



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**EXTENSION MORONA SANTIAGO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**ESCUELA DE AGRONOMÍA**  
**CARRERA DE GEOLOGÍA Y MINAS**

**DISEÑO DE EXPLOTACIÓN DE CALIZA A CIELO ABIERTO EN LA**  
**CONCESIÓN MINERA “AMAZONAS”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL**  
**TÍTULO DE INGENIERA EN GEOLOGÍA Y MINAS**

**AUTORA**  
**RUTH ALEXANDRA BARROS VEGA**

**MACAS - ECUADOR**

**2016**

## APROBACION DEL TRIBUNAL

El Tribunal del Proyecto Técnico de Titulación, constituido por el Ing. Henry Remache e Ing. Marco Mejía, luego de receptar la presentación del Proyecto Técnico, previo a la obtención del título de Ingeniera en Geología y Minas cuyo tema es: **DISEÑO DE EXPLOTACIÓN DE CALIZA A CIELO ABIERTO EN LA CONCESION MINERA "AMAZONAS"**, elaborado por la Srta. Ruth Alexandra Barros Vega, ha sido revisado y verificado, dando fe de originalidad del presente trabajo y emite el siguiente veredicto: se ha Aprobado el Informe del Proyecto Técnico, por lo que se recomienda proceder a la recepción de la Defensa Oral.

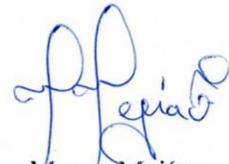
En la ciudad de Macas, a los 12 días del mes de febrero de 2016.



Mgs. Jorge Luis León Cózar  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



Ing. Henry Remache  
**DIRECTOR DEL PROYECTO TECNICO**



Ing. Marco Mejía  
**MIEMBRO**

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, **Ruth Alexandra Barros Vega**, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes y el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autora, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Macas, 15 de febrero de 2016



Ruth Alexandra Barros Vega  
C.I: 140054568-5

## DEDICATORIA

*Esta tesis se la dedico en primer lugar a mi Dios, quien supo guiarme por el buen camino, darme las fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad, ni desfallecer en el intento.*

*A mis Padres que me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos, por su apoyo, consejos, comprensión, ayuda en los momentos más difíciles y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar y culminar mi carrera profesional.*

*A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome y animándome a cumplir mi objetivo.*

*A mis hijas, Camila y María José, que son mi mayor motivación para seguir adelante, ellas son las que me llenan de fuerzas en los momentos más difíciles y que han estado a mi lado brindándome su cariño y amor a pesar de que no les he brindado todo el tiempo que ellas necesitaban.*

*A Roberto, quien ha sabido brindarme su apoyo incondicional, su comprensión, su amor, quien ha estado a mi lado en los momentos de risas y sobretodo de lágrimas, siempre animándome a seguir, cuando me faltaban fuerzas para continuar, quien nunca dejó de creer en mí*

## **AGRADECIMIENTO**

*A la **ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO, EXTENSION MORONA - SANTIAGO**, y a mis profesores que me han brindado sus enseñanzas.*

*A mi familia que han estado a mi lado apoyándome en todo momento en la realización de este Proyecto, para la culminación de mi carrera Profesional.*

*A los Ingenieros Henry Remache y Marco Mejía, Director y Miembro del Trabajo de Titulación, quienes con sus conocimientos me ayudaron en todo el proceso para la realización de este trabajo.*

*A la Compañía **UNION CEMENTERA NACIONAL – UCEM C.E.M**, Planta Chimborazo, quien me abrió las puertas para la elaboración de este Proyecto.*

**ABREVIATURAS Y SIGLAS****UCEM C.E.M:** Unión Cementera Nacional**Has:** Hectáreas**Ton:** Toneladas**m<sup>3</sup>:** Metros cúbicos**m<sup>2</sup>:** Metros cuadrados**Msnm:** Metros sobre el nivel del mar**SE:** Sur Este**NW:** Norte – Oeste**Long:** Longitud

## TABLA DE CONTENIDO

<b>LISTA DE CUADROS.....</b>	<b>viii</b>
<b>LISTA DE GRAFICOS.....</b>	<b>x</b>
<b>LISTA DE FOTOGRAFÍAS.....</b>	<b>xi</b>
<b>LISTA DE ANEXOS.....</b>	<b>xii</b>
<b>I. INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
1.1 OBJETIVO.....	2
1.1.1 Objetivo General .....	2
1.1.2 Objetivos Especificos .....	2
1.2 JUSTIFICACIÓN .....	3
1.3 HIPÓTESIS .....	3
1.4 UBICACIÓN Y ACCESO .....	3
1.4.1 Ubicación Política .....	3
1.4.2 Ubicación Geográfica.....	5
1.4.3 Acceso .....	5
<b>II. GENERALIDADES .....</b>	<b>6</b>
2.1 VEGETACION .....	6
2.2 FAUNA.....	6
2.3 SUELOS.....	6
2.4 CLIMA.....	6
2.5 POBLACION.....	7
<b>III. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA EXISTENTE.....</b>	<b>8</b>
3.1 GEOLOGIA REGIONAL.....	8
3.2 GEOLOGÍA LOCAL.....	14
3.3 GEOMORFOLOGÍA.....	15
3.4 ESTRATIGRAFÍA .....	17
3.5 HIDROGRAFÍA .....	18
<b>IV. EVALUACION RESERVAS.....</b>	<b>19</b>
4.1 UBICACIÓN Y DESCRPCION DE LOS POZOS PERFORADOS.....	19
4.2 ANÁLISIS DE POZOS PERFORADOS .....	33
4.3 PERFILES GEOLÓGICOS .....	33
4.5 POTENCIA DE SOBRECARGA.....	37

4.6	ESTIMACIÓN DE RECURSOS.....	39
4.7	CALCULO DE RESERVAS PROBADAS.....	39
<b>V.</b>	<b>DISEÑO DEL SISTEMA DE EXPLOTACION A CIELO ABIERTO.....</b>	<b>40</b>
5.1	FACTORES GEOMÉTRICOS.....	40
5.2	FACTORES GEOMECAÑICOS.....	41
5.2.1	Peso Específico.....	41
5.2.2	Densidad.....	42
5.2.3	Porosidad.....	42
5.2.4	Esponjamiento.....	43
5.2.5	Resistencia a la Compresion Simple.....	44
5.3	FACTORES OPERATIVOS.....	45
5.3.1	Sistema de Explotación.....	45
5.4	METODO DE EXPLOTACIÓN.....	45
5.4.1	Profundidad de la Cantera.....	49
5.4.2	Altura de Bancos.....	50
5.4.3	Numero de Bancos.....	52
5.4.4	Ancho de Plataformas de Trabajo.....	52
5.4.5	Ángulo de Talud del Banco.....	54
5.4.6	Escombrera Temporal.....	55
5.5	UBICACIÓN DE INSTALACIONES.....	56
5.5.1	Ubicación de Polvorines.....	56
5.5.2	Patios de Mantenimiento.....	57
5.5.3	Tratamiento de Desechos.....	57
5.5.4	Comedores y Campamentos.....	58
5.5.5	Dispensario Medico.....	58
5.5.6	Almacenamiento y Despacho e Combustibles.....	58
5.6.7	Laboratorio de Titulacion.....	58
5.7	DISEÑO DE VÍAS DE ACCESO.....	59
5.7.1.-	Pendiente Longitudinal de la Vía (G).....	59
5.7.2	Ancho de Carril (Ac).....	60
5.8	TIEMPO DE VIDA ÚTIL DEL YACIMIENTO.....	61
5.9	FASE DE ABANDONO.....	61
5.9.1	Modelado del Terreno.....	61
5.9.2	Labores de Recuperación.....	62
5.10	PERSONAL REQUERIDO PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO.....	63
<b>VI.</b>	<b>PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DE PERFORACIÓN Y VOLADURA...64</b>	
6.1	PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DE PERFORACIÓN.....	64
6.1.1	Diámetro de Barreno (D).....	64
6.1.2	Longitud del Barreno.....	65

6.1.3	Bordo (Burden).....	66
6.1.4	Sobreperforación (Sp) .....	66
6.1.5	Malla de Perforación .....	67
6.2	PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DE VOLADURA .....	68
6.2.1	Explosivos .....	68
6.2.2	Carga de Fondo.....	68
6.2.3	Carga de Columna .....	70
6.3	PARÁMETROS DE CARGUÍO DEL EXPLOSIVO .....	72
6.3.1	Longitud del Taco o Retacado.....	72
6.3.2	Gasto de Substancia Explosiva por Metro de Hueco .....	73
	Cargado.....	73
6.3.3	Carga de Explosivo por Barreno .....	73
6.3.4	Consumo Específico de Explosivo.....	74
6.4	MICRO RETARDOS.....	74
6.5	DISEÑO DE CARGADO DE BARRENOS .....	75
<b>VII. MAQUINARIA PARA ARRANQUE, PERFORACION, CARGÓ Y</b>		
<b>TRANSPORTE DEL MINERAL.....</b>		<b>77</b>
7.1	EQUIPOS DISPONIBLE PARA CADA FASE DE TRABAJO .....	77
7.2	DIMENSIONAMIENTO DE FLOTA Y TRANSPORTE.....	77
7.3	EQUIPO PARA EL DESTAPE Y TRANSPORTE INTERNO .....	78
7.4	EQUIPO PARA PERFORACION DE CALIZA .....	79
7.5	EQUIPO PARA TRABAJOS ADICIONALES .....	79
<b>VIII. CÁLCULO DE COSTOS Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO</b>		
<b>80</b>		
8.1	COSTOS E INVERSIONES EN LA CONCESION “AMAZONAS”. .....	80
8.1.1	Construcción de Instalaciones .....	81
8.1.2	Alimentación. ....	81
8.2	PATENTES DE CONSERVACIÓN Y GARANTÍAS AMBIENTALES .....	82
8.3	MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES .....	82
8.4	OPERACIÓN DE EQUIPO PESADO. ....	83
8.4.1	Costos por Operación de Equipo Pesado en Destape .....	83
8.4.2	Costos por Operación de Equipo Pesado en Arranque.....	83
8.4.3	Costos por Operación de Equipo Pesado en Arranque con Perforación y Voladura .....	84
8.4.4	Costos por Operación de Equipo Pesado en Carguío .....	84
8.5	INSUMOS DE PRODUCCIÓN .....	85
8.6	PLANES DE MANEJO AMBIENTAL .....	85
8.7	COSTOS TOTALES DEL PROYECTO .....	86

<b>IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>87</b>
9.1. CONCLUSIONES .....	87
9.2. RECOMENDACIONES .....	88
<b>X. RESUMEN .....</b>	<b>89</b>
<b>XI. ABSTRACT .....</b>	<b>90</b>
<b>XII. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>91</b>
<b>XIII. ANEXOS.....</b>	<b>93</b>

