



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA EN MINAS**

**“Planeación Minera para el Diseño de explotación de la  
cantera de libre aprovechamiento de lastre «Cochapamba»  
código 10000164 del GAD Municipal del cantón Cuenca”**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:**

**INGENIERO EN MINAS**

**Nombre del Autor:**

**ERIKA BELÉN BERMEO CHIRIBOGA**

**Nombre del Director:**

**CARLOS FEDERICO AUQUILLA TERÁN**

**CUENCA, ECUADOR**

**2017**

## **DEDICATORIA**

A los pilares de mi vida, mis padres Manuel y Catalina, quienes con amor, sabiduría y paciencia instruyen mi camino. A ellos, que con grandes sacrificios me brindaron su apoyo en cada una de las decisiones que tomé; y cultivando en mí valores y principios me forjaron como un ser humano de bien. A ellos que mostrándome el poder de la perseverancia supieron enseñarme el valor del trabajo. Por un millón de razones más, a ellos les debo lo que fui, lo que soy y lo que seré.

A mis hermanos Andy y Dany, el vivo ejemplo de superación y perseverancia que un hermano menor puede tener, quienes siempre me han brindado tanto amor y complicidad.

Por ser mis mejores amigos y los seres extraordinarios que son, mi amor y agradecimiento son infinitos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Ing. Federico Auquilla por su paciente guía durante mis años universitarios y el invaluable apoyo brindado para la realización de la presente tesis.

A los docentes de la Carrera de Ingeniería en Minas, que supieron cultivarme el conocimiento profesional a lo largo de mis años universitarios, en especial a los ingenieros: Patricio Feijoo, Jaime Ampuero, Gil Álvarez, Fernando Valencia y Dr. Juan Calderón, por sus consejos y acertada guía durante mi vida universitaria y en la preparación de este proyecto de tesis.

Al Ing. John Maldonado Fajardo, por creer en mí y confiarme su valiosa amistad, estando presto siempre a brindarme una mano amiga sincera.

A Pavel Cervantes, mi mejor amigo y compañero, un ser humano maravilloso que siempre demostró paciencia, amor y entrega incondicional en cada detalle de mi vida.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I: MARCO REFERENCIAL .....</b>	<b>3</b>
1.1    Antecedentes .....	3
1.2    Datos generales.....	4
1.2.1    Ubicación del Libre Aprovechamiento de Lastre “Cochapamba” código 10000164.....	4
1.2.2    Vías de Acceso .....	4
1.2.3    Estado Legal del área .....	6
1.2.4    Ficha técnica del proyecto.....	8
1.2.5    Levantamiento topográfico .....	9
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>10</b>
2.1    Marco teórico y estado del arte .....	10
2.2    Metodología de aplicación .....	21

<b>CAPÍTULO III. GEOLOGÍA Y EVALUACIÓN DE RESERVAS.....</b>	<b>24</b>
3.1 Geología .....	24
3.1.1 Geología Regional.....	24
3.1.2 Geología local .....	27
3.1.3 Geología estructural .....	31
3.2 Geomorfología.....	33
3.3 Clima .....	34
3.4 Hidrografía .....	34
3.5 Evaluación de reservas .....	35
3.5.1 Delimitación de la zona de interés .....	35
3.5.2 Cálculo de reservas .....	37
 <b>CAPÍTULO IV: GEOMECÁNICA Y DISEÑO DE EXPLOTACIÓN .....</b>	 <b>38</b>
4.1 Propiedades físico – mecánicas del material .....	38
4.1.1 Propiedades físicas .....	38
4.1.2 Propiedades mecánicas.....	42
4.2 Clasificación geomecánica del macizo rocoso .....	43
4.2.1 Rock Quality Designation (RQD).....	43
4.2.2 Espaciamiento de las discontinuidades .....	44
4.2.3 Condición de las discontinuidades .....	45
4.2.4 Presencia de agua .....	45
4.2.5 Orientación de las discontinuidades.....	45
4.2.6 Valoración del macizo rocoso o <i>Rock Mass Rating</i> .....	46
4.3 Diseño de cantera .....	48
4.3.1 Sistema de explotación.....	48
4.3.2 Dirección de la explotación.....	48

4.3.3	Profundidad de la cantera.....	49
4.3.4	Diseño de taludes .....	49
4.3.5	Número de bancos.....	53
4.3.6	Plataformas de trabajo.....	53
4.3.7	Bermas finales o de resguardo .....	55
4.3.8	Ángulo de borde de la cantera en receso.....	55
4.3.9	Cunetas de coronación .....	57
4.3.10	Ancho de la vía de acceso .....	57
4.4	Planificación de la explotación.....	58
4.4.1	Descripción de la metodología de explotación .....	58
4.4.2	Diseño de fases.....	60
4.4.3	Vida útil de la cantera .....	70
<b>CAPÍTULO V: DIMENSIONAMIENTO DE LA MAQUINARIA .....</b>		<b>72</b>
5.1	Generalidades para el dimensionamiento de maquinaria .....	72
5.1.1	Maquinaria de arranque.....	72
5.1.2	Maquinaria de carguío.....	76
5.1.1	Maquinaria de transporte.....	79
5.1.3	Requerimientos de maquinaria.....	82
5.1.4	Requerimientos de personal .....	82
<b>CAPÍTULO VI: SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL .....</b>		<b>83</b>
6.1	Análisis de seguridad con el uso de la matriz IPER.....	83
6.2	Señalética de seguridad .....	88
6.3	Equipos de protección personal.....	92

<b>CAPÍTULO VII: EVALUACIÓN ECONÓMICA DE CANTERA</b> .....	96
7.1    Gastos y costos .....	96
7.1.1    Gastos de inversión inicial .....	96
7.2    Costos directos mensualizados .....	99
7.2.1    Mano de obra directa.....	100
7.2.2    Consumos de combustible.....	101
7.2.3    Mantenimiento y cambio de repuestos.....	103
7.2.4    Depreciación de activos fijos .....	104
7.2.5    Resumen de costos operativos .....	104
7.3    Costos indirectos .....	105
7.3.1    Mano de obra indirecta (MOI) .....	105
7.3.2    Otros requerimientos .....	106
7.3.3    Riego de vías .....	107
7.3.4    Resumen de costos no operativos .....	107
7.4    Resumen de inversión y costos mensuales.....	107
7.5    Sensibilización de costos.....	108
7.6    Estimación de indicadores de producción .....	112
7.6.1    Costo de extracción por metro cúbico.....	112
7.6.2    Indicador de mano de obra.....	112
7.6.3    Indicador de rendimiento de maquinaria.....	113
7.6.4    Índice de productividad total.....	114
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	116
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	121
<b>ANEXOS</b> .....	125

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Estado de la cantera de Libre Aprovechamiento “Cochapamba” código 1000164, al 04 de abril de 2017.....	3
Figura 1.2. Mapa de Ubicación de la Cantera de Libre Aprovechamiento “Cochapamba” código 10000164. ....	5
Figura 1.3. Mapa: Croquis de llegada al Libre Aprovechamiento “Cochapamba” cód. 10000164.....	7
Figura 1.4. Levantamiento topográfico del área de Libre Aprovechamiento “Cochapamba” código 10000164 .....	9
Figura 2.1. Elementos de una cantera .....	12
Figura 2.2. Método de los perfiles .....	16
Figura 2.3. Esquema de Sistema de explotación con transporte discontinuo. ....	19
Figura 3.1. Mapa geológico de ubicación del Libre Aprovechamiento “Cochapamba” código 10000164.....	26
Figura 3.2. Izquierda: brecha volcánica silicificada de tonalidad marrón. Derecha: brecha silicificada de tonalidad amarillenta; ambas con clastos de dacita grisácea. .	28
Figura 3.3. Dacita con fenocristales félsicos visibles a simple vista. ....	28
Figura 3.4. Depósitos de arcilla rojiza y amarillenta. ....	29
Figura 3.5. Formación Tarqui en contacto con materiales correspondientes a la formación Biblián.....	29
Figura 3.6. Izquierda Superior: Piroclastos. Derecha Superior, inferior e izquierda inferior: Piroclastos con leve alteración limonítica.....	30
Figura 3.7. Izquierda y Derecha: Dacita con alto grado de meteorización. ....	30
Figura 3.8. Geología Local y Perfil Geológico del Libre Aprovechamiento “Cochapamba” cód. 10000164.....	32
Figura 3.9. Geomorfología de la zona.....	33
Figura 3.10. Isoyetas media anual serie 1981-2010 (Acercamiento a la provincia del Azuay). ....	34
Figura 3.11. Delimitación del área de explotación .....	36
Figura 4.1. Muestras para ensayos de densidad .....	39
Figura 4.2. Pesaje de muestras y medición de volumen desalojado en probeta.....	39
Figura 4.3. Muestras de ensayo de humedad. ....	40
Figura 4.4. Ángulo de reposo natural del material.....	41

Figura 4.5. Pesaje de muestras y ensayo de resistencia a la compresión uniaxial. ....	43
Figura 4.6. Medición de discontinuidades en frentes libres.....	44
Figura 4.7. Características de las discontinuidades.....	45
Figura 4.8. Avance óptimo de la explotación .....	48
Figura 4.9. Ábaco de falla circular N° 2 .....	51
Figura 4.10. Ábaco de falla circular N° 4. ....	52
Figura 4.11. Ilustración de los elementos de diseño de cantera.....	56
Figura 4.12. Configuración de las cunetas de coronación .....	57
Figura 4.13. Esquema de arranque, carguío y transporte desde la cota 2790 a la 2770 (plataforma principal de carguío).....	59
Figura 4.14. Esquema de arranque, carguío y transporte por niveles. ....	59
Figura 4.15. Sección de la vía con cunetas de desagüe.....	60
Figura 4.16. Vista en planta y en 3D de la Fase 1 de explotación .....	61
Figura 4.17. Vista en planta y en 3D de la Fase 2 de explotación. ....	62
Figura 4.18. Vista en planta y en 3D de la Fase 3 de explotación. ....	63
Figura 4.19. Vista en planta y en 3D de la Fase 4 de explotación. ....	64
Figura 4.20. Vista en planta y en 3D de la Fase 5 de explotación. ....	65
Figura 4.21. Vista en planta y en 3D de la Fase 6 de explotación. ....	66
Figura 4.22. Vista en planta y en 3D de la Fase 7 de explotación. ....	67
Figura 4.23. Vista en planta y en 3D de la Fase 8 de explotación. ....	68
Figura 4.24. Esquemización de secuencia de minado por fases.....	69
Figura 4.25. Extracción de material con respecto al tiempo.....	70
Figura 5.1. Cubicaje del cucharón de excavadora CAT 320 CL .....	77
Figura 6.1. Uso correcto de los equipos de protección personal.....	95

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Vértices del área de Libre Aprovechamiento “Cochapamba” código 10000164.....	4
Tabla 1.2. Ficha técnica del Libre Aprovechamiento “Cochapamba” código 10000164 .....	8
Tabla 1.3. Puntos de estación para levantamiento topográfico .....	9
Tabla 3.1. Pendientes existentes en el Libre Aprovechamiento “Cochapamba” cód. 10000164.....	33
Tabla 3.2. Características del depósito.....	36
Tabla 3.3. Coordenadas referenciales del área delimitada para explotación .....	37
Tabla 3.4. Reservas probables del Libre Aprovechamiento “Cochapamba” cód. 10000164.....	37
Tabla 4.1. Resultados de ensayos de laboratorio para obtención del valor de densidad promedio del material del Libre Aprovechamiento Cochapamba código 10000164.	39
Tabla 4.2. Resultados de los ensayos de laboratorio para obtención del valor de humedad promedio del material.....	40
Tabla 4.3. Resultados de ensayos de laboratorio para la obtención del porcentaje de esponjamiento del material del área de interés .....	41
Tabla 4.4. Resultados de ensayos de laboratorio para la obtención del parámetro de resistencia a la compresión uniaxial del material.....	42
Tabla 4.5. Determinación del parámetro RQD con valores obtenidos en campo.....	44
Tabla 4.6. Mediciones para el cálculo del Bloque típico. ....	44
Tabla 4.7. Clasificación geomecánica RMR.....	46
Tabla 4.8. Parámetros del talud y determinación del factor de seguridad con ábaco 2. ....	51
Tabla 4.9. Parámetros del talud y determinación del factor de seguridad con ábaco 4. ....	52
Tabla 4.10. Ángulo de taludes de los bordes en receso (grados).....	56
Tabla 4.11. Características generales del diseño de la vía de acceso.....	60
Tabla 4.12. Cálculo de volúmenes de extracción por perfiles en la fase 1. ....	61
Tabla 4.13. Cálculo de volúmenes de extracción por perfiles en la fase 2. ....	62
Tabla 4.14. Cálculo de volúmenes de extracción por perfiles en la Fase 3. ....	63
Tabla 4.15. Cálculo de volúmenes de extracción por perfiles en la Fase 4. ....	64

Tabla 4.16. Cálculo de volúmenes de extracción por perfiles en la Fase 5. ....	65
Tabla 4.17. Cálculo de volúmenes de extracción por perfiles en la Fase 6. ....	66
Tabla 4.18. Cálculo de volúmenes de extracción por perfiles en la Fase 7. ....	67
Tabla 4.19. Cálculo de volúmenes de extracción por perfiles en la Fase 8. ....	68
Tabla 4.20. Resumen de volúmenes de material explotables con el diseño de explotación propuesto. ....	69
Tabla 4.21. Parámetros de producción de cantera.....	71
Tabla 5.1. Factores de eficiencia operativa y operación durante el carguío y transporte de materiales a cielo abierto. ....	72
Tabla 5.2. Especificaciones técnicas del equipo de arranque de material. ....	73
Tabla 5.3. Tiempo fijo asociado a maniobras del equipo de arranque y empuje.....	75
Tabla 6.4. Especificaciones técnicas de la Excavadora CAT 320 C L .....	76
Tabla 5.5. Cubicaje del cucharón de la excavadora. ....	77
Tabla 5.6. Determinación del tiempo de carga para la maquinaria de carguío.....	78
Tabla 5.7. Especificaciones técnicas del volquete VOLVO FMX 400.....	79
Tabla 5.8. Mediciones de distancias y tiempos de viaje de volquetes. ....	80
Tabla 5.9. Resumen de maquinaria necesaria para la extracción de material.....	82
Tabla 6.1. Resumen de identificación de peligros y evaluación de riesgos para las actividades a realizarse en el Libre Aprovechamiento “Cochapamba” código 10000164.....	83
Tabla 6.2. Colores de señalización usada en seguridad industrial. ....	88
Tabla 6.3. Señalética a implementar en el Libre Aprovechamiento “Cochapamba” código 10000164.....	89
Tabla 6.4. Descripción de equipos de protección personal básicos que deberán utilizar quienes laboren en el Libre Aprovechamiento “Cochapamba” código 10000164. ...	93
Tabla 7.1. Inversiones de capital para dar inicio a las actividades mineras.....	98
Tabla 7.2. Sueldos del personal operativo .....	100
Tabla 7.3. Rol de provisiones para el personal operativo. ....	101
Tabla 7.4. Características de consumo de aceite de la maquinaria involucrada en la producción.....	102
Tabla 7.5. Características de consumo de combustible de la maquinaria involucrada en la producción.....	103
Tabla 7.6. Depreciación de activos fijos. ....	104
Tabla 7.7. Costos directos mensuales. ....	105

Tabla 7.8. Sueldos del personal no operativo .....	106
Tabla 7.9. Provisiones para el personal no operativo.....	106
Tabla 7.10. Descripción de requerimientos adicionales como gastos no operativos. .....	107
Tabla 7.11. Costos no operativos mensuales .....	107
Tabla 7.12. Resumen de costos directos e indirectos para el año 2017 .....	109
Tabla 7.13. Porcentaje de incremento de la remuneración básica unificada en los 5 últimos años en el Ecuador. ....	110
Tabla 7.14. Resumen de costos directos e indirectos para el año 2018. ....	111
Tabla 7.15. Índice de costos de extracción del área de Libre Aprovechamiento Cochapamba cód. 10000164. ....	112
Tabla 7.16. Productividad de la mano de obra directa.....	113
Tabla 7.17. Eficiencia de la Mano de obra Directa.....	113
Tabla 7.18. Rendimiento de la maquinaria minera implicada en el proceso de producción.....	114
Tabla 7.19. Descripción del tipo de productividad total de la gestión.....	115

## ÍNDICE DE ANEXOS

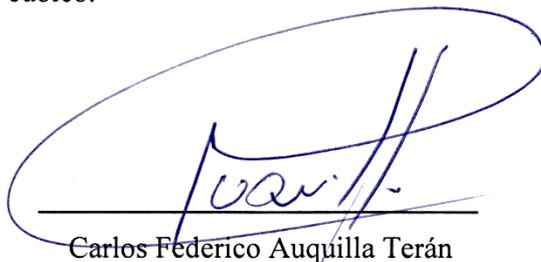
Anexo 1. Resolución de Autorización. ....	125
Anexo 2. Registro Ambiental.....	130
Anexo 3. Levantamiento topográfico del área de Libre Aprovechamiento “Cochapamba” código 10000164. ....	132
Anexo 4. Geomorfología del Libre Aprovechamiento “Cochapamba” código 10000164.....	133
Anexo 5. Delimitación del área de explotación del Libre Aprovechamiento “Cochapamba” código 10000164. ....	134
Anexo 6. Estimación de reservas probables.....	135
Anexo 7. Diseño de vía de acceso.....	136
Anexo 8. Estabilidad del talud .....	137
Anexo 9. Fase 1 de explotación de cantera. ....	138
Anexo 10. Fase 2 de explotación de cantera. ....	139
Anexo 11. Fase 3 de explotación de cantera. ....	140
Anexo 12. Fase 4 de explotación de cantera. ....	141
Anexo 13. Fase 5 de explotación de cantera. ....	142
Anexo 14. Fase 6 de explotación de cantera. ....	143
Anexo 15. Fase 7 de explotación de cantera. ....	144
Anexo 16. Fase 8 de explotación en cantera. ....	145
Anexo 17. Matriz IPER.....	146
Anexo 18. Mapa de señalización e infraestructura de la cantera .....	149
Anexo 19. Sueldos de personal para análisis y solicitud del área.....	150

**PLANEACIÓN MINERA PARA EL DISEÑO DE EXPLOTACIÓN DE LA  
CANTERA DE LIBRE APROVECHAMIENTO DE LASTRE  
“COCHAPAMBA” CÓDIGO 10000164 DEL GAD MUNICIPAL DEL  
CANTÓN CUENCA**

**RESUMEN**

A lo largo de este trabajo se realiza la planeación minera a corto plazo para la cantera de libre aprovechamiento de lastre denominada “Cochapamba” código 10000164 que mantiene el GAD Municipal del cantón Cuenca. Este trabajo investigativo se basa en la recolección de información topográfica y geológica del área de interés, así también, en las características físico - químicas del lastre, con el fin de valorar la calidad del macizo rocoso y en consecuencia, desarrollar un diseño de explotación por fases que se ajuste a condiciones de seguridad. Adicionalmente, se incluyó el dimensionamiento de maquinaria minera, la seguridad en cantera y un análisis económico de los gastos que genera la extracción del lastre, teniendo como resultado un indicador de costo por metro cúbico extraído, el cual es un valor referencial para determinar el presupuesto consignado para la operación de esta cantera dentro de la gestión del GAD Cuenca.

**Palabras Clave:** Planeación minera, cantera, diseño de explotación, costo por metro cúbico.



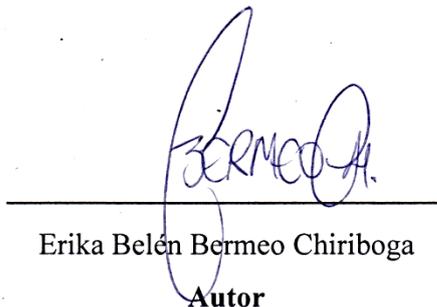
Carlos Federico Auquilla Terán

**Director del Trabajo de Titulación**



Jaime Alfonso Ampuero Franco

**Director de Escuela**



Erika Belén Bermeo Chiriboga

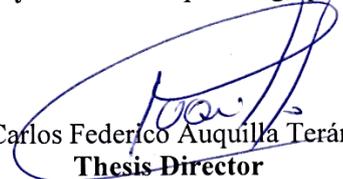
**Autor**

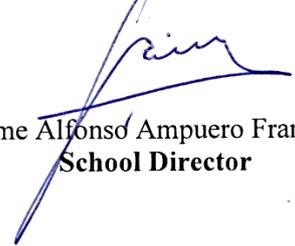
**MINE PLANNING FOR THE EXPLOITATION DESIGN OF THE COCHAPAMBA  
CODE 10000164 FREE-EXTRACTION BALLAST QUARRY OF THE  
MUNICIPAL GAD OF CUENCA CANTON**

**ABSTRACT**

This work developed a short-term mine planning for the free-use ballast quarry called *Cochapamba*, code 10000164, in charge of the Municipal GAD of Cuenca canton. This research work was based on the collection of topographic and geological data of the area of interest, as well as on the physical - chemical characteristics of the ballast in order to assess the quality of the rocky massif, and in consequence, to develop an exploitation design that complies with safety conditions. In addition, the study included mining machinery dimensions, quarry safety, and an economic analysis of the expenses generated by ballast extraction, giving an indicator of cost per cubic meter extracted, which is a reference value to determine the budget allocated for the operation of this quarry under the management of Cuenca GAD.

**Keywords:** mine planning, quarry, exploitation design, cost per cubic meter.

  
Carlos Federico Auquilla Terán  
**Thesis Director**

  
Jaime Alfonso Ampuero Franco  
**School Director**

  
Erika Belén Bermeo Chiriboga  
**Author**

  
UNIVERSIDAD DEL  
AZUAY  
Dpto. Idiomas

  
Translated by  
Lic. Lourdes Crespo

Bermeo Chiriboga Erika Belén

Trabajo de Titulación

Ing. Carlos Federico Auquilla Terán

Noviembre, 2017.

**PLANEACIÓN MINERA PARA EL DISEÑO DE EXPLOTACIÓN DE LA  
CANTERA DE LIBRE APROVECHAMIENTO DE LASTRE  
“COCHAPAMBA” CÓDIGO 10000164 DEL GAD MUNICIPAL DEL  
CANTÓN CUENCA**

**INTRODUCCIÓN**

La minería no solo se orienta a la explotación de minerales metálicos, sino que también genera materiales de construcción con características que sean favorables para el mantenimiento de vías, de segundo y tercer orden, que no posean capa asfáltica.

El buen manejo de la infraestructura vial aporta a la productividad de las comunidades revitalizando las economías locales, pues facilitan la movilización y el transporte de los habitantes dentro y fuera de su comunidad, razón por la cual, las vías deben encontrarse en constante mantenimiento para evitar la formación de baches y huecos que interfieran y entorpezcan la movilización.

El mantenimiento de las vías es competencia de los Gobiernos Provinciales, Municipales y Parroquiales en la actuación dentro de su jurisdicción. Dicho esto, los Gobiernos Descentralizados tienen la facultad de aprovechar libremente los materiales de construcción para destinarlos a la obra pública; de éste modo, por medio de los denominados “Libres Aprovechamientos”, establecidos en el art. 144 de la Ley de Minería, los materiales pétreos podrían utilizarse en la obra pública a fin de realizar el mantenimiento de las vías que utilizan las comunidades de su jurisdicción.

Con este antecedente, el Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Cuenca mantiene la cantera de Libre Aprovechamiento de lastre denominada “Cochapamba”

código 10000164, la cual se encuentra ubicada en la parroquia rural de Quingeo, cantón Cuenca, con el fin de ejecutar obras de mejoramiento en vías de segundo y tercer orden de dicha comunidad y de aquellas que lo requieran.

Para que un adecuado mantenimiento vial se lleve a cabo es necesario que se ejecute la planificación y diseño de proyectos que garanticen y brinden factibilidad en el cumplimiento de la obra pública, así, la planificación deberá orientarse desde las primeras fases de obtención del material hasta la entrega del mismo en el lugar de destino, motivo por el cual, el presente proyecto se orienta a la planificación de la extracción del material de lastre en cantera dentro de parámetros técnicos, económicos y de seguridad, consiguiendo que la explotación minera del Libre Aprovechamiento “Cochapamba” código 10000164, permita que el material pétreo (lastre) sea extraído en condiciones idóneas que garanticen su entrega oportuna y alta calidad en el lugar de destino.

## CAPÍTULO I

### MARCO REFERENCIAL

#### 1.1 Antecedentes

Con el objeto de proveer de material pétreo para mejoramiento de las vías de segundo y tercer orden del cantón Cuenca, el Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón (que a posteriori será denominado GAD-C) mantiene la cantera de Libre Aprovechamiento de lastre denominada “Cochapamba” código 10000164, desde el 27 de abril del año 2016, a la cual se le fue autorizada un volumen de extracción de 96000 m<sup>3</sup> para un plazo de dos años.



Figura 1.1. Estado de la cantera de Libre Aprovechamiento “Cochapamba” código 1000164, al 04 de abril de 2017.

A partir de la fecha de autorización al 31 de diciembre de 2016, no se efectuaron labores de extracción de material; sin embargo, al período 01 de enero al 31 de julio del 2017 se registró un volumen de extracción de 41481,63 m<sup>3</sup>, material que fue arrancado aproximadamente en la cota 2735, sin un diseño de explotación; posterior a ello, no se han efectuado labores de extracción adicionales.

La situación antes descrita será el punto de partida para la realización del presente trabajo de tesis, que pretender realizar la planificación minera para la explotación de la cantera de Libre Aprovechamiento “Cochapamba” código 10000164.

El GAD-C planea renovar la autorización de explotación para la extracción de material para los próximos años, de acuerdo con las reservas explotables que se obtengan del presente trabajo.

## 1.2 Datos generales

### 1.2.1 Ubicación del Libre Aprovechamiento de Lastre “Cochapamba” código 10000164

La cantera de Libre Aprovechamiento de lastre “Cochapamba” código 10000164, se encuentra ubicada en la provincia del Azuay, cantón Cuenca, parroquia Quingeo, sector Cochapamba Grande (Figura 1.2), de acuerdo con las coordenadas vértices referenciadas en Datum PSAD56:

Tabla 1.1. Vértices del área de Libre Aprovechamiento “Cochapamba” código 10000164

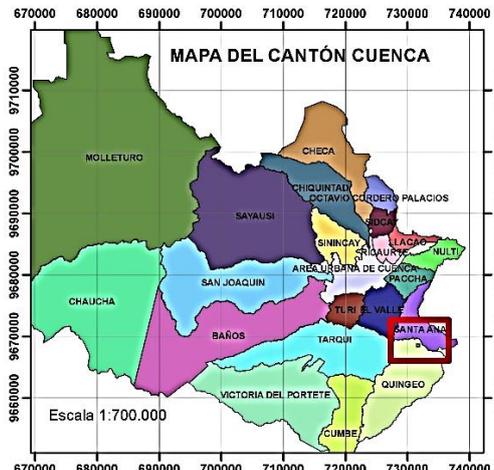
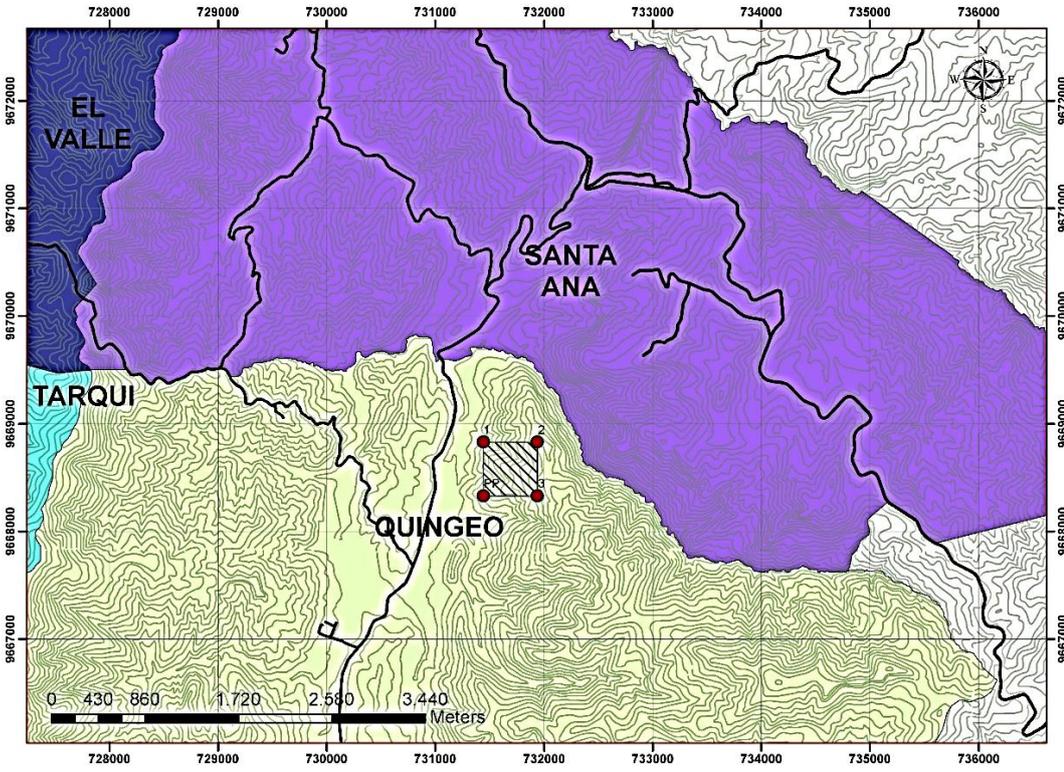
<b>VÉRTICES DEL ÁREA EN DATUM PSAD 56 17S</b>		
<b>PUNTO</b>	<b>ESTE(X)</b>	<b>NORTE(Y)</b>
PP	731700	9668700
1	731700	9669200
2	732200	9669200
3	732200	9668700

Fuente: (Resolución de Autorización No. MM-CZM-CS-2016-0133-RM, 2016)

### 1.2.2 Vías de Acceso

El recorrido de llegada al Libre Aprovechamiento “Cochapamba” código 10000164, empieza en la Vía al Valle, siguiendo la vía de primer orden hasta llegar a la parroquia Santa Ana y posteriormente a la comuna de Dizha, en donde, cuyo letrero “Quingeo – Y de Cumbe” indica el avance hacia el sur accediendo a la vía que conduce a la Parroquia Quingeo, en dirección de la vía y pasando por la comuna de Pucarrumi, a aproximadamente 5 minutos se encuentra el libre Aprovechamiento Cochapamba código 10000164, al cual se accede a través de una vía lastrada de segundo orden.

# MAPA DE UBICACIÓN DE LA CANTERA DE LIBRE APROVECHAMIENTO COCHAPAMBA CÓD. 10000164



VÉRTICES DEL LIBRE APROVECHAMIENTO "COCHAPAMBA" CÓD. 10000164				
PUNTO	PSAD56		WGS84	
	ESTE(X)	NORTE(Y)	ESTE(X)	NORTE(Y)
PP	731700	9668700	731441	9668327
1	731700	9669200	731441	9668827
2	732200	9669200	731941	9668827
3	732200	9668700	731941	9668327

**N° HECTÁREAS MINERAS: 25**

**LEYENDA**

- Vértices cantera "Cochapamba"
- VIAS\_CANTON\_CUENCA
- ▨ Área cantera "Cochapamba"
- Topografía Cantón Cuenca
- Parroquia Quingeo

		FECHA	NOMBRE	UNIVERSIDAD DEL AZUAY 	
DIS.		22/04/2017	E.B.C		FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ESCUELA DE INGENIERÍA EN MINAS
DIB.		22/04/2017	E.B.C		
REV.		22/04/2017	F.A.T		
ESCALA					
DATUM	WGS84 17S	MAPA DE UBICACIÓN DE LA CANTERA DE LIBRE APROVECHAMIENTO "COCHAPAMBA" CÓDIGO. 10000164		PLANO	
ESCALA	1:40.000			1	

Figura 1.2. Mapa de Ubicación de la Cantera de Libre Aprovechamiento "Cochapamba" código 10000164.

El área está ubicada al norte con respecto a las áreas “Cochapamba GPA” cód. 10000084 y cód. 10000064, pertenecientes al Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial del Azuay.

La cantera de Libre Aprovechamiento “Cochapamba” código 10000164 se encuentra aproximadamente a 18,6 km desde la gasolinera “El Valle Gasoposto” ubicada en la entrada a la parroquia “El Valle”. El tiempo estimado en llegar al Libre Aprovechamiento es de 32 minutos en automóvil. (Figura 1.3).

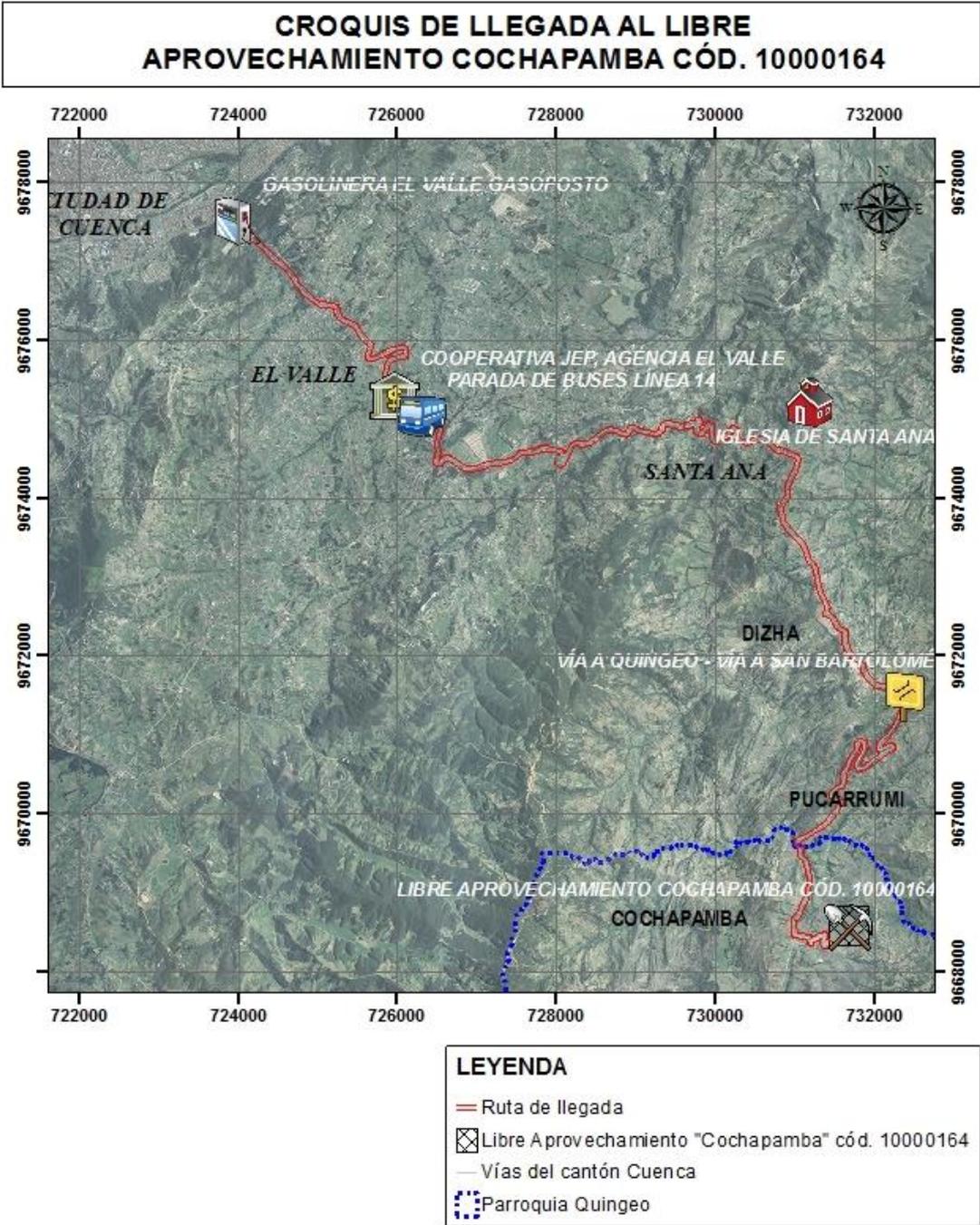
### **1.2.3 Estado Legal del área**

#### **1.2.3.1 Autorización de Libre Aprovechamiento Temporal de Materiales de Construcción**

La Autorización de Libre Aprovechamiento Temporal de Materiales de Construcción para Obra Pública denominado “Cochapamba”, fue otorgada a favor del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Cuenca, por la Subsecretaría Regional de Minería Centro Sur Zona 6, el 27 de abril del 2016 mediante Resolución N° MM-CZM-CS-2016-0133-RM.

En la Autorización se establece que los materiales de construcción que puedan obtenerse del área “Cochapamba” código 10000164 serán utilizados única y exclusivamente para la obra pública, en un volumen autorizado de 96.000 m<sup>3</sup> en un plazo de 24 meses (2 años) a partir de la inscripción de la mencionada autorización en la Agencia de Regulación y Control Minero.

Para el efecto, la resolución de autorización fue inscrita el 19 de mayo del 2016 en el Registro Minero de la ARCOM bajo el Número 003, del Tomo 01, Folio 025 del Libro de Autorización de Libre Aprovechamiento Temporal de Materiales de Construcción para Obras Públicas, asentada en el Libro del Repertorio con el número 197. (Anexo 1)



		<b>FECHA</b>	<b>NOMBRE</b>	UNIVERSIDAD DEL AZUAY
		<i>DIS.</i>	22/04/2017	E.B.C
		<i>DIB.</i>	22/04/2017	E.B.C
		<i>REV.</i>	22/04/2017	F.A.T
<b>ESCALA</b>	<b>DATUM</b>	CROQUIS DE LLEGADA AL LIBRE APROVECHAMIENTO "COCHAPAMBA" CÓD. 10000164 CON PUNTO DE PARTIDA EN LA GASOLINERA "EL VALLE GASOPOSTO S.A"		<b>PLANO</b>
1:75.000	WGS84 17S			2

Figura 1.3. Mapa: Croquis de Llegada al Libre Aprovechamiento "Cochapamba" cód. 10000164.

### 1.2.3.2 Actos administrativos previos

- **Registro Ambiental:** Emitido el 09 de junio del 2017 con el No. MAE-SUIA-RA-CGZ6-DPAC-2017-206174, el cual faculta la ejecución del proyecto cumpliendo la normativa ambiental aplicable y lo sujeta a supervisión de la autoridad ambiental competente. El plazo de vigencia del registro corre desde la fecha de su expedición hasta el término de la ejecución del proyecto. (Anexo 2)
- **SENAGUA:** Inicio de trámite mediante oficio de solicitud de acto administrativo previo favorable Nro. 1122, con fecha 31 de marzo del 2017.

### 1.2.4 Ficha técnica del proyecto

Tabla 1.2. Ficha técnica del Libre Aprovechamiento “Cochapamba” código 10000164

<b>DATOS GENERALES DEL ÁREA MINERA</b>			
Denominación del área:	“COCHAPAMBA”		Código: 10000164
Calificación del recurso:	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN		
Material explotable:	LASTRE		
Régimen de minería:	LIBRE APROVECHAMIENTO		
Fase minera:	PRODUCCIÓN		
<b>SITUACIÓN GEOGRÁFICA, POLÍTICA, ADMINISTRATIVA</b>			
Provincia	Cantón	Parroquia	Sector
AZUAY	CUENCA	QUINGEO	COCHAPAMBA GRANDE
ÁREA DE CONCESIÓN MINERA (HECTÁREAS MINERAS): 25			
<b>DATOS GENERALES DEL TITULAR MINERO</b>			
Razón social del titular minero	GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN CUENCA		
Dirección	SUCRE Y BENIGNO MALO		
RUC / CI	160000270001		
Teléfono/fax	74134900		
Representante legal	CABRERA PALACIOS HUGO MARCELO		
Asesor técnico	PABLO CRESPO GONZÁLEZ		

### 1.2.5 Levantamiento topográfico

De acuerdo con el levantamiento topográfico de la zona con el uso de una estación total Topcon 320, con la que se pudieron establecer los siguientes puntos de estación (Tabla 1.3; Figura 1.4):

Tabla 1.3. Puntos de estación para levantamiento topográfico

<b>PUNTOS DE ESTACIÓN</b>	
Punto estación (EST_0)	731430 E; 9668579 N; 2732
Referencia (REF 1)	731473 E; 9668558 N; 2736
<b>PUNTOS DE TRASLADO</b>	
Referencia último punto (E1)	731656 E; 9668458 N; 2790
Punto de traslado (EST_1)	731660 E; 9668605 N; 2807
Referencia adelante (REF 2)	731698 E; 9668607 N; 2814

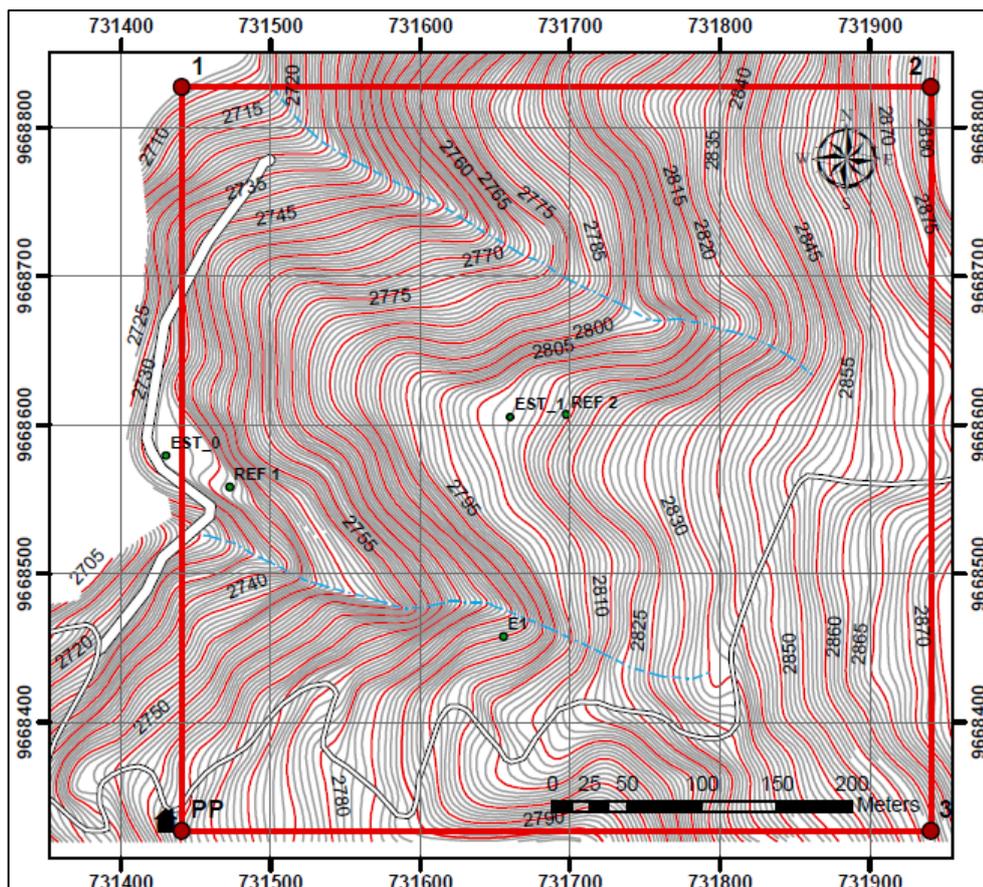


Figura 1.4. Levantamiento topográfico del área de Libre Aprovechamiento “Cochapamba” código 10000164

Fuente: Anexo 3. Levantamiento topográfico del área de Libre Aprovechamiento “Cochapamba” código 10000164.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Marco teórico y estado del arte

- **Definición de Libre Aprovechamiento**

Un Libre Aprovechamiento de materiales de construcción para obras públicas, es una explotación minera que tiene como fin la utilización de los recursos pétreos de manera libre por parte de entidades públicas, para destinarlos al mejoramiento de las vías de segundo y tercer orden, de las comunidades de un cantón o parroquia determinados.

La finalidad de éstos es el beneficio de la obra pública, por ello, el material puede destinarse única y exclusivamente a éste fin, caso contrario constituirá explotación minera ilegal, sometiéndose a las sanciones estipuladas dentro de la Ley de Minería.

Un Libre Aprovechamiento de materiales de construcción, solamente puede ser solicitado por entidades del sector público, las cuales pueden aprovechar estos materiales en áreas concesionadas o no concesionadas.

Un Libre Aprovechamiento para materiales de construcción, al ser una actividad extractiva de aprovechamiento de recursos pétreos, se sujeta a las mismas obligaciones que mantiene un titular de un área minera, de acuerdo a lo establecido en el mencionado artículo 144 de la Ley de Minería, párrafo quinto. “(..) Las autorizaciones de libre aprovechamiento, están sujetas al cumplimiento de todas las disposiciones de la presente ley, especialmente las de carácter ambiental.” Definición en concordancia con lo establecido en el Art. 144 de la Ley de Minería.

Razón por la cual, se deberá justificar una extracción de forma técnica, económica, ambiental y social, que facilite el cumplimiento de las actividades de aprovechamiento del recurso pétreo de acuerdo a su fin público.

De éste modo y tal como cualquier actividad minera de aprovechamiento de recursos, es necesario que se efectúe una planificación adecuada de la actividad, más aún si ésta se destina al beneficio social.

A pesar de la importancia de la planificación en toda actividad minera, el estado del arte no evidencia, dentro de la búsqueda en el idioma español, que se hayan realizado trabajos de investigación relacionados a planificación minera sobre libres aprovechamientos para la obra pública, en contraste, la mayoría de proyectos de tesis presentados se enfocan principalmente a diseños de explotación o análisis ambientales, v.gr. Plan de Manejo Ambiental Simplificado para el Libre Aprovechamiento Durán, código 790278. (Becerra et al, 2012); por lo que, con el presente proyecto sería posible verificar cuán eficaz y aplicable es una planificación minera para un Libre Aprovechamiento para obra pública, y constituir un referente para posibles trabajos futuros.

- **Definición de Cantera**

El término cantera se utiliza para hacer referencia a explotaciones de rocas industriales, ornamentales y materiales de construcción. Su explotación tiene como fin el abastecimiento de materia prima para la industria de la construcción, usualmente el método de explotación más aplicado suele ser el de banqueo con niveles. El resultado esperado en una cantera de áridos y pétreos es la obtención de un producto fragmentado capaz de satisfacer las necesidades de la industria de la construcción en forma de áridos. (Herrera, 2006)

- **Elementos de una cantera**

Para comprender con exactitud qué variables se consideran para realizar el diseño de explotación de una cantera, es necesario conocer la terminología utilizada en explotaciones de éste tipo (Figura 2.1):

- **Banco:** escalón comprendido entre dos niveles que constituyen el bloque que se explota de mineral y/o estéril, es el objeto de excavación desde un punto hasta una posición final preestablecida.
- **Altura de banco:** es la distancia vertical entre dos niveles, desde el pie hasta la parte superior de un banco, usualmente la altura viene dada por las características de la maquinaria que se utilice para la operación.

- **Talud de banco:** ángulo determinado por la horizontal que forma el pie del banco con la línea de pendiente máxima en la cara del mismo.

