manual de Drenajes del Ministerio de Obras Públicas (1967) ha preparado las curvas de intensidad-frecuencia-duración. Una vez ubicada la región, se procede a establecer la intensidad fijando previamente la frecuencia de diseño y la duración de la lluvia.

b) Frecuencia de diseño

La frecuencia de una creciente se define estadísticamente como el periodo promedio entre la ocurrencia de una creciente de cierta magnitud y la ocurrencia de otro igual o mayor y se expresa en años. La frecuencia es establecida en función de las características, importancia y el tipo de obra de drenaje, mediante tablas normativas.

c) Duración de la lluvia

El método racional implica que la intensidad de la lluvia se determine cuando toda la cuenca está contribuyendo. La duración de la lluvia de diseño será igual al tiempo de concentración.

d) Tiempo de concentración

El tiempo de concentración es el tiempo necesario para permitir la llegada del agua que cae sobre toda la superficie de la cuenca a la boca de la estructura de drenaje. Numerosas formulas empíricas se han establecido para la determinación del tiempo de concentración, entre ellas la propuesta por la fórmula de Kirpich:

$$T_c = 0,02L^{0,77}S^{-0,385} \quad (8)$$

Siendo:

L: longitud máxima a la salida, en metros

S: pendiente máxima del lecho, en m/m

e) Coeficiente de escorrentía (C)

Es un valor adimensional que representa la relación entre el gasto máximo y la precipitación. El coeficiente de escorrentía depende de varios factores, entre los que se considera: la permeabilidad del suelo, la cobertura vegetal y la topografía. Es establecido utilizando la tabla señalada en el la Figura N°54 (anexos).

3.2.2.12. Caudal de escorrentía

El caudal es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto (tubería, cañería, oleoducto, río, canal,...) por unidad de tiempo. El caudal proporcionado por una canaleta está dado por:

$$Q = V * A \quad (9)$$

Siendo:

Q: Caudal (m³/s)

V: Velocidad del agua (m/s)

A: Área de la sección mojada (m²)

3.2.2.13. Fórmula de Manning

Es utilizada para el cálculo de la velocidad del agua en canales abiertos y tuberías. La expresión de la fórmula de Manning es la siguiente:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (10)$$

Siendo:

V : Velocidad media del agua, en m/s

n : Coeficiente de rugosidad

R : Radio hidráulico, en m

S : Pendiente en tanto por 1 del canal

3.2.2.14. Elementos básicos para el diseño de canales abiertos

Los elementos geométricos son propiedades de una sección del canal que puede ser definida enteramente por la geometría de la sección y la profundidad del flujo. Estos elementos son muy importantes para los cálculos del escurrimiento, se describen a continuación y se presentan en la Figura N° 08:

- a) **Tirante normal (Y)**: es la distancia vertical del punto más bajo de la sección del canal a la superficie libre.
- b) **Ancho superior (T)**: es el ancho de la sección del canal en la superficie libre.
- c) **Área hidráulica (A)**: es el área de la sección transversal del flujo normal a la dirección del flujo.
- d) **Perímetro mojado (P)**: es la longitud de la línea de la intersección de la superficie mojada del canal con la sección transversal normal a la dirección del flujo.
- e) **Radio hidráulico (R)**: es la relación entre el área mojada y el perímetro mojado, se expresa como:

$$R = A/P \quad (11)$$

- f) **Profundidad hidráulica (D)**: es la relación del área mojada con el ancho superior, se expresa como:

$$D = A/T \quad (12)$$

g) **Borde libre (F):** es el espacio entre la cota de la corona y la superficie del agua. No existe ninguna regla fija para su cálculo.

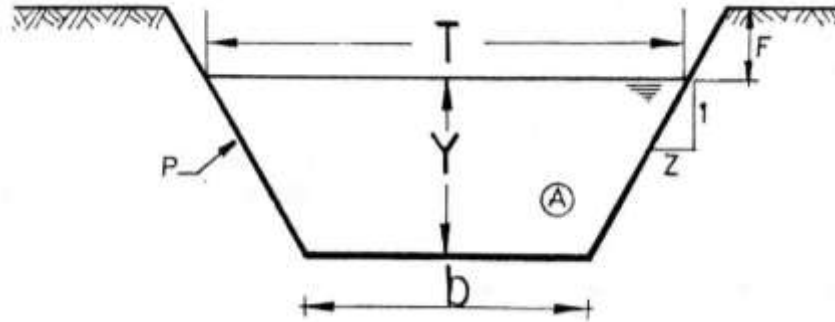


Figura N° 08. Elementos básicos para el diseño de canales abiertos.

3.2.2.15. Numero de Froude

El número de Froude es un número adimensional que relaciona el efecto de las fuerzas de inercia y las fuerzas de gravedad que actúan sobre un fluido. El número de Froude en canales abiertos nos informa del estado del flujo hidráulico, y se define como:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gD}} \quad (13)$$

Siendo:

Fr : Numero de Froude

v : Velocidad media de la sección del canal

g : Aceleración de la gravedad

D : Profundidad hidráulica

Se pueden cumplir los siguientes casos:

$Fr > 1$: el régimen del flujo será supercrítico, tiene una velocidad relativa baja y la profundidad es relativamente grande, prevalece la energía potencial. Corresponde a un régimen de llanura.

$Fr = 1$: el régimen del flujo será crítico, es un estado teórico en corrientes naturales y representa el punto de transición entre los regímenes subcrítico y supercrítico.

$Fr < 1$: el régimen del flujo será subcrítico, tiene una velocidad relativamente alta y poca profundidad prevalece la energía cinética. Propios de cauces de gran pendiente o ríos de montaña.

4. GENERALIDADES DE LA CANTERA

4.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Se muestra a continuación una breve reseña de los orígenes de la empresa, de las causas que la promueven a laborar en el área de minería y los objetivos a lograr con ello. Toda la información recabada en esta sección es de exclusiva propiedad de la Empresa Varguense de Canteras y Minas VARCAM C.A., y por tanto fue extraído de sus archivos institucionales sin realizar modificaciones.

4.1.1. Reseña histórica

La Cantera Carayaca es administrada por la Empresa Varguense de Canteras y Minas VARCAM, C.A, la cual fue creada bajo decreto No. 11º-2013 de fecha 27 de diciembre del 2013, con la finalidad ser un aporte en la producción de materia prima (agregados para la construcción) que permita cumplir con las metas planteadas en cuanto a construcción de viviendas, edificaciones, autopistas, terminales entre otras, contribuyendo con el progreso económico y social de la población del Estado Vargas mediante la implementación de una política de desarrollo sustentable.

La sede de VARCAM C.A está ubicada en la Avenida La Armada, Urbanización Fundación Mendoza, Parroquia Urimare, Municipio Catia La Mar. La administración de la empresa es ejercida por la Junta Directiva, donde el Gobernador del estado asigna una labor a cada uno, tal como se muestra en el organigrama de la Figura N° 09.

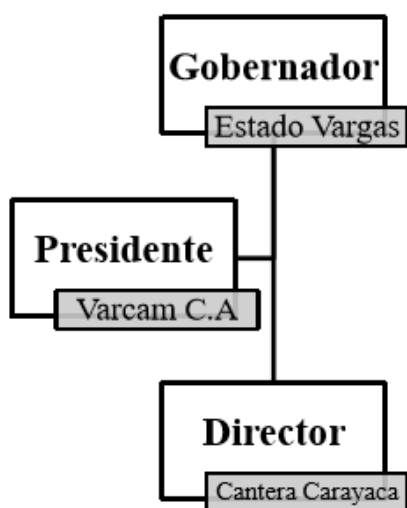


Figura N° 09. Administración de la empresa VARCAM C.A., junta directiva
(Estatutos Legales y Administrativos VARCAM C.A., 2015)

La empresa cuenta con un equipo de profesionales, técnicos y obreros en los diferentes escalafones administrativos que componen su estructura organizativa, los cuales identificados con la visión y misión de la empresa dedican su tiempo al desarrollo productivo de la misma a través de la explotación planificada de agregados, mediante eficientes controles y una transparente administración.

4.1.2. Misión

La Empresa Varguense de Canteras y Minas debidamente adscrita a la Gobernación del Estado Vargas, tiene como misión la exploración, perforación, dragado, explotación a cielo abierto y subterráneo, para la obtención selectiva de minerales no metálicos de la corteza terrestre a partir del valioso esfuerzo individual de cada uno de los trabajadores de la organización, así como también desarrollar proyectos y alianzas estratégicas asegurando una mejor distribución de los ingresos y logros de las metas.

4.1.3. Visión

Ser una empresa líder, de calidad y alta capacidad productiva en la extracción, industrialización y comercialización de minerales no metálicos de la corteza terrestre, asegurando una sostenida credibilidad a través de productos y servicios de alta calidad y rentabilidad, mediante el uso sustentable de los agregados.

4.1.4. Objetivos

La compañía tiene como objeto la exploración, explotación, almacenamiento, transporte y comercialización de minerales no metálicos, premezclado, cemento, concreto así como la construcción, obras de inversión social con las comunidades en el mantenimiento y restauración de obras de infraestructura en general, subcontratación de empresas y de personal, compra, venta y alquiler de maquinarias pesada de vehículos de transporte, mantenimiento de colectores de agua principal (ríos). Igualmente podrá realizar alianzas estratégicas y sociedades comerciales con otras empresas nacionales e internacionales y cualquier otro acto de comercio relacionado con su objeto.

4.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE EXPLOTACIÓN

4.2.1. Ubicación y acceso

La Cantera Carayaca se encuentra ubicada en la localidad de la Hacienda Boca de Topo, perteneciente a la jurisdicción del Municipio Libertador, Distrito Capital. En la Figura N° 10 se presenta una imagen satelital en la cual se señala en un círculo amarillo el Frente 2 de la cantera, que corresponde a la zona estudiada.

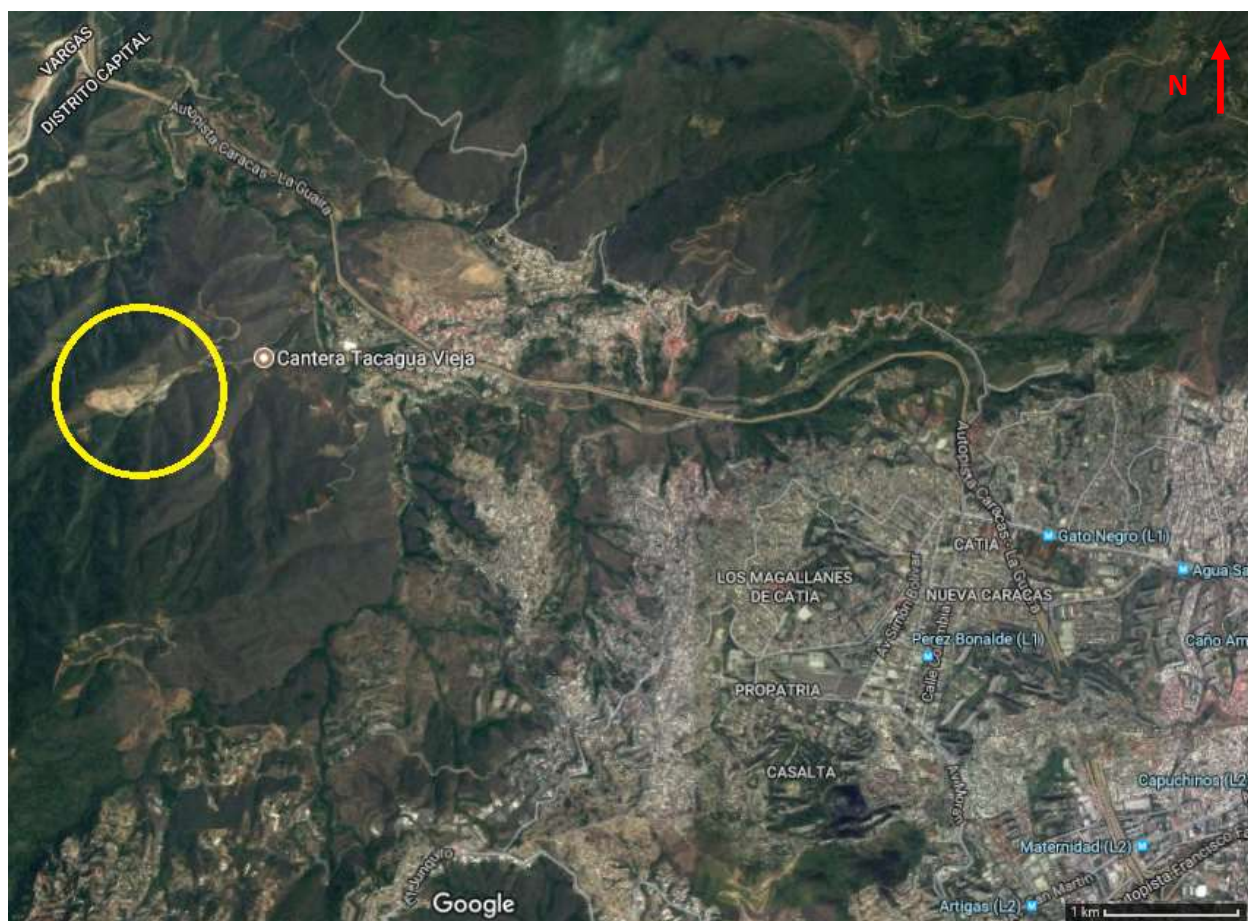


Figura N° 10. Ubicación de la zona de estudio
(Google Earth, 2017)

4.2.2. Coordenadas UTM

El área actualmente autorizada para la extracción es de 93 hectáreas para el Frente 2 dentro del perímetro de coordenadas UTM, Sistema REGVEN Huso 19, en una poligonal de seis puntos detallados en la Tabla N° 01.

Tabla N° 01. Coordenadas del Frente 2

Punto	Norte	Este	Longitud	Azimut
CTG-1	1.164.048,13	718.697,02	309,73	269,59
CTG-2	1.164.048,06	718.387,29	268,12	357,31
CTG-3	1.164.315,92	718.375,66	207,18	92,51
CTG-4	1.164.305,60	718.582,58	166,08	116,21
CTG-5	1.164.231,86	718.731,40	113,26	94,02
CTG-6	1.164.223,87	718.844,38	229,35	219,59

(Garrido, 2016)

4.2.3. Reservas probadas

Se han calculado un total de 1.290.374,39 m³ de reservas para Frente 2 (Garrido, 2016). Se estima que para el 2024 se habrán agotado las reservas de material aprovechable.

4.2.4. Método de explotación

El método de explotación utilizado en las operaciones mineras es el denominado “cantera”, mediante el arranque por perforación y voladura del material, para ser procesado en las plantas de tratamiento.

4.2.5. Proceso de producción

La Cantera Carayaca labora en un solo turno, tanto administrativa como operacionalmente, de lunes a jueves desde las 7:00 am hasta las 4:00 pm y el día viernes desde las 7:00 am hasta las 12:00 pm. El proceso de producción se inicia con la limpieza de frentes, que se basa en la conformación de pisos o áreas casi horizontales para el posicionamiento y maniobrabilidad de los equipos tanto de perforación como de carga y acarreo.

Las labores de arranque de la roca se efectúan a través del método de perforación y voladura, debido a la dureza que presenta la roca, la cual no puede ser arrancada empleando métodos mecánicos. Esta labor se realiza empleando barrenos verticales y considerando las condiciones geológicas de la roca (diaclasas, fallas, etc.), así como las restricciones legales en cuanto a cargas permisibles por microretardo para voladuras cercanas a poblados. Una vez que el banco es detonado, los equipos de carga y acarreo ingresan a los frentes de explotación. El acarreo se realiza a través de una vía compactada, con una distancia aproximada de 180 metros a la Planta 2 y 200 metros a la Planta 1, desde el Frente 2.

La trituración del material hasta el tamaño adecuado para ser vendido como agregados para la construcción se realiza a través de un circuito cerrado de trituración compuesto por: Planta 1: una trituradora primaria, una secundaria, cribas y un sistema de cintas transportadoras; y Planta 2: una trituradora primaria, 2 trituradoras de impacto, cribas, y un sistema de cintas transportadoras.

Finalmente los productos obtenidos en planta son cargados en los camiones para su despacho. Hay otros productos de agregados que por su tamaño no pueden ser ingresados directamente a la trituradora, este material es apartado y acumulado para luego ser fragmentados por un martillo hidráulico para ser despachado desde los patios como piedra bruta, núcleo de roca o coraza. Estos productos son de buena demanda para la empresa dada la cercanía de la misma con el Puerto de La Guaira, de hecho varias obras de malecones actuales en el Estado Vargas se abastecen de estos materiales. El proceso de producción es resumido en la Figura N° 11.



Figura N° 11. Proceso de producción
(Elaboración propia)

4.2.6. Plantas de procesamiento

La Cantera Carayaca posee dos plantas de trituración: Planta 1 y Planta 2, ambas producen como producto final agregados para la construcción. El tipo de procesamiento del mineral es netamente físico y seco en todo el proceso, que consiste básicamente en la reducción de tamaño del todo-uno, clasificación por dimensión y transporte. El proceso de trituración y clasificación de las plantas de beneficio mineral se presentan en las Figuras N° 12 y 13 mediante diagramas. Se representan los componentes del circuito, su codificación, la razón de reducción de los equipos de fragmentación y la producción horaria de cada material. La simbología utilizada en los diagramas se presenta en la Figura N° 12.

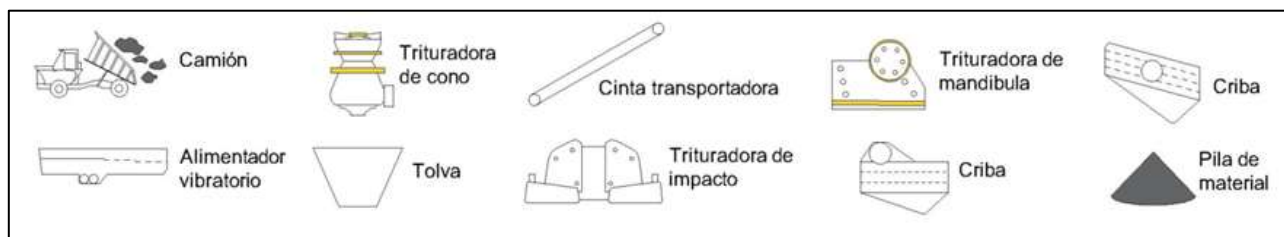


Figura N° 12. Simbología para los componentes del circuito
(Gavidia & Pimentel, 2014)

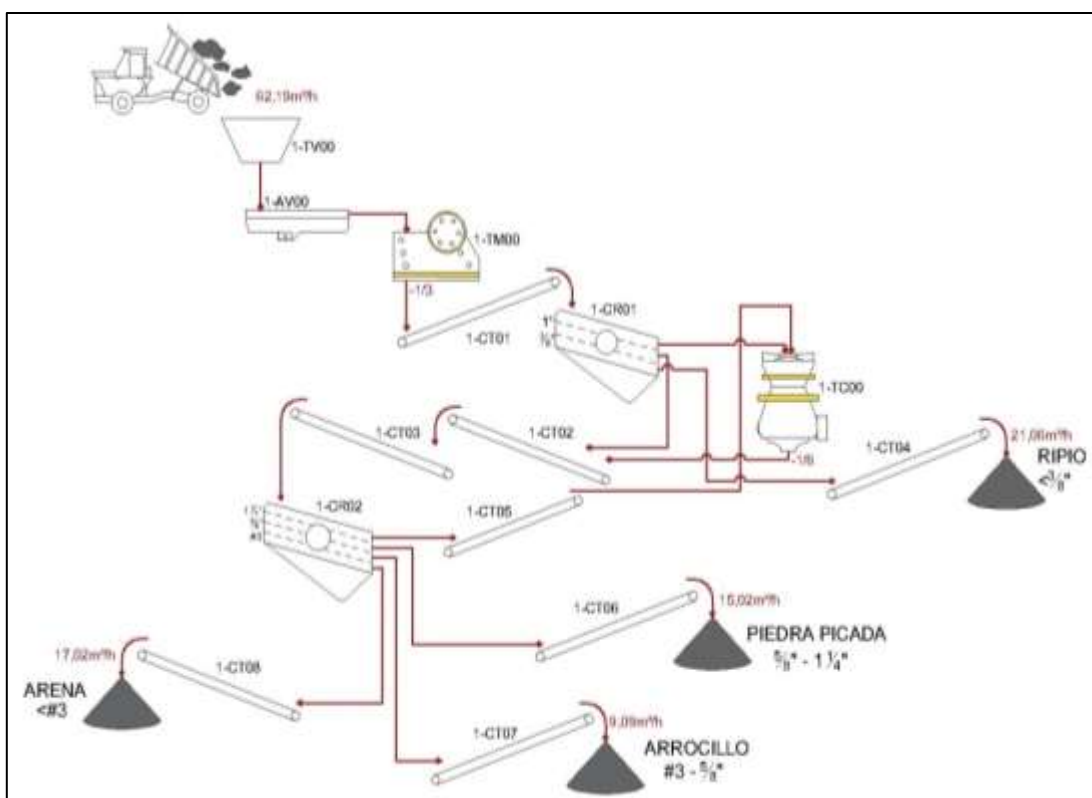


Figura N° 13. Diagrama, Planta 1
(Gavidia & Pimentel, 2014)

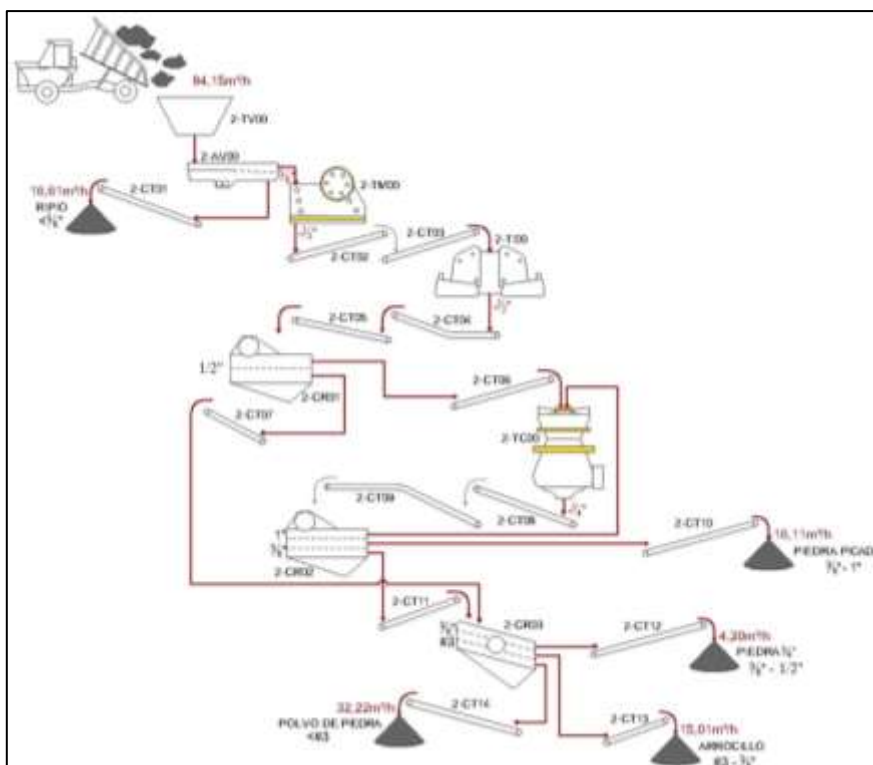


Figura N° 14. Diagrama, Planta 2
(Gavidia & Pimentel, 2014)

4.2.7. Diseño de banco

La altura de los bancos en la cantera es de 10 m y el ángulo de cara de banco es de 60° tanto para los taludes de trabajo como los finales. La berma final es de 3,33 m.

4.2.8. Diseño de explotación

El diseño final de explotación se da en un lapso de seis años a partir del 2018, terminando la explotación de Frente 2 desde la cota 670 a 655. Los bancos poseen un ángulo de 60° de talud, ancho de 4 m y una altura de 10 m, dichas dimensiones se mantendrán para todo el desarrollo de los bancos en el diseño de explotación. El material extraído suma un total es 890.358,33 m³, representando el 69 % del material aprovechable. En la Figura N° 16 se presenta la configuración del proyecto para el año 2016, y en la Figura N° 17 se presenta el diseño final de explotación, para el año 2024.

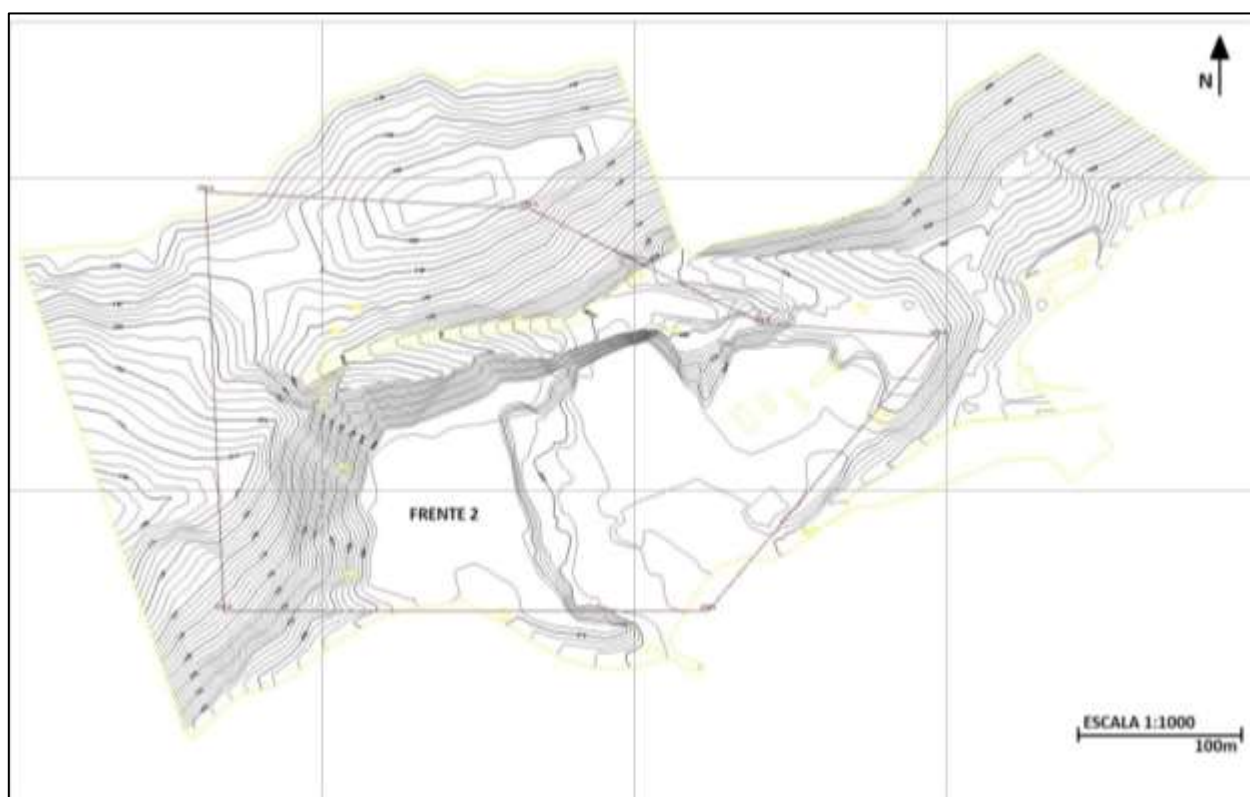


Figura N° 15. Topografía del proyecto en el año 2016.
(Garrido, 2016)

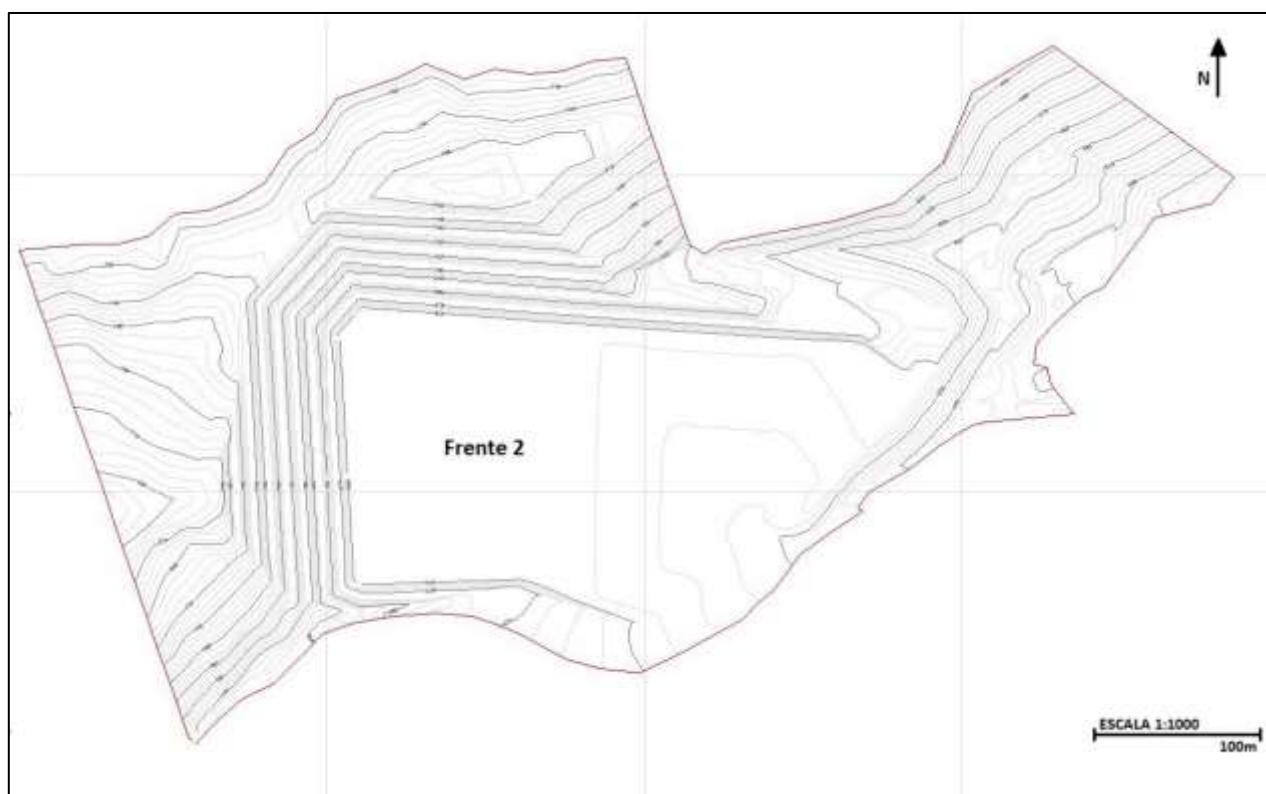


Figura N° 16. Topografía del proyecto para el año 2024
(Garrido, 2016)

5. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO

5.1. CONSIDERACIONES

La descripción del medio, comprende los estudios de los componentes abióticos, bióticos y socioculturales que potencialmente son afectados positiva o negativamente por la Cantera Carayaca en el área de influencia. Para este estudio, se establecerá esta descripción como el estado de referencia o línea base ambiental, la cual constituye el punto de partida básico para el adelanto del sistema de gestión medioambiental. Cabe resaltar que tanto la línea base morfológica como la hidrológica se establecerá a partir de interpretaciones a escala regional, puesto que no se dispone de información cartográfica ni fotografías aéreas del área de estudio antes de la explotación.

5.2. MEDIO ABIÓTICO

5.2.1. Fisiografía

Las operaciones mineras se encuentran dentro de la formación montañosa perteneciente a la Cordillera de la Costa, cerca del abra topográfico de Tacagua, que ocupa un área de 27 km² aproximadamente. De igual forma, la cantera se encuentra cerca de la Falla de Tacagua que conecta el valle de Caracas con el Mar Caribe, la cual marca una traza muy disectada sobre la topografía.

El relieve de la zona es muy accidentado producto de la actividad tectónica y de los agentes atmosféricos y antrópicos. Los ejes montañosos configuran numerosas filas longitudinales, de diferentes orientaciones, que conforman valles en forma de “V” con elevaciones que varían entre 800 y 1500 msnm.

5.2.2. Geología regional

Las características geológicas de la zona de estudio pertenecen al Complejo La Costa, específicamente a la Fase Tacagua y la Fase Antímamo, según el Léxico Estratigráfico de Venezuela en su última versión, que describe cada una de la siguiente manera citando diversos autores:

5.2.2.1. Complejo la costa (mesozoico)

Según M, Ostos. E, Navarro. Y F, Yoris, 1987, p.71. Está constituida principalmente por esquistos de mucha variedad mineralógica, mármol, anfibolitas, eclogita, rocas metavolcánicas, entre otros tipos de rocas que se encuentran en las Fases Antímamo, Tacagua, y Nirgua. Este complejo aparece como una franja desde Nirgua, Estado Yaracuy, hasta Cabo Codera, Estado

Miranda. La mayoría de los contactos se le interpretan como tectónicos y en otros como fallas de corrimientos. Las rocas que componen este complejo representan una gran variedad de ambientes geológicos, esto como consecuencia de la tectónica, en este caso colisión entre las placas del Caribe y la de Sur América.

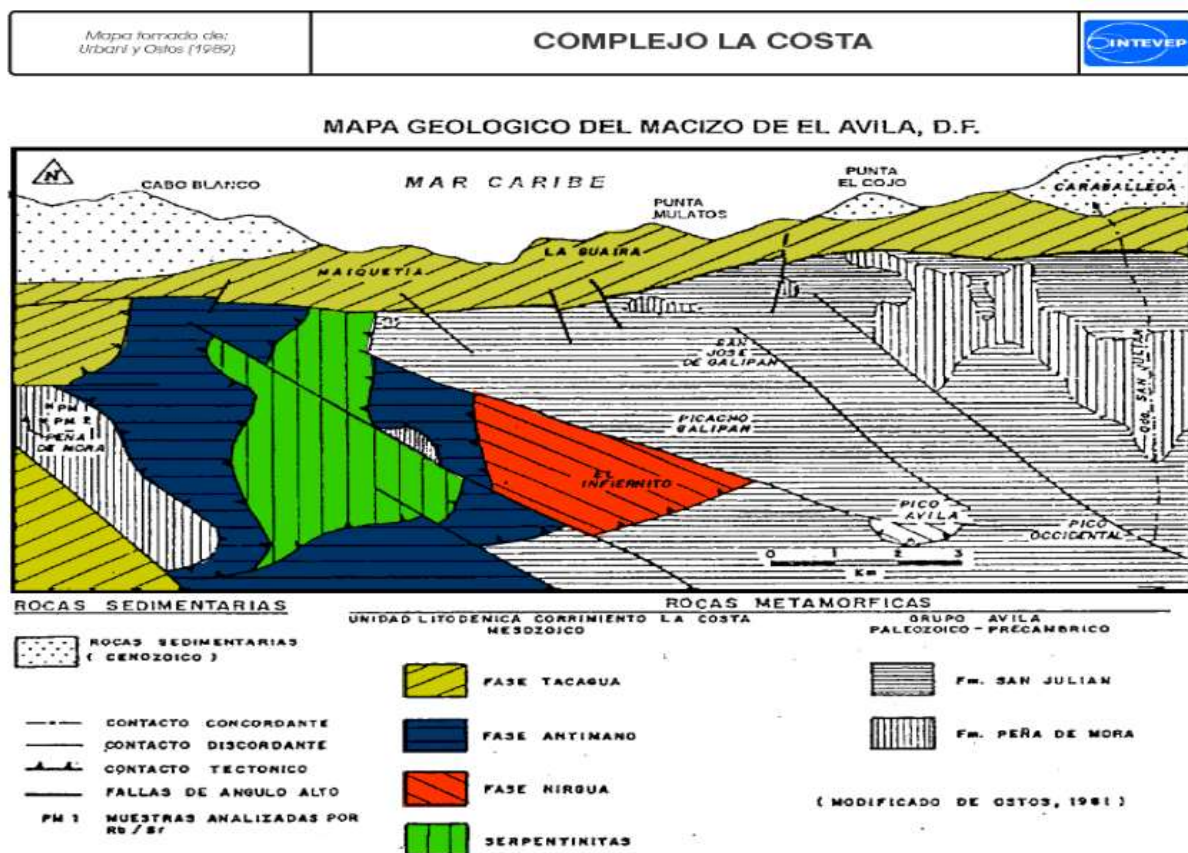


Figura N° 17. Complejo La Costa
(Ostos, Navarro, & Yoris, 2017)

5.2.2.2. Fase Tacagua (Jurásico – Cretácico)

Según G. Dengo, 1951, p .91. La localidad tipo de esta fase es en la quebrada Tacagua, al norte de la intersección con la quebrada Topo, Distrito Federal. Donde se encuentran una asociación de esquistos albítico - calcítico – cuarzo – micáceo – grafitoso, intercalados con esquistos verde claro. Dengo, menciona que el espesor varia de unos 150 a 200 m; también hace énfasis en que la localidad tipo entra en contacto con la formación Las Mercedes, mientras que Urbani y Ostos (1991) indican contacto con los esquistos de san Julián y con la fase Antimano y Nirgua.

Los afloramientos se extienden paralelamente al Valle de la quebrada Tacagua. Se considera correlacionable con la formación de Paracotos, y con la formación de Copey, en la Península de Araya – Paria, esta última por las rocas verdes de Tacagua.