## LISTAS DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
<i>Cuadro 1: Ubicación geográfica del área de estudio.</i>	5
<i>Cuadro 2: Descripción del pozo DH – 0.</i>	21
<i>Cuadro 3: Composición Química del pozo DH-0.</i>	22
<i>Cuadro 4: Descripción del pozo DH-01.</i>	23
<i>Cuadro 5: Composición Química del pozo DH-01.</i>	24
<i>Cuadro 6: Descripción del pozo DH-02.</i>	25
<i>Cuadro 7: Composición Química del pozo DH-02.</i>	26
<i>Cuadro 8: Descripción del pozo DH-03.</i>	27
<i>Cuadro 9: Composición Química del pozo DH-03.</i>	28
<i>Cuadro 10: Descripción del pozo DH-04.</i>	29
<i>Cuadro 11: Composición Química del pozo DH-04.</i>	30
<i>Cuadro 12: Descripción del pozo DH-05.</i>	31
<i>Cuadro 13: Composición Química del pozo DH-05.</i>	32
<i>Cuadro 14: Análisis de los pozos perforados.</i>	33
<i>Cuadro 15: Áreas de material estéril de cada perfil geológico.</i>	36
<i>Cuadro 16: Áreas de Caliza de cada perfil geológico.</i>	37
<i>Cuadro 17: Volumen total caliza - material estéril.</i>	37
<i>Cuadro 18: Factores Geométricos del yacimiento.</i>	41
<i>Cuadro 19: Propiedades Físico - Mecánicas de la caliza.</i>	44
<i>Cuadro 20: Cotas de los bancos de explotación.</i>	48
<i>Cuadro 21: Potencia de bloques y tiempo estimado para su explotación.</i>	49
<i>Cuadro 22: Personal requerido para el proyecto.</i>	63
<i>Cuadro 23: Diámetro de perforación en función de las características del macizo y maquinaria de carguío.</i>	65
<i>Cuadro 24: Burden establecido en función del diámetro del barrenos.</i>	66
<i>Cuadro 25: Espaciamiento entre barrenos en una misma fila en función del diámetro del hoyo.</i>	67
<i>Cuadro 26: Equipo asignado para trabajos de destape en la Concesión Minera "Amazonas".</i>	78
<i>Cuadro 27: Equipo asignado para trabajos de perforación Concesión Minera "Amazonas".</i>	79
<i>Cuadro 28: Equipo asignado para trabajos suplementarios y de apoyo.</i>	79
<i>Cuadro 29: Costos considerados en el análisis del proyecto.</i>	80

<b>Cuadro 30:</b> <i>Inversiones estimadas para la implementación de instalaciones complementarias.</i> .....	81
<b>Cuadro 31:</b> <i>Costo mensual en alimentación.</i> .....	81
<b>Cuadro 32:</b> <i>Costos por conceptos de pagos de regalías y garantías ambientales.</i> .....	82
<b>Cuadro 33:</b> <i>Costos por mantenimiento de instalaciones en el proyecto.</i> .....	82
<b>Cuadro 34:</b> <i>Costos por operación de equipo pesado en destape en el proyecto.</i> .....	83
<b>Cuadro 35:</b> <i>Costos por operación de equipo pesado en arranque de caliza en el proyecto.</i> .....	83
<b>Cuadro 36:</b> <i>Costos por operación de equipo pesado en arranque con perforación y voladura en el proyecto.</i> .....	84
<b>Cuadro 37:</b> <i>Costos por operación de equipo pesado en carguío en el proyecto.</i> .....	84
<b>Cuadro 38:</b> <i>Costos de materiales de perforación en el proyecto.</i> .....	85
<b>Cuadro 39:</b> <i>Plan de manejo ambiental del proyecto.</i> .....	85
<b>Cuadro 40:</b> <i>Costos totales del proyecto.</i> .....	86

## LISTAS DE GRÁFICOS

	<b>Pág.</b>
<i>Gráfico 1: ubicación de la provincia del área de estudio.</i>	4
<i>Gráfico 2: Ubicación del área de estudio.</i>	4
<i>Gráfico 3: Mapa geomorfológico de área de estudio.</i>	16
<i>Gráfico 4: Mapa Hidrográfico de la Concesión Minera "Amazonas".</i>	18
<i>Gráfico 5: Mapa de ubicación de los perfiles geológicos.</i>	34
<i>Gráfico 6: Perfil A - A'.</i>	35
<i>Gráfico 7: Perfil B - B'.</i>	35
<i>Gráfico 8: Perfil C - C'.</i>	36
<i>Gráfico 9: Proceso de extracción de caliza en la Concesión Minera "Amazonas".</i>	47
<i>Gráfico 10: Modelo de elevación digital de los bancos de explotación.</i>	47
<i>Gráfico 11: Bloques de explotación.</i>	48
<i>Gráfico 12: Altura de un banco de explotación.</i>	50
<i>Gráfico 13: Ángulo de talud del banco de explotación.</i>	55
<i>Gráfico 14: Malla de perforación rectangular en un banco de explotación.</i>	67
<i>Gráfico 15: Booster de pentolita.</i>	68
<i>Gráfico 16: Características de la pentolita (Booster).</i>	69
<i>Gráfico 17: Anfo Aluminizado.</i>	70
<i>Gráfico 18: Retardos entre barrenos en un banco de explotación.</i>	75
<i>Gráfico 19: Carguío de un barreno.</i>	75
<i>Gráfico 20: Partes que constituyen el diseño de voladura de un banco de explotación.</i>	76

**LISTAS DE FOTOGRAFÍAS**

	<b>Pág.</b>
<i>Fotografía 1: afloramiento de caliza en el piso de la zona.....</i>	<i>15</i>
<i>Fotografía 2: afloramiento de caliza con una altura promedio de 5m.....</i>	<i>15</i>
<i>Fotografía 3: Ubicación de pozos perforados. ....</i>	<i>19</i>
<i>Fotografía 4: Pozo de sondeo. ....</i>	<i>19</i>
<i>Fotografía 5: perforadora realizando barrenos en un banco de explotación. ....</i>	<i>64</i>
<i>Fotografía 6: Cordón detonante. ....</i>	<i>71</i>
<i>Fotografía 7: Mecha lenta. ....</i>	<i>72</i>

**LISTA DE ANEXOS**

	<b>Pág.</b>
<i>ANEXO A: Glosario de Términos</i> .....	94
<i>ANEXO B: Oficio de Autorización de la UCEM C.E.M</i> .....	100
<i>ANEXO C: Mapa Geológico</i> .....	103
<i>ANEXO D: Mapa Topográfico</i> .....	105
<i>ANEXO E: Mapa de Perfiles Geológicos</i> .....	107
<i>ANEXO F: Mapa del Diseño de Explotación</i> .....	109

## **I. INTRODUCCION**

La compañía denominada La Unión Cementera Nacional UCEM C.E.M Planta Chimborazo de carácter nacional es titular minero de la Concesión Minera “Amazonas”, código 4347, la cual cuenta con estudios de exploración realizados para la determinación de reservas probadas de caliza y su porcentaje de pureza aptas para el uso como materia prima para la fabricación del cemento. Considerando los datos geológicos, técnicos, topográficos, geomorfológicos, también de la infraestructura interna y externa se va a proponer un diseño de explotación técnica que vaya conforme a las necesidades de volumen del material por parte de la empresa titular de área minera.

El sitio objeto al presente estudio se encuentra dentro de la zona de influencia de La Formación Napo, la cual está conformada en medio marino somero, constituida por una secuencia de calizas masivas, calizas micríticas fosilíferas, margas, lutitas y areniscas calcáreas con potencias estimadas de unos 200m.

Las calizas en mención afloran en toda la concesión minera y son relevantes en algunos sectores considerados de interés por los datos que han proporcionado las labores mineras directas (perforaciones a diamantina), donde la caliza alcanza potencias de hasta 60 m con significativos valores en carbonato de calcio.

El presente proyecto tiene como finalidad realizar un diseño proponente para la explotación de caliza en la concesión minera amazonas, en la cual se realizará mediante el método de explotación a cielo abierto con bancos descendentes para así poder aprovechar la fuerza de gravedad para la remoción de material estéril.

Para comenzar los trabajos de explotación minera, es necesaria una previa planificación y llevar a cabo de una manera ordenada las etapas del proyecto, optimizando los recursos para que los costos de arranque no alcancen valores elevados que afecten la rentabilidad del proyecto.

Para lograr este diseño de explotación se deben estudiar factores como el tipo de yacimiento, calidad de la roca, descripción del macizo rocoso y las características del material para su utilización como agregado

## **1.1 OBJETIVO**

### **1.1.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar un adecuado diseño de explotación de acorde a los factores técnicos - mineros, y económicos de la concesión minera “Amazonas”, para la extracción de caliza, necesaria para la elaboración del cemento.

### **1.1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Convalidar la topografía del área de estudio.
- Corroborar los perfiles topográficos.
- Verificar los valores de la calidad de la caliza.
- Elaborar el diseño de explotación de la caliza con sus respectivos parámetros técnicos
- Realizar el análisis económico de la aplicación del diseño de explotación en el yacimiento.
- Determinar la vida útil del yacimiento.
- Determinar el volumen de material extraíble.
- Calcular el costo por Tonelada del material.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

Se realizará en este trabajo de titulación, el correspondiente estudio del diseño de explotación de caliza a cielo abierto de la concesión minera “Amazonas” por existir el interés de la explotación de materia prima para la fabricación de Cemento por parte de la Empresa UNION CEMENTERA NACIONAL – PLANTA CHIMBORAZO, de la Concesión Minera “Amazonas” código 4347, se contempla que la empresa titular de la concesión minera antes mencionada tiene la necesidad de conocer los parámetros técnico mineros , económicos , como la vida útil del yacimiento, para la adecuada explotación del yacimiento.

## **1.3 HIPÓTESIS**

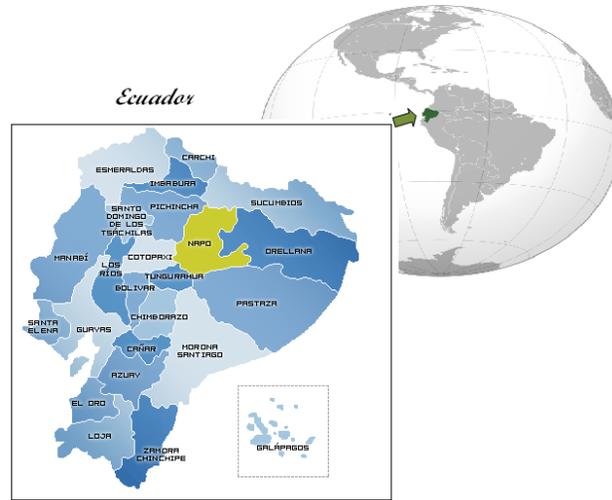
Con un adecuado diseño de explotación de la Concesión Minera “Amazonas” se podría contribuir a que la UNION CEMENTERA NACIONAL – PLANTA CHIMBORAZO, disponga de un nuevo yacimiento de caliza, con sus respectivos parámetros técnicos para una correcta explotación de dicho yacimiento.