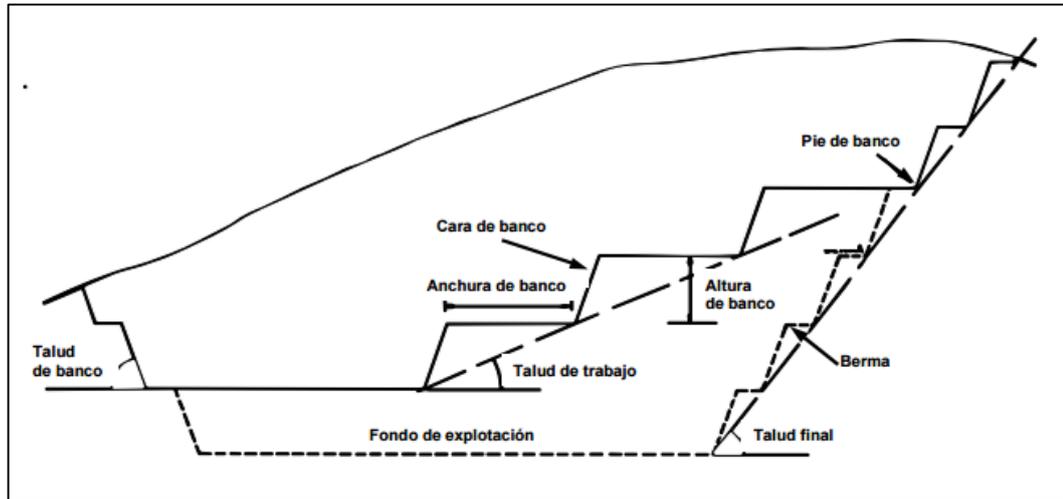


Figura 2.1. Elementos de una cantera  
Fuente: (Herrera, 2007)

- **Talud de trabajo:** ángulo formado por el pie de los bancos entre los que se encuentran algunas plataformas de trabajo.
- **Berma:** plataformas horizontales existentes en los límites de excavación sobre los taludes finales, coadyuvan a mejorar la estabilidad del talud y las condiciones de seguridad frente a deslizamientos o caídas de material.
- **Talud final de explotación:** ángulo de talud estable delimitado por una horizontal y la línea que une el pie del banco inferior y la cabeza superior.
- **Límites finales de la explotación:** corte espacial hasta donde se realizan las excavaciones. El límite vertical determina el fondo final de la explotación y los límites laterales, los taludes finales de la misma.
- **Ángulos de reposo del material:** es el talud máximo en donde el material suelto que lo constituye es estable. (Texto no me pertenece) (Herrera, 2007).

- **Definición de materiales áridos y pétreos**

Los materiales pétreos son recursos provenientes de la roca, que para su uso no requieren de transformaciones; aunque a veces pueden estar sujetos a procesamiento,

son utilizados exclusivamente en el sector de la construcción; pueden encontrarse en forma de bloques, losetas o fragmentos de distintos tamaños (canteras y gravas).

De acuerdo a la procedencia de los materiales, pueden clasificarse en áridos naturales, que son aquellos que pueden ser empleados tal y como se encuentran en la naturaleza, procedentes de una extracción relativamente sencilla en canteras o yacimientos al aire libre. (Bañón, 2009)

Para las obras viales son adecuados, entre otros, áridos de bajo desgaste como los pórfidos, dacitas y riolitas, grupo al que pertenece el material objeto de extracción (lastre) en la cantera de Libre Aprovechamiento “Cochapamba” cód. 10000164.

- **Método de explotación**

Para la elección de un método de explotación, es necesario realizar una decisión económica (costos, beneficio, inversiones, etc), basada en múltiples factores propios del yacimiento como su ubicación, forma y tamaño, la topografía del área, el tipo de mineral y qué cantidad de él existe, las características del macizo rocoso, la calidad de la información sobre reservas minerales y la inversión asociada a éste análisis.

Un yacimiento minero es susceptible de ser explotado por cualquier método, lo que define su elección es cuál de ellos representa un buen negocio para la empresa. (Soria, 2015).

En este caso en particular, la explotación será realizada a cielo abierto, la elección del método de explotación se basará en las características antes descritas, las que demuestren mayor viabilidad económica y técnica en el aprovechamiento del recurso pétreo (lastre).

- **Fundamentos de la planificación minera**

La planificación es de suma importancia en cualquier actividad productiva, así como la que se pretende realizar en el presente proyecto de tesis, esta puede describirse como una serie de etapas que buscan determinar qué metas debería tener una organización, así como determinar la forma de asignar y distribuir los recursos para cumplir con las metas planteadas. Para aquello, se debe tener claridad sobre los objetivos o propósitos estratégicos de la organización, para la generación de planes y metas capaces de

cumplir con esto. (Hinrichsen, 2015).

Según el período de duración del plan minero, puede adoptar las siguientes denominaciones: Proyecto (15 a 30 años – largo plazo), plan de producción (3 a 5 años – medio plazo) y plan de labores (1 año – corto plazo). (Ortíz de Urbina et al, 2001). De acuerdo a las condiciones del presente proyecto de tesis y haciendo referencia a la actividad no lucrativa del Aprovechamiento de materiales de construcción para la obra pública, la planificación estratégica para este tipo de actividades, es un instrumento de suma importancia y un elemento esencial para poder dar respuesta a las crecientes demandas del entorno, con la variante de que se deberán adecuar los enfoques, estilos o herramientas de la planificación. (Navajo, 2009)

Para que un proceso de planificación estratégica minera contribuya a un exitoso aprovechamiento de una cantera, deberá considerarse la evaluación desde diferentes puntos de vista: geológico, geotécnico y técnico. (Igonor y Onden, 2011).

- **Evaluación geológica**

Involucra la descripción general del área y la evaluación de la geología de la futura cantera, tal como: Naturaleza y extensión de la sobrecarga, extensión del mineral – estimación de reservas (lo cual ayudará a responder las preguntas: ¿Cuánto capital se deberá invertir? ¿Qué tipo de retribución se obtendrá? ¿Durante cuánto tiempo?, entre otras), calidad del material, caracterización del depósito, geología. (Igonor y Onden, 2011).

- **Geología**

Los estudios geológicos, hidrológicos y geotécnicos del terreno deberán realizarse adecuadamente para obtener un conocimiento exhaustivo del terreno que será afectado; será necesario recopilar la información disponible relacionada a: planos topográficos, fotografías aéreas y datos referenciales. Con el fin de poder ubicar la zona de estudio y definir los posibles materiales que se influirán en el área.

Con la información recopilada se realizará un reconocimiento preliminar de la geología regional, describiendo las principales estructuras con importancia e incidencia directa en el área sujeta a extracción.

Posteriormente, se efectuará un recorrido de campo para definir la unidades litológicas y corroborar las formaciones identificadas previamente en el mapa geológico regional; ésta información conformará un modelo geológico preliminar, que incluya además información geomorfológica de la zona, la hidrogeología superficial y afloramientos rocosos, los que permitirán caracterizar la roca superficialmente y tener una idea de cómo se encontrará en profundidad.

La estabilidad, puede estimarse basándose en el principio de la caracterización realizada en superficie (y eventualmente a partir de sondeos) así como una serie de hipótesis sobre las condiciones que pueden tener las discontinuidades presentadas. (Dirección General de Servicios Técnicos, México, sf).

- **Cálculo de reservas**

La cuantificación de reservas minerales debe estar acompañada de un alto grado de confiabilidad, éste es inherente a los métodos de cálculo utilizados para la estimación de recursos pueden clasificarse en cuatro grupos (Yamamoto y Monteiro da Rocha, 1996):

- ✓ Método de los bloques análogos o geológicos.
- ✓ Método de los bloques mineros (Método dos blocos de lavra).
- ✓ Método de los perfiles (subdividido en el método estándar de cálculo de perfiles, método lineal y el método de las isolíneas).
- ✓ Métodos analíticos.

En este caso, al tratarse de un cuerpo relativamente homogéneo, se utilizará el método de los perfiles de cálculo estándar (*perfis padrão*) (Figura 2.2), que consiste en la definición de los bloques de cubicación entre dos secciones adyacentes de muestreo (Yamamoto, 2001), basada en la siguiente fórmula:

$$VBC = D * (SB + SC) / 2$$

$$\text{Volumen del bloque BC} = \text{Distancia entre secciones} * (\text{Sección B} + \text{Sección C}) / 2$$

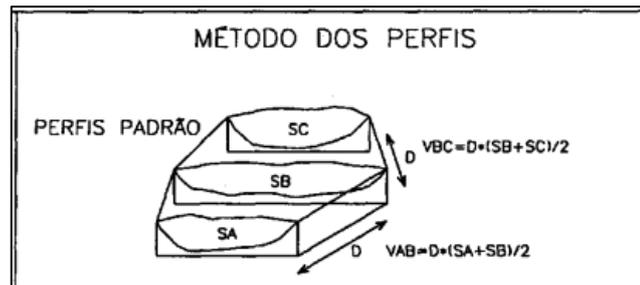


Figura 2.2. Método de los perfiles  
Fuente: (Yamamoto y Monteiro da Rocha, 1996).

Es importante enfatizar que, la vida de la cantera dependerá de la correcta estimación de las reservas mineras, el ritmo de producción y las necesidades de la empresa. (Soria, 2015)

- **Evaluación Geotécnica**

Proveerá de información relacionada a los problemas que podrían presentarse durante la etapa operativa del proyecto, tal como: grado de fracturamiento del macizo, competencia de los materiales, diseño de bancos y taludes (Igonor y Onden, 2011).

- **Clasificación de macizos rocosos**

El sistema RMR es un método de clasificación geomecánica del macizo rocoso basado en 5 parámetros de análisis (Bieniawski, 1989):

- Resistencia a la compresión uniaxial de la roca.
- Designación de la calidad de la roca (RQD): en el campo se puede estimar este dato con el número de juntas o discontinuidades presentes en un metro cúbico de roca.
- Espaciamiento y orientación de discontinuidades: observación en superficie de los frentes donde la roca se encuentra expuesta, estimando el valor medio del bloque en centímetros, este parámetro puede ser un valor específico o un rango.
- Condición de las discontinuidades: es la separación de fracturas, continuidad, rugosidad, su condición mecánica y la presencia o no de material de relleno.
- Condiciones hidrológicas del macizo. (Feijoo, 1997)

- **Diseño de taludes, bermas y caminos de acarreo**
- **Estabilidad de taludes**

Para el diseño de la estabilidad de taludes, los ábacos de Hoek and Bray, clasificados de acuerdo a las condiciones hidrológicas de la zona, otorgan resultados de estabilidad satisfactorios basándose en factores de seguridad de los taludes.

En referencia a taludes de suelo, material rocoso muy fracturado o de rocas muy alteradas, es necesario el uso de ábacos para el diseño del talud y evaluación del factor de seguridad.

El factor de seguridad es la razón entre las acciones estabilizantes y desestabilizantes del talud, así, si éste factor es igual a 1, la estabilidad se encontrará al límite, mientras que si es mayor a 1, se tratará de una situación estable.

Para el cálculo de la estabilidad de taludes es necesario conocer parámetros como la cohesión del material, el peso específico, el ángulo de fricción interna. (Feijoo, 1997).

- **Diseño de bermas**

El ancho de berma deberá garantizar la contención del material en caso de que se produzcan desprendimientos o caídas de roca desde la cresta del talud correspondiente o taludes superiores.

Existen varios métodos empíricos para la estimación del ancho de berma, entre ellos están:

- El método del área unitaria descrita por Brassea (1980), en donde se determina el ancho de berma efectivo con relación al área unitaria capaz de soportar un posible deslizamiento, dichos valores se encuentran relacionados al ángulo de reposo natural del material.
- Autores definen que de acuerdo con experimentación se puede establecer un ancho de berma del 30% o 40% de la altura del banco, aunque existen otros que indican que puede llegarse hasta el 50%.
- Storey (2010) por su parte, efectuó la modificación de una fórmula empírica establecida por Ritchie (1963), muy utilizada para el cálculo de ancho de berma, la cual se define por la siguiente expresión:

- *Ancho de berma* =  $0,2 H + 2,0$  para  $H \leq 9,0 m$
- *Ancho de berma* =  $0,2 H + 4,5$ , para  $H > 9,0 m$

Donde H es la altura del banco.

- **Caminos de acarreo**

Para el diseño de éstos deberán considerarse factores como la pendiente (no superior al 20% u  $11^\circ$  con respecto a su ancho) (Herrera, 2006), el ancho y la localización del camino; a más, el ancho del equipo de acarreo será el que determine el ancho del camino, por lo general éste no debe ser menor que 3,5 veces el ancho del camion más grande.

Para la localización de los caminos, el criterio a utilizar será aquel que disminuya la distancia de transporte entre el punto de carga y el destino. (Brassea, 1980).

- **Evaluación Técnica**

Requiere de puntos sobresalientes como: métodos de extracción, los medios de transporte de productos, la definición de la capacidad, equipos eficientes y durables, entre otros. (Igonor y Onden, 2011).

- **Sistema de explotación**

Una vez definido el método de explotación (en cantera a cielo abierto o subterráneo y habiéndose realizado el diseño de cantera, se establecerá el sistema de explotación, en donde se definirán los equipos de arranque, carga y transporte.

En este caso en particular, el sistema de explotación será Totalmente Discontinuo (Figura 2.3) que se caracteriza por la operación de arranque con o sin voladura, con el uso de equipos discontinuos y el transporte por medio de volquetes (Herrera, 2006). Éste sistema es el más utilizado debido a la gran flexibilidad que ofrece.

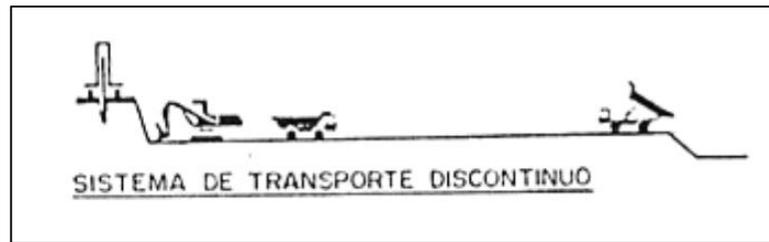


Figura 2.3. Esquema de Sistema de explotación con transporte discontinuo.  
Fuente: (Herrera, 2006)

- **Dimensionamiento de equipos**

En minería, el costo principal que se genera durante el proceso minero es el de carguío y transporte, el cual asciende a los 2/3 de los costos totales de operación.

Motivo por el cual, el dimensionamiento de los equipos debe ser idóneo de forma que concuerde con el tamaño del depósito, lo cual, en combinación con la productividad esperada determinará el valor final del proyecto y la vida de la mina.

Es de suma importancia que los equipos de carguío y transporte sean compatibles para un correcto desarrollo de las actividades y evitar el sobredimensionamiento de éstos, provocando la disminución de la productividad y el aumento de costos operativos.

Cada equipo seleccionado será evaluado de acuerdo a índices de productividad para determinar parámetros operativos que faciliten la definición del número final de maquinaria, basándose en los cálculos de:

**Tiempo de ciclo de transporte (TCt):** es la suma de los tiempos de maniobras que realiza el equipo de transporte para completar un ciclo.

Está compuesto por las siguientes fórmulas:

- **Tiempo de cargado del equipo de transporte (Tc.):** El tiempo de carga depende del número de paladas necesarias para llenar la capacidad del camión (o unidad de transporte). El número de paladas se calcula de la siguiente manera:

$$N^{\circ} \text{ Paladas} = \frac{C_{tt}}{C_c * FLb * Fe * DMis} \text{ (adimensional)}$$

Donde:

- Ctt: es la capacidad nominal del equipo de transporte (ton).
- Cc: es la capacidad de la pala del equipo de carguío (m<sup>3</sup>).
- FLb: Factor de llenado del balde (%), es un ajuste de la capacidad de llenado del balde de equipos de carguío, se expresa como fracción decimal y corrige la capacidad del balde al volumen que realmente puede mover, dependiendo de las características del material y su ángulo de reposo, y la habilidad del operador del equipo para efectuar la maniobra de llenado del balde.
- Fe: Factor de esponjamiento (%), corresponde a la relación de volúmenes del material in situ versus el material arrancado, puede expresarse como una fracción decimal o como un porcentaje.
- DMis: Densidad del material in situ (ton/m<sup>3</sup>).

**Tiempo de ciclo del equipo de carguío (Tc):** dado por la siguiente fórmula:

$$Tc = N^{\circ} \text{ paladas} * TCc$$

Donde:

- TCc: Tiempo de ciclo del equipo de carguío (min).

**Tiempo de giro, posicionamiento y descarga (TMT.):** Tiempo de maniobras del equipo de transporte, el cual para el presente proyecto será medido en campo.

**Tiempo de posicionamiento en el punto de carguío (TPc.):** Corresponde al tiempo necesario para disponer del vehículo en el lugar de carguío, estos tiempos también dependen del tipo de equipo de transporte y de las condiciones de trabajo. A continuación se presenta una tabla con valores referenciales.

**Tiempo de transporte (TVt):** Está determinado por la longitud a recorrer y la velocidad del equipo cargado y descargado. Este parámetro será calculado conforme los lugares de disposición final del material.

Parámetros con los que se podrá calcular el rendimiento de los equipos, y su posterior dimensionamiento de acuerdo con la metodología seleccionada. (Texto no me pertenece, original de [www.educarchile.cl](http://www.educarchile.cl), sin fecha de publicación).

- **Análisis económico y la planificación**

De manera adicional, durante el proceso de planeamiento, a más de las consideraciones económicas consideradas en el primer inciso de evaluación geológica, será necesario incluir la concepción de la envolvente económica, costeo y valorización e indicadores de desarrollo sustentable (Castillo, 2009, pg. 11). Tal y como se pretende realizar en el presente proyecto de tesis.

Aunque los aspectos mencionados anteriormente no son los únicos en la planificación del manejo de una cantera, son el núcleo esencial para la ejecución de una correcta planificación. (Igonor y Onden, 2011).

## **2.2 Metodología de aplicación**

Para el desarrollo de este proyecto de tesis se contará con la recopilación inicial de información bibliográfica, topográfica y geológica de la zona de interés, así como también datos geomecánicos del material de lastre por medio de pruebas en laboratorio, para facilitar el proceso de diseño y planificación minera.

De acuerdo a esto, la metodología utilizada en la Planificación del Diseño de Explotación de la Cantera de Libre Aprovechamiento “Cochapamba” cód. 10000164, se puede resumir en los siguientes puntos:

- **Evaluación geológica y de las reservas minerales existentes**

Levantamiento topográfico y levantamiento de información geológica in situ para determinar las características del material y su distribución superficial – espacial en el área de estudio. En base con ello, se procederá a la delimitación de la zona de interés que será sujeta a diseño de explotación, con la finalidad de que se aprovechen los recursos pétreos de manera óptima.

Se realizará la evaluación de reservas minerales existentes en la zona delimitada, mediante la utilización del método de cálculo de reservas por medio de perfiles lineales, descrito con anterioridad en el presente capítulo.

Y posteriormente, se estimará el tiempo de vida útil de la cantera, basado en una producción media mensual proyectada.

- **Diseño de explotación**

Se utilizará la información relativa al levantamiento de la información en el campo, los resultados de los análisis mecánicos (resistencia a la compresión uniaxial, densidad y esponjamiento) e información bibliográfica (valores de cohesión y ángulo de fricción interna del material), para definir los parámetros de los bancos de explotación como: profundidad de la cantera, altura de bancos, número de bancos, ángulo del talud de bancos, ancho de bermas, cunetas de coronación y vías de acceso, los cuales se ajustarán a los respectivos parámetros de seguridad e higiene minera.

Este proceso tendrá como base la utilización de ábacos para el cálculo de estabilidad de taludes de acuerdo a condiciones hidrológicas, definidos por *Hoek and Bray* (1981).

- **Cálculo del número de maquinaria minera**

En este parámetro, se ajustarán las necesidades de explotación, con la maquinaria disponible que posee el GAD-C. Se utilizarán fórmulas empíricas aplicadas para el efecto. Para el cálculo de los equipos de carguío y transporte en minería en este proyecto, será necesario:

- Un análisis general de la distancia media que cada equipo de transporte necesitará recorrer, así como también un análisis de los recorridos.
- Verificar las especificaciones técnicas de los equipos de uso exclusivo del GAD-C, revisión de sus características de funcionamiento y medición de rendimientos.

- **Seguridad Minera**

Análisis de los insumos de seguridad (señalética y EPP de acuerdo al número de personal estimado para el manejo de los equipos, entre otros) que se requerirán para el correcto desenvolvimiento de la cantera en cumplimiento con lo que exige la legislación vigente.

- **Análisis de costos**

Se procederá a evaluar cuáles son los costos que se generan por la explotación minera de la cantera de Libre Aprovechamiento “Cochapamba” cód. 10000164, en cuanto a

valores operativos y no operativos, incluyéndose la previa estimación del número de personal a emplearse para el desarrollo de la cantera.

Los valores de costos a calcular serán la base para el cálculo de indicadores de productividad de la cantera, los cuales se definirán al iniciarse dicho análisis.

❖ **Instrumentos:**

➤ Software de aplicación:

Para el desarrollo de la presente tesis se aplicarán software como: Global Mapper, ArcGIS, AutoCAD y CivilCAD, además de los programas de office como Excel y Word.

➤ Equipos:

Para el levantamiento topográfico y geológico se utilizará una estación total Topcon 320, un GPS de precisión Garmin y brújula Brunton respectivamente.

Para el procesamiento de información se utilizará una computadora HP core i5.

## CAPÍTULO III

### GEOLOGÍA Y EVALUACIÓN DE RESERVAS

#### 3.1 Geología

##### 3.1.1 Geología Regional

- **Formación Tarqui (PT)**

El área de Libre Aprovechamiento “Cochapamba” código 10000164, se encuentra ubicada en su totalidad dentro de la Formación Tarqui (PT), perteneciente a la época geológica del Mioceno, la cual está caracterizada por la presencia de tobas ácidas caolinizadas, unas intensamente meteorizadas y otras blancas y rojas, que cubren todas las unidades más antiguas del área. (Figura 3.1)

Es característica la presencia de abundantes cristales euhedrales, cristal con cara cristalina bien formada y afilada, bipiramidales de cuarzo que se encuentran en pequeños bolsillos residuales en la superficie. Se considera equivalente a la Formación Tambo Viejo del Mioceno superior. (Duque, 2000).

Adicionalmente, el Libre Aprovechamiento “Cochapamba” código 10000164, se encuentra influenciado por formaciones tales como:

- **Formación Yunguilla (K7)**

Del Cretácico Superior, Maestrichtiano. Se encuentra conformada por argilita negra meteorizada o pasando a arcillas café oscuras o negras. La silicificación es común en varios niveles, encontrándose depósitos de caliza y concreciones carbonatadas en toda la secuencia. Se observan además lavas andesíticas. (Hoja Geológica de Gualaceo, 1974).

La presencia de abundante cuarzo estriado indica un apoderamiento y la presencia de shards, que son esquirlas de vidrio, también llamadas trizas vítreas. (Murcia et al, 2013), los cuales con evidencia de vulcanismo contemporáneo. La fauna foraminífera

indica una edad Maastrichtiense: piso de la Era Mesozoica, período Cretácico, época Senoniense Superior, caracterizado por la presencia de conglomerados, brechas calcáreas, margas y calizas. (Cantarino, 2001)

No se observa la base de la unidad. (Duque, 2000, pág. 91).

- **Formación Biblián (MB)**

Del Mioceno Inferior. La formación presenta litologías tales como arcillolitas limosas y arenosas de color rojo a rojo púrpura. Los clastos o detritos, medianamente suaves, varían desde areniscas finas a gruesas y conglomerados. En el sector de Biblián – Azogues, la secuencia es más argilácea, es decir, se refiere a las rocas arcillosas (lutitas) incluyen las lutitas, argilitas, siltstones, y mudstones, son el tipo de roca sedimentaria más abundante, variando según diferentes estimaciones de 44 a 56% de la columna de roca sedimentaria total. (Siever, 2014). Los clastos gruesos ocurren en unidades lenticulares algo más finas. Los sedimentos de la Formación Biblián contienen cuarzo y líticos de rocas metamórficas.

Esta formación, al igual que la Quingeo presentan gran similitud litológica. (Verdezoto, 2006, pág. 24).

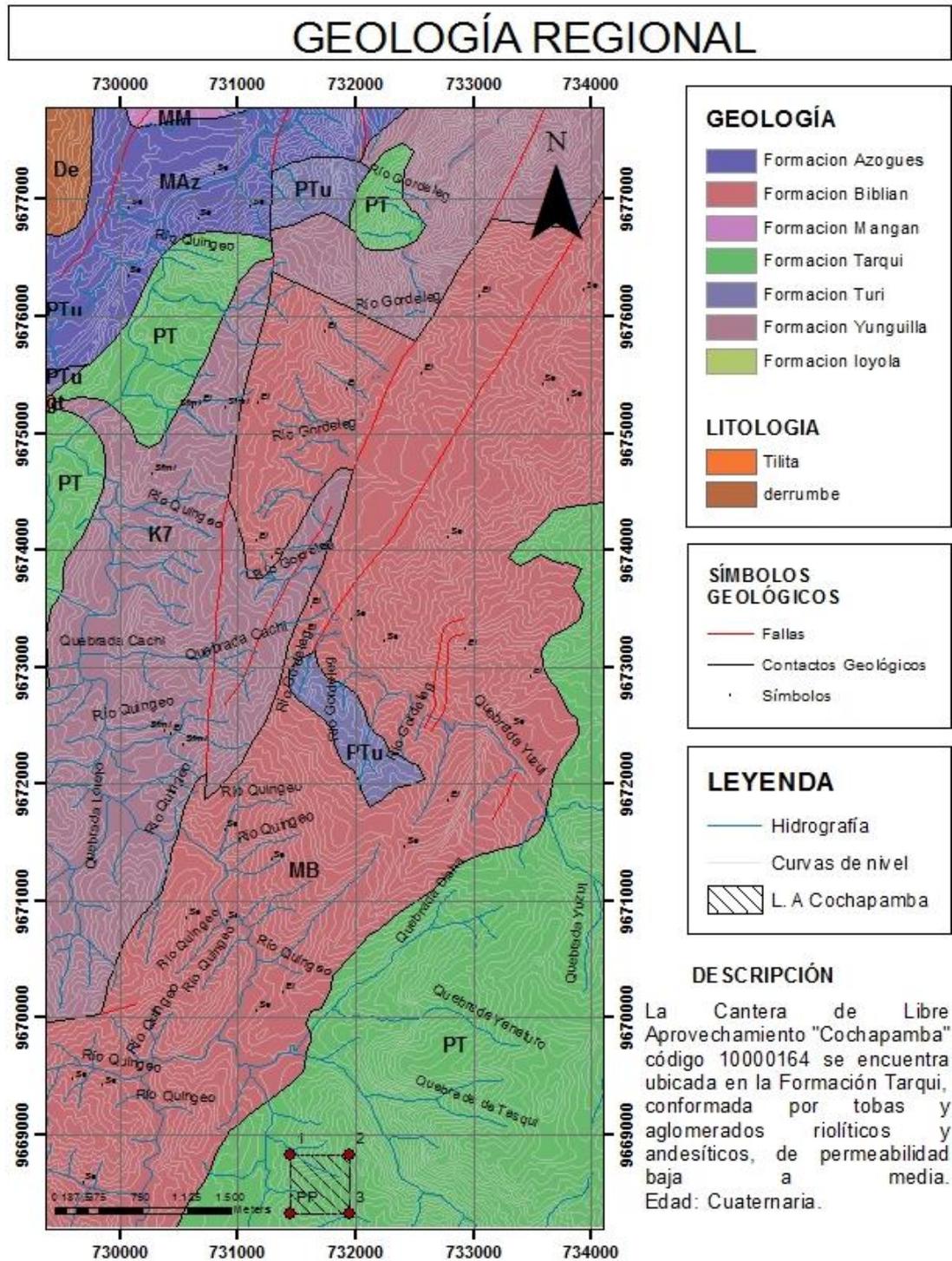
En adición, formaciones tales como la Turi (PTu), Azogues (MAz), Loyola (ML) y Mangán (MM) se encuentran ubicadas en la región, siendo importante su mención y exposición en el mapa geológico elaborado para el presente proyecto.

### **3.1.1.1 Litoestratigrafía**

- **Tilita (Ti)**

La Tilita es una brecha glacial cuya formación se debe al recubrimiento de los guijarros de una morrena por una espesa capa de arcilla. (Montijo, sf).

En ésta región, se encuentran dos tilitas de distintas edades. A lo largo del valle del río Maluay, al sur de El Valle, la tilita más joven con rocas aborregadas se encontró a 2600 m de altitud. Mientras que el depósito más antiguo al norte y oeste de Cuenca. (Hoja Geológica de Gualaceo, 1974)



		FECHA	NOMBRE	UNIVERSIDAD DEL AZUAY 	
DIS.		26/04/2017	E.B.C		
DIB.		26/04/2017	E.B.C		
REV.		26/04/2017	F.A.T	FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ESCUELA DE INGENIERÍA EN MINAS	
ESCALA	DATUM	MAPA GEOLÓGICO DE UBICACIÓN DE LA CANTERA DE LIBRE APROVECHAMIENTO "COCHAPAMBA" CÓDIGO 10000164			PLANO
1:50000	WGS84 17S				4

Figura 3.1. Mapa geológico de ubicación del Libre Aprovechamiento "Cochapamba" código 10000164

- **Derrumbe (De)**

Ubicado en Paccha, el cual se encuentra en continuo movimiento. La característica apariencia de los terrenos ondulados, agrietados y la formación de lagos temporales, permite que éstos sean fácilmente identificados, en especial en fotografías aéreas. (Hoja Geológica de Gualaceo, 1974)

- **Depósito aluvial y coluvial (Da y Dc)**

El aluvión se encuentra en la mayoría de los valles amplios y en general consiste en estratos gredosos, de color blanquecino, suprayacentes a un depósito de rocas gruesas. Las corrientes que crunzan los afloramientos de Volcánicos Llaeo depositan mucha arena.

Mientras que, muchos de los valles tienen sus laderas cubiertas con una capa de material coluvial. Mucho de este material probablemente se originó como talud durante el Pleistoceno, pero su formación continua hasta ahora. (Hoja Geológica de Gualaceo, 1974)

### **3.1.2 Geología local**

El área se encuentra ubicada totalmente sobre la Formación Tarqui, la cual se caracteriza por la presencia de tobas y aglomerados riolíticos, dacíticos y andesíticos de alta fisuración, además se encuentra conformada por materiales tales como tobas ácidas caolinizadas, unas intensamente meteorizadas y otras blancas y rojas, que cubren todas las unidades más antiguas del área.

De acuerdo con el levantamiento geológico superficial, se ha determinado que la zona se encuentra conformada por una extensa capa de aglomerados dacíticos cuya ocurrencia acrecenta de este a oeste, además de lavas y brechas volcánicas de composiciones dacíticas. (Figura 3.8).

A detalle, se pudo establecer lo siguiente:

En la zona noreste del área concesionada, en el punto referencial 731853 E y 9668546 N, se presenta una brecha volcánica silicificada de tonalidades marrones a amarillentas (Figura 3.2), las cuales corresponden a posibles depósitos de arcilla silicificada

provenientes de la formación Biblián y a oxidaciones de hierro respectivamente. La matriz que caracteriza a esta brecha se compone de arcilla endurecida de color rojizo y clastos que corresponden a dacitas porfídicas de color grisáceo a verdoso con fenocristales de piroxeno menores a 1 mm.

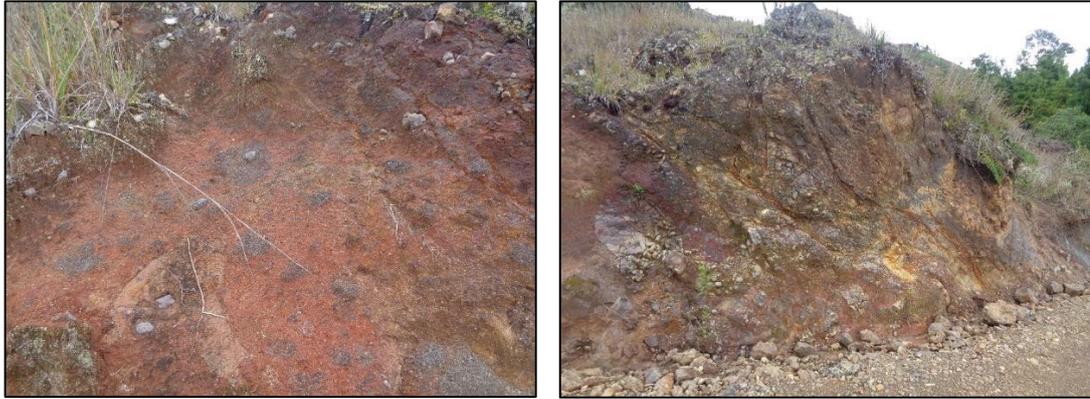


Figura 3.2. Izquierda: brecha volcánica silicificada de tonalidad marrón. Derecha: brecha silicificada de tonalidad amarillenta; ambas con clastos de dacita grisácea.

Existe disposición de coluvios que corresponden a materiales dacíticos de textura porfídica dispuestos de forma no masiva.

Avanzando hacia el este de la concesión, aproximadamente en el punto referencial 731721 E y 9668622 N, los clastos dacíticos de la brecha silicificada empiezan a presentar fenocristales félsicos de cuarzo y plagioclasa visibles de 1 a 2 mm aproximadamente (Figura 3.3). Las coloraciones marrones y amarillentas persisten en menor grado.



Figura 3.3. Dacita con fenocristales félsicos visibles a simple vista.

Se denota además, la presencia de productos de meteorización expuestos en forma de depósitos arenosos de coloraciones similares a las expuestas.

Posteriormente se encuentran acumulaciones de arcilla de tonalidades rojizas a marrones (Figura 3.4) presumiblemente provenientes de la formación Biblián, las

cuales se encuentran endurecidas y componen una capa de potencia considerable, la cual descansa sobre la formación Tarqui (Figura 3.5). La disposición de dichos materiales arcillosos rojizos se mezclan con depósitos de arena productos del intemperismo sufrido por las dacitas existentes en la zona, este material presenta características poco – nada plásticas.



Figura 3.4. Depósitos de arcilla rojiza y amarillenta.



Figura 3.5. Formación Tarqui en contacto con materiales correspondientes a la formación Biblián

En el punto referencial 731572 N y 9668618 N se evidencia la presencia de piroclastos dacíticos (Figura 3.6) en capas muy potentes que se extienden aproximadamente desde la cota 2769 hasta la 2806, en una extensión horizontal que bordea los 120 mts. En algunos lugares de esta zona es posible observar afloramientos de brechas porfídicas acompañadas de lavas volcánicas con bajos niveles de meteorización (limonita), razón por la cual, la coloración que adoptan es de amarillenta (oxidación de hierro) a verdosa clara (oxidación de cobre).

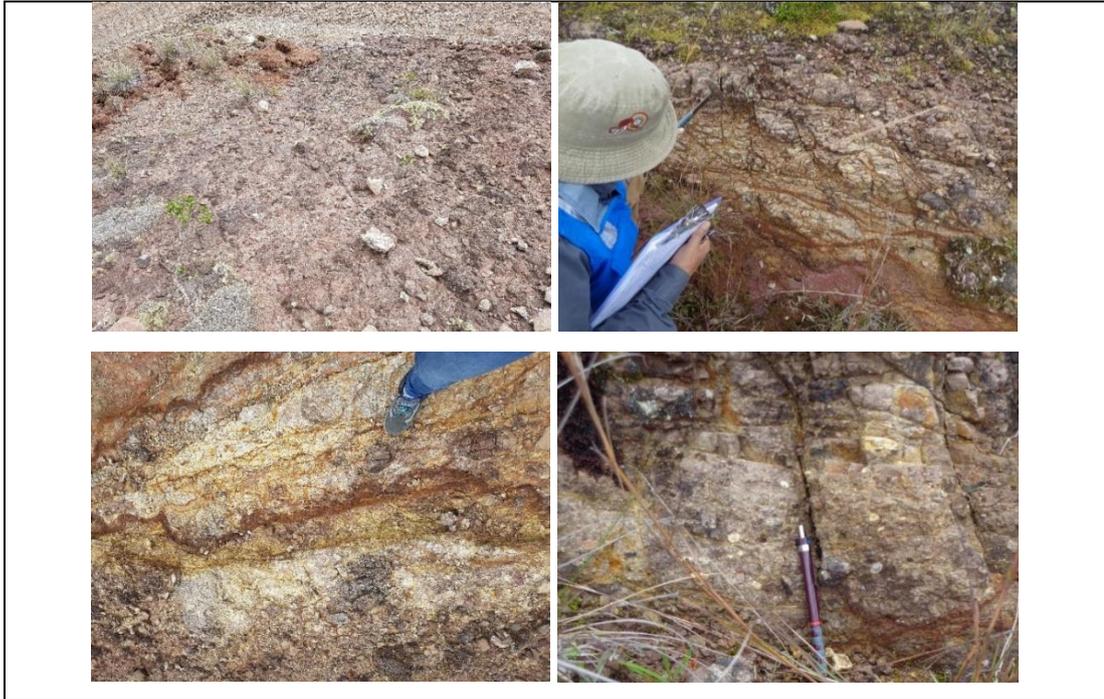


Figura 3.6. Izquierda Superior: Piroclastos. Derecha Superior, inferior e izquierda inferior: Piroclastos con leve alteración limonítica.

Las lavas volcánicas alteradas (de color amarillento) se disponen en capas con buzamientos que van desde  $23^{\circ}$  a  $40^{\circ}$  noreste.

Entre las lavas volcánicas, en el punto de coordenadas referenciales 731463 E y 9668616 N, en una potencia de aproximadamente 30 metros y espesor de 5 a 10 mts, se evidencia que el material dacítico ha sufrido un alto grado de meteorización (o posible cloritización) (Figura 3.7) llegando a presentar coloración verdosa oscura y textura sedosa, pudiendo comportarse como un caolín o feldespatos.



Figura 3.7. Izquierda y Derecha: Dacita con alto grado de meteorización.

### **3.1.3 Geología estructural**

La zona se encuentra altamente fisurada en algunas zonas, mientras que en otras no se aprecia el grado de fracturamiento del macizo.

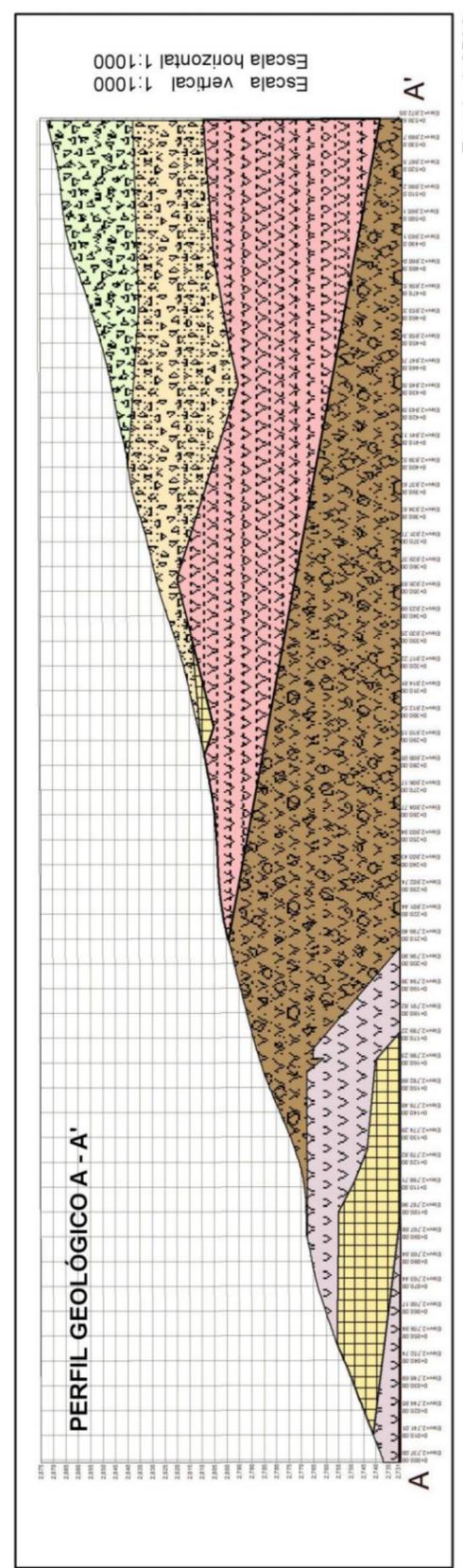
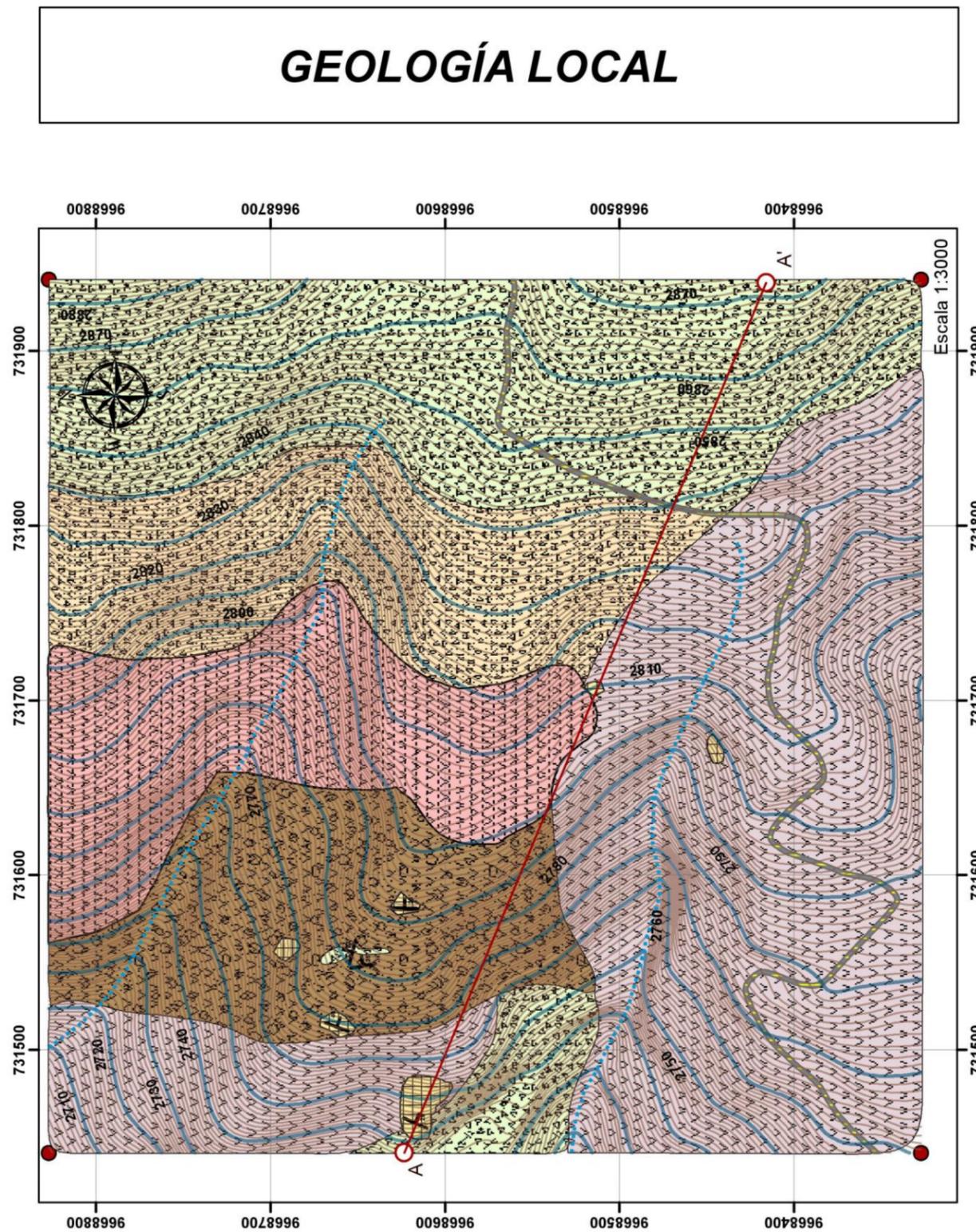
Las discontinuidades que se encuentran en la zona presentan buzamientos de 25 -30° oeste – este.

Se ha podido determinar que aquellas fracturas con aberturas mayores (de 0,5 cm aproximadamente) están rellenas de materiales arcillosos oscuros, mientras que otras, cuyas fisuras son menores, presentan alteración limonítica debido a líneas de agua que siguen la fisura a través de la roca.

De acuerdo con levantamiento de información del macizo rocoso, se han determinado que existen aproximadamente de 7 a 11 fracturas por metro cúbico, valor que incrementa en algunas zonas del macizo.

No se evidencian fracturas ni fisuras mayores en las zonas de aglomerados dacíticos ni mucho menos en las acumulaciones de materiales productos de intemperismo.

No se evidencian contactos entre formaciones geológicas.



**LEYENDA**

Geología Local	name
[Symbol]	Brecha dacítica porfídica con arcilla endurecida *
[Symbol]	Brecha silicificada
[Symbol]	Brecha silicificada y lavas de la Tarqui
[Symbol]	Dacita meteorizada
[Symbol]	Lavas de la Tarqui
[Symbol]	Piroclastos

[Symbol]	Quebradas
[Symbol]	Camino
[Symbol]	Vértices del área
[Symbol]	Curvas de nivel
[Symbol]	intervalo
[Symbol]	Curvas primarias
[Symbol]	Curvas secundarias

FECHA	NOMBRE	UNIVERSIDAD DEL AZUAY
DIS.	E.B.C	 FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ESCUELA DE INGENIERÍA EN MINAS
DIB.	E.B.C	
REV.	F.A.T	
ESCALA	DATUM	PLANO
Las indicadas	WGS84 17S	5

Figura 3.8. Geología Local y Perfil Geológico del Libre Aprovechamiento “Cochapamba” cód. 10000164.

### 3.2 Geomorfología

El área se encuentra influenciada por relieves inclinados, escarpados, ondulados y planicies (Figura 3.9), que se dividen de tal como se muestra en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Pendientes existentes en el Libre Aprovechamiento “Cochapamba” cód. 10000164.

<b>PENDIENTES DE LA ZONA DE ESTUDIO</b>			
<b>RANGO DE PENDIENTES</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COBERTURA</b>	<b>SUPERFICIE (ha)</b>
0% - 5%	Planicie	0,35%	0,09
6% - 12%	Ondulado	12,32%	3,08
13% - 25%	Inclinado	63,48%	15,87
26% - 50 %	Escarpado	23,85%	5,96

En su mayoría, el área se caracteriza por relieves inclinados los cuales cubren el 63,48% de la superficie del Libre Aprovechamiento “Cochapamba”, seguido de relieves escarpados, ondulados y planicies (en el orden decreciente mencionado), desarrollados sobre materiales volcánicos, brechas y piroclastos.

Las zonas con pendiente escarpada se encuentran cercanas a los márgenes de las quebradas norte y sur existentes en la concesión, llegándose a inclinaciones de hasta 48,16%. (pendiente máxima de la zona). No existen zonas significativas con pendientes suaves ni mucho menos extensas superficies de planicie.