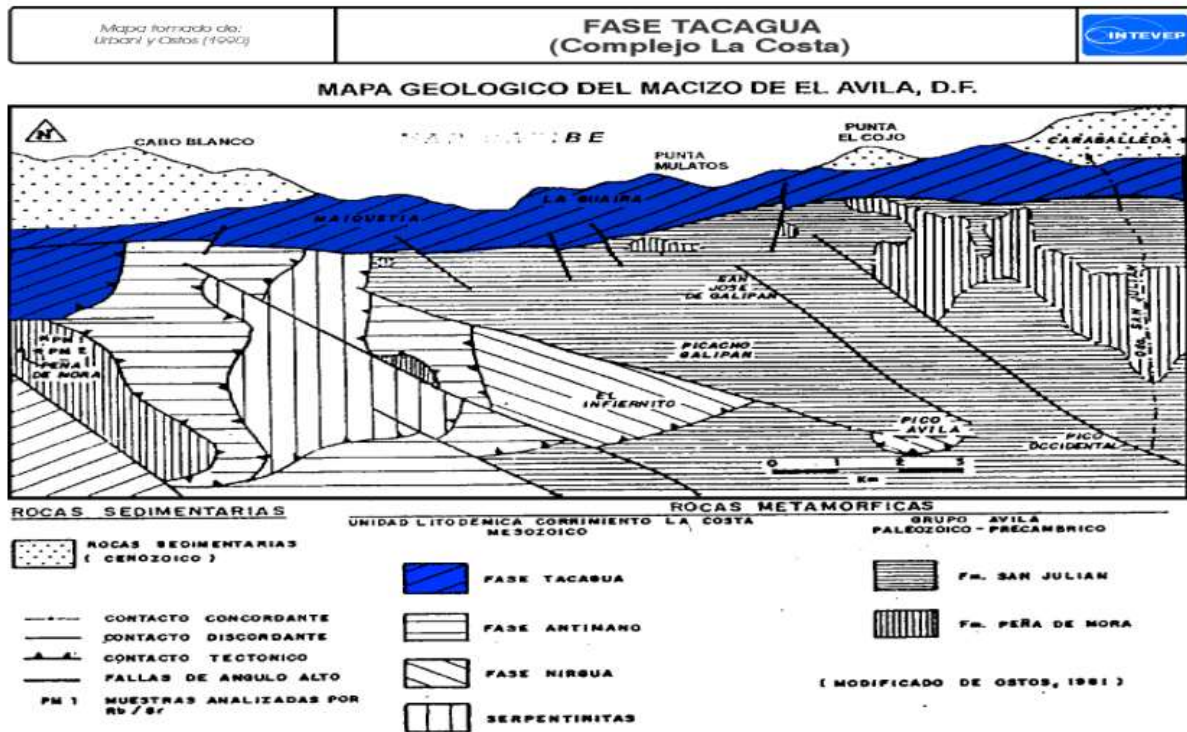


Figura N° 18. Fase Tacagua.
(Dengo, 2017).

5.2.2.3. Fase Antímamo (Cretácico)

Según Dengo, 1951, p .63 y 64. “Se describe dicha formación como un mármol masivo de grano medio de color gris, constituido de un 85 – 95 % de calcita, y alternado con capas de esquistos cuarzo micáceo. También describe las anfibolitas glaucofanicas, e indica que los mármoles son rocas estructurales competentes en relación a los esquistos que lo rodean, e incompetente a las rocas anfibolas, formando así la estructura geológica “boudinaje”. Urbani y Ostos a la zona de Puerto Cruz-Mamo, la denominan parte de la Fase Antímamo, ya que allí también se encuentran anfibolita, mármol, esquistos calcáreos-moscovíticos-grafitosos.” El espesor según Dengo, (1951), disminuye del este al oeste, donde en la localidad tipo tiene unos 40 m de espesor. Presenta contactos con las formaciones Brisas y Las Mercedes. Con un estudio químico Ostos 1990, interpreta que “las anfibolitas provienen de basaltos metamórficos, que fueron formados en el ambiente de la Cordillera de la Costa”.

5.2.3. Geología local

Empezando de base a tope, en el Frente 2 la secuencia litológica comprende esquistos grafitosos, intercalaciones de esquistos cuarcítico grafitoso anfibolíticos, esquistos cuarcítico calcáreos grafitosos, mármol gris oscuro compacto y bandeado, cuarcita bandeada con niveles delgados intercalados de esquistos grafitosos. El rumbo general N-W y buzamiento varia de 35° a 65° N. El mármol aflora en forma masiva y compacta con algunas vetas de cuarcita. En la Figura N° 19 se presenta la secuencia litológica en uno de los bancos de explotación del Frente 2 y en la Figura N° 20 la litología predominante.

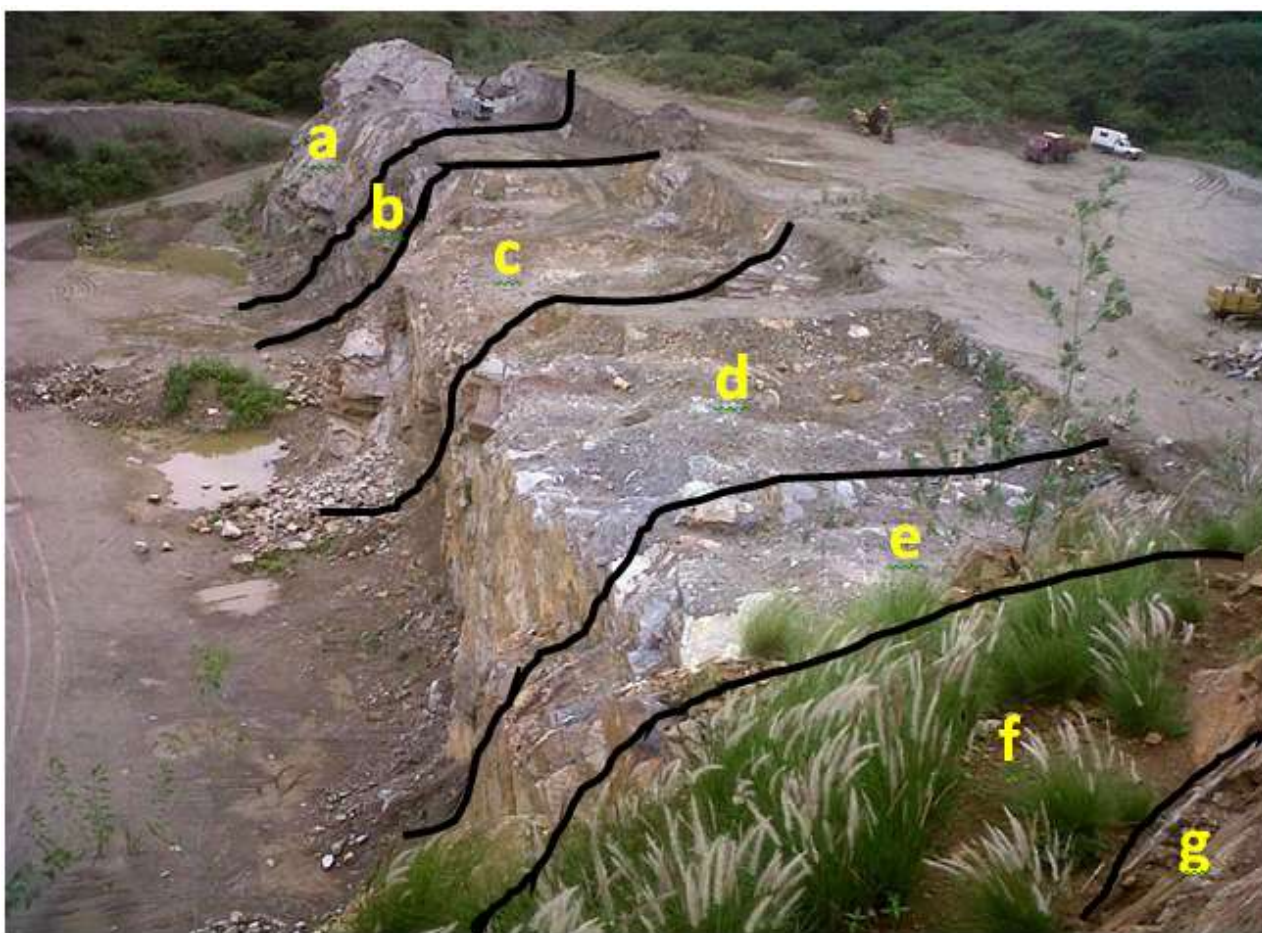


Figura N° 19. Secuencia litológica en el Frente 2: (a) Esquisto grafitosos. (b). Esquisto cuarzo-anfibolítico. (c) Esquisto cuarzo-calcáreo. (d) Mármol lenticular gris oscuro. (e) Cuarcita bandeada. (f) Cuarcita calcárea. (g) Cuarcita grafitosa (Espinoza, 2014).



Figura N° 20. Litología del Frente 2: (A) Esquistos grafitosos. (B) Mármol gris masivo y cuarcitas bandeadas (Espinoza, 2014)

5.2.4. Definición estructural del yacimiento

La secuencia estratigráfica del área de estudio se encuentra intensamente fracturada y afectada estructuralmente, especialmente los esquistos granatíferos grafitosos y esquistos cuarzo-calcáreos al sur de la secuencia, los cuales se presentan laminados como resultado de los procesos mineros de voladuras, se fracturan en dimensiones relativamente pequeñas. Por el contrario, el mármol y las cuarcitas localizados al tope de la secuencia (norte), son más competentes y son propensos a generar bloques grandes y macizos con un patrón adecuado de voladura.

La razón por la cual el yacimiento se encuentra bastante afectado estructuralmente es debido a la actividad sísmica característica de la región centro-norte de Venezuela, la cual se encuentra dentro del marco tectónico del caribe meridional. En dicha zona, la Placa Caribe se desplaza en sentido Este con respecto a la Sudamericana. Producto de este movimiento, se formaron grandes fallas geológicas, entre ellas la más cercana al área de estudio, es la Falla Tacagua, la cual es una falla de rumbo dextral con una orientación aproximada de N 60° W (Figura N° 21).

En el Frente 2 se evidencian las pequeñas fallas de arrastre, las cuales son destrales a normales con desarrollo de estrías que indican claramente el movimiento relativo de los bloques. El rumbo y buzamiento general de las fallas locales es de N80W y 40NE respectivamente.

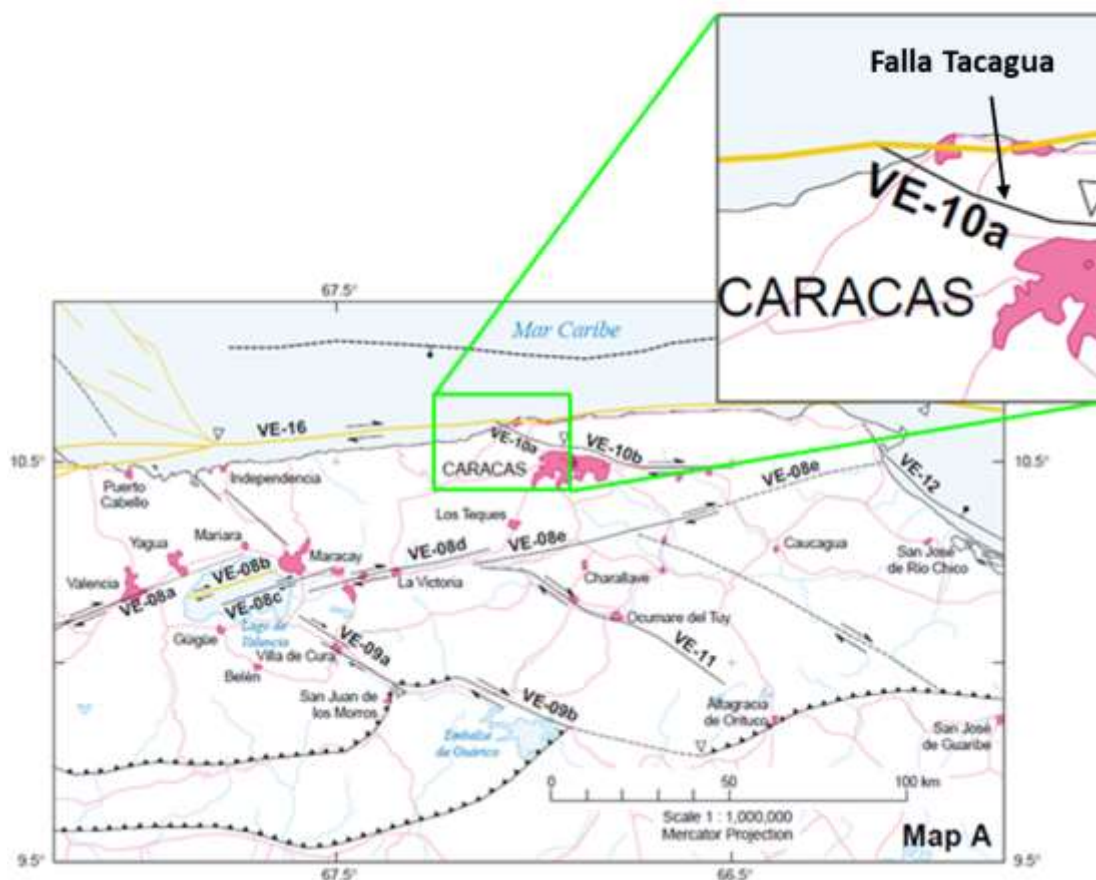


Figura N° 21. Ubicación de la Falla Tacagua (Espinoza, 2014)

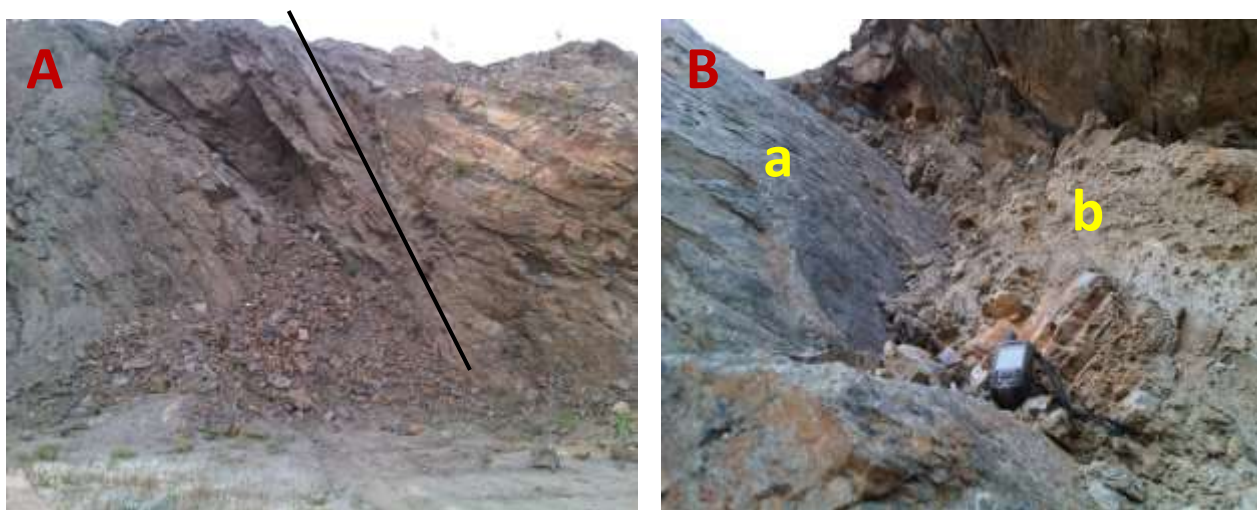


Figura N° 22. Fallas geológicas locales en el Frente 2: (A) Plano de falla. (B) a. Espejo de falla, b. Brecha de falla (Espinoza, 2014)

En el Frente 2, las familias de diaclasas son abundantes debido a los intensos efectos tectónicos que ha sufrido la región y debido también a las características físicas de las rocas, que son muy compactas por su composición mineralógica eminentemente cuarzosas y/o calcáreas, propensas a quebrarse o romperse en fragmentos grandes o bloques en vez de plegarse, como sería el caso de los esquistos grafitosos de la secuencia expuesta. Las diaclasas conforman sistemas paralelos en diferentes direcciones e inclinaciones. Las más recientes son abiertas, formando grietas y las más antiguas están generalmente rellenas de calcita cristalizada y en algunos casos forman cavernas producto de disolución por el agua que se infiltra de la superficie, cuando se trata de las rocas calcáreas. Se presenta un sistema paralelo al rumbo y buzamiento de las capas donde observa deslizamientos locales con desarrollo de estrías. La tendencia general de dirección e inclinación de las diaclasas conjugadas son:

Tabla N° 02. Tendencia general de las discontinuidades

Sistema	Orientación	
	Rumbo	Buzamiento
D1	N41W	76S
D2	N31E	46S
D3	N27W	85S
F1	N82W	40N

(Espinoza, 2014)

5.2.5. Clima

La zona de la cantera se caracteriza por presentar un clima templado tropical de montaña con dos períodos muy bien marcados: lluvioso (de mayo a noviembre en algunas zonas, pudiendo ser también entre abril y noviembre) y seco (de diciembre hasta marzo). El período de lluvias coincide con la época de mayor incidencia de los rayos del sol, mientras que el período seco coincide con los meses de menor incidencia de los rayos solares. La temperatura media anual es de 18°C, la media mensual máxima de 31°C y la mínima de 17°C. La estación más calurosa se presenta después del solsticio de verano (finales de junio) y la oscilación media de la temperatura diaria es de 8°C.

5.2.6. Precipitación

Las estadísticas sobre precipitaciones del INAMEH para el periodo comprendido desde el año 1950 hasta el año 1998 en la estación Alto de Ño León, Distrito Capital se muestran en la Figura N° 23. De acuerdo con este gráfico, la precipitación anual media varía de los 900 a los 1000 mm; en la estación lluviosa las precipitaciones medias mensuales son de 102 mm, mientras que en la estación seca, se tienen precipitaciones medias mensuales de 45 mm.

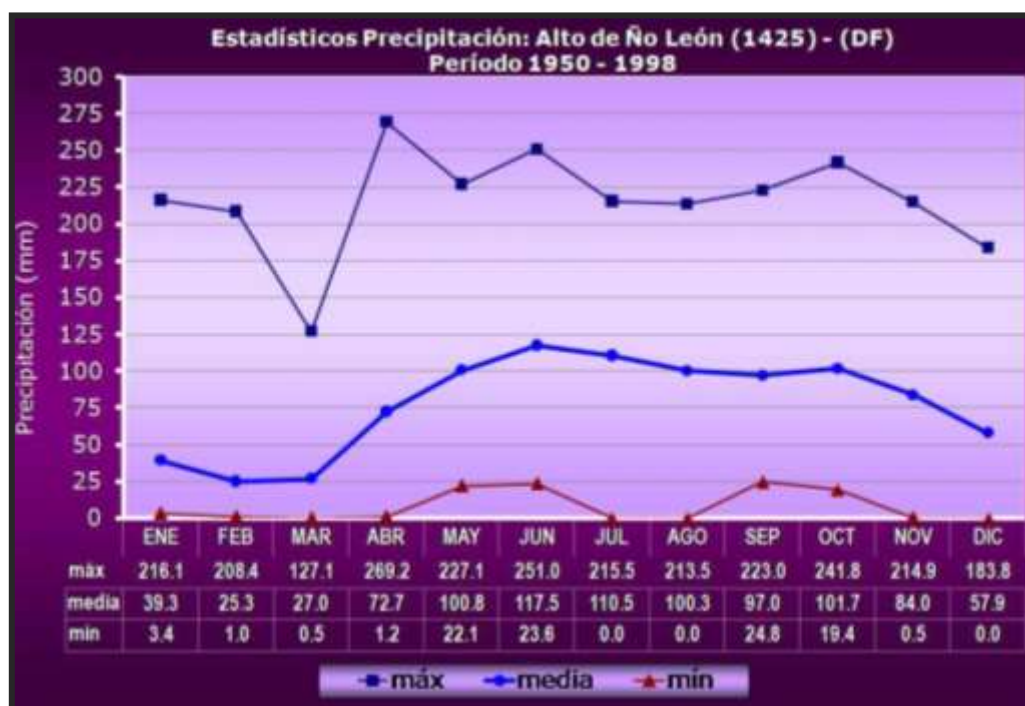


Figura N° 23. Estadísticas de precipitación
(Espinoza, 2014)

5.2.7. Suelos

Los suelos del área de Tacagua son bastante diversos: se presentan espesores variables de suelos residuales, los cuales se forman por la descomposición de la roca in situ debido a la acción de agentes de meteorización, y suelos aluvionales que se encuentran casi en su totalidad en el cauce de la Quebrada Tacagua. (Garrido, 2016)

La zona de la cantera está compuesta únicamente por suelos residuales de poca fertilidad, conformado por un material limo-arenoso y algunos cantos tamaño grava, con un espesor aproximado de 8 cm únicamente en la cresta de las laderas. En el resto del área, la roca sana se encuentra prácticamente expuesta a la superficie, arropada por una cobertura vegetal mínima, con un espesor aproximado de 5 cm.

5.2.8. Drenajes

La Quebrada Tacagua constituye el drenaje principal al que tributan todos los drenajes locales, incluyendo los de la Cantera Carayaca. Ésta tiene una longitud de 21,6 km y nace cerca del sector La Matica (Caracas), drena una superficie de 103,9 km² y finaliza en Catia La Mar donde desemboca en el Mar Caribe. Constantemente, las aguas de esta quebrada son contaminadas producto de asentamientos humanos informales e industriales que existen a lo

largo de su cauce. La Quebrada Tacagua y sus tributarios son propensos a desarrollar inundaciones severas que pueden afectar las comunidades circundantes.

El patrón de drenaje es dendrítico a escala regional, producto del relieve accidentado y con pendientes abruptas y de la baja permeabilidad y mediana resistencia de las rocas. Los afluentes de agua que discurren en la zona de la cantera son intermitentes debido a las bajas precipitaciones. Por lo general, están activos en temporadas de altas precipitaciones (de julio a noviembre). La baja permeabilidad y mediana resistencia de las rocas metamórficas del área no favorecen la infiltración al sistema de aguas subterráneas, lo que se evidencia en los frentes de explotación en la que el espesor de roca meteorizada es bajo (los mecanismos de alteración actúan hasta una profundidad somera de 3 m aproximadamente), siendo lo demás roca fresca.

5.3. MEDIO BIÓTICO

5.3.1. Flora

La zona de estudio se ubica en la asociación de bosques secos tropicales, donde se tiene vegetación herbácea, de sabana y espinares.

5.3.2. Fauna

La fauna es de mediana diversidad. Se encuentra ubicada en áreas protegidas sin reglamento. Entre la diversidad de especies se encuentran los gavilanes, ardillas, loros, venado matacán, ratones silvestres, y un buen número de especies de reptiles, entre estos algunos tipos de serpientes venenosas y no venenosas (la cascabel, la mapanare y la coral), las lagartijas, matos e iguanas también son abundantes.

5.4. CONTEXTO SOCIOECONÓMICO

5.4.1. Acceso y descripción demográfica

La zona poblada más cercana a la Cantera Carayaca es la Comunidad de Tacagua, y por ello se considera en este estudio el área social de influencia directa en las decisiones concernientes al proceso de cierre de la cantera, aun cuando solo 3 de los 62 trabajadores de la cantera sean habitantes de esta zona.

Tacagua pertenece a la jurisdicción del Municipio Libertador, Distrito Capital y tiene una población de 1.108 habitantes en una extensión de 1,01 km². Se accede desde el Km 11 de la autopista Caracas – La Guaira, cruzando en sentido La Guaira hacia la derecha en el sector El Limón, atravesando luego un túnel por debajo de la autopista.

5.4.2. Infraestructura social y actividades económicas

La comunidad está conformada principalmente por asentamientos habitacionales informales, conocidos popularmente como barrios, que surgieron en una disposición improvisada y autogestionada por sus propios habitantes, sin embargo dotadas con los servicios básicos de agua y electricidad, y una infraestructura vial con carreteras asfaltadas. Respecto al servicio de desagüe, gran cantidad de viviendas no cuentan con conexiones a la red de cloacas por lo que desaguan los desechos en la Quebrada Tacagua, contribuyendo a su contaminación. Tacagua cuenta con dos módulos de atención primaria de salud y un centro educativo público a nivel inicial y primario, llamado Colegio Froilán Noriega.

La actividad comercial en la localidad no es significativa. De los sectores productivos destaca la Cantera Carayaca, la arenera MINATACA C.A. encargada de la extracción y comercialización de arena lavada y una ferretería de gestión privada. También resalta la producción agrícola para el consumo local. Debido a esto, la mayoría de los habitantes trabaja en sectores fuera de la localidad.

5.4.3. Organizaciones político-sociales

El Consejo Comunal Las Tres Gracias es la organización político-social local de mayor relevancia, cuya función se centra en la “participación sectorial”, la contraloría y la ejecución de propuestas de proyectos para subsanar las necesidades locales.

6. MARCO METODOLÓGICO

6.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación será de dos tipos: descriptiva-correlacional y de campo, que son definidas por Arias (2006) de la siguiente forma:

“La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere”. (P. 23)

Así mismo, la investigación correlacional es un tipo de investigación descriptiva cuya finalidad es: “determinar el grado de relación o asociación existente entre dos o más variables”. (Arias, 2006)

La investigación de campo es igualmente definida por Arias (2006) como:

“Aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información pero no altera las condiciones existentes.” (P. 27)

Esta investigación cumple con los criterios antes definidos por las siguientes razones:

Descriptiva-correlacional: ya que a través de la descripción de las actividades, objetos, procesos y personas asociadas al Frente 2 de la Cantera Carayaca, se buscará un diagnóstico de los impactos producidos en un ámbito delimitado. Este estudio no se limitará a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre las variables estudiadas.

De campo: ya que los datos serán recolectados directamente en la Cantera Carayaca, sin tener control de variable alguna.

6.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo al diseño, esta investigación será experimental. Arias (2006) establece que:

“La investigación experimental es un proceso que consiste en someter a un grupo o grupo de individuos a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente).” (P. 76).

En este sentido, los ensayos de laboratorio son las actividades que establecen el carácter experimental de esta investigación, ya que se manipularán un conjunto de variables independientes en un ambiente controlado para observar los efectos de éstas en un conjunto de variables dependientes, que en este caso será la predicción de la estabilidad geoestructural en las condiciones finales de la explotación.

6.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población “es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos de estudio” (Arias, 2006). Igualmente, la muestra “es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible” (Arias, 2006). La población será la totalidad del área de la concesión minera, y la muestra en este caso será el Frente 2 y las demás áreas de la cantera que estén directamente afectadas por sus operaciones.

6.4. RECOLECCIÓN DE DATOS

Para efectos prácticos la presente investigación se dividirá en cuatro etapas: compilatoria, campo, laboratorio y planificación. Para cada una de ellas, variarán las técnicas e instrumentos a utilizar en la recolección de los datos necesarios para alcanzar los objetivos de investigación.

6.4.1. Técnicas

Se entenderá por técnica, el procedimiento o forma particular de obtener datos o información (Arias, 2006). En líneas generales, la información será buscada a través de las siguientes técnicas:

- **Etapla compilatoria:** análisis documental de información contenida en libros, informes, trabajos de grado, artículos de internet, mapas topográficos y geológicos, publicaciones varias, entre otros según aplique de acuerdo al tema a recopilar.
- **Etapla de campo:** la observación no estructurada, sin utilizar escalas de estimación previa, para realizar un análisis de la situación de la cantera en relación al evento a modificar, ubicar los sitios críticos del problema inherente, seleccionar los lugares adecuados y realizar la toma de muestras. Igualmente la encuesta escrita aplicada a una muestra representativa de la comunidad será la forma de buscar información acerca del criterio de la misma sobre la cantera y los usos alternativos del área.
- **Etapla de laboratorio:** las técnicas a utilizar en la fase experimental serán las establecidas por las normas ASTM D-2216 y ASTM D-422, referentes a los ensayos para determinar la humedad natural y la granulometría por tamizado, respectivamente.

6.4.2. Instrumentos

Un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital) que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información (Arias, 2006). En este sentido, se requerirán los siguientes instrumentos:

- **Instrumentos de campo:**

- Brújula inclinométrica
- Piqueta
- Cuchara
- Martillo
- Embudo de plástico
- Cilindro metálico
- Cabillas
- Libreta de campo
- Mapas
- GPS

- **Instrumentos de laboratorio:**

- Contenedores de aluminio
- Horno
- Batería de tamices ASTM Estándar, para los ensayos granulométricos por vía seca.
- Balanza analítica
- Cilindro graduado

- **Software:**

- Microsoft Excel 2010®
- Microsoft Word 2010®
- Microsoft Visio 2010®
- AutoCAD Civil 3D 2016®
- Dips2005®
- Swedge®
- Rocplane®
- Slide®

6.5. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Se presenta en la Figura N° 24 las actividades vinculadas a las cuatro fases en la que se divide este estudio (compilatoria, campo, laboratorio y planificación). La realización del conjunto de tareas señaladas garantizó el cumplimiento de los objetivos planteados.



Figura N° 24. Procedimiento experimental

6.5.1. Etapa compilatoria

La etapa inicial de esta investigación consistió en la búsqueda, organización y análisis de información. Las tareas realizadas fueron las siguientes:

- Búsqueda de información referente a:
 - Marco legal e institucional aplicable al cierre de minas en diferentes países del mundo
 - Marco legal e institucional aplicable al cierre de minas en Venezuela
 - Medio abiótico (geología, geomecánica, fisiografía, clima, drenajes, etc.); medio biótico (flora y fauna) y el contexto socioeconómico del entorno de la Cantera Carayaca
- Organización y análisis de la información recopilada
- Comparación de los aspectos de la normativa internacional y la normativa venezolana aplicable al cierre de minas

6.5.2. Etapa de campo

Esta etapa se realizó a fin de complementar y/o certificar la información recolectada en la etapa compilatoria y tomar datos y muestras que son necesarias para el desarrollo de la investigación. Contempló varias salidas de campo a la zona de estudio y áreas aledañas donde se efectuaron las siguientes tareas:

- Recolección de información acerca de los impactos ambientales asociados a la explotación de la cantera
- Medición de la orientación de las discontinuidades presentes en el macizo rocoso, haciendo énfasis en aquellas discontinuidades que podrían traer una inestabilidad en el talud como consecuencia de sus configuraciones y características.
- Recolección de muestras del material de la escombrera mediante calicatas con profundidades de 1 m aproximadamente, en sitios donde los procesos erosivos permitieron fácilmente una toma del material. Las muestras recolectadas se envolvieron con papel de plástico para preservar su humedad natural.
- Medición de los eventos lluviosos locales en el periodo de estudio de la erosión hídrica utilizando un pluviómetro artesanal. El pluviómetro consistió en una botella de plástico a la que se le acopló un embudo de 88,20 cm² de área en la boca de admisión. La botella sirvió de contenedor del agua caída en cada evento lluvioso en el área equivalente a la boca del embudo. Se midió la duración de cada evento de precipitación, y se rotuló el nivel de agua captado por el embudo. Posteriormente se midió el volumen de agua, utilizando un cilindro graduado. La medida de precipitación fue calculada a través de la siguiente relación matemática:

$$P = \frac{V}{A} * 10 \quad (14)$$

Dónde:

P : Precipitación, en L/m²

V : Volumen de agua, en ml

A : Área de la boca de admisión del embudo, en cm²

- Recolección de muestras de suelo para calcular su densidad aparente. Se utilizó un muestreador que consistió en un cilindro metálico de 10,30 cm de diámetro interno y 9,60 cm de altura. Una vez extraído el muestreador del suelo se enrasó cada muestra. Las muestras recolectadas fueron envueltas en papel de plástico y llevadas al laboratorio para determinar su peso. La densidad aparente se calculó mediante la siguiente formula:

$$D_a = \frac{W_s}{V_s} \quad (15)$$

Dónde:

D_a : Densidad aparente, en g/cm³

W_s : Peso del suelo seco, en g

V_s : Volumen original de la muestra de suelo, en cm³

- Evaluación de la erosión hídrica por medio de parcelas experimentales, la cual involucró las mediciones de clavos de erosión, tarea que resultó indispensable en la posterior cuantificación y análisis de las distintas variables y procesos ocurridos.
- Realización de una encuesta a la comunidad para obtener apreciaciones inherentes a los impactos ambientales de la cantera y el cierre. El modelo de encuesta se presenta en la Figura N° 25.

		Fecha / /
Nombre : _____		
ENCUESTA		
1	¿Considera usted que las operaciones de la Cantera Carayaca generan impactos negativos a la comunidad de Tacagua?	Si [] No []
2	De ser "Sí" la respuesta anterior, ¿Qué impactos a la comunidad considera que ha generado la cantera?	Emisiones de polvo y gases [] Ruido [] Accidentes viales [] Daños a las vías [] Otro (especifique) [_____]
3	¿Qué propuestas le daría a la cantera para corregir los impactos hacia la comunidad?	
4	¿Considera usted necesaria la realización de reuniones periódicas entre representantes de la cantera y miembros de la comunidad para informar aspectos del proyecto de explotación como: características, actividades, beneficios, impactos ambientales, etc.?	Si [] No []
5	Al culminar las operaciones de la cantera, ¿Qué nuevo uso le gustaría que se le diera al terreno intervenido?	Habitacional [] Comercial [] Recreativo [] Otro (especifique) [_____]

Figura N° 25. Modelo de encuesta

6.5.3. Etapa de laboratorio

Las tareas completadas en la etapa de laboratorio fueron:

- Ensayos de humedad natural
- Ensayos de tamizado en seco, para determinar cuantitativamente la distribución de tamaños de partículas de suelo como dato comparativo al momento de obtener los parámetros resistentes en el análisis por retrocálculo
- Determinación de los valores representativos de los parámetros de resistencia al corte de la escombrera mediante el análisis por retrocálculo
- Análisis de estabilidad de taludes de las escombreras. El procedimiento de análisis de estabilidad global, se llevó a cabo mediante metodologías de equilibrio límite mediante el método de Bishop Simplificado, utilizando el software Slide®
 - Análisis cinemático de la disposición de los taludes finales de excavación y los planos de discontinuidad en roca, utilizando el programa 2005®
- Análisis mecánico de los taludes que presenten disposiciones desfavorables de las discontinuidades. Los datos de las propiedades mecánicas de la roca intacta fueron citados en estudios anteriores.
- Determinación del peso de las muestras de suelo
- Determinación de los valores cuantitativos de erosión hídrica, sedimentación, erosión neta, y suelo movilizado, para evaluar los procesos erosivos locales.

6.5.4. Etapa de planificación

En esta etapa, basándose en la información y resultados obtenidos en las fases anteriores, se realizó el plan de cierre del Frente 2 de la cantera propiamente dicho, siguiendo en resumen las siguientes actividades:

- Planteamiento de las medidas preventivas, correctivas o mitigantes de los impactos ambientales
- Diseño del sistema de control de aguas de escorrentía para el cierre de la cantera
- Planteamiento de las medidas de monitoreo en aquellos impactos ambientales donde sea pertinente
- Establecimiento del cronograma del plan de medidas propuestas
- Realización de la propuesta de usos posteriores del área intervenida

7. CONTEXTO NACIONAL E INTERNACIONAL PARA EL CIERRE DE MINAS

7.1. CONTENIDO DEL PLAN DE CIERRE A PARTIR DE LA NORMATIVA INTERNACIONAL

Existen elementos generales que deben ser considerados en todo plan de cierre, por ser su ejecución de vital importancia para alcanzar los objetivos ambientales y sociales planteados. Para un plan de cierre se puede establecer un contenido estandarizado, pero las directrices de cada ítem son únicas para cada unidad minera, ya que están sujetas a sus características propias (la forma de excavación, la tecnología utilizada, los medios modificados, su magnitud, entre otros aspectos son únicos para cada explotación). Es válido investigar entonces como se aborda el tema de cierre de mina en algunos países en base a sus reglamentos, señalando los contenidos básicos y desde luego los elementos comunes de cada uno. Especialmente se analizan las normas de Perú, Chile, Canadá y Estados Unidos, países con una estructura legal bien definida sobre este aspecto.

7.1.1. Perú

La Ley N° 28.090 de Perú regula los planes de cierre de mina. De acuerdo con esta ley el plan de cierre de mina “deberá describir las medidas de rehabilitación, su costo, la oportunidad y los métodos de control y verificación para las etapas de operación, cierre final y post cierre. Asimismo, deberá indicar el monto y plan de constitución de garantías ambientales exigibles” (Artículo 5).

En Perú se han publicado diversas guías sobre los diferentes aspectos ambientales relacionados a las actividades mineras. Las guías que se relacionan con las actividades de cierre de mina son:

- Guía para Elaborar Estudios de Impacto Ambiental (1995)
- Guía para Elaborar Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (1995)
- Guía Ambiental para Vegetación de Áreas Disturbadas por la Industria Minero-Metalúrgica (1995)
- Guía Ambiental para el Manejo de Drenaje Ácido de Minas (1995)
- Guía Ambiental para el Manejo de Relaves Mineros (1995)
- Guía Ambiental para las Actividades de Exploración de Yacimientos Minerales en el Perú (1995)
- Guía Ambiental para el Cierre y Abandono de Minas (1996)

- Guía Ambiental para la Estabilidad de Taludes de Depósitos de Residuos Sólidos Provenientes de las Actividades Mineras (1998)
- Guía de Relaciones Comunitarias (2001)
- Guía para Estandarizar la Elaboración y Revisión de Estudios de Impacto Ambiental de Proyectos Mineros. (2002)
- Criterios para la Disposición Subacuática de Relaves Mineros (2002)
- Guía para la Elaboración de los Planes de Cierre de Mina (2006)

En la Guía para la Elaboración de los Planes de Cierre de Mina (2006), emitida por el Ministerio de Energía y Minas de Perú se establecen los contenidos específicos para la elaboración de los planes de cierre, los cuales no son de obligatoria acogida pero si constituyen un marco de referencia para los titulares y empresas mineras. En específico, según recomendaciones del Ministerio de Energía y Minas (2006), un plan de cierre de mina debe contener lo siguiente:

- 1. Introducción:** Identificación del proponente, marco legal, ubicación del proyecto, historia del proyecto, objetivos del cierre, criterios del cierre
- 2. Componentes del cierre:** mina, instalaciones de procesamiento, instalaciones de manejo de residuos, instalaciones de manejo de agua, áreas de materiales de préstamo, otras infraestructuras relacionadas con el proyecto, viviendas y servicios para el trabajador, fuerza de trabajo y obtención de recursos
- 3. Condiciones actuales del sitio del proyecto:** medio ambiente físico, medio ambiente biológico, medio ambiente socio-económico-cultural
- 4. Consultas durante la elaboración del plan de cierre:** identificación de grupos de interés, consultas
- 5. Actividades de cierre:** desmantelamiento, demolición, salvamento y disposición, estabilización física, estabilización geoquímica, estabilización hidrológica, establecimiento de la forma del terreno, revegetación, rehabilitación de hábitats acuáticos, programas sociales
- 6. Mantenimiento y monitoreo post-cierre**
 - 6.1 Actividades de mantenimiento post-cierre:** mantenimiento físico, mantenimiento geoquímico, mantenimiento hidrológico, mantenimiento biológico
 - 6.2 Actividades de monitoreo post-cierre:** monitoreo de estabilidad física, monitoreo de estabilidad geoquímica, monitoreo de estabilidad hidrológica, monitoreo biológico, monitoreo social
- 7. Cronograma, presupuesto y garantías:** cronograma físico, presupuesto y cronograma financiero, garantías financieras

7.1.2. Chile

La normativa aplicable al cierre de mina en Chile es la Ley N° 20.551 la cual Regula el Cierre de Faenas e Instalaciones Mineras, el Decreto N° 41 referido al Reglamento de la Ley de Cierre de Faenas e Instalaciones Mineras y la Ley N° 20.819 la cual Modifica la Ley 20.551: Regula el Cierre de Faenas e Instalaciones Mineras e Introduce Otras Modificaciones Legales.