## **1.4 UBICACIÓN Y ACCESO**

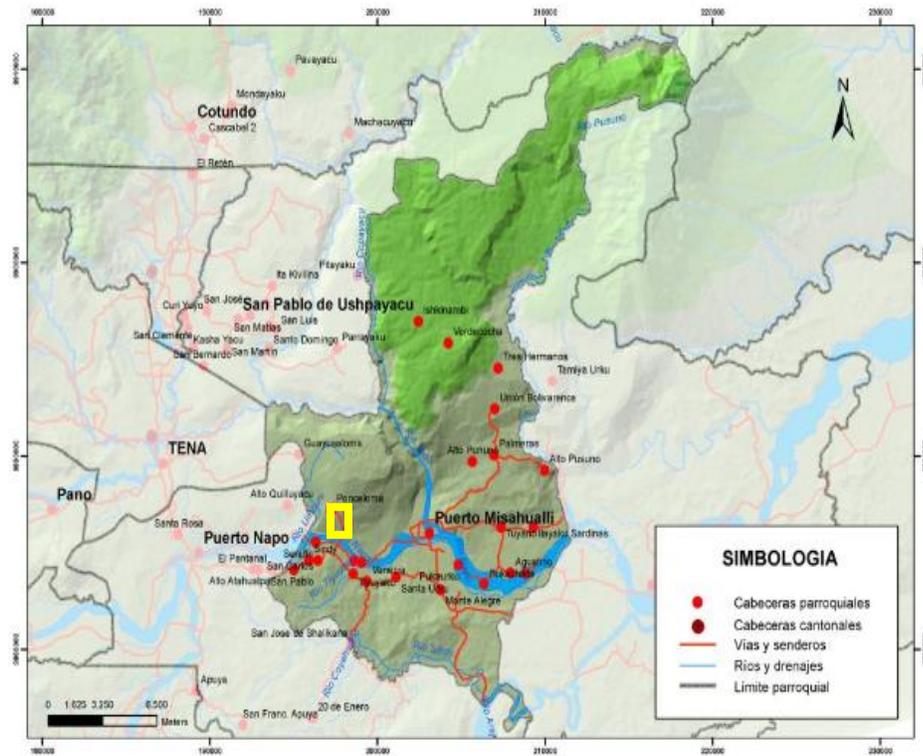
### **1.4.1 UBICACIÓN POLITICA**

La concesión minera “Amazonas” constituye la parte centro occidental de la Cuenca Napo. Jurisdiccionalmente pertenece a la provincia de Napo; cantón Tena; parroquias Puerto Napo - Puerto Misahuallí.

**Gráfico 1:** ubicación de la provincia del área de estudio.



**Gráfico 2:** Ubicación del área de estudio.



**Fuente:** Plan del buen Vivir y Ordenamiento Territorial de la Parroquia De Puerto Misahuallí 2011 Tena-Napo. Pág. 3

### 1.4.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Cementos Chimborazo adquirió una propiedad agrícola dentro del proyecto Amazonas, la misma que se ubica hacia el oeste y comprende un polígono irregular con una Superficie de 37 has delimitada por las coordenadas siguientes:

**Cuadro 1:** Ubicación geográfica del área de estudio.

PUNTOS	LONGITUD X	LATITUD Y
1	196.900	9'886.400
2	196.600	9'886.600
3	196.600	9'887.600
4	196.900	9'887.500

**Fuente:** Cemento Chimborazo (2014). Estudio Geológico y Cálculo de Reservas.

### 1.4.3 ACCESO

A la propiedad de la UCEM C.E.M Planta Chimborazo, se puede acceder por la vía de primer orden: Quito – Baeza – Tena – Puerto Napo – Puerto Misahuallí, Comunidad Ponceloma, para acceder a esta Comuna se lo hace por caminos lastrados.

## **II. GENERALIDADES**

### **2.1 VEGETACION**

En el área de estudio predominan grandes árboles y arbustos así como epífitas, helechos, musgos, bromeliáceas, piperáceas, Areáceas.

Entre los árboles se destacan grandes palmeras; ishpingo; chontaduro, cauchín; colca; laurel; abunda la caña guadua (*argustifolia*) y la caña brava (*geonona* sp), que conforman asociaciones naturales difíciles de penetrar.

### **2.2 FAUNA**

En el sector donde se ha extendiendo la concesión minera sujeta al presente estudio es observable que ha sido expuesta a intervención masiva; constituyéndose zonas con poblaciones de actividad agrícola y ganadera de nivel de productividad bajo, pero sin embargo, no existe vegetación primaria, tampoco exótica; de tal manera que no constituye una zona de hábitad idóneo para especies silvestres, presentándose comúnmente reptiles como chonta, gris, malaba, culebrillas; en aves, garrapateros, gorriones, cardenillo entre otras especies.

### **2.3 SUELOS**

En las áreas donde se han asentado las colonias y poblaciones, se ha desbrozado la vegetación espesa, para convertirla en zonas agrícolas, aunque esta es escasa y solamente de autoconsumo, los cultivos que se tiene son de cacao, plátano; yuca; maíz, guayusa. Varios de estos sectores especialmente en las partes altas se han convertido en pastizales utilizados en la cría de ganado vacuno.

### **2.4 CLIMA**

El clima de la zona de estudio se define como Tropical Lluvioso, C. Blandín (1977) o megatérmico muy húmedo, P. Peurriot, (1983). Este clima se caracteriza por una alta

temperatura media que alcanza los 35°C y por niveles pluviométricos superiores a 1500 mm.

## **2.5 POBLACION**

Cerca del área concesionada habitan varias comunidades indígenas que han formado pequeños centros poblados como son: Ponce Loma, Machacuyacu, quienes son dueños de pequeños predios agrícolas, siendo su principal actividad la agricultura de subsistencia y la tala de árboles.

La actividad minera en la zona proporcionaría otras fuentes de trabajo y de ingresos a los moradores, quienes se ven obligados a migrar a las grandes ciudades para poder solventar sus necesidades económicas y en tal razón las comunidades ven con entusiasmo la presencia de alguna industria que eleve el nivel de vida.

Cabe recalcar que en dichas comunidades no se cuenta con un dispensario médico para atender las necesidades de los habitantes, razón por la cual sería de gran ayuda que la UNION CEMENTERA NACIONAL UCEM C.E.M, brinde este servicio para el bienestar de las comunidades.

### **III. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA EXISTENTE**

#### **3.1 GEOLOGIA REGIONAL**

Regionalmente se tiene las siguientes unidades formacionales:

#### **FORMACIÓN CHAPIZA – MISAHUALLI (Jurásico medio – Cretácico inferior)**

Se divide en tres miembros: Inferior, con capas rojas y verdes; Medio con capas rojas y Superior, facies de lavas y piroclastos, denominada Misahuallí. El espesor de la secuencia varía de 600 a 4500 metros, siendo las facies volcánicas más predominantes hacia el norte.

La formación Chapiza está expuesta en muchos lugares de la zona subandina al sur del Ecuador (Montañas de Cutucú) pero es ausente en el flanco oeste, donde la formación Santiago esta sobre expuesta directamente por las areniscas de la formación Hollín. Subyace a las rocas cretácicas de la región Napo – Galeras y las intersecciones de las perforaciones indican que ella también subyace la del cretácico – terciario en muchos lugares al Este del oriente, adelgazándose hacia el Este, frente al Escudo Guyanés.

En el área tipo, la formación ha sido subdividida en las siguientes partes, (Tschopp, 1953):

- ✓ La Chapiza Inferior roja y gris, con un espesor máximo de 1500 metros, consiste de lutitas, areniscas y delgados horizontes de anhidrita, dolomita y yeso, las evaporitas de la Chapiza inferior tienen una gran extensión en el Perú, donde forman los numerosos diapiros de sal en la zona subandina. Es posible que existan en el Ecuador tales diapiros.
- ✓ La Chapiza Media (máximo 1000 metros) comprende lutitas rojas y areniscas sin evaporitas.
- ✓ La Chapiza Superior (Misahuallí), alcanza 2000 metros en espesor y consiste de lutitas rojas, areniscas y conglomerados interstratificados con tobas violáceas, grises y verdes, brechas tobáceas y basaltos.

Es de ambiente continental indicando las capas rojas una depositación tipo litoral de clima árido, La base de la formación Chapiza es vista únicamente al sur del Ecuador,

subyace en contacto discordante a la formación Santiago del Liásico (Sur del Cutucú) o sobre la Macuma del Carbonífero (norte del Cutucú) indicando que la Santiago aparentemente se acuña ligeramente entre Macuma y Chapiza. En el tope de Chapiza es marcada por el recubrimiento Hollín pero la discordancia puede ser únicamente de importancia local. Información palinológica indica que la Chapiza no solo incluye el límite Jurásico — Cretácico, sino tiene un rango en edad hasta el Neocomiense — Aptiano, (Bristow & Hoffstetter, 1977).

## **CRETÁCICO**

### **FORMACIÓN HOLLÍN (Albiano – Aptiano Inferior)**

La Formación Hollín consiste de una arenisca blanca, grano grueso a medio, en capas gruesas y a veces maciza, muchas veces con una estratificación cruzada y presencia de ondulitas, intercalando con lentes irregulares de lutita, Según la misión Alemana (1975) el ambiente que se formó Hollín es continental con elementos marinos en su parte superior donde la depositación tuvo lugar en aguas poco profundas sobre un ambiente extenso de plataforma (lagunar o deltáica ) estando el origen de los detritos al este. Tiene un espesor de 80 a 240 metros e incluye lutitas fracturadas, capas guijarrosas delgadas, limolitas. Hacia el sur de la cuenca (cordillera del Cutucú), el espesor es máximo y bastante grande en la parte central de la cuenca (pozos Águila y Tiguino) y en la región del domo de Napo; disminuye hacia el oeste en la depresión tectónica de Mera – Puyo. Hollín está ausente en la parte noreste de la cuenca.

En esta formación se encontraron microfósiles, restos de plantas, lechos carbonosos, presencia de pólenes de angiospermas, lo que permitió que con dataciones palinológicas determinar que la base de la formación Hollín no es más antigua que la base del Aptiano superior. Tschopp (1953) divide a esta formación en dos unidades informales: Hollín Superior (Hollín secundario) y Hollín Inferior (Hollín principal).

## **GRUPO NAPO (Albiano inferior –Campaniano Medio)**

En el grupo Napo, el ambiente de sedimentación se vuelve netamente marino. La transición de la Hollín a la Napo es rápida y la superposición claramente concordante. La transgresión vino probablemente del sur o suroeste, desarrollándose hacia el escudo cristalino, fue depositada en una cuenca de orientación norte – sur o en un graben limitado por fallas con una plataforma mucho menos profunda hacia el este, donde predominantemente es de una facie más arenosa (orilla). En base de las facies de los sedimentos Napo, se puede suponer que el mar Napo no tenía una comunicación abierta hacia el oeste.