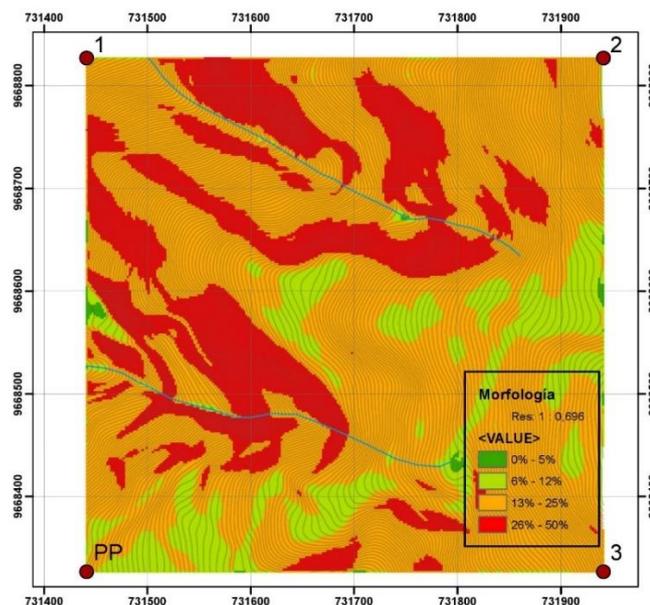


Figura 3.9. Geomorfología de la zona

Fuente: Anexo 4. Geomorfología del Libre Aprovechamiento “Cochapamba” código 10000164.

### 3.3 Clima

El área se encuentra ubicada en una altura aproximada de 2730 a 2810 m.s.n.m, en esta zona predomina el clima subhúmedo con pequeño déficit de agua, con régimen térmico templado frío.

La temperatura media anual (°C) de la serie 81-2010 publicada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, establece un rango de 12,9 a 19,5°, mientras que la precipitación media anual se encuentra entre 727 a 825,5 mm. (Figura 3.10).

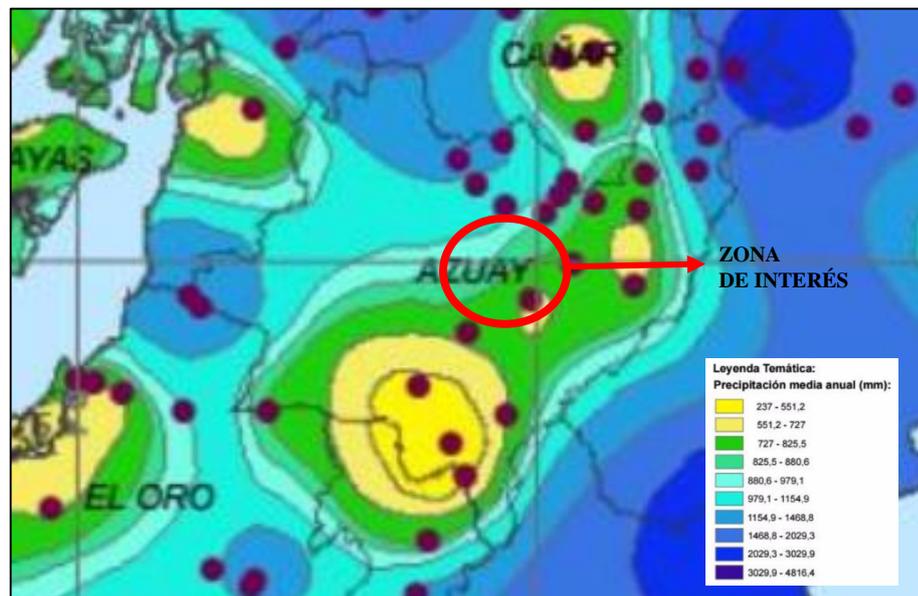


Figura 3.10. Isoyetas media anual serie 1981-2010 (Acercamiento a la provincia del Azuay). Fuente: (Atlas Hidrológico y Meteorológico Estudiantil, 2013).

### 3.4 Hidrografía

El área se encuentra atravesada por 2 quebradas ubicadas al norte y sur del Libre Aprovechamiento “Cochapamba” cód. 10000164:

- Quebrada Norte: con inicio en las coordenadas en Datum WGS84 17S: 731501 E y 9668826 N, altura 2710 m.s.n.m; y fin en 731860 E y 9668634 N, altura 2844 m.s.n.m. Con una longitud de 486 m.
- Quebrada Sur: con inicio en las coordenadas 731439 E y 9668527 N, altura 2718 m.s.n.m; y fin en 731792 E y 9668433 N, altura 2835 m.s.n.m. Con una longitud de 433 m.

Ambas son afluentes de la Quebrada “El Carnero”, la cual, junto con la Quebrada de Tasqui y la de Cholohuaycu, quebradas ubicadas a 1 Km del área de influencia del proyecto, desembocan en el río Quingeo.

### **3.5 Evaluación de reservas**

#### **3.5.1 Delimitación de la zona de interés**

Para la delimitación del área de explotación se han tomado en consideración 2 factores:

1. **Condiciones hidrológicas:** Debido a la presencia de 2 quebradas (Líneas de color celeste en la Figura 3.11) que atraviesan al área concesionada en sentido oeste – este, se ha decidido respetar el curso de dichas fuentes menores de agua, en una distancia mínima de 15 metros a partir de las mismas, estableciendo la parte céntrica, definida entre quebradas, como el área de explotación.
2. **Condiciones Geológicas:** De acuerdo con el mapa y perfil geológico correspondientes al área, se ha determinado que a partir de la cota 2805 hacia arriba, (Líneas de color marrón, contacto entre piroclastos y brecha dacítica porfídica con arcilla endurecida de la Figura 3.11) existe una variación de materiales presentándose arcillas rojizas compactadas, las cuales no son útiles para el lastrado de vías, razón por la cual, el área se limitará desde la cota 2730 a la 2805 en donde existe material que si puede ser aprovechado.

##### **3.5.1.1 Dimensiones de cantera**

De acuerdo con la delimitación del área de extracción, se pueden establecer las siguientes características del depósito (Tabla 3.2)

Tabla 3.2. Características del depósito

CARACTERÍSTICA	VALOR
Largo del depósito	255,94 m
Ancho del depósito	211,15 m
Profundidad	70 m
Extensión del depósito	5,81 ha
Inclinación	Sub horizontal
Forma del depósito	Irregular

El área seleccionada está delimitada por las coordenadas referenciales expuestas en la Tabla 3.3.

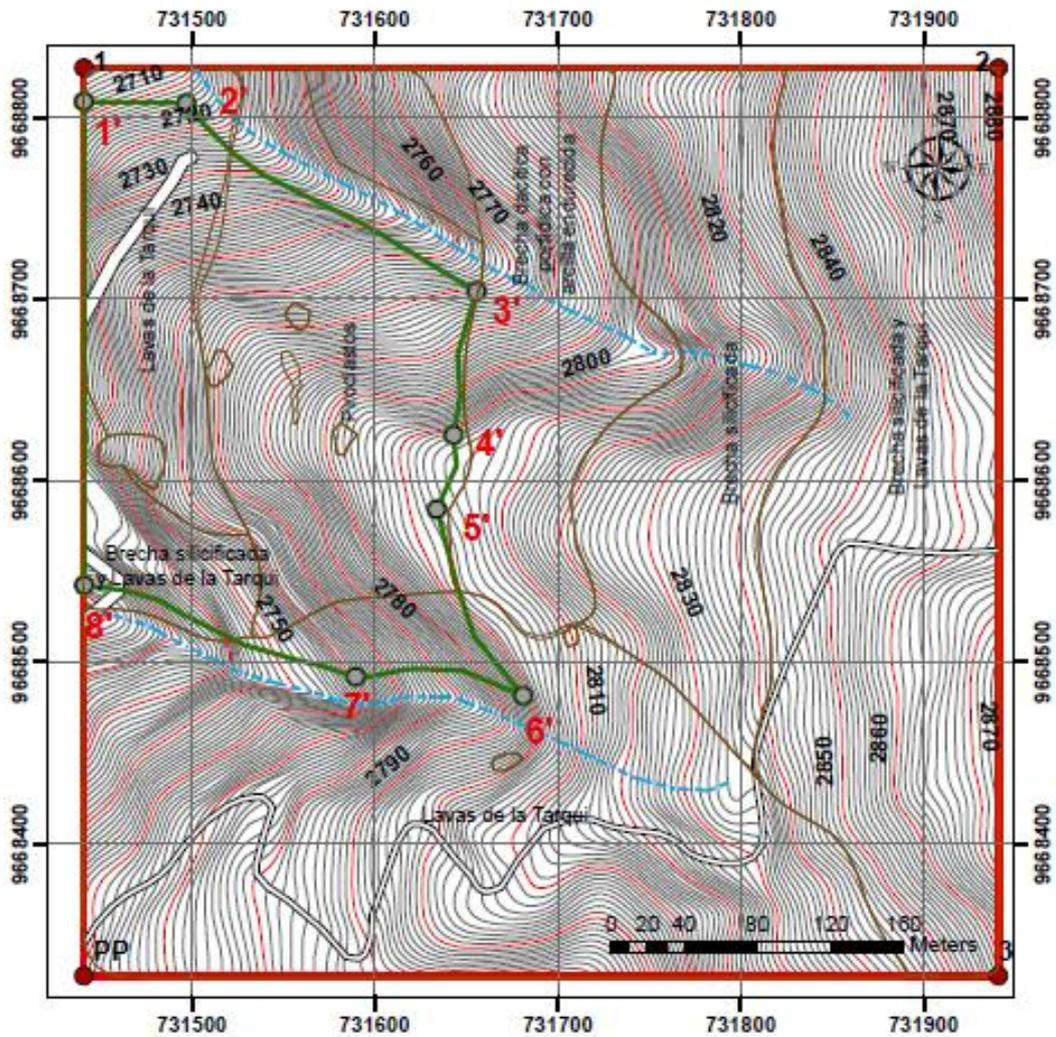


Figura 3.11. Delimitación del área de explotación

Fuente: Anexo 5. Delimitación del área de explotación del Libre Aprovechamiento “Cochapamba” código 10000164.

Tabla 3.3. Coordenadas referenciales del área delimitada para explotación

<b>VÉRTICES DEL ÁREA DELIMITADA</b>		
<b>PUNTOS</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
1'	730185	9668806
2'	730254	9668810
3'	730403	9668712
4'	730393	9668627
5'	731633	9668585
6'	730436	9668467
7'	730337	9668477
8'	730185	9668534

### 3.5.2 Cálculo de reservas

Para el cálculo de reservas se han efectuado 13 perfiles de análisis los cuales fueron ubicados de forma equidistante a 25 metros en la zona de explotación delimitada previamente. El detalle de volúmenes estimados se expresa a continuación, pudiendo definirse como Reservas Probables o Recursos disponibles en el área:

Tabla 3.4. Reservas probables del Libre Aprovechamiento “Cochapamba” cód. 10000164

<b>RESERVAS PROBABLES DEL ÁREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO “COCHAPAMBA” CÓDIGO 10000164</b>				
<b>PERFIL</b>	<b>ÁREA (m2)</b>	<b>DISTANCIA</b>		<b>VOLUMEN</b>
		<b>ENTRE</b>	<b>PERFILES</b>	
<b>Nº</b>	<b>REAL</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>(m)</b>	<b>(m3)</b>
1	1295,99	1907,76	25,00	47694,00
2	2519,53	2845,20	25,00	71129,88
3	3170,86	4553,74	25,00	113843,50
4	5936,62	6890,84	25,00	172270,88
5	7845,05	8565,05	25,00	214126,25
6	9285,05	9862,00	25,00	246549,88
7	10438,94	10419,23	25,00	260480,63
8	10399,51	10780,37	25,00	269509,25
9	11161,23	10587,91	25,00	264697,63
10	10014,58	9893,86	25,00	247346,38
11	9773,13	9919,21	25,00	247980,13
12	10065,28	7192,33	25,00	179808,25
13	4319,38	-	-	-
<b>RESERVAS PROBABLES</b>				<b>2335436,66</b>

Fuente. Anexo 6. Estimación de reservas probables.

## CAPÍTULO IV

### GEOMECÁNICA Y DISEÑO DE EXPLOTACIÓN

#### 4.1 Propiedades físico – mecánicas del material

De las propiedades físico – mecánicas del material que constituye el área, dependerán factores como: el diseño de explotación, el proceso de industrialización, utilización, calidad, cantidad y tiempo de duración de los mismos. (Salazar, 2015).

Con el fin de conocer las propiedades físico – mecánicas del material del sobre el cual se efectuarán los trabajos, se realizaron ensayos en los laboratorios de Ingeniería en Minas, Ingeniería Civil y laboratorio de química de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del Azuay, determinándose los siguientes parámetros.

##### 4.1.1 Propiedades físicas

###### 4.1.1.1 Densidad o peso específico

“La densidad se define como la cantidad total de materia por unidad de espacio o masa por unidad de volumen” (Durst y Gokel, 2007)

Para obtener el valor de densidad se aplicó el método de la probeta, empleándose 8 muestras de material de diferentes zonas del libre aprovechamiento (Figura 4.1), una probeta de 500 ml y 300 ml de agua destilada.

Procedimiento de ensayos (Figura 4.2): Primero, se efectuó el pesaje de las muestras con el uso de una balanza para determinar la masa de las mismas, posteriormente, con el uso de una probeta se realizó la medición de volumen inicial de líquido dentro de una probeta de 500 ml, se sumergió la muestra dentro del líquido y midió el volumen final del líquido desalojado. Para la obtención del valor de densidad se aplicó la fórmula:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

De estos ensayos se obtuvieron los resultados reflejados en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Resultados de ensayos de laboratorio para obtención del valor de densidad promedio del material del Libre Aprovechamiento Cochabamba código 10000164.

<b>RESULTADOS DE ENSAYOS DE DENSIDAD</b>					
MUESTRAS	PESO	VOLUMEN INICIAL	VOLUMEN FINAL*	VOLUMEN DE LA MUESTRA	DENSIDAD
	(gr)	(cm <sup>3</sup> )	(cm <sup>3</sup> )	(cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )
1a	24,0621	300	309	9	2,6736
1b	12,3280	300	305	5	2,4656
2a	32,9361	300	315	15	2,1957
2b	12,9109	300	305	5	2,5822
3a	28,2021	300	310	10	2,8202
3b	14,8140	300	305	5	2,9628
4a	26,1455	300	309	9	2,9051
4b	23,5362	300	308	8	2,9420
<b>DENSIDAD PROMEDIO</b>					<b>2,6934</b>

\*Nota: El volumen final es el volumen inicial más el volumen de la muestra insertada, es decir, cuánta agua destilada se desplazó cuando se introdujo la muestra dentro de la probeta.



Figura 4.1. Muestras para ensayos de densidad



Figura 4.2. Pesaje de muestras y medición de volumen desalojado en probeta

#### 4.1.1.2 Humedad

La humedad es la cantidad de agua que contiene un material a condiciones ambientales normales.

Para el cálculo de esta propiedad se utilizó un horno de secado, en el cual 4 muestras (Figura 4.3) que fueron pesadas antes y después de haberse sometido a secado durante 24 horas, obteniéndose los valores expuestos en la Tabla 4.2.

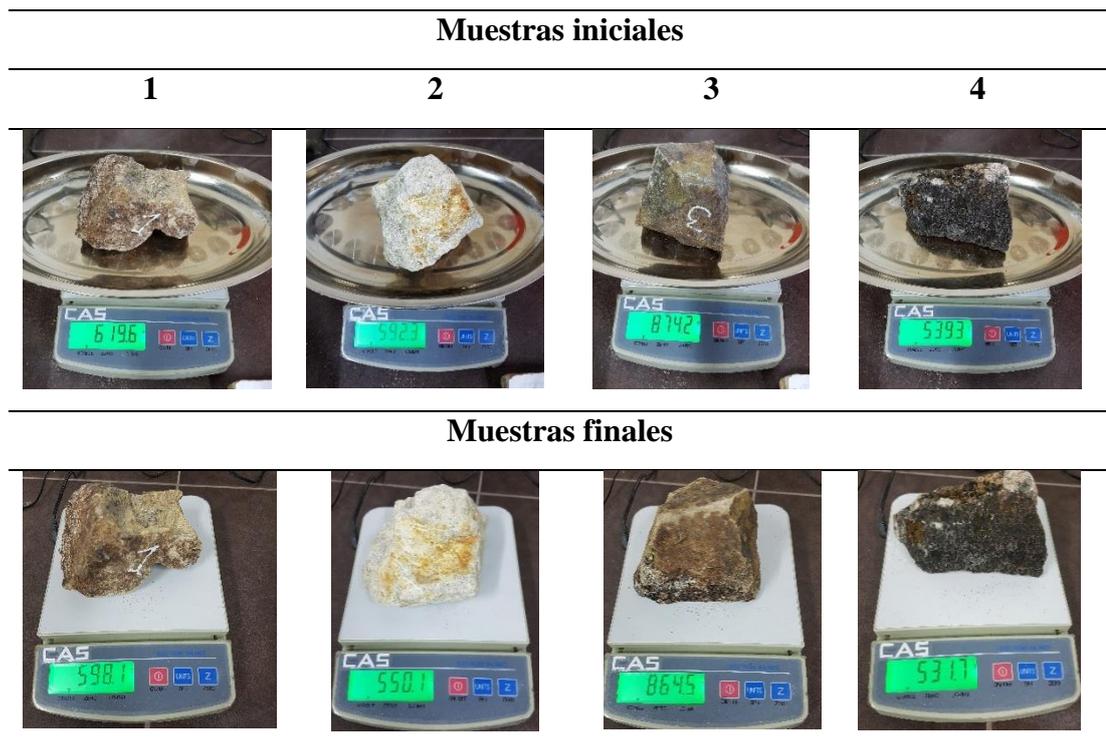


Figura 4.3. Muestras de ensayo de humedad.

Tabla 4.2. Resultados de los ensayos de laboratorio para obtención del valor de humedad promedio del material

<b>RESULTADOS DE ENSAYOS DE DENSIDAD</b>			
<b>MUESTRAS</b>	<b>PESO INICIAL</b>	<b>PESO FINAL</b>	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>
	<b>(gr)</b>	<b>(gr)</b>	
1	619,6	598,1	3,59%
2	592,3	550,1	7,67%
3	874,2	864,5	1,12%
4	539,3	531,7	1,43%
<b>HUMEDAD PROMEDIO</b>			<b>3,45%</b>

#### 4.1.1.3 Esponjamiento

El porcentaje de esponjamiento se define como la relación entre el volumen antes y después de la excavación del material. Para su obtención se aplicará la fórmula:

$$C = \frac{[(\text{Volumen material esponjado} - \text{Volumen excavado}) \times 100]}{\text{Volumen excavado}}$$

**Metodología:** se utilizó una probeta de 1000 ml en donde se realizó la medición de volúmenes antes y después de la disgregación; el material disgregado fue tomado directamente de la cantera, el cual fue equiparado al peso inicial de la muestra para la obtención de un valor real de esponjamiento con respecto al material propio de la mina; resultados que se reflejan en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3. Resultados de ensayos de laboratorio para la obtención del porcentaje de esponjamiento del material del área de interés

<b>RESULTADOS DE ENSAYOS DE ESPONJAMIENTO DE MATERIAL</b>				
<b>PESO DE LA MUESTRA</b>	<b>VOLUMEN DESALOJADO PROBETA</b>	<b>PESO DE LA MUESTRA DISGREGADA</b>	<b>VOLUMEN EN PROBETA</b>	<b>PORCENTAJE DE ESPONJAMIENTO (C)</b>
(gr)	(cm3)	(gr)	(cm3)	(%)
217,23	160	217,20	215,50	<b>34,69</b>

#### 4.1.1.4 Ángulo de reposo natural

Para el material de lastre que conforma el área de interés, según mediciones en campo, el ángulo de reposo natural es de 26°, lo cual se evidencia a continuación:



Figura 4.4. Ángulo de reposo natural del material

## 4.1.2 Propiedades mecánicas

### 4.1.2.1 Resistencia a la compresión uniaxial

La resistencia a la compresión uniaxial es el esfuerzo de compresión axial máximo que puede tolerar una muestra cilíndrica recta de material antes de fracturarse. (Schlumberger, 2017).

Se ensayaron 16 muestras de roca tomadas de 4 sectores del área previamente delimitada para la explotación, la ubicación de las mismas se expone en el cuadro a continuación (Tabla 4.4).

Todas las muestras se cortaron a una dimensión de 5 cm de lado, con lo cual, el área expuesta a carga es 25 cm<sup>2</sup>, constante para todos los ensayos. Los cubos obtenidos fueron pesados y posteriormente sometidos a ensayo (Figura 4.5), del cual se exponen los resultados en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4. Resultados de ensayos de laboratorio para la obtención del parámetro de resistencia a la compresión uniaxial del material.

<b>RESULTADOS DE ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAXIAL</b>									
N°	Peso de la muestra	Tipo de material			Peso de ruptura		Área expuesta	Resistencia	
	(gr)	X	Y	Referencia	(Ton)	(Kg)	(cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Mpa)
1	201,80	731480	9668562		2,00	2000,00	25	80,00	7,85
2	202,91	731448	9668599	Plataforma inicial cota	2,30	2300,00	25	92,00	9,02
3	205,23	731445	9668660	2730 aprox	2,50	2500,00	25	100,00	9,81
4	210,25	731458	9668788		2,10	2100,00	25	84,00	8,24
5	262,40	731615	9668620	Límite este del polígono de delimitación del área	5,30	5300,00	25	212,00	20,79
6	269,00	731636	9668657		6,70	6704,76	25	268,19	26,30
7	321,20	731565	9668642		5,63	5633,33	25	225,33	22,10
8	315,55	731611	9668556		5,99	5985,71	25	239,43	23,48
9	321,00	731520	9668699		11,46	11464,44	25	458,58	44,97
10	319,25	731508	9668751	Cresta superior noroeste	9,30	9300,00	25	372,00	36,48
11	308,20	731563	9668704		8,50	8500,00	25	340,00	33,34
12	321,20	731506	9668636		7,68	7677,78	25	307,11	30,12
13	363,13	731571	9668506		6,66	6664,97	25	266,60	26,14
14	367,75	731542	9668543	Margen de quebrada	11,78	11776,65	25	471,07	46,20
15	370,35	731546	9668575		9,21	9208,12	25	368,32	36,12
16	361,44	731581	9668536		9,92	9917,26	25	396,69	38,90
<b>PROMEDIO</b>								<b>267,58</b>	<b>26,24</b>



Figura 4.5. Pesaje de muestras y ensayo de resistencia a la compresión uniaxial.

## 4.2 Clasificación geomecánica del macizo rocoso

Para este estudio, se utilizará el sistema de clasificación desarrollado por Bieniawski (1989) en donde es posible obtener el índice de calidad del macizo (*Rock Mass Rating*) lo cual facilita el pronóstico del comportamiento del macizo rocoso de manera rápida mediante la fácil medición de parámetros en campo, que brindarán una visión preliminar de las características del macizo, además de facilitar el análisis de la estabilidad de taludes de explotación, aspecto que será analizado posteriormente en el diseño de explotación.

### 4.2.1 Rock Quality Designation (RQD)

Debido a que no se contó con testigos de exploración, el análisis de la calidad del macizo se efectuó en campo en un metro cúbico de roca. La estación geomecánica de análisis de RQD se encuentra ubicada en el punto de coordenadas, en Datum WGS84 17S, 731543 E y 9668509 N.

El número de juntas detectado fue superior a 4,5, razón por la que, para efectuar el cálculo de este índice se utilizó la fórmula (Feijoo, 1997).

$$RQD = 115 - 3,3 J_v$$

Donde:

- $J_v$  = Número de discontinuidades determinadas en 1 m<sup>3</sup> de roca.

Tabla 4.5. Determinación del parámetro RQD con valores obtenidos en campo.

<b>VALORACIÓN DE RQD</b>	
Número de discontinuidades determinadas en un metro cúbico de roca	11
RQD (%)	78,7

#### 4.2.2 Espaciamiento de las discontinuidades

Para el cálculo del espaciamiento entre las discontinuidades, o también denominado “bloque típico”, se realizó la medición de las juntas presentes en 19,01 metros, medidos horizontalmente (Figura 4.6), de macizo rocoso, procedimiento del cual se obtuvieron las longitudes expuestas en la Tabla 4.6.



Figura 4.6. Medición de discontinuidades en frentes libres.

Tabla 4.6. Mediciones para el cálculo del Bloque típico.

<b>RESULTADOS DE MEDICIÓN DE ESPACIAMIENTO ENTRE DISCONTINUIDADES</b>																	
N°	Longitudes medidas (cm)															Longitud total	Promedio
																(cm)	(cm)
1	4,5	8	13	6	3	3	2	2,5	9	12	9,5	4	13	7	5	101,5	6,77
2	36	33	15	23												107	26,75
3	30	20	22	34	78	23	50									257	36,71
4	14	21	9	24	5	8	6,5	30	7	26						150,5	15,05
5	70	76	64	100	107	33	30									480	68,57
6	2,6	10	2,4	3,4	14	8,2	6,7	9,1	3	8	2	3				72,4	6,03
7	39	39	90	51	15	62	33	28	70	5	80					512	46,55
8	35	22	56	24	36	48										221	36,83
																	<b>30,41</b>
<b>Espaciamiento medio de las discontinuidades</b>															304	(mm)	

### 4.2.3 Condición de las discontinuidades

- El macizo se encuentra alterado presentando alto grado de fracturamiento.
- Se determinó que las discontinuidades encontradas en el área presentan longitudes que alcanzan hasta 9 metros, las cuales presentan aberturas rugosas de aproximadamente 5 mm o menores, con relleno de material arcilloso de tonalidades marrones y negras.



Figura 4.7. Características de las discontinuidades.

### 4.2.4 Presencia de agua

La zona no presenta indicios de agua freática, las dos quebradas que limitan el área de explotación son meramente estacionales, permaneciendo secas durante la mayor parte del tiempo, exceptuándose los períodos lluviosos en donde presentan niveles de conducción de caudales de agua reducidos.

### 4.2.5 Orientación de las discontinuidades

Por la disposición del material en el área, las labores de mina van a presentar un avance este – oeste.

Las discontinuidades que se encuentran en la zona presentan buzamientos de 25 -30° oeste – este.

#### 4.2.6 Valoración del macizo rocoso o *Rock Mass Rating*

De acuerdo con el Sistema de Clasificación Geomecánica de macizos rocosos establecido por Bieniawski (1976), se ha efectuado el análisis de la calidad macizo rocoso del área del Libre Aprovechamiento “Cochapamba” código 10000164, de acuerdo con los parámetros descritos y calculados en los numerales 4.2.1 al 4.2.5 del presente capítulo:

- Resistencia de la compresión: 25,24 MPa.
- R.Q.D: 78,7%.
- Espaciamiento entre las discontinuidades: 304 mm.
- Longitud de la discontinuidad: 9 mts.
- Separación o abertura de discontinuidad: 5mm aproximadamente.
- Rugosidad: Rugoso.
- Relleno: arcilla, 5 mm.
- Características de roca: alterada sin presencia de agua.

A continuación, la Tabla 4.7, presenta el esquema de calificación de parámetros por el sistema descrito y además, la clasificación del macizo rocoso.

Tabla 4.7. Clasificación geomecánica RMR

A. PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN		Rango de valores							
1	Resistencia de la roca intacta	Índice de Point Load Test	> 10 MPa	4 - 10 MPa	2 - 4 MPa	1 - 2 MPa	Para rangos menores es preferible la prueba de compresión uniaxial		
		Resistencia a la compresión Uniaxial	> 250 MPa	100 - 250 MPa	50 - 100 MPa	25 - 50 MPa	5 - 25 MPa	1 - 5 MPa	< 1 MPa
	<b>PUNTAJE</b>	15	12	7	4	2	1	0	
2	Rock Quality Designation	90 % -100 %	75 % -90 %	50 % - 75 %	25 % - 50 %	< 25 %			
	<b>PUNTAJE</b>	20	17	13	8	3			
3	Espaciamiento de las discontinuidades	> 2 m	0,6 - 2 m	200 - 600 mm	60 - 200 mm	< 60 mm			
	<b>PUNTAJE</b>	20	15	10	8	5			
4	Condición de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad (persistencia)	< 1 mm	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m		
		<b>PUNTAJE</b>	6	4	2	1	0		

4	Condición de las discontinuidades	Separación (abertura)	Ninguna	< 0,1 mm	0,1 - 1,0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm
		<b>PUNTAJE</b>	6	5	4	1	0
		Rugosidad	Muy rugoso	Rugoso	Ligeramente rugoso	Ondulado	Suave
		<b>PUNTAJE</b>	6	5	3	1	0
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno suave < 5 mm	Relleno suave > 5 mm
		<b>PUNTAJE</b>	6	4	2	2	0
		Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Altamente alterada	Descompuesta
		<b>PUNTAJE</b>	6	5	3	1	0
5	Presencia de agua	Caudal por 10 m de túnel (l/m)	Ninguno	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125
		Presión de agua / Tensión principal mayor	0	< 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,5	> 0,5
		Estado General	Completamente seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo
		<b>PUNTAJE</b>	15	10	7	4	0

**B. PUNTAJE DE AJUSTE POR ORIENTACIÓN DE DISCONTINUIDADES**

Orientación de veta y profundidad		Muy favorables	Favorables	Medias	Desfavorables	Muy desfavorables
<b>PUNTAJE</b>	Túneles y minas	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-

**PUNTAJE TOTAL: 52**
**C. CLASIFICACIÓN DE MACIZOS A PARTIR DE PUNTAJES TOTALES**

<b>PUNTAJES</b>	81 a 100	61 a 80	41 a 60	21 a 40	< 21
<b>CLASE</b>	I	II	III	IV	V
<b>CALIDAD</b>	Muy buena	Buena	Discreta	Pobre	Muy pobre

**D. SIGNIFICADO DE LAS CALIDADES**

Número de clase	I	II	III	IV	V
Tiempo / Longitud de sostenimiento	20 años para 15 m	1 año para 10 m	1 semana para 5 m	10 hrs para 2,5 m	30 min para 1 m
Cohesión (kPa)	> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 100
Ángulo de fricción (°)	>45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15

Del análisis del RMR se desprende que el macizo rocoso tiene un puntaje de 52, lo que significa que el área de interés está conformada por una roca tipo III (Discreta o de calidad Media), la cual, debe presentar valores de cohesión de 200 a 300 KPa con ángulo de fricción interna de los materiales que oscile entre  $25^{\circ} - 35^{\circ}$ .

De acuerdo con análisis de material realizados en ésta zona, la cohesión de la roca que compone el Libre Aprovechamiento “Cochapamba”, código 10000164, es de 0,315 Kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el ángulo de fricción interna es  $38^{\circ}$ . (Barzallo, 2017), valores que serán empleados para el diseño de explotación.

### 4.3 Diseño de cantera

#### 4.3.1 Sistema de explotación

Debido a las condiciones geomorfológicas del yacimiento, los accesos disponibles al área y la mínima sobrecarga que presenta el macizo, el sistema óptimo de extracción de material es a cielo abierto en cantera, con el uso del método convencional de explotación por bancos descendentes hasta alcanzar la profundidad final calculada.

#### 4.3.2 Dirección de la explotación

De acuerdo con el sistema de explotación escogido y la topografía de la zona, la explotación se debe llevar en dirección EW (este – oeste), con arranque de material NE-SW (noreste – suroeste).

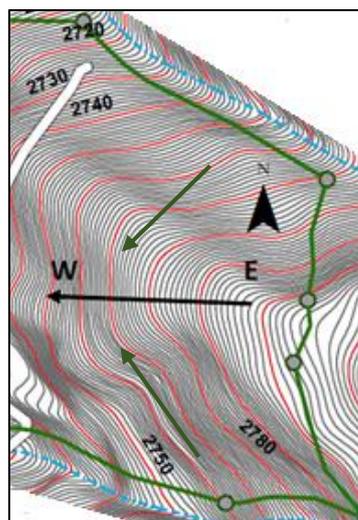


Figura 4.8. Avance óptimo de la explotación

### 4.3.3 Profundidad de la cantera

Este parámetro se define como la diferencia entre la cota máxima y la cota mínima de explotación identificada durante el levantamiento topográfico.

En el área de explotación definida en el capítulo anterior, se pudo establecer las cotas: mínima de 2730 m.s.n.m y máxima de 2805 m.s.n.m.

$$\textit{Profundidad de la cantera} = C_{\text{máx}} - C_{\text{mín}}, m$$

Por lo tanto,

$$\textit{Profundidad de la cantera} = 2805 - 2730 = 75 m.$$

### 4.3.4 Diseño de taludes

#### 4.3.4.1 Altura del banco

De acuerdo con el método establecido por Sosa (1989), la altura del banco se determinará de acuerdo con las dimensiones de los equipos de carguío y perforación y propiedades del macizo rocoso.

Para el presente caso, se dispone de una excavadora, razón por la cual, la altura del talud se definirá acorde a la altura máxima de alcance del brazo.

$$Hb = Hmax * 0,9; m.$$

Donde:

- Hb = Altura del banco (m)
- Hmax = Altura máxima de alcance del equipo de arranque (m): Excavadora Caterpillar 320 C-L, altura máxima de alcance del brazo 10,20 m.

Por lo tanto:

$$Hb = 10,20 * 0,9 = 9,18 m$$

Sin embargo, considerando que la excavadora opera sobre una plataforma de 1 metro de altura aproximadamente, conformada con el mismo material de mina, se alcanza una altura final de 10,18 metros, por lo tanto, la altura del banco será de 10 metros.

#### 4.3.4.2 Ángulo del talud

- **Análisis por medio del método gráfico de rotura circular de *Hoek y Bray* (1981)**

El diseño de taludes para este caso se efectuará por el método gráfico de análisis de estabilidad de taludes por la presencia de agua freática establecido por *Hoek y Bray* (1981).

Para realizar un diseño de taludes que contemple un factor de seguridad adecuado para la operación minera, se analizarán las mejores y peores condiciones a las que estaría sometido el talud, cuyo material se considera homogéneo para la aplicación del método gráfico mencionado.

El macizo que compone el Libre Aprovechamiento “Cochapamba” cód. 10000164, no presenta evidencia de agua freática, la zona es aparentemente drenada; por lo cual debería analizarse el Ábaco 1, para condiciones hidrológicas óptimas, sin embargo, para garantizar la estabilidad de los taludes de diseño se realizará el análisis con el Ábaco 2 (Figura 4.9; Tabla 4.8), el cual brindará mayor confiabilidad, considerándose este como la mejor condición de flujo de agua en el talud. Para las peores condiciones se considerará el análisis de estabilidad con el Ábaco 4 (Figura 4.10; Tabla 4.9)

Los factores de seguridad 1,2 y 1,5 se utilizan para garantizar la seguridad del talud de diseño en cuanto a estabilidad de operación y estabilidad de taludes definitivos respectivamente; el cálculo a continuación se basa en un factor de seguridad de 1,5.

- **Análisis de Ábaco N° 2:** *Surface water 8 x slope height – Behind toe slope.*

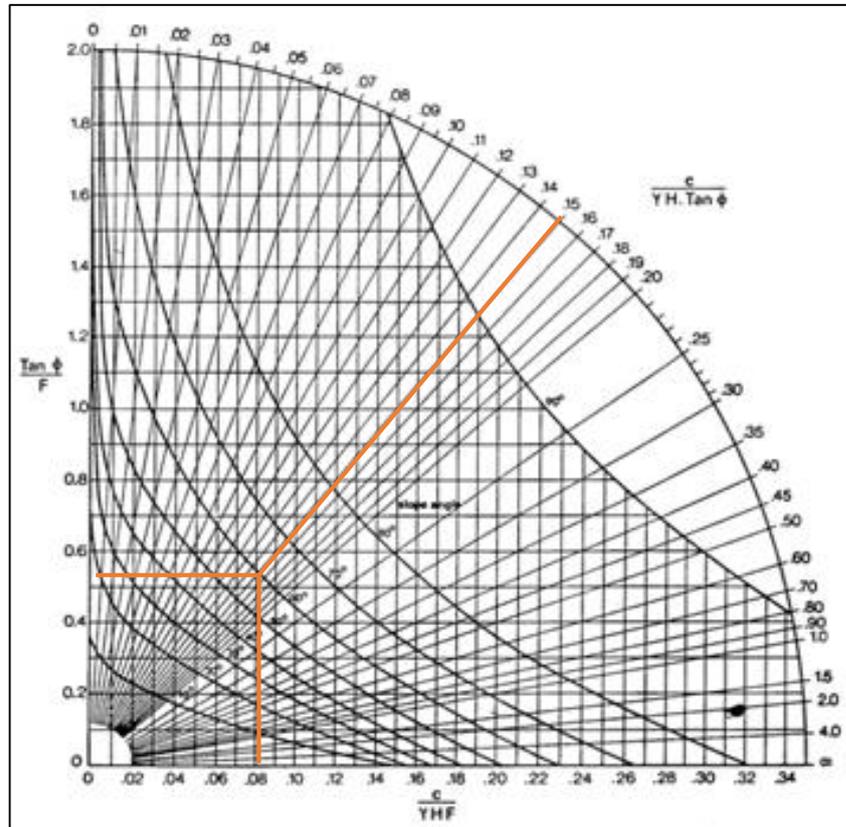


Figura 4.9. Ábaco de falla circular N° 2  
Fuente: (Hoek & Bray, 1981)

Tabla 4.8. Parámetros del talud y determinación del factor de seguridad con ábaco 2.

<b>PARÁMETROS DE ESTABILIDAD DE TALUD ANALIZADOS CON ÁBACO DE ROTURA CIRCULAR N°2</b>					
Ángulo de talud	Altura del banco (H)	$\frac{c}{\gamma H \tan \phi}$	$\frac{c}{\gamma H F}$	$\frac{\tan \phi}{F}$	Factor de seguridad
58°	10 mts	0,15	0,8	0,52	1,51

- **Análisis de Ábaco N° 4:** *Surface water 2 x slope height – Behind toe slope.*

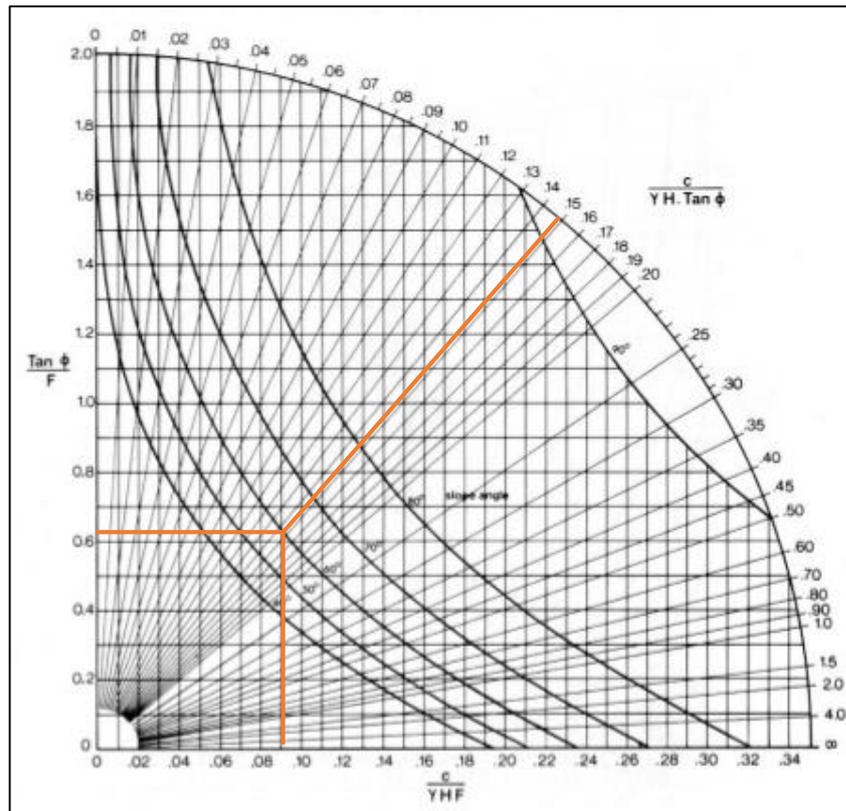


Figura 4.10. Ábaco de falla circular N° 4.  
Fuente: (Hoek & Bray, 1981)

Tabla 4.9. Parámetros del talud y determinación del factor de seguridad con ábaco 4.

<b>PARÁMETROS DE ESTABILIDAD DE TALUD ANALIZADOS CON ÁBACO DE ROTURA CIRCULAR N°4</b>					
Ángulo de talud	Altura del banco (H)	$\frac{c}{\gamma H \tan\phi}$	$\frac{c}{\gamma H F}$	$\frac{\tan\phi}{F}$	Factor de seguridad
58°	10 mts	0,15	0,71	0,61	1,30

Al considerarse que esta situación constituye la peor condición que soportaría el talud de diseño, el factor de seguridad de 1,30 sigue garantizando la seguridad del mismo, por lo que es aceptable para el presente estudio.

Para la altura escogida (10 metros) se ha determinado un ángulo de 58° con un factor de seguridad de 1,5, el cual garantiza la estabilidad del talud final.

#### 4.3.5 Número de bancos

Para determinar el número de bancos que deberán conformarse para la profundidad del depósito, se utilizará la siguiente relación:

$$N^{\circ} \text{ bancos} = \frac{\text{Profundidad del depósito}}{\text{Altura del banco}}; \text{ adimensional}$$

Por lo tanto,

$$N^{\circ} \text{ bancos} = \frac{75 \text{ m}}{10 \text{ m}} = 7,5 \cong 8.$$

Así, se deberán conformar bancos de 10 metros desde la cota 2800 m.s.n.m a la 2730 m.s.n.m, mientras que a partir de la cota 2800 m.s.n.m hacia la 2805 m.s.n.m se construirá un banco de 5 metros.

#### 4.3.6 Plataformas de trabajo

El ancho mínimo de la plataforma de trabajo, que permita el desenvolvimiento seguro del equipo de carga y los equipos de transporte, se determinará con la siguiente fórmula (Sosa, 1989):

$$B_{pt} = A + C + T + B; \text{ m}$$

Dónde:

- A: ancho del amontonamiento (m)  
Para este caso, el mismo será calculado con respecto al ángulo de reposo natural del material suelto por arranque mecánico, estimado en 35° aproximadamente de acuerdo con observación en campo, lo cual da un valor de 3,1 metros desde el pie del talud.
- C: espacio de maniobra de la excavadora (m)  
 $C = 1,5 * L_{exc}$ , en donde  $L_{exc}$  es la Longitud de la excavadora.

De acuerdo con las especificaciones técnicas de la maquinaria a utilizarse, la longitud de la excavadora es de 9,53 mts, valor obtenido por medición en campo de la CAT 320 C-L.

$$C = 1,5 * 9,52 = 14,30 \text{ m}$$

- T: ancho de la vía (m)

$$T = A * (0,5 + 1,5 * n); \text{ m}$$

Donde:

A= Ancho del vehículo de transporte: correspondiente a un volquete de 2,56 mts de ancho, valor obtenido por medición en campo del Volquete VOLVO FMX 400.

N= Número de carriles: 2, considerándose el ingreso y salida del vehículo en la plataforma.

$$T = 2,56 * (0,5 + 1,5 * 1) = 8,96 \text{ m} \cong 9 \text{ m}$$

- B: Borde de seguridad o prisma de deslizamiento: Según Sosa (1989), el prisma de deslizamiento es la parte inestable ubicada en la cresta del talud, limitando en la parte superior con el techo del banco y en sus costados por el talud del banco y el plano de deslizamiento natural de las rocas. El mismo, establece su similitud con el ancho de la berma de seguridad. Está dado por la fórmula:

$$b = h * tg(\gamma - \alpha); \text{ m}$$

Donde:

h= Altura del talud (m): 10 metros.

$\gamma$ = Ángulo de talud máximo (°): se considerarán 90°, al considerarse una situación extrema.

$\alpha$ = Ángulo de talud de trabajo (°): 58° definidos previamente por análisis de estabilidad de taludes.

Por lo tanto:

$$b = 10 * \operatorname{tg}(90-58) = 6,25 \text{ m}$$

De este modo, el ancho mínimo de la plataforma de trabajo debe ser de:

$$B_{pt} = 3,1 + 14,30 + 9 + 6,25 = 32,65 \text{ m}$$

#### 4.3.7 Bermas finales o de resguardo

El ancho de las bermas (W), de acuerdo con el criterio de Ritchie (1963) modificado posteriormente por Evans y Call (1992) se calcularán con la siguiente fórmula; en donde H es la altura del banco:

$$W = 0,2 H + 4,5, \text{ para } H > 9,0 \text{ m}; m$$

Teniéndose que:

$$W = 0,2 (10) + 4,5 = 6,5 \text{ m}$$

El criterio de Ritchie (1963) establece que para una altura de 10 metros, el ancho de berma debería estar entre 4 y 6,5 m, resultado con el que se cumple lo expresado por el autor.

#### 4.3.8 Ángulo de borde de la cantera en receso

Sosa (1998) establece una tabla en donde el ángulo de receso está relacionada con el coeficiente de resistencia de la roca, también denominado coeficiente empírico de Protodiakonov. (Tabla 4.10)

El coeficiente de Protodiakonov (F) permite realizar una descripción cualitativa de la roca y se calcula de la siguiente manera:

$$F = \frac{\text{Resistencia a la compresión (MPa)}}{10}; \text{ adimensional}$$

Para el presente caso, este valor sería:

$$F = \frac{26,24 \text{ (MPa)}}{10} = 2,624$$

Valor que se ubicaría entre 01-02 y 03-07 de la tabla de coeficiente de Protodiakonov de Sosa (1998).

Tabla 4.10. Ángulo de taludes de los bordes en receso (grados)

<b>RELACIÓN DEL COEFICIENTE DE PROTODIAKONOV CON LA ALTURA DEL BANCO</b>				
Coeficiente de Protodiakonov (F)	Hasta 90 m	180 m	240 m	Mayor que 300 m
15 - 20	60 - 68	57 - 65	53 - 60	48 - 54
08 - 14	50 - 60	48 - 57	45 - 53	42 - 48
03 - 07	53 - 50	41 - 48	39 - 45	36 - 43
01 - 02	30 - 43	28 - 41	26 - 39	24 - 36

Fuente: (Sosa, 1998)

Según el método establecido por Sosa (1998), el ángulo del talud en receso sería de 46,67°, valor obtenido por interpolación de ángulos mostrados en la tabla.

De acuerdo con los parámetros establecidos para el diseño de cantera (Figura 4.11), se ha obtenido un ángulo de receso de 38°, el cual se encuentra por debajo del valor estimado en tablas por el método de Sosa (1998), siendo aceptable para el estudio.

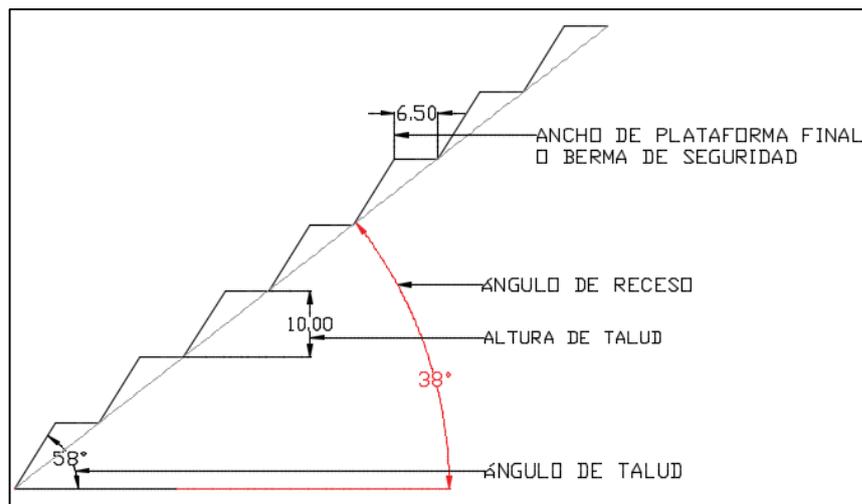


Figura 4.11. Ilustración de los elementos de diseño de cantera

### 4.3.9 Cunetas de coronación

Se deberán construir cunetas de coronación en la cresta y pie de cada (Figura 4.12) uno de los taludes, con el fin de evitar la generación de inestabilidad de los mismos. La sección de las cunetas de coronación será de 0,1875 m<sup>2</sup>, las cuales conducirán las aguas lluvias hacia las quebradas anexas al área de explotación.