De acuerdo al Servicio Nacional de Geología y Minería Ministerio de Minería Gobierno de Chile (SERNAGEOMIN), la empresa minera no podrá iniciar la operación de la faena minera sin contar previamente con un plan de cierre aprobado, el cual al igual que en Perú, debe ser actualizado periódicamente, incluyendo la evaluación de riesgos, medidas de cierre, valorización y garantías.

De acuerdo a la Ley N° 20.551 y al Decreto N° 41, existen dos tipos de procedimientos de aprobación de los planes de cierre y están de acuerdo a la capacidad de producción de la faena minera (Figura N° 26). La clasificación es la siguiente:

Procedimiento de aplicación general: aplicable a explotaciones mineras cuya capacidad de extracción de mineral sea superior a diez mil toneladas brutas mensuales.

Procedimiento simplificado: aplicable a exploraciones, prospecciones y producciones mineras cuya capacidad de extracción de mineral sea menor o igual a diez mil toneladas brutas mensuales.

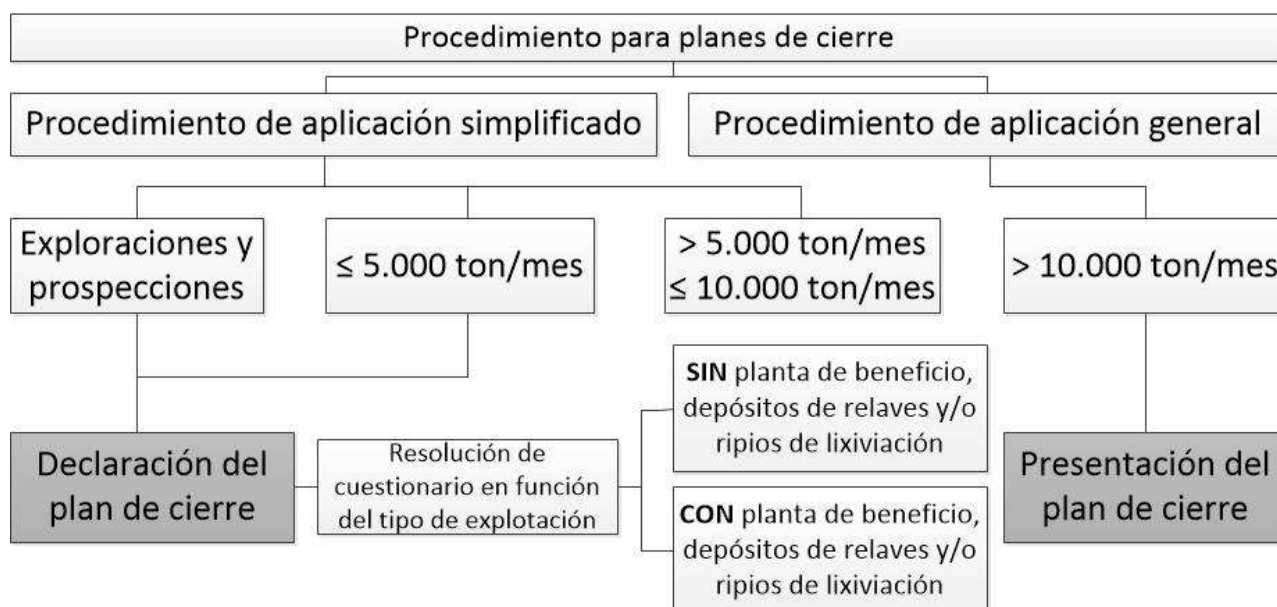


Figura N° 26. Procedimiento para planes de cierre en Chile
(Elaboración propia)

Los planes de cierre de las explotaciones sometidas al procedimiento de aplicación simplificado se realizan a partir de la resolución de un cuestionario emitido por SERNAGEOMIN, denominado Declaración del Plan de Cierre. El cuestionario a responder dependerá de las características de la explotación minera, puesto que es diferente para la extracción y procesamiento de minerales metálicos y los no metálicos. Ambos cuestionarios contienen elementos comunes como datos de la empresa minera o persona natural que ejerce la pequeña minería, datos generales del proyecto y del entorno y el conjunto de medidas de actividades de cierre. Luego de la resolución del cuestionario, se realiza el informe correspondiente, que para efectos legales será el plan de cierre de mina. En las extracciones sometidas al procedimiento de aplicación simplificado los planes de cierre suelen ser menos detallados tanto en los contenidos teóricos como técnicos, en comparación con las extracciones sometidas al procedimiento de aplicación general. No obstante, de acuerdo con el Artículo 29 del Decreto N° 41 de Chile, todo proyecto de cierre de mina deberá contener al menos los siguientes aspectos:

- Características propias de la faena y sus instalaciones
- Ubicación geográfica
- Cercanía a centros poblados
- Atributos relevantes del entorno
- Riesgos sísmicos

Otra diferencia relevante entre ambos procedimientos es que las empresas sometidas al procedimiento simplificado, no están sometidas al pago de garantías financieras para la ejecución del plan de cierre, por ende, los costos de cierre y garantías financieras no están considerados dentro del plan de cierre para estas operadoras. En la Tabla N° 03 se presenta un resumen del contenido básico de los planes de cierre de mina, de acuerdo a la producción de la explotación.

Tabla N° 03. Contenido básico de los planes de cierre de minas en Chile

Procedimiento de aplicación general	Procedimiento de aplicación simplificado
• Antecedentes administrativos • Descripción de la faena y sus instalaciones • Resolución de calificación ambiental (compromisos ambientales) • Obras, medidas y actividades de cierre (estabilidad física y química) • Estimación de costos de las medidas de cierre y postcierre • Propuesta de garantía financiera • Estimación de vida útil	• Antecedentes administrativos • Descripción de la faena y sus instalaciones • Resolución de calificación ambiental • Obras, medidas y actividades de cierre (estabilidad física y química)

(Elaboración propia)

Para dejar claro al titular minero el cómo se deben realizar para ser entregados a la autoridad minera y a la autoridad ambiental los Planes de Cierre, y los contenidos mínimos que deben ser presentados para la tramitación de los Planes de Cierre de acuerdo a la magnitud y características de la explotación, SERNAGEOMIN desarrolló las Guías Metodológicas para que las Empresas Mineras presenten sus Planes de Cierre:

- Formulario de Declaración de Planes de Cierre para Faenas Mineras con capacidad de extracción de mineral igual o menor a 5.000 ton/mes, sin Planta de Beneficio, Depósitos de Relaves y/o Rípios de Lixiviación.
- Formulario de Declaración de Planes de Cierre para Faenas Mineras con capacidad de extracción o beneficio de mineral igual o menor a 5.000 ton/mes, con Planta de Beneficio, Depósitos de Relaves y/o Rípios de Lixiviación.
- Guía metodológica para la presentación de planes de cierre de empresas cuya capacidad de extracción o beneficio sea mayor a 5.000 ton/mes y menor o igual a 10.000 ton/mes
- Guía metodológica para la presentación de planes de cierre sometidos al procedimiento de aplicación general
- Guía metodológica para la presentación de planes de cierre de exploraciones y prospecciones afectas al procedimiento simplificado

SERNAGEOMIN también dispone de Guías metodológicas para criterios técnicos las cuales han sido elaboradas con el objetivo de orientar a las empresas mineras en el desarrollo de sus planes de cierre y se refieren a los aspectos técnicos más importantes como son la definición de las obras y medidas de cierre a través de la evaluación de riesgos para el cierre de faenas mineras, la valorización de las obras de cierre y la propuesta y constitución de la garantía financiera. Estas guías solo constituyen un marco de referencia, por lo tanto no tienen el carácter obligatorio y no son vinculantes para la aprobación de los planes de cierre:

- Guía metodológica de evaluación de riesgos para el cierre de faenas mineras
- Anexo E - Guía metodológica de evaluación de riesgos para el cierre de faenas mineras
- Guía metodológica: Constitución y disposición de la garantía financiera que establece la Ley N° 20.551 que regula el cierre de faenas e instalaciones mineras
- Guía metodológica para la estabilidad química de faenas e instalaciones mineras
- Catastro de medidas y tecnologías para la prevención, control y tratamiento del drenaje minero
- Buenas prácticas en la gestión de la estabilidad química en la industria minera

7.1.3. Canadá y Estados Unidos

En General, las leyes que regulan la recuperación y cierre de mina en Canadá y Estados Unidos muestran un importante número de similitudes. En estos países las exigencias del plan de cierre de mina son formalizadas dentro del proceso de licenciamiento previo a la explotación de la mina, por medio de inspecciones, debates y acuerdos entre empresas adscritas al gobierno y la contratista, en las que se establecen las actividades potenciales a generar impactos ambientales, pudiendo integrar las actividades de manejo de impactos ambientales desde etapas tempranas (Ospina, 2013). No obstante al procedimiento para establecer los contenidos, el mismo no difiere mucho a lo establecido por Chile y Perú, en este caso, todas las explotaciones deben presentar sus planes de cierre, independientemente de su producción. Las características de la explotación, las medidas ambientales, cronograma, presupuesto y garantías son los aspectos esenciales en el contenido de los planes de cierre (Ospina, 2013).

7.1.4. Consideraciones finales

De lo anteriormente expuesto, se establece entonces que los datos administrativos, línea base ambiental, descripción de la faena y sus instalaciones, impactos producidos por la actividad, medidas de rehabilitación, seguimiento y control, métodos utilizados, cronograma, presupuesto y la forma de constitución de garantías financieras son los elementos más resaltantes en el contenido del plan de cierre. Pero más allá de cómo se aborden los planes de cierre de mina en el marco legislativo internacional, existen aspectos que deben contener para respetar las bases esenciales del plan de cierre, concibiéndolo como un instrumento que busca dar respuesta a los efectos de desequilibrio ambiental que puede originar una explotación minera.

Es válido indagar ahora los aspectos conceptuales acerca de este tema, no a un nivel exhaustivo ni con interpretaciones rebuscadas, sino por medio de citas válidas y específicas que certifiquen lo ejemplificado anteriormente en las normas internacionales, sin intenciones de que este estudio se base en una copia de ellas. Luego, para poder desglosar el contenido del plan de cierre, en primer lugar hay que tener en cuenta un punto básico aclaratorio: **¿Qué es un plan?**

Se citan entonces aquellos autores que han desarrollado este concepto, aplicado a un ámbito manejable desde el punto de vista técnico, puesto que la definición de plan varía de acuerdo al contexto: no es lo mismo realizar un plan de vida, un plan de desarrollo para un país o un plan de cierre de mina, por ejemplo. Luego, (Gutierrez, 2016) señala que:

“Un plan es un documento técnico que constituye un instrumento de planificación de carácter orientador en el que precisan los grandes objetivos y metas a obtener así como las acciones para su ejecución. El plan requiere del concurso de programas y proyectos para que su realización se haga efectiva” (p. 14).

Así mismo, (Arcia, 2017) establece una definición amplia y detallada:

“Un plan es ante todo la consecuencia de una idea, generalmente y en función de lograr una óptima organización, adoptará la forma de un documento escrito en el cual se plasmará dicha idea acompañada de las metas, estrategias, tácticas, directrices y políticas a seguir en tiempo y espacio, así como los instrumentos, mecanismos y acciones que se usarán para alcanzar los fines propuestos y que fueron la motivación del plan. En tanto, el plan también se caracteriza por su dinamismo, ya que un plan no resulta ser un instrumento estático y sin movimiento, por el contrario, siempre estará al pendiente y al tanto de las modificaciones que sean necesarias hacerle en función de los resultados que se vayan obteniendo”

Entonces para formular un plan es lógico considerar que debe establecerse en primer lugar uno o más objetivos a alcanzar con su ejecución, para dejar claro, en primer lugar, hasta donde se quiere llegar con dicho plan, luego las acciones para el cumplimiento de dichos objetivos señalando el conjunto integrado de procesos, técnicas, metodologías y herramientas a utilizar. De igual forma se debe delimitar en tiempo y espacio, y señalar los aspectos que garanticen su viabilidad.

De acuerdo con ello, Bill Gates (2013), empresario estadounidense de relevancia mundial afirma que “un plan debe tener una definición concreta del éxito, un principio y un final especificados en términos de tiempo, tareas a realizar y finales de etapas intermedias”.

Finalmente, a juicio del autor y en base a todo lo antes señalado se establece entonces que el contenido básico de un plan de cierre de mina debe cubrir explícita o implícitamente y no necesariamente en este orden, los siguientes aspectos:

- 1) Objetivos:** describir de forma clara las metas o finalidad a cumplir.
- 2) Delimitación:**
 - a) Espacio:** ámbito o componentes de aplicación
 - b) Tiempo:** cronograma
- 3) Metodologías:** actividades o programas a ejecutar, técnicas y herramientas, justificando los criterios
- 4) Seguimiento:** programas complementarios de observación minuciosa de la evolución y desarrollo de las actividades ejecutadas.
- 5) Viabilidad**

7.2. ALCANCE DE LA NORMATIVA VENEZOLANA PARA EL CIERRE DE MINA

Venezuela posee un marco normativo por el que se rige la gestión ambiental de la industria minera. La normatividad nacional en materia ambiental tiene sus bases en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, publicada en la Gaceta Oficial N° 36.860 el 30 de diciembre de 1999. El texto constitucional señala en su preámbulo entre los fines que debe promover nuestra sociedad, la protección del equilibrio ecológico y de los bienes jurídicos ambientales como patrimonio común e irrenunciable de la humanidad. En base a los fundamentos constitucionales, las normas legales en sus diferentes jerarquías definen y regulan las normas técnicas y administrativas, y todo este conjunto instrumenta la aplicación de las políticas ambientales y sociales de la minería en todo su ciclo de la vida, estableciendo los aspectos técnicos, procedimentales, autorizatorios, mecanismos de control y las sanciones respectivas.

Los lineamientos fundamentales sobre la gestión ambiental y sociocultural de la minería están señalados en la Ley Orgánica del Ambiente, la Ley de Minas y el Decreto N° 1.257 relativo a las Normas sobre Evaluación Ambiental de Actividades Susceptibles de Degradar el Ambiente, donde se obliga a los operarios mineros a establecer las medidas de prevención, mitigación, corrección, seguimiento y supervisión de los impactos ambientales generados, a través de la formulación y aplicación de un Estudio de Impacto Ambiental y Sociocultural, para obtener los permisos de afectación correspondiente.

Para la elaboración del plan de cierre, algunos aspectos aplicables están en las leyes y normativas técnicas ambientales, fundamentándose desde una concepción técnico profesional, tal y como se dijo en el apartado anterior, en que se trata de un instrumento de carácter medioambiental, que establece los procedimientos para prevenir, compensar, mitigar o corregir los impactos generados por la actividad extractiva, en base a objetivos ambientales y sociales concretos, delimitando la propuesta en tiempo y espacio y estableciendo su viabilidad técnica y económica.

Puesto que conceptualmente el plan de cierre de mina y el Estudio de Impacto Ambiental y Sociocultural parecen semejantes, es vital señalar entonces la diferencia básica entre ellos, de acuerdo con (Plata, 2010): el plan de cierre es un instrumento flexible, objeto de constante revisión en función de las modificaciones del proyecto de explotación, es específico para cada actividad del proyecto y por las características que conlleva el cierre puede incluir medidas de compensación no solo ambientales y sociales, sino económicas en el ámbito local; mientras que el estudio de impacto ambiental es un instrumento rígido, que por lo general no se modifica salvo a que existan cambios significativos en el proyecto y establece medidas generales de compensación ambiental y social.

En general, para suplir la falta de normas específicas los propios titulares o proponentes de proyectos y las autoridades deben ponerse de acuerdo de la mejor forma de resolver alguna situación donde no existan normas. En tal sentido, si queremos adaptar la elaboración de un plan de cierre de mina desde la concepción jurídico político que adopta la nación venezolana, se debe tener en cuenta en primer lugar que las actividades de cierre de mina en los aspectos ambientales, sociales y económicos que abarca se deben regir por los siguientes lineamientos básicos:

- Todas las actividades susceptibles de generar daños a los ecosistemas deben ser previamente acompañadas de Estudios de Impacto Ambiental y Sociocultural (Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, Art. 129)
- Se consideran herramientas de gestión del ambiente, la ordenación del territorio, la planificación, la evaluación y el control (Ley Orgánica del Ambiente, Art. 9)
- La planificación del ambiente está circunscrita a un sistema integrado y jerarquizado de planes, cuyo instrumento fundamental es el Plan Nacional de Ordenación del Territorio (Ley Orgánica del Ambiente, Art. 26)
- La planificación de políticas públicas, entre ellas la planificación del ambiente y la ordenación y gestión del territorio es un ámbito de actuación del Poder Popular (Ley Orgánica del Poder Popular, Art. 17 y 20)

En cuanto al esquema institucional, la gestión ambiental de la minería es objeto de promoción, regulación, supervisión, control y sanción por las instituciones de los diferentes niveles de gobierno, de acuerdo a sus competencias. El marco normativo tiene elementos centrales para el ordenamiento institucional, como son: definición de las competencias y funciones de los sectores e instituciones vinculados a la gestión ambiental de la minería; mecanismos de articulación, coordinación y concertación de las instituciones; planificación; regulación; fiscalización; promoción de la inversión privada y reglamentación sistemática de los distintos procesos u operaciones técnicas que se realizan en las actividades extractivas.

Por último, es importante señalar que Venezuela, como parte de la ejecución de su política ambiental, ha suscrito y ratificado una serie de tratados y acuerdos internacionales. La suscripción de estos instrumentos y la consecutiva promulgación de las leyes aprobatorias de los mismos, refuerzan las bases de la política ambiental nacional, insertando además al país en las políticas de globalización. En el área de gestión ambiental de la minería se destacan los siguientes: Convención para la Protección de la Flora, de la Fauna y de las Bellezas Escénicas Naturales de los Países de América (1941). Constitución de la Unión Internacional para la Protección de la Naturaleza (1955). Convención Internacional de lucha contra la Desertificación (1998).

Se señalan a continuación los elementos más resaltantes del Régimen Jurídico Venezolano en materia ambiental aplicables a la elaboración del plan de cierre de la Cantera Carayaca, tanto las que rigen su contenido como las de aplicación colateral.

7.2.1. Constitución Nacional (Gaceta Oficial N° 36.860, 1999)

En el texto constitucional, del cual se fundamentan las demás leyes de la República, se establecen en el Capítulo IX los derechos ambientales concernientes. En tal sentido “es un derecho y un deber de cada generación proteger y mantener el ambiente en beneficio de sí misma y del mundo futuro (...). Es una obligación fundamental del Estado, con la activa participación de la sociedad, garantizar que la población se desenvuelva en un ambiente libre de contaminación” (Art. 127). De igual forma, para abordar la temática ambiental en el cierre de mina, se establecen dos elementos clave, el primero “el Estado desarrollará una política de ordenación del territorio atendiendo las realidades ecológicas, geográficas, poblacionales, sociales, culturales, económicas, políticas, de acuerdo a las premisas del desarrollo sustentable, que incluya la información, consulta y participación ciudadana” (Art. 128) y seguidamente “todas las actividades susceptibles de generar daños a los ecosistemas deben ser previamente acompañadas de estudios de impacto ambiental y socio cultural (...) En los contratos que la República celebre con personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, o en los permisos que se otorguen, que afecten los recursos naturales, se considerará incluida aun cuando no estuviere expresa, la obligación de conservar el equilibrio ecológico, (...) y de restablecer el ambiente a su estado natural si éste resultare alterado, en los términos que fije la ley.” (Art. 129).

La constitución de igual forma establece que el régimen socioeconómico de la República Bolivariana de Venezuela se fundamenta en la protección del ambiente (Art. 299) y que todas las aguas son bienes de dominio público de la Nación (Art. 304).

Sobre las competencias de los entes gubernamentales en materia ambiental, se establece que el Poder Público Nacional se encargará del régimen y administración de las minas e hidrocarburos y la conservación, fomento y aprovechamiento de los bosques, suelos, aguas y otras riquezas naturales del país así como el establecimiento, coordinación y unificación de normas y procedimientos técnicos para obras de ingeniería, de arquitectura y de urbanismos, y la legislación sobre ordenación urbanística. (Art. 156). Es competencia exclusiva de los Estados, el régimen y aprovechamiento de minerales no metálicos, no reservados al Poder Nacional (Art. 164); y es competencia del Municipio la promoción de la participación, y el mejoramiento, en general, de las condiciones de vida de la comunidad, en las áreas de protección del ambiente y cooperación del saneamiento ambiental (Art. 178).

7.2.2. Leyes Orgánicas

- **Ley Orgánica del Ambiente** (Gaceta Oficial N° 31.004, 1976)

La Ley Orgánica del Ambiente constituye la ley marco en la materia, y tiene como objeto establecer las disposiciones y los principios rectores para la gestión del ambiente, en el marco del desarrollo sustentable como derecho y deber del Estado y de la sociedad. De igual forma establece las normas que desarrollan las garantías y derechos constitucionales a un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado (Art. 1).

Esta ley señala que el aprovechamiento de los recursos naturales y de la diversidad biológica debe hacerse de manera que garantice su sustentabilidad (Art. 50), así mismo, que se consideran herramientas de gestión del ambiente, la ordenación del territorio, la planificación, la evaluación y el control (Art. 9); y entre los objetivos de gestión del ambiente destacan: fomentar y estimular la educación ambiental y la participación protagónica de la sociedad; prevenir, regular y controlar las actividades capaces de degradar el ambiente; asegurar la conservación de un ambiente sano, seguro y ecológicamente equilibrado; establecer los mecanismos e implementar los instrumentos para el control ambiental; elaborar y desarrollar estrategias para remediar y restaurar los ecosistemas degradados (Art. 10).

Se establece igualmente que la planificación del ambiente constituye un proceso que tiene por finalidad conciliar el desarrollo económico y social con la gestión del ambiente, en el marco del desarrollo sustentable (Art. 22), y la misma está circunscrita a un sistema integrado y jerarquizado de planes, cuyo instrumento fundamental es el Plan Nacional de Ordenación del Territorio (Art. 26). Entre los lineamientos de la planificación del ambiente destacan: la conservación de los ecosistemas y el uso sustentable de éstos asegurando su permanencia; la participación ciudadana y la divulgación de la información, como procesos incorporados en todos los niveles de la planificación del ambiente; la evaluación ambiental como herramienta de prevención y minimización de impactos al ambiente (Art. 23).

En esta ley en su Artículo 3 se establece la definición de Estudio de Impacto Ambiental y Sociocultural y Evaluación de Impacto Ambiental, dos conceptos que son pertinentes de citar a fin de establecer sus diferencias:

Estudio de Impacto Ambiental y Sociocultural: documentación técnica que sustenta la evaluación ambiental preventiva y que integra los elementos de juicio para tomar decisiones informadas con relación a las implicaciones ambientales y sociales de las acciones del desarrollo.

Evaluación de impacto ambiental: es un proceso de advertencia temprana que opera mediante un análisis continuo, informado y objetivo que permite identificar las mejores opciones para llevar a cabo una acción sin daños intolerables, a través de decisiones concatenadas y participativas, conforme a las políticas y normas técnicas ambientales.

Sobre la Evaluación de Impacto Ambiental, señala que la misma está destinada a: predecir, analizar e interpretar los efectos ambientales potenciales de una propuesta en sus distintas fases; verificar el cumplimiento de las disposiciones ambientales; proponer las correspondientes medidas preventivas, mitigantes y correctivas a que hubiere lugar; verificar si las predicciones de los impactos ambientales son válidas y las medidas efectivas para contrarrestar los daños (Art. 84). También, sobre el Estudio de Impacto Ambiental y Sociocultural, establecido en la constitución como requisito para obtener los permisos afectación de las actividades susceptibles de generar daños a los ecosistemas se señala que el mismo constituye uno de los instrumentos que sustentan las decisiones ambientales, comprendiendo distintos niveles de análisis, de acuerdo con el tipo de acción de desarrollo propuesto (Art. 85).

Relativo al tema de control ambiental, se establece que el Estado, a través de sus órganos competentes, ejercerá el control posterior ambiental, a fin de asegurar el cumplimiento de las normas y condiciones establecidas en los basamentos e instrumentos de control ambiental, así como para prevenir ilícitos ambientales (Art. 92). El control ambiental se ejercerá a través de los siguientes mecanismos (Art. 93): guardería ambiental, auditoría ambiental, supervisión ambiental, policía ambiental.

Finalmente, sobre las garantías ambientales, que son de base fundamental para garantizar la aplicación del cierre, la ley establece que el respaldo del cumplimiento de las medidas de orden ambiental fijadas en los instrumentos de control previo estarán constituidas por depósitos en garantía o fianzas, otorgados por empresas de seguros o instituciones bancarias de reconocida solvencia y por las pólizas de seguros de cobertura de responsabilidades civiles e indemnizaciones frente a posibles siniestros ambientales; así como por los fondos especiales establecidos en materias específicas (Art. 86).

- **Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio** (Gaceta Oficial N° 3.238, 1983)

Esta ley tiene como objeto establecer las disposiciones que regirán el proceso de ordenación del territorio en concordancia con la estrategia de Desarrollo Económico y Social a largo plazo de la Nación (Art. 1), entendiéndose por ordenación del territorio la regulación y promoción de la localización de los asentamientos humanos, de las actividades económicas y sociales de la población, así como el desarrollo físico espacial, con el fin de lograr una armonía entre el mayor bienestar de la población, la optimización de la explotación y uso de

los recursos naturales y la protección y valorización del medio ambiente, como objetivos fundamentales del desarrollo integral (Art. 2).

La ordenación de territorio comprende entre otros aspectos la definición de los mejores usos de los espacios de acuerdo a sus capacidades, condiciones específicas y limitaciones ecológicas; la protección del ambiente, y la conservación de los recursos naturales en función de la ordenación del ambiente y el fomento de iniciativas públicas y privadas que estimulen la participación ciudadana en los problemas relacionados con la ordenación del territorio y regionalización (Art. 3). Para alcanzar los objetivos planteados, en la ley están previstos una serie de instrumentos tales como los planes de ordenación urbanística, las autorizaciones y aprobaciones de ocupación del territorio y aprovechamiento de los recursos naturales, el establecimiento de Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE).

- **Ley Orgánica de Salud** (Gaceta Oficial N° 36.579, 1998)

Establece las directrices y bases de salud como proceso integral. La ley promueve la participación ciudadana en el saneamiento ambiental, de igual forma establece los instrumentos de coordinación institucional para la conservación y recuperación de las condiciones saludables del ambiente.

- **Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo** (Gaceta Oficial N° 3.850, 1986)

Establece las bases para garantizar a los trabajadores permanentes y ocasionales las condiciones de seguridad, salud y bienestar, en un ambiente de trabajo adecuado y propicio para la ejecución de sus facultades físicas y mentales, mediante la promoción del trabajo seguro y saludable, la prevención de los accidentes de trabajo y las enfermedades ocupacionales.

- **Ley Orgánica de Descentralización, Delimitación y Transferencia de Competencias del Poder Público** (Gaceta oficial N° 4.153, 1989)

Esta ley tiene por objeto desarrollar los principios constitucionales para promover la descentralización administrativa estableciendo los mecanismos para su ejecución abriendo posibilidades para la participación de los Gobiernos estatales y municipales en diferentes sectores de la actividad gubernamental. En este sentido, la ley establece que es competencia exclusiva de los estados el régimen, administración y explotación de las piedras de construcción y de adorno o de cualquier otra especie, que no sean preciosas, el mármol, pórfido, caolín, magnesita, las arenas, pizarras, arcillas, calizas, yeso, puzolanas, turbas, de las sustancias terrosas, las salinas y los ostrales de perlas, así como la organización, recaudación

y control de los impuestos respectivos. El ejercicio de esta competencia está sometido a la Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio y a las leyes relacionadas con la protección y de los recursos naturales renovables (Art. 11).

- **Ley Orgánica del Poder Popular** (Gaceta Oficial N° 6.011, 2010)

La ley establece que la planificación de políticas públicas, en los términos establecidos en la ley que regula la materia, es un ámbito de actuación del Poder Popular (Art. 17), entendiéndose como poder popular al ejercicio pleno de la soberanía por parte del pueblo en todo el ámbito del desenvolvimiento y desarrollo de la sociedad, a través de sus diversas y disímiles formas de organización (Art. 2). En este sentido, la ordenación y gestión del territorio es un ámbito de actuación del poder popular, mediante la participación de las comunidades organizadas en las distintas actividades del proceso de ordenación y gestión del territorio, en los términos establecidos en la ley que regula la materia (Art. 20).

7.2.3. Leyes Ordinarias

- **Ley Penal del Ambiente** (Gaceta oficial N° 4.358, 1992)

Tiene por objeto tipificar como delitos aquellos hechos que violen las disposiciones relativas a la conservación, defensa y mejoramiento del ambiente, y establece las sanciones penales correspondientes. Igualmente en ella se determinan las medidas precautelarias, de restitución y de reparación a que haya lugar. En este instrumento, se establecen sanciones para quienes viertan, arrojen, abandonen, depositen, infiltren o emitan desechos en los cuerpos de agua, suelos aire en contravención a las normativas técnicas vigentes, así como aquellas que alteren la topografía o el paisaje en contravención de los planes de ordenamiento del territorio y de las normas técnicas que rigen la materia.

- **Ley de Minas** (Gaceta Oficial N° 39.382, 2010)

Constituye la principal norma que regula lo referente a las minas y a los minerales existentes en el territorio nacional. Establece que las actividades mineras se llevaran a cabo científica y racionalmente, procurando siempre la óptima recuperación o extracción del recurso minero, con arreglo al principio del desarrollo sustentable, la conservación del ambiente y la ordenación del territorio (Art. 5), las actividades mineras deben efectuarse con acatamiento a la legislación ambiental y a las demás normativas que rigen la materia (Art. 15).

En este sentido, tal como lo establece la constitución, la garantía fundamental para la preservación y conservación del ambiente es el Estudio de Impacto Ambiental y Sociocultural, con respecto a las explotaciones mineras, el concesionario presentara un

estudio de factibilidad técnico, financiero y ambiental de la concesión y cualquier otra información sobre las actividades que para el aprovechamiento del mineral se proponga llevar a cabo (Art. 52). Antes de iniciar la explotación, el concesionario acreditará ante el ministerio de energía y minas, mediante copia certificada, el cumplimiento de las fianzas ambientales que garanticen la reparación de los daños ambientales que puedan causarse con motivos de dicha explotación (Art. 59).

La Ley de Minas, establece los lineamientos sobre las estructuras una vez extinguidos los derechos mineros, donde se expresa que las tierras y obras permanentes adquiridas con destino a las actividades mineras pasarán en plena propiedad de la República, libres de gravámenes y cargas, sin indemnización alguna (Art. 102).

- **Ley Sobre el Régimen, Administración y Aprovechamiento de Minerales no Metálicos del Distrito Capital** (Gaceta Oficial N° 39.868, 2012)

La ley tiene por objeto “regular el aprovechamiento racional y sustentable de los minerales no metálicos, no reservados al Poder Nacional, ubicados en la jurisdicción del Distrito Capital” (Art. 1). En el ámbito ambiental, esta ley señala que el Gobierno del Distrito Capital, la autoridad nacional ambiental y las organizaciones de base del Poder Popular garantizarán la protección ambiental, el aprovechamiento racional y sustentable de los recursos minerales no metálicos y velarán por la realización del correspondiente estudio de impacto ambiental y sociocultural en cumplimiento con la normativa en la materia (Art. 4). Sobre las fianzas ambientales, se señala que “antes de iniciar la explotación el titular de la concesión consignará ante el Gobierno del Distrito Capital, una fianza ambiental que garantice la reparación de los daños al ambiente y otra fianza de fiel cumplimiento que avalen las ventajas especiales, que puedan causarse con motivo de dicha explotación” (Art. 26).

Esta ley también establece la obligación de reforestación, aspecto esencial para el cierre de mina: “una vez finalizada cada etapa o fase de explotación, en la zona, área o terraza en que se divida la mina, tendrá la obligación de restaurar las condiciones forestales o de suelo del territorio explorado y explotado, a fin de proteger, conservar y defender la existencia de un ambiente sustentable con vegetación autóctona de la zona” (Art. 27).

Sobre la demolición o desinstalación de estructuras una vez extinguidos los derechos mineros, esta ley establece que las mismas pasarán a ser propiedad del Distrito Capital, libre de gravámenes y cargas y sin indemnización alguna (Art. 32). Este aspecto también es mencionado en la Ley de Minas en su Artículo 102, donde se establece que los mismos pasarán a ser propiedad de la República.

- **Ley de Aguas** (Gaceta Oficial N° 35.595, 2007)

La Ley de Aguas establece las disposiciones que rigen la gestión integral de las aguas. En ella se señala que la prevención y control de los posibles efectos negativos de las aguas sobre la población y sus bienes se efectuará a través de, entre otros aspectos, los planes de gestión integral de las aguas, los planes de ordenación del territorio y la construcción, operación y mantenimiento de las obras e instalaciones necesarias (Art. 14).

- **Ley Sobre Sustancias, Materiales y Desechos Peligrosos** (Gaceta Oficial N° 5.554, 2001)

Tiene por objeto regular la generación, uso, recolección, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de las sustancias, materiales y desechos peligrosos, así como cualquier otra operación que los involucre, con el fin de proteger la salud y el ambiente. También son objeto de regulación por la ley, aquellas sustancias y materiales peligrosos y otros similares que vayan a ser utilizados con fines agrícolas, industrial, de investigación científica, educación, protección u otros fines.

7.2.4. Decretos y resoluciones

- **Decreto N° 1.234: Reglamento General de la Ley de Minas** (Gaceta Oficial N° 37.155, 2001)

Este reglamento tiene por objeto sujetar su actividad a las disposiciones contenidas en la Ley de Minas (Art. 1). Con respecto al estudio de factibilidad técnico, financiero y ambiental, será realizado de acuerdo con los instructivos elaborados por el ministerio de energía y minas y del ambiente y de los recursos naturales (Art. 24). De igual forma, es importante señalar que esta ley establece que los concesionarios están obligados a presentar al ministerio de energía y minas, dentro del trimestre siguiente al cierre del ejercicio económico, un informe relativo a las actividades realizadas en el año anterior que contengan los siguientes aspectos: técnicos tales como medidas de seguridad y medidas de mitigación de la degradación ambiental (Art. 23).

- **Decreto N° 1.257: Normas sobre Evaluación Ambiental en Actividades Susceptibles de Degradar el Ambiente** (Gaceta Oficial N° 35.946, 1996)

Este decreto “tiene por objeto establecer los procedimientos conforme a los cuales se realizará la evaluación ambiental de las actividades susceptibles de degradar el ambiente” (Art. 1). “La metodología a seguir para la evaluación ambiental de los programas y proyectos será establecida en función de sus características y efectos potenciales, así como de las condiciones particulares del ambiente a ser intervenido. La metodología podrá consistir en la elaboración y presentación de Estudios de Impacto Ambiental, Evaluaciones Ambientales Específicas o la presentación de recaudos para la evaluación” (Art. 5).

Esta ley establece que el alcance y contenido del Estudio de Impacto Ambiental se determina a partir de una propuesta de términos de referencia que es definida en su Artículo 3 como una “propuesta sobre el alcance y contenido de un Estudio de Impacto Ambiental, en función de las características particulares del programa o proyecto propuesto y el ambiente potencialmente afectado”. La propuesta en términos de referencia debe incluir, de acuerdo al Artículo 7, la siguiente información:

- 1) Descripción preliminar del proyecto: opciones relativas al diseño, localización y procesos tecnológicos (justificar cuando no existan opciones).
- 2) Definición del área de influencia del proyecto: información de las características generales del medio físico y socioeconómico a ser afectado, relevantes a los fines de la identificación de impactos.
- 3) Identificación de impactos potenciales asociados a las opciones consideradas para el desarrollo del proyecto.
- 4) Propuesta sobre los alcances del estudio en relación con los siguientes aspectos:
 - Información básica para la realización del estudio, incluyendo la identificación y justificación de los Estudios de Línea Base.
 - Metodología para la evaluación de impactos, señalando las actividades a realizar, las etapas a cumplir, así como las metas a alcanzar en cada una de las etapas.
 - Descripción de las medidas preventivas, mitigantes y correctivas de los impactos potenciales previstos para las opciones consideradas.
 - Análisis de las opciones relativas al diseño, localización y tecnología, consideradas durante el proceso de formulación del proyecto. Justificación de las alternativas seleccionadas.
 - Programa de Seguimiento.
 - Lineamientos del Plan de Supervisión Ambiental.
 - Documento síntesis del Estudio de Impacto Ambiental.
- 5) Plan de trabajo: programa de realización de talleres y presentación de informes de avance, así como el tiempo estimado de ejecución del Estudio.
- 6) Equipo de trabajo: indicar la composición del equipo interdisciplinario que intervendrá en su elaboración.

El Programa de Seguimiento es definido por esta ley como un “programa de mediciones para determinar la aparición de cambios en el ambiente atribuibles a la ejecución y operación del proyecto y para verificar el cumplimiento de los parámetros de calidad ambiental establecidos en la normativa legal vigente” (Art. 3).

Con respecto al Plan de Supervisión Ambiental señala que “establecerá las acciones a seguir para verificar el avance de las actividades del Programa o Proyecto y el cumplimiento de las medidas y condiciones establecidas en las autorizaciones y aprobaciones para la ordenación del territorio y autorizaciones para la afectación de recursos naturales renovables, así como para evaluar las medidas implantadas, identificar impactos ambientales no previstos y proponer las medidas correctivas adicionales a que hubiera lugar” (Art. 28).

En este sentido, ambos conceptos están relacionados pero son diferentes. El Programa de Seguimiento debe entenderse como la actividad que mide los efectos de la labores de operación de la cantera sobre los componentes ambientales mediante un registro periódico de datos basados en la toma de muestras y procesamiento estadístico de dicha información. El seguimiento es una acción interna del proyecto, que debe formar parte integral de las labores cotidianas o permanentes de la empresa y se realiza con el fin de verificar la eficacia de las medidas de manejo ambiental planteadas. Así mismo, el Plan de Supervisión ambiental está orientado a la identificación y cuantificación de los resultados o logros del proyecto minero a nivel general, en función de los objetivos propuestos. Debe valorar los efectos del proyecto tanto técnicamente como en la aplicación de los trabajos de control, mitigación y rehabilitación ambiental. Por ello, el Programa de Seguimiento puede ser parte del Plan de Supervisión Ambiental, pero no viceversa.

En el caso específico de la Cantera Carayaca, se establecerá en lugar de un Programa de Seguimiento o un Plan de Supervisión Ambiental, una herramienta que englobe los aspectos necesarios de ambos conceptos, con el objeto de medir, controlar y verificar las medidas ambientales establecidas, y para efectos de este estudio se llamará Programa de Monitoreo.