El Grupo empieza en el Albiano inferior y quizás es la secuencia más importante en el Oriente Ecuatoriano, consiste de una sucesión de lutitas negras y areniscas calcáreas. La formación varía en (Etienne Jaillard, 1997), en su documento: —Síntesis Estratigráfica y Sedimentológica del Cretáceo y Paleógeno de la Cuenca Oriental Ecuatoriana, página 30 dice: —proponemos sacar la unidad informal Hollín superior frecuentemente utilizada actualmente de la formación Hollín Principal e integrarla a la formación Napo, bajo el nombre de Arenisca inferior, Tschopp. (1953) o Arenisca Basal. Las razones de esta propuesta son las siguientes: 1)excepto en los pozos más orientales, la Formación Hollín es bien diferenciable de la arenisca basal; 2) la Arenisca Basal incluye una alta proporción de limolitas y calizas y es francamente marina y 3) el carácter marino de la arenisca basal demuestra que pertenece ya al ciclo sedimentario marino del Cretácico medio (parte inferior de la formación Napo), espesores desde menos de 200 metros a más de 700 metros (800 metros en el Cutucú). Tschopp, (1953) le dio el carácter de formación y la dividió originalmente en tres unidades. Resultados de datos más detallados de las exploraciones petrolíferas han permitido una subdivisión más exacta, siendo esta dada por geólogos de ORSTOM — IRD, (Jaillard, 1997) da la categoría de grupo en el que constan 4 formaciones de origen marino de aguas poco profundas.

**a) Formación Napo Basal (Albiano inferior – Albiano Superior)**, descansa en concordancia con la formación Hollín, posee un espesor promedio de 60 m, está

constituida por las areniscas basales, glauconíticas de grano fino a medio, intercaladas con limolitas y calizas delgadas. La caliza - C, de tipo masivo, con lutitas en la base, las lutitas Napo basal de color negro, las calizas - T con intercalaciones de margas glauconíticas y las areniscas - T.

**b) La Formación Napo Inferior (Albiano superior – Cenomaniano Superior),** posee un espesor aproximado de 60 m, comprende la caliza - B que son calizas margosas de medio anóxico alternadas con lutitas negras; y las Areniscas U y T, glauconíticas, masivas, a menudo divididas en dos y tres miembros por niveles lutítico, localmente con calizas. Hacia la zona subandina cambian a facies de areniscas muy finas y limo – arcillosas.

**c) Formación Napo Medio (Turoniano),** tiene un espesor de 75 a 90 metros, es una unidad calcárea marina, compuesta por las calizas - A de color gris oscuras a negras, ocasionalmente con cherts culminando con margas y calizas, en cuya base ocasionalmente se desarrollan depósitos arenosos conocidos como Arenisca - M-2.

**d) La formación Napo Superior (Coniciano inferior –Campaniano Medio),** alcanza 320 metros de espesor. De base a tope, comprende: una secuencia de lutitas con intercalaciones de bancos calcáreos; la Caliza - M-1 integrada por calizas y lutitas oscuras, la Arenisca - M-1 inferior, que consiste de lutitas con intercalaciones delgadas e intercalaciones de areniscas y la Arenisca - M-1 masiva, que es una secuencia grano – decreciente de areniscas discordantes cubiertas por un delgado nivel lutítico. (Jaillard, 1997).

## **CENOZOICO (TERCIARIO)**

### **FORMACIÓN TENA (Maestrichtiano inferior - Paleoceno)**

El Maestrichtiense empieza con un brusco cambio de facies, prescindiendo de la zona M-1 en la parte este de la cuenca. Una discordancia angular entre Napo y Tena no se puede observar en los afloramientos pero entre ambas unidades hay un hiato de sedimentación correspondiente al Campaniano superior y una erosión parcial. Litológicamente, la formación Tena consiste esencialmente de lutitas abigarradas y pardo rojizas, con numerosas intercalaciones de areniscas preponderantemente en las partes basales y

superiores. Cerca de la base se encuentran Cherts (estratos silicificados) y hacia el tope conglomerados. Los colores rojos son la consecuencia de la meteorización.

El espesor de la Tena alcanza los 1000 metros cuando esta conservada en su totalidad (Cutucú). Al sur del río Pastaza, la misma sucesión fue originalmente atribuida a la Panguí, pero este nombre es superfluo.

La edad de la Tena es en gran parte Maestrichtiense y abarca el límite Cretácico – Terciario. La formación Tena es indicadora de un cambio significativo de sedimentación Cretácica –Terciaria en el oriente, marcando una regresión marina y la emergencia de la naciente cordillera, cuya erosión proveyó la principal fuente de material clástico a la cuenca del Oriente desde el Maestrichtiense en adelante.

(Jaillard, 1997) divide a esta formación en dos miembros:

**a) Miembro Tena inferior:** consiste en limolitas y areniscas rojas continentales de grano fino, y descansan en concordancia sobre las areniscas y limolitas - Tena basal esta última constituye una superficie de erosión, sobre yacida por areniscas o conglomerados.

**b) Miembro Tena superior:** consiste en limolitas y areniscas de grano más grueso que el miembro inferior

### **FORMACIÓN TIYUYACU INFERIOR (Eoceno inferior a Medio).**

La formación Tiyuyacu inferior consiste en conglomerados, areniscas y arcillas que descansan en discordancia fuertemente erosiva sobre la formación Tena inferior o superior. Las arcillas son generalmente abigarradas, rojo - verde en la parte inferior y rojo - café azul - amarillento en la parte superior. Los conglomerados presentan clastos de 6 a 7 cm. subredondeados a redondeados y compuestos principalmente de Cherts y cuarzo lechoso y menor proporción de rocas metamórficas (cuarcitas). La dirección de paleocorrientes

medidas a partir de imbricaciones de clastos, en afloramientos del Sistema Subandino indica un sentido E y SE.

El ambiente sedimentario es de tipo fluvial y corresponde a ríos proximales intermitentes o con larga estación seca, (Marocco, 1997). La potencia de la Tiyuyacu inferior varía entre 100 y 500 metros.

Al sur del río Pastaza la secuencia equivalente se denominaba Cuzutca con una litología ligeramente diferente: la base de la Cuzutca forma conglomerados sobrepuestos por areniscas muchas veces glauconíticas y piriticas y lutitas de color gris verde hasta rojo.

**ESTRUCTURAS.-** Las estructuras principales regionalmente hablando son el Levantamiento Napo, así como fracturas, pliegues y fallas.

**Levantamiento Napo.-** Esta estructura también conocida como Anticlinal de Napo; estructura anticlinal, domo anticlinal ha sido estudiada por varios autores, (H. Tschopp 1953); (J.H. Sinclair, 1927). Esta estructura de 150 Km de largo x 50 km de ancho, está compuesta principalmente por la Fm Napo. Se trata de una estructura anticlinal de eje NNE-SSW y está atravesada en su centro por el volcán apagado Sumaco que alcanza 3900 m de altura.

El levantamiento Napo se caracteriza por un hundimiento de su flanco Norte en el río Aguarico y su flanco descendente sur en el río Napo. La estructura marginal más conocida en superficie es el anticlinal Galeras, que se observa a lo largo del río Napo, Esta estructura tiene un buzamiento de 6 a 10 ° hacia el Oeste y 10 ° hacia el Este, (Faucher & Savoyat; 1973).

**Fallas.-** Por la parte sur de la zona de estudio atraviesa una falla bastante grande de dirección NE-SW y longitud de 7 Km. Al Este de la concesión se infieren varias fallas pequeñas de dirección NNE-SSW y NWW – SSE. En las cercanías a Puerto Napo, el río

Napo sigue en dirección de dos fallas unidas entre sí, que corren en dirección de SSW-NNE y otra SSE – NNW.

El río Misahuallí, cerca de la desembocadura en el Napo, tiene una alineación N-S de 3 Km, que determina una falla inferida.

**Pliegues.-** Pliegues fueron reportados a lo largo del río Napo, conformando el flanco sureste del Anticlinal Galeras, (Wasson & Sinclair, 1927).

**Fracturas.-** En la zona estudiada se determinaron varias fracturas dentro de los estratos de las rocas calcáreas, las mismas que alcanzan varios metros de longitud y se ubican por lo general en los sectores de estructuras Kársticas y otras siguen la dirección de la estratificación.

## 3.2 GEOLOGÍA LOCAL

### **Formación Napo - Kn (Cretácico: Albiano Inferior - Senoniano):**

La Formación Napo se caracteriza por una secuencia de lutitas intercaladas con areniscas y carbonatos. (Tschopp, 1953).

En el área de estudio, en ciertos lugares se puede observar afloramientos de caliza, de color gris oscuro, con incrustaciones de conchas fosilíferas, relleno de arcilla, con unas alturas promedio de 5 metros.

En la parte sur del área se tiene la presencia de lodolita como material de sobrecarga, se puede determinar que es de un material arcilloso,



**Fotografía 1:** afloramiento de caliza en el piso de la zona.



**Fotografía 2:** afloramiento de caliza con una altura promedio de 5m.

### 3.3 GEOMORFOLOGÍA

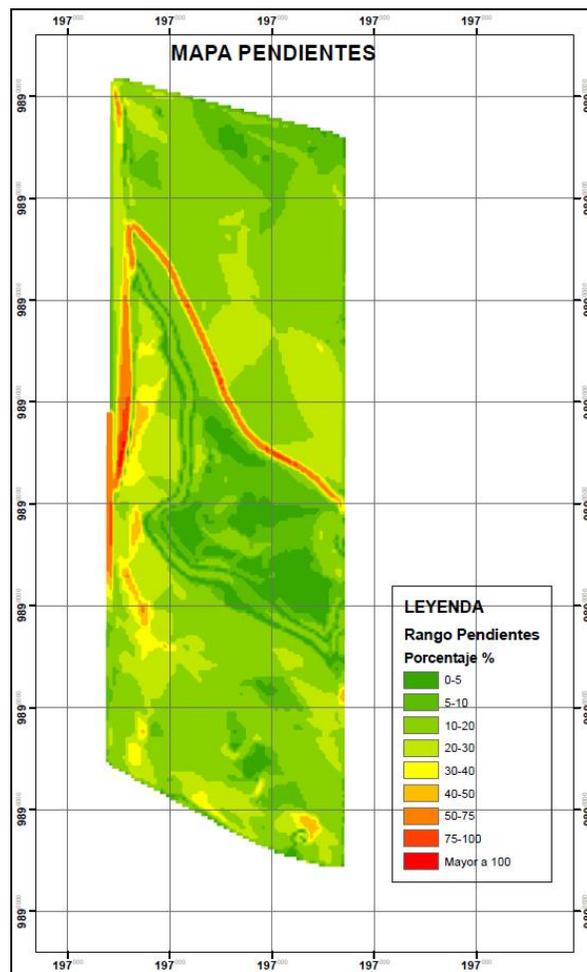
De acuerdo al relieve el área de estudio se puede dividir en dos zonas geomorfológicas:

- a).- Zona con colinas bajas con crestas redondeadas y alargadas conformadas por rocas sedimentarias y con alturas que varían entre 400 y 800 msnm.
  
- b).- Zona relativamente plana con suaves pendientes conformada por terrazas del río Napo y depósitos aluviales y coluviales con alturas inferiores a 400 msnm.

El relieve en general es irregular y forma parte del levantamiento Napo – Galeras, el mismo que se ha desarrollado sobre rocas sedimentarias con estratos subhorizontales de diferente grado de compactación.

Resulta característico para toda la región subandina oriental del Ecuador y para el área de estudio en particular, la existencia de una serie de elevaciones separadas entre sí por valles profundos que han cortado los diferentes ríos, que han erosionado las formaciones preexistentes.