Figura 4.12. Configuración de las cunetas de coronación

### 4.3.10 Ancho de la vía de acceso

La vía de acceso servirá para el transporte del material desde la zona de carguío hacia la salida de la cantera. Para calcular este parámetro se utilizará la fórmula (Sosa, 1989):

$$T = A * (0,5 + 1,5 * n), m$$

Donde:

- T= Ancho total de la vía, (m)
- A= Ancho del vehículo de transporte: 2,56 metros de ancho para el volquete Volvo 400 Fmx
- N= Número de carriles = 1

Por lo tanto,

$$T = 2,56 * (0,5 + 1,5 * 1) = 5,16 m$$

Sin embargo, se deberán conformar cunetas para evitar el desgaste de ésta, se adicionará 1 m, con lo que el ancho final de la vía sería de 6,16 metros. Para el presente caso se considerarán 6 metros.

#### **4.4 Planificación de la explotación**

##### **4.4.1 Descripción de la metodología de explotación**

El depósito de lastre será extraído con el sistema de explotación a cielo abierto, por metodología en corta o bancos descendentes.

El sistema de carguío y transporte a utilizar será discontinuo con el uso de una excavadora y volquetes.

El avance de extracción será en dirección este - oeste iniciándose en la cota 2790 (berma de cresta) y finalizando en la cota 2730 (berma de pie), en 7 bancos –finales- de 10 metros de altura y uno de 5 metros.

Primero, se removerá la capa vegetal en las áreas que así se requiera, pues existen zonas de la cantera que no la presentan; en las áreas en las que sí existe dicha sobrecarga, que oscila entre de los 10 a 15 cm, se efectuará la remoción de ésta como sea necesario.

Con el uso de un tractor de oruga Caterpillar D6D, se construirá una vía de acceso que permita el ingreso de la maquinaria a la cota 2770, en donde se extraerá el material con el fin de conformar la plataforma principal de carguío; durante la construcción de la plataforma principal de carguío será posible el abastecimiento de material de lastre, por lo que con la conformación de ésta se inicia la actividad productiva; la plataforma deberá tener un ancho mínimo de 32,65 m (véase inciso 4.3.6, pág. 53) en ésta se conformará un talud, de 50° de inclinación y 20 mts de altura, que permita el trasiego del material desde niveles superiores.

Conformación de plataforma de trabajo en la cota 2790 m.s.n.m, desde la cual el material será empujado con el uso del tractor CAT D6d hacia la plataforma de carguío 2700 m.s.n.m, punto desde el que, una excavadora CAT 320C-L efectuará la carga de material arrancado sobre los volquetes Volvo 400 FX de 12 m<sup>3</sup>, los cuales se dirigirán a las zonas de depósito final. (Figura 4.13)

Una vez conformada la plataforma 2790 se construirá una berma de seguridad de 6,5 metros y se avanzarán 10 metros hacia abajo con un ángulo de 58° con respecto a la horizontal, para efectuar el mismo procedimiento de arranque, trasiego, carguío y transporte, en banqueo de 10 metros desde la cota 2780, hasta llegar a la 2770.

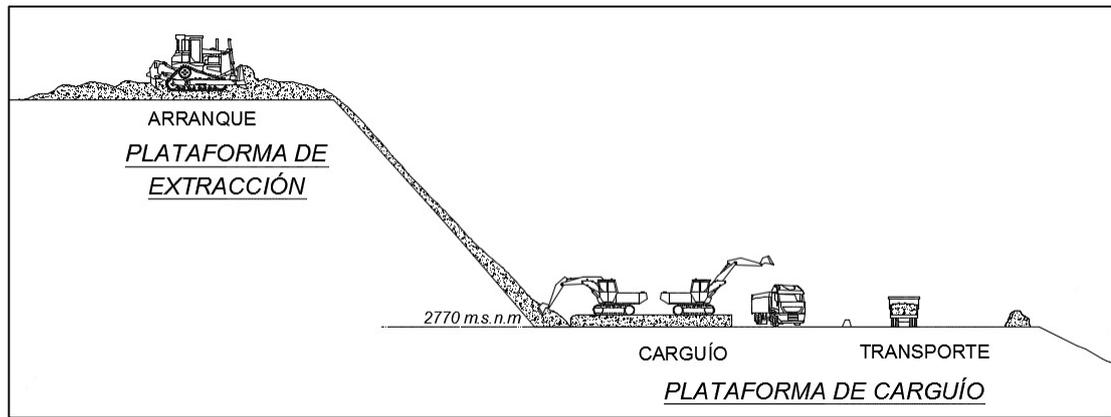


Figura 4.13. Esquema de arranque, carguío y transporte desde la cota 2790 a la 2770 (plataforma principal de carguío)

Ubicados en la cota 2770, la plataforma de carguío se transformará en plataforma de trabajo, desde la cual el material será arrancado y cargado directamente en los volquetes, los que harán uso de la vía de acceso previamente conformada.

Una vez extraído el material a dicho nivel, se dejará una berma de 6,5 metros y se avanzarán otros 10 metros hacia abajo con un ángulo de talud de  $58^\circ$ .

Prosiguiendo con el nivel 2760 m.s.n.m, en donde se empleará el proceso de arranque, carguío y transporte al mismo nivel, utilizando como salida, la vía de acceso conformada inicialmente, la cual irá decreciendo conforme avance la extracción y conformación de bancos. El proceso será el mismo para las demás plataformas a partir de la cota 2770 hasta llegar al nivel 2730 (fondo de la cantera). (Figura 4.14).

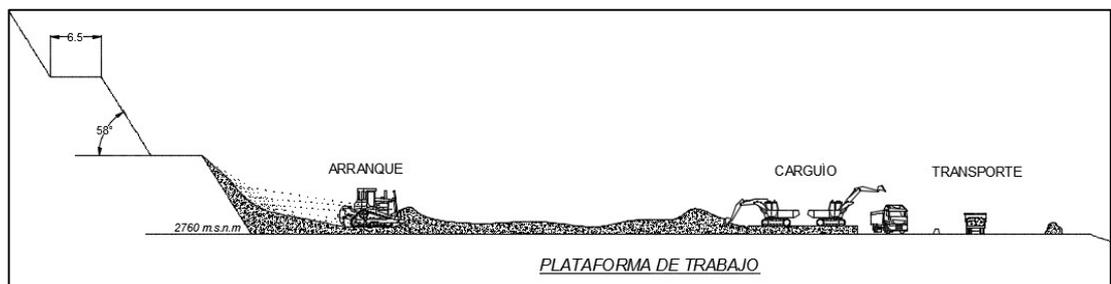


Figura 4.14. Esquema de arranque, carguío y transporte por niveles.

## 4.4.2 Diseño de fases

### 4.4.2.1 Preparación

Construcción de una vía de acceso que conecte la cota 2715 (acceso disponible actualmente) con la cota 2770 (Anexo 7), en donde se construirá la plataforma principal de carguío y transporte. La vía de acceso presenta las siguientes características:

Tabla 4.11. Características generales del diseño de la vía de acceso

<b>CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO DE VÍA DE ACCESO</b>		
Longitud total		456,57 metros
Gradientes longitudinales	Máxima pendiente	14,8763 % o 8,46°
	Mínima pendiente	5,6274% o 3,22°
Radio de curvatura		13,15
Ancho de la vía		6 metros
Bombeo		2%
Peralte		6%

El radio de giro del volquete a utilizar es de 7,35 metros, por lo que la curvatura establecida sí satisface las condiciones de transitabilidad de los equipos de transporte.

- **Diseño de cunetas de desagüe**

Para el diseño de las cunetas de desagüe, se utilizará una sección triangular de 50 cm de ancho por 50 cm de fondo.

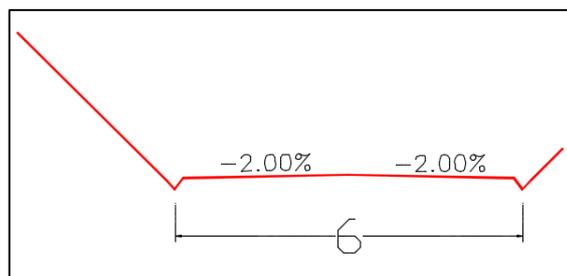


Figura 4.15. Sección de la vía con cunetas de desagüe

### 4.4.2.2 Fases de producción

En cumplimiento con la metodología descrita en el inciso 4.4.1, a continuación se describirán a detalle las fases de extracción del material, que se han englobado en 8 para el presente proyecto de tesis:

- **Fase 1:**

Construcción de plataforma de carguío y transporte de material en la cota 2770, cuyas dimensiones son de 101,20 m de largo por 46,37 m de largo aproximadamente, teniendo un área disponible para maniobras de 4647,56 m<sup>2</sup>. (Figura 4.16).

A lo largo de aproximadamente 34,72 metros de frente, se construirá un talud de 50° con una altura de 20 metros, el cual permitirá el trasiego de material desde los niveles superiores de explotación, facilitando el transporte de material por gravedad. Para la asegurar la estabilidad del talud de 20 metros, éste fue analizado por el método de *Hoek y Bray* (1989), determinándose un factor de seguridad de 1,3, lo cual garantiza la estabilidad y operatividad del mismo. (Anexo 8).

De acuerdo con los perfiles para cálculo de volúmenes de explotación, en ésta fase se podrán aprovechar 34177,55 m<sup>3</sup> de material (Tabla 4.12), los cuales serán extraídos en un tiempo aproximado de 2,74 meses.

Tabla 4.12. Cálculo de volúmenes de extracción por perfiles en la fase 1.

<b>FASE 1</b>				
<b>PERFIL</b>	<b>ÁREA REAL</b>	<b>ÁREA PROMEDIO</b>	<b>DISTANCIA ENTRE PERFILES</b>	<b>VOLUMEN</b>
	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m)	(m <sup>3</sup> )
Perfil 6	247,7852	382,2571	25	9556,4275
Perfil 7	516,729	497,02145	25	12425,5363
Perfil 8	477,3139	382,7325	25	9568,3125
Perfil 9	288,1511	210,18195	12,5	2627,27438
Perfil E	132,2128	-	-	-
<b>TOTAL A EXTRAER FASE 1</b>				<b>34177,5506</b>

Fuente: Anexo 9. Fase 1 de explotación de cantera.

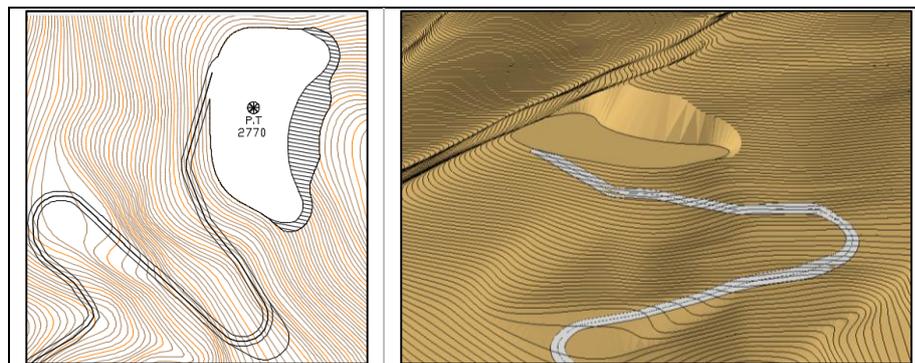


Figura 4.16. Vista en planta y en 3D de la Fase 1 de explotación

- **Fase 2**

Conformación de la primera plataforma de extracción en la cota 2790, con dimensiones de 133,47 m de longitud por 71,58 m de ancho aproximadamente, y un área de 6083,98 m<sup>2</sup>. A partir de ésta, con el uso del tractor de orugas, se efectuará el trasiego del material a la plataforma de carguío ubicada en la cota 2770. (Figura 4.17).

De acuerdo con los perfiles para cálculo de volúmenes de explotación, en ésta fase se podrán aprovechar 39327,15 m<sup>3</sup> de material (Tabla 4.13), los cuales serán extraídos en un tiempo aproximado de 3,15 meses. Adicionalmente, con fines de estabilización, en ésta fase se conformará un banco en la cota 2800 y un talud de 5 m que conecte con la cota 2805.

Tabla 4.13. Cálculo de volúmenes de extracción por perfiles en la fase 2.

<b>FASE 2</b>				
<b>PERFIL</b>	<b>ÁREA REAL</b>	<b>ÁREA PROMEDIO</b>	<b>DISTANCIA ENTRE PERFILES</b>	<b>VOLUMEN</b>
	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m)	(m <sup>3</sup> )
Perfil E	286,9379	409,77265	12,5	5122,1581
Perfil 8	532,6074	509,17195	25	12729,2988
Perfil 9	485,7365	439,659	25	10991,4750
Perfil 10	393,5815	301,6922	25	7542,3050
Perfil 11	209,8029	117,67635	25	2941,9088
Perfil 12	25,5498	-	-	-
<b>TOTAL A EXTRAER FASE 2</b>				<b>39327,1456</b>

Fuente: Anexo 10. Fase 2 de explotación de cantera.

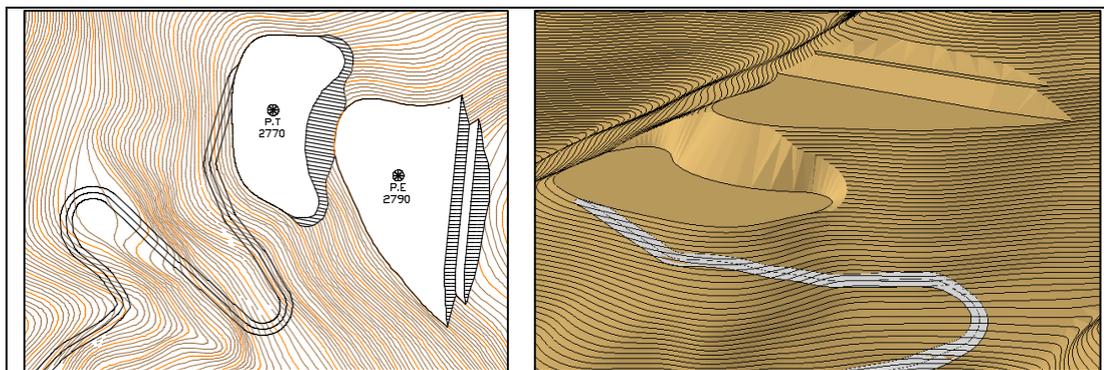


Figura 4.17. Vista en planta y en 3D de la Fase 2 de explotación.

- **Fase 3**

Una vez conformado el banco final de 6,5 m, el avance de la extracción prosigue 10 metros abajo hacia la cota 2780, cuyas dimensiones son de 142,31 m de longitud por 65,80 m de ancho aproximadamente, con un área de 7763,26 m<sup>2</sup>. (Figura 4.18).

De acuerdo con los perfiles para cálculo de volúmenes de explotación, en ésta fase se podrán aprovechar 64085,52 m<sup>3</sup> de material (Tabla 4.14), que pueden ser extraídos en 5,14 meses aproximadamente.

Tabla 4.14. Cálculo de volúmenes de extracción por perfiles en la Fase 3.

<b>FASE 3</b>				
<b>PERFIL</b>	<b>ÁREA REAL</b>	<b>ÁREA PROMEDIO</b>	<b>DISTANCIA ENTRE PERFILES</b>	<b>VOLUMEN</b>
	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m)	(m <sup>3</sup> )
Perfil E	181,8886	345,415	12,5	4317,6875
Perfil 7	508,9414	579,4368	25	14485,9200
Perfil 8	649,9322	639,47415	25	15986,8538
Perfil 9	629,0161	555,71475	25	13892,8688
Perfil 10	482,4134	405,08845	25	10127,2113
Perfil 11	327,7635	210,99905	25	5274,9763
Perfil 12	94,2346	-	-	-
<b>TOTAL A EXTRAER FASE 3</b>				<b>64085,5175</b>

Fuente: Anexo 11. Fase 3 de explotación de cantera.

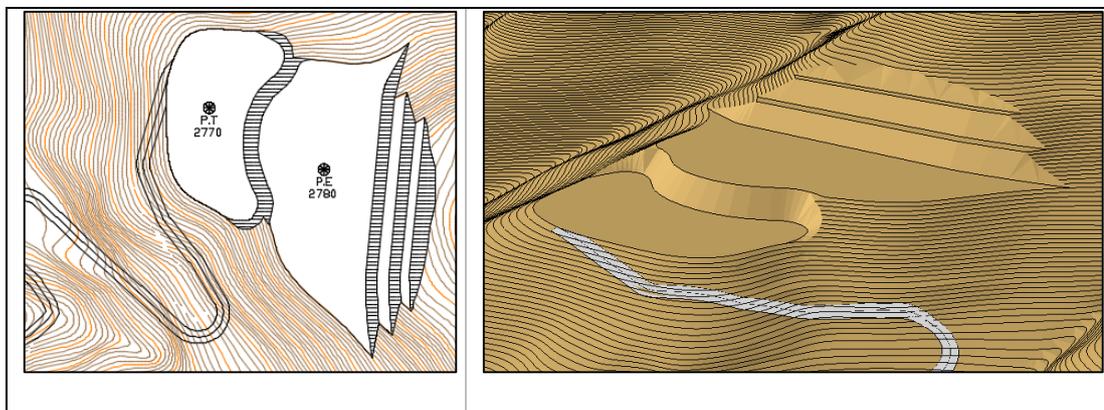


Figura 4.18. Vista en planta y en 3D de la Fase 3 de explotación.

- **Fase 4**

Conformado el banco final de 6,5 m y llegando a la plataforma principal de carguío se procederá a la extracción del material en avance oeste-este en la cota 2770. La plataforma final después de la extracción será de 174,00 m de longitud por 105,28 m de ancho aproximadamente, con un área de 13621,88 m<sup>2</sup>. (Figura 4.19)

De acuerdo con los perfiles para cálculo de volúmenes de explotación, en ésta fase se podrán aprovechar 74174,95 m<sup>3</sup> de material (Tabla 4.15) que pueden ser extraídos en 5,95 meses aproximadamente.

Tabla 4.15. Cálculo de volúmenes de extracción por perfiles en la Fase 4.

<b>FASE 4</b>				
<b>PERFIL</b>	<b>ÁREA REAL</b>	<b>ÁREA PROMEDIO</b>	<b>DISTANCIA ENTRE PERFILES</b>	<b>VOLUMEN</b>
	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m)	(m <sup>3</sup> )
Perfil E	109,4527	206,9043	12,5	2586,3038
Perfil 6	304,3559	422,11685	25	10552,9213
Perfil 7	539,8778	572,7585	25	14318,9625
Perfil 8	605,6392	569,7354	25	14243,3850
Perfil 9	533,8316	539,9308	25	13498,2700
Perfil 10	546,03	480,8439	25	12021,0975
Perfil 11	415,6578	278,16035	25	6954,0088
Perfil 12	140,6629	-	-	-
<b>TOTAL A EXTRAER FASE 4</b>				<b>74174,9488</b>

Fuente: Anexo 12. Fase 4 de explotación de cantera.

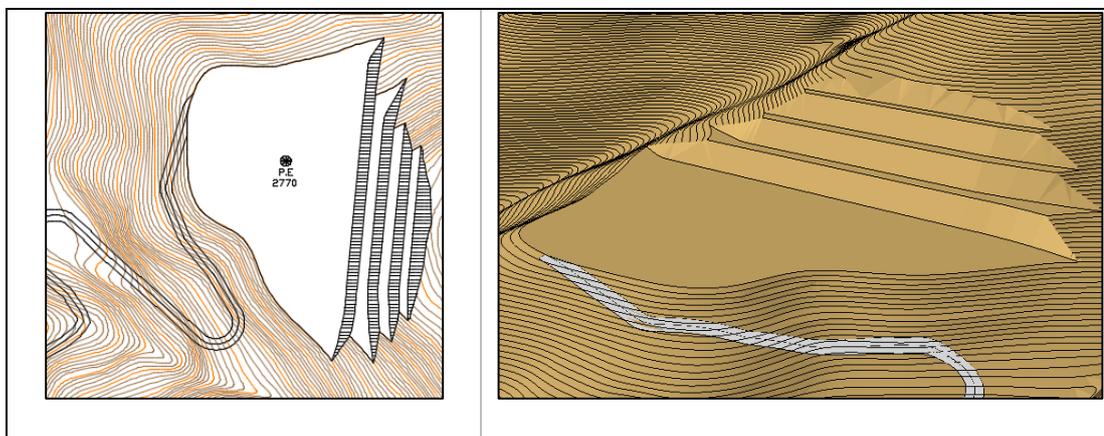


Figura 4.19. Vista en planta y en 3D de la Fase 4 de explotación.

- **Fase 5**

A partir de esta fase el trasiego desde un nivel superior desaparece y comienza el arranque, carguío y transporte al mismo nivel. Se conforma la plataforma de trabajo en la cota 2760, con dimensiones de 193,86 m de longitud por 111,97 m de ancho aproximadamente, con un área de 17745,75 m<sup>2</sup>. (Figura 4.20).

De acuerdo con los perfiles para cálculo de volúmenes de explotación (Tabla 4.16), en ésta fase se podrán aprovechar 142669,47 m<sup>3</sup> de material, que pueden ser extraídos en 11,45 meses aproximadamente.

Tabla 4.16. Cálculo de volúmenes de extracción por perfiles en la Fase 5.

<b>FASE 5</b>				
<b>PERFIL</b>	<b>ÁREA REAL</b>	<b>ÁREA PROMEDIO</b>	<b>DISTANCIA ENTRE PERFILES</b>	<b>VOLUMEN</b>
	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m)	(m <sup>3</sup> )
Perfil E	98,0001	274,8514	12,5	3435,6425
Perfil 5	451,7027	763,8264	25	19095,66
Perfil 6	1075,9501	1063,9673	25	26599,1825
Perfil 7	1051,9845	1046,15395	25	26153,84875
Perfil 8	1040,3234	1001,9997	25	25049,9925
Perfil 9	963,676	807,04165	25	20176,04125
Perfil 10	650,4073	563,515	25	14087,875
Perfil 11	476,6227	322,8491	25	8071,2275
Perfil 12	169,0755	-	-	-
<b>TOTAL A EXTRAER FASE 5</b>				<b>142669,4700</b>

Fuente: Anexo 13. Fase 5 de explotación de cantera.

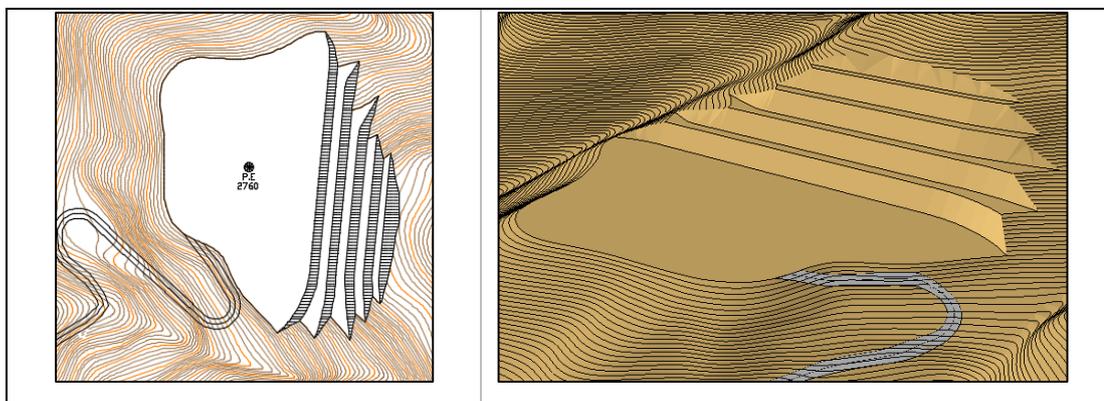


Figura 4.20. Vista en planta y en 3D de la Fase 5 de explotación.

- **Fase 6**

Conformación de plataforma de trabajo en la cota 2750, con dimensiones de 229,18 m de longitud por 117,93 m de ancho aproximadamente, con un área de 22046,90 m<sup>2</sup>. (Figura 4.21). De acuerdo con los perfiles para cálculo de volúmenes de explotación, en ésta fase se podrán aprovechar 184522,52 m<sup>3</sup> de material (Tabla 4.17), que pueden ser extraídos en 14,65 meses aproximadamente.

Tabla 4.17. Cálculo de volúmenes de extracción por perfiles en la Fase 6.

<b>FASE 6</b>				
<b>PERFIL</b>	<b>ÁREA REAL</b>	<b>ÁREA PROMEDIO</b>	<b>DISTANCIA ENTRE PERFILES</b>	<b>VOLUMEN</b>
	<b>(m<sup>2</sup>)</b>	<b>(m<sup>2</sup>)</b>	<b>(m)</b>	<b>(m<sup>3</sup>)</b>
Perfil 4	247,9517	708,60655	25	17715,16375
Perfil 5	1169,2614	1180,3581	25	29508,9525
Perfil 6	1191,4548	1156,4421	25	28911,0525
Perfil 7	1121,4294	1115,18775	25	27879,69375
Perfil 8	1108,9461	1099,6067	25	27490,1675
Perfil 9	1090,2673	1003,9253	25	25098,1325
Perfil 10	917,5833	735,4228	25	18385,57
Perfil 11	553,2623	381,3516	25	9533,79
Perfil 12	209,4409	-	-	-
<b>TOTAL A EXTRAER FASE 6</b>				<b>184522,5225</b>

Fuente: Anexo 14. Fase 6 de explotación de cantera.

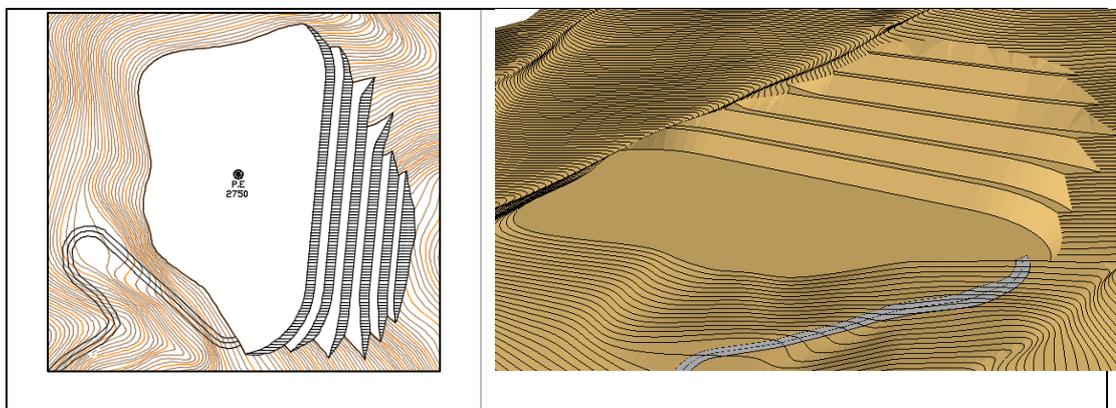


Figura 4.21. Vista en planta y en 3D de la Fase 6 de explotación.

- **Fase 7**

Conformación de plataforma de trabajo en la cota 2740, con dimensiones de 233,00 m de longitud por 132,30 m de ancho aproximadamente, con un área de 25301,62 m<sup>2</sup>. (Figura 4.22).

De acuerdo con los perfiles para cálculo de volúmenes de explotación, en ésta fase se podrán aprovechar 219982,98 m<sup>3</sup> de material (Tabla 4.18), que pueden ser extraídos en 17,66 meses aproximadamente.

Tabla 4.18. Cálculo de volúmenes de extracción por perfiles en la Fase 7.

<b>FASE 7</b>				
<b>PERFIL</b>	<b>ÁREA REAL</b>	<b>ÁREA PROMEDIO</b>	<b>DISTANCIA ENTRE PERFILES</b>	<b>VOLUMEN</b>
	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m)	(m <sup>3</sup> )
Perfil E	491,6676	755,19875	12,5	9439,984375
Perfil 4	1018,7299	1147,4206	25	28685,515
Perfil 5	1276,1113	1266,35975	25	31658,99375
Perfil 6	1256,6082	1225,00755	25	30625,18875
Perfil 7	1193,4069	1206,4877	25	30162,1925
Perfil 8	1219,5685	1175,69145	25	29392,28625
Perfil 9	1131,8144	1066,95275	25	26673,81875
Perfil 10	1002,0911	852,82975	25	21320,74375
Perfil 11	703,5684	480,9704	25	12024,26
Perfil 12	258,3724	-	-	-
<b>TOTAL A EXTRAER FASE 7</b>				<b>219982,9831</b>

Fuente: Anexo 15. Fase 7 de explotación de cantera.

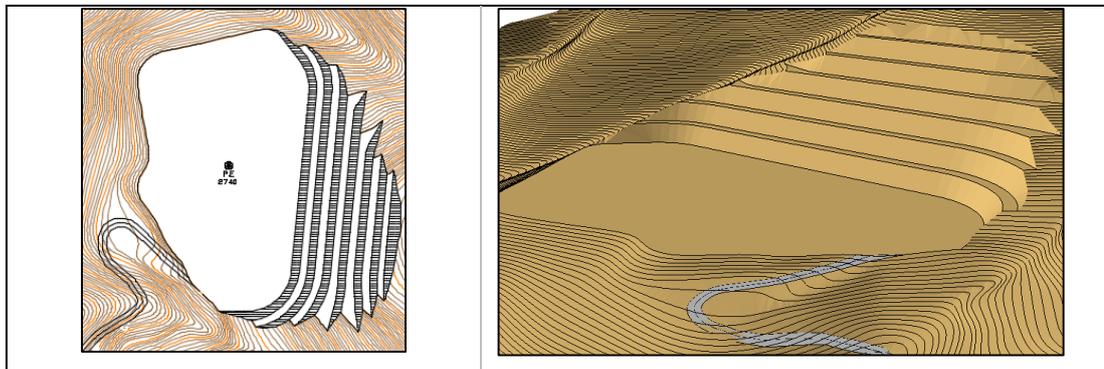


Figura 4.22. Vista en planta y en 3D de la Fase 7 de explotación.

- **Fase 8**

Conformación de plataforma final en la cota 2730. El fondo de la cantera tendrá las siguientes dimensiones: 235,81 m de longitud por 136,60 m de ancho aproximadamente, con un área de 29497,78 m<sup>2</sup> (Figura 4.23).

De acuerdo con los perfiles para cálculo de volúmenes de explotación, en ésta fase final se podrán aprovechar 238504,99 m<sup>3</sup> de material (Tabla 4.19), que pueden ser extraídos en 19,14 meses aproximadamente.

Tabla 4.19. Cálculo de volúmenes de extracción por perfiles en la Fase 8.

<b>FASE 8</b>				
<b>PERFIL</b>	<b>ÁREA REAL</b>	<b>ÁREA PROMEDIO</b>	<b>DISTANCIA ENTRE PERFILES</b>	<b>VOLUMEN</b>
	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m)	(m <sup>3</sup> )
Perfil 3	642,5635	968,1068	25	24202,67
Perfil 4	1293,6501	1338,35155	25	33458,78875
Perfil 5	1383,053	1343,3804	25	33584,51
Perfil 6	1303,7078	1271,3434	25	31783,585
Perfil 7	1238,979	1290,5191	25	32262,9775
Perfil 8	1342,0592	1262,0301	25	31550,7525
Perfil 9	1182,001	1119,1957	25	27979,8925
Perfil 10	1056,3904	947,27245	25	23681,81125
Perfil 11	838,1545	-	-	-
<b>TOTAL A EXTRAER FASE 8</b>				<b>238504,9875</b>

Fuente: Anexo 16. Fase 8 de explotación en cantera.

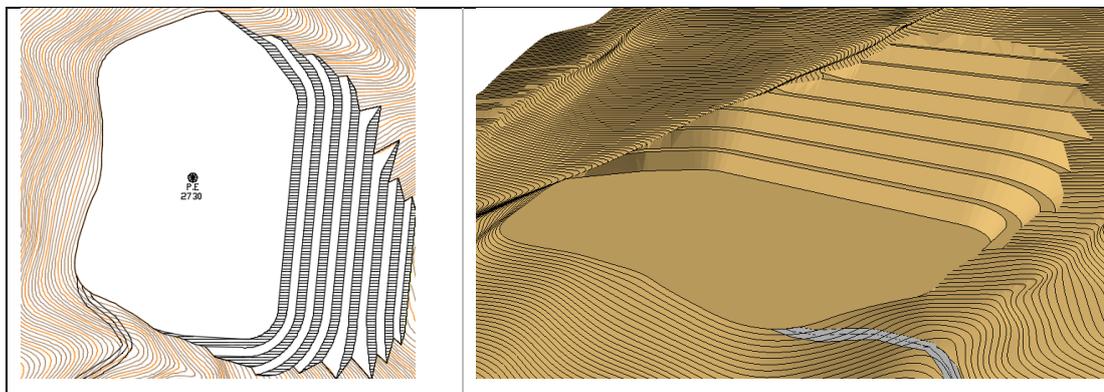


Figura 4.23. Vista en planta y en 3D de la Fase 8 de explotación.

### 4.4.2.3 Resumen de extracción por fases y porcentaje de aprovechamiento de material

De acuerdo con la información anteriormente expuesta, se obtiene un total de reservas explotables de 997445,13 m<sup>3</sup> o 2686518,7 TM (Figura 4.24; Tabla 4.20).

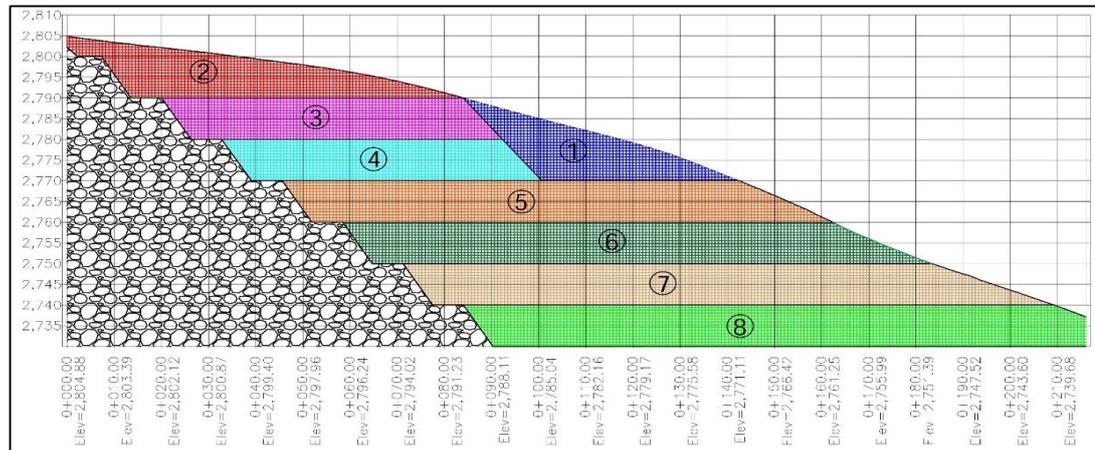


Figura 4.24. Esquematación de secuencia de minado por fases.

A continuación se detalla un resumen del volumen de material a ser extraído en cada una de las fases de explotación, que totalizan 8, las cuales fueron expuestas a lo largo del numeral 4.4.2.2.

Tabla 4.20. Resumen de volúmenes de material explotables con el diseño de explotación propuesto.

RESUMEN DE EXTRACCIÓN POR FASES	
FASES	RESERVAS EXPLOTABLES (m <sup>3</sup> )
1	34177,55063
2	39327,1456
3	64085,5175
4	74174,9488
5	142669,4700
6	184522,5225
7	219982,9831
8	238504,9875
<b>TOTAL</b>	<b>997445,1256</b>

Con respecto al tiempo de extracción del material, a continuación se esquematizan los volúmenes de extracción versus el tiempo, en meses, que se requerirá para su arranque y transporte, de acuerdo con el requerimiento diario de producción de la mina.

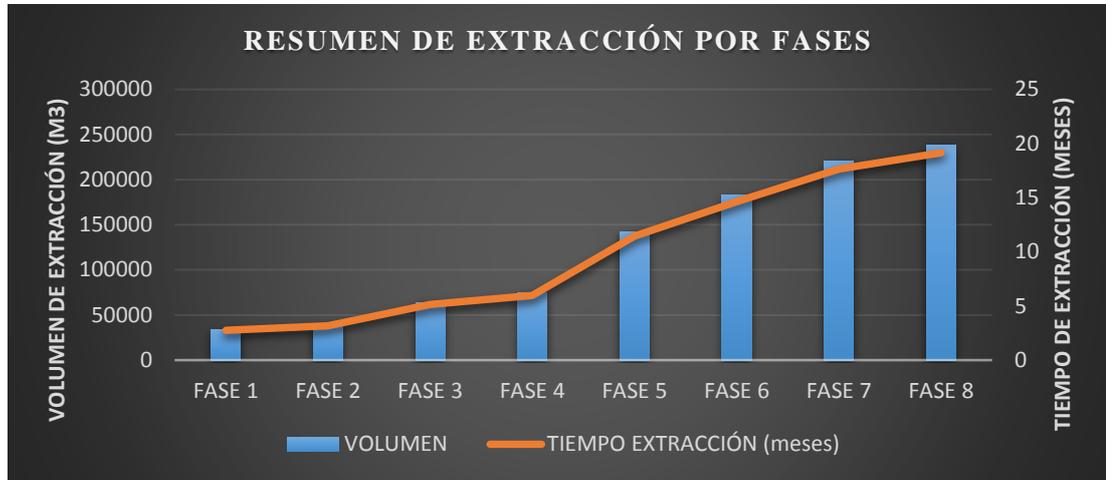


Figura 5.25. Extracción de material con respecto al tiempo.

Con la información expuesta en la Tabla 4.20 es posible determinar el porcentaje de aprovechamiento de material de lastre con respecto a las reservas probadas calculadas en el capítulo III, inciso 3.6.

Para este fin se utilizará la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Aprovechamiento de material} = \frac{\text{Reservas explotables}}{\text{Reservas probadas}}$$

Por lo tanto,

$$\% \text{ Aprovechamiento de material} = \frac{2335436,66}{997445,13} = 42,71\%$$

El porcentaje de aprovechamiento de material con respecto a las reservas probadas es de 42,71%.

#### 4.4.3 Vida útil de la cantera

Para estimar la vida útil de la cantera se analizarán algunos parámetros de producción (Tabla 4.21):

- **Días laborables al año:** la producción en cantera del GAD Municipal del cantón Cuenca incluyen 6 días a la semana (lunes a sábado), en un horario de 8 horas diarias.
- **Volumen de extracción anual:** el material para obra pública que requiere el GAD Municipal para el mantenimiento semestral de las vías de las parroquias rurales de El Valle, Santa Ana y Quingeo es de 41481,63 m<sup>3</sup> (Crespo, 2017). Por lo tanto, serán necesarios 82963,26 m<sup>3</sup> de lastre al año aproximadamente, sin embargo, notándose que el material de dicha cantera puede distribuir a otras Juntas Parroquiales, el GAD Cuenca ha solicitado que para el presente proyecto se consideren 150000 m<sup>3</sup> anuales.

Tabla 4.21. Parámetros de producción de cantera

<b>PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN</b>		
Días laborables al año	313	(días al año)
Volumen de extracción diario	479,23	m <sup>3</sup> /día
	1290,29	TM/día
Volumen de extracción anual	150000	m <sup>3</sup> /año
	404010	TM/año

Para determinar el tiempo de vida útil de la cantera de Libre Aprovechamiento “Cochapamba” código 10000164, se utilizarán las reservas explotables calculadas de acuerdo con los requerimientos de producción anual previamente estimados.

$$Vida\ útil\ de\ cantera = \frac{Reservas\ explotables\ (m^3)}{Producción\ anual\ (\frac{m^3}{año})},\ año$$

$$Vida\ útil\ de\ cantera = \frac{997445,13}{150000} = 6,65\ años$$

El tiempo de vida útil estimado para la cantera es de 6 años 7 meses y 24 días.

## CAPÍTULO V

### DIMENSIONAMIENTO DE LA MAQUINARIA

La maquinaria disponible para el uso exclusivo del Libre Aprovechamiento “Cochapamba” código 10000164, se compone de un tractor Caterpillar 6D6, una retroexcavadora Caterpillar 320 C-L y para el transporte, y 10 volquetes VOLVO FMX 400 de 6x4, cuyas especificaciones técnicas y rendimientos se detallan a continuación; así mismo, el número necesario de equipos para la extracción en el área minera serán calculados sobre la base de la maquinaria disponible.

#### 5.1 Generalidades para el dimensionamiento de maquinaria

Con referencia a la metodología expuesta por López Jimeno (1997) se utilizarán factores de eficiencia operativa (Tabla 5.1) aplicables al carguío y transporte de materiales a cielo abierto, que para este proyecto será de 0,73 considerándose una buena condición de trabajo y calidad de organización para el cálculo de los rendimientos de los equipos involucrados en las etapas de la actividad minera.

Tabla 5.1. Factores de eficiencia operativa y operación durante el carguío y transporte de materiales a cielo abierto.

<b>FACTORES DE EFICIENCIA OPERATIVA DURANTE EL CARGUÍO Y TRANSPORTE A CIELO ABIERTO</b>				
<b>Condiciones de trabajo</b>	<b>Calidad de organización</b>			
	<b>Excelente</b>	<b>Buena</b>	<b>Regular</b>	<b>Deficiente</b>
Excelentes	0,83	0,80	0,77	0,77
Buenas	0,76	<b>0,73</b>	0,70	0,64
Regulares	0,72	0,69	0,66	0,60
Malas	0,61	0,61	0,59	0,54

Fuente: (López, 1997)

#### 5.1.1 Maquinaria de arranque

La maquinaria destinada para el arranque del material de lastre es un tractor de orugas Caterpillar D6D, el cual está disponible totalmente para su uso en el área.

### 5.1.1.1 Especificaciones técnicas generales del equipo de arranque

Tabla 5.2. Especificaciones técnicas del equipo de arranque de material.

<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO DE ARRANQUE</b>	
<b>EQUIPO DE ARRANQUE</b>	<b>Bulldozer</b>
<i>Marca</i>	Caterpillar
<i>Serie</i>	D6D
<i>Modelo</i>	3306
<i>Potencia de motor</i>	139,5 HP
<i>Capacidad de tanque de combustible</i>	295 lts



Fuente: (Ritchie Specs, 2017)

Además, según informes del operador del equipo se tienen las siguientes consideraciones:

- Cambio de aceite: 22 galones cada 250 horas.
- Tanqueada de diésel: 150 galones cada 3 días.
- Fecha de mantenimiento: cada 15 días.
- Cambio de repuestos: dos veces al año.

### 5.1.1.2 Rendimiento del ripado

El rendimiento del equipo de ripado y empuje establece la relación entre cuánto material es capaz de mover el equipo con respecto al tiempo, expresado en m<sup>3</sup>/h. Para el efecto, la fórmula de cálculo del rendimiento del tractor de orugas está dado por la siguiente fórmula:

$$R_{ripado} = \frac{60 * H * D * L * E}{Tc * V}; \frac{m^3}{h}$$

Donde:

- H = Profundidad de ripado: El catálogo del equipo detalla una profundidad de ripado de 0,472 m.
- D = Espaciamiento entre pasadas: El espaciamiento nominal entre pasadas es de 1 a 1,5 metros, pudiendo llegar a 2,5 metros en rocas muy frágiles. (López Jimeno et al, 1995). Sin embargo, de acuerdo con información levantada en campo, se ha determinado una distancia de 0,5 m.
- L = Longitud de las pasadas: la distancia de empuje del tractor será tomada del ancho máximo de plataforma de extracción, que definido previamente en las fases de explotación es de aproximadamente 139 m.
- E = Eficiencia operativa: 0,73 (Valor obtenido de la Tabla 5.1).
- Tc = Tiempo del ciclo del equipo: 13,38 min.

#### **Tiempo de ciclo de ripado:**

La velocidad media medida durante el ripado es de 2,1 km/h, equivalente a 35 m/min, para el recorrido de ida y vuelta en 136 metros, totaliza un tiempo de 7,78 min.

En adición, el tiempo estimado en levantar el ripper es de 0,22 min.

- V = Factor de Conversión volumétrica o factor de esponjamiento del material: 34,69 % para lastre arrancado.

Por lo tanto,

$$R_{ripado} = \frac{60 * 0,472 * 0,5 * 139 * 0,73}{8 * 0,3469} = 517,73 \text{ m}^3/\text{h}$$

### 5.1.1.3 Rendimiento del empuje

$$R_{empuje} = \frac{60 * C_h * E}{T_c}, \left( \frac{m^3}{h} \right)$$

Donde:

- Ch = Capacidad de la hoja: 3,1 m<sup>3</sup>.
- Tc = Tiempo de ciclo de empuje del material: está compuesto por tiempo fijo y tiempo variable.

Tiempo fijo: es el tiempo en el que el equipo efectúa las maniobras de acuerdo con las condiciones de trabajo en las cuales se desempeña. (5,38 seg), para el efecto, López Jimeno (1997) determina tiempos estimados para el efecto (Tabla 5.3), siendo seleccionado 0,25 en condiciones medias de trabajo.

Tabla 5.3. Tiempo fijo asociado a maniobras del equipo de arranque y empuje.

<b>TIEMPO FIJO DE MANIOBRAS EQUIPO DE ARRANQUE</b>	
Condiciones de trabajo	Tiempo fijo
Medias	0,15-0,25
Favorables	0,10-0,15

Fuente: (López, 1997)

Tiempo Variable: el cual depende de la distancia de empuje del material, se encuentra dado por la siguiente fórmula:

$$T_v = \frac{\text{Distancia de ida}}{\text{Velocidad de ida}} + \frac{\text{Distancia de vuelta}}{\text{Velocidad de vuelta}} * \frac{60}{1000}$$

$$T_v = \frac{136 \text{ m}}{3 \text{ Km/h}} + \frac{136 \text{ m}}{3,38 \text{ Km/h}} * \frac{60}{1000} = 5,13 \text{ min}$$

Por lo tanto,

$$R_{empuje} = \frac{60 * 3,1 * 0,73}{5,38} = 25,24 \text{ m}^3/\text{h}$$

Se requerirá de un solo equipo de arranque para el área.

### 5.1.2 Maquinaria de carguío

La maquinaria destinada para el carguío del material de lastre es una excavadora hidráulica Caterpillar 320 C – L montada en orugas.

#### 5.1.2.1 Especificaciones técnicas generales del equipo de carguío

Tabla 5.4. Especificaciones técnicas de la Excavadora CAT 320 C L

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO DE ARRANQUE	
Equipo de carguío	Excavadora hidráulica
Marca	Caterpillar
Serie	320CL
Modelo	ATAAC motor 3066
Potencia de motor	103 kW
Capacidad de tanque de combustible	400 lts
Capacidad de cucharón	1 m <sup>3</sup>



Fuente: (Catálogo Excavadora CAT 320 y 320 C L, 2003)

Además, según informes del operador del equipo se tienen las siguientes consideraciones:

- Cambio de aceite: 6 galones cada 250 horas.
- Tanqueada de diésel: 35 galones diarios.
- Fecha de mantenimiento: engrasado cada 2 días.
- Cambio de repuestos: dos veces al año.