- **Decreto N° 2.212: Normas sobre Movimiento de Tierra y Conservación Ambiental** (Gaceta Oficial N° 35.206, 1993)

El objeto de este Decreto es “establecer las condiciones bajo las cuales se realizarán las actividades de deforestación, movimiento de tierra, estabilización de taludes, arborización de áreas verdes y todo lo relacionado con la protección de los suelos” (Art. 1). Esta norma se aplica a todos los aprovechamientos de terrenos que requieran movimiento de tierra, deforestación, remoción de vegetación, excavación, nivelación o relleno (Art. 3) y contiene indicadores sobre valores, límites y criterios de aplicación en los casos antes mencionados.

- **Decreto N° 2.216: Normas para el Manejo de los Desechos Sólidos de Origen Doméstico, Comercial, Industrial o Cualquier otra Naturaleza que no sean Peligrosos** (Gaceta Oficial N° 4.418, 1992)

“Tiene por objeto regular las operaciones de manejo de los desechos sólidos de origen doméstico, comercial, industrial o de cualquier otra naturaleza no peligrosa, con el fin de evitar riesgos a la salud y el ambiente” (Art. 1).

- **Decreto N° 2.219: Normas para Regular la Afectación de los Recursos Naturales Renovables Asociada a la Explotación y Extracción de Minerales** (Gaceta Oficial N° 4.418, 1992)

“Tiene por objeto establecer los requisitos para obtener las autorizaciones y aprobaciones para la ocupación del territorio y para la afectación de recursos naturales, así como los lineamientos que permitan controlar las actividades de exploración y extracción de minerales metálicos y no metálicos a cielo abierto, a los fines de atenuar el impacto ambiental que puedan ocasionar tales actividades” (Art. 1). La norma tiene un capítulo dirigido a las disposiciones técnicas, donde se establece para las extracciones de minerales fuera de los lechos de ríos y quebradas que “en caso que modifique el drenaje natural, se deberá construir un sistema alternativo de drenaje que garantice la libre escurriencia, evitando la generación de procesos erosivos y la alteración de la calidad del agua drenada” (Art. 22). De igual forma, establece que el factor de seguridad de los taludes en el banqueo debe ser igual o superior a 1,3 (Art. 23).

- **Decreto N° 2.220: Normas para Regular las Actividades Capaces de Provocar Cambios de Flujo, Obstrucción de Cauces y Problemas de Sedimentación** (Gaceta Oficial N° 4.418, 1992)

“Tiene por objeto controlar el desarrollo de actividades que por generar cambios en los sistemas de control de obras hidráulicas, obstrucción de cauces y escurriencias y producción artificial de sedimentos, son susceptibles de ocasionar daños tales como inundaciones, déficit en la distribución de aguas, inestabilidad de cauces y alteración de la calidad de las aguas” (Art. 1).

- **Decreto N° 883: Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos de Efluentes Líquidos** (Gaceta Oficial N° 5.021, 1995)

“Establece las normas para el control de la calidad de los cuerpos de agua y de los vertidos líquidos” (Art. 1). Se señalan los niveles de calidad exigibles de acuerdo con los usos a que se destinen y para el control de los vertidos. En el caso de descargas a cuerpos de agua

superficiales, los efluentes deben ser previamente tratados hasta cumplir con los parámetros de calidad señalados.

- **Decreto N° 638: Normas sobre Calidad del Aire y Control de la Contaminación Atmosférica** (Gaceta Oficial N° 4.899, 1995)

“Tiene por objeto establecer las normas para el mejoramiento de la calidad del aire y la prevención y control de la contaminación atmosférica producida por fuentes fijas y móviles capaces de generar emisiones gaseosas y partículas” (Art. 1). Se establecen los límites de calidad del aire para diversos contaminantes de la atmósfera, entre ellos las partículas en suspensión, y las prácticas operativas a objeto de mantener en las zonas concentraciones de partículas totales suspendidas dentro de los límites establecidos, en el caso de actividades mineras en zonas urbanas o vecinas a centros poblados.

- **Decreto N° 2.217: Normas sobre el Control de la Contaminación Generada por Ruido** (Gaceta Oficial N° 4.418, 1992)

“Tiene por objeto establecer las normas para el control de la contaminación producida por fuentes fijas o móviles generadoras de ruido” (Art. 1). Se establecen los niveles de ruido ambiental tolerable en un periodo de tiempo y para zonas clasificadas en la ley.

- **Resolución N° 56: Normas sobre Recaudos para la Evaluación Ambiental de Programas y Proyectos Mineros y de Exploración y Producción de Hidrocarburos** (Gaceta Oficial N° 4.323, 1995)

Establece los recaudos para la evaluación ambiental de las actividades mineras y petroleras, y el procedimiento para la tramitación de aprobaciones y autorizaciones de ocupación del territorio.



Figura N° 27. Contenido del plan de cierre desde el contexto Jurídico-Político Venezolano

8. PLAN DE CIERRE

8.1. ENFOQUE

El enfoque general de la propuesta de plan de cierre del Frente 2 de la Cantera Carayaca es restaurar la funcionalidad del ecosistema intervenido por la explotación, proporcionando en la medida de lo posible un área ecológicamente equivalente y con un uso posterior acorde con la realidad y dinámica económico-social de la localidad.

8.2. COMPONENTES DEL CIERRE

Los componentes del cierre del Frente 2 se ubican dentro de los límites del área de afectación autorizada por VARCAM C.A. para la explotación de minerales no metálicos. Su disposición general se muestra en la Figura N° 28, y se resume a continuación:

- 1) Frente de explotación
- 2) Escombrera
- 3) Plantas de beneficio
- 4) Fuerza laboral: 62 puestos de trabajo (2017)
- 5) Estructuras de oficinas, comedor y talleres de mantenimiento
- 6) Relaciones comunitarias: la comunidad de Tacagua es la principal población afectada con las actividades de la Cantera

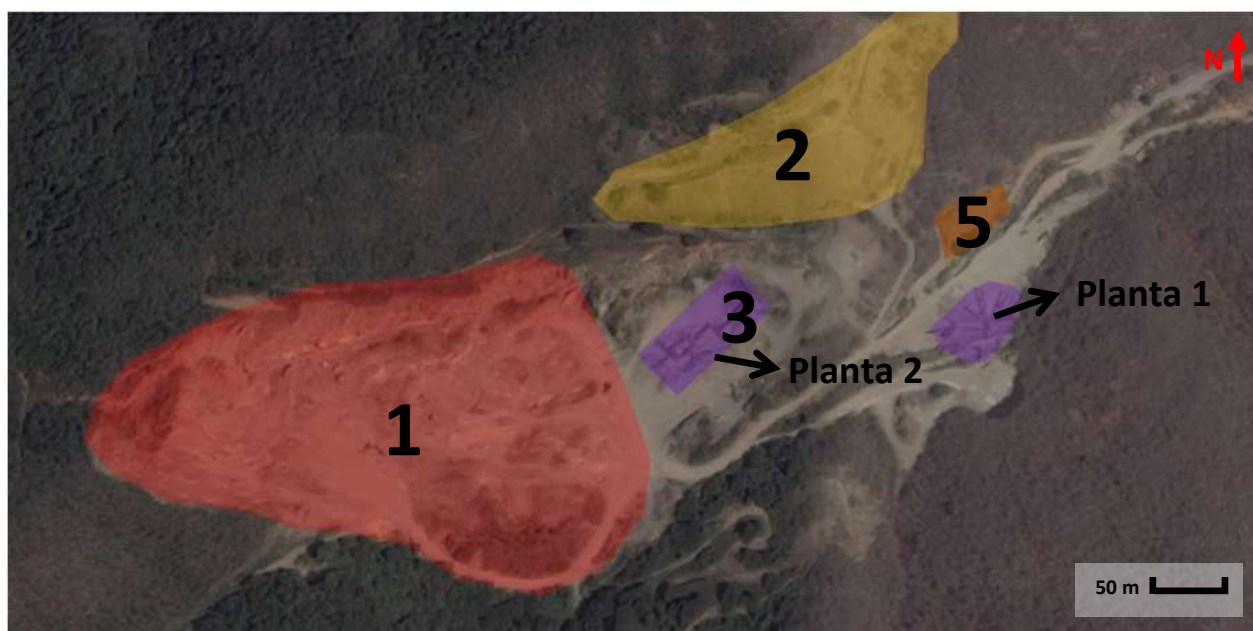


Figura N° 28. Componentes del cierre

8.3. CONSULTAS A LA COMUNIDAD

Se realizó el día 20 de julio del 2017 una encuesta a una muestra de la comunidad de Tacagua, con el fin de obtener información complementaria acerca de los impactos de la explotación, directamente de la población afectada. Así mismo, se recogieron las primeras sugerencias de la comunidad acerca de los posibles usos del área, una vez culminada la explotación. No se debe confundir este proceso de consulta con la medida 10 de los impactos potenciales, relativa al plan de divulgación comunitaria. Esa medida se trata de reuniones informativas con los habitantes del área de influencia directa de la cantera y los líderes comunitarios, que se deben efectuar para exponer y profundizar temas acerca del cierre, en una etapa de mayor planificación y concreción de los lineamientos aquí establecidos, sin descartar futuras consultas adicionales y otros mecanismos de participación ciudadana.

El proceso de consulta realizado durante la elaboración del plan de cierre es concordante con los principios y lineamientos establecidos en la Ley Orgánica del Poder Popular, en sus artículos 17 y 20, donde se señala que la planificación de políticas públicas, entre ellas la planificación del ambiente y la ordenación y gestión del territorio es un ámbito de actuación del Poder Popular.

A modo de interpretación de los resultados es importante señalar que la muestra encuestada pertenece al sector de Tacagua más vulnerable a los efectos producidos por la explotación, es decir, al más cercano a esta área. La encuesta fue realizada a 100 personas, obteniendo los siguientes resultados:

- **Pregunta 1: ¿Considera usted que las operaciones de la Cantera Carayaca generan impactos negativos a la comunidad de Tacagua?**

72 encuestados considera que las operaciones de la cantera generan impactos negativos hacia la comunidad.

- **Pregunta 2: De ser “Sí” la respuesta anterior, ¿Qué impactos a la comunidad considera que ha generado la cantera?**

Respecto a los impactos negativos que consideran los encuestados ha generado la Cantera hacia la comunidad, predomina los daños a las vías, que fue seleccionada por 47 de las 72 personas que afirmaron que existe esta problemática. La opción de ruido fue seleccionada por 22 de las 72 personas, refiriéndose únicamente al ruido generado por el constante paso de vehículos de carga, puesto que el ruido generado por las operaciones de cantera es imperceptible en la comunidad por la lejanía, de acuerdo a una entrevista realizada a la persona luego de la aplicación del instrumento. El tránsito de vehículos pesados causa igualmente riesgo de accidentes viales, manifestado por 9 entrevistados. 14 encuestados señalaron otros impactos que a su juicio genera la cantera en la comunidad. Sobre las respuestas, la mayoría eran

refiriéndose a impactos hacia la flora y la fauna: contaminación del aire, de la Quebrada Tacagua, migración de la fauna, etc. Ningún encuestado manifestó problemas en los servicios públicos, afectación de la salud de los habitantes de la comunidad ni conflictos sociales asociados a la empresa.

- **Pregunta 3: ¿Qué propuestas le daría a la cantera para corregir los impactos hacia la comunidad?**

Fueron múltiples las respuestas obtenidas. Para resumir la mayoría de las respuestas, en palabras de los encuestados, corregir los impactos negativos generados a la comunidad implica: “asfaltar las calles”, “abrir otras vías de acceso”, “que los camiones no pasen tan rápido”, “realizar un puente en la Quebrada Tacagua para que pasen los camiones”, “regular el paso de camiones”, refiriéndose a la corrección de los daños a las vías, riesgo de accidentes viales y ruido generado por el tránsito de vehículos pesados.

- **Pregunta 4: ¿Considera usted necesaria la realización de reuniones periódicas entre representantes de la cantera y miembros de la comunidad para informar aspectos del proyecto de explotación como: características, actividades, beneficios, impactos ambientales, etc.?**

68 encuestados considera necesaria la realización de reuniones periódicas.

- **Pregunta 5: Al culminar las operaciones de la cantera, ¿Qué nuevo uso le gustaría que se le diera al terreno intervenido?**

Sobre la propuesta de uso post-cierre del terreno, 44 encuestados expresaron que le gustaría darle un uso habitacional, 35 un uso recreativo, 15 un uso comercial y 6 señalaron otras propuestas, las cuales entran en las categorías anteriores. En palabras propias de los encuestados las otras 6 propuestas son: “viviendas y áreas para hacer deportes”, “fabricas”, “empresas”, “un parque”, “canchas”, “viviendas”.

8.4. IMPACTOS POTENCIALES

La selección de impactos se obtuvo identificándolos directamente en el área afectada por la ejecución de las diferentes operaciones y tareas que contempla el proyecto de extracción de minerales no metálicos.

Se presenta en la Tabla N° 04 el conjunto de impactos ambientales identificados en la Cantera Carayaca, clasificados de acuerdo a su medio de afectación directa.

Tabla N° 04. Resumen de impactos potenciales de la Cantera Carayaca

Medio de impacto directo		Impacto	
Físico	Atmosférico	1	Incremento del ruido ambiental
		2	Alteración de la calidad del aire por emisión de partículas y gases de combustión
	Hídrico	3	Contaminación del cauce receptor
	Edáfico	4	Incremento de susceptibilidad a la erosión
		5	Contaminación por sustancias químicas peligrosas
		6	Aumento de la ocurrencia de derrumbes y deslizamientos
	Geomorfológico	7	Cambios en la configuración del terreno
		8	Formación de escombreras
		9	Cambios en la configuración del drenaje superficial
		10	Cambios en la calidad y fragilidad visual del paisaje
Biótico	Vegetal	11	Deforestación
	Animal	12	Alteración del hábitat
Socioculturales	Sociedad	13	Afectación de la salud pública
		14	Aumento de riesgo de accidentes viales
	Infraestructura	15	Deterioro de la vialidad

Se presenta a continuación la descripción de impactos ambientales identificados, en el orden numérico presentado en la Tabla N° 04:

1) Incremento del ruido ambiental

El incremento relevante del ruido ambiental relacionado con las actividades de la Cantera Carayaca procede de las operaciones de perforación, voladura, equipos de carga, transporte y descarga de material y de las plantas de beneficio mineral. Igualmente, la explotación contribuye con los niveles de ruido y vibraciones locales a través del tráfico de camiones en las carreteras de acceso. El incremento del ruido ambiental genera una perturbación sensorial a la fauna provocando su migración. De igual forma el ruido puede generar al trabajador graves efectos a la salud como el deterioro de la audición, trastornos en el descanso y el sueño, irritación y pérdida del rendimiento. Para medir el efecto del ruido ocupacional a la salud del trabajador, se realizó en la cantera en el año 2014 la medición del ruido equivalente percibido en cada puesto de trabajo, arrojando los resultados que se muestran en la Tabla N° 05. Fueron sombreados aquellos cargos que exceden los límites establecidos por la Norma COVENIN 1565-1995 “Ruido Ocupacional. Programa de Conservación Auditiva. Niveles Permisibles y Criterios de Evaluación”, que señala para exposiciones de 8 horas de trabajo, continuas o intermitentes dentro de dicho periodo y sin el uso de protección auditiva un nivel máximo de ruido de 85 dbA.

Tabla N° 05. Ruido equivalente percibido en la Cantera Carayaca

Cargo	Leq (dbA)
Gerente de planta	72,4
Operador de mecánica	83,4
Operador de Planta 1	93,7
Operador de Planta 2	89,1
Operador de maquinaria (retroexcavadora)	83,6
Operador de maquinaria (cargador frontal)	85,2
Chofer de carga	84,3
Ayudante de mecánica	83,4
Operador de perforadora	98,4
Supervisor de equipo primario (Planta 1)	95,1
Supervisor de equipo secundario (Planta 1)	98,2
Supervisor de cribado (Planta 1)	97,7
Supervisor de equipo primario (Planta 2)	97,0
Supervisor de equipo secundario (Planta 2)	96,4
Supervisor de cribado (Planta 2)	88,2

(Evaluación de Riesgos Ocupacionales VARCAM, 2014)

En cuanto a la afectación de la comunidad, los ruidos producidos por las operaciones mineras son imperceptibles por los habitantes del entorno, por la lejanía entre el área de explotación y la zona habitada. El sustento de esta afirmación se presenta en el resultado de la consulta realizada a la comunidad sobre los principales efectos negativos generados por la cantera. De acuerdo a los resultados, la única fuente de perturbación auditiva hacia la comunidad es el tráfico de camiones por las vías de la localidad.

2) Alteración de la calidad del aire por emisión de partículas y gases de combustión

La serie de emisiones de Partículas Totales Suspendidas (PTS) que son producidas por la Cantera Carayaca provienen principalmente de las operaciones de arranque del material (PTS producidas por la perforación y voladura), las plantas de beneficio en los procesos de trituración y clasificación, y por las partículas levantadas tanto en las vías internas como en las externas debido al tránsito de vehículos y maquinarias. Sobre los gases de combustión, su emisión en este caso está directamente relacionada con la operación de los equipos y camiones dentro y fuera del área de extracción. En este sentido, no se han realizado en la cantera mediciones sobre la composición, tamaño y concentración de PTS en el ambiente, información necesaria para evaluar con exactitud el riesgo ocupacional asociado a este impacto y establecer las medidas para su reducción. Sin embargo, para efectos de este estudio y el establecimiento de las medidas correspondientes, algunos problemas asociados con la emisión de PTS pueden identificarse y estimar su gravedad sin necesidad de mediciones: nubes visibles de polvo, escape de polvo en máquinas e instalaciones, acumulación de polvo en suelos o paredes, incorrecto funcionamiento de extractores, etc.

El área vegetal y la fauna también son afectadas por las emisiones de PTS. La lejanía del proyecto a las zonas habitadas impide los efectos de las emisiones de PTS sobre la población, lo que se evidencia en los resultados de la encuesta, donde los habitantes no manifestaron que las operaciones de cantera causen afectación de la salud en los habitantes de la comunidad ni molestias por el polvo emitido. En la Figura N° 29 se aprecian ejemplos de emisión de partículas en suspensión por operaciones de la cantera.



Figura N° 29. Emisiones de PTS en la Cantera Carayaca: (A) voladura (B) Planta 1 (C) perforación (D) equipos

3) Contaminación del cauce receptor de agua

La contaminación del cauce receptor de agua se genera principalmente por las partículas en suspensión producidas por los procesos de la cantera y las partículas transportadas en el proceso de erosión-sedimentación, que se incrementa con las actividades extractivas. Los cauces receptores por lo general permanecen secos la mayor parte del año, permitiendo la acumulación de estas partículas, pero en los periodos de altas precipitaciones y por ende flujo de agua en los cauces estos sedimentos son arrastrados hasta desembocar en la Quebrada Tacagua.

4) Incremento de susceptibilidad a la erosión

Las mayores fuentes de erosión debido a las actividades de la cantera incluyen las zonas de banqueo, las escombreras y los depósitos temporales de agregados finos. Igualmente la remoción de la cobertura vegetal para la construcción de vías e infraestructuras y el constante movimiento de tierras son de importante aporte para el incremento local de los procesos erosivos. En este sentido, la consecuencia más grave del incremento de la susceptibilidad a la erosión en la cantera es la posible desertización del área de no corregirse este proceso al culminar las actividades.

5) Contaminación del suelo por sustancias químicas peligrosas

Los residuos peligrosos emitidos por la Cantera Carayaca que contaminan el suelo proceden únicamente de labores de mantenimiento, limpieza de los equipos y las plantas de beneficio y de la fuga de aceites y combustible, puesto que en la cantera no se realizan otras operaciones que impliquen la manipulación de sustancias químicas peligrosas. En este sentido y debido a que las emisiones de estas sustancias son escasas y poco reiteradas no se considera un impacto ambiental de gran magnitud, por lo que para su mitigación basta con tener el debido cuidado en el momento de manipular las sustancias químicas para evitar que gran cantidad de ellas caigan en el suelo.

6) Aumento de ocurrencia de derrumbes y deslizamientos

El aumento en la ocurrencia de derrumbes y deslizamientos se debe principalmente a que la cantera, antes de estar bajo la administración de VARCAM C.A., realizaba el arranque del mineral con voladuras tipo zapatero, lo que dejó taludes con una altura superior a los 40 metros y entre 80° y 90° de inclinación. Aunado a esto se han presentado deslizamientos de masa en la escombrera. Con el pasar de los años, la Cantera Carayaca ha ido planificando y ejecutando medidas para la corrección de este riesgo, basándose en la conformación de taludes con previa planificación minera, sin embargo hoy en día sigue siendo habitual las caídas de fragmentos de rocas.

7) Cambios en la configuración del terreno

Dada las características del proyecto la alteración de la configuración inicial del terreno es inevitable. La conformación de los bancos de explotación es la actividad que más incide en los cambios geomorfológicos, agregando también la construcción de las escombreras, vías y adecuación del terreno para la colocación de la infraestructura. Se proyectan intervenir 93.186,98 m² en los próximos 6 años de reserva mineral planificadas a explotar, de allí la necesidad de establecer los lineamientos para integrar los cambios topográficos para que estén en armonía con el ambiente.

8) Formación de escombreras

De acuerdo a información suministrada directamente por el personal administrativo de la cantera, por medio de entrevistas, la escombrera de la cantera está conformada por material que era descartado del todo-uno por contener “rocas muy pequeñas” para ser llevadas a la planta de trituración. Esto se realizaba en la cantera antes de ser administrada por VARCAM C.A., para mayor rendimiento de la Planta 1, que era la única disponible para ese entonces. Hoy en día se aprovecha todo el todo-uno de alimentación, y el hecho que todo el yacimiento de no metálicos sea aprovechable hace que no sea necesaria la realización de nuevas escombreras.

9) Cambios en la configuración del drenaje superficial

La alteración en la configuración local del drenaje superficial es el resultado del cambio inevitable en la geomorfología en el área del proyecto, y por la disposición de diferentes elementos sobre las zonas de influencia de quebradas o drenajes naturales. En la cantera se ha realizado una configuración temporal de los drenajes, que recibe el agua proveniente de los frentes de explotación y paralelo a las vías desemboca en la Quebrada Tacagua, sin embargo, es necesario establecer las obras hidráulicas definitivas para el momento del cierre.

10) Cambios en la calidad y fragilidad visual del paisaje

Debido a la extracción a cielo abierto de rocas no metálicas, creación de escombreras y colocación de infraestructura en general el paisaje original de la Cantera Carayaca fue modificado de forma permanente. El impacto visual se incrementará con el tiempo en el área del proyecto, en la medida en que se avance en las actividades extractivas. Aunque las áreas desde donde se observarán los cambios paisajísticos no poseen valor turístico y son poco transitadas, la alteración del paisaje en Frente 2 es visible desde algunos puntos del Barrio El Limón.

Por otro lado, la zona aledaña al proyecto ha sido fuertemente intervenida desde hace muchas décadas, y numerosas infraestructuras como la construcción de la autopista Caracas-La Guaira, instalaciones mineras, accesos y poblados generalmente desorganizados, restan de manera significativa calidad a los conjuntos paisajísticos, dejando la posibilidad que las intervenciones actuales o futuras podrían incluso mejorar los paisajes actuales de procederse de manera adecuada.

11) Deforestación

La deforestación del área del proyecto es un impacto ambiental necesario para la adecuación del terreno para las operaciones de arranque del material y creación de la infraestructura. De acuerdo con (Villegas, 2006), no hay especies forestales arbustivas o herbáceas en peligro de extinción en el área.

12) Alteración del hábitat de la fauna

La emanación de polvo, el ruido generado por las operaciones mineras y la modificación de la conectividad del paisaje ecológico debido a la deforestación, son los principales aportes que engloban la alteración del hábitat de la fauna. La sana interacción de la fauna con las instalaciones y actividades mineras es imposible, por lo que la integridad y tranquilidad de la vida silvestre se ve afectada a pasar por las instalaciones. No hay especies en peligro de extinción en el área (Villegas, 2006).

13) Afectación de la salud pública

El impacto hacia la salud pública debido a las actividades de la Cantera Carayaca afecta principalmente a sus trabajadores, puesto que como se observa en los resultados de la encuesta realizada en este estudio, la comunidad no se ha visto afectada en este sentido. Las actividades de la cantera son potencialmente riesgosas para generar al trabajador los siguientes y entre otros efectos para la salud: fisiológicos (molestia, debilidad, extrema sed y desmayos por trabajar en el calor, deterioro de la audición por el ruido, daño al sistema nervioso y a la circulación de la sangre debido al ruido y las vibraciones, afectación directa a la salud por la emisión de polvo y humos dañinos); Psicológicos (interferencia con el descanso y el sueño debido al ruido y vibraciones); efectos sobre el trabajo (molestias, irritación, distracciones, pérdida de rendimiento).

14) Aumento de riesgo de accidentes viales

El aumento de riesgo de accidentes viales asociado a las actividades de la cantera es debido internamente por el tránsito de equipos de carga y acarreo para las operaciones mineras que comparten las vías con los camiones de despacho, y externamente por al tránsito de carga pesada en las vías de la comunidad de Tacagua y por la autopista Caracas – La Guaira.

15) Deterioro de la vialidad

La comercialización de los agregados de la cantera requieren el uso de las vías de la comunidad de Tacagua y de la autopista Caracas – La Guaira para el tránsito de los camiones de carga pesada, por lo tanto la transitabilidad e infraestructura vial de barrio, de la autopista y de las vías internas de la cantera son vulnerables a los efectos de estos vehículos. El paso de

camiones causa molestias a la comunidad, causando molestias a la comunidad, se evidencia esto en el resultado de la pregunta 2 del proceso de consulta, donde 47 de los 100 encuestados manifestaron que los camiones de carga pesada relacionados a las actividades de la cantera deterioran la vialidad.

8.5. ESTABILIDAD DE TALUDES ROCOSOS

Para realizar el análisis de estabilidad de los taludes rocosos de Frente 2, que corresponden a los bancos finales de excavación, se tomaron los datos de azimuth y buzamiento de los planos de discontinuidad más relevantes (foliaciones y diaclasas) que condicionan el comportamiento del macizo, con la ayuda de una brújula inclinométrica. Se clasificaron los taludes de explotación de acuerdo a su orientación, dividiéndose en 4 grupos, para realizar el análisis cinemático de rotura tipo plana y de cuña en función de la orientación de los taludes de excavación y de las discontinuidades. En los taludes del grupo 4 no se pudo obtener información referente a las discontinuidades debido a que las mismas al momento de este estudio estaban cubiertas por vegetación, y por interpretaciones en campo no se asumió la continuidad de las orientaciones ya tomadas, por lo que a este grupo de taludes no se le realizó análisis de estabilidad. La zonificación de los taludes se presenta en la Figura N° 30, y su orientación en la Tabla N° 06.

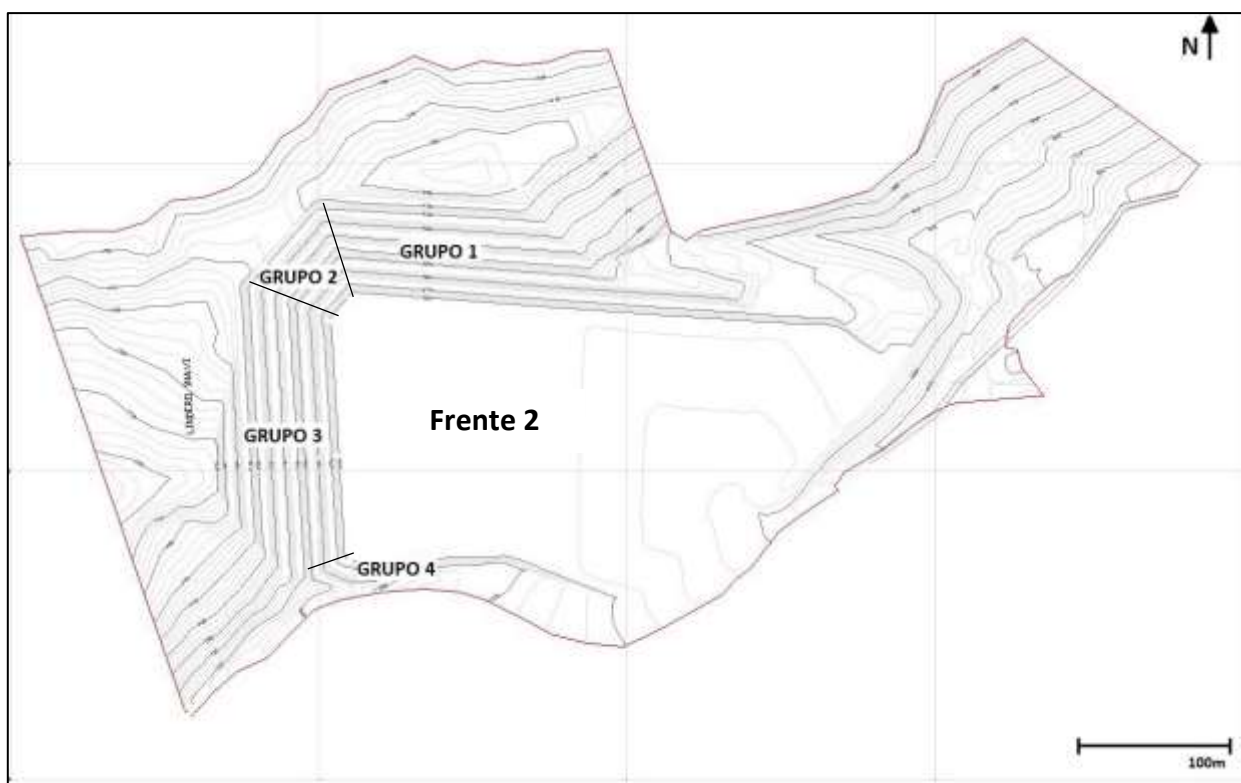


Figura N° 30. Zonificación de los taludes de acuerdo a su orientación

Tabla N° 06. Orientación de los taludes de excavación

Grupo	Rumbo	Buzamiento	Inclinación	Azimut
1	N85W	60S	60	185
2	N40E	60S	60	130
3	N3W	60N	60	087
4	E-W	60N	60	000

Para aquellos taludes que presentaron posibilidad cinemática de fallar debido a orientaciones desfavorables de discontinuidades, se le realizó el análisis mecánico para obtener el factor de seguridad respectivo y establecer las medidas de corrección de ser necesario. Los datos de fricción tomados para este modelo se basaron en un estudio realizado por (Espinoza, 2014) en la que se concluyó, en base a datos obtenidos en campo y ensayos de núcleos de roca en laboratorio, que las discontinuidades tienen un ángulo de fricción de 35°.

Se presenta en la Tabla N° 07, 08 y 09 los resultados de la medición de las discontinuidades visibles en Frente 2, obtenidas directamente en el talud de excavación, donde se identificaron tres grupos de orientaciones.

Tabla N° 07. Medición de foliaciones presentes en Frente 2

Grupo	Rumbo	Buzamiento	Inclinación	Azimut
Foliación	N84W	40N	40	006
	N76W	53N	53	014
	N82W	40N	40	008
	N70W	37N	37	020
	N37W	30N	30	053
	N78W	34N	34	012
	N38W	32N	32	052
	N75W	41N	41	015
	N58W	42N	42	032
	N67W	44N	44	023
	N51W	45N	45	039
	N55W	36N	36	035
	N63W	28N	28	027
	N55W	27N	27	035
	N40W	42N	42	050
	N86W	30N	30	004
	N75W	22N	22	015
	N70W	46N	46	020
	N45W	12N	12	045
	N79W	57N	57	011

Tabla N° 08. Medición de familia de diaclasa 1 presentes en Frente 2

Grupo	Rumbo	Buzamiento	Inclinación	Azimut
Familia de diaclasa 1	N41W	76S	76	229
	N28W	72S	72	242
	N40W	67S	67	230
	N30W	60S	60	240
	N24W	80S	80	246
	N37W	87S	87	233
	N40E	80N	80	310
	N31W	72S	72	239
	N28W	72S	72	242
	N24W	70S	70	246
	N40W	76S	76	230
	N37W	75S	75	233
	N23W	69S	69	247
	N13W	70S	70	257
	N40W	75S	75	230
	N60E	66N	66	330
	N45W	60S	60	225
	N40W	64S	64	230
	N36W	84S	84	234
	N20W	81S	81	250

Tabla N° 09. Medición de familia de diaclasa 2 presentes en Frente 2

Grupo	Rumbo	Buzamiento	Inclinación	Azimut
Familia de diaclasa 2	N31E	46S	46	121
	N40E	50S	50	130
	N52E	55S	55	142
	N56E	30S	30	146
	N49E	22S	22	139
	N33E	36S	36	123
	N30E	32S	32	120
	N34E	59N	59	304
	N52E	50S	50	142
	N50E	57S	57	140
	N35E	50S	50	125
	N35E	52S	52	125
	N36E	36S	36	126
	N45W	50S	50	225
	N63E	42S	42	153
	N33E	47S	47	123
	N29E	24S	24	119
	N25E	47S	47	115
	N52E	43S	43	142
	N50W	20S	20	220

En la Figura N° 31 se presenta la distribución de los polos de los planos de discontinuidad medidos en campo, donde los puntos de mayor concentración corresponden al polo de los planos de referencia para las discontinuidades tomadas en este análisis.

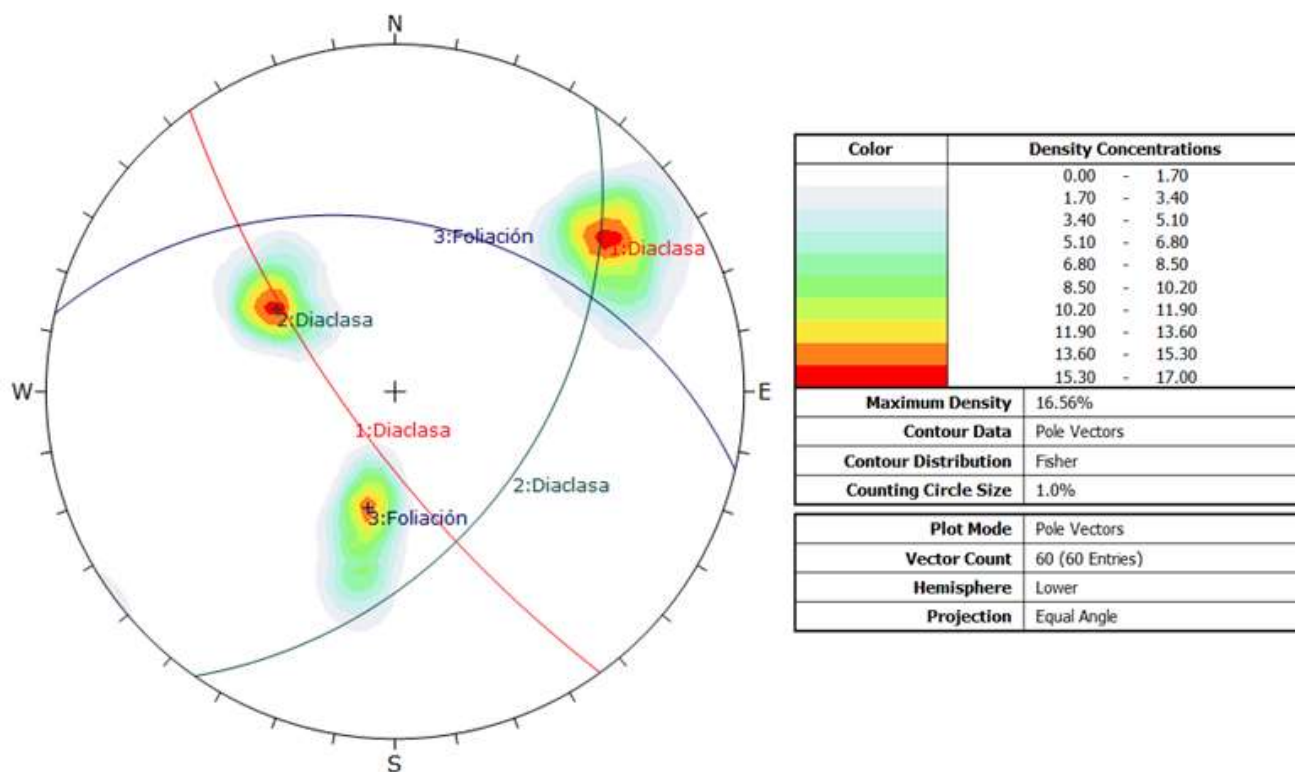


Figura N° 31. Representación de las discontinuidades

De la Figura N° 31, se han identificado en total 3 familias de discontinuidades diferentes, resumidas en la Tabla N° 10.