**Gráfico 3:** Mapa geomorfológico de área de estudio.



**Elaborado:** Barros, A. (2015)

### 3.4 ESTRATIGRAFÍA

Dentro de la Fm Napo en la parte Norte de la zona subandina y en la cuenca oriental se diferenciaron las siguientes unidades calcáreas (Juillard, 1995) que afloran en diversas partes del Oriente:

En la Fm Napo basal están presentes las calizas C (Albiano Medio, que constituyen una secuencia de calizas masivas ricas en ammonites que contiene nivel de lutitas en la base y calizas - T (Albiano Superior) que son calizas fosilíferas intercaladas con niveles margosos glauconíticos y fosfáticos, con una capa de lutita negra en la base.

En la Napo Inferior los niveles calcáreos son calizas - B (Albiano Superior - Cenomaniano Inferior) que consisten en una alternancia de lutitas negras y delgadas calizas margosas laminadas con nódulos de pirita y caliza, Calizas - U (Cenomaniano Medio) que son calizas fosilíferas glauconíticas a veces arenosas.

En la Formación Napo medio se diferencian calizas A (Turoniano Inferior a Medio) que se caracterizan por una delgada secuencia basal carbonatada, una secuencia inferior de calizas laminadas con cherts y una secuencia superior de margas y calizas claras y calizas - M-2 (Turoniano Superior) que consisten en dos secuencias de margas y calizas (la secuencia inferior incluye depósitos arenosos, margas arenosas y glauconíticas, sigue con margas lutíticas fosilíferas con intraclastos y termina con calizas masivas fosilíferas; (Eguez, 1980) , reporta finos niveles de caliza fosilíferas dentro de este miembro; la secuencia superior incluye calizas laminadas, margas lutíticas y calizas masivas.

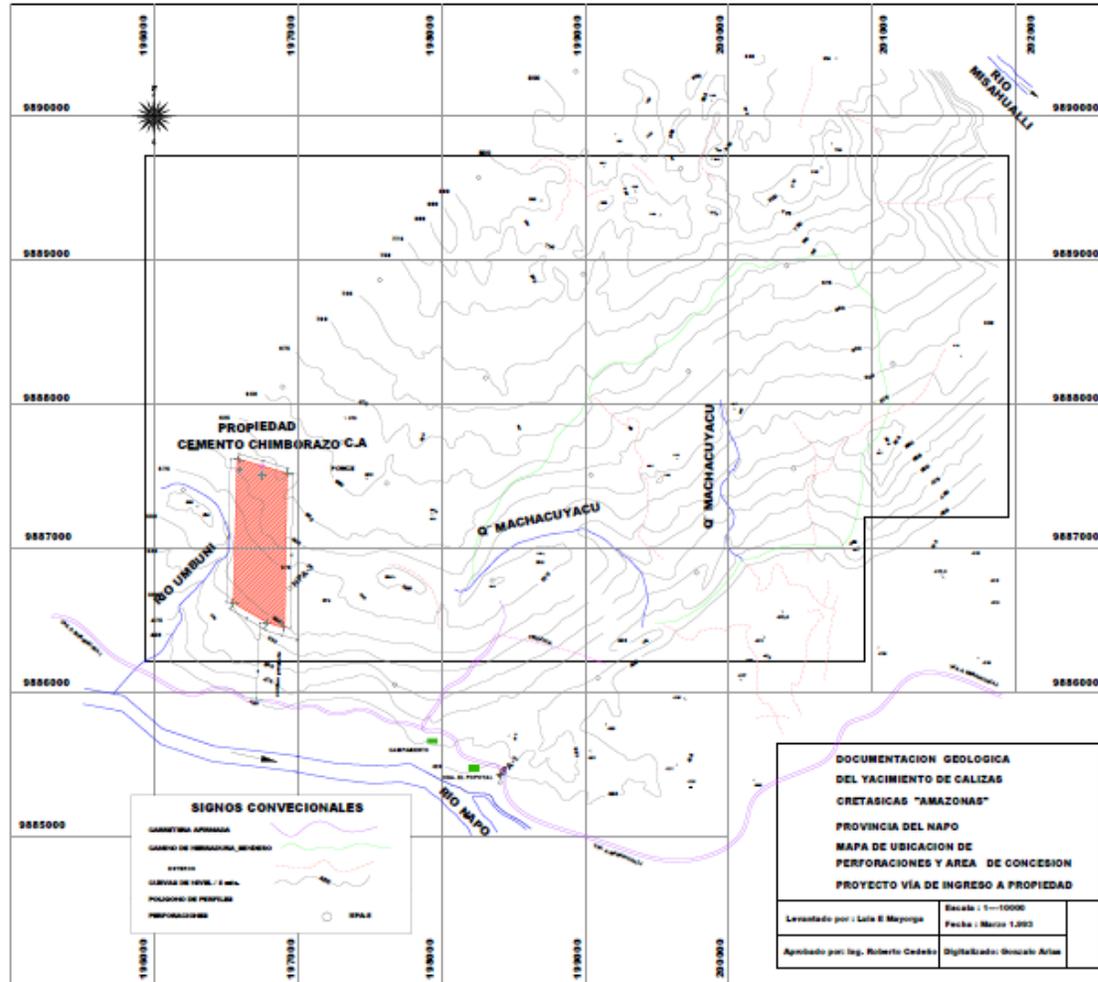
La formación Napo superior contiene calizas - M-1 (Coniaciano) alcanza 320 metros de espesor y descansa sobre la formación Napo Media que consiste en una secuencia de lutitas y calizas en bancos delgados: en la zona subandina norte empieza con calizas laminadas negras, sobre yacidas por lutitas con abundante fauna planctónica.

### **3.5 HIDROGRAFÍA**

El sistema hidrográfico de la región está formado por la red fluvial que descienden de la cordillera oriental hacia el Amazonas. Los ríos principales que se encuentran cercanos a la zona son el Rio Napo y Rio Misahuallí, pero estos no afectarían a la explotación ya que el área de estudio se encuentra alejada de dichos ríos.

El afluente más cercano al área de estudio denominado Umbuni, es el afluente al cual se desembocaran las aguas provenientes de los drenes realizados para la fluidez del agua para de esta manera no se corra el riesgo de inundaciones en el área, afectando así los trabajos de explotación.

**Gráfico 4:** Mapa Hidrográfico de la Concesión Minera "Amazonas".



**Fuente:** Cemento Chimborazo (2014). Estudio Geológico y Cálculo de Reservas.

#### **IV. EVALUACION RESERVAS**

En el año 2014, la empresa UCEM C.E.M, Planta Chimborazo, contrata los servicios profesionales del Ingeniero Geólogo Washington Palacios, para la realización del Estudio Geológico y Cálculo de Reservas de esta área, es por ello que para la realización de este proyecto se partió de los datos obtenidos del Informe del Estudio Geológico y Cálculo de Reservas realizado por el mencionado Ingeniero.

##### **4.1 UBICACIÓN Y DESCRPCION DE LOS POZOS PERFORADOS**



*Fotografía 3: Ubicación de pozos perforados.*



*Fotografía 4: Pozo de sondeo.*

Cementos Chimborazo C.A ahora UCEM C.E.M, en el 2008 realizó 6 sondajes a diamantina con alcances de 60 m (4 pozos) y 80 m (2 pozos) en una superficie de 37 has que habría sido adquirida con estos fines. Los pozos en mención determinaron potencias de material calcáreo variables en litología y valores químicos, pero traslucen sectores de mucho interés prospectivo, sin que los mismos hayan sido cuantificados económicamente.

En base a los datos geoquímicos y de logueo se emiten las siguientes deducciones:

**DDH-0.-** Tuvo un alcance de 60 m. De acuerdo a la descripción litológica hasta los 2,80 m constituye la sobrecarga arcillosa y aparentemente es una lodolita.

Desde los 2,80 hasta 60m se tiene la caliza biomicrítica gris fosilífera con pequeñas intercalaciones de lutitas calcáreas gris, con un tramo efectivo de 57.20m.

**Cuadro 2:** Descripción del pozo DH – 0

<b>POZO DH-0</b>				
<b>COORDENADAS: 196.715 E – 9'886.522 S</b>				
<b>DISTANCIAS</b>	<b>COTAS</b>	<b>POTENCIA (m)</b>	<b>% CaCO3</b>	<b>% SiO2</b>
0.00m-1.60 m	550	1,60	1,50	38
1.60m-2.80 m	548,4	1,20	52,00	27,63
2.80m-8.45 m	547,2	5,65	84,25	8,06
8.45m-18.37 m	541,55	9,92	23,00	37,97
18.37m-21.58 m	531,63	3,21	89,75	4,9
21.58m-22.68 m	528,42	1,10	50,75	26,07
22.68m-24.04 m	527,32	1,36	83,00	8,6
24.04m-26.65 m	525,96	2,61	62,50	20,08
26.65m-28.15 m	523,35	1,50	71,00	15,2
28.15m-29.75 m	521,85	1,60	41,50	28,31
29.75m-31.15 m	520,25	1,40	76,00	14,55
31.15m-33.00 m	518,85	1,85	73,00	18,76
33.00m-34.15 m	517	1,15	34,00	44,5
34.15m-35.65 m	515,5	1,50	88,25	6,2
35.65m-38.03 m	514	2,38	90,25	4,01
38.03m-40.35 m	511,62	2,32	67,25	21,19
40.35m-41.20 m	509,3	0,85	75,00	18,33
41.20m-43.51 m	508,45	2,31	55,25	29,5
43.51m-44.65 m	506,14	1,14	79,00	14,45
44.63m-46.53 m	505	1,90	63,75	29,3
46.53m-49.15 m	503,1	2,62	66,5	26,5
49.15m-52.15 m	500,48	3,00	66,25	25
52.15 m-54.65 m	497,48	2,50	80,00	11,36
54.65 m-57.07 m	494,98	2,42	84,25	7,42
57.07 m-58.9 m	492,56	1,83	88,00	5,89
58.9 m-60.0 m	490,73	1,10	70,5	16,38

**TRAMO EFECTIVO PARA LA EXTRACCION: DE 2,80m - 60m = 57,20m**

**PORCENTAJE DE CaCO3 = 69.29 %**

<b>% CaCO3</b>	
<span style="color: red;">●</span>	0% - 70%
<span style="color: green;">●</span>	70% - 75%
<span style="color: cyan;">●</span>	75% - 80%
<span style="color: blue;">●</span>	> 80%

**Fuente:** Cemento Chimborazo (2014). Estudio Geológico y Cálculo de Reservas.

Cuadro 3: Composición Química del pozo DH-0.

DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD CEMENTO CHIMBORAZO C.A.			CONCESION MINERA "AMAZONAS" PROYECTO AMAZONAS POZO DH - 0										
# Muestra	DISTANCIA	CAPA (m)	%CaCO3	PPC	% SiO2	%Al2O3	%Fe2O3	%CaO	%MgO	%SO3	%Na2O	%K2O	SUMA
PA-0-M1	0.00m-1.60 m	1,60	10,50	12,75	38,00	24,17	16,61	5,88	0,90	0,15	0,30	1,02	99,78
PA-0-M2	1.60m-2.80 m	1,20	52,00	20,00	27,63	15,20	6,09	29,12	0,82	0,09	0,27	0,70	99,92
PA-0-M3	2.80m-8.45 m	5,65	<b>84,25</b>	37,00	8,06	4,03	2,34	47,18	0,64	0,14	0,29	0,32	100,00
PA-0-M4	8.45m-18.37 m	9,92	26,00	17,40	37,97	16,72	9,62	14,56	1,44	0,85	0,31	1,06	99,93
PA-0-M5	18.37m-21.58 m	3,21	<b>89,75</b>	40,40	4,90	1,26	1,59	50,26	0,70	0,36	0,28	0,18	99,93
PA-0-M6	21.58m-22.68 m	1,10	50,75	28,00	26,07	9,12	4,13	28,54	1,71	0,56	0,29	0,97	99,39
PA-0-M7	22.68m-24.04 m	1,36	<b>83,00</b>	37,60	8,60	2,40	2,30	46,48	1,59	0,34	0,29	0,33	99,93
PA-0-M8	24.04m-26.65 m	2,61	62,50	29,61	20,08	7,79	3,96	34,72	2,07	0,52	0,30	0,91	99,96
PA-0-M9	26.65m-28.15 m	1,50	71,00	33,80	15,20	5,66	2,59	39,76	1,53	0,44	0,29	0,70	99,97
PA-0-M10	28.15m-29.75 m	1,60	41,50	32,00	28,31	3,27	3,61	28,95	1,94	0,71	0,33	0,66	99,78
PA-0-M11	29.75m-31.15 m	1,40	76,00	35,10	14,55	3,64	1,63	42,56	0,96	0,41	0,28	0,49	99,62
PA-0-M12	31.15m-33.00 m	1,85	73,00	32,96	18,76	2,91	1,99	40,88	0,79	0,31	0,27	0,67	99,54
PA-0-M13	33.00m-34.15 m	1,15	34,00	13,04	44,50	12,65	6,22	19,04	1,64	0,88	0,32	1,54	99,83
PA-0-M14	34.15m-35.65 m	1,50	<b>88,25</b>	39,70	6,20	1,83	0,92	49,42	0,82	0,35	0,27	0,23	99,74
PA-0-M15	35.65m-38.03 m	2,38	<b>90,25</b>	41,22	4,01	1,71	0,78	50,54	0,77	0,33	0,27	0,19	99,82
PA-0-M16	38.03m-40.35 m	2,32	67,25	32,04	21,19	3,51	1,77	37,66	1,13	0,76	0,29	0,64	98,99
PA-0-M17	40.35m-41.20 m	0,85	75,00	34,26	18,33	1,85	1,11	42,00	1,05	0,50	0,29	0,40	99,79
PA-0-M18	41.20m-43.51 m	2,31	55,25	29,51	29,50	4,49	2,43	30,94	1,18	1,02	0,34	0,56	99,97
PA-0-M19	43.51m-44.65 m	1,14	<b>79,00</b>	35,72	14,45	2,02	1,27	44,24	0,86	0,75	0,30	0,30	99,91
PA-0-M20	44.63m-46.53 m	1,90	63,75	31,20	29,30	0,98	0,88	35,70	0,48	0,85	0,29	0,12	99,80
PA-0-M21	46.53m-49.15 m	2,62	66,50	32,01	26,50	1,01	1,17	37,24	0,50	0,98	0,29	0,16	99,86
PA-0-M22	49.15m-52.15 m	3,00	66,25	32,07	25,00	1,87	1,47	37,00	0,66	1,34	0,29	0,28	99,98
PA-0-M23	52.15 m-54.65 m	2,50	<b>80,00</b>	37,00	11,36	2,19	1,77	44,6	0,72	1,55	0,29	0,37	99,85
PA-0-M24	54.65 m-57.07 m	2,42	<b>84,25</b>	39,00	7,42	1,74	1,45	47,18	0,65	1,24	0,29	0,37	99,34
PA-0-M25	57.07 m-58.9 m	1,83	<b>88,00</b>	40,63	5,89	1,18	0,87	49,28	0,73	0,4	0,28	0,2	99,46
PA-0-M26	58.9 m-60.0 m	1,10	70,50	34,02	16,38	4,13	2,43	39,48	1,06	0,66	0,3	0,71	99,17

Fuente: Cemento Chimborazo (2014). Departamento de Control de Calidad. Estudio Geológico y Cálculo de Reservas.

**DH-01.-** Tuvo un alcance de 60 m. De acuerdo a la descripción litológica hasta los 3.05m constituye la sobrecarga arcillosa, la misma que incluye una capa de lodolita hacia el fondo. Desde los 3.05 hasta 60.0 m se tiene la caliza biomicrítica gris fosilífera con pequeñas intercalaciones de lutitas calcáreas gris.

**Cuadro 4:** Descripción del pozo DH-01.

POZO DH-1				
COORDENADAS: 196.818 E – 9°886.630 S				
DISTANCIA	COTAS	POTENCIA (m)	% CaCO <sub>3</sub>	%SiO <sub>2</sub>
0.00m-2.50 m	568	2,50	10,25	38
2.50m-3.05 m	565,5	0,55	10,50	48,01
3.05m-4.15 m	564,95	1,10	81,75	9,96
4.15m-5.03 m	563,85	0,88	33,00	32,46
5.03m-8.80 m	562,97	3,77	78,50	11,07
8.80m-9.15 m	559,2	0,35	30,00	33
9.15m-11.65 m	558,85	2,50	87,00	4,82
11.65m-15.15 m	556,35	3,50	75,00	13,39
15.15m-22.50 m	552,85	7,35	31,75	35
22.50m-23.75 m	454,5	1,25	88,00	4,74
23.75m-27.65 m	544,25	4,10	49,25	25,8
27.65m-29.35 m	540,15	1,70	86,25	6,2
29.35m-31.00 m	538,5	1,65	53,25	24
31.00m-34.77 m	534,73	3,77	66,75	18,99
34.77m-38.65 m	530,85	3,88	75,00	13,79
38.65m-42.11 m	527,39	3,46	90,75	3,54
42.11m-43.45 m	526,05	1,34	66,50	19,92
43.45m-45.30 m	524,19	1,85	69,25	18,17
45.30m-47.85 m	521,64	2,55	45,25	35,44
47.85m-49.05 m	520,44	1,20	78,75	13,87
49.05m-52.15 m	518,34	2,10	59,50	32,5
52.15m-55.15 m	515,34	3,00	74,25	19
55.15 m-57.36m	513,13	2,21	66,75	21,9
57.36 m-60.0 m	510,49	2,64	81,50	10,73

**% CaCO<sub>3</sub>**

- 0% - 70%
- 70% - 75%
- 75% - 80%
- > 80%

<p><b>TRAMO EFECTIVO PARA LA EXTRACION:</b> DE 3,05 m a 60,0m = 56,95m</p> <p><b>PORCENTAJE DE CaCO<sub>3</sub></b> = 66,72 %</p>
---

**Fuente:** Estudio Geológico y Calculo de Reservas. Cemento Chimborazo (2014).

Cuadro 5: Composición Química del pozo DH-01.

DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD CEMENTO CHIMBORAZO C.A.													
MINA AMAZONAS PROYECTO AMAZONAS POZO 1													
# Muestra	DISTANCIA	CAPA (m)	%CaCO <sub>3</sub>	PPC	% SiO <sub>2</sub>	%Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%CaO	%MgO	%SO <sub>3</sub>	%Na <sub>2</sub> O	%K <sub>2</sub> O	SUMA
PA-1-M1	0.00m-2.50 m	2,50	10,25	8,94	38,00	24,47	20,46	5,74	0,88	0,07	0,28	0,79	99,63
PA-1-M2	2.50m-3.05 m	0,55	10,50	9,45	48,01	24,93	8,51	5,41	0,87	0,70	0,28	1,36	99,52
PA-1-M3	3.05m-4.15 m	1,10	<b>81,75</b>	37,00	9,96	3,91	2,22	45,50	0,55	0,15	0,26	0,32	99,87
PA-1-M4	4.15m-5.03 m	0,88	33,00	19,90	32,46	18,10	7,90	18,48	0,91	0,55	0,27	1,01	99,58
PA-1-M5	5.03m-8.80 m	3,77	<b>78,50</b>	36,00	11,07	4,59	2,50	43,96	0,66	0,22	0,26	0,37	99,63
PA-1-M6	8.80m-9.15 m	0,35	30,00	17,92	33,00	20,42	8,01	16,80	1,03	1,18	0,28	0,98	99,62
PA-1-M7	9.15m-11.65 m	2,50	<b>87,00</b>	40,24	4,82	3,05	1,55	48,72	0,69	0,33	0,27	0,22	99,89
PA-1-M8	11.65m-15.15 m	3,50	75,00	35,00	13,39	4,60	3,33	42,00	0,70	0,24	0,27	0,43	99,96
PA-1-M9	15.15m-22.50 m	7,35	31,75	20,54	35,00	15,00	8,52	17,78	1,17	0,49	0,29	0,99	99,78
PA-1-M10	22.50m-23.75 m	1,25	<b>88,00</b>	40,78	4,74	1,77	1,65	49,28	0,70	0,17	0,28	0,22	99,59
PA-1-M11	23.75m-27.65 m	4,10	49,25	27,40	25,80	11,00	5,15	27,58	1,24	0,48	0,29	0,87	99,81
PA-1-M12	27.65m-29.35 m	1,70	<b>86,25</b>	39,49	6,20	2,32	1,59	48,30	0,97	0,14	0,28	0,34	99,63
PA-1-M13	29.35m-31.00 m	1,65	53,25	27,86	24,00	9,00	5,00	29,82	2,35	0,48	0,30	1,06	99,87
PA-1-M14	31.00m-34.77 m	3,77	66,75	31,53	18,99	6,22	2,76	37,38	1,32	0,17	0,30	0,66	99,33
PA-1-M15	34.77m-38.65 m	3,88	75,00	34,39	13,79	4,68	3,20	42,00	0,65	0,14	0,28	0,41	99,54
PA-1-M16	38.65m-42.11 m	3,46	<b>90,75</b>	40,95	3,54	1,78	0,79	50,82	0,72	0,30	0,26	0,20	99,36
PA-1-M17	42.11m-43.45 m	1,34	66,50	32,42	19,92	5,21	2,11	37,24	1,24	0,91	0,29	0,60	99,94
PA-1-M18	43.45m-45.30 m	1,85	69,25	31,87	18,17	2,42	1,35	38,78	0,90	0,64	0,29	0,66	95,08
PA-1-M19	45.30m-47.85 m	2,55	45,25	26,64	35,44	5,60	3,21	25,34	1,44	1,23	0,30	0,68	99,88
PA-1-M20	47.85m-49.05 m	1,20	<b>78,75</b>	36,53	13,87	1,75	1,12	44,10	0,75	0,67	0,29	0,25	99,33
PA-1-M21	49.05m-52.15 m	2,10	59,50	29,52	32,50	1,55	1,06	33,32	0,44	0,66	0,29	0,17	99,51
PA-1-M22	52.15m-55.15 m	3,00	74,25	35,36	19,00	1,16	0,96	41,58	0,51	0,84	0,29	0,17	99,87
PA-1-M23	55.15 m-57.36 m	2,21	66,75	34,44	21,9	1,93	1,46	37,38	0,61	1,16	0,28	0,28	99,44
PA-1-M24	57.36 m-60.0 m	2,64	<b>81,50</b>	37,00	10,73	2,03	1,66	45,64	0,71	1,41	0,29	0,37	99,84

Fuente: Cemento Chimborazo (2014). Departamento de Control de Calidad. Estudio Geológico y Cálculo de Reservas.