#### 5.1.2.2 Cubicaje de cucharón

La capacidad real del cucharón para un ángulo de reposo natural del material de 26°, es el descrito en la Tabla 5.5, así también, se puede observar en la Figura 5.1, la esquematización del cucharón del equipo.

Tabla 5.5. Cubicaje del cucharón de la excavadora.

<b>CUBICAJE DEL CUCHARÓN DE EXCAVADORA</b>	
Área lateral del cucharón (Figura 5.1)	0,73 m <sup>2</sup>
Cucharón colmatado (de acuerdo con el ángulo de reposo natural del material)	0,17 m <sup>2</sup>
Ancho del cucharón	1,2 m
<b>TOTAL</b>	<b>1,08 m<sup>3</sup> ≅ 1,1 m<sup>3</sup></b>

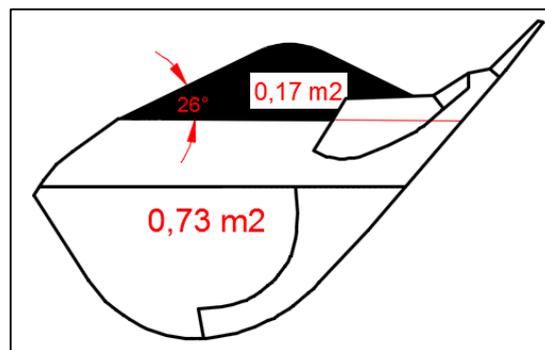


Figura 5.1. Cubicaje del cucharón de excavadora CAT 320 CL

De acuerdo con el catálogo del equipo, el cucharón tiene una capacidad de 1 m<sup>3</sup>, sin embargo, de acuerdo con el cubicaje calculado éste es capaz de cargar 1,1 m<sup>3</sup>, es decir, su capacidad colmatada es de 110%.

### 5.1.2.3 Rendimiento del equipo de carguío

Dado por la siguiente fórmula (López, 1997):

$$R_{\text{carguío}} = \frac{60 * C_c * E * F}{T_c}; \left( \frac{m^3}{h} \right)$$

Donde:

- $C_c$  = Capacidad del cucharón (Catálogo): 1 m<sup>3</sup>.
- $E$  = Factor de eficiencia operativa: 0,73. (Tabla 5.1).
- $F$  = Factor de llenado del cucharón: 1 para excavación fácil (valor tomado de tablas).

- $T_c$  = Tiempo promedio de ciclo medido in situ: 3,10 min, con respecto a la metodología explicada en el dimensionamiento de equipos, Capítulo II.

Tabla 5.6. Determinación del tiempo de carga para la maquinaria de carguío.

<b>PARÁMETROS DEL CARGUÍO</b>			
Ctt	Capacidad nominal del equipo de transporte	32,32	(ton)
Cc	Capacidad de la pala del equipo de carguío	0,8	(m3)
FLb	Factor de llenado del balde	1,1	
Fe	Factor de esponjamiento	1,3469	
D	Densidad del material in situ	2,6934	(ton/m3)
N° Paladas	Número de paladas	11	
TCc	Tiempo de ciclo	0,28	(min)
Tc	Tiempo de carga	3,08	*

\*De acuerdo con mediciones realizadas en campo, el tiempo de ciclo es de 3,10 min.

Carga material	6,018	(seg)
Giro cargado	3,183	(seg)
Descarga	4,389	(seg)
Giro descargado	3,317	(seg)
Tiempo de ciclo	16,908	(seg)
Tiempo total de carguío	3,100	(min)

Por lo tanto,

$$R_{\text{carguío}} = \frac{60 * 1 * 0,73 * 1}{0,2818} = 155,43 \text{ m}^3/\text{h}$$

De tal modo, el rendimiento diario del equipo es de 1554,29 m<sup>3</sup>/día, que confrontado con los 479 m<sup>3</sup>/día que requieren ser cargados, definen la necesidad de  $0,308 \cong 1$  equipo de carguío.

### 5.1.1 Maquinaria de transporte

#### 5.1.2.4 Especificaciones técnicas generales del equipo de transporte

Tabla 5.7. Especificaciones técnicas del volquete VOLVO FMX 400

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO DE TRANSPORTE	
EQUIPO DE CARGUÍO	Volquete
Marca	VOLVO
Serie	FMX 400
Modelo	2006
Potencia de motor	298 kW
Capacidad de tanque de combustible	400 lts
Capacidad del balde	12 m <sup>3</sup>



Fuente: (Catálogo Volvo fmx, sf)

Además, según informes del operador del equipo se tienen las siguientes consideraciones:

- Cambio de aceite: 7 galones cada 250 horas.
- Tanqueada de diésel: 25 galones diarios.
- Fecha de mantenimiento: cada 30 días.
- Cambio de repuestos: Tres veces al año.

#### 5.1.2.5 Rendimiento del equipo de transporte

$$R_{transporte} = \frac{60 * C_c * E}{T_c}, \left( \frac{m^3}{h} \right)$$

Donde:

- $C_c$  = Capacidad del balde: 12 m<sup>3</sup>.
- $E$  = Factor de eficiencia operativa: 0,73. (Tabla 5.1)
- $T_c$  = Tiempo promedio de ciclo medido in situ.

El tiempo de ciclo estará definido por los siguientes parámetros:

**Tiempo fijo:**

- + Tiempo de cargado con pala: 3,10 min
- + Tiempo de maniobras: Para carga 0,34 min, para descarga 0,5 min.
- + Tiempo de descarga de material: 1,02 min.

**Tiempo variable:**

Es el que depende de la distancia de acarreo; de acuerdo con los lugares de disposición final del material ubicados en las parroquias rurales de Quingeo, El Valle y Santa Ana (Tabla 5.8), y velocidades de transporte cargado de 20 Km/h y descargado de 30 Km/h, de acuerdo con mediciones en campo, se han podido determinar los siguientes tiempos:

Tabla 5.8. Mediciones de distancias y tiempos de viaje de volquetes.

<b>RECORRIDO DEL EQUIPO DE TRANSPORTE AL LUGAR DE DESTINO</b>			
<b>DESTINO DE MATERIAL</b>	<b>Distancia a</b>	<b>Tiempo de</b>	<b>Tiempo de</b>
	<b>recorrer</b>	<b>viaje</b>	<b>viaje</b>
	(km)	cargado (min)	descargado (min)
A Chaulla	6,460	19,381	12,920
A El Verde	3,460	10,381	6,920
A Caspicorral	13,660	40,981	27,320
Al Cementerio	5,260	15,781	10,520
A Cochapamba - La Conferencia	2,510	7,531	5,020
A Quinzhaloma	5,330	15,991	10,660
A Pirancho	9,820	29,461	19,640
A Santa Ana	9,560	28,681	19,120
A El Valle	17,160	51,481	34,320
<b>SUMA</b>	73,222	219,666	146,444
<b>PROMEDIO</b>	8,14	24,407	16,272

Por lo tanto el tiempo de transporte promedio a superar por los volquetes será de 40,679 min.

$$\text{Total tiempo de ciclo (Tc)} = 3,10 + 0,84 + 1,02 + 40,68 = 45,64 \text{ min.}$$

De este modo, el rendimiento del ciclo de transporte es de:

$$R_{\text{transporte}} = \frac{60 * 12 * 0,73}{45,64} = 11,52 \text{ m}^3/\text{h}$$

El número de volquetes que se requieren para realizar el transporte del material a las diferentes áreas de destino se calculan de la siguiente manera:

$$\text{Número de volquetes} = \frac{\text{Producción horaria requerida}}{\text{Rendimiento del equipo de transporte}}$$

$$\text{Número de volquetes} = \frac{47,9 \text{ m}^3/\text{h}}{11,52 \text{ m}^3/\text{h}} = 4,19 \cong 5$$

El número de viajes que deberá realizar cada volquete será el siguiente:

$$\begin{aligned} &\text{Número de viajes por volquete} \\ &= \frac{\text{Producción diaria requerida}}{\text{Rendimiento del equipo de transporte} * \text{Número de volquetes}} \end{aligned}$$

$$\text{No. de viajes por volquete} = \frac{479 \text{ m}^3/\text{día}}{11,52 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * 5} = 8,32 \text{ viajes de volquete por día}$$

Es decir, 4 volquetes deberán realizar 8 viajes cada uno, mientras que el volquete restante deberá efectuar 9 viajes para cumplir con el ciclo de transporte ajustando el volumen diario que requiere ser movido.

### 5.1.3 Requerimientos de maquinaria

De acuerdo con las necesidades de producción del Libre Aprovechamiento “Cochapamba” código 10000164, se requerirán los siguientes equipos de arranque, carguío y transporte:

Tabla 5.9. Resumen de maquinaria necesaria para la extracción de material.

<b>EQUIPOS A UTILIZAR EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
Tractor de orugas CAT D6D	1
Excavadora CAT 320 C – L	1
Volquete Volvo FMX 400 6x4	5

### 5.1.4 Requerimientos de personal

De acuerdo con los equipos calculados, es posible deducir la necesidad del siguiente personal operativo:

- 1 Operador de tractor de orugas y 1 ayudante.
- 1 Operador de excavadora y 1 ayudante.
- 5 Operadores de volquete.

Adicionalmente, para complementar el personal no operativo necesario para el normal desarrollo de la cantera, se requerirán:

- 1 Inspector de cantera.
- 1 Ingeniero en minas.
- 1 Conductor.
- 1 Guardia de seguridad

Número total de personal requerido: 13 personas.

## CAPÍTULO VI

### SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

Para garantizar la seguridad e integridad del personal durante las labores de extracción de material de lastre, es necesario determinar cuáles son los riesgos asociados a las labores que desarrollarán cotidianamente, dichos riesgos serán identificados y evaluados por medio de una matriz IPER (Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos) asociada a las actividades.

#### 6.1 Análisis de seguridad con el uso de la matriz IPER

En relación con la matriz IPER (Anexo 17), se resumen los siguientes requerimientos (Tabla 6.1), en donde, la administración del riesgo son las medidas a tomar para mitigar el mismo, esta se encuentra asociada a los medios que son las acciones o insumos específicos aplicables en la zona.

De acuerdo con el análisis de riesgo efectuado en la matriz IPER, se desprenden los siguientes riesgos:

- De atropellamiento.
- De caída de material y desprendimiento de rocas.
- Inhalación de polvo.

No existen riesgos asociados al mantenimiento de equipos o cambio de aceites, debido a que dichas actividades no se realizan dentro de la cantera de libre aprovechamiento, sino que, son ejecutadas en talleres propios del GAD-C, ubicados fuera del área.

Tabla 6.1. Resumen de identificación de peligros y evaluación de riesgos para las actividades a realizarse en el Libre Aprovechamiento “Cochapamba” código 10000164.

---

#### ADMINISTRACIÓN Y MEDIOS DE MITIGACIÓN DE RIESGOS

##### IDENTIFICADOS EN MATRIZ IPER

---

- **Actividad:** Arranque y transporte de material.
  - **Peligro:** Presencia de personas alrededor del equipo.
  - **Riesgo:** Atropellamiento.
-

- 
- **Administración del riesgo:**
    - 1) Colocación de señalética de prohibición y advertencia:
    - 2) Equipo de protección personal (específico).
  - **Medios de mitigación:**
    - 1) Peligro maquinaria pesada en movimiento, prohibido peatones y peligro de atropellamiento.
    - 2) Chalecos reflectivos.

- 
- **Actividad:** Empuje del material de un nivel a otro.
  - **Peligro:** Existencia de maquinaria o personal en la plataforma de carguío
  - **Riesgo:** Caída de material.
  - **Administración del riesgo:**
    - 1) Implementación de mecanismos de comunicación y alarma para efectuar el trasiego de material de nivel a otro.
    - 2) Colocación de señalética de advertencia y prohibición.
    - 3) Equipo de protección personal (específico)
  - **Medios de mitigación:**
    - 1) Sistema de alarma de comunicación entre niveles para aviso sobre el trasiego de material o utilización de radios.
    - 2) Peligro caída de material, no peatones.
    - 3) Casco, botas de seguridad, gafas, guantes.

- 
- **Actividad:** Carguío de material.
  - **Peligro:** Presencia de personas alrededor del equipo.
  - **Riesgo:** Caída de material.
  - **Administración del riesgo:**
    - 1) Colocación de señalética de prohibición y advertencia:
    - 2) Equipo de protección personal (específico).
  - **Medios de mitigación:**
    - 1) Peligro caída de material, no peatones y Peligro maquinaria pesada en movimiento
    - 2) Casco, botas de seguridad, gafas, guantes.
-

- 
- **Actividad:** Tránsito de personal al pie de taludes.
  - **Peligro:** Material suelto en la cresta del talud.
  - **Riesgo:** Desprendimiento de rocas.
  - **Administración del riesgo:**
    - 1) Taludes que garanticen estabilidad con factores de seguridad adecuados.
    - 2) Colocación de señalética de advertencia.
    - 3) Equipo de protección personal (específico).
  - **Medios de mitigación:**
    - 1) Adecuado diseño de explotación de cantera.
    - 2) Peligro Derrumbe.
    - 3) Casco, botas de seguridad, gafas, guantes.

- 
- **Actividad:** Carga y descarga de material con la excavadora / Movimiento de los equipos de transporte.
  - **Peligro:** Levantamiento de partículas sólidas (polvo).
  - **Riesgo:** Enfermedades pulmonares.
  - **Administración del riesgo:**
    - 1) Riego de vías.
    - 2) Colocación de señalética con límites de velocidad.
    - 3) Capacitar al personal sobre los límites máximos de tránsito en cantera.
    - 4) Equipo de protección personal (específico).
  - **Medios de mitigación:**
    - 1) Utilización de un tanquero que efectúe riego siempre que sea necesario.
    - 2) Límite de velocidad máximo 10 km/h.
    - 3) Capacitaciones periódicas al personal sobre operaciones seguras en minería
    - 4) Casco, botas de seguridad, gafas, guantes y mascarilla.

- 
- **Actividad:** Actividad repetitiva de manejo de equipos de arranque, carguío y transporte.
  - **Peligro:** Malas posturas por rango de movimiento corporal restringido.  
**Riesgo:** Trastornos musculoesqueléticos.
  - **Administración del riesgo:**
    - 1) Medicina preventiva.
    - 2) Equipo de protección personal (específico).
-

---

- **Medios de mitigación:**

- 1) Realizar chequeos integrales de salud a los trabajadores una vez al año con el fin de prevenir enfermedades laborales.
- 2) Fajas de trabajo.

---

- **Actividad:** Uso de maquinaria de arranque, carguío y transporte.

- **Peligro:** Ruido.

- **Riesgo:** Trastornos auditivos.

- **Administración del riesgo:**

- 1) Mantenimiento periódico de equipos, sustituyendo partes en mal estado.
- 2) Implementación de señalética de obligación.
- 3) Equipo de protección personal (específico).

- **Medios de mitigación:**

- 1) Cronograma de mantenimiento de equipos y revisiones mecánicas periódicas.
- 2) Uso obligatorio de equipos de protección personal.
- 3) Orejeras.

---

- **Actividad:** Uso del ripper y topper del tractor.

- **Peligro:** Vibraciones del cuerpo entero del operador.

- **Riesgo:** Trastornos pisco-neurológicos.

- **Administración del riesgo:**

- 1) Mantenimiento periódico de equipos, sustituyendo partes en mal estado.
- 2) Medicina preventiva.
- 3) Equipo de protección personal (específico).

- **Medios de mitigación:**

- 1) Cronograma de mantenimiento de equipos y revisiones mecánicas periódicas.
- 2) Realizar chequeos integrales de salud a los trabajadores una vez al año con el fin de prevenir enfermedades laborales.
- 3) Casco, Gafas, Vestimenta con cintas reflectoras, zapatos punta de acero, guantes, mascarilla.

---

- **Actividad:** Transporte de material con volquetes.

---

- 
- **Peligro:**
    - a) Elevadas velocidades de transporte.
    - b) Vehículos circulando por la misma vía.
  - **Riesgo:**
    - a) Volcamiento de vehículos.
    - b) Colisión entre vehículos.
  - **Administración del riesgo:**
    - 1a) Colocación de señalética con límites de velocidad y de información.
    - 2a) Sanción a los conductores infractores.
    - 3a) Capacitar al personal sobre los límites máximos de tránsito en cantera.
    - 1b) Colocación de señalética de advertencia.
    - 2b) Equipo de protección personal (específico).
  - **Medios de mitigación:**
    - 1a) Límite de velocidad máxima de tránsito de 10 km/h.
    - 2a) Multas a conductores que sobrepasen los límites máximos establecidos para el transporte.
    - 3a) Capacitaciones periódicas al personal sobre operaciones seguras en minería.
    - 1b) Pare, Entrada y Salida de volquetes.
    - 2b) Casco, Gafas, Vestimenta con cintas reflectoras, zapatos punta de acero, guantes.
- 
- **Actividad:** Colocación de carpas en volquetes.
  - **Peligro:** Caída desde alturas.
  - **Riesgo:** Golpes y traumatismos.
  - **Administración del riesgo:**
    - 1) Asegurar el área.
    - 2) Capacitar al personal.
    - 3) Equipo de protección personal (específico).
  - **Medios de mitigación:**
    - 1) Colocación de puntos de anclaje.
    - 2) Capacitar al personal con respecto a trabajos en altura.
    - 3) Casco, Gafas, Vestimenta con cintas reflectoras, zapatos punta de acero, guantes, arnés retráctil y eslinga.
-

## 6.2 Señalética de seguridad

La señalética de seguridad brinda información clara y visible a las personas que se encuentren en el área de cantera, es utilizada como medida correctiva o preventiva dentro del ambiente laboral.

De acuerdo con los requerimientos de producción, la señalización será de dos tipos: fija y móvil, con el objeto de poder trasladar las señales a diferentes lugares conforme avance la extracción de lastre por niveles. La decisión de mantener señalética de este tipo es propia del GAD-C. En el Anexo 19 se podrá visualizar la ubicación de la señalética establecida de acuerdo con la distribución de infraestructura y laboreos de la cantera.

Luego del análisis de riesgos se han determinado los siguientes requerimientos de señalética, relacionados a los medios de mitigación descritos en la Tabla 6.1. Los tipos de señalética se describen a continuación, incluyéndose además aquella que se ha considerado necesaria para complementar el sistema informativo de la mina.

Previa a la descripción de las señales mencionadas se debe conocer, en términos generales, el significado del color de cada una (Tabla 6.2).

Tabla 6.2. Colores de señalización usada en seguridad industrial.

<b>SIGNIFICADOS DE COLOR EN SEÑALÉTICA</b>	
<b>COLOR</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
	Prohibición
	Prevención
	Emergencia
	Información u Obligación

Fuente: Norma INEN 439

Es importante destacar que la señalética deberá basarse en la norma INEN 439, siendo la descripción a continuación meramente referencial (Tabla 6.3):

Tabla 6.3. Señalética a implementar en el Libre Aprovechamiento “Cochapamba” código 10000164.

ILUSTRACIÓN	DESCRIPCIÓN
<b>SEÑALES DE PROHIBICIÓN</b>	
	<p><b>PARE:</b> Esta señal se instala sobre un tubo de 2 metros de altura, para facilitar la visualización de los vehículos. Usualmente es colocado en las aproximaciones de intersecciones, donde una de las vías tiene prioridad con respecto a otra y obliga a parar el vehículo frente a esta señal antes de entrar a la intersección.</p> <p><b>TIPO:</b> Fija.</p>
	<p><b>NO PEATONES:</b> Indica la prohibición del ingreso de peatones al frente de trabajo donde se encuentra laborando la maquinaria pesada.</p> <p><b>TIPO:</b> Móvil.</p>
	<p><b>LÍMITE MÁXIMO DE VELOCIDAD:</b> Se utiliza para indicar la velocidad máxima permitida en un tramo de vía. Su instalación requiere de un estudio previo de dicho tramo, por lo que considerando el tipo de vía, su velocidad de diseño y operatividad que es básicamente para transporte de maquinaria pesada, la accidentalidad y por las viviendas cercanas al sector adyacente, el GAD Municipal del cantón Cuenca ha determinado una velocidad máxima de <b>10 km/h.</b></p> <p><b>TIPO:</b> Fija</p>

## INDICACIÓN DE PELIGROS



### **ENTRADA Y SALIDA DE VOLQUETES:**

Se deberá utilizar en aproximaciones a intersecciones entre vías, en donde el tráfico proveniente de la vía principal pueda identificar la cercanía del ingreso y salida de volquetes de una vía de segundo orden.

**TIPO:** Fija.



### **CAÍDA A DISTINTO NIVEL:**

Permite indicar a quienes se encuentren en el área de explotación que, existe riesgo de una caída desde un nivel alto, en este caso, de los taludes de 10 metros de altura.

**TIPO:** Móvil.



### **PELIGRO MAQUINARIA PESADA EN MOVIMIENTO:**

Indica a quienes se encuentran en el área de explotación que en la zona donde transitan se encuentran equipos de grandes dimensiones efectuando actividades de movimiento de material.

**TIPO:** Móvil.



### **PELIGRO DESLIZAMIENTO:**

Hace énfasis en la precaución al transitar alrededor de un área que posee una estructura débil que pueda generar un colapso.

**TIPO:** Móvil.

## INDICACIÓN DE OBLIGACIONES

**USO OBLIGATORIO DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL:**

Indica la obligatoriedad de uso de chaleco reflectivo, casco, gafas, guantes y calzado punta de acero, como equipos básicos de seguridad para el personal.

**TIPO:** Móvil.

## INFORMACIÓN

**OFICINA:**

Indica la ubicación de la zona administrativa, en este caso, representada por un Container de 2 x 3,5 metros aproximadamente en donde se encuentra el Inspector de Mina.

**TIPO:** Fijo.

**INFORMACIÓN DE MINA:**

Letrero de identificación del área minera, en donde constará el nombre y código de la misma. Debe ubicarse a una distancia no mayor a 50 metros del frente de explotación.

**TIPO:** Fijo.



## EMERGENCIA

**BOTIQUÍN:**

Indica la ubicación del botiquín de primeros auxilios en caso de generarse alguna emergencia. Ésta señal debe ser visible para todos los trabajadores y visitantes de la mina y estar ubicada justo encima del botiquín.

**TIPO:** Fijo.



**EXTINTOR:**

Indica la ubicación del extintor en caso de generarse alguna emergencia.

Ésta señal debe ser visible para todos los trabajadores y visitantes de la mina y estar ubicada justo encima del artefacto.

**TIPO:** Fijo.

**PUNTO DE ENCUENTRO:**

Indica una zona segura en donde podrá reunirse el personal de la mina en caso de presentarse alguna eventualidad.

Deberá estar ubicado en un lugar estratégico y de fácil acceso para todo el personal.

**TIPO:** Fijo.

### 6.3 Equipos de protección personal

Debido a que los riesgos identificados en la matriz IPER (Anexo 17) no han podido ser eliminados totalmente pues las actividades que los generan no pueden ser sustituidas o eliminadas, y sabiendo que, al aplicar la administración e ingeniería se logra disminuir el riesgo de importante a moderado, es necesario que como paso final del control del riesgo se implemente la herramienta básica de seguridad que coadyuva a proteger la salud e integridad del trabajador en el frente de labores: el equipo de protección personal.

De esta manera, de acuerdo con los riesgos identificados en la mencionada matriz y los medios descritos en la Tabla 6.1, a continuación se detallan los equipos de protección personal aplicados a la actividad, de acuerdo con la función de protección que ejercen (Tabla 6.4):

Tabla 6.4. Descripción de equipos de protección personal básicos que deberán utilizar quienes laboren en el Libre Aprovechamiento “Cochapamba” código 10000164.

<b>DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL</b>		
<b>Tipo de protección</b>	<b>Elemento y función</b>	<b>Ilustración</b>
Para la cabeza	Casco de seguridad industrial que provea protección en caso de impacto o penetración de objetos en la cabeza.	
Visual	Gafas de montura universal que permitan que el trabajador ejecute sus labores sin poner en peligro sus ojos frente a proyecciones de partículas, polvo y gases.	
Para los oídos	Orejeras que protegen al trabajador de ruidos excesivos (>85 Db) que puedan dañar su audición. Este implemento de seguridad puede estar incorporado en el casco.	
Para las vías respiratorias	Mascarillas desechables para evitar la inhalación del polvo y gases presentes en el ambiente de trabajo. Deben ser bien colocadas para evitar exponer al contacto total con los agentes contaminantes. Deben ser cambiadas constantemente.	

---

Para las manos  
Guantes de seguridad, los que protegerán las manos del trabajador, deberán ser escogidos de acuerdo a la actividad a realizar y los riesgos que ésta genere. Para este caso, se recomienda el uso de guantes de fibra con látex.



---

Para los pies  
Botas punta de acero, que protegerán el pie del trabajador contra la caída de objetos o pisadas sobre objetos filudos.



---

#### OTROS IMPLEMENTOS

---

Accesorios  
Chaleco reflectivo que permita una mejor visualización del personal que se encuentra presente en el frente de trabajo.



---

Para trabajo en alturas  
Cinturón de seguridad para trabajos en altura, que evita caídas del trabajador durante la realización de sus actividades, en este caso, la colocación de carpas en volquetes.



---

Ergonomía  
Fajas de espalda para mantener la buena postura de los operadores de la maquinaria y evitar daños musculares o en la columna vertebral.



Todas las personas que se encuentren laborando en el área de Libre Aprovechamiento “Cochapamba” deberán utilizar los equipos de protección personal descritos en la Tabla 6.4, exceptuándose el cinturón de seguridad y faja de espalda, que aplican para casos especiales establecidos en la Tabla 6.1.

Debe ser obligatorio el ingreso del personal con camisa manga larga y pantalón jean, usando los equipos de protección personal como se muestra a continuación:



Figura 6.1. Uso correcto de los equipos de protección personal.  
Fuente: Vallen Safety (s.f)

## CAPÍTULO VII

### EVALUACIÓN ECONÓMICA DE CANTERA

En vista de que el GAD Municipal del cantón Cuenca efectuará la extracción del material de lastre disponible en la cantera de Libre Aprovechamiento “Cochapamba” código 10000164, con el único fin de proveer de material para la obra pública, los costos de extracción minera tendrán un enfoque orientado al análisis de la cantidad de recursos económicos que el sector público destina a labores mineras de extracción de material pétreo como en el presente caso.

De tal manera, este capítulo pretende justificar el gasto en el que incurre el GAD-C para la obra pública y de modo análogo reflejar el mismo como un justificativo de la gestión realizada por el Gobierno Autónomo de Cuenca para el mejoramiento de las vías de segundo y tercer orden del cantón, especialmente de las parroquias de Quingeo, Santa Ana y El Valle; así se podrán reflejar valores aproximados de operación de la cantera, los cuales podrán ser incluidos en el presupuesto anual del GAD-C, durante el tiempo de vida estimado para el área minera.

En este análisis se considerarán costos directos e indirectos, así como los requerimientos económicos totales del proyecto, que serán la base para determinar posteriormente indicadores de productividad del área minera, los cuales podrán ser comparados con la gestión realizada en las demás áreas de libre aprovechamiento que mantiene el GAD-C.

#### **7.1 Gastos y costos**

##### **7.1.1 Gastos de inversión inicial**

La inversión de capital que demanda el inicio de la extracción minera en la cantera está definido por los aspectos descritos a continuación; éstos son meramente una estimación de valores, de acuerdo con precios del mercado e información general brindada por el personal operativo, no son una aseveración de los mismos:

- **Gastos de personal para la fase de recolección de información y solicitud de área minera**

Este rubro corresponde al gasto patronal que efectúa el GAD-C en cuanto a sueldo y aprovisionamientos del equipo de trabajo involucrado en la identificación, análisis y solicitud del área. (Véase Anexo 18), la información descrita supone 1 mes de trabajo de dicho personal para la ejecución de trámites y demás procesos de ley. (Tabla 7.1)

- **Valor de inscripción de área en el Registro Minero Nacional**

Acto fundamental después del otorgamiento del área por parte de Ministerio de Minería a través de la Subsecretaría Regional Zona 6. (Tabla 7.1).

- **Costo de adquisición de activos fijos**

Correspondiente a maquinaria minera e infraestructuras móviles, de las cuales, los precios unitarios han sido tomados de montos referenciales del mercado, ninguno de los valores expuestos son aseveraciones del costo de la maquinaria o infraestructura móvil de propiedad del GAD-C. (Tabla 7.1)

Con respecto a la maquinaria, estos equipos han sido adquiridos con anterioridad al inicio de actividades de la mina, sin embargo, por ser parte de la producción son incluidos como inversión inicial.

La infraestructura móvil necesaria incluye únicamente un container oficina y baño. No se considera construcción o adecuación de espacios para mantenimiento de maquinarias o cambio de aceites, debido a que dichas acciones son realizadas fuera del área de libre aprovechamiento, en los talleres de mantenimiento de maquinaria que posee el GAD-C.

- **Costo de adquisición de señalética y equipos de protección personal**

Se relaciona con las cantidades totales estimadas previamente en el capítulo VI; los valores unitarios de estos insumos fueron tomados de precios referenciales del mercado. (Tabla 7.1)

Tabla 7.1. Inversiones de capital para dar inicio a las actividades mineras.

<b>INVERSIÓN INICIAL</b>				
<b>Gastos administrativos de solicitud de área</b>				
<b>Personal requerido</b>	<b>N°</b>	<b>Gasto unitario</b>	<b>Gasto total</b>	
Técnico Minero	1	\$ 1.760,72	\$ 1.760,72	
Abogado	1	\$ 1.760,72	\$ 1.760,72	
Topógrafo	1	\$ 1.474,12	\$ 1.474,12	
Ayudantes de topografía	2	\$ 478,88	\$ 957,75	
Conductor	1	\$ 1.143,05	\$ 1.143,05	
<b>Subtotal</b>			<b>\$ 7.096,35</b>	
<b>Valor de inscripción del área de libre aprovechamiento</b>			<b>\$ 450,00</b>	
<b>Adquisición de maquinaria minera</b>				
<b>Activos</b>	<b>N°</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Precio total</b>	
Tractor de orugas	1	\$ 130.000,00	\$ 130.000,00	
Retroexcavadora	1	\$ 115.000,00	\$ 115.000,00	
Volquete	5	\$ 125.750,00	\$ 628.750,00	
<b>Subtotal</b>			<b>\$ 873.750,00</b>	
<b>Adquisición de infraestructuras móviles</b>				
<b>Descripción</b>	<b>N°</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Precio total</b>	
Container oficina	1	\$ 1.800,00	\$ 1.800,00	
Baño portátil	1	\$ 1.300,00	\$ 1.300,00	
<b>Subtotal</b>			<b>\$ 3.100,00</b>	
<b>Señalética de seguridad</b>				
<b>Tipo de señal</b>	<b>N°</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Precio total</b>	
Pare	2	\$ 124,11	\$ 248,22	
No peatones	2	\$ 124,11	\$ 248,22	
Velocidad máxima	12	\$ 124,11	\$ 1.489,32	
Entrada y salida de volquetes	2	\$ 124,11	\$ 248,22	
Caída distinto nivel	2	\$ 124,11	\$ 248,22	
Maquinaria pesada en movimiento	2	\$ 124,11	\$ 248,22	

Peligro deslizamiento	2	\$	124,11	\$	248,22
Uso de equipos de protección personal	2	\$	124,11	\$	248,22
Letrero oficina	1	\$	124,11	\$	124,11
Letrero identificación de mina	1	\$	352,00	\$	352,00
Botiquín	1	\$	124,11	\$	124,11
Extintor	1	\$	352,00	\$	352,00
Punto de encuentro	2	\$	124,11	\$	248,22
	32		<b>Subtotal</b>	\$	4.427,30

### Equipos de protección personal

Descripción	N°		Precio unitario		Precio total
Casco	12	\$	15,00	\$	180,00
Chaleco reflectivo	12	\$	2,50	\$	30,00
Gafas de protección	12	\$	13,00	\$	156,00
Mascarillas	12	\$	1,00	\$	12,00
Orejeras	12	\$	25,00	\$	300,00
Guantes de látex	12	\$	6,00	\$	72,00
Zapatos de Seguridad	12	\$	60,00	\$	720,00
Fajas para espalda	3	\$	25,00	\$	75,00
Arnés de seguridad	1	\$	95,00	\$	95,00
	88		<b>Subtotal</b>	\$	1.640,00
<b>TOTAL INVERSIÓN</b>				\$	890.463,65

## 7.2 Costos directos mensualizados

También llamados costos operativos o variables, son aquellos que tienen relación directa con el volumen de producción. Por objetos de análisis, los montos a estimar serán calculados de forma mensual, lo cual facilitará el posterior cálculo de indicadores de producción. Para el presente proyecto, se analizarán los parámetros operativos de mano de obra directa, consumos de combustible y mantenimiento de maquinaria minera.

### 7.2.1 Mano de obra directa

Conformada por los trabajadores que tienen relación directa con la producción en los procesos de arranque, carguío y transporte de material, es decir, operadores de maquinaria y ayudantes, quienes en relación de dependencia, perciben un sueldo mensual completo, correspondiente a 30 días trabajados, el cual constituirá el costo de mano de obra. (Tabla 7.2).

Como la jornada de trabajo es de lunes a sábado, en el presente cálculo se considerarán horas extraordinarias, proporcionales a una jornada de 8 horas.

Tabla 7.2. Sueldos del personal operativo

<b>SUELDO DEL PERSONAL OPERATIVO</b>					
<b>PERSONAL REQUERIDO</b>	<b>N°</b>	<b>SUELDO UNITARIO</b>		<b>SUELTO TOTAL</b>	
		<b>MENSUAL</b>	<b>HORAS EXTRAS</b>	<b>MENSUAL</b>	<b>MENSUAL</b>
Operador de tractor	1	\$ 700,00	\$ 46,67	\$ 746,67	
Operador de volquete	5	\$ 545,00	\$ 36,33	\$ 2.906,67	
Operador de excavadora	1	\$ 738,00	\$ 49,20	\$ 787,20	
Ayudante	2	\$ 580,00	\$ 38,67	\$ 1.237,33	

Los sueldos unitarios detallados en la Tabla 7.2 pertenecen a información verbal brindada por el personal operativo. En cuanto al sueldo de los operadores de volquete, existe una distinción si el personal es contratado, estable o de planta, para el presente caso se considera que el personal es contratado, por ello se asigna un valor de \$ 545,00 de sueldo mensual.

La base de cálculo de las provisiones (Tabla 7.3) (décimo tercer sueldo, décimo cuarto sueldo, IESS personal 9,45%, IESS patronal 12,15%, fondos de reserva y vacaciones) será el sueldo total por el número de personal requerido; en el cálculo de la provisión, el valor correspondiente al aporte personal al IESS (9,45%) ha sido restado al total mensual, debido a que no corresponde un rubro que asume el patrono, en este caso el GAD-C.

Tabla 7.3. Rol de provisiones para el personal operativo.

PROVISIONES							
Personal requerido	13er sueldo	14to sueldo	IESS Personal	IESS Patronal	Fondos de reserva	Vacación	Total mensual
Operador de tractor	\$ 62,22	\$ 31,25	\$ 70,56	\$ 90,72	\$ 62,22	\$ 31,11	\$ 953,63
Operador de volquete	\$ 242,22	\$ 31,25	\$ 274,68	\$ 353,16	\$ 242,22	\$ 121,11	\$ 3.621,95
Operador de excavadora	\$ 65,60	\$ 31,25	\$ 74,39	\$ 95,64	\$ 65,60	\$ 32,80	\$ 1.003,70
Ayudante	\$ 103,11	\$ 31,25	\$ 116,93	\$ 150,34	\$ 103,11	\$ 51,56	\$ 1.559,77
<b>TOTAL</b>							\$ 7.139,06

### 7.2.2 Consumos de combustible

La estimación de los consumos de aceite y diésel de la maquinaria de arranque, carguío y transporte, se ha basado en la experiencia de los operadores de los equipos, quienes proveyeron de información de funcionamiento de cada máquina, conforme se expone en la Tabla 7.4 y Tabla 7.5

Por considerarse que se laboran 26 días al mes, en un horario de 8 horas (lo cual totaliza 208 horas de trabajo al mes), se estimó un factor de ajuste mensual para que los consumos expuestos a continuación (Tabla 7.4; Tabla 7.5) como volumen de aceite o diésel, se aproximen a la realidad en consideración con los días laborables.

*Factor de ajuste mensual*

$$= \frac{\text{Horas laboradas al mes}}{\text{Horas de cambio de combustible}}, (\text{adimensional})$$

Así mismo, para determinar el consumo mensual del combustible se deberá utilizar la siguiente fórmula:

*Consumo mensual de combustible*

$$= \text{Volumen de consumo por horas} * \text{Factor de ajuste mensual} * \text{Número de equipos}, \left( \frac{\text{gal}}{\text{mes}} \right)$$

Ejemplificando, si el cambio de aceite del tractor Caterpillar D6D se lo efectúa cada 250 horas, existe una fracción de 42 horas sobrantes que deberán ser ajustadas para calcular el consumo mensual efectivo del hidrocarburo, de este modo:

$$\text{Factor de ajuste mensual} = \frac{208 \text{ horas mensuales de actividad}}{250 \text{ horas de cambio de aceite}} = 0,832$$

Éste factor será aplicado al volumen de aceite cambiado cada 250 horas (22 galones) para ser ajustadas a 208 horas de trabajo, permitiendo así determinar el consumo real mensual de aceite (18,30 galones) por equipo.

### 7.2.2.1 Aceite

La cantidad total requerida por mes, aplicando el principio explicado en el inciso 7.2.2, es de 51,30 galones de aceite para los 7 equipos involucrados en la producción (un tractor, una excavadora y cinco volquetes) (Tabla 7.4).

El precio de venta del aceite será de \$26, de acuerdo con valores referenciales del mercado.

Tabla 7.4. Características de consumo de aceite de la maquinaria involucrada en la producción

<b>CONSUMO DE ACEITE DE MAQUINARIA</b>			
	<b>TRACTOR</b> Caterpillar 6D6	<b>VOLQUETE</b> Volvo FMX 400	<b>EXCAVADORA</b> Caterpillar 320 C- L
Número de equipos	1	5	1
Cambio de aceite (Cambio cada N° horas) (Factor de ajuste mensual)	250 0,832	260 0,80	250 0,832
Volumen de aceite (gal)	22	7	6
Consumo mensual de aceite (gal/mes)	18,30	28	5
<b>Total aceite (gal/mes)</b>			51,3
<b>Precio del mercado</b>			\$ 26,00
<b>Costo mensual de aceite</b>			\$ 1333,80

### 7.2.2.2 Diesel

Aplicando el mismo principio descrito en el inciso 7.2.2, se ha realizado una aproximación mensual del consumo de combustible para cada maquinaria, que en este caso se expone en unidad de medida “días” (Tabla 7.5)

El volumen total requerido por mes es de 5460 galones, para todos los equipos involucrados en producción; tomando como precio referencial \$1,80, correspondiente al “Diésel Premium Petrolero” de acuerdo con los precios establecidos para el sector Petrolero Minero, actualización a septiembre de 2017 por la Empresa Pública Petroecuador.

Tabla 7.5. Características de consumo de combustible de la maquinaria involucrada en la producción.

<b>CONSUMOS DE DIESEL DE MAQUINARIA</b>				
		<b>TRACTOR</b>	<b>VOLQUETE</b>	<b>EXCAVADORA</b>
		Caterpillar	Volvo FMX	Caterpillar 320 C-
		6D6	400	L
Número de equipos		1	5	1
Tanqueo de diesel	(Cambio cada N° días)	3	1	1
	(Factor de ajuste mensual)	8,67	26	26
Volumen del tanque de combustible	(gal)	150	25	35
Consumo mensual de diesel	(gal/mes)	1300,50	3250	910
<b>Total aceite (gal/mes)</b>				5460
<b>Precio del mercado</b>				\$ 1,80
<b>Costo mensual de aceite</b>				\$ 9.828,00

### 7.2.3 Mantenimiento y cambio de repuestos

De acuerdo con informes de los operadores de los equipos, los últimos se someten a mantenimiento periódico, como fue expuesto en el capítulo 5, en las especificaciones de los equipos de arranque, carguío y transporte; no ha sido posible determinar el rubro económico que en éstos se invierte, por lo que se ha establecido un valor arbitrario de aproximadamente \$ 20.000,00 anuales o \$ 1666,67 mensuales.

#### 7.2.4 Depreciación de activos fijos

De acuerdo con los activos fijos descritos en el inciso 7.1.1, se someterán a depreciación los siguientes:

- Maquinaria minera, con un tiempo de vida útil de 10 años.
- Container de oficina, con un tiempo de vida útil de 10 años.
- Baño portátil, con un tiempo de vida útil de 10 años.

Si bien, los activos descritos como maquinaria e infraestructuras móviles son relativamente nuevos, únicamente la el tractor de orugas, que según información de los operadores data de más de 10 años, será excluido.

Para el cálculo de la depreciación se utilizará el método de la línea recta, en donde el valor de adquisición del bien es dividido para el tiempo de vida útil del mismo, obteniéndose un valor de depreciación anual del bien; como en este caso de estudio se requiere una mensualización del gasto, el valor obtenido será dividido entre 12 meses, tal como se expone en la Tabla 7.6.

Tabla 7.6. Depreciación de activos fijos.

<b>DEPRECIACIÓN DE ACTIVOS FIJOS</b>				
<b>ACTIVOS</b>	<b>COSTO TOTAL</b>	<b>VIDA ÚTIL en años</b>	<b>DEP. ANUAL</b>	<b>DEP. MENSUAL</b>
Retroexcavadora	\$ 115.000,00	10	\$ 11.500,00	\$ 958,33
5 Volquetes	\$ 628.750,00	10	\$ 62.875,00	\$ 5.239,58
Container oficina	\$ 1.800,00	10	\$ 180,00	\$ 15,00
Baño portátil	\$ 1.300,00	10	\$ 130,00	\$ 10,83
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 74.685,00</b>	<b>\$ 6.223,75</b>

#### 7.2.5 Resumen de costos operativos

A continuación, se resumen los valores analizados en los incisos 7.2.1, 7.2.2, 7.2.3 y 7.2.4 para determinar el costo mensual de operación (Tabla 7.7).

Tabla 7.7. Costos directos mensuales.

<b>RESUMEN DE COSTOS DE OPERACIÓN MENSUALIZADOS</b>	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR</b>
Mano de obra directa	\$ 7.139,06
Consumos de aceite	\$ 1.333,80
Consumos de diésel	\$ 9.828,00
Mantenimiento y repuestos	\$ 1666,67
Depreciación de activos fijos	\$ 6.223,75
<b>TOTAL COSTOS OPERATIVOS MENSUALES</b>	<b>\$ 26.191,38</b>

### 7.3 Costos indirectos

También llamados costos no operativos o fijos, son aquellos que tienen no tienen relación directa con el volumen de producción. Por objetos de análisis, los montos a estimar serán calculados de forma mensual, lo cual facilitará el posterior cálculo de indicadores de producción. Para el presente proyecto, se analizarán los siguientes parámetros operativos:

#### 7.3.1 Mano de obra indirecta (MOI)

La mano de obra indirecta se refiere al personal que no participa de forma directa en la producción (arranque, carguío o transporte de material), en el presente caso, está conformada por:

- **Técnico Minero:** profesional que realiza una visita diaria de control al área, para corroborar que la explotación se ejecute de acuerdo con el diseño de explotación y bajo estándares de seguridad.
- **Inspector:** persona que lleva el control diario del volumen de explotación y además realiza labores de coordinación con los operadores de maquinaria.
- **Guardia de seguridad:** persona que se encarga del resguardo del área minera, para controlar que en las horas no laborables no existan personas que puedan ingresar al frente de explotación, el mismo que se alojará en la oficina móvil.

- **Conductor:** persona que transporta al técnico minero al área. (Tabla 7.8; Tabla 7.9).

Del personal descrito, únicamente el inspector y guardia de seguridad trabajan los días sábados, motivo por el que, poseen horas extras.

Tabla 7.8. Sueldos del personal no operativo

<b>SUELDOS DE MANO DE OBRA INDIRECTA</b>					
<b>PERSONAL REQUERIDO</b>	<b>N</b>	<b>SUELDO MENSUAL</b>	<b>HORAS EXTRAS</b>	<b>SUELTO TOTAL</b>	
Técnico Minero	1	\$ 1.400,00	-	\$	1.400,00
Inspector	1	\$ 580,00	\$ 38,67	\$	618,67
Guardia de seguridad	1	\$ 375,00	\$ 25,00	\$	400,00
Conductor	1	\$ 900,00	-	\$	900,00

Para el cálculo del total mensual, se considera el mismo enunciado descrito en el párrafo segundo del inciso 7.2.1.

Tabla 7.9. Provisiones para el personal no operativo.

<b>ROL DE PROVISIONES PARA LA MANO DE OBRA INDIRECTA</b>							
Personal requerido	13er Sueldo	14to Sueldo	IESS Personal	IESS Patronal	Fondos de reserva	Vacación	Total mensual
Técnico Minero	\$ 116,67	\$ 31,25	\$ 132,30	\$ 170,10	\$ 116,67	\$ 58,33	\$ 1.760,72
Inspector	\$ 51,56	\$ 31,25	\$ 58,46	\$ 75,17	\$ 51,56	\$ 25,78	\$ 795,51
Guardia de seguridad	\$ 33,33	\$ 31,25	\$ 37,80	\$ 48,60	\$ 33,33	\$ 16,67	\$ 525,38
Conductor	\$ 75,00	\$ 31,25	\$ 85,05	\$ 109,35	\$ 75,00	\$ 37,50	\$ 1.143,05
<b>TOTAL M.O.I</b>							<b>\$ 4.224,66</b>

### 7.3.2 Otros requerimientos

Los demás requerimientos que no pueden ser incluidos en las demás categorías serán papelería y agua, insumos que estarán disponibles dentro del container oficina.

Tabla 7.10. Descripción de requerimientos adicionales como gastos no operativos.

<b>GASTOS ADICIONALES</b>				
<b>OTROS</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>	
Insumos de oficina	u	\$	20,00	\$ 20,00
Botellón de agua 5 galones	3	\$	5,00	\$ 15,00
<b>TOTAL MENSUAL</b>				<b>\$ 35,00</b>

### 7.3.3 Riego de vías

Por el levantamiento de material particulado durante las labores de extracción, se podría efectuar riego de vías cuando así se lo requiera, este rubro se considerará un gasto no operativo, sin embargo, no será incluido como valor de análisis debido a la espontaneidad de su utilización.

### 7.3.4 Resumen de costos no operativos

A continuación, se resumen los valores analizados en los incisos 7.3.1, 7.3.2 y 7.3.3 correspondientes a los costos no operativos mensuales.

Tabla 7.11. Costos no operativos mensuales

<b>RESUMEN DE COSTOS NO OPERATIVOS MENSUALIZADOS</b>	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR</b>
Mano de obra indirecta	\$ 4.224,66
Otros requerimientos	\$ 35,00
<b>TOTAL COSTOS NO OPERATIVOS MENSUALES</b>	<b>\$ 4.259,66</b>

## 7.4 Resumen de inversión y costos mensuales

- Se requerirá de una inversión inicial de \$ 890.463,65 para poner en marcha el proyecto, este rubro incluye la adquisición de equipos, infraestructura móvil, señalética y equipos de protección personal para los trabajadores.
- Los costos operativos y no operativos en los que incurrirá el GAD-C consolidan un total mensual de \$ 30.450,94.

En la Tabla 7.12, se refleja el balance de costos al año 2017, considerándose producción normal en el área, bajo los parámetros establecidos.