Tabla N° 10. Resumen de medición de las discontinuidades presentes en Frente 2

ID	Tipo	Rumbo	Buzamiento	Inclinación	Azimut
1	Diaplasa	N36W	74S	74	234
2	Diaplasa	N35E	45S	45	125
3	Foliación	N77W	38N	38	013

Se presenta entonces el análisis cinemático y mecánico realizado:

8.5.1. Análisis cinemático

- Grupo 1

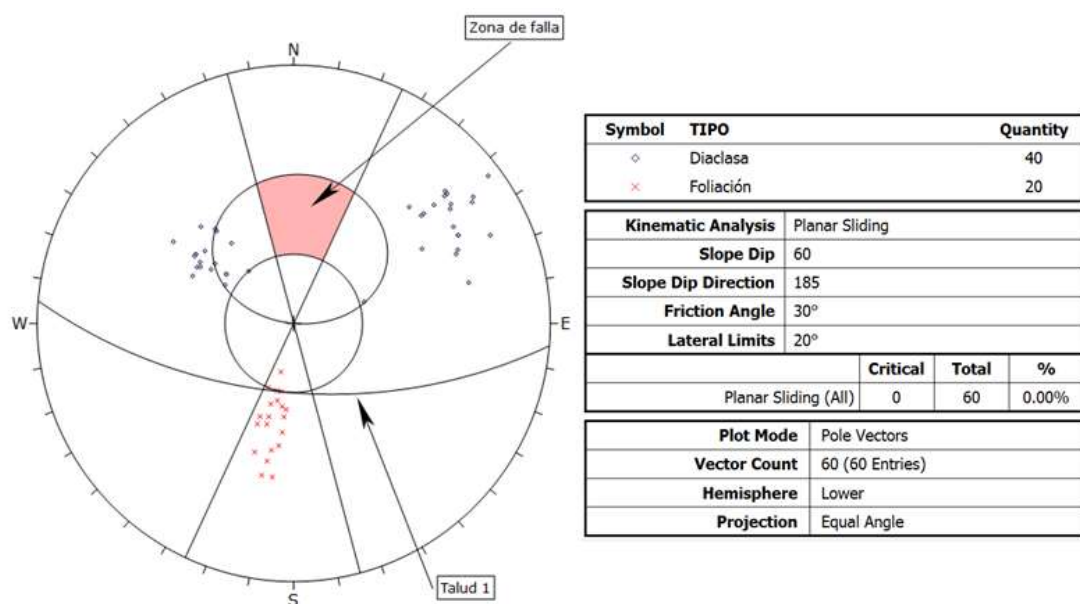


Figura N° 32. Estudio de falla plana en los taludes del Grupo 1

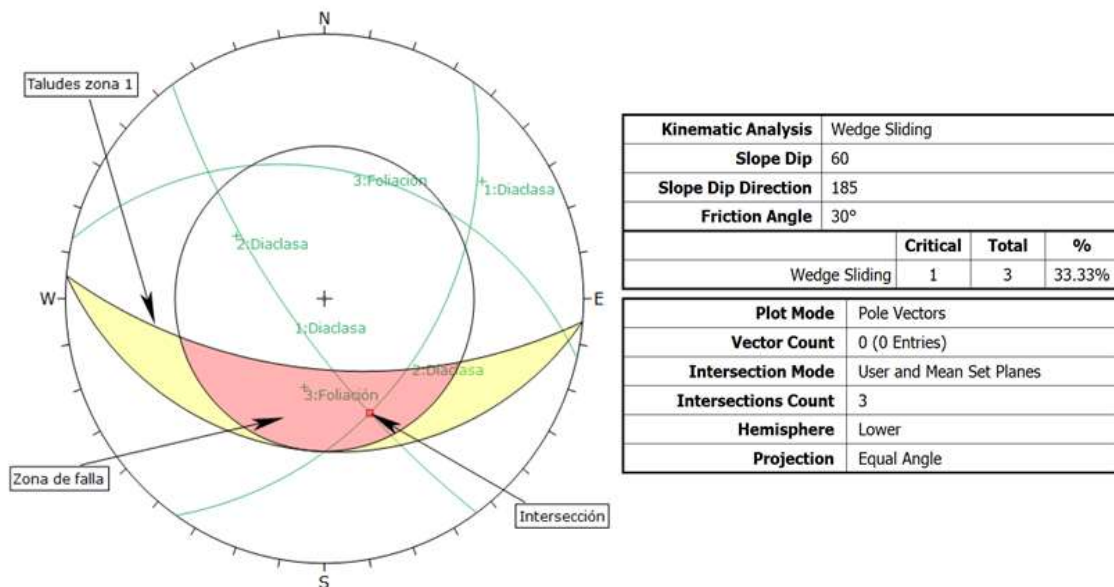


Figura N° 33. Estudio de falla de cuña en los taludes del Grupo 1

Conclusión: no existe posibilidad cinemática de falla plana en los taludes del Grupo 1. Existe posibilidad cinemática de falla de cuña a través de la línea de intersección de la diaclasa 1 y 2.

- Grupo 2

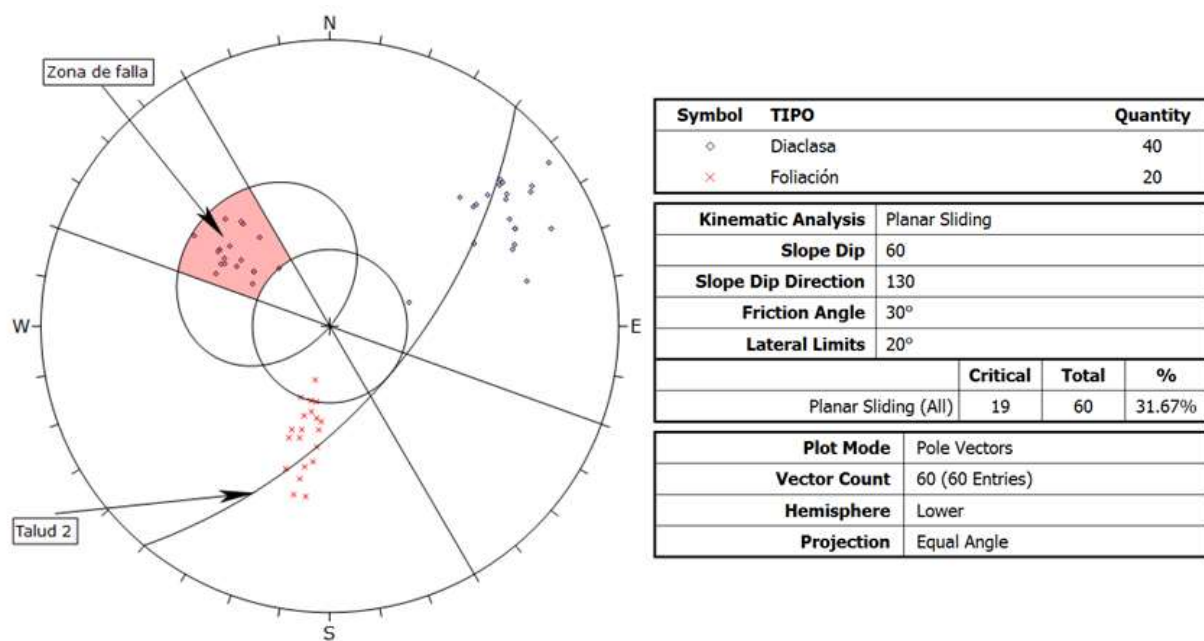


Figura N° 34. Estudio de falla plana en los taludes del Grupo 2

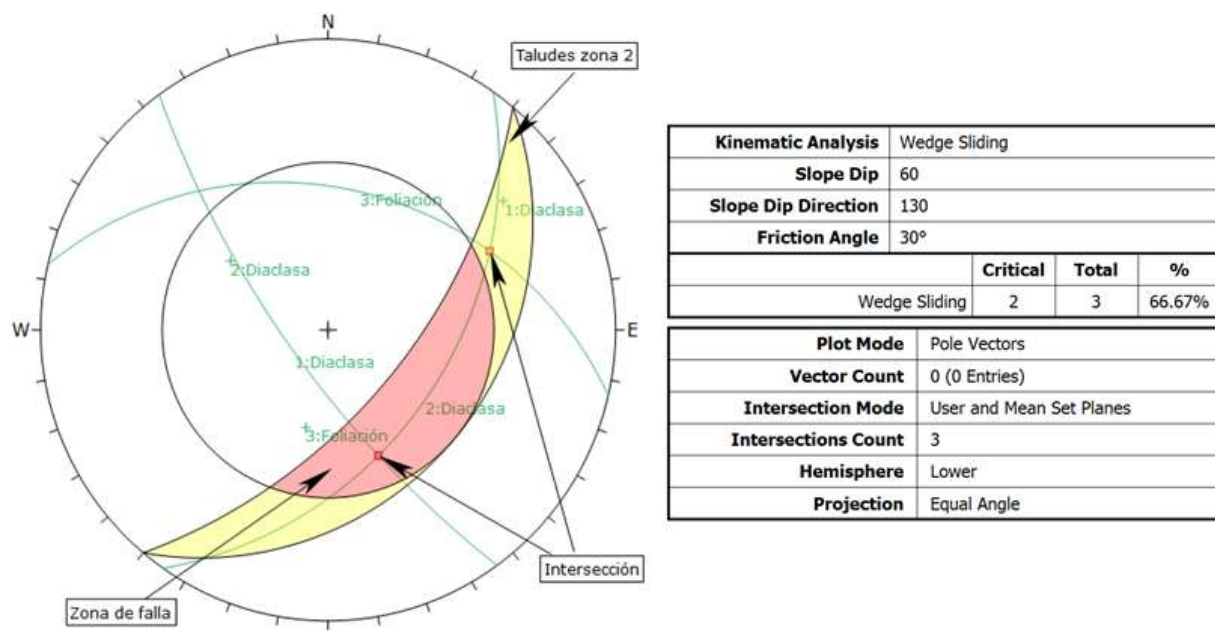


Figura N° 35. Estudio de falla de cuña en los taludes del Grupo 2

Conclusión: existe posibilidad cinemática de falla plana controlada por los planos de diaclasa 2. Existe posibilidad cinemática de falla de cuña a través de la línea de intersección entre las dos familias de diaclasa.

- Grupo 3

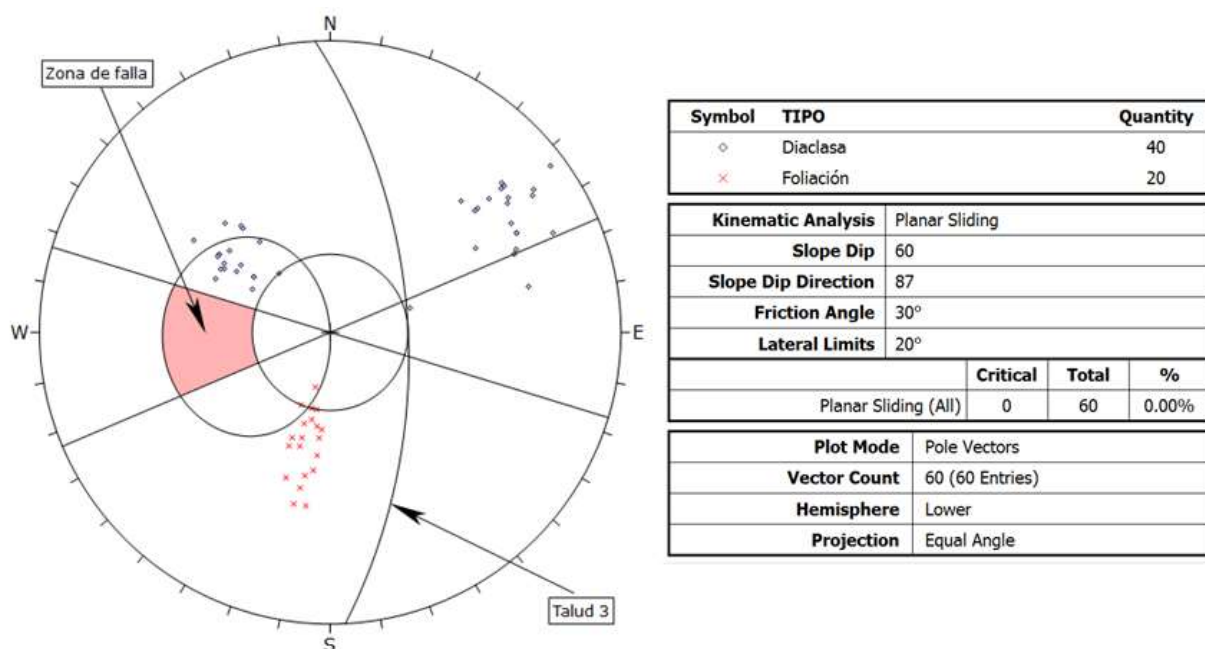


Figura N° 36. Estudio de falla plana en los taludes del Grupo 3

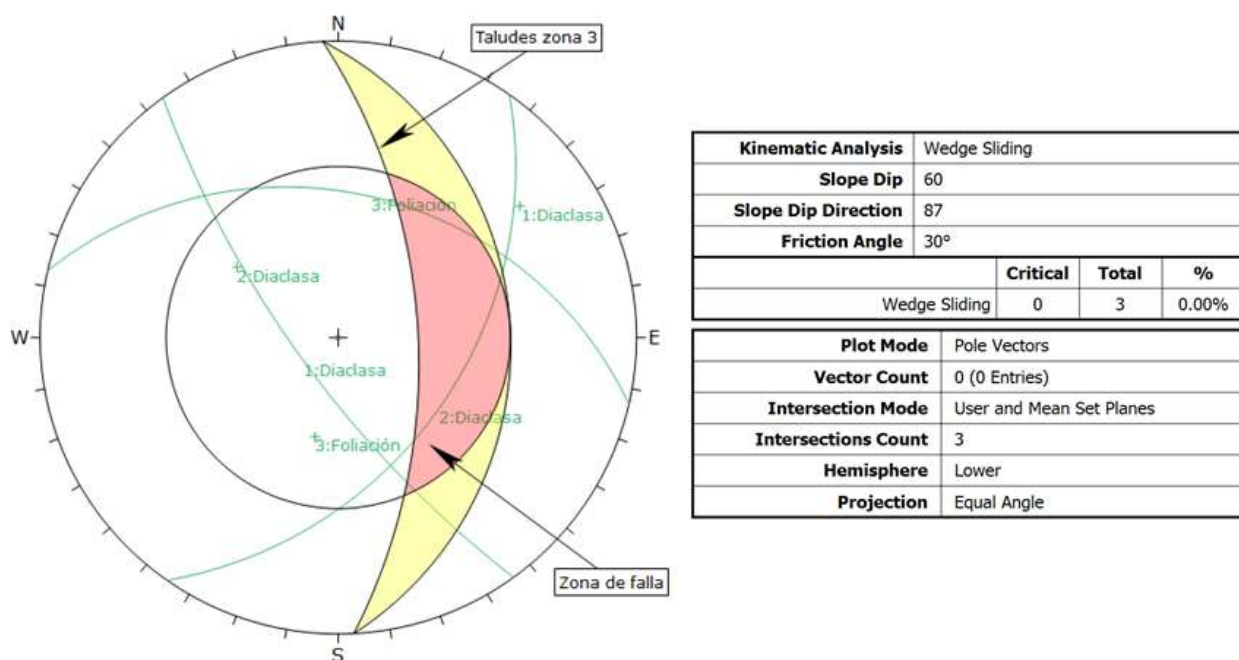


Figura N° 37. Estudio de falla de cuña en los taludes del Grupo 3

Conclusión: no existe posibilidad cinemática de falla plana ni de cuña en los taludes del Grupo 3.

8.5.2. Análisis mecánico

- Grupo 1, falla de cuña

Tabla N° 11. Resultados del análisis mecánico para fallas de cuña, Grupo 1

Factor de seguridad	1,87
Ancho de cuña	4,83 m
Volumen de cuña	56,36 m ³
Peso de cuña	146,50 ton
Ángulo recta de intersección	40°
Longitud recta de intersección	15,55 m
Cohesión	1 ton/m ²
Fricción	35°

En el grupo 1, para falla de cuña se obtuvo un factor de seguridad de 1,87, lo que indica que la configuración es completamente estable de acuerdo al modelo propuesto.

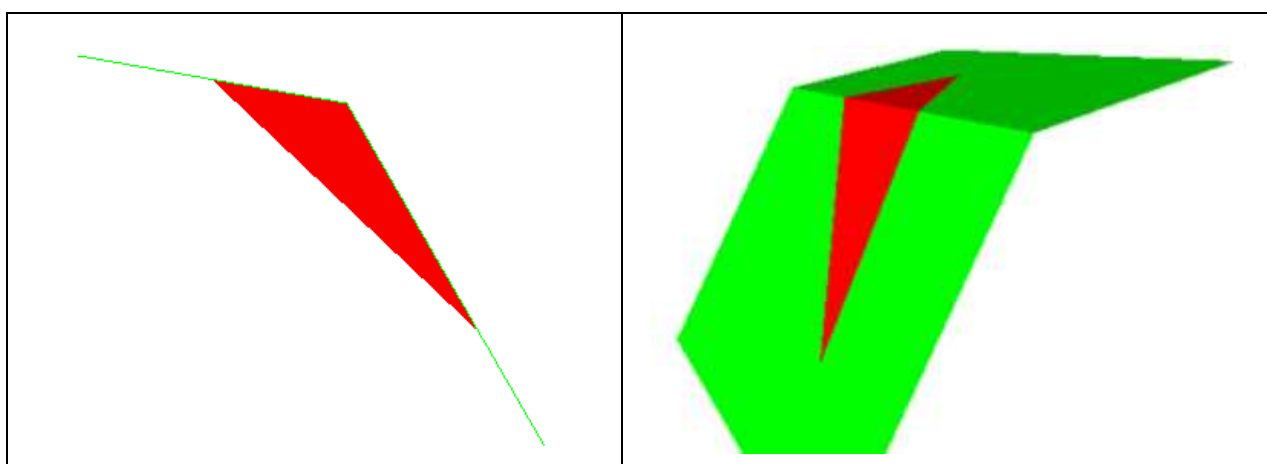


Figura N° 38. Perfil y 3D de la falla de cuña del Grupo 1

- Grupo 2, falla de cuña

Tabla N° 12. Resultados del análisis mecánico para fallas de cuña, Grupo 2

Factor de seguridad	1,68
Ancho de cuña	5,92 m
Volumen de cuña	464,26 m ³
Peso de cuña	1207,09 ton
Ángulo recta de intersección	40°
Longitud recta de intersección	17,15 m
Cohesión	1 ton/m ²
Fricción	35°

En el grupo 2, para falla de cuña se obtuvo un factor de seguridad de 1,68, lo que indica que la configuración es completamente estable de acuerdo al modelo propuesto.

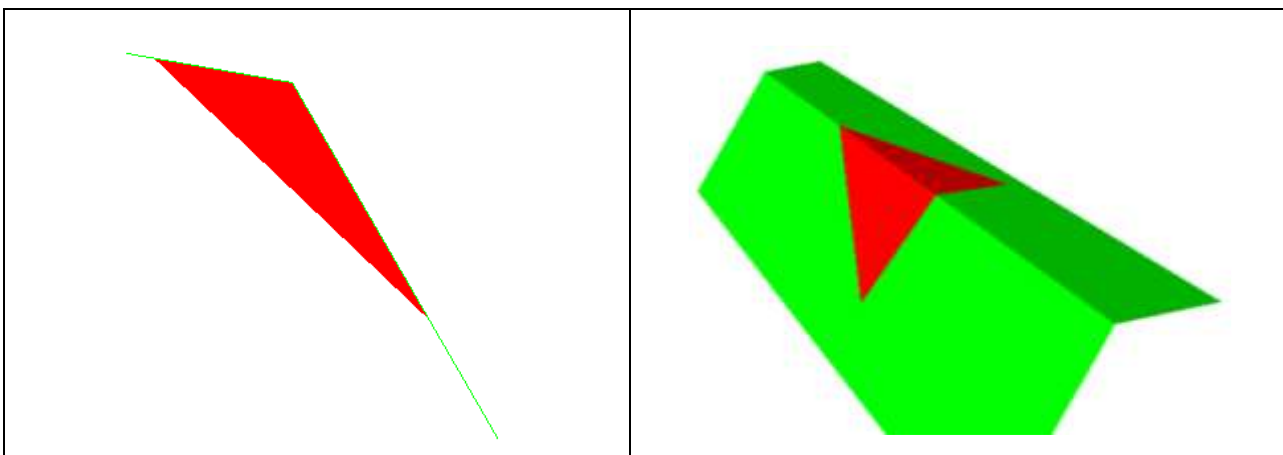


Figura N° 39. Perfil y 3D de la falla de cuña del Grupo 2

- **Grupo 2, falla plana**

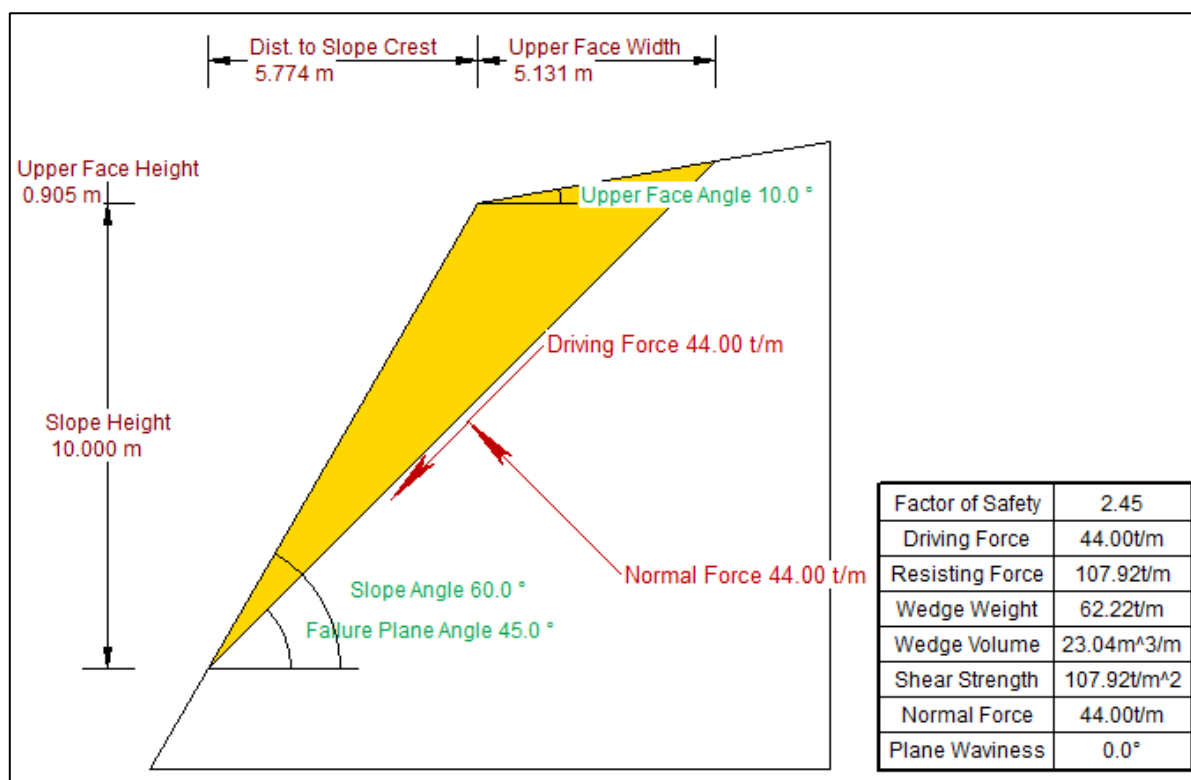


Figura N° 40. Perfil y resultados del análisis mecánico de la falla plana del Grupo 2

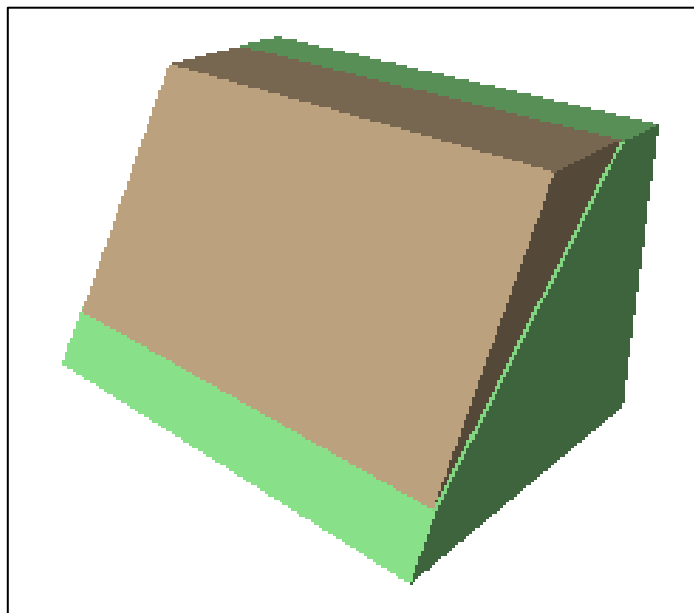


Figura N° 41. Falla plana del Grupo 2 en 3D

En la zona del Grupo 2 se obtuvo un factor de seguridad de 2,45 para falla plana, lo cual indica que la configuración es estable de acuerdo al modelo propuesto.

8.6. ESTABILIDAD DE TALUDES EN RELLENOS

Para analizar la estabilidad de la escombrera, se utilizó el método de análisis por retrocálculo para obtener mediante un proceso iterativo, los parámetros geotécnicos resistentes del material (específicamente la cohesión c y el ángulo de fricción ϕ) a partir de una falla ocurrida, de tal forma que el modelo utilizado corresponda a un factor de seguridad igual a 1,000.

8.6.1. Granulometría del material

A objeto de conocer la composición del material que presentó la falla, como dato comparativo al momento de obtener los parámetros resistentes en el análisis por retrocálculo, se realizó una investigación del material de la escombrera obteniendo muestras mediante calicatas con profundidades de 1 m aproximadamente, y ubicadas en el área de deslizamiento y otros sitios donde los procesos erosivos permitieron fácilmente una toma del material. Mediante ensayos de laboratorio del material seco se obtuvo las curvas de distribución granulométrica. Los resultados de los ensayos fueron los siguientes:

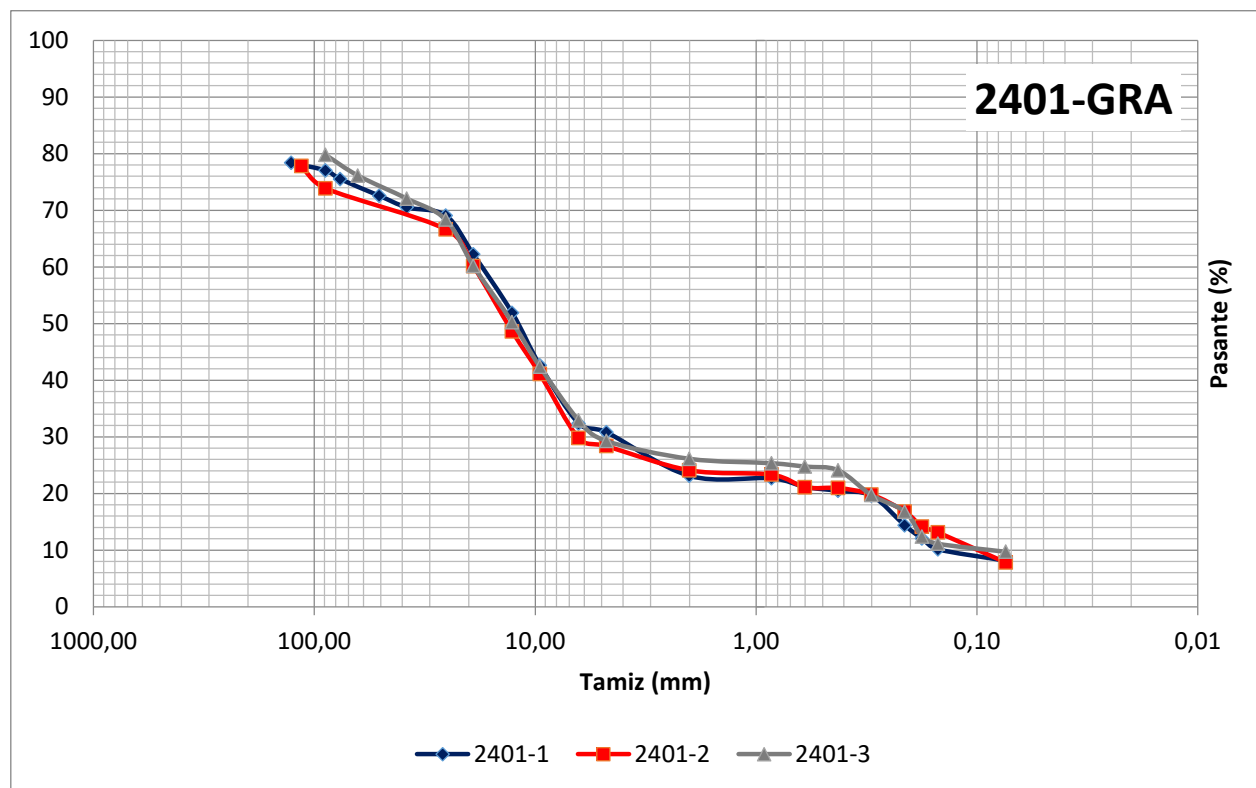


Gráfico N° 01. Distribución granulométrica. Muestras del Grupo 2401

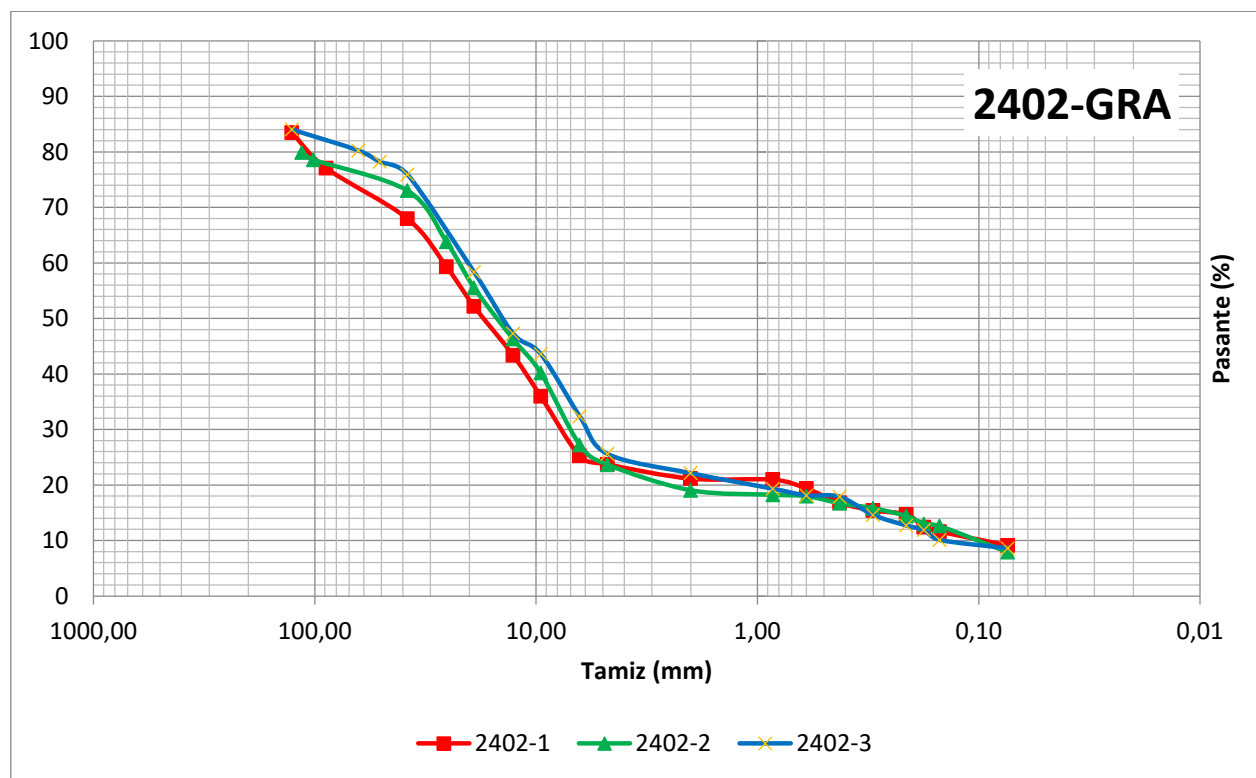


Gráfico N° 02. Distribución granulométrica. Muestras del Grupo 2402

Tabla N° 13. Granulometría del material

Muestra	Tipo (%)		
	Gravas	Arenas	Finos
2401-1	69,19	20,67	10,14
2401-2	71,64	15,23	13,12
2401-3	70,74	18,15	11,11
2402-1	76,28	12,11	11,60
2402-2	76,33	11,06	12,60
2402-3	74,40	15,50	10,10

De los resultados obtenidos para la caracterización de las muestras de la escombrera, se puede observar que en promedio las mismas están compuestas por un 73,10% de gravas, 15,45% de arenas y 11,45% de finos.

8.6.2. Antecedentes del deslizamiento

La escombrera presenta un deslizamiento con características de un movimiento en masa tipo rotacional, comúnmente presentados en rellenos (Figura N° 42).



Figura N° 42. Deslizamiento en la escombrera

Se puede observar la forma suavemente ondulada, característica de este tipo de movimiento. Es necesario resaltar que no es primera vez que ocurre este tipo de fallas en la escombrera, los indicios de antiguas fallas se pueden observar igualmente en la Figura N° 42, donde se evidencia una forma vertical en la cresta del talud. Sobre el origen de la falla, de acuerdo a información recopilada por medio de preguntas directamente al personal de la cantera, la misma ocurrió en épocas de lluvia, sin sobrecarga, aceleración sísmica o vibraciones por voladura.

8.6.3. Sección del deslizamiento

Teniendo en cuenta que la escombrera no está representada en los planos topográficos de la cantera, se realizó un levantamiento de la misma y de la sección correspondiente al talud y la superficie de deslizamiento, utilizando un GPS y cinta métrica, definiendo la sección crítica de análisis A-A'. La topografía inicial fue obtenida a través de mapas topográficos antes de que la escombrera sea emplazada. Las condiciones de agua se tomaron saturadas para la capa más somera de suelo, ya que en el momento de falla se presentaban niveles muy altos de lluvia sobre el proyecto. El modelo resultante se puede observar en la Figura N° 43.

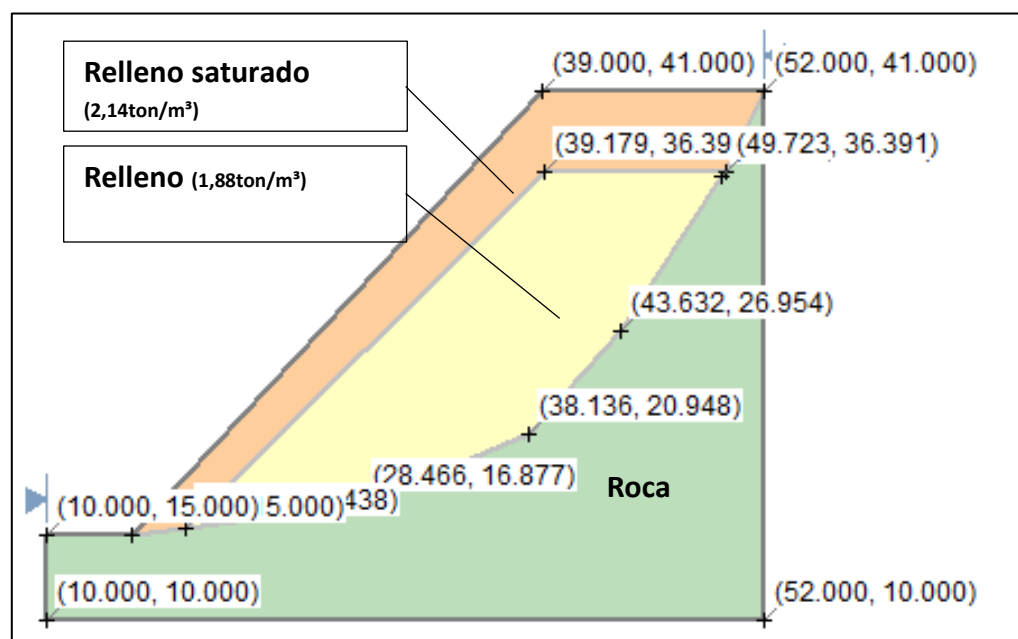


Figura N° 43. Sección crítica de análisis A-A'

8.6.4. Análisis por retrocálculo

Para estimar los valores de cohesión y ángulo de fricción del material de la escombrera por medio del análisis por retrocálculo, se realizó una primera aproximación mediante diferentes análisis de estabilidad, combinando valores de cohesión (c) ente 0,000 y 0,018 kg/cm², con ángulos de fricción entre 10 y 45°. Como indicadores de la respuesta del talud se presentan en la Tabla N° 14 los factores de seguridad para todas las parejas de resistencia.

Tabla N° 14. Iteración de valores para análisis por retrocálculo

Propiedades			Factor de seguridad
c (MPa)	c (Kg/cm ²)	ϕ (°)	
0,000	0,00	10	0,160
0,000	0,00	15	0,252
0,000	0,00	20	0,342
0,000	0,00	25	0,434
0,000	0,00	30	0,536
0,000	0,00	35	0,652
0,000	0,00	40	0,779
0,000	0,00	45	0,926
0,004	0,04	10	0,268
0,004	0,04	15	0,368
0,004	0,04	20	0,468
0,004	0,04	25	0,575
0,004	0,04	30	0,688
0,004	0,04	35	0,815
0,004	0,04	40	0,954
0,004	0,04	45	1,110
0,008	0,08	10	0,331
0,008	0,08	15	0,440
0,008	0,08	20	0,548
0,008	0,08	25	0,659
0,008	0,08	30	0,777
0,008	0,08	35	0,907
0,008	0,08	40	1,046
0,008	0,08	45	1,212

Propiedades			Factor de seguridad
c (MPa)	c (Kg/cm ²)	ϕ (°)	
0,012	0,12	10	0,387
0,012	0,12	15	0,501
0,012	0,12	20	0,615
0,012	0,12	25	0,731
0,012	0,12	30	0,855
0,012	0,12	35	0,988
0,012	0,12	40	1,131
0,012	0,12	45	1,300
0,016	0,16	10	0,438
0,016	0,16	15	0,558
0,016	0,16	20	0,676
0,016	0,16	25	0,798
0,016	0,16	30	0,924
0,016	0,16	35	1,058
0,016	0,16	40	1,208
0,016	0,16	45	1,382
0,018	0,18	10	0,462
0,018	0,18	15	0,585
0,018	0,18	20	0,706
0,018	0,18	25	0,829
0,018	0,18	30	0,958
0,018	0,18	35	1,092
0,018	0,18	40	1,245
0,018	0,18	45	1,420

Se revisaron para las diferentes condiciones donde se aproximan los factores de seguridad a un valor igual a 1,000 las superficies de falla producidas, obteniendo que para un ángulo de fricción igual a 37° y una cohesión entre 0,05 y 0,10 kg/cm² se ajustaba a la forma real. Se llevaron a cabo iteraciones en ese rango, en la cual se obtuvo que para un valor de cohesión de 0,08 kg/cm² y un ángulo de fricción de 37°, se obtiene un factor de seguridad de 0,999 representando el equilibrio limite e igualmente se ajustaba a la falla medida en la escombrera. Los valores iterativos se presentan en el Grafico N° 03 y el modelo con la superficie de falla se puede observar en la Figura N° 44.