**DH-02.-** Tuvo un alcance de 60 m. De acuerdo a la descripción litológica hasta los 6.00m constituye la sobrecarga arcillosa. Desde los 6.00 hasta 60.0 m se tiene la caliza biomicrítica gris fosilífera con pequeñas intercalaciones de lutitas calcáreas gris y fisibles.

**Cuadro 6:** Descripción del pozo DH-02.

<b>POZO DH-2</b>				
<b>COORDENADAS: 196.647 E – 9°886.829 S</b>				
<b>DISTANCIA</b>	<b>COTAS</b>	<b>POTENCIA (m)</b>	<b>% CaCO<sub>3</sub></b>	<b>%SiO<sub>2</sub></b>
0.00m-6.00 m	581	6,00	9,25	44,02
6.00m-10.15 m	575	4,15	83,00	6,76
10.15m-13.15 m	570,85	3,00	82,50	7,56
13.15m-20.85 m	567,58	7,70	42,50	25,5
20.85m-24.72 m	560,15	3,87	84,75	5,21
24.72m-26.10 m	556,28	1,38	43,00	27,26
26.10m-27.95 m	554,9	1,85	84,75	6,03
27.95m-29.25 m	553,05	1,30	54,25	22
29.25m-34.20 m	551,75	4,95	72,75	16,34
34.20m-38.70 m	546,8	4,50	77,75	15,94
38.70m-40.70 m	542,3	2,00	86,50	6,34
40.70m-43.15 m	540,3	2,45	89,00	4,25
43.15m-44.55 m	537,85	1,40	68,50	19,6
44.55m-46.25 m	536,45	1,70	69,75	19,68
46.25m-47.73 m	534,75	1,48	42,50	35,2
47.73m-49.40 m	533,27	1,67	73,50	17,5
49.40m-52.90 m	531,6	3,50	63,75	28,5
52.90m-55.95 m	528,1	3,05	63,75	28,23
55.95m-59.00 m	525,05	3,05	77,75	15,74
59.00m-60.00 m	522	1,00	83,50	8,37

<b>% CaCO<sub>3</sub></b>	
	0% - 70%
	70% - 75%
	75% - 80%
	> 80%

**TRAMO EFECTIVO PARA LA EXTRACCION:** 6,00 – 60,0= 54,00m

**PORCENTAJE DE CaCO<sub>3</sub>**=70.72%

**Fuente:** Cemento Chimborazo (2014). Estudio Geológico y Cálculo de Reservas.

**Cuadro 7:** Composición Química del pozo DH-02.

DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD CEMENTO CHIMBORAZO C.A.													
<b>MINA AMAZONAS PROYECTO AMAZONAS POZO 2</b>													
# Muestra	DISTANCIA	CAPA (m)	%CaCO <sub>3</sub>	PPC	% SiO <sub>2</sub>	%Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%CaO	%MgO	%SO <sub>3</sub>	%Na <sub>2</sub> O	%K <sub>2</sub> O	SUMA
<b>PA-2-M1</b>	0.00m-6.00 m	6,00	9,25	11,46	44,02	24,16	12,28	5,18	0,97	0,06	0,27	1,23	99,63
<b>PA-2-M2</b>	6.00m-10.15 m	4,15	<b>83,00</b>	39,37	6,76	3,84	2,09	46,48	0,67	0,23	0,27	0,28	99,99
<b>PA-2-M3</b>	10.15m-13.15 m	3,00	<b>82,50</b>	38,54	7,56	3,69	2,40	46,20	0,69	0,14	0,26	0,35	99,83
<b>PA-2-M4</b>	13.15m-20.85 m	7,70	42,50	25,24	25,50	14,90	6,97	23,80	1,36	0,86	0,29	0,94	99,86
<b>PA-2-M5</b>	20.85m-24.72 m	3,87	<b>84,75</b>	40,08	5,21	2,08	2,28	47,46	1,08	0,89	0,28	0,22	99,58
<b>PA-2-M6</b>	24.72m-26.10 m	1,38	43,00	26,61	27,26	12,24	5,09	24,08	2,15	0,65	0,31	1,18	99,57
<b>PA-2-M7</b>	26.10m-27.95 m	1,85	<b>84,75</b>	39,54	6,03	2,37	1,99	47,46	1,50	0,27	0,28	0,32	99,76
<b>PA-2-M8</b>	27.95m-29.25 m	1,30	54,25	28,14	22,00	9,76	5,02	30,38	2,60	0,55	0,30	1,04	99,79
<b>PA-2-M9</b>	29.25m-34.20 m	4,95	72,75	33,63	16,34	4,86	2,24	40,74	1,12	0,14	0,29	0,63	99,99
<b>PA-2-M10</b>	34.20m-38.70 m	4,50	<b>77,75</b>	35,88	15,94	1,59	1,31	43,54	0,70	0,16	0,27	0,43	99,82
<b>PA-2-M11</b>	38.70m-40.70 m	2,00	<b>86,50</b>	39,49	6,34	2,85	1,15	48,44	0,78	0,33	0,27	0,31	99,96
<b>PA-2-M12</b>	40.70m-43.15 m	2,45	<b>89,00</b>	40,99	4,25	1,97	0,89	49,84	0,82	0,33	0,27	0,21	99,57
<b>PA-2-M13</b>	43.15m-44.55 m	1,40	68,50	33,50	19,60	3,64	1,72	38,36	1,03	0,81	0,29	0,54	99,49
<b>PA-2-M14</b>	44.55m-46.25 m	1,70	69,75	33,51	19,68	2,82	1,54	39,06	1,06	0,75	0,29	0,63	99,34
<b>PA-2-M15</b>	46.25m-47.73 m	1,48	42,50	26,42	35,20	6,89	3,55	23,80	1,72	1,32	0,31	0,75	99,96
<b>PA-2-M16</b>	47.73m-49.40 m	1,67	<b>73,50</b>	35,34	17,50	2,23	1,25	41,16	0,84	0,72	0,29	0,30	99,63
<b>PA-2-M17</b>	49.40m-52.90 m	3,50	63,75	31,27	28,50	1,22	1,21	35,70	0,53	0,87	0,28	0,17	99,75
<b>PA-2-M18</b>	52.90m-55.95 m	3,05	63,75	31,00	28,23	1,03	1,45	35,70	0,66	1,20	0,29	0,29	99,85
<b>PA-2-M19</b>	55.95m-59.00 m	3,05	<b>77,75</b>	35,20	15,74	1,22	1,40	43,54	0,71	1,33	0,29	0,37	99,80
<b>PA-2-M20</b>	59.00m-60.00 m	1,00	<b>83,50</b>	39,36	8,37	2,18	1,66	46,76	0,69	0,22	0,29	0,37	99,90

**Fuente:** Cemento Chimborazo (2014). Departamento de Control de Calidad. Estudio Geológico y Cálculo de Reservas.

**DH-03.-** Tuvo un alcance de 60 m. De acuerdo a la descripción litológica hasta 0,99m constituye la sobrecarga arcillosa. Desde 0,99m hasta 43.31m m se tiene la caliza biomicrítica gris fosilífera con pequeñas intercalaciones de lutitas calcáreas gris y fisibles, con un tramo efectivo de 43,31m.

**Cuadro 8:** Descripción del pozo DH-03.

<b>REGISTROS QUIMICOS PONDERADOS (POZO 3)</b>				
<b>DISTANCIA</b>	<b>COTAS</b>	<b>CAPA (m)</b>	<b>% CaCO<sub>3</sub></b>	<b>SiO<sub>2</sub></b>
0.00m-0.99 m	589	0,99	2,00	59,2
0.99m-2.65 m	588,01	1,66	70,50	19,2
2.65m-4.83 m	586,35	2,18	72,25	18,75
4.83m-5.65 m	584,17	1,18	9,75	57,27
5.65m-7.15 m	582,99	1,50	<b>87,50</b>	6,01
7.15m-8.65 m	581,49	1,50	<b>89,50</b>	3,51
8.65m-9.47 m	579,99	0,82	<b>85,75</b>	7,38
9.47m-10.60 m	579,17	1,13	66,50	19,08
10.60m-12.38 m	578,04	1,78	73,00	19,02
12.38m-15.10 m	576,26	2,72	54,00	30,31
15.10m-16.38 m	573,54	1,28	75,00	15,76
16.38m-18.20 m	572,36	1,82	<b>62,25</b>	30,5
18.20m-20.65 m	570,44	2,45	65,25	25,5
20.65m-22.15 m	567,99	1,50	67,75	21,75
22.15m-23.65 m	566,49	1,50	74,00	16,02
23.65m-26.65 m	564,99	3,00	<b>79,00</b>	10,05
26.65m-28.15 m	561,99	1,50	<b>82,75</b>	9,68
28.15m-30.18 m	560,49	2,03	<b>79,25</b>	10,56
30.80m-34.15 m	558,46	3,35	36,75	34
34.15m-38.30 m	555,11	4,15	70,75	18,9
38.30m-41.65 m	550,96	3,35	25,00	58,7
41.65m-43.31 m	547,61	1,66	70,00	19,39

**% CaCO<sub>3</sub>**

- 0% - 70%
- 70% - 75%
- 75% - 80%
- > 80%

<p><b>TRAMO EFECTIVO PARA LA EXTRACCIÓN:</b> DE 0,99m a 43.31m= 42.32m</p> <p><b>PORCENTAJE DE CARBONATO DE CALCIO:</b> 69,11%</p>
--