## **7.5 Sensibilización de costos**

De todos los costos analizados, únicamente 3 son susceptibles de variación, estos son:

- Mano de obra directa e indirecta: variación anual.
- Costos de aceite y diésel.
- Costos de repuestos de maquinaria.

De acuerdo con el boletín 209: “Índice de materiales, equipo y maquinaria de la construcción” publicado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, con corte al mes de agosto 2017, es decir, de agosto 2016 a agosto 2017, se han podido identificar los siguientes índices para el período explicado:

- Los aceites, lubricantes, hidráulicos y afines presentaron una variación de 3,83%.
- El precio de comercialización nacional de los combustibles no ha presentado variación, con 0%.
- Para los repuestos de maquinaria presentan una variación de 1,32%.

Todos estos valores pertenecen al incremento porcentual del año 2017 con corte al mes de agosto; las variaciones de los porcentajes de los precios son susceptibles a la inflación, por lo que no es posible determinar este valor para el siguiente año o los posteriores, razón por la que se usará el mismo porcentaje para el año 2018.

Tabla 7.12. Resumen de costos directos e indirectos para el año 2017

<b>CANTERA DE LIBRE APROVECHAMIENTO COCHAPAMBA CÓD. 10000164 GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN CUENCA RESUMEN DE COSTOS AL AÑO 2017</b>		
	<b>MENSUAL</b>	<b>AÑO 2017</b>
INGRESOS POR VENTA	\$ -	\$ -
Metros cúbicos producidos	12.459,98	149.519,76
Valor por metro cúbico extraído	\$ -	\$ -
<b>COSTOS OPERACIONALES Y NO OPERACIONALES</b>	<b>\$ ( 30.450,94)</b>	<b>\$ (365.411,28)</b>
<u>- Costos Operacionales</u>	<u>\$ (26.191,28)</u>	<u>\$ (314.295,36)</u>
- Mano de obra directa	\$ (7.139,06)	
- Consumos de aceite	\$ (1.333,80)	
- Consumos de diésel	\$ (9.828,00)	
- Mantenimiento y repuestos	\$ (1.666,67)	
- Gastos de depreciación	\$ (6.223,75)	
<u>- Costos No operacionales</u>	<u>\$ (4.259,66)</u>	<u>\$ (51.115,92)</u>
-Mano de obra indirecta	\$ (4.224,66)	
-Otros requerimientos	\$ (35,00)	
Costo de extracción por metro cúbico de material*		2,44
* Véase inciso 7.6.1 Costo de extracción por metro cúbico.		

En cuanto a la mano de obra, dependerá de la variación anual en la remuneración básica unificada, la cual presentó los siguientes incrementos porcentuales en el último lustro:

Tabla 7.13. Porcentaje de incremento de la remuneración básica unificada en los 5 últimos años en el Ecuador.

<b>PORCENTAJE DE INCREMENTO DE R.B.U</b>		
<b>AÑO</b>	<b>R.B.U</b>	<b>% Porcentaje incremento</b>
2017	375	2,46%
2016	366	3,39%
2015	354	4,12%
2014	340	6,92%
2013	318	8,90%

Debido a que es complejo determinar un porcentaje de incremento para la remuneración básica unificada, se efectuará un promedio del incremento porcentual de los dos últimos años, obteniéndose el 2,93% de incremento para el 2018, siendo un valor meramente estimado y no una predicción del mismo.

La sensibilización de los costos para el año 2018, se expone en la Tabla 7.14.

Tabla 7.14. Resumen de costos directos e indirectos para el año 2018.

<b>CANTERA DE LIBRE APROVECHAMIENTO COCHAPAMBA</b>		
<b>CÓD. 10000164</b>		
<b>GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN CUENCA</b>		
<b>RESUMEN DE COSTOS PROYECTADOS AL AÑO 2018</b>		
	<b>MENSUAL</b>	<b>AÑO 2018</b>
INGRESOS POR VENTA	\$ -	\$ -
Metros cúbicos producidos	<u>12.459,98</u>	<u>149.519,76</u>
Valor por metro cúbico extraído	\$ -	\$ -
<b>COSTOS OPERACIONALES Y NO</b>		
OPERACIONALES	\$ (30.858,39)	\$ 370.300,71)
<u>- Costos Operacionales</u>	<u>\$ (26.475,37)</u>	<u>\$ (317.704,47)</u>
- Mano de obra directa	\$ (7.348,23)	
- Consumos de aceite	\$ (1.384,88)	
- Consumos de diésel	\$ (9.828,00)	
- Mantenimiento y repuestos	\$ (1.690,50)	
- Gastos de depreciación	\$ (6.223,75)	
<u>- Costos No operacionales</u>	<u>\$ (4.383,02)</u>	<u>\$ (52.596,24)</u>
-Mano de obra indirecta	\$ (4.348,02)	
-Otros requerimientos	\$ (35,00)	
Costo de extracción por metro cúbico de material*		<u>2,48</u>
* Véase inciso 7.5.1 Costo de extracción por metro cúbico.		

## 7.6 Estimación de indicadores de producción

### 7.6.1 Costo de extracción por metro cúbico

El primer indicador a calcular es cuánto le cuesta al GAD-C extraer mensualmente 12.459,98 m<sup>3</sup> de material de lastre. A sabiendas que la extracción diaria de material es de 479,23 m<sup>3</sup>/día.

Con ello, para evaluar la productividad de la extracción minera en el Libre Aprovechamiento “Cochapamba” código 10000164, se empleará la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} & \textit{Productividad de extracción} \\ & = \frac{\textit{Costos totales de producción (\$)}}{\textit{Total de material a mover en el período (m3)}} \end{aligned}$$

Los costos resumidos en el punto 7.4, determinan lo expuesto en la Tabla 7.15.

Tabla 7.15. Índice de costos de extracción del área de Libre Aprovechamiento Cochapamba cód. 10000164.

<b>ÍNDICE DE COSTOS DE EXTRACCIÓN</b>		
Total costos	(\$/mes)	30.450,94
Total de material a extraer	(m <sup>3</sup> /mes)	12.459,98
<b>PRODUCTIVIDAD</b>	<b>(\$/m<sup>3</sup> extraído)</b>	<b>2,44</b>

### 7.6.2 Indicador de mano de obra

#### 7.6.2.1 Productividad de mano de obra directa

Es la valoración de cuánto cuesta cada trabajador involucrado en la producción por cada metro cúbico extraído. Está dado por la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} & \textit{Productividad de mano de obra directa} \\ & = \frac{\textit{Costos totales de producción (\$)}}{\textit{Total de material a mover en el período (m3)}} \end{aligned}$$

Así, por cada metro cúbico extraído se gastan 0,54 centavos por cada trabajador involucrado directamente en la producción, tal como se muestra en la Tabla 7.16.

Tabla 7.16. Productividad de la mano de obra directa.

<b>PRODUCTIVIDAD DE MOD</b>		
Total costo de mano de obra directa	(\$/mes)	6700,68
Total de material a extraer	(m3/mes)	12303,98
<b>INDICADOR</b>	(\$ MOD / m3)	0,54

### 7.6.2.2 Eficiencia de la Mano de Obra Directa implicada en el proceso de producción

Se basa en la optimización de recursos, es la relación entre los aquellos programados versus los empleados. El presente indicador se refiere a los recursos humanos y está dado por la siguiente fórmula:

$$Eficiencia = \frac{Recursos\ programados}{Recursos\ utilizados} * 100$$

El análisis ha sido realizado con la mano de obra directa, que es la que presenta variación con respecto a la planificación.

Tabla 7.17. Eficiencia de la Mano de obra Directa.

<b>EFICIENCIA DE LA MANO DE OBRA DIRECTA</b>		
Total de MOD calculada	(N° personas)	9
Total de MOD planificada por el GAD-C	(N° personas)	14
<b>INDICADOR</b>		156%

### 7.6.3 Indicador de rendimiento de maquinaria

Los rendimientos de maquinaria implicada en el proceso de producción, ya fueron calculados en el capítulo 5, la Tabla 7.18 a continuación expuesta es un resumen de los valores obtenidos.

Tabla 7.18. Rendimiento de la maquinaria minera implicada en el proceso de producción.

<b>RENDIMIENTO DE LA MAQUINARIA</b>			
Rendimiento del equipo de arranque	Ripado	m3/h	517,73
	Empuje	m3/h	25,24
Rendimiento del equipo de carguío		m3/h	155,43
Rendimiento del equipo de transporte		m3/h	11,52

#### 7.6.4 Índice de productividad total

Define la productividad un factor de producción en base al total de gastos efectuados durante el proceso de extracción. Se encuentra condicionado por el precio de venta unitario del material, sin embargo, en el presente caso, este no existe al tratarse de una actividad sin fines de lucro.

Únicamente por fines de evaluación y comparación con el mercado, se considerará un valor de 2,50 \$/m<sup>3</sup>, precio de venta del lastre en el mercado definido dentro del cantón Cuenca.

La productividad total de la cantera está definida por la siguiente fórmula:

$$\text{ÍNDICE DE PRODUCTIVIDAD TOTAL} = \frac{\text{Precio de venta unitario} * \text{Nivel de producción}}{\text{Costo de MOD} + \text{Costo total de MP} + \text{Depreciación} + \text{Gastos}}$$

Donde:

- Precio de venta unitario: se supone 2,50 \$/m<sup>3</sup>.
- Nivel de producción: 12.303,98 m<sup>3</sup>/mes
- Costo de MOD: \$ 7139,06 /mes
- Costo total de Materia Prima: no existe para el ejercicio presente, por lo cual se desprecia.
- Depreciación: \$ 6.223,75.
- Gastos: \$17.088,13.

Por lo tanto:

$$\text{ÍNDICE DE PRODUCTIVIDAD TOTAL} = \frac{2,50 \frac{\$}{m^3} * 12.303,98 \frac{m^3}{mes}}{7.139,06 \frac{\$}{mes} + 6.223,75 \frac{\$}{mes} + 17.088,13 \frac{\$}{mes}} = 1,01$$

Para evaluar el resultado obtenido, la Tabla 7.19 describe las posibilidades de productividad:

Tabla 7.19. Descripción del tipo de productividad total de la gestión.

PT = 1	Todos los costos para producir son iguales a los ingresos generados por las ventas del producto, no hay ganancias ni pérdidas.
PT > 1	Hubo un uso eficiente de los factores de producción, se obtienen ganancias y retorno de capital.
PT < 1	Uso ineficiente de los factores de producción, los costos no se recuperan con las ventas, hay pérdidas del capital invertido.

Fuente: Medición de la Productividad (Martínez, sf)

En el presente caso, la planificación refleja que no existirían pérdidas de capital por parte del GAD-C al efectuar las labores de extracción de lastre en la cantera de Libre Aprovechamiento “Cochapamba” código 10000164 en comparación con los precios del mercado.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones:

El proyecto desarrollado tuvo por objeto la planificación minera a corto plazo para la explotación del material de lastre disponible en la cantera de Libre Aprovechamiento denominada “Cochapamba” código 1000164, la cual es mantenida por el GAD Municipal del Cantón Cuenca; en base al análisis realizado se puede concluir que:

- Del levantamiento geológico local se desprende que la zona de estudio se encuentra conformada por una dacita de resistencia media, que presenta alto grado de fracturamiento, lo cual en conjunto brinda al material del área, características de un lastre apto para mejoramiento vial, capaz de ser arrancado por medios mecánicos.
- Las reservas probables de material dacítico ascienden a 2'335436,66 m<sup>3</sup>, éstas fueron calculadas mediante 13 perfiles longitudinales en sentido este-oeste, a una distancia de 25 metros entre sí.
- De acuerdo con la Clasificación del Macizo Rocoso (RMR), el área de interés obtuvo un puntaje de 52 clasificándose como roca Tipo III, Discreta.
- El diseño de explotación propuesto es a cielo abierto en cantera por el método de bancos descendentes, con cota superior de 2805 msnm e inferior de 2730 msnm; mientras que el sistema de carguío y transporte es de tipo discontinuo con el uso de un tractor para el arranque del material, una excavadora para el carguío y volquetes para el transporte.
- La cantera fue diseñada a 7 taludes finales, con altura de banco de 10 m y uno de 5 metros, bermas de seguridad de 6,5 m, ángulos de banco de 58°, factor de seguridad 1,5 y ángulo de cantera en receso de 38°.

- La planificación minera de la cantera de Libre Aprovechamiento “Cochapamba” código 1000164, es a 8 fases de explotación distribuidas en un período de vida útil de cantera de 6 años, 7 meses y 24 días.
- Las reservas explotables son de 997445,13 m<sup>3</sup> de lastre, que en relación con las reservas probadas del área, se aprovechan al 42,71%, debido a que, de acuerdo con el levantamiento geológico del área, a partir de la cota 2805 hacia el este, existe material que no presenta características adecuadas para el mejoramiento vial; así mismo, el área se encuentra delimitada por 2 quebradas, las cuales definieron el ancho de la explotación, por lo que el aprovechamiento del material no puede efectuarse en un mayor porcentaje.
- Para el cálculo del número de equipos necesarios para la extracción se utilizó la maquinaria que el GAD-C disponía, así se determinó la necesidad de 1 equipo de arranque (tractor de orugas CAT D6D), 1 equipo de carguío (excavadora CAT 320C-L) y 5 volquetes (VOLVO FMX 400 6X4), los cuales satisfacen el requerimiento de producción de la cantera.
- De acuerdo con el informe de producción semestral (enero - julio 2017) presentado para el área de Libre Aprovechamiento Cochapamba código 10000164, se estableció un gasto mensual de \$ 62.127,00, con el uso de 10 volquetes y sin considerar costos no operativos, lo que arroja un consumo de \$4,98/m<sup>3</sup>, para el volumen considerado en el presente trabajo de tesis, versus los \$ 2,44/m<sup>3</sup> planificados en el presente proyecto, siendo el modelo planteado, una mejora al gasto efectuado, haciéndose lo mismo con menos recursos.
- En relación con volumen de extracción efectuado durante el primer semestre del presente año, el cual fue de 41481,63 m<sup>3</sup>, de acuerdo con el informe de producción del período enero-julio de 2017 (Crespo, 2017), a un costo de \$4,98/m<sup>3</sup>, se gastaron \$ 206578,52.

- Cada trabajador (involucrado directamente en la producción) representa \$0,54 por cada metro cúbico extraído.
- Con el análisis efectuado en el presente trabajo de tesis, se puede determinar que se cubre con los requerimientos de producción sin efectuarse desperdicio de recursos, tal es el caso de la mano de obra directa, que presenta una eficiencia de 156% de acuerdo con el modelo planteado.
- Al ser un libre aprovechamiento, un proyecto que no busca fines de lucro sino beneficio social, el análisis económico fue orientado a determinar la cantidad de recursos que el GAD-C destina para la extracción de material pétreo de la cantera, de esta manera, se pudo determinar que conforme a los costos operativos y no operativos calculados, se necesitan de \$ 2,44 para producir un metro cúbico de material transportado durante el año 2017.
- En caso de que los precios de combustible, repuestos y valores de remuneración básica se incrementen, en los porcentajes expuestos en el inciso 7.5 del presente proyecto, el valor de producción por metro cúbico de material sería de \$2,48.
- De acuerdo con el análisis de riesgos en el frente de trabajo y con la aplicación de medidas de mitigación de los mismos, los riesgos identificados son moderados, sin embargo es necesaria la implementación de señalética de seguridad y la obligatoriedad de uso de equipos de protección personal por parte de los trabajadores.
- El análisis de productividad total del proceso de extracción brinda una idea de uso del recurso económico por parte del GAD-C, determinándose que no existe pérdida de recursos durante el proceso, siendo un factor positivo al tratarse de una actividad que no tiene como fin la obtención de dinero.

### **Recomendaciones:**

- Implementar el diseño de explotación propuesto debido a que los parámetros expuestos se acogen estrictamente a la viabilidad técnica y económica del mismo, pues cumple con los objetivos que se plantea el GAD-C, mientras optimiza el uso del recurso público.
- Renovar la autorización para realizar labores de extracción de material, para aprovechar el recurso explotable durante los 6 años 7 meses y 24 días planificados, es decir, solicitar 4 renovaciones de autorización hasta el año 2024, con un volumen de producción de 300.000 m<sup>3</sup> por cada período de 2 años.
- Reducir el número de equipos que se destinan para transporte de material de 10 a 5, pues en el presente proyecto es comprobable que dicho número satisface el volumen de material diario requerido, lo cual disminuye el costo de operación de cantera y mejora la productividad.
- Se deberá implementar un plan de cierre de cantera que involucre la revegetación de la zona para recuperar las condiciones ambientales iniciales, considerándose la posibilidad de generar zonas de sembríos para la comunidad del área de influencia.
- Tan pronto como se inicien las labores de explotación en el área, esta deberá ser debidamente señalizada y dotada de la infraestructura móvil. Así mismo, deberá ejercerse mayor control del uso de los equipos de protección personal por parte de los trabajadores para disminuir la exposición a riesgos laborales durante su actividad diaria.
- Realizar un análisis de costos de las demás áreas de libre aprovechamiento que mantiene el GAD-C para determinar posibles falencias y optimizar los procesos de extracción, reflejando los resultados obtenidos en indicadores de

eficiencia y productividad capaces de ser sometidos a análisis y comparación con los calculados en el presente proyecto.

- Efectuar labores de exploración en el área de Libre Aprovechamiento “Cochapamba” código 1000164, para determinar la potencia de la capa de material arcilloso compactado encontrada a partir de la cota 2805 m.s.n.m hacia el este y verificar si es factible la extracción de material.
- Continuar con la exploración del cantón Cuenca para determinar nuevas zonas de posible aprovechamiento de material que pueda satisfacer a las necesidades del GAD-C.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bañón, L. 2009. Áridos y pétreos (en línea), < [https://sirio.ua.es/proyectos/manual\\_%20carreteras/02020103.pdf](https://sirio.ua.es/proyectos/manual_%20carreteras/02020103.pdf)>. Consulta : 28 de abril de 2017.
- Barzallo G. 2017. Estudios de diseño de explotación y regulación ambiental de la mina de libre aprovechamiento del GAD Municipal del cantón Cuenca, denominada Cochapamba código 10000164. Cuenca, Ecuador.
- Bieniawski, Z. 1989. Engineering rock mass classifications: a complete manual for engineers and geologists and mining, civil, and petroleum engineering. John Wiley & Sons. Inc. Canada.
- Brassea F. 1980. Desarrollo de la mina por tajo abierto para el plan de expansión de Compañía Minera de Cananea, S.A. Tesis de Ingeniero en Minas. Universidad de Sonora. Hermosillo, México.
- Cantarino I. 2001. Principales divisiones de los tiempos geológicos (en línea), < Principales divisiones de los tiempos geológicos.>. Consulta : 03 de junio de 2017.
- Castillo L. 2011. Modelos de Optimización para la Planificación Minera a Cielo Abierto. Tesis de Ingeniero Civil de Minas. Universidad de Chile. Santiago de Chile, Chile.
- Catálogo Caterpillar. 2003. Excavadora Hidráulica 320 C / 320 C L. EE.UU.
- Catálogo sf. VOLVO FMX (en línea), < <http://www.volvotrucks.com/SiteCollectionDocuments/VTC/Market/Trucks/volvo-fmx-2013/pdf/Volvo%20FMX-Character%C3%ADsticas%20de%20Producto-ES.pdf>>. Consulta : 28 de junio de 2017.

- Crespo P. 2017. Informe de Producción para el Libre Aprovechamiento “Cochapamba” código 10000164, período de reporte desde el 01 de enero al 30 de agosto del 2017 (primer semestre). Cuenca, Ecuador.
- Duque P. 2000. Breve Léxico Estratigráfico del Ecuador. UCP. Quito.
- Durst H, Gokel G. 2007. Química orgánica experimental. Editorial Reverté S.A. España.
- Educarchile. sf. Productividad de los equipos de transporte (en línea), <[http://ww2.educarchile.cl/UserFiles/P0001/Image/portal/ODAS\\_TP/Materiales\\_para\\_odas\\_2012/5%20Mineria/ODA%2027\\_descarga%20de%20material/Productividad%20transporte.pdf](http://ww2.educarchile.cl/UserFiles/P0001/Image/portal/ODAS_TP/Materiales_para_odas_2012/5%20Mineria/ODA%2027_descarga%20de%20material/Productividad%20transporte.pdf)>. Consulta: 28 de abril de 2017.
- EP Petroecuador Gerencia de Comercialización Nacional. 2017. Precios de venta a nivel de terminal para las comercializadoras calificadas y autorizadas a nivel nacional (en línea), <<http://www.eppetroecuador.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/ESTRUCTURA-DE-PRECIOS-OCTUBRE-2017.pdf>>. Consulta: 01 de septiembre de 2017.
- Feijoo C. 1997. Manual de mecánica de rocas y estabilidad de túneles y taludes. Tesis de Ingeniero en Minas. Universidad del Azuay. Cuenca, Ecuador.
- Herrera, J. 2006. Métodos de minería a cielo abierto. Universidad Politécnica de Madrid Escuela Técnica Superior de Ingenieros en Minas. Madrid.
- Hinrichseen, C. 2015. Planificación Minera de Largo Plazo: ¿Táctica o Estratégica?. Gestión de Economía Minera Ltda. Colombia.
- Hoek E and Bray J. 1981. Rock Slope engineering. Institution of Mining and Metallurgy. London.
- Igonor E & Odem M. (2011). Geological, geotechnical, and technical assessments – key, Essentials in quarrying economics. Akure: Journal of Engineering and Applied Sciences. Vol. 3.

INAMHI. 2013. Atlas Meteorológico Estudiantil (en línea) <[https://issuu.com/inamhi/docs/atlas\\_estudiantil](https://issuu.com/inamhi/docs/atlas_estudiantil)>. Consulta 15 de abril 2017.

Institute of Geological Sciences. 1974. Mapa Geológico del Ecuador: Hoja Gualceo. 1:50. Instituto Geográfico Militar. Quito, Ecuador.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. 2017. IPCO Índices de Precios de Materiales, Equipo y Maquinaria de la Construcción Agosto 2017 Boletín No. 209 (en línea), <[http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_Economicas/IPCO/IPCO-Publicaciones/2017/ipco\\_209\\_julio\\_2017.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/IPCO/IPCO-Publicaciones/2017/ipco_209_julio_2017.pdf)>. Consulta: 02 de septiembre de 2017.

Montijo A. s.f. Conglomerados (en línea), <http://gaia.geologia.uson.mx/academicos/amontijo/detriticas/conglomerados.htm>. Consulta: 10 de junio 2017.

Murcia H, Borrero C, Pardo N, Alvarado G, Amosio M y Pardo N. 2013. Depósitos volcánoclasticos términos y conceptos para una clasificación en español. Revista Geológica de América Central., 48 : 15-39.

Ortíz de Urbina F, Moyano I, Herbet J & Plá de la Rosa F. 2001. Curso de evaluación y planificación minera. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Madrid.

RitchieSpecs. 2017. Caterpillar D6D Crawler Tractor (en línea), <<http://www.ritchiespecs.com/es/specification?type=&category=Crawler+Tractor&make=Caterpillar&model=D6D&modelid=90783>>. Consulta: 28 de junio de 2017.

Schlumberger. 2007. Resistencia a la compresión uniaxial (en línea), [http://www.glossary.oilfield.slb.com/es/Terms/u/uniaxial\\_compressive\\_strength.aspx](http://www.glossary.oilfield.slb.com/es/Terms/u/uniaxial_compressive_strength.aspx). Consulta: 26 de julio 2017.

- Siever R. 2014. Argillaceous rocks (en línea), <https://www.accessscience.com/content/argillaceous-rocks/049900>. Consulta: 07 de junio de 2017.
- Sosa H. 1989. Tecnología de Explotación de Minerales Duros por el Método de Cielo Abierto. Quito, Ecuador.
- Storey, A. 2010. Design Optimization of Safety Benches for Surface Quarries through Rockfall Testing and Evaluation. M.Sc. Thesis. Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg. Virginia, EE.UU.
- Verdezoto, P. 2006. Levantamiento geológico del sector comprendido entre las latitudes 2°37'S y 2°50' S, provincias de Cañar y Azuay, con especial enfoque sobre las secuencias miocénicas. Tesis de Ingeniero Geólogo. Universidad Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.
- Yamamoto J, Monteiro da Rocha M. 1996. Revisão e Recomendações para o calculo e classificação de reservas minerais. Revista Brasileira de Geociências., 26(4):243-254.

## ANEXOS

## Anexo 1. Resolución de Autorización.



## MINISTERIO DE MINERÍA

Resolución Nro. MM-CZM-CS-2016-0133-RM

Cuenca, 27 de abril de 2016

## MINISTERIO DE MINERÍA

## SUBSECRETARIA REGIONAL DE MINERIA CENTRO SUR ZONA 6

**AUTORIZACIÓN DE LIBRE APROVECHAMIENTO TEMPORAL DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PARA OBRAS PÚBLICAS "COCHAPAMBA" CODIGO 10000164**

**MINISTERIO DE MINERÍA.- SUBSECRETARIA REGIONAL DE MINERÍA CENTRO SUR ZONA 6.- VISTOS:** Ing. Xavier Agustín Sánchez Aguilera, Subsecretario Regional de Minería Centro Sur Zona 6, encargado mediante Acción de Personal N° 0448887 de 16 de marzo de 2015, y conforme lo determinado en el Artículo 2 del Acuerdo Ministerial N° 005 de fecha 13 de Abril de 2015, suscrito por el Señor Ministro de Minería, por medio del cual dispone lo siguiente: *"Delegar a los Subsecretarios Regionales de Minerías, para que ejerzan únicamente las funciones contempladas en el literal j) del artículo 7 de la Ley de Minería, es decir: otorgar, administrar y extinguir derechos mineros dentro del ámbito de su jurisdicción y competencia."*- **AVOCO** conocimiento de la solicitud presentada por el Ing. Hugo Marcelo Cabrera Palacios, Alcalde del Cantón Cuenca, con el propósito de que se le otorgue la Autorización de Libre Aprovechamiento de Materiales de Construcción, dentro del área minera denominada **"COCHAPAMBA"**, para resolver se considera:

**PRIMERO.-** El Artículo 7 de la Ley de Minería señala que el Ministerio Sectorial es competente para conocer y resolver el presente caso además que el literal j) dispone: *"(...)Otorgar, administrar y extinguir los derechos mineros (...)"*- **SEGUNDO.-** El artículo 17 de la Ley de Minería dispone: *"(...) Por derechos mineros se entienden aquellos que emanan tanto de los títulos de concesiones mineras, contratos de explotación minera, licencias y permisos, como de las autorizaciones para instalar y operar plantas de beneficio, fundición y refinación y de las licencias de comercialización (...)"*- **TERCERO.-** El Art. 101 de la Ley de Minería, determina lo siguiente: *"Los titulares de derechos mineros pueden convenir con los propietarios del suelo, las servidumbres sobre las extensiones de terreno que necesiten para el adecuado ejercicio de sus derechos mineros, sea en las etapas de exploración o explotación, así como también para sus instalaciones y construcciones, con destino exclusivo a las actividades mineras. En el caso de zonas pertenecientes al Patrimonio Cultural, para el otorgamiento de una servidumbre deberá contarse con la autorización del Instituto Nacional de Patrimonio Cultural y se estará a las condiciones establecidas en el acto administrativo emitido por dicho Instituto."*- **CUARTO.-** El Artículo 144 de la Ley de Minería, dispone: *"(...) Estado directamente o a través de sus contratistas podrán aprovechar libremente los materiales de construcción para obras públicas en áreas no concesionadas o concesionadas, considerando la finalidad social o pública del libre aprovechamiento, estos serán autorizados por el Ministerio Sectorial. La vigencia y los*



## MINISTERIO DE MINERIA

Resolución Nro. MM-CZM-CS-2016-0133-RM

Cuenca, 27 de abril de 2016

*volúmenes de explotación se registrarán y se extenderán única y exclusivamente por los requerimientos técnicos de producción y el tiempo que dure la ejecución de obra pública, dicho material podrá emplearse única y exclusivamente en beneficio de la obra pública para la que se requirió el libre aprovechamiento. El uso para otros fines constituirá explotación ilegal que se someterá a lo determinado para este efecto en la presente ley. El Contratista del Estado, no podrá incluir en sus costos los valores correspondientes a los materiales de construcción aprovechados libremente. En caso de comprobarse la explotación de libre aprovechamiento para otros fines será sancionado con una multa equivalente a 200 remuneraciones básicas unificadas y en caso de reincidencia con la terminación del contrato para dicha obra pública. Las autorizaciones de libre aprovechamiento, están sujetas al cumplimiento de todas las disposiciones de la presente ley, especialmente las de carácter ambiental. Los contratistas que explotaren los libres aprovechamientos, están obligados al cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental (...).- QUINTO.- El Art. 51 del Reglamento General a la Ley de Minería determina lo siguiente: "En el evento de otorgarse autorizaciones de libre aprovechamiento en concesiones en las que se realicen actividades mineras, los beneficiarios de estas autorizaciones deberán atenerse a los condicionamientos establecidos en el informe técnico que emita la Agencia de Regulación y Control Minero. El informe determinará el sistema de explotación del libre aprovechamiento que deberá ser compatible con las actividades mineras aprobadas en el Estudio de Impacto Ambiental del titular de la concesión. Los beneficiarios de tales autorizaciones serán responsables de las afecciones ambientales resultantes de sus actividades".- SEXTO.- El artículo 2 del Reglamento del Régimen Especial para el Libre Aprovechamiento de Materiales de Construcción para la Obra Pública, señala: "(...) El Estado directamente o a través de sus contratistas podrá aprovechar libremente los materiales de construcción para obras públicas en áreas no concesionadas o concesionadas (...).- SÉPTIMO.- El artículo 3 del Reglamento del Régimen Especial para el Libre Aprovechamiento de Materiales de Construcción para la Obra Pública, señala: "(...) El material que se extraiga mediante libre aprovechamiento de materiales de construcción para obras públicas, será empleado única y exclusivamente en la ejecución de las mismas. Se sancionará de conformidad con lo establecido en los artículos 144 de la Ley de Minería y 49 del Reglamento General a la Ley de Minería (...).- OCTAVO.- El artículo 5 del Reglamento del Régimen Especial para el Libre Aprovechamiento de Materiales de Construcción para la Obra Pública, en concordancia con el Art. 50 del Reglamento General a la Ley de Minería, señalan los requisitos que deberá cumplir la solicitud para Libre Aprovechamiento de Materiales de Construcción.- NOVENO.- El artículo 9 Ibidem establece lo siguiente: "En el evento de otorgarse autorizaciones de libre aprovechamiento en áreas concesionadas en las que se realicen actividades mineras, los beneficiarios de estas deberán atenerse a los condicionamientos establecidos en el informe técnico que emita la Agencia de regulación y Control Minero, de conformidad con el Art.51 del Reglamento General a la Ley de Minería".- DECIMO.- Mediante Oficio N°ARCOM-C-CR-2016-0303-OF, de fecha 18 de Marzo de 2016 y recibido en ésta Dependencia Ministerial en fecha 22 de marzo de 2016 con trámite N° 0000708, suscrito electrónicamente por la Ing. María Fernanda*



Ministerio  
de Minería



MINISTERIO DE MINERÍA



Resolución Nro. MM-CZM-CS-2016-0133-RM

Cuenca, 27 de abril de 2016

Barriga Urbano, Coordinadora Regional de Minas ARCOM-Cuenca, comunica a la Subsecretaría Regional de Minería Centro Sur Zona 6, con el contenido del **Informe Catastral** N° 168-10000164-IC-C-CR-CM-2015 de fecha 10 de noviembre del 2015 suscrito por el Ing. Edison Tamayo C.C. Unidad de Catastro Minero Nacional mismo que determina lo siguiente: “El área solicitada se encuentra **LIBRE** con respecto a otras áreas mineras (...)”; el **Informe Técnico** con Memorando Nro. ARCOM-C-CR-STCMC1-2016-0126-ME de fecha 17 de marzo de 2016 suscrito por el Ing. José Luis Medina Toledo Especialista de Seguimiento Técnico Minero Regional, establece lo siguiente: “De acuerdo al Informe Catastral No. 168-10000164-IC-C-CR-CM-2015, el área COCHAPAMBA código 10000164 se encuentra LIBRE con respecto a otras áreas mineras. Realizada la inspección técnica de campo, se determinó que las coordenadas son las mismas a las indicadas en la solicitud, así como la superficie es de 25 hectáreas mineras contiguas. La solicitud de autorización de área de Libre Aprovechamiento COCHAPAMBA código 10000164 es técnicamente procedente”. **RECOMENDACIONES:** “Remitir el presente informe técnico a la Subsecretaría de Minas Centro Sur Zona 6 para su conocimiento y continuación de trámite correspondiente se acepte y continúe el trámite correspondiente: “Que el GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE CUENCA, proceda conforme al Art. 101 de la Ley de Minería, establecer acuerdos e indemnizaciones con los propietarios de los predios que fuesen afectados con la extracción del material árido”. “Manifiestar que el GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE CUENCA, será el responsable de las afectaciones ambientales resultantes de sus actividades, para lo cual antes de iniciar sus actividades debe proceder conforme al Art. 26 de la Ley de Minería, referente a los actos administrativos motivados y favorables otorgados por las instituciones conforme a sus competencias.” “Que el GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE CUENCA una vez otorgado la autorización cumpla con la presentación de informes de producción conforme a la guía técnica 008 creada por ARCOM.”. Por lo expuesto y al no existir observaciones en los informes emitidos por la Agencia de Regulación y Control Minero que impidan otorgar dicho título minero y tomando en consideración lo que ordena el artículo 144 de La Ley de Minería, los artículos 2, 3, 5 y 9 del Reglamento del Régimen Especial para el Libre Aprovechamiento de Materiales de Construcción para la Obra Pública, 49 y 51 del Reglamento General de la Ley de Minería, y bajo prevención de que el titular deberá estarse a todo lo dispuesto en la normativa vigente que regula la Autorizaciones de libre aprovechamiento temporal de materiales de construcción para obra pública: **ESTA SUBSECRETARÍA REGIONAL DE MINERÍA CENTRO SUR ZONA 6, RESUELVE:** a).- **OTORGAMIENTO DE LA AUTORIZACIÓN.**- Otorgar a favor del GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTON CUENCA, la Autorización de Libre Aprovechamiento Temporal de Materiales de Construcción para Obras Públicas, mediante la cual se permite explotar los materiales de construcción que puedan obtenerse en el área denominada “COCHAPAMBA”, código 10000164, materiales que serán utilizados para obras que constan de los documentos adjuntados a la petición. b).- **ÁREA, UBICACIÓN Y**



Ministerio  
de Minería



## MINISTERIO DE MINERIA

Resolución Nro. MM-CZM-CS-2016-0133-RM

Cuenca, 27 de abril de 2016

**LÍMITES:** El área materia del libre aprovechamiento se encuentra formada por 25 hectáreas mineras contiguas, y está ubicada en la Parroquia **QUINGEO**, Cantón **CUENCA** Jurisdicción de la Provincia de **AZUAY**. Así como las distancias del polígono que la delimitan son:

PUNTOS	X	Y	DISTANCIAS
P.P.	731.700	9.668.700	P.P. - 1
1	731.700	9.669.200	1 - 2
2	732.200	9.669.200	2 - 3
3	732.200	9.668.700	3 - P.P.

c).- **PLAZO DE LA AUTORIZACIÓN:** La presente tendrá un plazo de **VEINTE Y CUATRO MESES (24 Meses)**, contados a partir de su inscripción.- **d).- VOLUMEN DE EXTRACCIÓN.**- Los materiales de construcción a explotarse deberán ser utilizados única y exclusivamente en la obra pública para la que se ha solicitado y un volumen total de extracción de **96.000 m<sup>3</sup>**, durante **los 24 meses.**- **e).- CAUSALES DE CADUCIDAD.**- La presente autorización terminará de forma unilateral, sin necesidad de notificación alguna por las siguientes causales: **1) Cumplimiento del plazo establecido en el literal c); 2) Explotación del volumen total de material autorizado; 3) Terminación de las obras objeto de la presente autorización; 4) Incumplimiento o violación de las normas ambientales, previo al informe técnico respectivo de autoridad competente.**- **f).- OBLIGACIONES GENERALES.**- La beneficiaria o sus contratistas están obligados a pagar a los propietarios de los terrenos en donde se ubica el área materia de la autorización, las indemnizaciones de ley correspondientes, si se causaren daños a su propiedad.- **g).- OBSERVANCIA DE NORMAS AMBIENTALES.**- La beneficiaria está obligada al cumplimiento del ordenamiento jurídico ecuatoriano en materia ambiental y en general a todo acto normativo sobre la materia.- **h).- INFORMES SEMESTRALES DE PRODUCCIÓN.**- La autorizada está obligada a presentar un informe semestral de producción a esta Subsecretaría Regional de Minas Centro Sur, en el que constará el avance de la obra, el volumen explotado y método de explotación; informe que será técnicamente verificado.- **i).- ACTOS NOTARIALES Y DE REGISTRO.**- Para la plena validez del presente instrumento público, la Institución beneficiaria del Libre Aprovechamiento de Materiales de Construcción está en la obligación de protocolizarlo en cualquiera de las Notarías existentes en el territorio nacional y a inscribirlo en el Registro Minero a cargo de la Agencia de Regulación y Control Minero, dentro del término de 30 días, conforme lo dispone el art. 48 de la Resolución Nro. 002-INS-DIR-ARCOM-2011, Instructivo del Registro Minero. **j).- OBLIGACIÓN DE ENTREGA DE LA AUTORIZACIÓN.**- La autorizada queda advertida, de la obligación de entregar a la Subsecretaría Regional de Minería Centro Sur Zona 6, dos copias de la presente autorización, dentro del término de diez días a partir de la fecha de inscripción en el Registro Minero.- En todo aquello que no se hubiere establecido expresamente en la presente resolución, la autorizada se sujetará tanto a lo dispuesto en la Ley de Minería y sus Reglamentos, como a las demás disposiciones de la



Ministerio de Minería



MINISTERIO DE MINERIA

Resolución Nro. MM-CZM-CS-2016-0133-RM

Cuenca, 27 de abril de 2016

legislación positiva del Ecuador. k) NOTIFICACIÓN.- Notifíquese al peticionario con la presente Resolución, en la casilla judicial señalada para el efecto.- Designese actuaria a la Dra. Tania Andrade Fernández, quien encontrándose presente acepta el cargo y promete desempeñarlo legalmente.-NOTIFIQUESE y CÚMPLASE.

*[Handwritten signature]*

Ing. Xavier Agustin Sanchez Aguilera

SUBSECRETARIO REGIONAL DE MINERIA CENTRO SUR



Referencias:

- MM-CZM-CS-2016-0943-CD

Anexos:

- 0708\_anexo.pdf

ps



CERTIFICO, QUE EN FOJAS... tres... Y A PETICIÓN DE PARTE SE PROTOCOLIZA EL DOCUMENTO ANTERIOR QUE SE INCORPORA AL CORRESPONDIENTE REGISTRO. CUENCA, A... de... mayo... DEL 20... 16.

*[Handwritten signature]*  
Dra. Ruth Ortega Ortiz  
NOTARIA DÉCIMO SEGUNDA  
DEL CANTÓN CUENCA



CERTIFICO: Que la copia que antecede en... tres...fojas es igual a su original que se encuentra protocolizado en la Notaria a mi cargo, en esta fecha Cuenca, a... de... mayo... del 20... 16.

*[Handwritten signature]*  
Dra. Ruth Ortega Ortiz

## Anexo 2. Registro Ambiental

Ministerio  
del Ambiente

**RESOLUCIÓN No. 219393**  
**SUBSECRETARIA DE CALIDAD AMBIENTAL DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE**

**CONSIDERANDO:**

- Que, el artículo 14 de la Constitución de la República del Ecuador, reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados;
- Que, el numeral 27 del artículo 66 de la Constitución de la República del Ecuador, reconoce y garantiza a las personas el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza;
- Que, en el numeral 4 del artículo 276 de la Constitución de la República del Ecuador, señala que tendrá como uno de los objetivos del régimen de desarrollo, el recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural;
- Que, el artículo 19 de la Ley de Gestión Ambiental, establece que las obras públicas, privadas o mixtas, y los proyectos de inversión públicos o privados que puedan causar impactos ambientales, serán calificados previamente a su ejecución, por los organismos descentralizados de control, conforme el Sistema Único de Manejo Ambiental, cuyo principio rector será el precautelatorio;
- Que, el artículo 20 de la Ley de Gestión Ambiental, señala que para el inicio de toda actividad que suponga riesgo ambiental se deberá contar con la licencia respectiva, otorgada por el Ministerio del Ambiente;
- Que, el artículo 12 del Acuerdo Ministerial No. 061 de 07 de abril de 2015, mediante el cual se reforma el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, señala que el Sistema Único de Información Ambiental (SUIA), es la herramienta informática de uso obligatorio para las entidades que conforman el Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental; será administrado por la Autoridad Ambiental Nacional y será el único medio en línea empleado para realizar todo el proceso de regularización ambiental, de acuerdo a los principios de celeridad, simplificación de trámites y transparencia;
- Que, el artículo 14 del Acuerdo Ministerial No. 061 de 07 de abril de 2015, mediante el cual se reforma el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, establece que los proyectos, obras o actividades, constantes en el catálogo expedido por la Autoridad Ambiental Nacional deberán regularizarse a través del SUIA, el que determinará automáticamente el tipo de permiso ambiental pudiendo ser: Registro Ambiental o Licencia Ambiental;
- Que, el artículo 24 del Acuerdo Ministerial No. 061 de 07 de abril de 2015, mediante el cual se reforma el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, determina que el Registro Ambiental es el permiso ambiental otorgado por la Autoridad Ambiental Competente mediante el SUIA, obligatorio para aquellos proyectos, obras o actividades considerados de bajo impacto y riesgo ambiental. Para obtener el registro ambiental, el promotor deberá llenar en línea el formulario de registro asignado por parte del Ministerio del Ambiente;
- Que, el artículo 1 del Acuerdo Ministerial No. 026, suscrito el 17 de marzo de 2016, determina: *"Sustitúyase el contenido del artículo 1 del Acuerdo Ministerial No. 268 de 29 de agosto de 2014, por lo siguiente: "Delegar a la Subsecretaría de Calidad Ambiental del Ministerio del Ambiente la emisión, suscripción, nulidad o archivo de Certificados y Registros Ambientales a nivel nacional(...)"*

En uso de las atribuciones establecidas en el artículo 17 del Estatuto de Régimen Jurídico Administrativo de la Función Ejecutiva

**RESUELVE:**

- Art. 1** Otorgar el Registro Ambiental para LIBRE APROVECHAMIENTO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PARA OBRAS PÚBLICA DE LA CONCESIÓN MINERA LIBRE APROVECHAMIENTO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN COCHAPAMBA CÓDIGO 10000164 MAE-RA-2017-301967 UBICADA EN LA PROVINCIA DE AZUAY.

**MINISTERIO DEL AMBIENTE No. 219393**

**REGISTRO AMBIENTAL PARA LA FASE DE LIBRE APROVECHAMIENTO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PARA OBRAS PÚBLICA DE LA CONCESIÓN MINERA LIBRE APROVECHAMIENTO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN COCHAPAMBA CÓDIGO 10000164 MAE-RA-2017-301967 UBICADA EN LA PROVINCIA DE AZUAY.**

El Ministerio del Ambiente en su calidad de Autoridad Ambiental Nacional en cumplimiento de sus responsabilidades establecidas en la Constitución de la República del Ecuador y en la Ley de Gestión Ambiental, de precautelar el interés público en lo referente a la Preservación del Ambiente, la Prevención de la Contaminación Ambiental y la Garantía del Desarrollo Sustentable, confiere el presente Registro Ambiental a HUGO MARCELO CABRERA PALACIOS; de LIBRE APROVECHAMIENTO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PARA OBRAS PÚBLICA DE LA CONCESIÓN MINERA LIBRE APROVECHAMIENTO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN COCHAPAMBA CÓDIGO 10000164 MAE-RA-2017-301967, ubicada en LA PROVINCIA DE AZUAY, para que en sujeción a la Ficha Ambiental y Plan de Manejo Ambiental aprobado, ejecute el proyecto en los períodos establecidos.