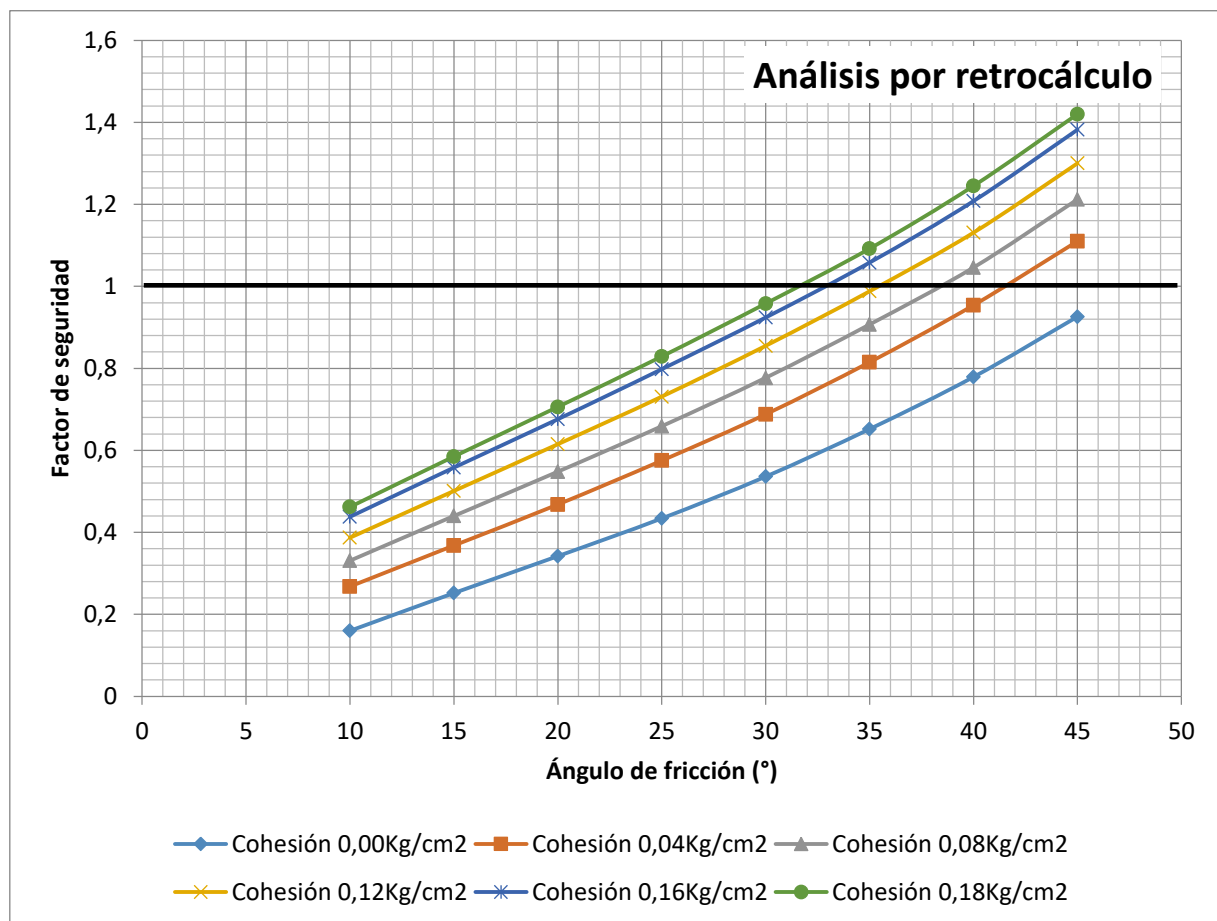


Gráfico N° 03. Análisis por retrocálculo

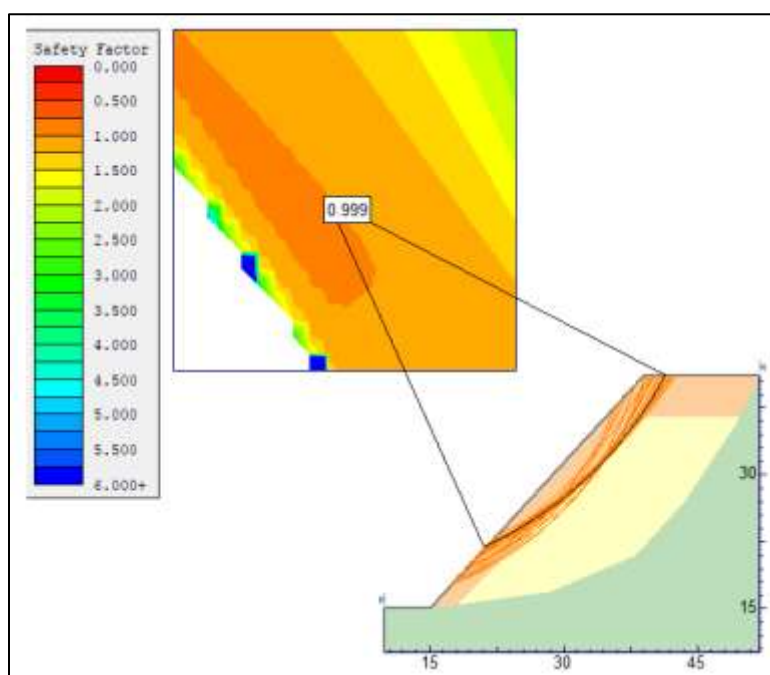


Figura N° 44. Sección crítica de análisis A-A' con la superficie de falla

Además, de acuerdo a la caracterización del material la superficie de falla está conformada en aproximadamente un 90% por gravas y arenas, las cuales tienen propiedades que varían en los rangos de resistencias reportadas en el retrocálculo, por lo cual se considera que los parámetros característicos para definir este material son:

$$\text{COHESIÓN (c)} = 0,08\text{Kg/cm}^2 \text{ y } \text{ÁNGULO DE FRICCIÓN } (\phi) = 37^\circ$$

8.6.5. Análisis de estabilidad global

El análisis de estabilidad global de la escombrera se realizó para 4 secciones diferentes, utilizando los parámetros establecidos en el análisis por retrocálculo y las mismas condiciones en las capas del relleno. En la Figura N° 45 se presenta la ubicación de las secciones, incluyendo la de la sección A-A' que representa la sección crítica de análisis. Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla N° 15.

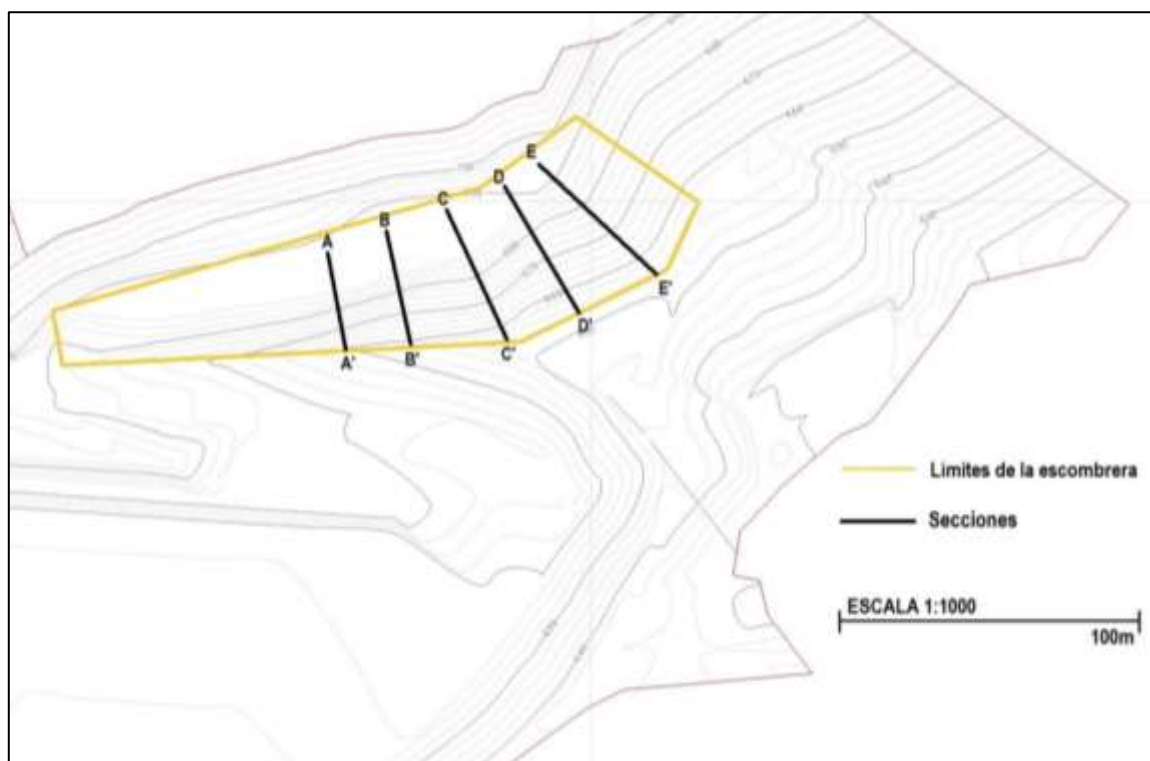


Figura N° 45. Ubicación de las secciones

Tabla N° 15. Factor de seguridad en las secciones estudiadas

Sección	Factor de seguridad
B-B'	1,051
C-C'	1,130
D-D'	1,164
E-E'	1,193

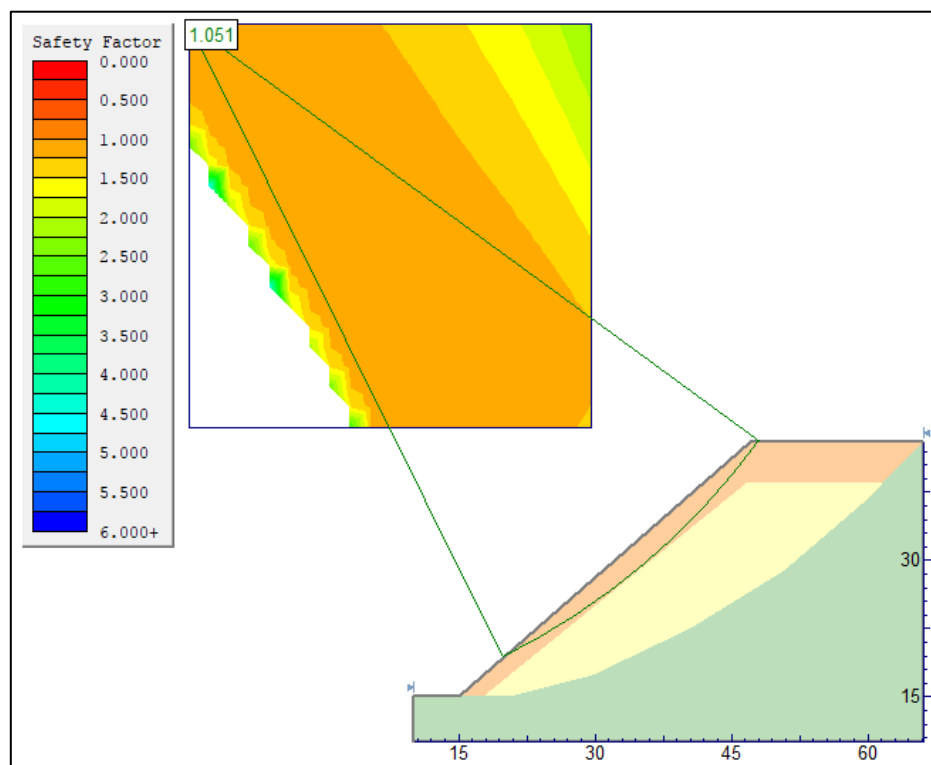


Figura N° 46. Análisis de estabilidad sección B-B'

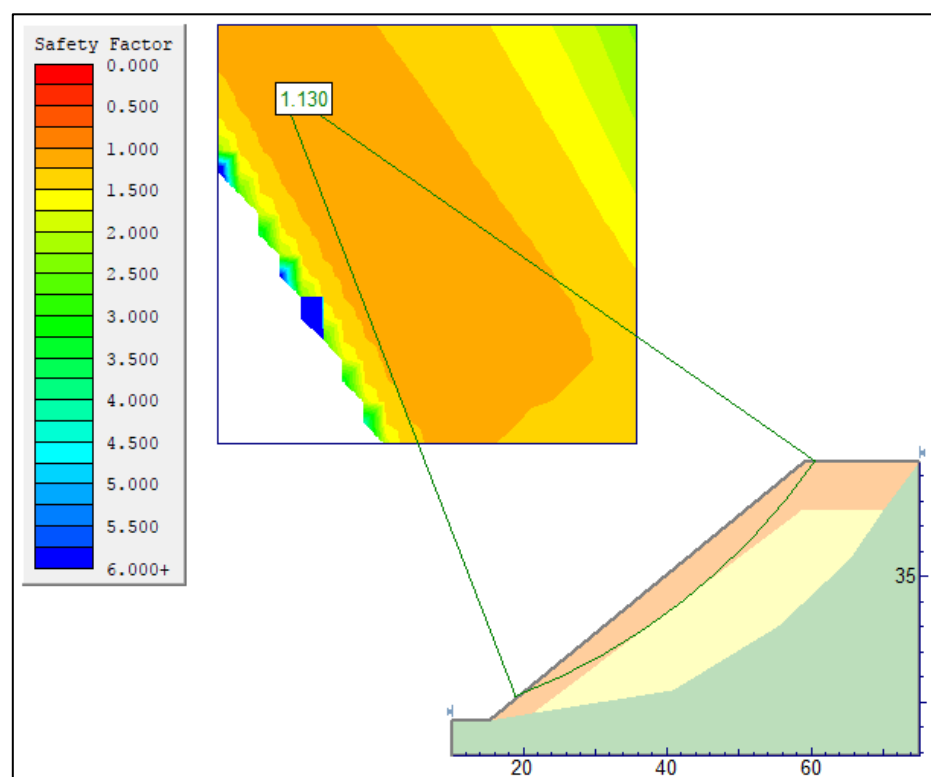


Figura N° 47. Análisis de estabilidad sección C-C'

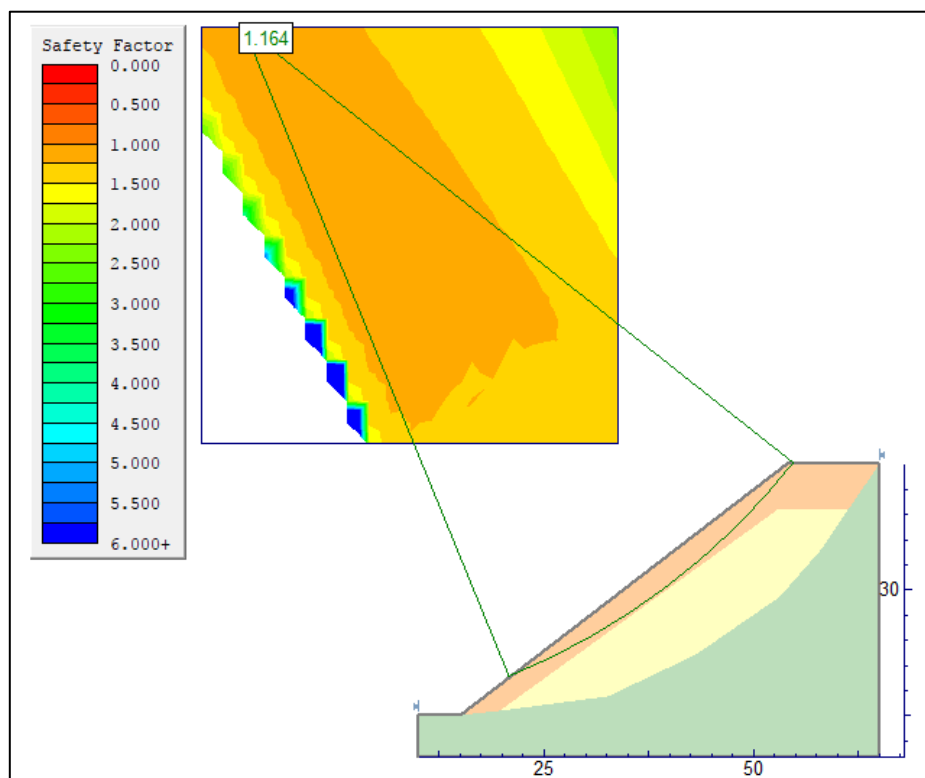


Figura N° 48. Análisis de estabilidad sección D-D'

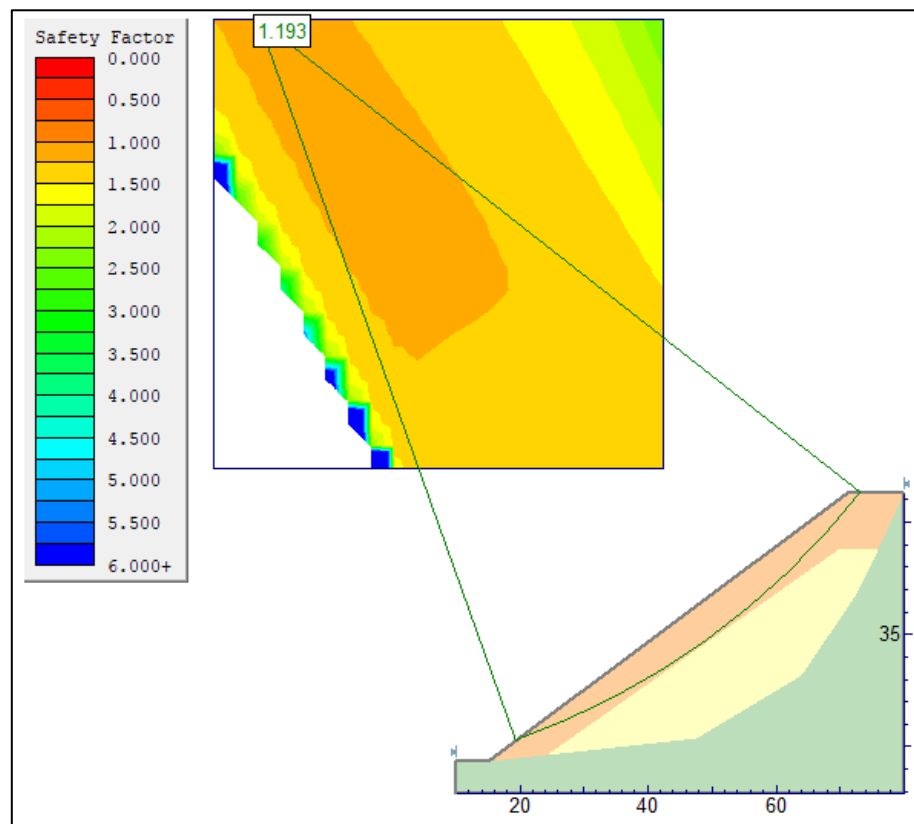


Figura N° 49. Análisis de estabilidad sección E-E'

En las cuatro secciones estudiadas para el análisis de estabilidad de la escombrera se obtuvieron factores de seguridad mayores a 1,000. Sin embargo es necesario aclarar que no se consideraron sobrecargas, aceleración sísmica ni el relleno totalmente saturado, por lo que bajo cualquiera de estas condiciones, o en otras ligeramente diferentes y desfavorables, los factores de seguridad pudieran estar por debajo de su equilibrio limite, en vista de que en el análisis los resultados solo superaron levemente este valor, de allí la necesidad de corregir dicho panorama.

8.7. EVALUACIÓN DE LA EROSIÓN HÍDRICA

Para evaluar la erosión hídrica, se utilizó el método de parcelas experimentales con clavos de erosión. Se realizó primeramente un reconocimiento del área para ubicar los sitios más propensos a la erosión. Posteriormente se instalaron cuatro parcelas experimentales para abarcar las zonas más críticas a este proceso. En la Figura N° 50 se observa la localización de las parcelas experimentales y en la Tabla N° 16 las coordenadas, nótese que las mismas no están dispersas a lo largo de la zona de explotación, en vista de que los puntos críticos de los procesos erosivos corresponden a las zonas de rellenos que no han sido cubiertas por vegetación, y que de acuerdo al plan de explotación no se tiene planificado intervenir. Si bien las demás áreas no están exentas a este proceso, las mismas van a ser intervenidas a corto plazo para la extracción de mineral no metálico, por lo tanto no fueron incluidas en los estudios de erosión.

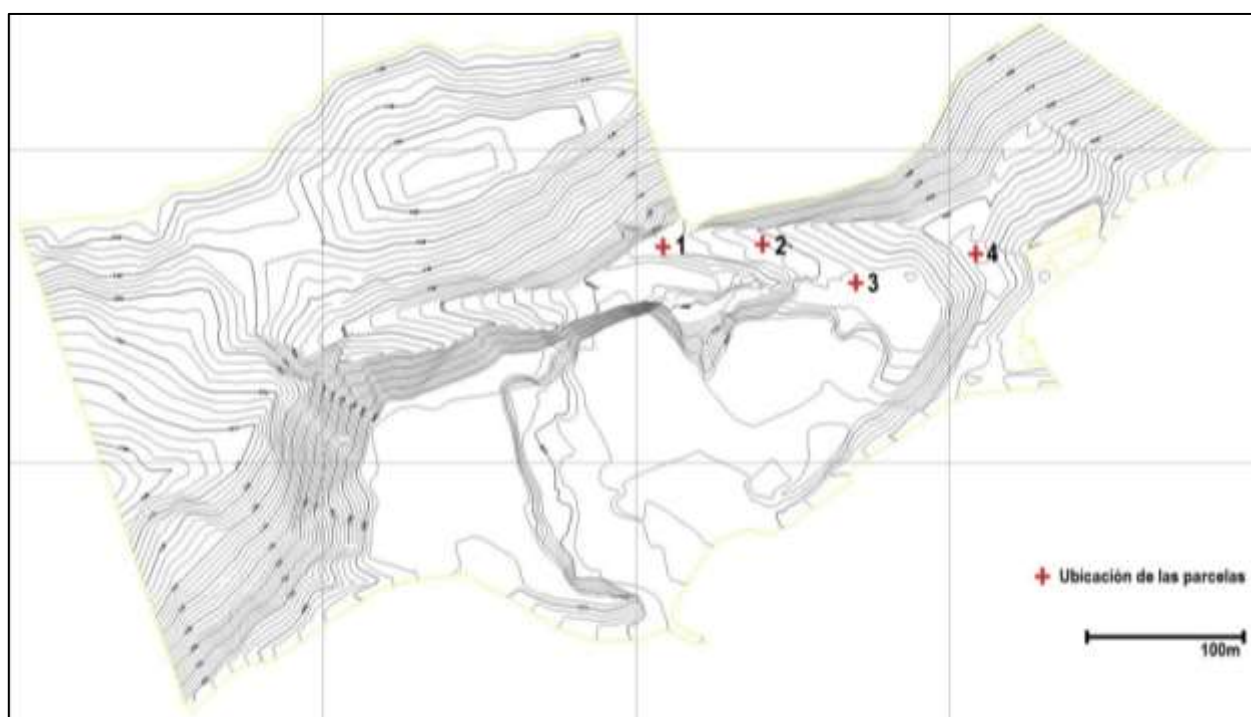


Figura N° 50. Ubicación de las parcelas experimentales

Tabla N° 16. Coordenadas de las parcelas experimentales

Parcela	Coordenadas	
	Norte	Este
1	1.164.267,92	718.680,78
2	1.164.256,81	718.732,64
3	1.164.240,60	718.766,45
4	1.164.253,30	718.884,88

La instalación de las parcelas se realizó el 25/09/2017 y el estudio fue realizado por cuatro semanas consecutivas a partir de esa fecha. Las dimensiones de cada parcela es de 5 metros de ancho por 10 metros de largo, los clavos se distanciaron a 1 m tanto en el largo como en el ancho, lo que se traduce en que las parcelas abarcan un área de 50 m² cada una, abarcando un total de 200 m² de muestra estudiada (se estima que el área crítica de procesos de erosión en la cantera ocupa aproximadamente 2250 m²). El largo de los clavos es de 30 cm, y la profundidad de penetración de cada uno estuvo entre 15 y 20 cm. Los mismos fueron pintados para marcar el nivel inicial del suelo, y rotulados a razón de 1 cm.

8.7.1. Densidad aparente del suelo

Para este análisis se recolectaron muestras de suelo a razón de tres muestras por parcela. Se utilizó un muestreador que consistió en un cilindro metálico de 10,30 cm de diámetro interno y 9,60 cm de altura. Una vez extraído el muestreador del suelo se enrasó cada muestra, se envolvieron en un papel de plástico y fueron llevadas al laboratorio para su secado y posterior pesado para determinar su masa. En la Tabla N° 17 se presentan los valores de densidad aparente de las muestras. En general las parcelas tienen una densidad aparente promedio de 1,19 g/cm³.

Tabla N° 17. Densidad aparente de las muestras

Parcela	Muestra	Peso seco (g)	Densidad aparente (g/cm ³)	Densidad aparente promedio (g/cm ³)
1	1-1	895,4	1,12	1,18
	1-2	943,4	1,18	
	1-3	983,4	1,23	
2	2-1	775,5	0,97	1,02
	2-2	887,4	1,11	
	2-3	791,5	0,99	
3	3-1	983,3	1,23	1,18
	3-2	927,4	1,16	
	3-3	911,4	1,14	
4	4-1	1135,3	1,42	1,39
	4-2	1087,3	1,36	
	4-3	1111,3	1,39	

8.7.2. Medición de las precipitaciones

Se obtuvo la información de las precipitaciones ocurridas para el periodo de evaluación de la erosión hídrica, utilizando un pluviómetro artesanal colocado en un sitio estratégico de la cantera para captar las aguas de lluvia sin ningún tipo de obstrucción. La medición de las precipitaciones fueron hechas por un trabajador de la cantera especialmente capacitado para cumplir con estas funciones. Los datos fueron recibidos de manera periódica tras cada precipitación ocurrida en la cantera, a partir del 25/09/2017 y por cuatro semanas consecutivas. Las lluvias ocurridas fuera del horario laboral igualmente fueron medidas, estimando su duración por medio de preguntas realizadas a trabajadores de la cantera que viven en la zona. Se obtuvo el monto total de precipitación y la intensidad por tormentas. En la Tabla N°18 se presentan los resultados obtenidos luego de la medición de los eventos de lluvia

Tabla N° 18. Medición de las precipitaciones

Fecha	Hora		Tiempo total (min)	Altura de agua (mm)	Intensidad (mm/h)	Medición de los clavos de erosión
	Inicio	Fin				
27/09/17	1:12pm	1:26pm	14	1,02	4,37	02/10/17
28/09/17	9:25am	9:43am	18	1,92	6,40	
28/09/17	11:17am	11:50am	33	1,05	1,91	
28/09/17	2:35pm	2:46pm	11	0,82	4,47	
30/09/17*	3:30pm	4:00pm	30	1,10	2,20	
03/10/17*	4:00am	5:30am	50	1,70	2,04	06/10/17
03/10/17	6:49am	8:01am	12	0,91	4,55	
07/10/17*	8:00pm	8:30pm	30	1,40	2,80	11/10/17
09/10/17	1:46pm	2:10pm	24	1,36	3,40	
17/10/17*	6:30pm	7:30pm	60	1,97	1,97	20/10/17

*Valor estimado por ocurrir la precipitación fuera de la jornada laboral

8.7.3. Resultados de evaluación local de los procesos erosivos

La medición de los clavos de erosión se realizó en plazos variables, ya que se procuró que las mismas sean efectuadas al menos 2 días después cada tormenta, para evitar errores por efecto de la humedad presente en el suelo. Para efectos de este estudio, se entenderá como tormenta a la suma de los eventos de precipitación cuyo intervalo sin lluvia sea menor a 48 horas. Una vez medidas las precipitaciones, se tuvo un monto total de intensidad por tormenta. Las mismas están señaladas en la Tabla N° 18, en cual presenta también la fecha de la medición de los clavos. Se presenta en la Tabla N° 19 los resultados de la evaluación local de los procesos erosivos, los cuales se expresan en mm y ton/Ha promedio por parcela estudiada, y se utilizan los conceptos propuestos por (Cuitiño & Pizarro, 2002) para explicar los procesos que ocurren con la aplicación de este método.

De los resultados obtenidos se evidencia que la erosión neta es mayor en la parcela 1, que corresponde al punto de estudio más alejado del área de explotación, con un resultado de

15,379 ton/Ha. Igualmente esta parcela es la que obtiene menos material sedimentado, con un total de 0,078 ton/Ha, por lo que se concluye que las mayores fuentes de erosión provienen de los sitios locales intervenidos por la explotación, y no aguas arriba.

No hay relativa variación de la erosión neta en las parcelas 2, 3 y 4. Para el periodo estudiado, se calcula una erosión neta promedio de 10,101 ton/Ha, y un suelo movilizado promedio de 12,749 ton/Ha, por lo que se concluye que localmente la erosión supera la sedimentación. Considerando que el área total localizada en rellenos y propensa a los procesos erosivos es de aproximadamente 1500 m² (0,15 Ha), se estima que se erosionaron en el periodo de estudio por lo menos 1,71 m³ de material, mientras que sedimentaron 0,20 m³, considerando el promedio de erosión y sedimentación obtenidos y la densidad promedio del suelo. Resulta entonces señalar que la erosión es el proceso dominante en la zona de rellenos de la cantera que no están revegetadas, y que el proceso debe ser corregido, debido a su relevancia.

Tabla N° 19. Evaluación de procesos erosivos

Medición	Precipitación total (mm)	Intensidad máxima (mm/h)	Parcela	Altura media del suelo (mm)		Resultados(ton/Ha)			
				E	S	E	S	En	Sm
02/10/17	5,91	6,40	1	0,469	0,003	6,097	0,039	6,058	6,136
			2	0,406	0,113	4,547	1,266	3,282	5,813
			3	0,347	0,079	4,511	1,027	3,484	5,538
			4	0,227	0,008	3,473	0,122	3,351	3,596
06/10/17	2,61	4,55	1	0,349	0,001	4,537	0,013	4,524	4,550
			2	0,296	0,088	3,315	0,986	2,330	4,301
			3	0,281	0,061	3,653	0,793	2,860	4,446
			4	0,151	0,001	2,310	0,015	2,295	2,326
11/10/17	2,76	3,40	1	0,179	0,001	2,327	0,013	2,314	2,340
			2	0,217	0,040	2,430	0,448	1,982	2,878
			3	0,096	0,027	1,248	0,351	0,897	1,599
			4	0,076	0,001	1,163	0,015	1,148	1,178
20/10/17	1,97	1,97	1	0,192	0,001	2,496	0,013	2,483	2,509
			2	0,103	0,002	1,154	0,022	1,131	1,176
			3	0,091	0,012	1,183	0,156	1,027	1,339
			4	0,082	0,001	1,255	0,015	1,239	1,270
Total acumulado			1	1,189	0,006	15,457	0,078	15,379	15,535
			2	1,022	0,243	11,446	2,722	8,725	14,168
			3	0,815	1,179	10,595	2,327	8,268	12,922
			4	0,539	0,011	8,201	0,168	8,033	8,369
Acumulado promedio				0,891	0,110	11,425	1,324	10,101	12,749

*E: erosión, S: sedimentación, En: erosión neta, Sm: suelo movilizado.

8.8. MEDIDAS CORRECTIVAS, MITIGANTES Y PREVENTIVAS

Las medidas que se presentan a continuación, que pueden tener carácter preventivo, mitigante o correctivo sobre los impactos potenciales presentados en el apartado 8.4, fueron diseñadas en base a la estructura organizativa del personal de VARCAM, C.A., para asignar las principales responsabilidades sobre las acciones que se llevaran a cabo durante las operaciones y el cierre/post-cierre del proyecto. El contenido de las medidas y demás información aquí señalada fue establecido de acuerdo a las directrices de la legislación venezolana y el conjunto de normas técnicas inherentes. Las medidas establecidas son las siguientes:

1. Control de emisiones de polvo y gases de combustión
2. Control de emisiones de ruido
3. Manejo de desechos sólidos no peligrosos
4. Manejo de combustibles y lubricantes
5. Diseño y mantenimiento de obras de conducción de aguas y retención de sólidos
6. Señalización y uso de equipos de protección personal
7. Restricciones a la circulación vial
8. Revegetación
9. Actividades para la sensibilización ambiental e higiene y seguridad industrial
10. Divulgación comunitaria

Para mayor facilidad y sencillez en la organización, se estructuraron en fichas con un formato propio para este plan de cierre, las cuales se presentan a continuación.

Medida	Fase
1 CONTROL DE EMISIONES DE POLVO Y GASES DE COMBUSTIÓN	Operación
Objetivos	
• Preservar la calidad del aire dentro de los niveles permisibles por la legislación • Disminuir las emisiones de partículas suspendidas en el aire asociadas a las actividades de la cantera • Preservar la salud de los trabajadores	
Impacto asociado	Carácter
Alteración de la calidad del aire por emisión de partículas y gases de combustión	Mitigante
Alteración del hábitat animal	Mitigante
Afectación de la salud publica	Preventiva
Actividades a desarrollar	
1.1. Realizar mediciones sobre la concentración de partículas suspendidas en el ambiente para evaluar con exactitud el riesgo ocupacional asociado a este impacto. Contratar un laboratorio especializado para la realización de este estudio. Las siguientes normas contienen los lineamientos a considerar: • COVENIN 2252:1998 <i>Polvos. Determinación de la concentración en el ambiente de trabajo</i> • COVENIN 2253:2001 <i>Concentraciones ambientales permisibles de sustancias químicas en lugares de trabajo e índices biológicos de exposición.</i> <i>Responsable: supervisor de operaciones</i>	
1.2. Irrigar las vías de acceso y área del corredor previamente demarcada durante el tránsito de maquinarias y vehículos. La frecuencia de irrigación dependerá de las condiciones pluviométricas diarias en el área de la cantera, sin embargo puede considerarse la aplicación de rocío con especial énfasis en las actividades de transporte y operación de las maquinarias, con horarios entre las 8:00 am y 2:00 pm, a razón de dos irrigaciones. <i>Responsable: supervisor de operaciones</i>	
1.3. Procurar a través del mantenimiento preventivo el correcto funcionamiento de los equipos y máquinas para disminuir las emisiones de gases de combustión y hollín que generan los motores hacia la atmósfera <i>Responsables: técnicos de mecánica</i>	
1.4. Cubrir la carga con toldo o lona, debidamente asegurada. <i>Responsable: supervisor de operaciones</i>	

Medida	Fase
2 CONTROL DE EMISIONES DE RUIDO	Operación
Objetivos	
- Disminuir las emisiones de ruido asociado a las actividades de la cantera, tanto como sea posible - Preservar la salud de los trabajadores	
Impacto asociado	Carácter
Incremento del ruido ambiental	Mitigante
Alteración del hábitat animal	Mitigante
Afectación de la salud pública	Preventiva
Actividades a desarrollar	
En vista de que los mayores niveles de ruido provienen de las plantas de beneficio mineral y de la voladura, y por naturaleza de estos procesos el ruido generado es inevitable, solo se pueden regular aquellas emisiones provenientes de los equipos. Las medidas establecidas para el control de emisiones de ruido son las siguientes:	
2.1. Realizar mediciones sobre los niveles de ruido ocupacional para evaluar con exactitud el riesgo hacia la salud asociado a este impacto. Las siguientes normas contienen los lineamientos a considerar: - COVENIN 1565:1995 <i>Ruido ocupacional. Programa de conservación auditiva. Niveles permisibles y criterios de evaluación.</i> - COVENIN 1671-88 <i>Fuentes estacionarias. Determinación del ruido.</i> <i>Responsable: supervisor de operaciones</i>	
2.2. Regular el uso de bocinas de todos los equipos que laboren o ingresen a la cantera para la compra de material, para evitar el accionamiento innecesario. <i>Responsable: supervisor de operaciones</i>	
2.3. Equipar los vehículos de transporte de material granular con silenciadores o atenuadores de sonido (muffler) que cumplan con los niveles establecidos en la norma. <i>Responsable: técnicos de mecánica</i>	
2.4. Procurar a través del mantenimiento preventivo que el sistema de silenciadores de los equipos este en excelente estado. <i>Responsables: técnicos de mecánica</i>	

Medida	Fase
3 MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS	Operación - cierre
Objetivos	
• Propiciar el buen manejo y disposición de residuos sólidos domésticos generados en la cantera • Reducir la presencia de vectores o roedores que puedan afectar la salud	
Impacto asociado	Carácter
Contaminación del cauce receptor de agua	Preventiva
Contaminación del suelo por sustancias peligrosas	Preventiva
Alteración del hábitat animal	Preventiva
Afectación de la salud pública	Preventiva
Riesgo de conflictos sociales	Preventiva
Actividades a desarrollar	
3.1. Instalar la cantidad suficiente de contenedores, que garantice el correcto almacenamiento de los desechos sólidos no peligrosos en función de la periodicidad del servicio del aseo urbano. <i>Responsable: personal de mantenimiento</i>	
3.2. Los contenedores deben estar en buen estado y cumplir las siguientes condiciones: ser de material resistente, estar bajo techo, localizarse en suelo duro y en un sitio de fácil acceso para el camión de aseo urbano, estar permanentemente tapado para impedir escape de malos olores y la proliferación de agentes patógenos. Igualmente, deberán estar identificados indicando el tipo de residuo a disponer en cada una de ellas (orgánico, vidrio o papel). <i>Responsable: personal de mantenimiento</i>	
3.3. Realizar el almacenamiento y manipulación de los desechos solo en los lugares especialmente designados y equipados para tal fin. <i>Responsable: personal de mantenimiento</i>	
3.4. Revisar periódicamente los contenedores para evitar el riesgo de los desechos fuera de ellos, igualmente revisar el cumplimiento de lo relacionado con la separación de residuos. Los contenedores rotos deben ser sustituidos inmediatamente. <i>Responsable: personal de mantenimiento</i>	
3.5. Limpiar diariamente el área de los contenedores, a fin de evitar la proliferación de agentes patógenos. <i>Responsable: personal de mantenimiento</i>	

Medida	Fase
4 MANEJO DE COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES	Operación - cierre
Objetivos	
- Prevenir los derrames de combustibles y lubricantes basada en el control adecuado del almacenamiento y utilización del mismo - Establecer acciones para el manejo del combustible y lubricantes en caso de derrame	
Impacto asociado	Carácter
Contaminación del cauce receptor de agua	Preventiva
Contaminación del suelo por sustancias peligrosas	Preventiva
Alteración del hábitat animal	Preventiva
Afectación de la salud pública	Preventiva
Actividades a desarrollar	
4.1. Supervisar el proceso de abastecimiento de combustible por parte de la maquinaria, pues es donde existe la mayor probabilidad de derrame del mismo. <i>Responsable: supervisor de operaciones</i>	
4.2. Almacenar los aceites sólo en el área de taller de la cantera, en un sitio especialmente diseñado para ese uso, el cual deberá cumplir las siguientes condiciones: estar bajo techo, sin contacto con el suelo, a una temperatura ambiental adecuada, alejados del agua y los elementos atmosféricos. <i>Responsable: técnicos de mecánica</i>	
4.3. Garantizar a través del mantenimiento preventivo que los equipos no tengan fugas de combustible ni de aceite. Inmovilizar y reparar aquellos equipos que las presenten. <i>Responsable: técnicos de mecánica</i>	
4.4. Revisar periódicamente los tanques contenedores en busca de fugas y corrosión. Reparar las fugas, de presentarse. <i>Responsable: técnicos de mecánica</i>	
4.5. En caso de derrame de combustible o aceites, recuperarlos inmediatamente utilizando paños absorbentes para hidrocarburos, los mismos que serán dispuestos en recipientes adecuados y sellados donde se almacenarán hasta que sean trasladados a su sitio de disposición final. <i>Responsable: personal de mantenimiento</i>	