**OTORGA A:**

**I. MUNICIPALIDAD DE CUENCA**

El Registro Ambiental emitido con el No. MAE-SUIA-RA-CGZ6-DPAC-2017-206174, faculta la ejecución del proyecto/ actividad, cumpliendo la normativa ambiental aplicable, y sujeta a supervisión de la autoridad ambiental competente. El registro tendrá validez únicamente para las actividades detalladas en el catálogo de proyectos obras y actividades, las características generales del proyecto/actividad registrado son las siguientes:

**DATOS TÉCNICOS:**

Actividad: MINERÍA DE LIBRE APROVECHAMIENTO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PARA PROYECTOS PÚBLICOS MENOR O IGUAL 1.000.000 M3  
Sector: Minería  
Ubicación Geográfica: AZUAY, CUENCA, QUINGEO  
Coordenadas geográficas: Ver Anexo

**DATOS ADMINISTRATIVOS:**

Nombre del representante legal: HUGO MARCELO CABRERA PALACIOS  
Dirección: Simon Bolivar 7-67 y Borrero Esq.  
Teléfono: 074134900  
Email: calban@cuenca.gob.ec  
Código del Proyecto: MAE-RA-2017-301967

En virtud de lo expuesto, I. MUNICIPALIDAD DE CUENCA, se obliga a lo siguiente:

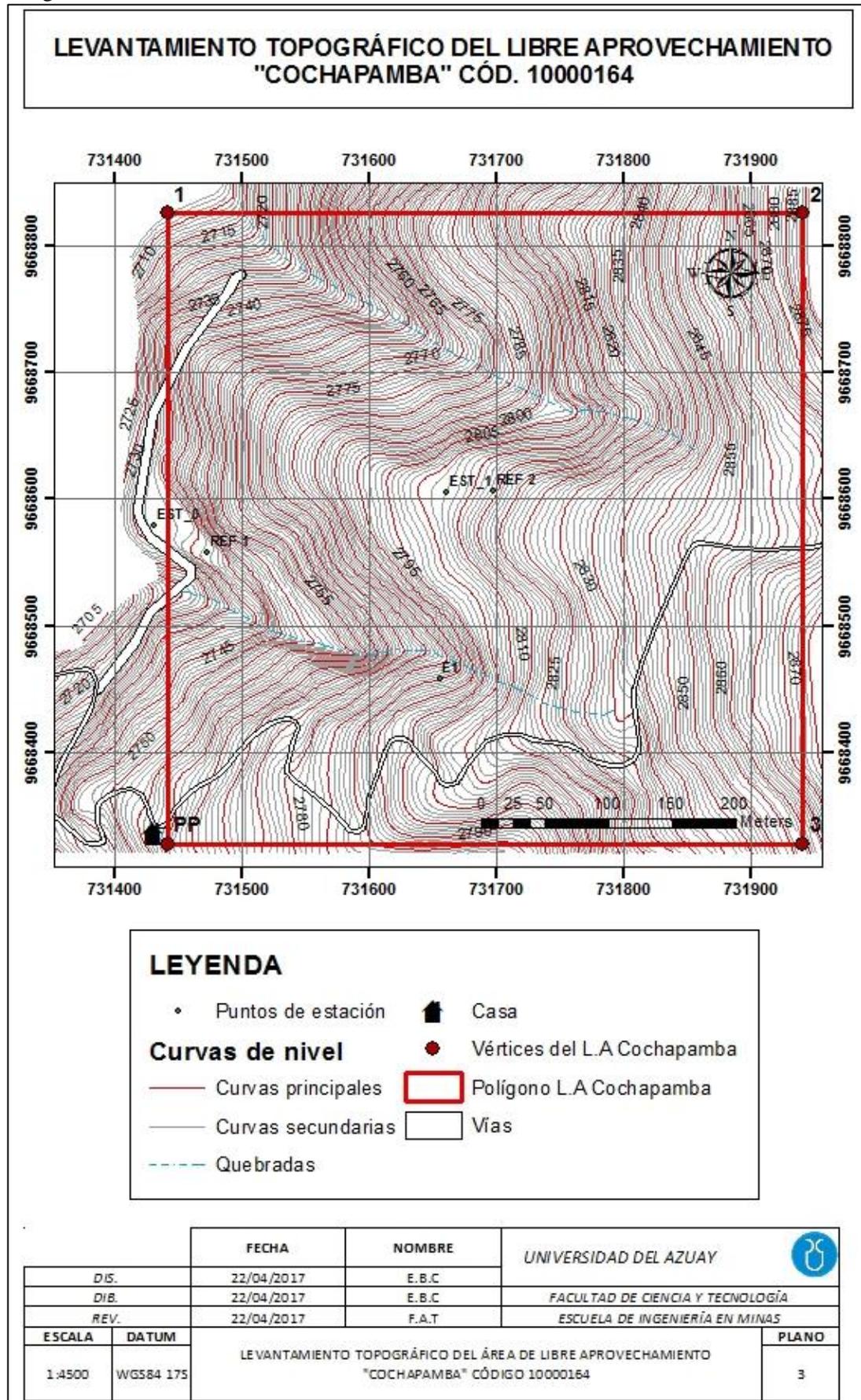
1. Cumplir estrictamente con lo señalado en la Ficha Ambiental y Plan de Manejo Ambiental registrado.
2. Las actividades de LIBRE APROVECHAMIENTO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PARA OBRAS PÚBLICA DE LA CONCESIÓN MINERA LIBRE APROVECHAMIENTO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN COCHAPAMBA CÓDIGO 10000164 MAE-RA-2017-301967, ubicada en LA PROVINCIA DE AZUAY, no podrá realizar actividades fuera del área autorizada mediante Certificado de Intersección MAE-SUIA-RA-CGZ6-DPAC-2017-205989.
3. En caso de que la actividad productiva genere desechos peligrosos y/o especiales debe iniciar el proceso de obtención del respectivo Registro de Generador de Desechos Peligrosos y/o Especiales, en el término no mayor a 60 días, conforme la normativa ambiental aplicable, en caso de no aplicar, se debe remitir el justificativo a esta Cartera de Estado dentro del mismo plazo.
4. Presentar al Ministerio del Ambiente los Informes Ambientales de Cumplimiento, de conformidad con lo establecido el artículo 51 de la Reforma del Reglamento Ambiental de Actividades Mineras, publicado en el Suplemento del Registro Oficial No. 213, de 27 de marzo de 2014, cuya periodicidad es anual en concordancia con el artículo 262 del Acuerdo Ministerial No. 061 de 07 de abril de 2015.
5. Se mantendrá un programa continuo de monitoreo y seguimiento a las medidas contempladas en el Plan de Manejo Ambiental, cuyos resultados deberán ser entregados al Ministerio del Ambiente de manera trimestral para su respectiva evaluación o correctivos tempranos de manejo, mediante lo establecido el artículo 47 de la Reforma del Reglamento Ambiental de Actividades Mineras, publicado en el Suplemento del Registro Oficial No. 213 de 27 de marzo de 2014.
6. Asegurar la calidad y caudales ecológicos de los cuerpos superficiales de agua, tal como lo señala el artículo 79 de la Ley de Minería.
7. Proporcionar a la Autoridad Ambiental información veraz de todo lo declarado en el Registro y Plan de Manejo Ambiental, cuando se lo requiera.
8. Presentar la modificación al Plan de Manejo Ambiental si mediante cualquier medio de monitoreo, control y seguimiento la Autoridad Ambiental a través de un informe técnico sustentado así lo requiera.
9. Previo a finalizar las actividades mineras de explotación para libres aprovechamientos de obra pública, el Titular Minero deberá remitir a la Autoridad Ambiental para su aprobación un Plan de Cierre y Abandono del área que incluya la recuperación de la misma.
10. Apoyar con todas las facilidades al personal técnico de la Autoridad Ambiental para llevar a cabo monitoreos, y actividades de control y seguimiento y de cumplimiento al Plan de Manejo Ambiental aprobado y normativa ambiental vigente.
11. Cumplir con la normativa ambiental vigente a nivel Nacional y Local.

El plazo de vigencia del presente Registro Ambiental, es desde la fecha de su expedición hasta el término de la ejecución del proyecto.

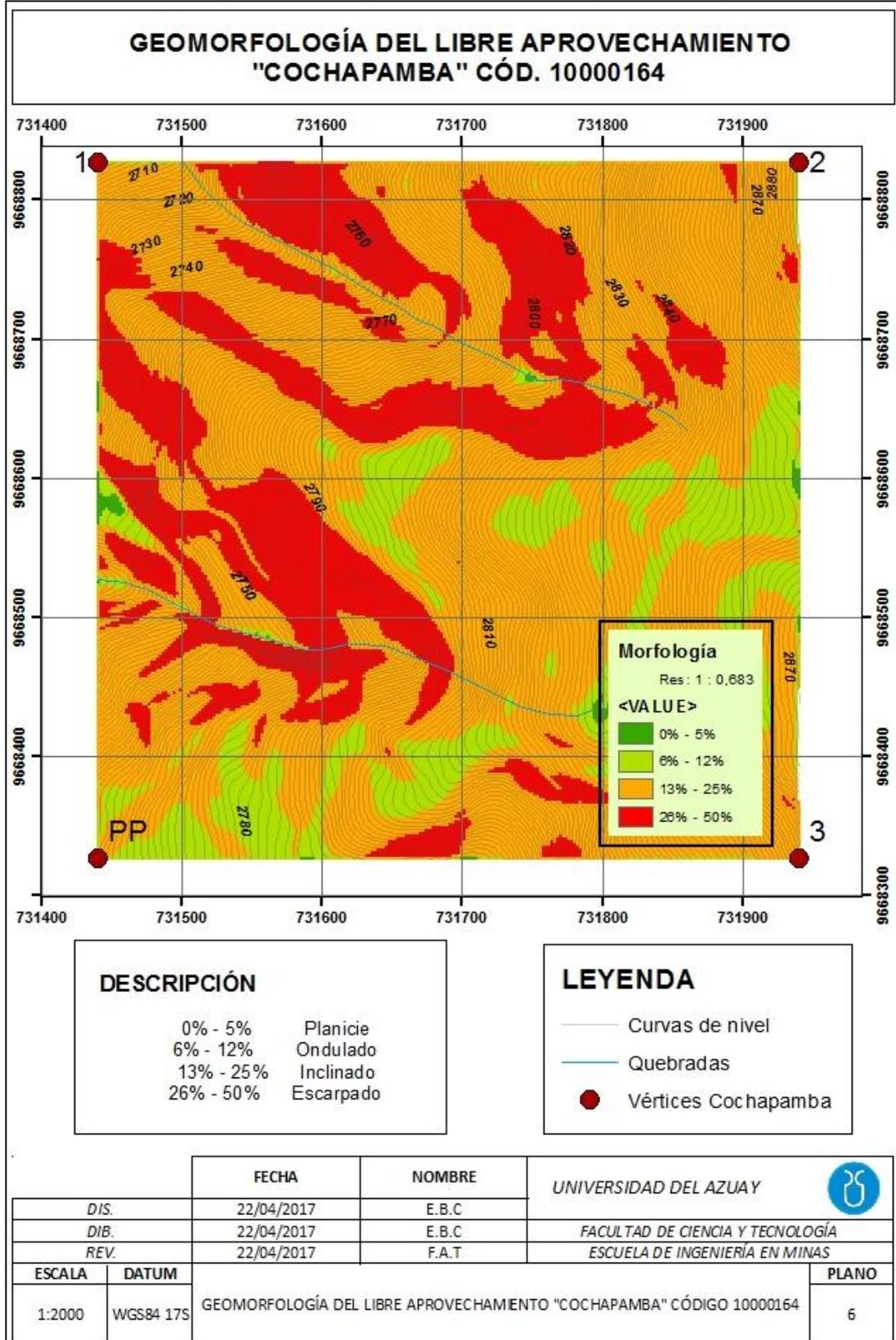
Notifíquese y cúmplase.

Dado en Quito, el 09 de junio de 2017.

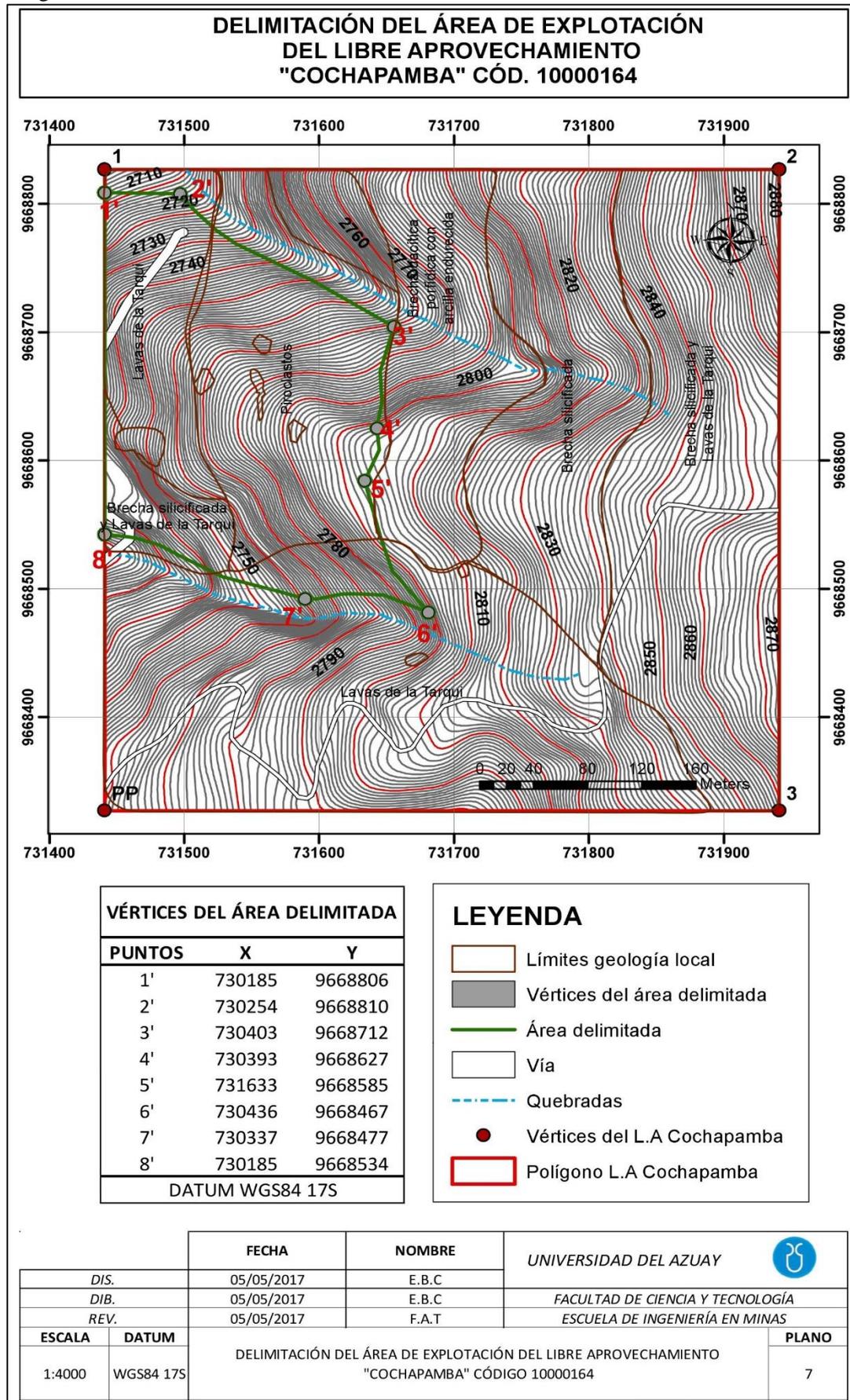
Anexo 3. Levantamiento topográfico del área de Libre Aprovechamiento "Cochapamba" código 10000164.



Anexo 4. Geomorfología del Libre Aprovechamiento "Cochapamba" código 10000164.

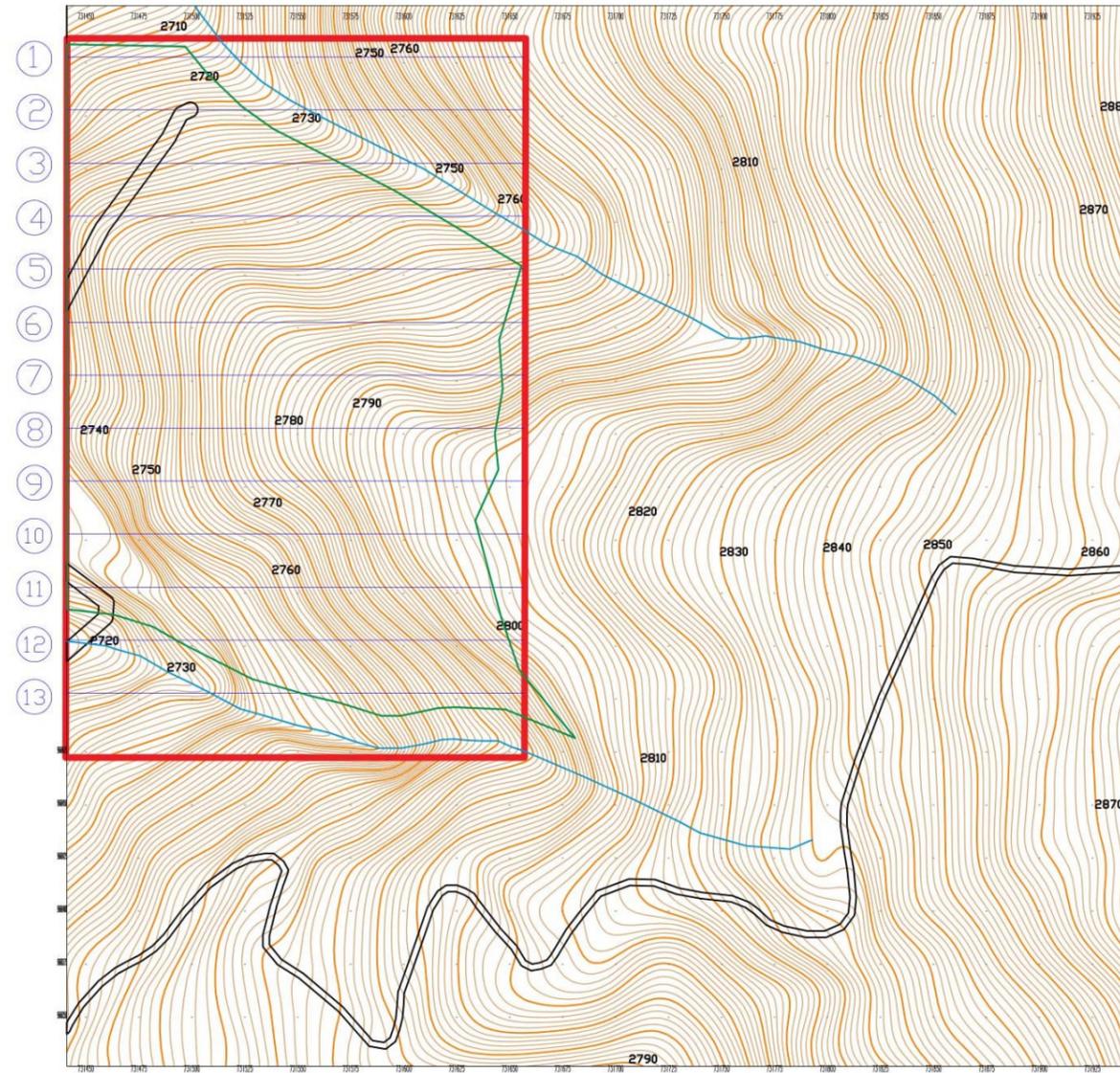


Anexo 5. Delimitación del área de explotación del Libre Aprovechamiento "Cochapamba" código 10000164.



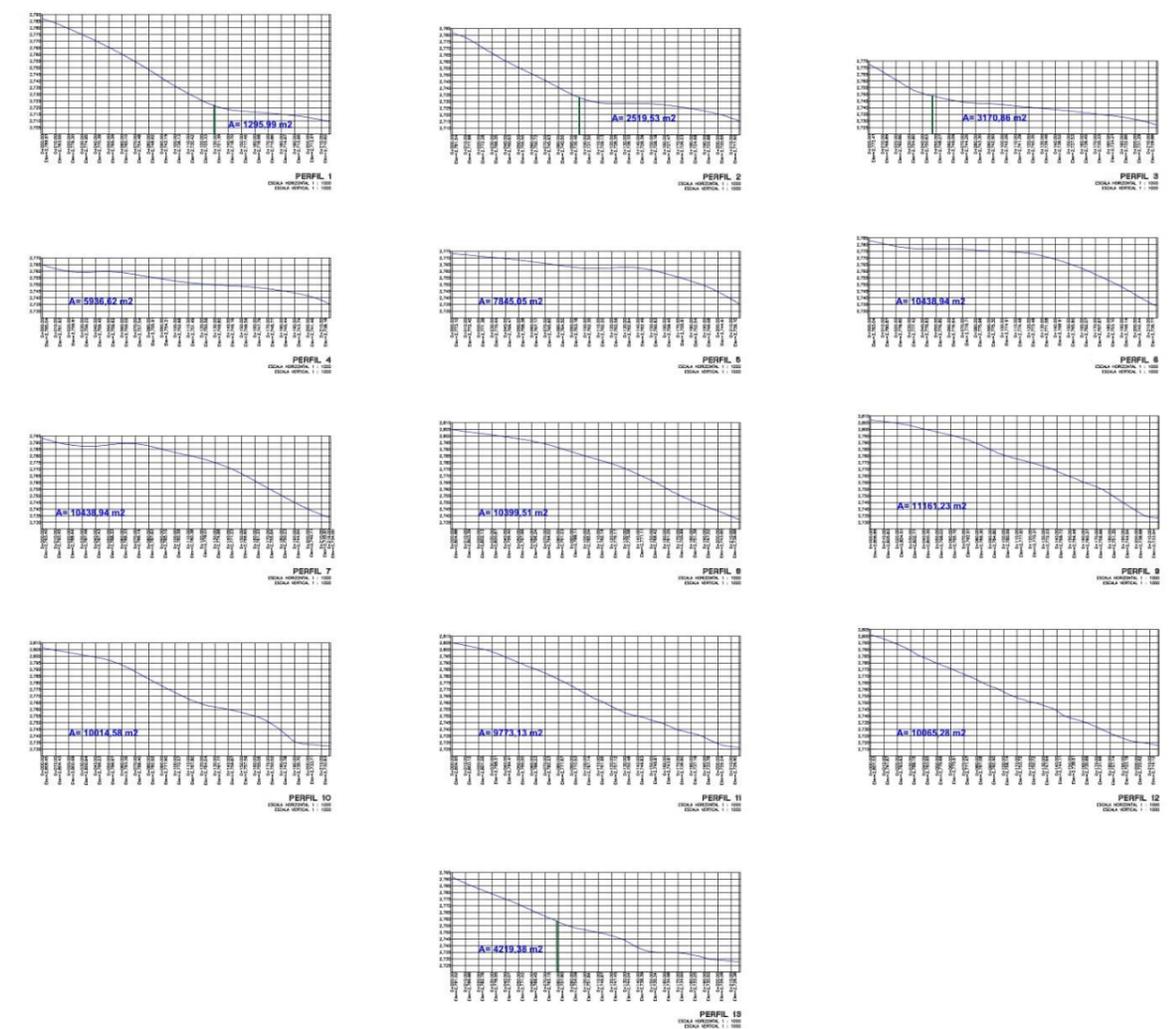
Anexo 6. Estimación de reservas probables.

### TOPOGRAFÍA DEL ÁREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO "COCHAPAMBA" CÓD. 1000164



ESCALA 1:3000

### PERFILES PARA EL CÁLCULO DE RESERVAS



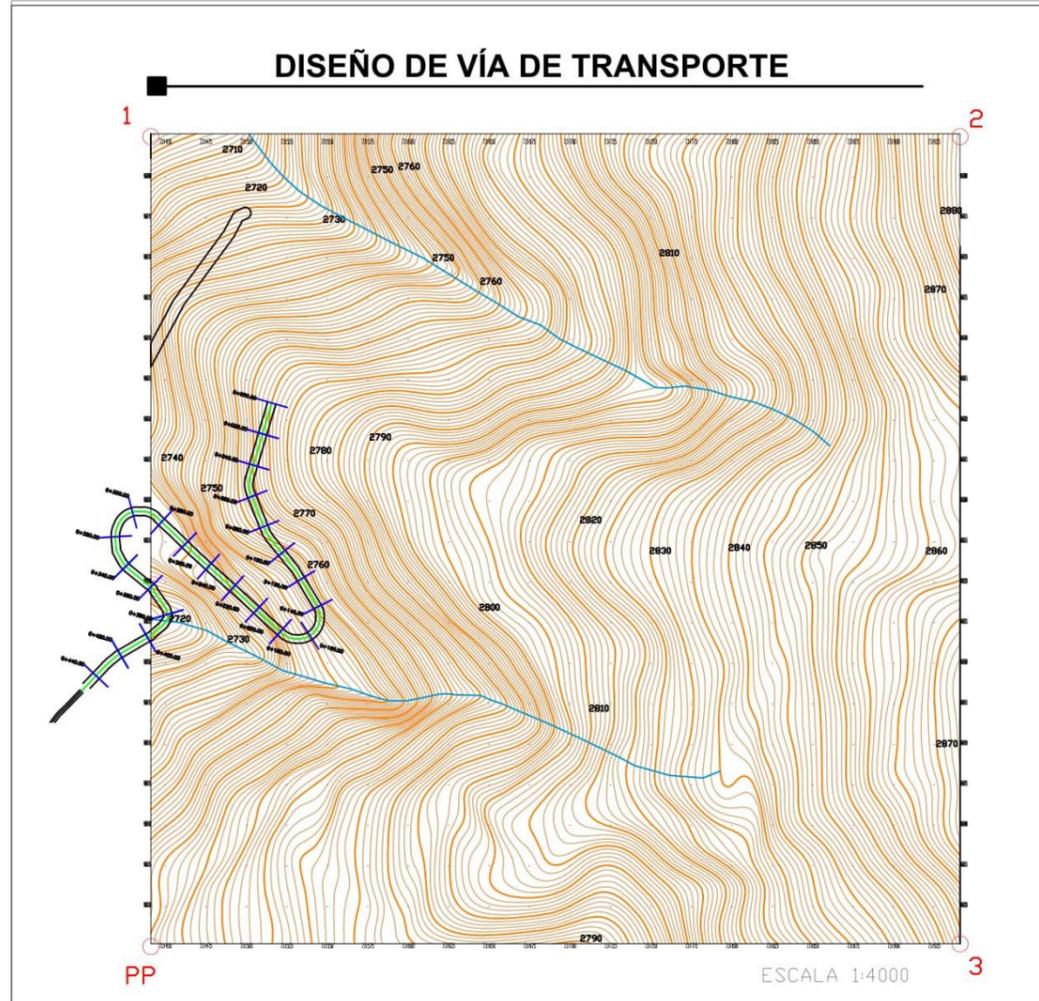
ESCALA 1:5000

LEYENDA

- ÁREA DELIMITADA
- QUEBRADAS
- CURVAS DE NIVEL
- VÍA
- PERFILES

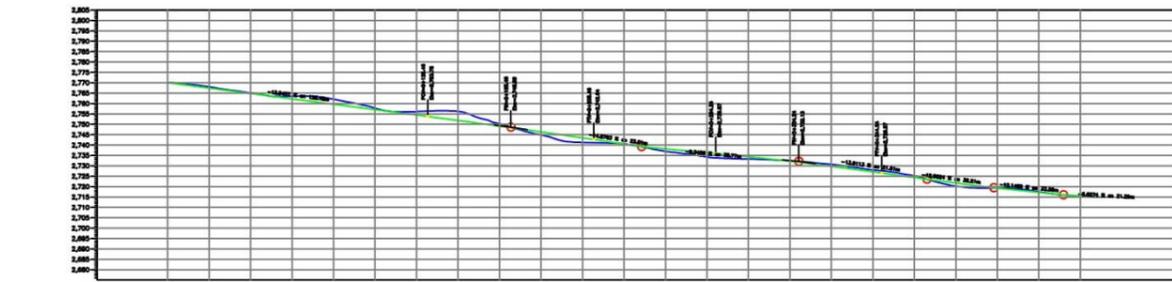
		FECHA	NOMBRE	UNIVERSIDAD DEL AZUAY 	
DIS.		22/04/2017	E.B.C		FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DIB.		22/04/2017	E.B.C		
REV.		22/04/2017	F.A.T	ESCUELA DE INGENIERÍA EN MINAS	
<b>ESCALA</b>	<b>DATUM</b>	PERFILES PARA EL CÁLCULO DE RESERVAS PARA EL LIBRE APROVECHAMIENTO "COCHAPAMBA" CÓDIGO 1000164.			<b>PLANO</b>
Las indicadas	WGS84 17S				8

Anexo 7. Mapa 9. Diseño de vía de acceso

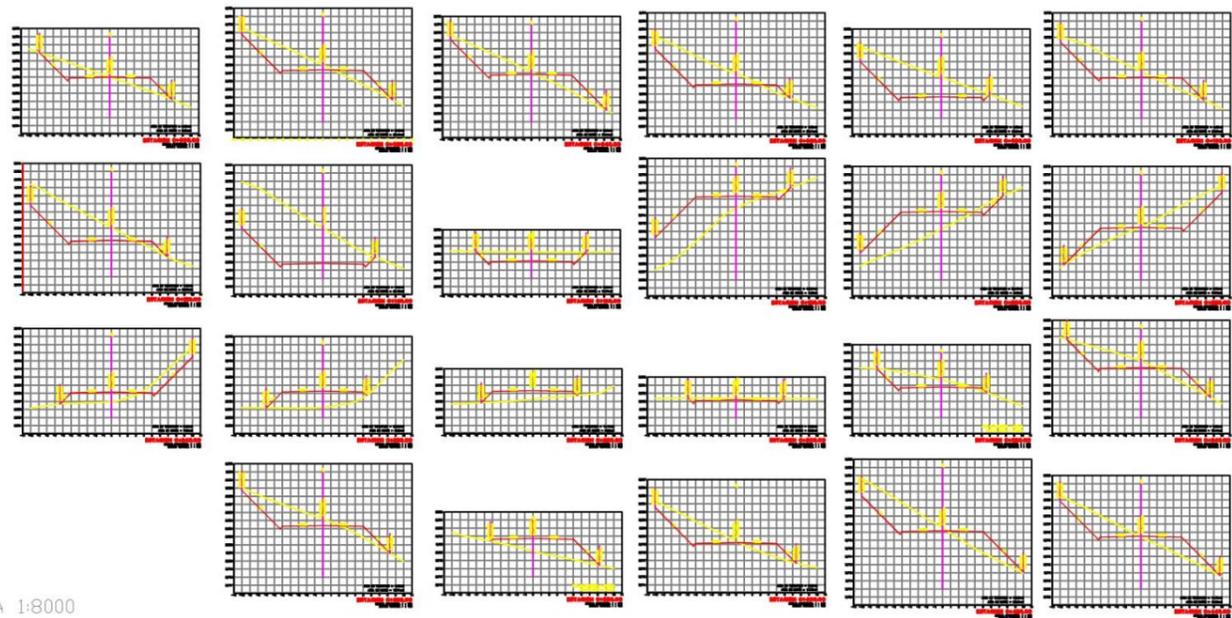


CUADRO DE CURVAS						
CURVA	DELTA	RADIO	ARCO	STAN	CUERDA	AREA BAJO CUERDA
C27	00°14'6.43"	13.15	0.05	0.03	0.05	0.00
C28	37°42'14.25"	13.15	8.85	4.49	8.50	4.02
C29	17°28'33.62"	13.15	4.01	2.02	4.00	0.41
C30	07°42'7.86"	13.15	1.77	0.89	1.77	0.03
C31	33°43'45.21"	13.15	7.74	3.99	7.63	2.89
C32	90°31'2.55"	13.15	20.77	13.27	18.68	50.14
C33	38°42'46.68"	13.15	8.89	4.62	8.72	4.34
C34	01°23'18.71"	13.15	0.32	0.16	0.32	0.00
C35	01°33'14.83"	13.15	0.36	0.18	0.36	0.00
C36	00°33'52.33"	13.15	0.13	0.06	0.13	0.00
C37	02°2'54.92"	13.15	0.47	0.24	0.47	0.00
C38	01°15'13.96"	13.15	0.29	0.14	0.29	0.00
C39	42°16'15.05"	13.15	9.70	5.08	9.48	5.63
C40	63°56'30.88"	13.15	14.88	8.21	13.93	18.82
C41	31°27'47.80"	13.15	7.22	3.70	7.13	2.35
C42	04°0'30.70"	13.15	0.92	0.46	0.92	0.00
C43	22°47'6.44"	13.15	5.23	2.65	5.20	0.90
C44	18°11'4.07"	13.15	4.17	2.10	4.16	0.46
C45	02°45'3.56"	13.15	0.83	0.32	0.63	0.00
C46	19°18'55.04"	13.15	4.43	2.24	4.41	0.55
C47	14°0'36.54"	13.15	3.22	1.62	3.21	0.21
C48	11°7'43.08"	13.15	2.55	1.28	2.55	0.11
C49	00°23'24.56"	13.15	0.09	0.04	0.09	0.00
C50	07°49'42.57"	13.15	1.80	0.90	1.80	0.04
C51	05°18'43.45"	13.15	1.22	0.61	1.22	0.01
C52	03°6'55.71"	13.15	0.72	0.36	0.71	0.00

- LEYENDA
- QUEBRADAS
  - CURVAS DE NIVEL
  - VÍA EXISTENTE
  - VÍA DISEÑADA
  - ESTACIONES

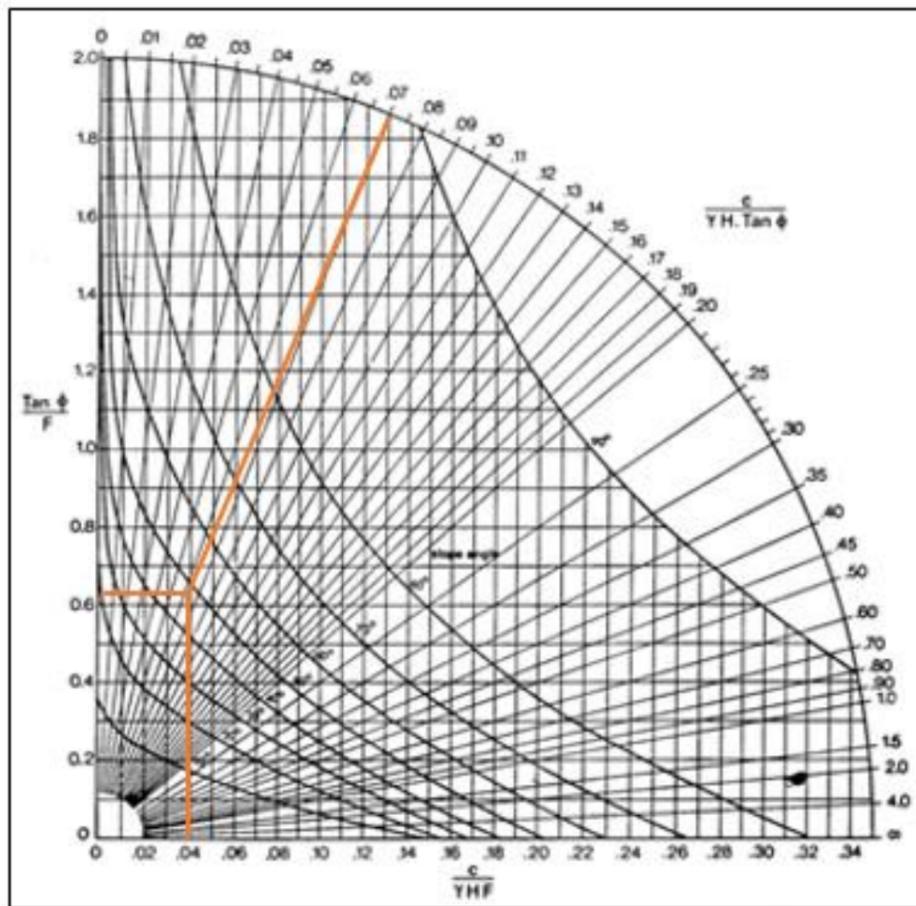


ESTACION	TIPO DE ALBERCAMIENTO	FACTORES DE CORRECCION	ORDENADAS DE LA CURVA MSA	VOLUMEN	ESPESOR	ALIBRANDO
0+000.00			2770.00	0.00	0.00	2770.00
0+050.00			2775.00	0.00	0.00	2775.00
0+100.00			2780.00	0.00	0.00	2780.00
0+150.00			2785.00	0.00	0.00	2785.00
0+200.00			2790.00	0.00	0.00	2790.00
0+250.00			2795.00	0.00	0.00	2795.00
0+300.00			2800.00	0.00	0.00	2800.00
0+350.00			2805.00	0.00	0.00	2805.00
0+400.00			2810.00	0.00	0.00	2810.00



		FECHA	NOMBRE	UNIVERSIDAD DEL AZUAY 
DIS.		13/05/2017	E.B.C	
DIB.		13/05/2017	E.B.C	
REV.		13/05/2017	F.A.T	
ESCALA	DATUM	DISEÑO DE VÍA DE TRANSPORTE PARA LA CANTERA DE LIBRE APROVECHAMIENTO "COCHAPAMBA" CÓD. 10000164		
Las indicadas	WGS84 17S			
				PLANO
				9

## Anexo 8. Estabilidad del talud



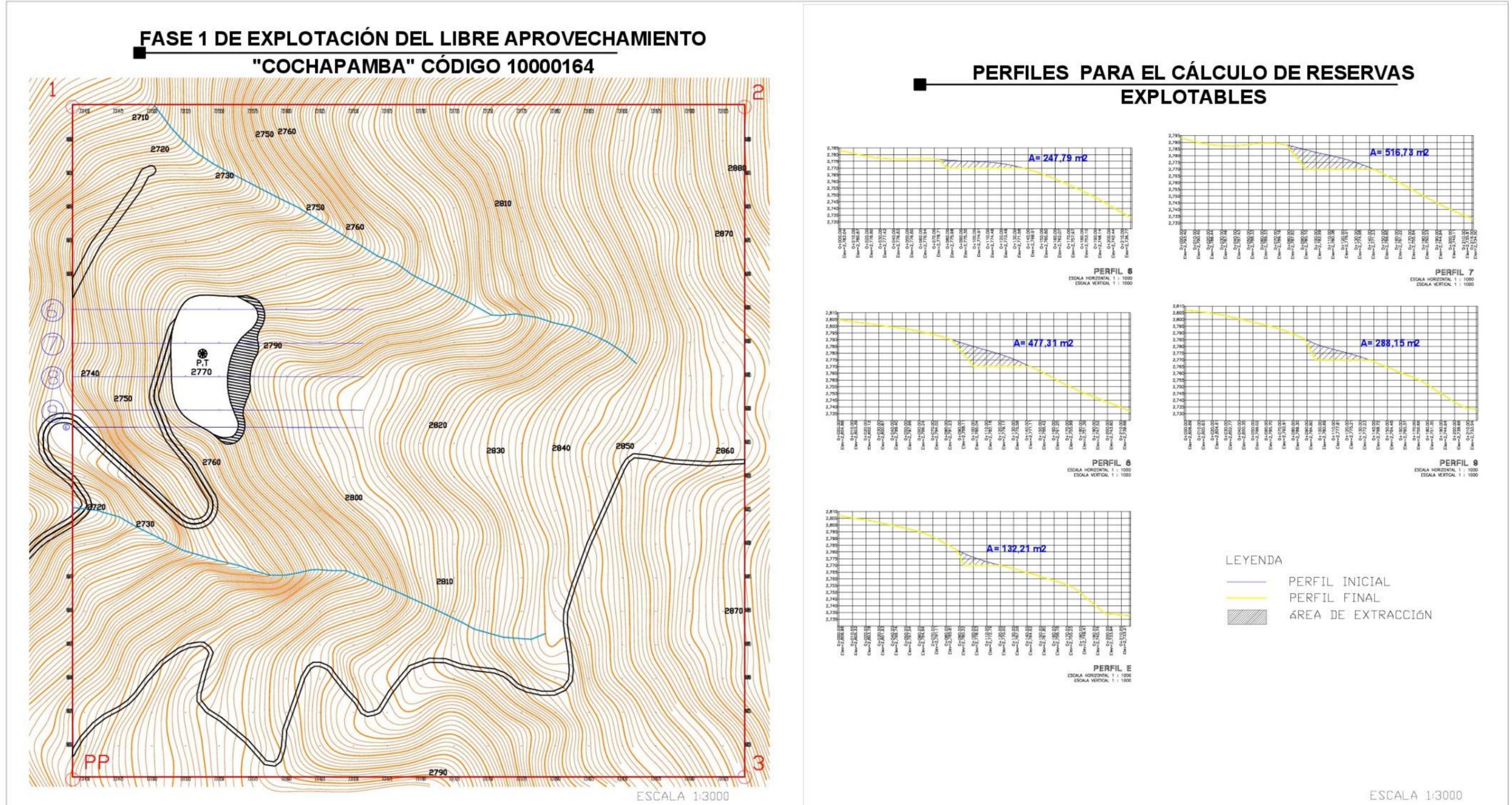
Ábaco de falla circular N° 2  
Fuente: (Hoek & Bray, 1981)

Parámetros del talud y determinación del factor de seguridad con ábaco 2.

**PARÁMETROS DE ESTABILIDAD DE TALUD ANALIZADOS CON ÁBACO DE ROTURA CIRCULAR N°2**

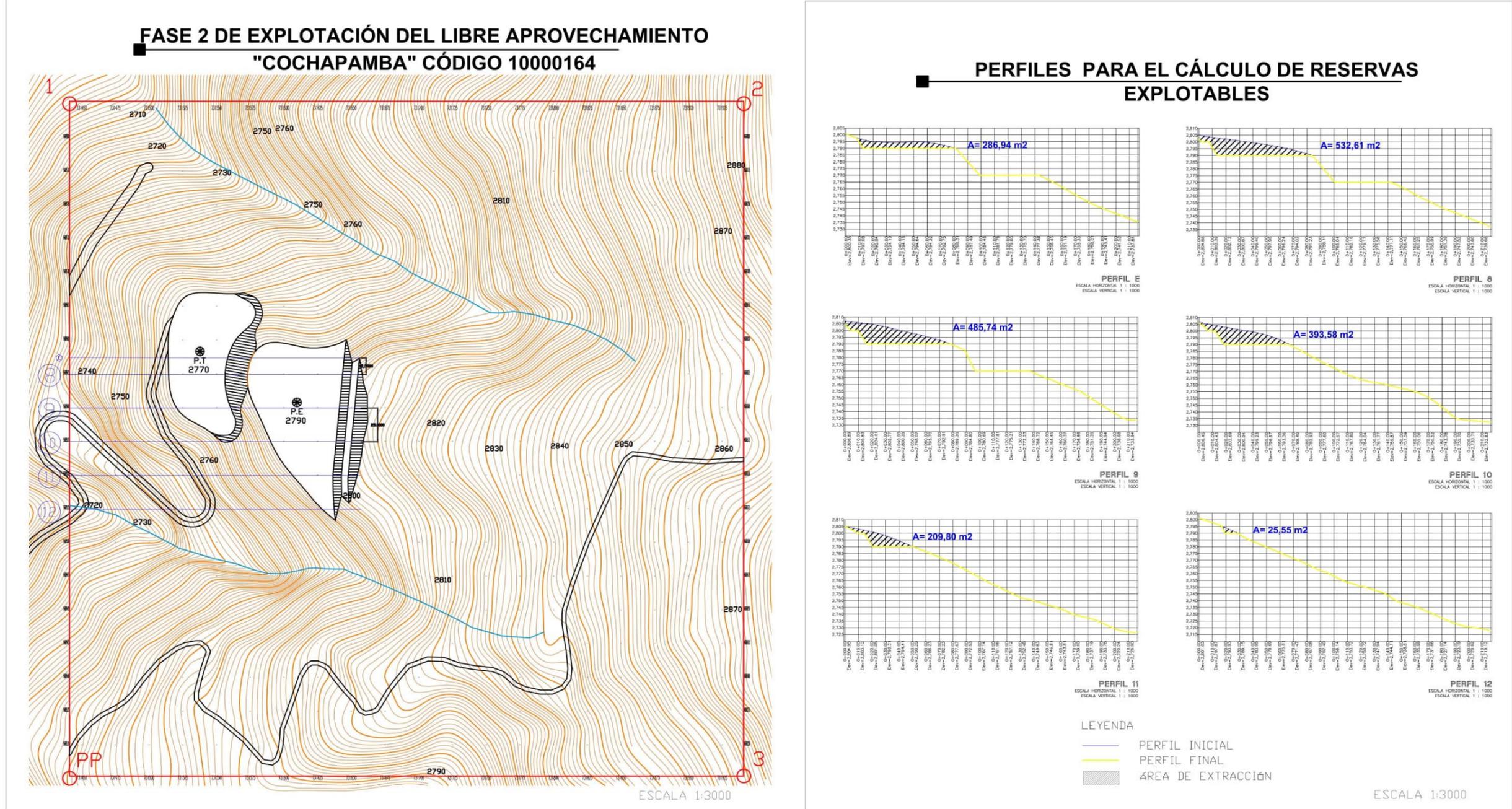
Ángulo de talud	Altura del banco (H)	$\frac{c}{\gamma H \tan \phi}$	$\frac{\tan \phi}{F}$	Factor de seguridad
50°	20 mts	0,07	0,62	<b>1,3</b>

Anexo 9. Fase 1 de explotación de cantera.



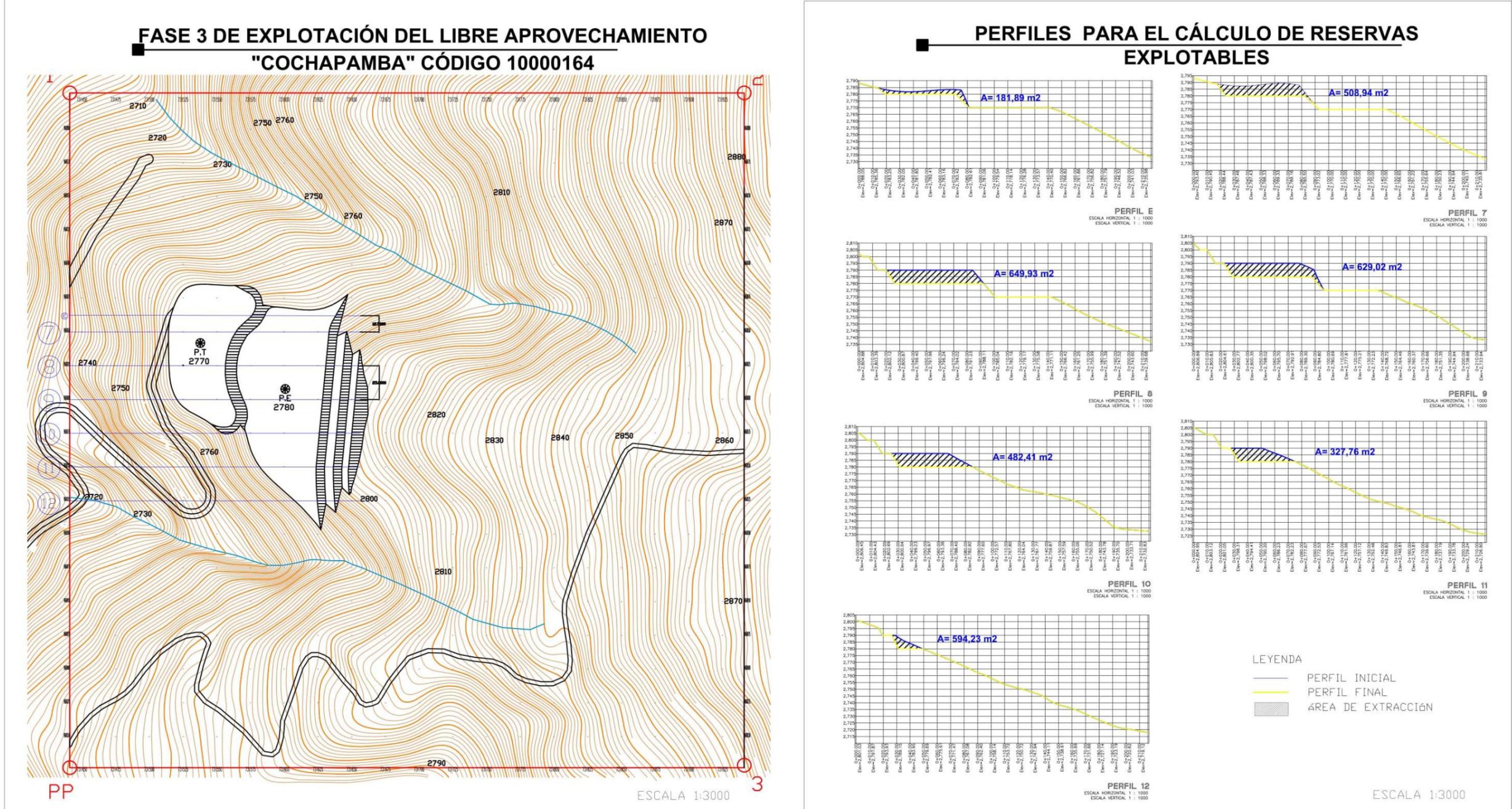
<p><b>LEYENDA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: blue;">—</span> QUEBRADAS</li> <li><span style="color: orange;">—</span> CURVAS DE NIVEL</li> <li><span style="color: black;">—</span> VÍA</li> <li><span style="color: black;">—</span> PERFILES</li> </ul>			<b>FECHA</b>	<b>NOMBRE</b>	UNIVERSIDAD DEL AZUAY
	DIS.		28/07/2017	E.B.C	
	DIB.		28/07/2017	E.B.C	
	REV.		28/07/2017	F.A.T	UNIVERSIDAD DEL AZUAY
<b>ESCALA</b>		<b>DATUM</b>		<b>PLANO</b>	
Las indicadas		WGS84 17S		10	
PERFILES PARA EL CÁLCULO DE RESERVAS EXPLOTABLES PARA LA FASE 1 DE EXTRACCIÓN DEL LIBRE APROVECHAMIENTO "COCHAPAMBA" CÓDIGO 10000164.					

Anexo 10. Fase 2 de explotación de cantera.