Medida	Fase
5 DISEÑO Y MANTENIMIENTO DE OBRAS DE CONDUCCIÓN DE AGUAS Y RETENCIÓN DE SÓLIDOS	Operación - cierre
Objetivos	
• Prevenir la contaminación y el vertimiento incontrolado de aguas de escorrentía • Control de erosión por medio de obras hidráulicas	
Impacto asociado	Carácter
Contaminación del cauce receptor de agua	Correctiva
Incremento de susceptibilidad a la erosión	Correctiva
Aumento de la ocurrencia de derrumbes y deslizamientos	Preventiva
Cambios en la configuración del drenaje superficial	Correctiva
Actividades a desarrollar	
Las aguas lluvias se deben manejar prioritariamente a través de su control y conducción en lugares críticos, mediante el mantenimiento y/o construcción de obras de drenaje, como cunetas, zanjas, sedimentadores, entre otras. Entre las medidas a tomar se mencionan:	
5.1. Canalizar el agua de escorrentía en la explotación a través de una adecuada red de canales, a modo de controlar su ruta dentro de la zona de explotación hasta su descarga en la Quebrada Tacagua, a fin de evitar su contaminación y la erosión producida por este proceso.	
<i>Responsable: gerente de planificación</i>	
5.2. Realizar el mantenimiento al sistema de drenaje y tratamiento de aguas para que el mismo esté en buen estado y libre de obstrucción.	
<i>Responsable: supervisor de operaciones</i>	
5.3. Mantener pendientes suaves (menor a 10%) durante la extracción, a los fines de que la escorrentía discurra hacia las cunetas con baja energía.	
<i>Responsable: gerente de planificación y supervisor de operaciones</i>	

Medida	Fase
6 SEÑALIZACIÓN Y USO DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL	Operación - cierre
Objetivos • Proteger al trabajador de los riesgos presentes en el trabajo que puedan amenazar su seguridad y salud. • Llamar la atención sobre situaciones de riesgo de una forma rápida y fácilmente comprensible.	
Impacto asociado	Carácter
Afectación de la salud pública	Preventiva
Incremento del ruido ambiental	Mitigante
Aumento del riesgo de accidentes viales	Preventiva
Actividades a desarrollar	
6.1. Llevar a cabo una evaluación de riesgo ocupacional según las actividades del trabajo para determinar la necesidad de contar con equipos de protección personal adecuados. Los requerimientos detallados de EPP serán específicos para cada faena, y deben ajustarse a los requisitos mínimos establecidos la norma técnica vigente: • COVENIN 2237-89 <i>Ropa, equipos y dispositivos de protección personal. Selección de acuerdo al riesgo ocupacional</i> <i>Responsable: gerente general</i>	
6.2. Señalizar los peligros, prohibiciones, normas internas, obligaciones, localización de equipos de auxilio y demás aspectos que implican un peligro real o potencial y que pudieran ser evitados tomando ciertas precauciones. Las salidas y vías de evacuación, incluidas las puertas que deban ser atravesadas durante la misma, deberán estar señaladas desde el inicio del recorrido hasta el exterior o zona de seguridad. <i>Responsable: gerente general</i>	

Medida	Fase
7 RESTRICCIONES A LA CIRCULACIÓN VIAL	Operación
Objetivos	
• Reducir la probabilidad de ocurrencia de accidentes viales. • Disminuir tanto como sea posible el tránsito innecesario de vehículos de carga pesada, para reducir sus efectos hacia la naturaleza, la comunidad y la infraestructura vial	
Impacto asociado	Carácter
Incremento del ruido ambiental	Mitigante
Alteración del hábitat animal	Mitigante
Afectación de la salud pública	Mitigante
Aumento del riesgo de accidentes viales	Preventiva
Riesgo de conflictos sociales	Preventiva
Deterioro de la vialidad	Mitigante
Actividades a desarrollar	
7.1. Respetar el límite de carga establecido según el tipo de vehículo, número de ejes y potencia del motor <i>Responsable: supervisor de operaciones</i>	
7.2. Respetar la velocidad máxima de circulación, la cual deberá ser de 30 km/h para el transporte interno y 70 km/h para el externo. <i>Responsable: supervisor de operaciones</i>	
7.4 Verificar que los equipos a ser utilizados para el transporte de material granular, este en buen estado de funcionamiento. <i>Responsable: técnicos de mecánica</i>	
7.5. Establecer un horario de circulación de vehículos siguiendo las indicaciones de la Ley de Tránsito y Transporte Terrestre y las Ordenanzas del Municipio. <i>Responsable: gerente general</i>	
7.6. Definir rutas de circulaciones principales y alternas, para el transporte, sobre todo cuando los vehículos deban transitar por centros urbanos <i>Responsable: gerente de planificación</i>	
7.7. Señalar e identificar las rutas internas, desde el área de extracción hasta la de clasificación. <i>Responsable: gerente de planificación</i>	

Medida	Fase
8 REVEGETACIÓN	Operación – cierre – postcierre
Objetivos	
• Dotar a las zonas afectadas por las obras de una cubierta vegetal que las protegiera de la erosión, y por lo tanto contribuya a la estabilidad y seguridad de la obra. • Acelerar y facilitar la recuperación de la cubierta vegetal preexistente, minimizando e incluso haciendo desaparecer los impactos sobre la vegetación, la fauna, el paisaje y el medio social. • Diseñar unas medidas de restauración eficaces, fácilmente ajustables con los medios disponibles en el mercado y cuyo costo económico fuera el menor posible.	
Impacto asociado	Carácter
Incremento de susceptibilidad a la erosión	Mitigante
Aumento de la ocurrencia de derrumbes y deslizamientos	Preventiva
Cambios en la calidad y fragilidad visual del paisaje	Correctiva
Deforestación	Correctiva
Alteración del hábitat animal	Correctiva
Actividades a desarrollar	
8.1. Restituir y/o restaurar la cubierta vegetal tanto en los taludes rocosos como en los no rocosos, para crear una capa con características fisicoquímicas adecuadas y espesor suficiente para el arraigo y desarrollo de la vegetación <i>Responsable: gerente de planificación</i>	
8.2. Sembrar especies gramíneas y arbóreas <i>Responsable: gerente de planificación</i>	
8.3. Controlar las propiedades de la tierra vegetal para asegurar que el mismo mantenga sus propiedades hasta que las gramíneas estén desarrolladas. <i>Responsable: gerente de planificación</i>	
8.4. Regar del área sembrada, especialmente durante los periodos de sequía. <i>Responsable: gerente de planificación</i>	

Medida	Fase
9 ACTIVIDADES PARA LA SENSIBILIZACIÓN AMBIENTAL E HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	Operación - cierre
Objetivos	
• Dar a conocer a los trabajadores de la cantera los detalles de las medidas de manejo ambiental para la operación de la cantera y el transporte del material • Involucrar al trabajador en el cuidado de los recursos naturales (suelo, aire y agua) y de la flora y la fauna silvestre • Informar sobre el manejo adecuado de los desechos peligrosos y no peligrosos • Garantizar el conocimiento y cumplimiento de las normas básicas de Seguridad Industrial a implementar durante las diferentes etapas del proyecto, por ejemplo: uso de Equipos de Protección Personal (EPP) según la actividad realizada, panorama de factores de riesgo, diagnóstico de las condiciones de salud, higiene industrial, medicina preventiva, entre otros.	
Impacto asociado	Carácter
Afectación de la salud pública	Preventiva
Aumento de riesgo de accidente viales	Preventiva
Riesgo de conflictos sociales	Preventiva
Actividades a desarrollar	
9.1. Capacitar a los trabajadores respecto a las medidas de manejo ambiental y demás compromisos ambientales señalados en el plan de cierre para todas las operaciones de la cantera, mediante talleres y charlas periódicas. <i>Responsable: gerente de planificación</i>	
9.2. Realizar procedimientos de seguridad e higiene industrial. Se deberá informar a cada trabajador las normas básicas a seguir en cada posición de trabajo y la forma más segura de realizar sus labores. <i>Responsable: gerente de planificación</i>	
9.3. Establecer un plan de evacuación, en el cual se detallarán las medidas pertinentes para una posible evacuación de heridos en caso de presentarse una emergencia durante las diferentes etapas del proyecto, así como la localización de los hospitales y centros médicos más cercanos, teléfonos de personas a contactar <i>Responsable: gerente de planificación</i>	
9.4. Realizar charlas periódicas para instruir a los trabajadores sobre las herramientas generales para la preservación de la salud física y mental en los diferentes aspectos de la vida cotidiana. <i>Responsable: gerente de planificación</i>	

Medida	Fase
10 DIVULGACIÓN COMUNITARIA	Operación – cierre
Objetivos	
• Informar a la comunidad sobre los objetivos y funcionamiento del proyecto, los impactos que genera y las medidas adoptadas • Responder las inquietudes presentadas por la comunidad acerca del proyecto en sus diferentes etapas • Involucrar a la comunidad en las decisiones sobre el cierre de la cantera	
Impacto asociado	Carácter
Afectación de la salud pública	Preventiva
Aumento de riesgo de accidente viales	Preventiva
Riesgo de conflictos sociales	Preventiva
Actividades a desarrollar	
10.1. Realizar una reunión informativa con los habitantes del área de influencia directa de la cantera y los líderes comunitarios para exponer a nivel general los siguientes aspectos: • Características del proyecto • Descripción de las actividades del proyecto y los impactos ambientales que implica el desarrollo de cada una de ellas. • Alcances teóricos y prácticos de las medidas ambientales contempladas en el proyecto • Análisis de las condiciones establecidas en las autorizaciones expedidas por el ente ambiental • Beneficios del proyecto • Proceso de cierre del proyecto <i>Responsable: gerente de planificación</i>	

8.9. REVEGETACIÓN

Es necesario señalar expresamente como punto de partida de este apartado que el enfoque central de la revegetación para el cierre del Frente 2 de la Cantera Carayaca es proteger de la erosión las áreas afectadas, y por lo tanto contribuir con la estabilidad y seguridad de la obra. La revegetación de la Cantera Carayaca concentrada en los efectos producidos por el agua se desarrollará atendiendo tres aspectos: restitución o restauración de la cubierta vegetal, revegetación y control del agua de escorrentía. De igual forma, se propone un proceso de revegetación secundaria con la siembra de especies arbóreas, que si bien su contribución a la prevención de la erosión es prácticamente nula, se consideran necesarias para la reconstrucción del hábitat, integración paisajística y adecuación del área afectada para la vida silvestre.

8.9.1. Selección de especies

Como punto de partida para la selección de especies vegetales, se consideró la adaptabilidad a las condiciones del medio físico y biótico del área intervenida, y oferta edáfica de los viveros comerciales cercanos. Se muestra en la Tabla N° 20 algunas gramíneas adecuadas para la revegetación del área de la cantera, y en la Tabla N° 21 las especies arbóreas.

Tabla N° 20. Selección de especies de gramíneas

Nombre	Clima favorable	Tipo de suelo	Tipo de siembra	Precip. anual (mm)	Altura (msnm)	Tolerancia
Vetiver (<i>Chrysopogon zizanioides</i>)	Cálido	De mediana fertilidad y bien drenado	Semilla o por material vegetativo.	1000	0 - 1000	Suelos ácidos y poco fértiles, bachacos y sequías.
Pasto barrera (<i>Brachiaria decumbens</i>)		Franco. Franco arenoso Ácidos y poco fértiles	Semilla o por material vegetativo.		0 - 1500	Suelos ácidos y poco fértiles, bachacos, sequías y quemas.
Pasto elefante (<i>Pennisetum purpureum</i>)		Se da mejor en suelos fértiles aunque se adapta a suelos de baja fertilidad.	Por material vegetativo		0 - 1700	Suelos ácidos, sequía
Pasto aguja (<i>Brachiaria humidicola</i>)		Suelos de mediana fertilidad, francos o franco arcillosos y pueden o no ser ácidos.	Semilla, 2 kg por hectárea y a través de estolones.		0 - 1000	Sequía, suelos ácidos, sombra, candelilla y chinches.
Bermuda (<i>Cynodon dactylon</i>)		Arenosos Arcillosos Ácidos alcalinos	Estolones, semillas		0 - 1000	Suelos ácidos y poco fértiles, bachacos y sequías.

Tabla N° 21. Selección de especies arbóreas

Nombre	Clima favorable	Tipo de suelo	Precip. anual (mm)	Altura (msnm)
Bucare (<i>Erythrinapoeppigiana</i>)	Cálido y húmedo	Suelos húmedos, de franco-arenosos a franco-arcillosos	1000	0 - 1000
Copey (<i>Clusia rosea</i>)		Francos, arenosos ácidos, neutros		
Aceituno (<i>Olea europea</i>)		Franco. Franco arenoso. Ácidos y poco fértiles		
Guamo (<i>Inga spuria</i>)	Cálido	Se da mejor en suelos fértiles aunque se adapta a suelos de baja fertilidad		
Jabillo (<i>Hura crepitans</i>)		Se da mejor en suelos fértiles aunque se adapta a suelos de baja fertilidad		
Guasímo (<i>Guazuma ulmifolia</i>)		Francos, arenosos. Ácidos, neutro		
Jobo (<i>Spondias mombin</i>)				
Cuji Negro (<i>Mimosa tenuiflora</i>)				

8.9.2. Preparación de la cubierta vegetal

En el caso de áreas rocosas, se hace necesaria la restitución de la cubierta vegetal para crear una capa con características fisicoquímicas adecuadas y espesor suficiente para el arraigo y desarrollo de la vegetación. Se propone que este procedimiento se realice solamente en las bermas de los bancos de explotación, y en el área base de la terraza. No se aplicara la revegetación a los taludes rocosos, sin descartar la incorporación de algún tipo de geomalla o geosintético para evitar el proceso erosivo, de apreciarse la roca poco competente al finalizar la excavación.

Con respecto a la restitución de la cubierta vegetal, como se dijo en apartados anteriores sobre la línea base del suelo, el área del Frente 2 está compuesta únicamente por suelos residuales poco fértiles y con bajo espesor (0,8 m aproximadamente), arropada por una cobertura vegetal mínima, con un espesor aproximado de 5 cm. Por lo tanto, para restituir la cobertura vegetal a un ambiente más o menos parecido al original no se considera necesaria la incorporación de suelos de alta fertilidad, bastaría con que el mismo tenga las condiciones físicas y químicas adecuadas para el crecimiento de las especies propuestas.

En este caso, por razones económicas, se propone restituir la capa de suelo con un extendido de material limo-arenoso y algunos cantos tamaño grava, material del que se compone el suelo del área de estudio. Se debe colocar las capas de tierra sin escombros de 60 cm de espesor, como estrato superficial, y posteriormente aplicar enmiendas orgánicas, para incrementar la

fertilidad del sustrato y mejorar sus propiedades físicas (estructura, capacidad de retención de agua, aireación, etc.). Las enmiendas orgánicas pueden ser adquiridas a través de negociaciones con productores locales dedicados a la agricultura, del sector de Tacagua y/o comunidades aledañas. En Caracas, en la localidad de Catia (sector cercano a la cantera) existen varias organizaciones sociales dedicadas a este fin, como el Núcleo Endógeno Fabricio Ojeda, ubicado en Gramoven, a 15 km del Frente 2, quienes pueden ser proveedores de este material. Se recomienda utilizar igualmente residuos procedentes del procesamiento de madera, que pueden ser adquiridos por medio de unidades productivas en Caracas dedicados a este fin. El Núcleo Endógeno Fabricio Ojeda igualmente cuenta con el procesamiento de madera, entre sus actividades productivas. También es posible el uso de compost de residuos sólidos, realizándolos con desechos provenientes de la cantera, oficinas administrativas o cualquier otra localidad cercana.

Se puede aplicar, antes de la colocación del estrato abonado, capas del material de las escombreras, acondicionadas previamente añadiendo material fino como limos o arcillas, para mejorar la capacidad de recarga de agua y nutrientes.

En el caso de los taludes no rocosos, como aquellos que conforman las escombreras y algunos terraplenes, se debe en primer lugar acomodar, nivelar, homogeneizar y emparejar en forma adecuada el terreno, para proceder a la colocación de abono. Las irregularidades de la superficie del talud provocadas por la erosión deben ser eliminadas para crear una superficie razonablemente lisa y perfilada.

8.9.3. Metodología de siembra

- Luego del proceso de restitución de la cubierta vegetal en las bermas y demás áreas horizontales de la zona rocosa, se debe escarificar la con tractor de oruga, a una profundidad de por lo menos 50 cm.
- Se realizará reposición del material vegetal plantado, que por alguna razón se halla muerto o se encuentre en regular estado de desarrollo o fitosanitario.
- Se tendrá como prioridad el establecimiento de la vegetación herbácea que proteja y realice funciones mecánicas de estabilidad y control de erosión. Esto es la siembra de gramíneas, preferiblemente el pasto vetiver ya que el mismo es el más adecuado para este fin debido a sus raíces verticales profundas.
- Por razones de rápido crecimiento y adaptabilidad, no se recomienda usar semillas. De sembrar directamente el material vegetativo o usar estolones, se deben sembrar manualmente en tresbolillo cada 20 cm.
- Luego de la siembra, el área debe ser regada con suficiente agua, diariamente una vez al día en horas de la mañana (6 a 8 a.m.) o en la tarde (4 a 6 p.m.) durante 30 días consecutivos, luego día por medio durante 30 días y finalmente de acuerdo a las condiciones climáticas que se presenten.

8.10. CONTROL DE AGUAS DE ESCORRENTÍA

8.10.1. Caudal de diseño

Se calculó el caudal aportante de cada uno de los afluentes de agua hacia el área intervenida del Frente 2 en la disposición final de la explotación. A través de fotografías aéreas y mapas topográficos, se evidenció que son 4 las cuencas que aportan agua al terreno intervenido. Se recorrió la zona a grandes rasgos, ubicando de forma visual los puntos de inicio del eje de la obra de drenaje, que corresponden a los puntos de aporte de agua de cada cuenca, los puntos fueron denominados Punto 1, 2, 3 y 4, respectivamente. El agua será transportada por un sistema de canales construido en el área de Frente 2 hasta un canal existente fuera de esta zona, que descarga en la Quebrada Tacagua, todo esto con el fin de controlar la erosión, la estabilidad de los terrenos, el desborde de agua y el cauce incontrolado.

El área de cada cuenca y la longitud del su cauce principal se obtuvo empleando el programa informático Google Earth. Teniendo la longitud del cauce principal y el desnivel se calculó el tiempo de concentración de cada cuenca, utilizando la fórmula de Kirpich la cual relaciona estos dos parámetros.

La intensidad de precipitación es única para cada cuenca, y se calculó mediante las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) de la Región Capital, con una elevación menor a 1.500 msnm, la curva IDF correspondiente se presenta en la Figura N° 53 (anexos). Para efectos de diseño, la frecuencia fue establecida para 25 años, para un cambio de uso del territorio que implique asentamientos humanos temporales.

El coeficiente de escorrentía se consideró uniforme en toda la cuenca, puesto que no existe asentamiento humano, actividades agrícolas o cualquier otra condición que cambie considerablemente las pérdidas del caudal. Para este modelo, el coeficiente de escorrentía considerado es de 0,65, de acuerdo con la Figura N° 54 (anexos) corresponde a una de cobertura impermeable, con vegetación ligera y topografía con pendientes pronunciadas. Recordemos que, en base a reconocimientos directos en la zona la roca sana se encuentra prácticamente expuesta a la superficie, arropada por una cobertura vegetal mínima, conformada por suelos aluvionales y residuales. De acuerdo a observaciones directas en la zona y en los cortes realizados por la explotación minera, se evidenció que los mecanismos de alteración actúan hasta una profundidad somera de aproximadamente 3 m, por lo que la roca no absorbe grandes cantidades de aguas de escorrentía. En vista de esto, se asume el mencionado coeficiente de escorrentía, para obtener datos confiables, y hasta conservadores. Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla N° 22.

Tabla N° 22. Resultados para el cálculo del caudal de diseño

	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Superficie de la cuenca (Ha)	3,85	128	56	3,54
Longitud del cauce principal (m)	319,59	2580	1320	307,82
Pendiente media del cauce principal (m/m)	0,57	0,38	0,29	0,67
Tiempo de concentración (min)	2,11	12,32	8,14	1,92
Intensidad de diseño (Lps/Ha)	700	437	558	700
Caudal (m³/s)	1,75	36,36	20,31	1,61

8.10.2. Elementos geométricos del canal

Se procedió a realizar el trazo del sistema de drenaje, para dirigir de forma controlada las aguas de los 4 afluentes identificados hacia el canal existente, ubicado a las afueras del área de explotación y que desemboca en la Quebrada Tacagua, y que tiene una sección rectangular de 2,50 m de ancho por 2,00 m de alto. El sistema de drenaje propuesto se presenta en el Plano de Proyecto de Drenajes (anexos), y consta de 7 tramos en los que variará el caudal y por ende los elementos geométricos de diseño. Se propone que los canales sean de sección rectangular por la facilidad del trazo y de operatividad de los equipos de la cantera, y que los mismos estén revestidos con concreto, para prevenir la erosión, disminuir los costos de mantenimiento y dejar el área preparada para un uso post-cierre. Los cálculos se realizaron con un coeficiente de rugosidad de 0,014, correspondiente a los canales revestidos con concreto (Figura N° 54, anexos).

Empleando las fórmulas para canal de escorrentía y de Manning, y las relaciones geométricas de la sección transversal para canales rectangulares señaladas en la Figura N° 52, se calcularon los elementos geométricos para cada tramo del canal, los cuales se resumen en la Tabla N° 23, y en la Figura N° 52 se puede observar el ejemplo para la sección típica del canal, en este caso para el tramo 1-A.

Tabla N° 23. Elementos geométricos del canal

	Tramo 1-A	Tramo 2-A	Tramo A-B	Tramo 3-B	Tramo B-C	Tramo 4-C	Tramo C-D
Caudal (m³/s)	1,75	36,36	38,11	20,31	58,42	1,61	60,03
Pendiente (m/m)	0,05	0,38	0,05	0,29	0,08	0,13	0,09
Tirante normal (m)	0,46	0,98	1,48	0,69	1,49	0,30	1,46
Ancho de la solera (m)	0,70	1,50	2,2	1,50	2,50	0,70	2,50
Área hidráulica (m²)	0,32	1,47	3,25	1,04	3,74	0,21	3,65
Perímetro mojado (m)	1,62	3,46	5,15	2,89	5,49	1,30	5,42
Radio hidráulico (m)	0,20	0,42	0,63	0,36	0,68	0,16	0,67
Velocidad (m/s)	5,44	24,79	11,74	19,49	15,63	7,65	16,46
Numero de Froude	2,56	8,01	3,09	7,47	4,08	4,45	4,35

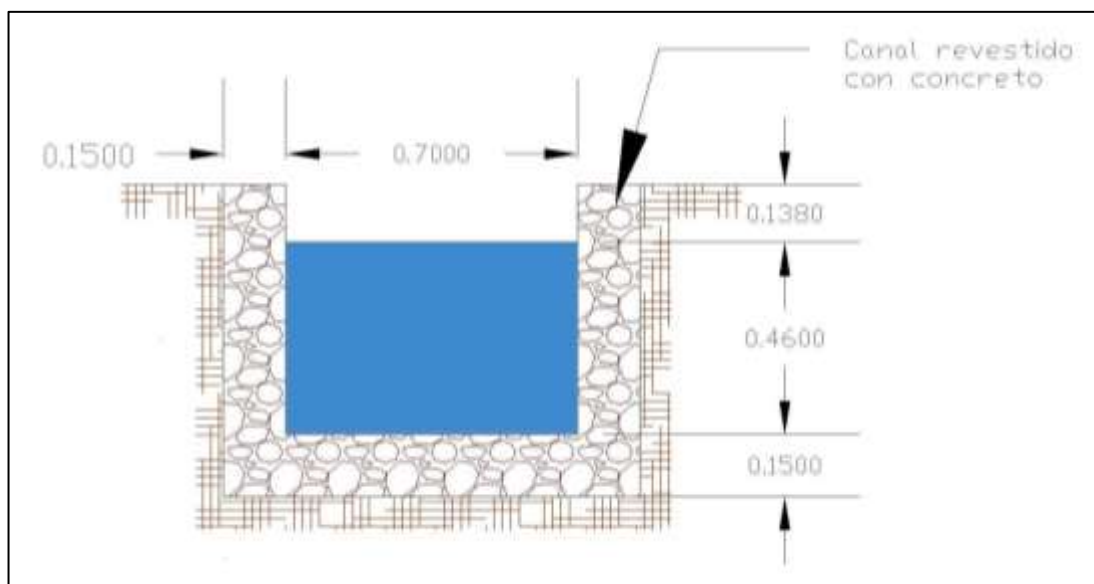


Figura N° 51. Sección del canal tramo 1-A

8.11. DEMOLICIÓN Y DESINSTALACIÓN DE ESTRUCTURAS

Las oficinas administrativas, área de taller, comedor y demás estructuras de concreto edificadas dentro de la concesión minera de la Cantera Carayaca pasaran a ser propiedad del Distrito Capital, libre de gravámenes y cargas, sin indemnización alguna al momento de la extinción de los derechos mineros, de acuerdo a lo establecido en el Artículo 32 de la Ley Sobre el Régimen, Administración y Aprovechamiento de Minerales no Metálicos del Distrito Capital; por ende, esta Jurisdicción será la responsable de las decisiones sobre su uso posterior o demolición.

8.12. PROGRAMA DE SEGUIMIENTO

El programa de seguimiento, al igual que las medidas ambientales, ha sido elaborado en base a la estructura organizativa del personal de VARCAM, C.A. El mismo se desarrollará mediante:

- Controles periódicos
- Redacción de reportes e informes de avance
- Contacto con los organismos implicados de la administración pública.

8.12.1. Controles periódicos

El control periódico de las medidas correctivas, mitigantes y preventivas establecidas en el apartado 8.8 de este estudio se realizará tanto en la fase de producción como en la de post-cierre. El responsable de realizar y controlar cada actividad se encuentra señalado en las fichas

de medidas ambientales, y deberá para cada actividad prevista garantizar el cumplimiento de los siguientes objetivos, según aplique:

- Verificar el cumplimiento de las actividades establecidas en las medidas ambientales y el cumplimiento de los parámetros de calidad ambiental establecidos en la normativa legal vigente
- Optimizar de ser necesario las actividades propuestas, modificando según sea el caso los parámetros que deben ser medidos, periodicidad de las actividades y límites entre los que deben encontrarse dichos parámetros
- Proponer nuevas actividades para el cumplimiento de los objetivos de cada medida ambiental
- Identificar impactos ambientales no previstos en este estudio y proponer las medidas correctivas adicionales a que hubiera lugar
- Proporcionar información acerca de la metodología de evaluación empleada, así como de la calidad de las medidas correctoras adoptadas
- Realizar los reportes e informes de avance.

El cronograma de seguimiento se presenta en la Tabla N° 24, el cual fue establecido para un periodo de 9 años (6 en etapa de producción y 3 de mantenimiento post-cierre).

Tabla N° 24. Cronograma de monitoreo

Acciones/año	Producción						Post-cierre		
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
1. Control de emisiones de polvo y gases de combustión									
1.1. Medición de la concentración de PTS									
1.2. Irrigación de las zonas de tránsito interno									
1.3. Mantenimiento preventivo para disminuir emisiones									
1.4. Cubrir la carga con toldo									
2. Control de emisiones de ruido									
2.1. Medición del ruido ocupacional									
2.2. Regular el uso de bocinas									
2.3. Equipar los vehículos con silenciadores									
2.4. Mantenimiento preventivo a los silenciadores									
3. Manejo adecuado de desechos sólidos no peligrosos									
3.1. Instalación de cantidad adecuada de contenedores									
3.2. Revisión y limpieza de los contenedores									
4. Manejo adecuado de combustibles y lubricantes									
4.1. Supervisión del correcto almacenamiento									
4.2. Mantenimiento preventivo a equipos									
4.3. Supervisión del abastecimiento de combustible									
4.4. Revisión de tanques y contenedores									
4.5. Recuperación de aceites derramados									
5. Diseño y mantenimiento de obras de drenaje									
5.1. Canalizar el agua de escorrentía									
5.2. Mantenimiento del sistema de drenaje									
5.3. Construcción de pendientes suaves en explotación									
6. Señalización y uso de EPP									
6.1. Evaluación de riesgo ocupacional									
6.2. Señalizar los aspectos que impliquen peligro									

Tabla N° 24 (continuación). Cronograma de monitoreo

7. Restricciones a la circulación vial		
7.1. Respetar el límite de carga		
7.2. Respetar los límites de velocidad		
7.3. Mantenimiento preventivo general		
7.4. Establecer un horario de circulación		
7.5. Definir rutas de circulación		
7.6. Señalar e identificar las rutas internas		
8. Reforestación y repoblación vegetal		
8.1. Restitución y/o restauración de la cubierta vegetal		
8.2. Siembra de especies de gramíneas y arbóreas		
8.3. Control de las propiedades de la tierra		
8.4. Riego del área sembrada		
9. Acciones para la sensibilización, seguridad e higiene		
9.1. Instrucción sobre medidas ambientales a trabajadores		
9.2. Realización de procedimientos de seguridad e higiene		
9.3. Establecer un plan de evacuación		
9.4. Realizar charlas periódicas		
10. Divulgación comunitaria		
10.1. Reunión informativa con la comunidad		

Periodicidad

Diaria

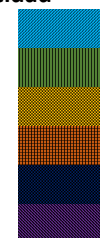
Semanal

Mensual

Trimestral

Semestral

Anual



8.12.2. Reportes e informes de avance

El seguimiento de las medidas ambientales deberá documentarse a través de reportes e informes de avance, hasta la culminación de todas las actividades de acuerdo al cronograma, y por ende el cumplimiento del plan de cierre. Los reportes deberán ser realizados por el encargado del seguimiento y según su periodicidad. Los reportes deben contener, por lo mínimo, la siguiente información:

- Fecha
- Nombre del responsable
- Nombre de la medida
- Personal vinculado y equipos utilizados
- Descripción de las actividades realizadas

Mensualmente el ingeniero encargado deberá realizar un informe de avance general de las medidas ambientales, basado en los reportes semanales. Los informes de avance deberán contener como mínimo, la siguiente información:

- Periodo de evaluación
- Antecedentes
- Introducción
- Actividades realizadas durante el periodo
- Control de calidad
- Porcentaje de avance y estado de ejecución de obras de control ambiental de acuerdo con el cronograma del programa de monitoreo
- Evaluación de la eficiencia y eficacia de los sistemas, obras y procedimientos de control ambiental Cálculo de los indicadores ambientales
- Conclusiones
- Recomendaciones
- Registro fotográfico

8.12.3. Contacto con organismos implicados

Una vez realizado el procedimiento de medida, monitoreo, evaluación y realización de los informes referidos, se reportarán sus resultados a las autoridades ambientales, a través de la entrega de los informes de avance, en cumplimiento a lo establecido en los Artículos 30, 31 y 32 del Decreto 1.257, relativo a las “Normas sobre Evaluación Ambiental en Actividades Susceptibles de Degradar el Ambiente”.

8.13. PROPUESTA DE USO POSTERIOR DEL ÁREA DE LA CANTERA

Los lineamientos para el uso posterior del área de intervenida por las operaciones mineras son pertinentes realizarlos tomando en consideración lo dispuesto en el Plan de Ordenamiento Territorial de la zona, sin embargo, para el área de Tacagua no se han formulado propuestas de ordenación territorial y urbanística. A tal efecto, se formula en este apartado la propuesta de cambio de uso del terreno, respondiendo a los diferentes componentes que implica la práctica del desarrollo sostenible, que sin afán de revisar las múltiples acepciones de este concepto y los aspectos que involucra, subyacen los siguientes elementos comunes: crecimiento económico, mejoramiento de las condiciones sociales, protección ecológica-ambiental, preferencias de las generaciones futuras, necesidades básicas a satisfacer y equidad intra e inter generacional y entre localidades.

Se reconocen para esta propuesta las características físico-espaciales de las áreas afectadas y el hecho de que la realidad local involucra tres fronteras con diferencias bien marcadas: la frontera Tacagua, la cual comprende asentamientos humanos establecidos de forma improvisada y que involucra actividades industriales y agrícolas a pequeña escala; la frontera Ciudad Caribia, conformada por complejos de edificios de vivienda de interés social y espacios socioproduktivos, y la frontera montañosa que sirve para el resguardo climático y ambiental de Caracas. Involucrando igualmente los elementos generales del desarrollo sostenible, el uso posterior del área de la cantera busca:

- Proteger el terreno afectado de los desarrollos informales y las demás actividades que les sean incompatibles
- Defender la ecología de la zona montañosa
- Propiciar la construcción de un modelo local sostenible
- Convertir la localidad en un ejemplo de planeamiento reconocible en el ámbito nacional, considerando en que el cierre del Frente 2 es una de las primeras experiencias de cierre de mina en Venezuela.

Proyectando hacia el futuro las implicaciones derivadas del crecimiento de la localidad de Tacagua, Ciudad Caribia y las necesidades de cada sector se establece entonces la siguiente propuesta: usar el terreno dejado por las operaciones mineras para la construcción de un parque destinado a uso recreativo intensivo y deportivo. El parque debe contar en lo posible con piscinas, canchas multifuncionales, zonas de juego, circuito para ciclismo y motocross, escuelas de escalada, paseos peatonales, kioscos, áreas de descanso, entre otras con sensaciones, contraste, relación visual y espacial que no disimulen la sensación de que el área pertenece a una antigua cantera.

Cabe destacar que la comunidad propuso, en una primera opinión de acuerdo a la encuesta realizada en este estudio, desarrollar en el área un complejo habitacional, sin embargo no es recomendable principalmente porque el terreno es relativamente pequeño para este fin, y la lógica señala que no es económicamente viable definir una nueva ruta de transporte para un área con pocos habitantes, considerando que el terreno queda a 5 km de la parada más cercana el en Barrio Tacagua. Quedaría a disposición de la divulgación y reuniones comunitarias el debate acerca de estas dos propuestas.

Por último, es importante señalar que para abrir el terreno a un nuevo uso que implique el asentamiento humano temporal o permanente, debe estudiarse primeramente los efectos que tendría la apertura de la explotación de Frente 4 en la zona (área de explotación que se planea iniciar inmediatamente después del cese de Frente 2) que si bien tiene vías de acceso distintas a la de Frente 2, se encuentra a 2,1 km del mismo.

9. CONCLUSIONES

Referentes a la comparación de la normativa aplicable al cierre de minas de diferentes países, en términos de su contenido:

- a) Los aspectos más resaltantes del contenido del plan de cierre en países como Perú, Chile, Canadá y Estados Unidos son: datos administrativos, línea base ambiental, descripción de la faena y sus instalaciones, impactos producidos por la actividad, medidas de rehabilitación, seguimiento y control, métodos utilizados, cronograma, presupuesto y la forma de constitución de garantías ambientales y financieras.
- b) En Chile la capacidad de producción de una mina es relevante para el establecimiento del contenido de los planes de cierre: las extracciones con capacidades menores o iguales a 10.000 ton/mes no consideran costos de cierre ni pago de garantías en sus planes de cierre, y los planes son menos detallados tanto teórica como técnicamente. En Perú, Canadá y Estados Unidos los planes de cierre llevan básicamente el mismo contenido, independientemente de su producción.
- c) Para el caso de la Cantera Carayaca, en el supuesto de estar regulada bajo la legislación chilena, el plan de cierre estaría sometido al procedimiento para extracciones superiores a 10.000 ton/mes (la producción mensual de la Cantera Carayaca promedia aproximadamente las 40.000 ton de mineral en bruto), por lo tanto, su plan de cierre contendría cálculos para estimaciones de costo para el pago de garantías financieras.
- d) En Perú, Chile, Canadá y Estados Unidos las empresas mineras deben actualizar periódicamente su plan de cierre, incluyendo el presupuesto y garantías.
- e) En Canadá y Estados Unidos las exigencias del plan de cierre de mina son formalizadas por medio de inspecciones, debates y acuerdos entre empresas adscritas al gobierno y la contratista. En el contenido de los planes de cierre destaca: las características de la explotación, las medidas ambientales, cronograma, presupuesto y garantías, por lo que el mismo no difiere mucho a lo establecido por Perú y Chile.
- f) En Perú, Chile, Canadá y Estados Unidos, realizar una propuesta de cambio de uso del terreno en los planes de cierre de mina no es de obligatoria acogida, puesto que lógicamente no es responsabilidad de los operarios mineros establecer una actividad económica alternativa que de alguna forma compense los ingresos que dejaran de percibirse en la localidad y los puestos de trabajo que se perderán por la culminación de dicha actividad.
- g) Independientemente de cómo se aborden los planes de cierre de mina en el marco legislativo internacional, existen elementos básicos que deben contener explícita o implícitamente para cumplir con la conceptualización del termino plan, desde un punto de vista técnico. Estos elementos son: objetivos (lo que se quiere lograr), delimitación en espacio y tiempo, acciones y técnicas a utilizar, garantía de viabilidad.

- h) En los países estudiados con normativa específica para el cierre de minas, las exigencias de los planes de cierre cumplen con los elementos básicos establecidos en este estudio, para cumplir con los fundamentos propios de un plan, incluyendo su dinamismo, es decir, sus modificaciones y adaptaciones periódicas.

Referentes a la determinación del alcance de la normativa venezolana para la elaboración de planes de cierre de mina:

- a) A efectos de cubrir los aspectos básicos de un plan de cierre en Venezuela, desde el punto de vista legislativo, bastaría enmendar el carácter rígido y generalizado de los estudios de impacto ambiental para el caso de aplicación en las actividades mineras al carácter flexible y detallado de los planes de cierre de mina hacia las medidas de compensación y control ambiental, y establecer un mecanismo legal que vincule los demás elementos que se encuentran dispersos en las leyes y normativas técnicas nacionales (garantías financieras para construcción de infraestructuras dirigidas a la corrección de los impactos producidos, criterios de la comunidad y uso posterior del terreno) para considerarlos obligatoriamente en la planificación minera a largo plazo.

Referentes a la descripción de las características de los componentes bióticos, abióticos y socioeconómicos del entorno de la cantera:

- a) La comunidad está conformada principalmente por asentamientos habitacionales informales. De los sectores productivos destaca la Cantera Carayaca, la arenera MINATACA C.A. encargada de la extracción y comercialización de arena lavada y una ferretería de gestión privada. También resalta la producción agrícola para el consumo local.
- b) Las series de factores climatológicos y geomorfológicos potencian el proceso de erosión en caso de intervención antrópica, puesto que se trata de un clima templado tropical de montaña con dos períodos lluviosos, en un relieve muy accidentado producto de la actividad tectónica.