<p>LEYENDA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: blue;">—</span> QUEBRADAS</li> <li><span style="color: orange;">—</span> CURVAS DE NIVEL</li> <li><span style="color: black;">—</span> VÍA</li> <li><span style="color: blue;">—</span> PERFILES</li> </ul>			<b>FECHA</b>	<b>NOMBRE</b>	UNIVERSIDAD DEL AZUAY
	DIS.		28/07/2017	E.B.C	
	DIB.		28/07/2017	E.B.C	
	REV.		28/07/2017	F.A.T	FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
<b>ESCALA</b>	<b>DATUM</b>	PERFILES PARA EL CÁLCULO DE RESERVAS EXPLOTABLES PARA LA FASE 2 DE EXTRACCIÓN DEL LIBRE APROVECHAMIENTO "COCHAPAMBA" CÓDIGO 10000164.			<b>PLANO</b>
Las indicadas	WGS84 17S				11

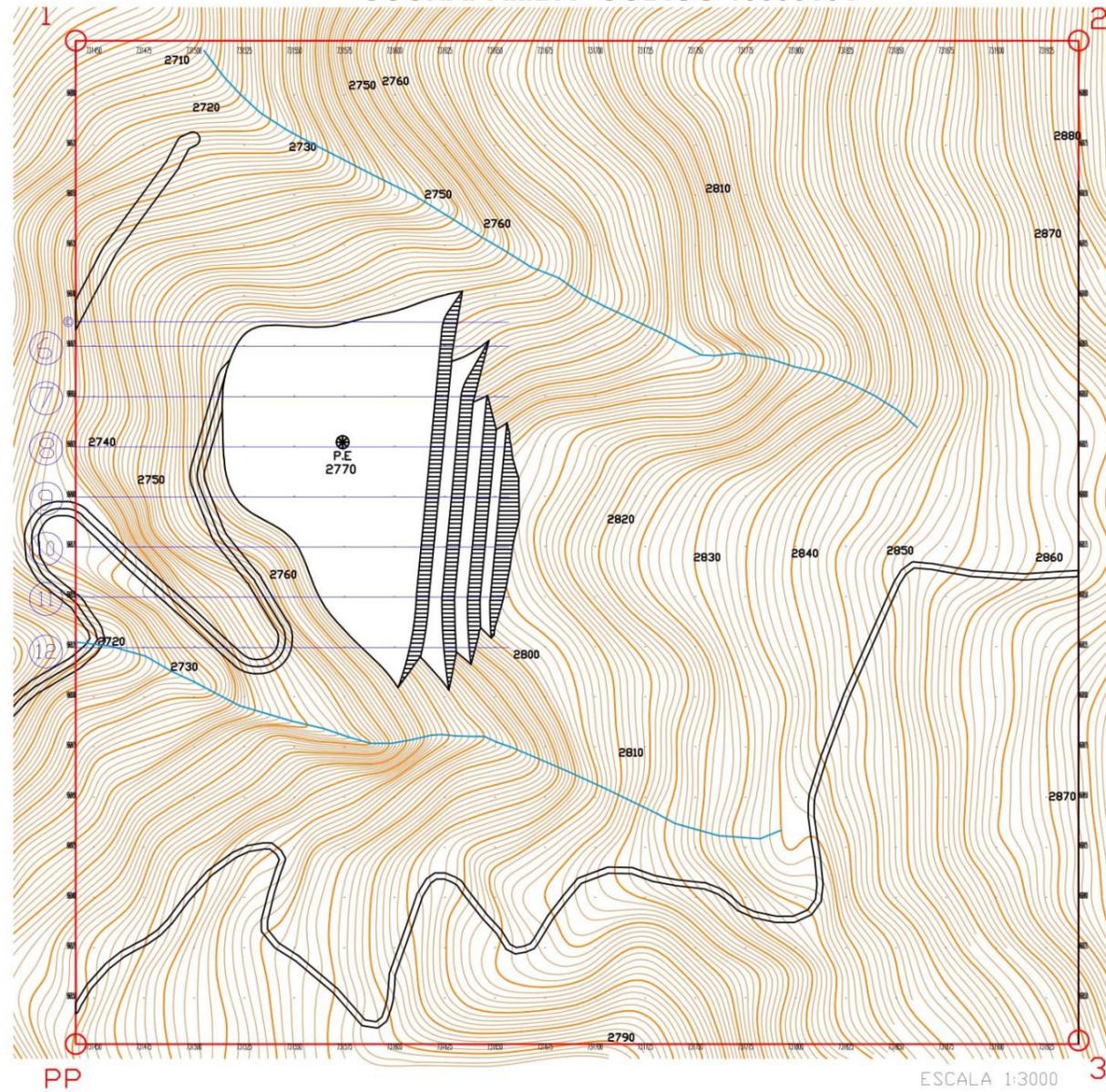
Anexo 11. Fase 3 de explotación de cantera.



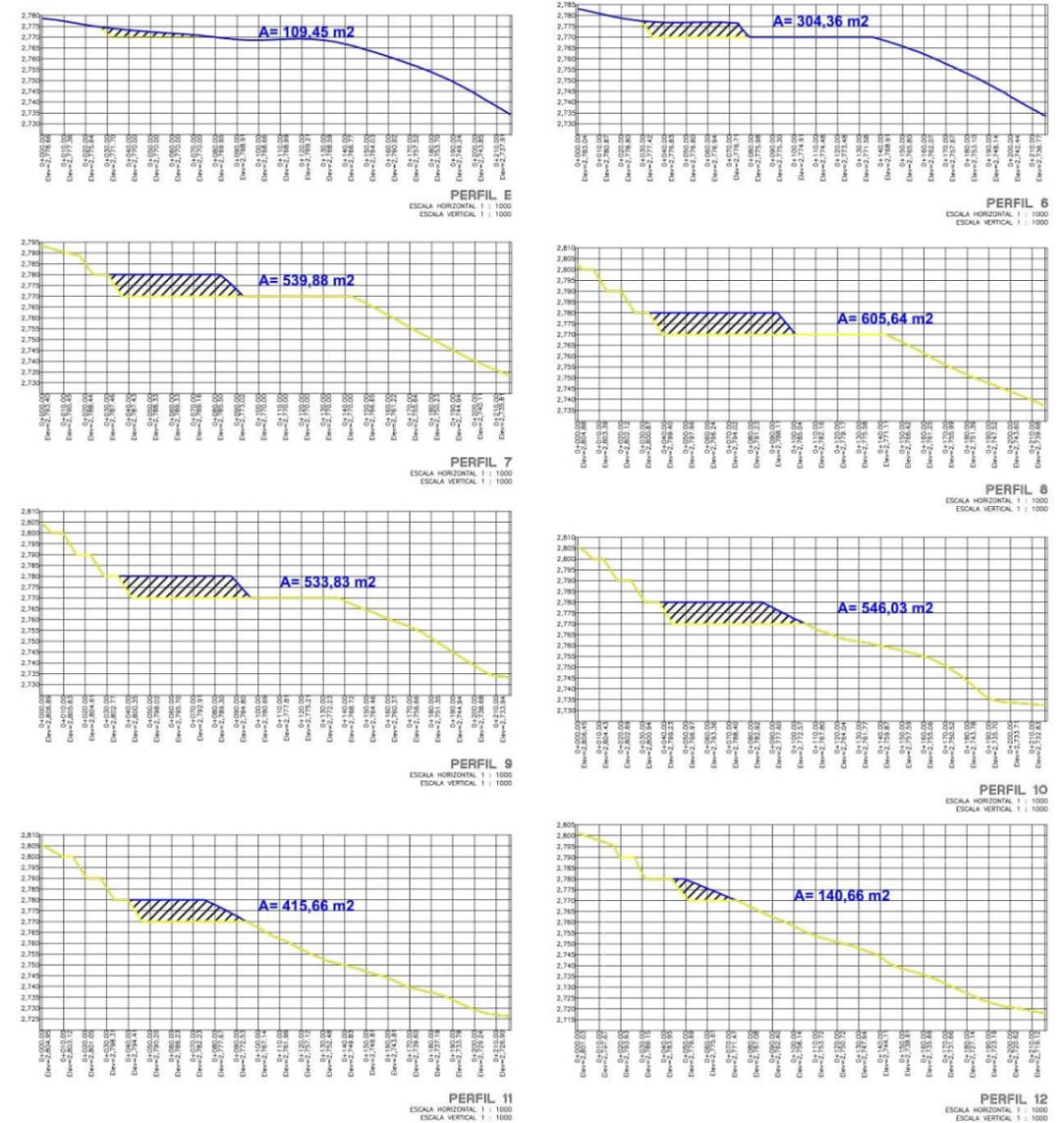
<p><b>LEYENDA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: blue;">—</span> QUEBRADAS</li> <li><span style="color: orange;">—</span> CURVAS DE NIVEL</li> <li><span style="color: black;">—</span> VÍA</li> <li><span style="color: black;">—</span> PERFILES</li> </ul>		<b>FECHA</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>UNIVERSIDAD DEL AZUAY</b>
	DIS.	28/07/2017	E.B.C	FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
	DIB.	28/07/2017	E.B.C	ESCUOLA DE INGENIERÍA EN MINAS
	REV.	28/07/2017	F.A.T	
<b>ESCALA</b>	<b>DATUM</b>	PERFILES PARA EL CÁLCULO DE RESERVAS EXPLOTABLES PARA LA FASE 3 DE EXTRACCIÓN DEL LIBRE APROVECHAMIENTO "COCHAPAMBA" CÓDIGO 10000164.		<b>PLANO</b>
Las indicadas	WGS84 17S			12

Anexo 12. Fase 4 de explotación de cantera.

**FASE 4 DE EXPLOTACIÓN DEL LIBRE APROVECHAMIENTO  
"COCHAPAMBA" CÓDIGO 10000164**



**PERFILES PARA EL CÁLCULO DE RESERVAS  
EXPLOTABLES**



ESCALA 1:3000

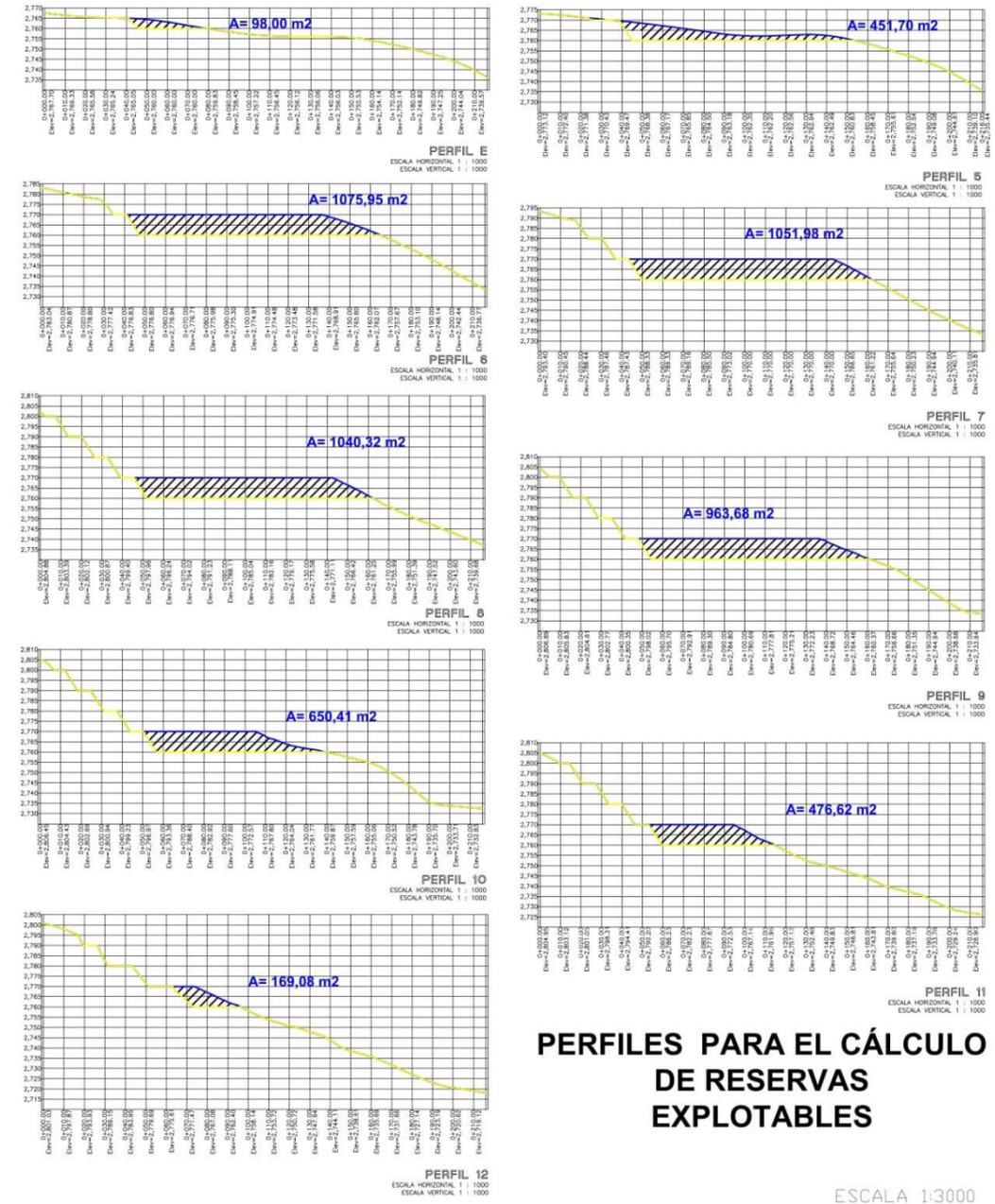
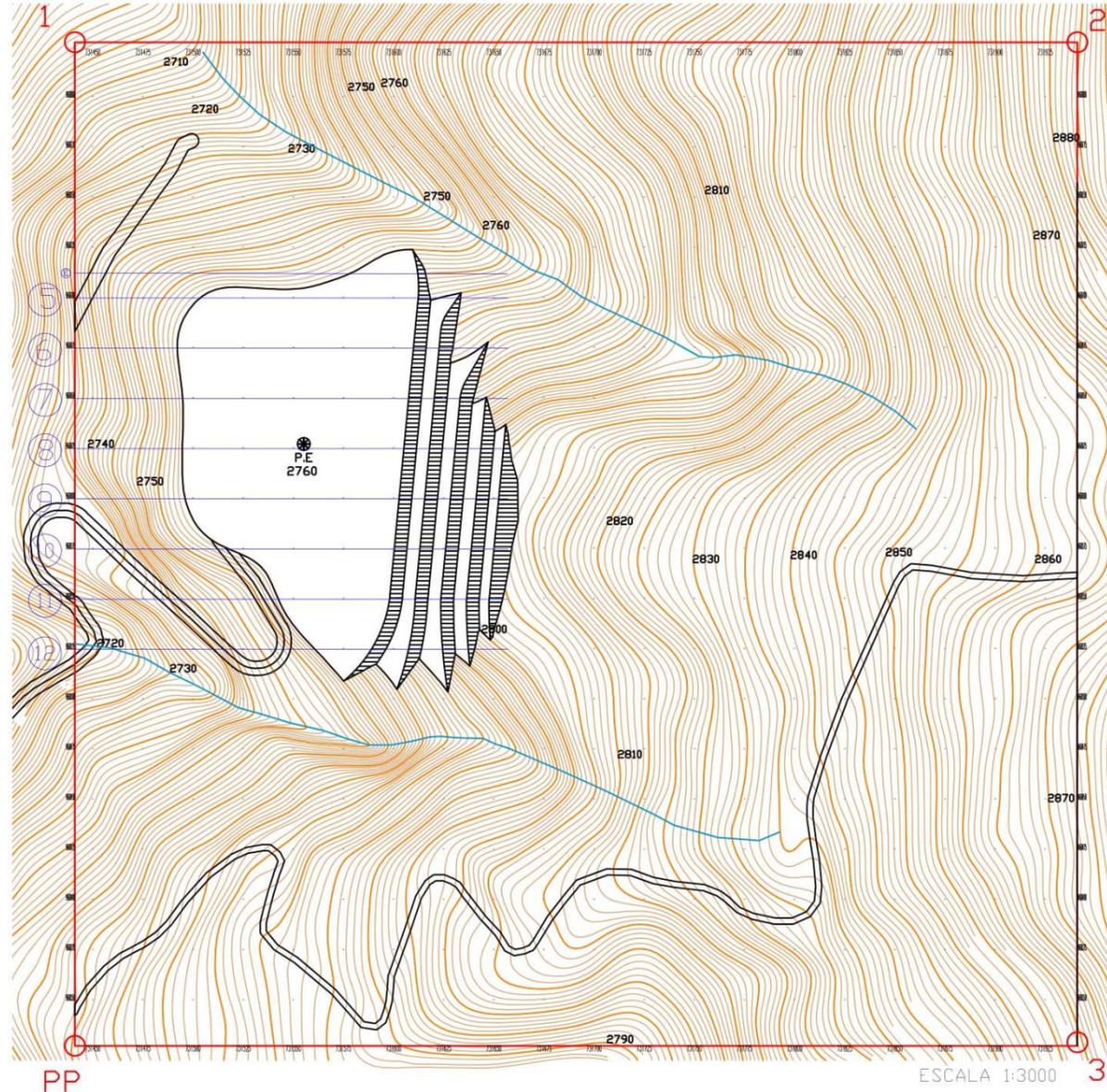
LEYENDA

- QUEBRADAS
- CURVAS DE NIVEL
- VÍA
- PERFILES
- PERFIL INICIAL
- PERFIL FINAL
- ÁREA DE EXTRACCIÓN

		FECHA	NOMBRE	UNIVERSIDAD DEL AZUAY 	
DIS.		28/07/2017	E.B.C		FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DIB.		28/07/2017	E.B.C		
REV.		28/07/2017	F.A.T	ESCUELA DE INGENIERÍA EN MINAS	
<b>ESCALA</b>	<b>DATUM</b>	PERFILES PARA EL CÁLCULO DE RESERVAS EXPLOTABLES PARA LA FASE 4 DE EXTRACCIÓN DEL LIBRE APROVECHAMIENTO "COCHAPAMBA" CÓDIGO 10000164.			
Las indicadas	WGS84 17S				
				<b>PLANO</b>	
				13	

Anexo 13. Fase 5 de explotación de cantera.

**FASE 5 DE EXPLOTACIÓN DEL LIBRE APROVECHAMIENTO  
"COCHAPAMBA" CÓDIGO 10000164**



**PERFILES PARA EL CÁLCULO DE RESERVAS EXPLOTABLES**

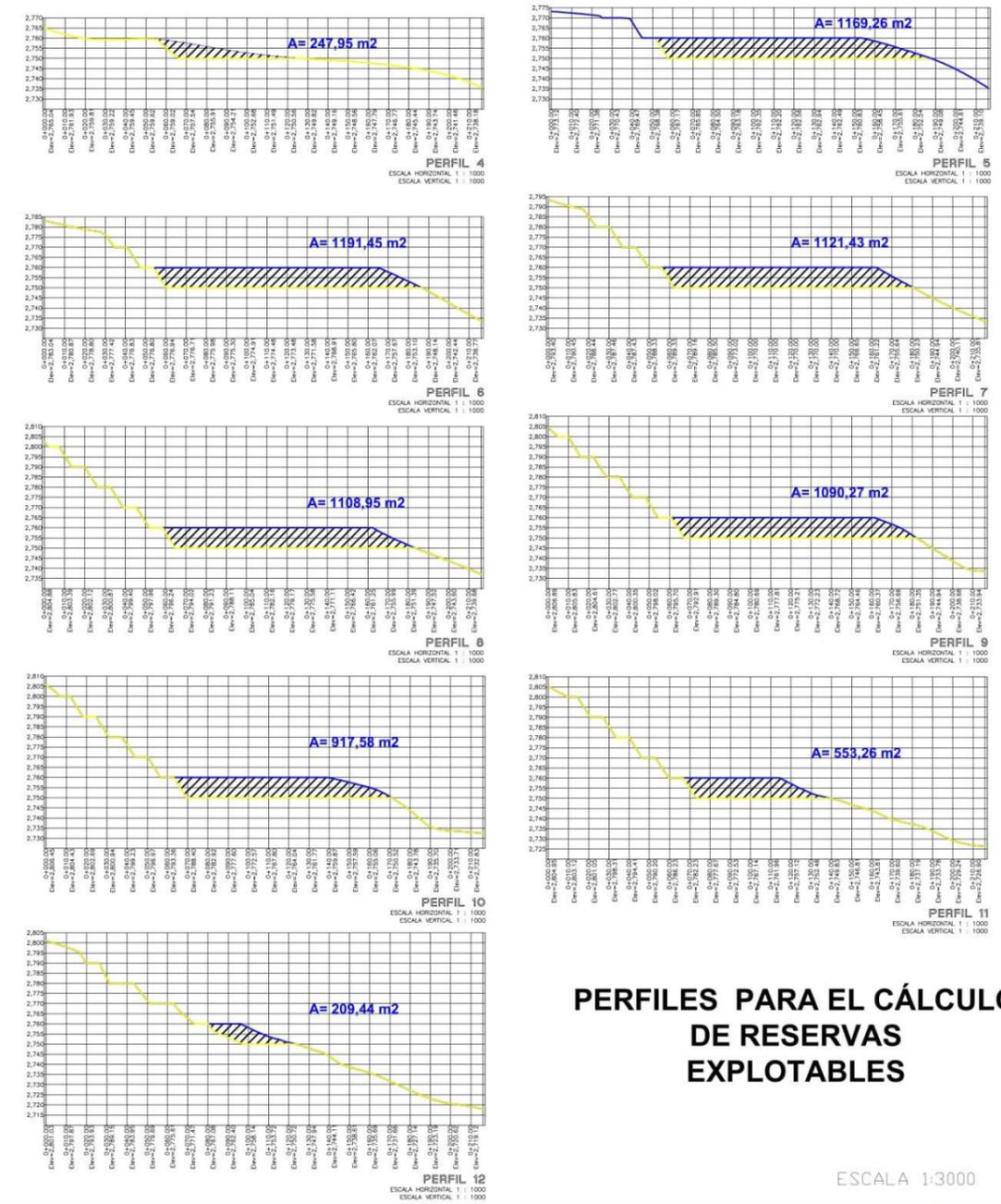
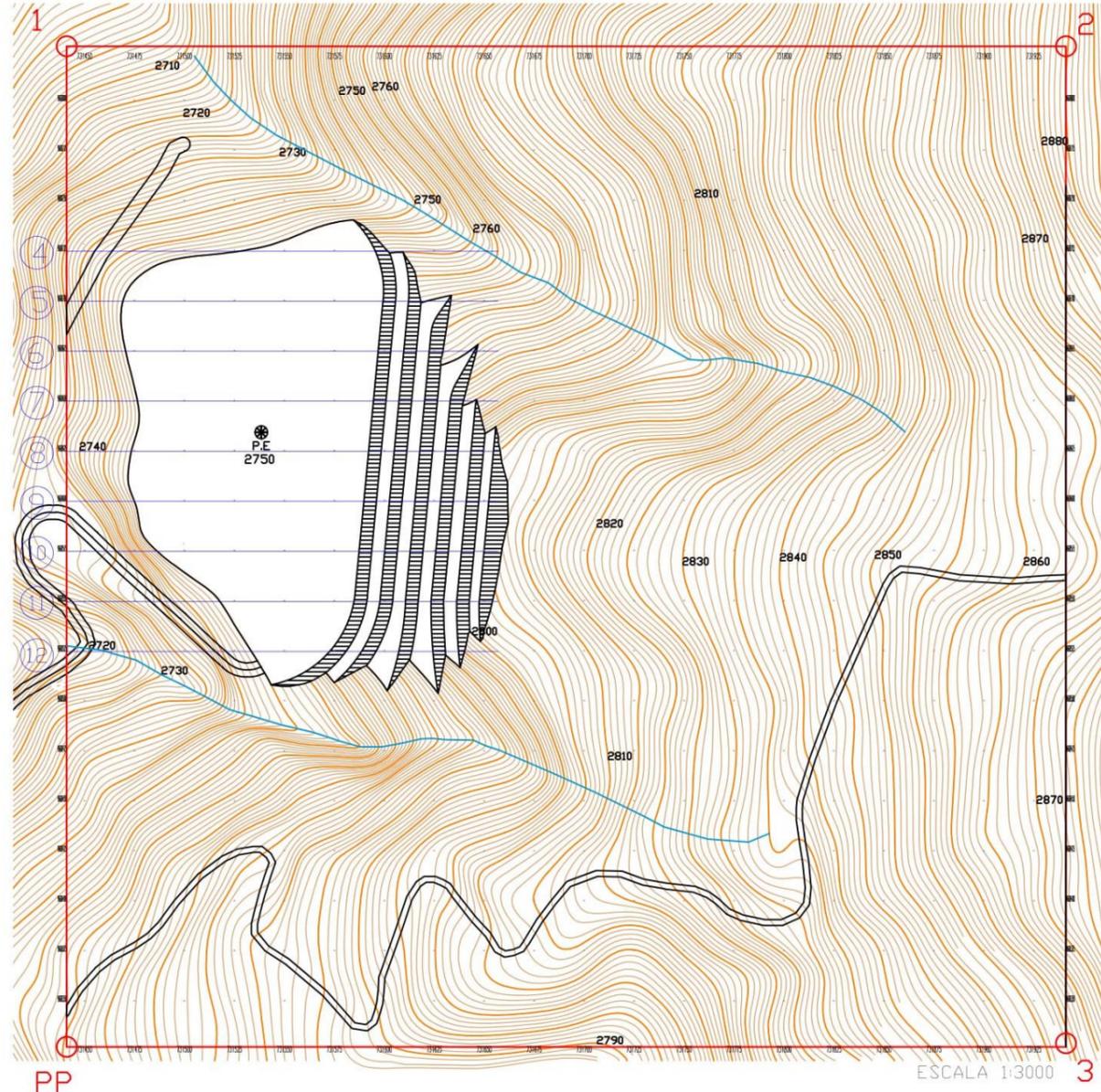
LEYENDA

- QUEBRADAS
- CURVAS DE NIVEL
- VÍA
- PERFILES
- PERFIL INICIAL
- PERFIL FINAL
- ÁREA DE EXTRACCIÓN

		FECHA	NOMBRE	UNIVERSIDAD DEL AZUAY 
DIS.		28/07/2017	E.B.C	
DIB.		28/07/2017	E.B.C	
REV.		28/07/2017	F.A.T	
ESCALA	DATUM	PERFILES PARA EL CÁLCULO DE RESERVAS EXPLOTABLES PARA LA FASE 5 DE EXTRACCIÓN DEL LIBRE APROVECHAMIENTO "COCHAPAMBA" CÓDIGO 10000164.		PLANO
Las indicadas	WGS84 17S			14

Anexo 14. Fase 6 de explotación de cantera.

**FASE 6 DE EXPLOTACIÓN DEL LIBRE APROVECHAMIENTO  
"COCHAPAMBA" CÓDIGO 1000164**



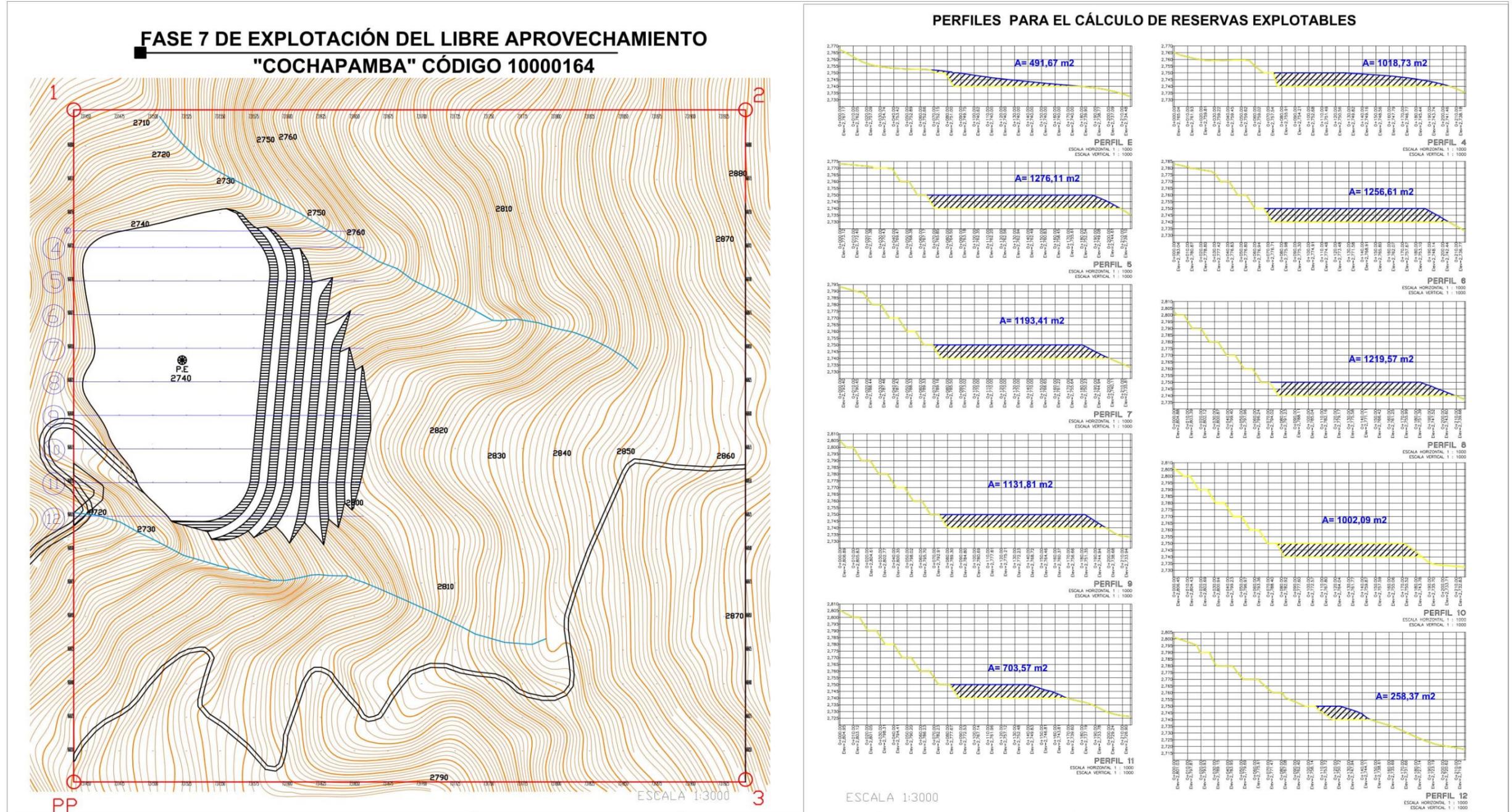
**PERFILES PARA EL CÁLCULO DE RESERVAS EXPLOTABLES**

LEYENDA

- QUEBRADAS
- CURVAS DE NIVEL
- VÍA
- PERFILES
- PERFIL INICIAL
- PERFIL FINAL
- ÁREA DE EXTRACCIÓN

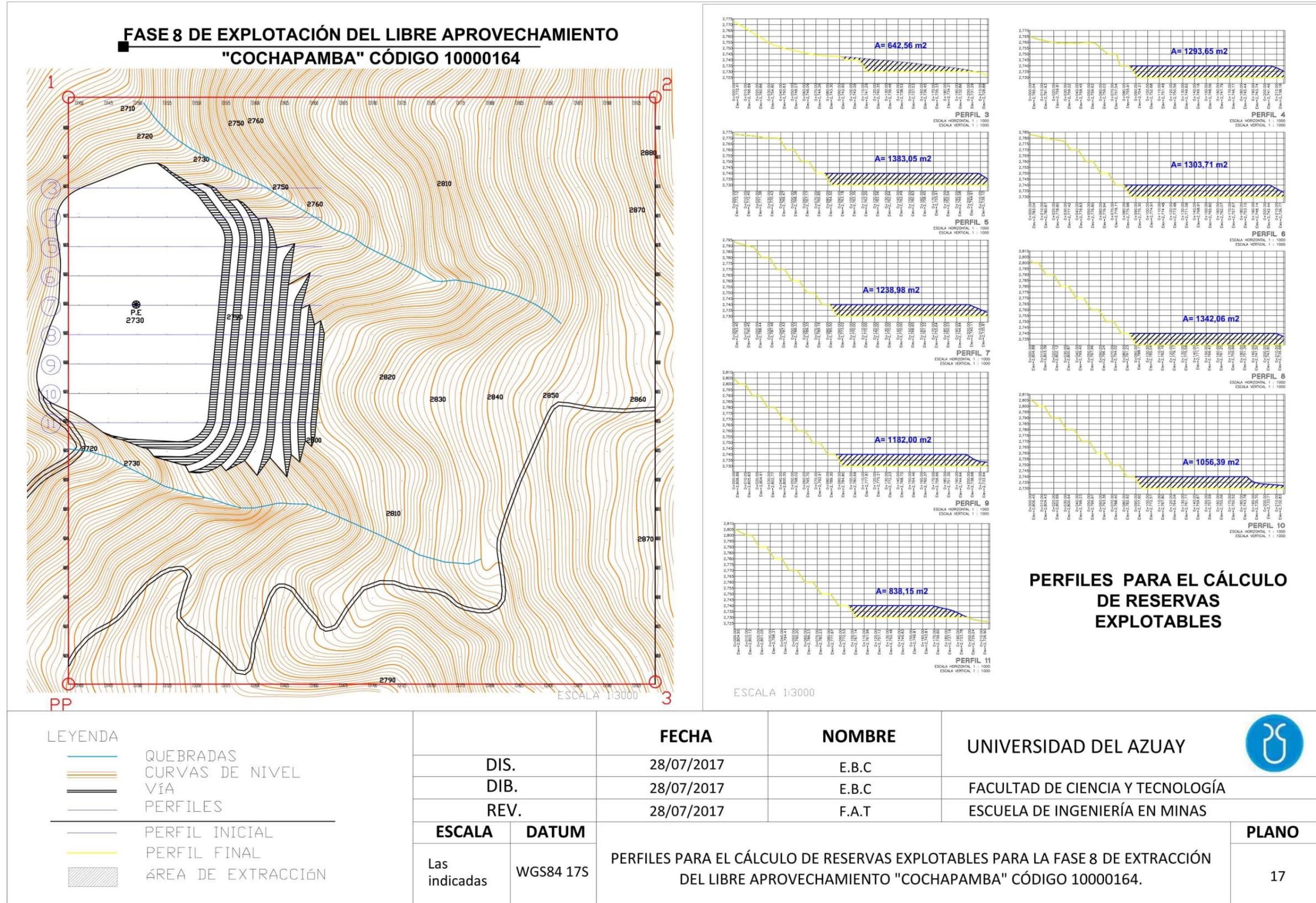
		FECHA	NOMBRE	UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ESCUELA DE INGENIERÍA EN MINAS	 <b>PLANO</b> 15
DIS.		28/07/2017	E.B.C		
DIB.		28/07/2017	E.B.C		
REV.		28/07/2017	F.A.T		
<b>ESCALA</b>	<b>DATUM</b>	PERFILES PARA EL CÁLCULO DE RESERVAS EXPLOTABLES PARA LA FASE 6 DE EXTRACCIÓN DEL LIBRE APROVECHAMIENTO "COCHAPAMBA" CÓDIGO 1000164.			
Las indicadas	WGS84 17S				

Anexo 15. Fase 7 de explotación de cantera.



LEYENDA		FECHA	NOMBRE	UNIVERSIDAD DEL AZUAY	
—	QUEBRADAS	DIS.	28/07/2017		
—	CURVAS DE NIVEL	DIB.	28/07/2017	E.B.C	
—	VÍA	REV.	28/07/2017	F.A.T	
—	PERFILES	<b>ESCALA</b>	<b>DATUM</b>	<b>PERFILES PARA EL CÁLCULO DE RESERVAS EXPLOTABLES PARA LA FASE 7 DE EXTRACCIÓN DEL LIBRE APROVECHAMIENTO "COCHAPAMBA" CÓDIGO 1000164.</b>	
—	PERFIL INICIAL	Las indicadas	WGS84 17S		
—	PERFIL FINAL				16
■	ÁREA DE EXTRACCIÓN				

Anexo 16. Fase 8 de explotación en cantera.



Anexo 17. Matriz IPER.

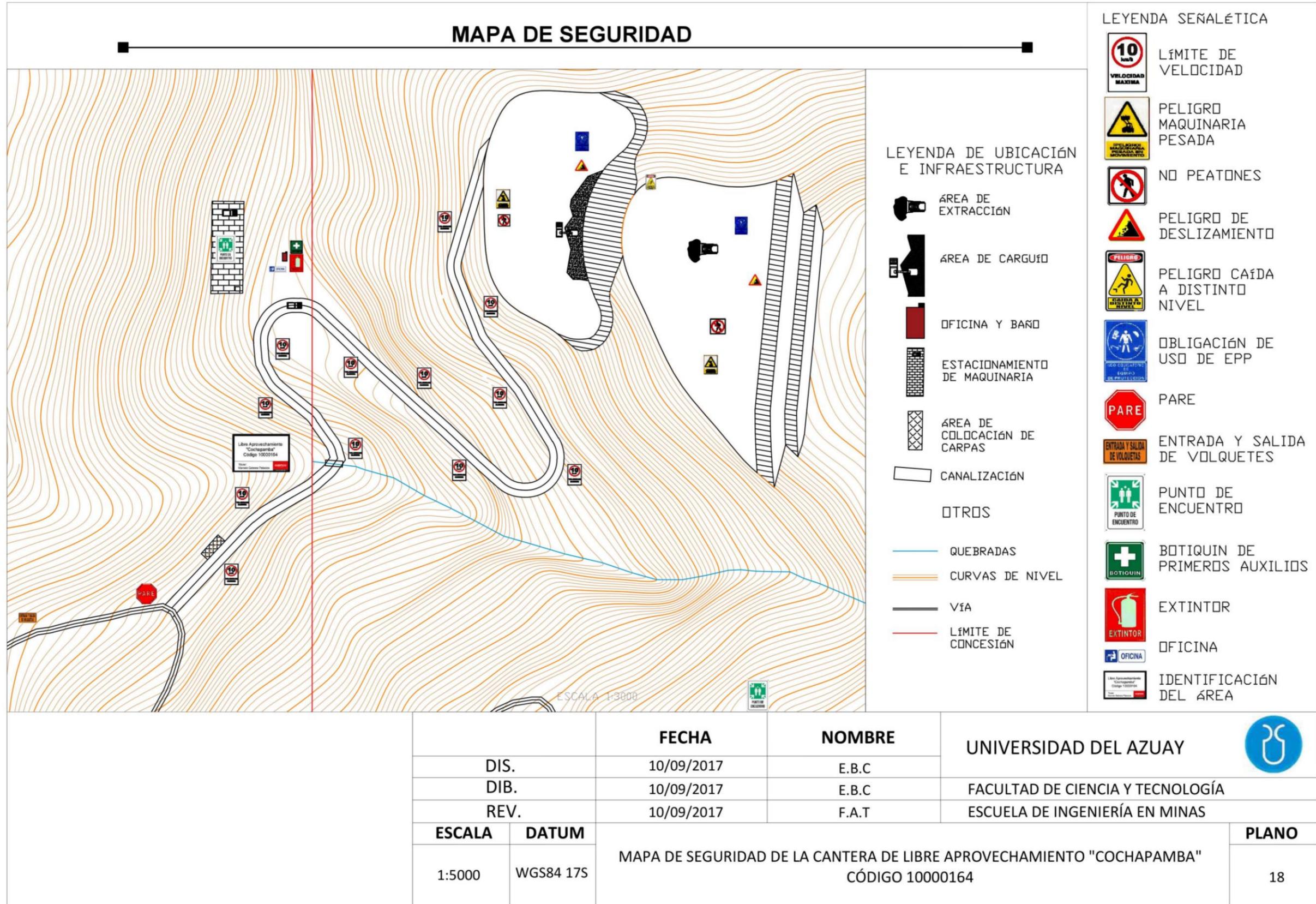
MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS										CALIFICACIÓN DEL RIESGO DESPUÉS DE LA ADMINISTRACIÓN		
ACTIVIDAD	Factor de Riesgo	PELIGRO	RIESGO	Probabilidad	Consecuencia	CLASIFICACIÓN	ADMINISTRACIÓN			Probabilidad	Consecuencia	CLASIFICACIÓN
							¿Se puede implementar ingeniería o aislamiento?	¿Se puede administrar el riesgo?	¿Qué equipos de protección personal son aplicables?			
Arranque de material	FÍSICO	Existencia de personas alrededor del equipo	Atropellamiento	baja	muy grave	<b>Riesgo Moderado</b>	-	Colocación de señalética de prohibición y advertencia	Casco, Gafas, Vestimenta con cintas reflectoras, zapatos punta de acero, guantes.	baja	grave	<b>Riesgo Tolerable</b>
Empuje del material de un nivel a otro	FÍSICO	Existencia de maquinaria o personal en la plataforma de carguío	Caída de material	media	muy grave	<b>Riesgo Importante</b>	-	Implementación de mecanismos de comunicación y alarma para efectuar el trasiego de material de nivel a otro / Colocación de señalética de advertencia	Casco, Gafas, Vestimenta con cintas reflectoras, zapatos punta de acero, guantes.	baja	grave	<b>Riesgo Tolerable</b>
Carguío de material	FÍSICO	Existencia de personas alrededor del equipo	Caída de material	baja	grave	<b>Riesgo Tolerable</b>	-	Colocación de señalética de prohibición y advertencia	Casco, Gafas, Vestimenta con cintas reflectoras, zapatos punta de acero, guantes.	baja	grave	<b>Riesgo Tolerable</b>
Transporte de material	FÍSICO	Existencia de personas alrededor del equipo	Atropellamiento	alta	muy grave	<b>Riesgo Intolerable</b>	-	Implementación de mecanismos de comunicación por medio de radio entre los trabajadores / Colocación de señalética de prohibición y advertencia	Casco, Gafas, Vestimenta con cintas reflectoras, zapatos punta de acero, guantes, mascarilla.	baja	grave	<b>Riesgo Tolerable</b>

Tránsito de personal por las bermas	FÍSICO	Taludes de 10 metros de altura	Caída a distinto nivel	media	grave	<b>Riesgo Moderado</b>	-	Colocación de señalética de prohibición y advertencia	Casco, Gafas, Vestimenta con cintas reflectoras, zapatos punta de acero, guantes, mascarilla.	media	leve	<b>Riesgo Tolerable</b>
Tránsito de personal al pie de taludes	FÍSICO	Material suelto en la cresta del talud	Derrumbe	media	muy grave	<b>Riesgo Importante</b>	Diseños de talud que garanticen estabilidad con factores de seguridad adecuados.	Colocación de señalética de advertencia	Casco, Gafas, Vestimenta con cintas reflectoras, zapatos punta de acero, guantes, mascarilla.	media	leve	<b>Riesgo Tolerable</b>
Carga y descarga de material con la excavadora	QUÍMICO	Partículas sólidas en suspensión	Enfermedades pulmonares	alta	grave	<b>Riesgo Importante</b>	-	Riego de vías	Casco, Gafas, Vestimenta con cintas reflectoras, zapatos punta de acero, guantes, mascarilla.	media	leve	<b>Riesgo Tolerable</b>
Actividad repetitiva de manejo de equipos de arranque, carguío y transporte	ERGONÓMICO	Malas posturas por rango de movimiento corporal restringido	Trastornos musculoesqueléticos	media	muy grave	<b>Riesgo Importante</b>	-	Medicina preventiva.	Casco, Gafas, Vestimenta con cintas reflectoras, zapatos punta de acero, guantes, mascarilla, fajas de trabajo.	media	leve	<b>Riesgo Tolerable</b>
Uso de maquinaria de arranque, carguío y transporte	FÍSICO	Ruido	Trastornos auditivos	media	grave	<b>Riesgo Moderado</b>	Mantenimiento periódico de equipos, sustituyendo partes en mal estado.	Implementación de señalética de obligación de uso de equipos de protección personal	Casco, Gafas, Vestimenta con cintas reflectoras, zapatos punta de acero, guantes, mascarilla, orejeras	media	leve	<b>Riesgo Tolerable</b>

Uso del ripper y topper del tractor	FÍSICO	Vibraciones del cuerpo entero del operador	Trastornos psico-neurológicos	alta	muy grave	<b>Riesgo Intolerable</b>	Mantenimiento periódico de equipos, sustituyendo partes en mal estado.	-	Casco, Gafas, Vestimenta con cintas reflectoras, zapatos punta de acero, guantes, mascarilla.	media	leve	<b>Riesgo Tolerable</b>
Movimiento de los equipos de transporte	QUÍMICO	Levantamiento de polvo durante el recorrido	Enfermedades pulmonares	alta	grave	<b>Riesgo Importante</b>	-	Colocación de señalética con límites de velocidad / Capacitar al personal sobre los límites máximos de tránsito en cantera	Casco, Gafas, Vestimenta con cintas reflectoras, zapatos punta de acero, guantes, mascarilla.	media	leve	<b>Riesgo Tolerable</b>
Transporte de material con volquetes	FÍSICO	Elevadas velocidades de transporte	Volcamiento de vehículos	media	grave	<b>Riesgo Moderado</b>	-	Colocación de señalética con límites de velocidad y de información / Sanción a los conductores infractores / Capacitar al personal sobre los límites máximos de tránsito en cantera	Casco, Gafas, Vestimenta con cintas reflectoras, zapatos punta de acero, guantes, mascarilla.	media	leve	<b>Riesgo Tolerable</b>
Colocación de carpa en volquetes	FÍSICO	Caída desde alturas	Golpes y traumatismos	media	grave	<b>Riesgo Moderado</b>	Colocación de puntos de anclaje	Asegurar el área / Capacitar al personal en trabajos de altura	Casco, Gafas, Vestimenta con cintas reflectoras, zapatos punta de acero, guantes, mascarilla, arnés, retráctil eslinga	baja	grave	<b>Riesgo Tolerable</b>

NOTA: En la presente tabla se han eliminado las columnas de eliminación o sustitución de la actividad, al considerarse que ninguna de éstas puede ser sometida a dichos procedimientos.

Anexo 18. Mapa de señalización e infraestructura de la cantera



## Anexo 19. Sueldos de personal para análisis y solicitud del área

<b>PERSONAL REQUERIDO</b>	<b>N°</b>	<b>SUELDO MENSUAL</b>	<b>SUELTO TOTAL</b>
Técnico Minero	1	\$ 1.400,00	\$ 1.400,00
Abogado	1	\$ 1.400,00	\$ 1.400,00
Topógrafo	1	\$ 1.168,00	\$ 1.168,00
Ayudantes de topografía	2	\$ 375,00	\$ 750,00
Conductor	1	\$ 900,00	\$ 900,00
	<b>6</b>		

<b>ROL DE PROVISIONES</b>								
<b>Personal</b>	<b>N°</b>	<b>13er sueldo</b>	<b>14to sueldo</b>	<b>IESS Personal</b>	<b>IESS Patronal</b>	<b>Fondos de reserva</b>	<b>Vacación</b>	<b>Total 1 mes</b>
Técnico Minero	1	\$ 116,67	\$ 31,25	\$ 132,30	\$ 170,10	\$ 116,67	\$ 58,33	\$ 1.760,72
Abogado	1	\$ 116,67	\$ 31,25	\$ 132,30	\$ 170,10	\$ 116,67	\$ 58,33	\$ 1.760,72
Topógrafo	1	\$ 97,33	\$ 31,25	\$ 110,38	\$ 141,91	\$ 97,33	\$ 48,67	\$ 1.474,12
Ayudantes de topografía	2	\$ 62,50	\$ 31,25	\$ 70,88	\$ 91,13	\$ 62,50	\$ 31,25	\$ 957,75
Conductor	1	\$ 75,00	\$ 31,25	\$ 85,05	\$ 109,35	\$ 75,00	\$ 37,50	\$ 1.143,05
							<b>TOTAL</b>	<b>\$ 7.096,35</b>