Referentes al diagnóstico de los impactos ambientales y socioculturales asociados a la explotación de la cantera:

- a) Se reconocieron un total de 15 impactos potenciales asociados a la explotación mineral, clasificados de la siguiente manera de acuerdo a su medio de afectación directa: 10 impactos al medio físico, 2 al medio biótico y 3 al medio socioeconómico.
- b) En la comunidad de Tacagua no existe dependencia laboral con la operadora minera. La misma no tiene ningún tipo de vínculo comercial con la empresa VARCAM C.A., y para el 2017 solo 3 de los 62 trabajadores de la cantera son habitantes de la comunidad.

- c) La principal afectación que tiene la comunidad con los impactos ambientales es debido al tránsito de camiones pesados por las vías locales, lo que ocasiona deterioro de la vialidad, que es la principal queja de acuerdo a la encuesta realizada, luego está el ruido generado por los camiones y el riesgo a accidentes viales.
- d) El ruido emitido por las operaciones mineras es imperceptibles por los habitantes del entorno, por la lejanía entre el área de explotación y la zona habitada. De igual forma, la lejanía del proyecto a las zonas habitadas impide los efectos de las emisiones de partículas en suspensión sobre las poblaciones locales.
- e) Las áreas desde donde se observarán los cambios paisajísticos no poseen valor turístico y son poco transitadas, la alteración del paisaje en Frente 2 sólo es visible desde algunos puntos del Barrio El Limón.
- f) En la Cantera Carayaca no se realizan otras operaciones que impliquen la manipulación de sustancias químicas peligrosas, más que las labores de reparación y mantenimiento de equipos y de llenado de aceites y combustibles, por lo que en términos relativos la contaminación por sustancias químicas peligrosas no se considera un impacto de gran relevancia.

Referentes al análisis de la estabilidad geoestructural e hidrológica en las condiciones finales de la explotación:

- a) En el estudio del talud en roca, se pudo observar un fuerte fracturamiento con desprendimiento de bloques. La medición de las foliaciones y familias de diaclasa, así como su análisis estereográfico, permitió constatar el desarrollo de fallas plana y de cuña.
- b) En los taludes del grupo 4 no se pudo obtener información referente a las discontinuidades debido a que las mismas al momento de este estudio estaban cubiertas por vegetación, y por interpretaciones en campo no se asumió la continuidad de las orientaciones ya tomadas, por lo que a este grupo de taludes no se le realizó análisis de estabilidad.
- c) La geometría de diseño para los bancos finales de explotación es estable, ya que el análisis mecánico realizado a las orientaciones desfavorables de las discontinuidades presentaron factores de seguridad por encima de 1,68.
- d) Al quedar la roca expuesta a la superficie al momento del cierre de la explotación los factores de seguridad disminuirán con el tiempo producto del cambio en la cohesión del macizo por efectos de la meteorización.
- e) Las fallas tanto planas como de cuña que se forman en los bancos finales de explotación presentan una inclinación muy pronunciada, debido al alto grado de buzamiento de las discontinuidades. Esto, aunado a las vibraciones por voladura, propician a que los bloques se fracturen y caigan, en vez de deslizarse.

- f) La escombrera presenta un deslizamiento con características de un movimiento en masa tipo rotacional, comúnmente presentados en suelos residuales. Sobre el origen de la falla, según la información suministrada por el personal de la cantera, la misma ocurrió en épocas de lluvia, sin sobrecarga, aceleración sísmica o vibraciones por voladura.
- g) Por medio del análisis por retrocálculo, se considera que los parámetros característicos de cohesión y ángulo de fricción para definir el material de la escombrera son $0,08 \text{ kg/cm}^2$ y 37° respectivamente.
- h) La escombrera pudiera ser inestable en condiciones ligeramente diferentes y desfavorables a las establecidas en este estudio, en vista de que las cuatro secciones estudiadas obtuvieron factores de seguridad ligeramente superiores a 1,000.
- i) Tras la evaluación de la erosión hídrica por medio de parcelas experimentales con clavos de erosión, que la erosión es el proceso dominante en la zona de suelos de la cantera.
- j) Para los valores de densidad aparente del suelo estudiado, se determinó que los valores promedio son bastantes similares. En general el suelo tiene una densidad aparente promedio de $1,19 \text{ g/cm}^3$

Referentes al establecimiento de las medidas de prevención, mitigación, corrección y seguimiento de los impactos ambientales y socioculturales generados:

- a) Se establecieron 10 medidas ambientales. Se estructuraron a través de fichas que señalan cada una el nombre de la medida, la fase de aplicación, los objetivos a desarrollar con cada una, en carácter preventivo, mitigante o correctivo sobre uno o más impactos potenciales reconocidos en este estudio, las actividades a desarrollar y el responsable principal.
- b) El enfoque central de la revegetación para el cierre del Frente 2 de la Cantera Carayaca es proteger de la erosión las áreas afectadas, y por lo tanto contribuir con la estabilidad y seguridad de la obra, incluyendo para la siembra especies de gramíneas y arbóreas. La revegetación concentrada en los efectos producidos por el agua, se desarrollará atendiendo tres aspectos: restitución o restauración de la cubierta vegetal, revegetación y control del agua de escorrentía.
- c) Se calculó en caudal de los 4 afluentes que aportan agua hacia el área intervenida del Frente 2. Se propuso que el agua será transportada por un sistema de canales construido en el área de Frente 2, hasta descargar en un canal existente fuera de esta zona. El sistema de drenaje propuesto es de sección rectangular y revestido con concreto, y consta de 7 tramos en los que variará el caudal y por los elementos geométricos del diseño. El tramo de mayor sección en el C-D, con un ancho de la solera de 2,5 m y tirante normal de 1,46 m. El mismo está diseñado para guiar un máximo de $60,03 \text{ m}^3/\text{s}$ de agua hasta desembocar a un canal existente que enviará la misma hasta la Quebrada Tacagua.

- d) El programa de seguimiento de las medidas a los impactos potenciales fue establecido para una duración de 9 años: 6 en etapa de producción y 3 de mantenimiento post-cierre. El mismo fue basado en las actividades a desempeñar por cada medida ambiental, y se desarrollará mediante inspecciones periódicas, redacción de reportes e informes de avance y contacto con organismos implicados de la administración pública.

Referentes a la propuesta de usos posteriores del área intervenida por las operaciones mineras:

- a) Es pertinente que el cambio de uso del terreno de la cantera sea establecido de acuerdo al Plan de Ordenamiento Territorial de la zona, sin embargo para el sector de Tacagua no se han formulado propuestas de ordenación territorial y urbanística.
- b) Se propuso usar el terreno dejado por las operaciones mineras para la construcción de un parque destinado a uso recreativo intensivo y deportivo, con sensaciones, contraste, relación visual y espacial que no disimulen la sensación de que el área pertenece a una antigua cantera.

10. RECOMENDACIONES

Referentes a la normativa venezolana aplicable al cierre de minas:

- a) Realizar este tipo de estudios a una muestra representativa de las canteras a nivel nacional y con ello evaluar la eficiencia de las leyes minero-ambientales venezolanas, es decir, evaluar cuales están siendo sus resultados en la práctica, a efectos de las responsabilidades del sector minero frente a la conservación del medio ambiente y el desarrollo sustentable y sostenible de las comunidades cercanas.
- b) Reformar el carácter rígido y generalizado de los Estudios de Impacto Ambiental en su aplicación a las actividades mineras. Esto es exigir mayores detalles técnicos y actualizaciones periódicas, para dar mayor importancia y consideración al compromiso de la operadora minera con el medio ambiente. Involucrar las obras civiles que haya que hacerse para la conservación y restitución ambiental a las garantías financieras dadas la empresa para este fin.
- c) Realizar un instrumento legal que obligue a considerar una propuesta de uso posterior del área explotada en las planificaciones mineras a largo plazo, bien sea por la contratista o por un ente público.

Referentes al cierre del Frente 2 de la Cantera Carayaca:

- a) Implementar lo antes posible el plan de medidas y seguimiento propuesto en este estudio en vista de la relativa proximidad al cierre del Frente 2.
- b) Supervisar periódicamente los taludes para observar problemas de estabilidad que puedan presentarse, tanto en etapas operativas como en el cierre y post-cierre, y sobre todo en tiempos de lluvia. De observarse gran cantidad de desprendimientos de rocas, cubrir los taludes con algún tipo de geomalla o geosintético y de esta forma contrarrestar el problema.
- c) Realizar el estudio de discontinuidades y del macizo en las áreas donde no se logró obtener datos, cuando las mismas queden expuestas.
- d) Aumentar el factor de seguridad de la escombrera. Evitar la construcción de una estructura de contención como medida de estabilización, debido a los altos costos. Para ello se recomienda aplicar cualquiera de las siguientes propuestas:
 - Modificar la geometría de la escombrera mediante el remodelado del talud, de manera que se logre reducir el momento de las fuerzas desestabilizadoras.
 - Vender el material. Previamente debe realizarse una caracterización rigurosa a fin de clasificar adecuadamente el material o los distintos tipos de materiales presentes y ofertarlos al mercado.
 - Usar el material de la escombrera como material para rellenos y terraplenes en la obra a ejecutarse para uso posterior del terreno.

- Se puede extender material de la escombrera en los trabajos de revegetación en zonas rocosas, y sobre ésta extender la capa de tierra vegetal
- e) Sembrar especies de gramíneas en el área de la escombrera y demás zonas con material de relleno, a fin de corregir los procesos erosivos.
- f) Lograr acuerdos con la comunidad, para producir localmente los abonos necesarios para el proceso de revegetación, y de ser posible realizar viveros, esto en vista de que la agricultura es una actividad económica de relevancia en el sector. La producción de abono puede realizarse del reciclaje de desechos orgánicos, y la actividad puede influir en la materia prima para la agricultura local. De igual forma, lograr acuerdos con respecto al uso posterior del terreno.
- g) Antes de abrir el terreno a un nuevo uso que implique el asentamiento humano temporal o permanente, debe estudiarse los efectos que tendría la apertura de la explotación del Frente 4, el cual se encuentra cercano al Frente 2 (a 2,10 km), pero con acceso independiente. De igual forma para un uso posterior del terreno intervenido tomar en cuenta el hecho de que el lugar ha sido sometido a descompresión por voladura. Se debe tener claro cuál fue el frente de explotación y cuál fue la escombrera. Este estudio debe ser básico para que en tiempos futuros las presiones urbanas insistan en un cambio de uso, y allí deben hacerse ensayos más rigurosos para cálculos de estabilidad estructural, hidrológica y demás parámetros que deban considerarse en la ejecución de las obras civiles correspondientes.

Bibliografía

- Alpízar Barquero, A. (2012). Metodología de análisis de estabilidad de taludes para proyectos viales. *XI Congreso Nacional de Geotecnia*. San José.
- Aponte, D. (2015). *Censo 2015, Tacagua Vieja*. Caracas: Consejo Comunal Las Tres Gracias.
- Arcia, J. (03 de 05 de 2017). *DefiniciónABC*. Obtenido de <http://www.definicionabc.com/general/plan.php>
- Arias, F. (2006). *El Proyecto de Investigación*. Caracas: Episteme.
- Belandria, N., & Borgiorno, F. (2012). *Clasificación Geomecánica de los Macizos Rocosos según: Beniawski, Barton, Hoek & Brown y Romana*. Universidad de los Andes, Escuela de Geología, Mérida.
- Blanco, Y. (2007). *Propuesta de Plan de Cierre Progresivo de Mina en el Cuadrilátero Ferrífero de San Isidro de C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A. Ciudad Piar Estado Bolívar*. Caracas.
- Brown, E. T. (1981). *Rock Characterization Testing & Monitoring* (1era ed.). Londres, Inglaterra: Pergamon Press.
- Castillejo, M. (1993). *Análisis comparativo de los métodos de estabilidad de taludes y su control, parte 1*. Caracas: Universidad Central de Venezuela.
- Cazal, S. (2013). *Propuesta de cierre de la cantera Las Marías, Estado Miranda, como aporte al Ministerio del Poder Popular de Petróleo y Minería en las políticas mineras*. Caracas.
- Cuitiño, H., & Pizarro, R. (2002). *Método de evaluación de la erosión hídrica superficial en suelos denudos de Chile*. Madrid: Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales.
- Dengo, G. (22 de 02 de 2017). *Código Geológico de Venezuela*. Obtenido de <http://www.pdv.com/lexico/t401w.htm>
- Duque, G., & Escobar, C. (2003). *Apuntes sobre Mecánica de Suelos*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Espinace, R. (1979). *Laboratorio de Mecánica de Suelos*. Valparaíso: UCV.
- Espinoza, L. (2014). *Plan de Explotación Tacagua 2014*. Catia La Mar.
- (2015). *Estatutos Legales y Administrativos VARCAM C.A.* Caracas.
- (2014). *Evaluación de Riesgos Ocupacionales VARCAM*. Caracas.

BIBLIOGRAFÍA

- Farías Rodríguez, L., & Merola Pilerici, V. (2014). *Propiedades de los fluidos del yacimiento*. Barcelona, España: Reverté.
- Gaceta Oficial N° 3.238. (11 de 08 de 1983). *Ley Orgánica de Ordenación del Territorio*.
- Gaceta Oficial N° 31.004. (16 de 06 de 1976). *Ley Orgánica del Ambiente*.
- Gaceta Oficial N° 35.206. (07 de 05 de 1993). *Normas sobre Movimiento de Tierra y Conservación Ambiental*.
- Gaceta Oficial N° 35.595. (02 de 01 de 2007). *Ley de Aguas*.
- Gaceta Oficial N° 35.946. (25 de 03 de 1996). *Normas sobre Evaluación Ambiental en Actividades Susceptibles de Degradar el Ambiente*.
- Gaceta Oficial N° 36.579. (11 de 11 de 1998). *Ley Organica de Salud*.
- Gaceta Oficial N° 36.860. (1999). *Constitución de la República Bolivariana de Venezuela*.
- Gaceta Oficial N° 37.155. (09 de 03 de 2001). *Decreto N° 1.234: Reglamento General de la Ley de Minas*.
- Gaceta Oficial N° 39.382. (09 de 03 de 2010). *Ley de Minas*.
- Gaceta Oficial N° 39.868. (22 de 02 de 2012). *Ley Sobre el Régimen, Administración y Aprovechamiento de Minerales no Metálicos del Distrito Capital*.
- Gaceta oficial N° 4.153. (28 de 12 de 1989). *Ley Orgánica de Descentraliación, Delimitación y Transferencia de Competencias del Poder Público*.
- Gaceta Oficial N° 4.323. (10 de 11 de 1995). *Normas sobre Recaudos para la Evaluación Ambiental de Programas y Proyectos Mineros y de Exploración y Producción de Hidrocarburos*.
- Gaceta oficial N° 4.358. (03 de 01 de 1992). *Ley Penal del Ambiente*.
- Gaceta Oficial N° 4.418. (27 de 04 de 1992). *Normas para Regular la Afectación de los Recursos Naturales Renovables Asociada a la Explotación y Extracción de Minerales*.
- Gaceta Oficial N° 4.418. (27 de 04 de 1992). *Normas para el Manejo de los Desechos Sólidos de Origen Doméstico, Comercial, Industrial o Cualquier otra Naturaleza que no sean peligrosos*.

BIBLIOGRAFÍA

- Gaceta Oficial N° 4.899. (19 de 05 de 1995). *Normas sobre Calidad de Aire y Control de la Contaminación Atmosférica*.
- Gaceta Oficial N° 5.021. (18 de 12 de 1995). *Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos de Efluentes Líquidos*.
- Gaceta Oficial N° 5.554. (13 de 11 de 2001). *Ley sobre Sustancias, Materiales y Desechos Peligrosos*.
- Gaceta Oficial N° 6.011. (10 de 12 de 2010). *Ley Orgánica del Poder Popular*.
- Gaceta Oficial N° 3.850. (18 de 07 de 1986). *Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo*.
- Garrido, M. (2016). *Cartera Carayaca. Plan de Explotación 2016*. Caracas.
- Gavidia, W., & Pimentel, R. (2014). *Diagnóstico de las plantas de agregados de la Cantera Carayaca, para conocer las especificaciones técnicas y de producción. Período julio-septiembre 2014*. Caracas.
- Gonzales de Vallejo, L. I. (2002). *Ingeniería Geológica*. Madrid, España: Pearson Educational.
- Google Earth. (12 de 06 de 2017). Obtenido de <https://www.google.co.ve/maps/place/Cantera+Tacagua+Vieja/@10.5275233,-66.9948328,602m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x8c2a5e192b9c2e53:0xb51a53f2b7c95efc!8m2!3d10.527518!4d-66.9926441>
- (2003). *Guía Metodológica para el Cierre de Faenas Mineras*. Santiago: Ministerio de Energía de Chile.
- (19 de Enero de 2016). *Guía para la Elaboración de Planes de Cierre de Minas*. Lima: Ministerio de Energía y Minas de Perú. Obtenido de <http://www.sernageomin.cl/pdf/mineria/cierrefaena/DocumentosRelacionados/Guia-cierre-de-minas-peru.pdf>.
- Gutierrez, E. (2016). *Proyecto, programa y plan*. Mexico D.F.
- Hoek, E., & Bray, J. D. (1981). *Rock Slope Engineering: Third Edition*. Institution Of Mining and Metallurgy.
- Hurtado de Barrera, J. (2008). *Cómo formular objetivos de investigación*. Caracas: Quirón Editores.

BIBLIOGRAFÍA

- Juarez, M. (2015). *Relaciones volumetricas y gravimetricas de suelos*. Mexico.
- Kliche, C. A. (1999). *Rock Slope Stability* (1era ed.). Littleton, Colorado, Estados Unidos: SME.
- Kobek, M. (2012). Gestión de Cierre de Minas. *INTERCADE Consultancy y Trainig* (pág. 28). Lima: Virtual Mine 3.0.
- López, R. (2014). *Guía metodológica para la presentación de planes de cierre de mina sometidos al procedimiento de aplicación general*. Santiago.
- (1967). *Manual de Drenaje*. Caracas: Ministerio de Obras Públicas de Venezuela.
- Marín, J. (2015). *Análisis de los aspectos técnicos legales del cierre minero en Colombia*. Medellín: Universidad de Medellín.
- Melentijevic, S. (2005). *Estabilidad de taludes en macizos rocosos*. Tesis Doctoral, Universidad Politecnica de Madrid, Departamento de Ingenieria y Morfología del terreno, Madrid.
- (1995). *Norma COVENIN 1565:1995 "Ruido Ocupacional. Programa de Conservación Auditiva. Niveles Permisibles y Criterios de Evaluación"*. Caracas: Comisión Venezolana de Normas Industriales.
- (1998). *Norma COVENIN 1671:1988 "Fuentes Estacionarias. Determinación de Ruido"*. Caracas: Comisión Venezolana de Normas Industriales.
- (2001). *Norma COVENIN 2253:2001 "Concentraciones ambientales permisibles de sustancias químicas en lugares de trabajo e índices biológicos de exposición"*. Caracas: Comisión Venezolana de Normas Industriales.
- Ochoa, K., & Reyes, R. (2011). *Propuesta de los parametros para el diseño de estabilidad de taludes y de los depositos finaels en minera Loma de Niquel, C.A. Municipio Guaicaipuro, Estado Miranda*. Tesis de Pregrado, UCV, Departamento de Minas, Caracas.
- Olivo. (2009). *Manual de Gestión Ambiental y Buenas Prácticas en Minería*. Venezuela.
- Ospina, E. (2013). *Legislación colombiana de cierre de mina. ¿Es realmente necesaria?* Medellín.
- Ostos, M., Navarro, E., & Yoris, F. (22 de 02 de 2017). *Código Geológico de Venezuela*. Obtenido de <http://www.pdv.com/lexico/c1402w.htm>
- Pimentel, R. (2016). *Desarrollo de una propuesta de adecuación de las plantas de agregados de la Cantera Carayaca, Distrito Capital, para disminuir la producción de finos*. Caracas.

BIBLIOGRAFÍA

- Plata, F. (2010). *Avance del ODI 3: Realizar las Actividades Pertinentes a la Segunda Entrega del Proyecto Correspondiente a la Elaboración y Aplicación de Planes de Cierre de Mina*. Caracas: Dirección General de Fiscalización y Control Minero.
- Ponce, R. (2013). *Guía Metodológica para la Presentación de Planes de Cierre de Exploraciones y Prospecciones Afectas al Procedimiento Simplificado*. Santiago.
- Ramirez Oyanguren, P. (1980). *Estabilidad de Taludes en Rocas Competentes*. Madrid, España: Fundacion Gomez-Pardo.
- Rosas, E. (2006). *Aplicación de la Proyección Estereográfica en la Ingeniería de Minas*. Mexico DF.
- Seijas, D. (2017). *Integración de Criterios de Cierre de Mina a la Planificación a Largo Plazo: "Canteras del Distrito Capital", Mamera, Municipio Libertador*. Caracas.
- Tomas Jover, R., Ferreiro Prieto, I., Sentana Gadea, I., & Diaz Ivorra, M. (2002). Aplicaciones de la proyección estereográfica en ingeniería geológica. *XIV Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica*, (pág. 10). Santander.
- Vallejo, L. (2002). *Ingeniería Geológica*. Madrid, España: Pearson Educational.
- Villegas, E. (2006). *Estudio Geológico del Abra Topográfico de Tacagua y Geotecnia Detallada de los Km 0 al 4 de la Autopista Caracas La Guaira*. Caracas.
- Zambrano, J. (2015). *Propuesta de Cierre Progresivo e Integral de una Cantera de Áridos de Construcción: Caso Arenera O Toxo C.A., Municipio Los Salias, Estado Miranda*. Caracas.

ANEXOS

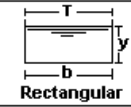
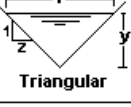
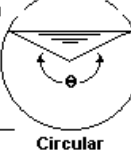
Sección	Area hidráulica A	Perímetro mojado P	Radio hidráulico R	Espejo de agua T
 Rectangular	by	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	b
 Trapezoidal	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b+2zy$
 Triangular	zy^2	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$
 Circular	$\frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta})\frac{D}{4}$	$(\frac{\text{sen}\theta}{2})D$ ó $2\sqrt{y(D-y)}$
 Parabólica	$\frac{2}{3}Ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T+8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

Figura N° 52. Elementos geométricos para distintas secciones de canales hidráulicos

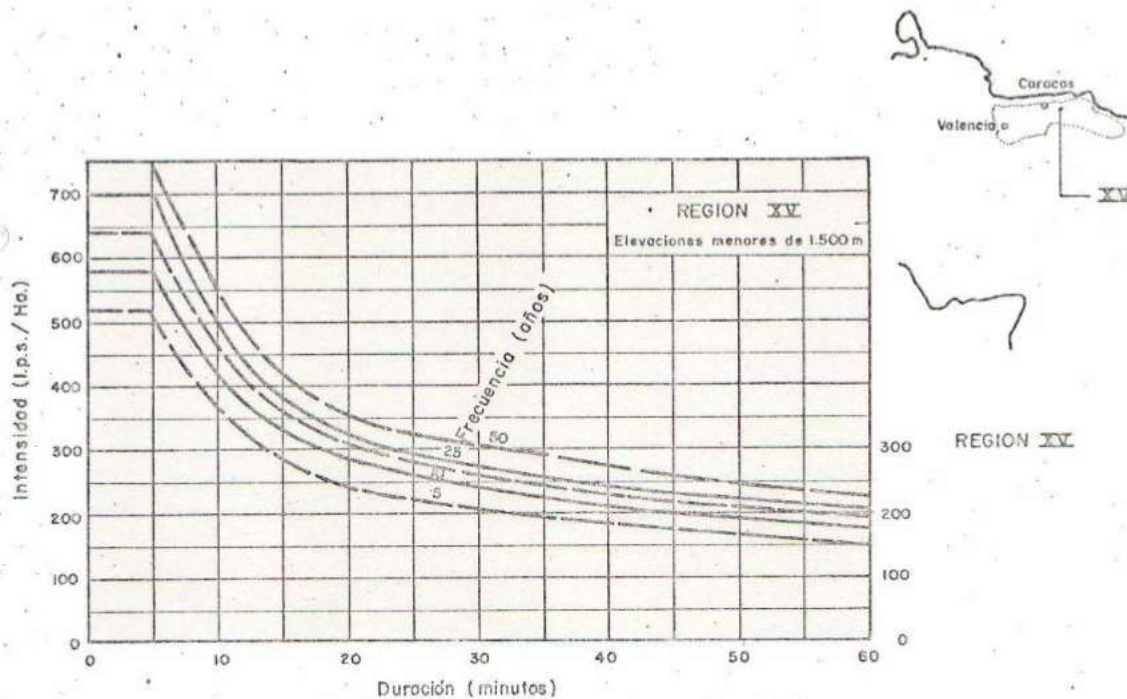


Figura N° 53. Curvas IDF para la Región Capital
(Manual de Drenaje, 1967)

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA C						
COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				DESCRIPCION
		PROFUNDIZADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	
		25%	50%	75%	1%	
SIN VEGETACION	IMPERMEABLE	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	SEMIPERMEABLE	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	PERMEABLE	0,60	0,45	0,40	0,35	0,30
CULTIVOS	IMPERMEABLE	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	SEMIPERMEABLE	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	PERMEABLE	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
PASTOS VEGETACION LIGERA	IMPERMEABLE	0,60	0,60	0,55	0,50	0,45
	SEMIPERMEABLE	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	PERMEABLE	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
HIERBA, GRAMA	IMPERMEABLE	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	SEMIPERMEABLE	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	PERMEABLE	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
BOSQUES DENSE VEGETACION	IMPERMEABLE	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	SEMIPERMEABLE	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	PERMEABLE	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

NOTA: Para zonas que se espera puedan ser quemadas se deben aumentar los coeficientes así:

Cultivos: multiplicar por 1,10

Hierba, Pastos y vegetación ligera, Bosques y densa vegetación: multiplicar por 1,30

Figura N° 54. Coeficientes de rugosidad
(Manual de Drenaje, 1967)

Clasificación del suelos SUCS	Peso Unitario en kN/m ³	
	Arriba del nivel freático	Abajo del nivel freático
GP grava mal graduada	17.50-20.50	19.50-22.00
GW grava bien graduada	17.50-22.00	19.50-23.50
GM grava limosa	16.00-20.50	19.50-22.00
GC grava arcillosa	16.00-20.50	19.50-22.00
SP arena mal graduada	15.00-19.50	19.00-21.00
SW arena bien graduada	15.00-21.00	19.00-23.00
SM arena limosa	12.50-21.00	17.50-22.00
SC arena arcillosa	13.50-20.50	17.50-21.00
ML limo de baja plasticidad	11.50-17.50	17.50-21.00
MH limo de alta plasticidad	11.50-17.50	12.50-20.50
CL arcilla de baja plasticidad	12.50-17.50	11.50-20.50
CH arcilla de alta plasticidad	12.50-17.50	11.00-19.50

Figura N° 55. Pesos unitarios característicos
(Juarez, 2015)

Tabla N° 25. Humedad natural de las muestras

Muestra	Peso húmedo (g)	Peso Seco (g)	Humedad natural (%)
2401-1	4867	4635,2	4,8
2401-2	5237,3	4936,4	5,7
2401-3	4872,3	4522,9	7,2
2402-1	2596,5	2436,1	6,2
2402-2	3066,9	2890,4	5,8
2402-3	2181	2012,6	7,7
1-1	1010,4	895,4	11,4
1-2	1082,4	943,4	12,8
1-3	1104,8	983,4	11,0
1-4	894,7	775,5	13,3
2-1	1012,2	887,4	12,3
2-2	902,1	791,5	12,3
2-3	1112,6	983,3	11,6
2-4	1115	927,4	16,8
3-1	1085,2	911,4	16,0
3-2	1256,5	1135,3	9,6
3-3	1212,1	1087,3	10,3
3-4	1242,3	1111,3	10,5
4-1	4867	4635,2	4,8
4-2	5237,3	4936,4	5,7
4-3	4872,3	4522,9	7,2
4-4	2596,5	2436,1	6,2

Tabla N° 26. Reportes muestra 2401-1

2401-1						
Tamiz N°	Tamiz (mm)	Retenido W (gr)	Retenido (%)	Acumulado (%)	Pasante (%)	
5"	127,000	1.042,800	21,664	21,664	78,336	Grava 69,191
4 1/2"	114,300					
4"	101,600					
3 1/2"	88,900	63,500	1,319	22,983	77,017	
3"	76,200	74,100	1,539	24,522	75,478	
2 1/2"	63,500					
2"	50,800	140,500	2,919	27,441	72,559	
1 1/2"	38,100	98,700	2,050	29,491	70,509	
1"	25,400	69,300	1,440	30,931	69,069	
3/4"	19,050	329,700	6,849	37,780	62,220	
1/2"	12,700	498,700	10,360	48,141	51,859	
3/8"	9,525	444,300	9,230	57,371	42,629	
1/4"	6,350	495,400	10,292	67,662	32,338	
N° 4	4,760	73,600	1,529	69,191	30,809	
N° 8	2,360					Arena 20,669
N° 10	2,000	371,200	7,711	76,903	23,097	
N° 20	0,850	20,200	0,420	77,323	22,677	
N° 25	0,710					
N° 30	0,600	73,600	1,529	78,852	21,148	
N° 35	0,500					
N° 40	0,425	32,700	0,679	79,531	20,469	
N° 50	0,300	41,800	0,868	80,399	19,601	
N° 60	0,250					
N° 70	0,212	252,200	5,239	85,639	14,361	
N° 80	0,177	112,700	2,341	87,980	12,020	
N° 100	0,150	90,500	1,880	89,860	10,140	
N° 120	0,125					
N° 140	0,106					
N° 200	0,074	97,200	2,019	91,879	8,121	Finos 10,140
N° 325	0,045					
	Fondo	390,900	8,121	100,000	0,000	
	Total	4.813,600			Total	100,00
	Peso Inicial	4.867,000				
	Error	1,097%				

Tabla N° 27. Reportes muestra 2401-2

2401-2						
Tamiz N°	Tamiz (mm)	Retenido W (gr)	Retenido (%)	Acumulado (%)	Pasante (%)	
5"	127,000					Grava 71,643
4 1/2"	114,300	1.151,500	22,222	22,222	77,778	
4"	101,600					
3 1/2"	88,900	203,100	3,920	26,142	73,858	
3"	76,200					
2 1/2"	63,500					
2"	50,800					
1 1/2"	38,100					
1"	25,400	375,200	7,241	33,383	66,617	
3/4"	19,050	336,800	6,500	39,883	60,117	
1/2"	12,700	598,000	11,541	51,423	48,577	
3/8"	9,525	387,600	7,480	58,903	41,097	
1/4"	6,350	587,600	11,340	70,243	29,757	
N° 4	4,760	72,500	1,399	71,643	28,357	
N° 8	2,360					Arena 15,236
N° 10	2,000	221,800	4,280	75,923	24,077	
N° 20	0,850	39,300	0,758	76,681	23,319	
N° 25	0,710					
N° 30	0,600	115,500	2,229	78,910	21,090	
N° 35	0,500					
N° 40	0,425	6,700	0,129	79,040	20,960	
N° 50	0,300	60,100	1,160	80,200	19,800	
N° 60	0,250					
N° 70	0,212	155,400	2,999	83,199	16,801	
N° 80	0,177	139,400	2,690	85,889	14,111	
N° 100	0,150	51,300	0,990	86,879	13,121	
N° 120	0,125					
N° 140	0,106					
N° 200	0,074	275,700	5,321	92,199	7,801	Finos 13,121
N° 325	0,045					
	Fondo	404,200	7,801	100,000	0,000	
	Total	5.181,700			Total	100,00
	Peso Inicial	5.237,300				
	Error	1,062%				

Tabla N° 28. Reportes muestra 2401-3

2401-3						
Tamiz N°	Tamiz (mm)	Retenido W (gr)	Retenido (%)	Acumulado (%)	Pasante (%)	
5"	127,000					Grava 70,741
4 1/2"	114,300					
4"	101,600					
3 1/2"	88,900	964,600	20,230	20,230	79,770	
3"	76,200					
2 1/2"	63,500	174,100	3,651	23,882	76,118	
2"	50,800					
1 1/2"	38,100	194,100	4,071	27,952	72,048	
1"	25,400	176,900	3,710	31,663	68,337	
3/4"	19,050	389,500	8,169	39,831	60,169	
1/2"	12,700	474,400	9,949	49,781	50,219	
3/8"	9,525	374,300	7,850	57,631	42,369	
1/4"	6,350	452,000	9,480	67,111	32,889	
N° 4	4,760	173,100	3,630	70,741	29,259	
N° 8	2,360					Arena 18,150
N° 10	2,000	150,200	3,150	73,891	26,109	
N° 20	0,850	36,700	0,770	74,661	25,339	
N° 25	0,710					
N° 30	0,600	28,600	0,600	75,261	24,739	
N° 35	0,500					
N° 40	0,425	30,500	0,640	75,900	24,100	
N° 50	0,300	209,800	4,400	80,300	19,700	
N° 60	0,250					
N° 70	0,212	138,300	2,901	83,201	16,799	
N° 80	0,177	211,700	4,440	87,641	12,359	
N° 100	0,150	59,600	1,250	88,891	11,109	
N° 120	0,125					
N° 140	0,106					
N° 200	0,074	67,200	1,409	90,300	9,700	Finos 11,109
N° 325	0,045					
	Fondo	462,500	9,700	100,000	0,000	
	Total	4.768,100			Total	100,00
	Peso Inicial	4.872,300				
	Error	2,139%				

Tabla N° 29. Reportes muestra 2402-1

2402-1						
Tamiz N°	Tamiz (mm)	Retenido W (gr)	Retenido (%)	Acumulado (%)	Pasante (%)	
5"	127,000	424,600	16,534	16,534	83,466	Grava 76,286
4 1/2"	114,300					
4"	101,600					
3 1/2"	88,900	164,400	6,402	22,935	77,065	
3"	76,200					
2 1/2"	63,500					
2"	50,800					
1 1/2"	38,100	234,000	9,112	32,047	67,953	
1"	25,400	222,400	8,660	40,707	59,293	
3/4"	19,050	183,900	7,161	47,868	52,132	
1/2"	12,700	226,000	8,800	56,668	43,332	
3/8"	9,525	189,000	7,360	64,028	35,972	
1/4"	6,350	276,100	10,751	74,779	25,221	
N° 4	4,760	38,700	1,507	76,286	23,714	
N° 8	2,360					Arena 12,110
N° 10	2,000	66,200	2,578	78,864	21,136	
N° 20	0,850	4,600	0,179	79,043	20,957	
N° 25	0,710					
N° 30	0,600	41,100	1,600	80,643	19,357	
N° 35	0,500					
N° 40	0,425	65,800	2,562	83,205	16,795	
N° 50	0,300	35,900	1,398	84,603	15,397	
N° 60	0,250					
N° 70	0,212	17,900	0,697	85,300	14,700	
N° 80	0,177	59,000	2,297	87,598	12,402	
N° 100	0,150	20,500	0,798	88,396	11,604	
N° 120	0,125					
N° 140	0,106					
N° 200	0,074	63,700	2,480	90,877	9,123	Finos 11,604
N° 325	0,045					
	Fondo	234,300	9,123	100,000	0,000	
	Total	2.568,100			Total	100,00
	Peso Inicial	2.596,500				
	Error	1,094%				

Tabla N° 30. Reportes muestra 2402-2

2402-2						
Tamiz N°	Tamiz (mm)	Retenido W (gr)	Retenido (%)	Acumulado (%)	Pasante (%)	
5"	127,000					Grava 76,335
4 1/2"	114,300	603,700	20,139	20,139	79,861	
4"	101,600	38,700	1,291	21,430	78,570	
3 1/2"	88,900					
3"	76,200					
2 1/2"	63,500					
2"	50,800					
1 1/2"	38,100	166,900	5,568	26,997	73,003	
1"	25,400	275,500	9,190	36,188	63,812	
3/4"	19,050	249,100	8,310	44,497	55,503	
1/2"	12,700	276,400	9,220	53,718	46,282	
3/8"	9,525	183,100	6,108	59,826	40,174	
1/4"	6,350	388,200	12,950	72,776	27,224	
N° 4	4,760	106,700	3,559	76,335	23,665	
N° 8	2,360					Arena 11,065
N° 10	2,000	138,200	4,610	80,945	19,055	
N° 20	0,850	24,300	0,811	81,756	18,244	
N° 25	0,710					
N° 30	0,600	7,500	0,250	82,006	17,994	
N° 35	0,500					
N° 40	0,425	38,400	1,281	83,287	16,713	
N° 50	0,300	27,000	0,901	84,188	15,812	
N° 60	0,250					
N° 70	0,212	42,300	1,411	85,599	14,401	
N° 80	0,177	42,000	1,401	87,000	13,000	
N° 100	0,150	12,000	0,400	87,400	12,600	
N° 120	0,125					
N° 140	0,106					
N° 200	0,074	140,900	4,700	92,101	7,899	Finos 12,600
N° 325	0,045					
	Fondo	236,800	7,899	100,000	0,000	
	Total	2.997,700			Total	100,00
	Peso Inicial	3.066,900				
	Error	2,256%				

Tabla N° 31. Reportes muestra 2401-3

2402-3						
Tamiz N°	Tamiz (mm)	Retenido W (gr)	Retenido (%)	Acumulado (%)	Pasante (%)	
5"	127,000	343,200	15,981	15,981	84,019	Grava 74,399
4 1/2"	114,300					
4"	101,600					
3 1/2"	88,900					
3"	76,200					
2 1/2"	63,500	81,200	3,781	19,762	80,238	
2"	50,800	43,800	2,039	21,801	78,199	
1 1/2"	38,100	49,200	2,291	24,092	75,908	
1"	25,400					
3/4"	19,050	377,700	17,587	41,679	58,321	
1/2"	12,700	237,100	11,040	52,719	47,281	
3/8"	9,525	79,500	3,702	56,421	43,579	
1/4"	6,350	240,900	11,217	67,638	32,362	
N° 4	4,760	145,200	6,761	74,399	25,601	Arena 15,501
N° 8	2,360					
N° 10	2,000	74,700	3,478	77,878	22,122	
N° 20	0,850	60,100	2,798	80,676	19,324	
N° 25	0,710					
N° 30	0,600	26,000	1,211	81,887	18,113	
N° 35	0,500					
N° 40	0,425	4,500	0,210	82,096	17,904	
N° 50	0,300	70,900	3,301	85,398	14,602	
N° 60	0,250					
N° 70	0,212	40,800	1,900	87,297	12,703	
N° 80	0,177	17,200	0,801	88,098	11,902	
N° 100	0,150	38,700	1,802	89,900	10,100	
N° 120	0,125					Finos 10,100
N° 140	0,106					
N° 200	0,074	32,200	1,499	91,400	8,600	Finos 10,100
N° 325	0,045					
	Fondo	184,700	8,600	100,000	0,000	
	Total	2.147,600			Total	100,00
	Peso Inicial	2.181,000				
	Error	1,531%				