**Fuente:** Cemento Chimborazo (2014). Estudio Geológico y Cálculo de Reservas.

**Cuadro 9:** Composición Química del pozo DH-03.

DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD CEMENTO CHIMBORAZO C.A.													
<b>CONCESION AMAZONAS POZO 3</b>													
# Muestra	DISTANCIA	CAPA (m)	%CaCO <sub>3</sub>	PPC	% SiO <sub>2</sub>	%Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%CaO	%MgO	%SO <sub>3</sub>	%Na <sub>2</sub> O	%K <sub>2</sub> O	SUMA
PA-3-M1	0.00m-0.99 m	0,99	2,00	10,47	59,20	14,61	11,91	1,12	0,90	0,10	0,53	0,84	99,68
PA-3-M2	0.99m-2.65 m	1,66	70,50	33,64	19,20	2,71	2,33	39,48	1,02	0,75	0,28	0,44	99,85
PA-3-M3	2.65m-4.83 m	2,18	72,25	33,40	18,75	2,93	2,30	40,46	0,73	0,21	0,27	0,60	99,65
PA-3-M4	4.83m-5.65 m	1,18	9,75	10,41	57,27	14,32	7,90	5,46	1,40	0,79	0,29	1,57	99,41
PA-3-M5	5.65m-7.15 m	1,50	<b>87,50</b>	39,84	6,01	2,07	1,21	49,00	0,69	0,24	0,27	0,25	99,58
PA-3-M6	7.15m-8.65 m	1,50	<b>89,50</b>	41,13	3,51	2,09	1,35	50,12	0,95	0,32	0,27	0,21	99,95
PA-3-M7	8.65m-9.47 m	0,82	<b>85,75</b>	39,28	7,38	1,86	0,92	48,02	0,74	0,32	0,28	0,24	99,04
PA-3-M8	9.47m-10.60 m	1,13	66,50	33,75	19,08	4,59	2,35	37,24	1,00	0,80	0,29	0,58	99,68
PA-3-M9	10.60m-12.38 m	1,78	73,00	33,94	19,02	2,33	1,75	40,88	0,84	0,29	0,28	0,53	99,86
PA-3-M10	12.38m-15.10 m	2,72	54,00	29,63	30,31	4,30	2,46	30,24	1,02	1,08	0,29	0,50	99,83
PA-3-M11	15.10m-16.38 m	1,28	75,00	35,80	15,76	2,18	1,35	42,00	0,75	0,82	0,28	0,31	99,25
PA-3-M12	16.38m-18.20 m	1,82	<b>62,25</b>	30,44	30,50	1,08	1,43	34,86	0,39	0,72	0,27	0,12	99,81
PA-3-M13	18.20m-20.65 m	2,45	65,25	33,39	25,50	1,15	1,18	36,54	0,46	1,04	0,28	0,18	99,72
PA-3-M14	20.65m-22.15 m	1,50	67,75	34,24	21,75	2,06	1,59	37,94	0,52	1,30	0,28	0,28	99,96
PA-3-M15	22.15m-23.65 m	1,50	74,00	36,33	16,02	2,13	1,51	41,44	0,53	1,17	0,28	0,31	99,72
PA-3-M16	23.65m-26.65 m	3,00	<b>79,00</b>	38,00	10,05	2,48	2,01	44,24	0,61	1,65	0,29	0,38	99,71
PA-3-M17	26.65m-28.15 m	1,50	<b>82,75</b>	37,00	9,68	2,49	1,82	46,34	0,56	0,73	0,29	0,42	99,33
PA-3-M18	28.15m-30.18 m	2,03	<b>79,25</b>	37,59	10,56	3,27	1,77	44,38	0,91	0,57	0,28	0,45	99,78
PA-3-M19	30.80m-34.15 m	3,35	36,75	21,99	34,00	12,33	6,88	20,58	1,70	0,80	0,30	1,12	99,70
PA-3-M20	34.15m-38.30 m	4,15	70,75	36,30	18,90	0,39	1,96	39,62	0,92	0,70	0,29	0,08	99,16
PA-3-M21	38.30m-41.65 m	3,35	25,00	16,13	58,70	2,97	5,05	14,00	1,34	0,49	0,30	0,54	99,52
PA-3-M22	41.65m-43.31 m	1,66	70,00	32,33	19,39	2,60	2,43	39,20	1,39	0,93	0,34	1,37	99,98

Fuente: Cemento Chimborazo (2014). Departamento de control de Calidad. Estudio Geológico y Cálculo de Reservas.

**DH-04.-** Tuvo un alcance de 80 m. De acuerdo a la descripción litológica hasta 1.77 m constituye la sobrecarga arcillosa. Desde 1.77 hasta 39,16m se tiene la caliza biomicrítica gris fosilífera con pequeñas intercalaciones de lutitas calcáreas grises y laminadas, con un tramo efectivo de 37,39m.

**Cuadro 10:** Descripción del pozo DH-04.

POZO DH-4				
COORDENADAS: 196.633 E – 9'887.224N				
DISTANCIA	COTAS	POTENCIA (m)	% CaCO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>
0.00m-1.77 m	585	1,77	78,75	11,82
1.77m-4.15 m	583,23	2,38	79,75	10,06
4.15m-5.65 m	580,85	1,50	81,25	9,88
5.65m-7.15 m	579,35	1,55	76,50	11,27
7.15m-8.65 m	577,8	1,50	87,00	6,63
8.65m-10.05 m	576,3	1,40	88,25	7,03
10.05m-11.35 m	574,9	1,30	60,50	20,93
11.35m-12.53 m	573,6	1,18	3,25	49,72
12.53m-14.65 m	572,42	2,12	58,50	26,1
14.65m-16.15 m	570,3	1,50	63,50	27,5
16.15m-17.65 m	568,8	1,50	51,25	38,63
17.65m-19.67 m	567,3	2,02	75,00	23
19.67m-21.17 m	565,28	1,50	71,25	25,6
21.17m-23.47 m	563,78	2,30	67,00	25
23.47m-25.15 m	561,48	1,68	80,00	12,2
25.15m-27.15 m	559,8	2,00	80,75	9,42
27.15m-29.12 m	557,8	1,97	80,00	9,75
29.12m-31.48 m	555,83	2,36	72,50	14,48
31.48m-36.38 m	553,47	4,90	45,25	29,6
36.38m-39.16 m	548,57	2,78	82,75	2,33

% CaCO <sub>3</sub>	
<span style="color: red;">●</span>	0% - 70%
<span style="color: green;">●</span>	70% - 75%
<span style="color: cyan;">●</span>	75% - 80%
<span style="color: blue;">●</span>	> 80%

**TRAMO EFECTIVO PARA LAEXTRACCIÓN:** 1,77 m a 39,16m = 37,39m

**PORCENTAJE DE CARBONATO DE CALCIO:** 69,15%

**Fuente:** Cemento Chimborazo (2014). Estudio Geológico y Cálculo de Reservas.

**Cuadro 11:** Composición Química del pozo DH-04.

DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD CEMENTO CHIMBORAZO C.A.													
<b>CONCESION AMAZONAS POZO 4</b>													
# Muestra	DISTANCIA	CAPA (m)	%CaCO <sub>3</sub>	PPC	% SiO <sub>2</sub>	%Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%CaO	%MgO	%SO <sub>3</sub>	%Na <sub>2</sub> O	%K <sub>2</sub> O	SUMA
PA-4-M1	0.00m-1.77 m	1,77	<b>78,75</b>	36,36	11,82	3,72	2,08	44,10	0,68	0,34	0,29	0,44	99,83
PA-4-M2	1.77m-4.15 m	2,38	<b>79,75</b>	40,68	10,06	1,50	1,30	44,66	0,59	0,22	0,28	0,32	99,61
PA-4-M3	4.15m-5.65 m	1,50	<b>81,25</b>	39,31	9,88	1,98	1,31	45,50	0,64	0,32	0,28	0,41	99,63
PA-4-M4	5.65m-7.15 m	1,55	<b>76,50</b>	39,86	11,27	1,82	1,72	42,84	0,70	0,28	0,27	0,52	99,28
PA-4-M5	7.15m-8.65 m	1,50	<b>87,00</b>	38,82	6,63	2,23	1,05	48,72	0,67	0,23	0,27	0,20	98,82
PA-4-M6	8.65m-10.05 m	1,40	<b>88,25</b>	38,25	7,03	1,97	1,26	49,42	1,00	0,30	0,27	0,22	99,72
PA-4-M7	10.05m-11.35 m	1,30	60,50	33,64	20,93	5,20	2,64	33,88	1,07	1,05	0,30	0,65	99,36
PA-4-M8	11.35m-12.53 m	1,18	3,25	8,56	49,72	24,20	10,94	1,82	1,24	1,03	0,50	1,35	99,36
PA-4-M9	12.53m-14.65 m	2,12	58,50	31,75	26,10	4,00	2,26	32,76	1,09	0,87	0,29	0,55	99,67
PA-4-M10	14.65m-16.15 m	1,50	63,50	29,24	27,50	3,38	2,05	35,56	0,85	0,41	0,29	0,41	99,69
PA-4-M11	16.15m-17.65 m	1,50	51,25	25,36	38,63	3,31	1,91	28,70	0,65	0,44	0,30	0,35	99,65
PA-4-M12	17.65m-19.67 m	2,02	<b>75,00</b>	31,83	23,00	1,07	1,06	42,00	0,42	0,14	0,27	0,13	99,92
PA-4-M13	19.67m-21.17 m	1,50	71,25	30,98	25,60	1,01	1,04	39,90	0,41	0,30	0,27	0,14	99,65
PA-4-M14	21.17m-23.47 m	2,30	67,00	30,96	25,00	2,14	1,64	37,52	0,56	1,30	0,28	0,31	99,71
PA-4-M15	23.47m-25.15 m	1,68	<b>80,00</b>	36,41	12,20	2,11	1,61	44,80	0,58	1,34	0,28	0,33	99,66
PA-4-M16	25.15m-27.15 m	2,00	<b>80,75</b>	38,66	9,42	1,77	1,66	45,22	0,57	1,35	0,28	0,39	99,32
PA-4-M17	27.15m-29.12 m	1,97	<b>80,00</b>	38,18	9,75	2,83	1,78	44,80	0,67	1,16	0,30	0,45	99,92
PA-4-M18	29.12m-31.48 m	2,36	72,50	35,67	14,48	3,98	2,06	40,60	0,97	0,68	0,30	0,58	99,32
PA-4-M19	31.48m-36.38 m	4,90	45,25	25,06	29,60	9,08	6,10	25,34	1,56	1,02	0,31	1,00	99,07
PA-4-M20	36.38m-39.16 m	2,78	82,75	46,70	2,33	0,36	1,88	46,34	0,93	0,57	0,28	0,08	99,47

**Fuente:** Cemento Chimborazo (2014). Departamento de control de Calidad. Estudio Geológico y Cálculo de Reservas.

**DH-05.-** Tuvo un alcance de 80 m. De acuerdo a la descripción litológica hasta 4,15m constituye la sobrecarga arcillosa; Desde 4,15m hasta 41,30m se tiene la caliza biomicrítica gris fosilífera con pequeñas intercalaciones de lutitas calcáreas gris, con un tramo efectivo de 37,15m.

**Cuadro 12:** Descripción del pozo DH-05.

POZO DH-5				
COORDENADAS: 196.812 E – 9'887.432				
DISTANCIA	COTAS	POTENCIA (m)	% CaCO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>
0.00m-1.15 m	526	1,15	1,75	49,5
1.15m-4.15 m	524,85	3,00	64,25	18,22
4.15m-5.65 m	521,85	1,50	71,50	12,73
5.65m-7.71 m	520,35	2,06	78,50	10,8
7.71m-8.97 m	518,29	1,26	21,25	45,89
8.97m-10.72 m	517,03	1,75	87,25	7,4
10.72m-12.68 m	515,28	1,96	87,00	7,58
12.68m-13.85 m	513,32	1,17	59,00	21,12
13.85m-15.73 m	512,15	1,88	74,50	14,74
15.73m-17.11 m	510,27	1,88	48,25	33,68
17.11m-19.15 m	508,39	2,04	57,75	35
19.15m-20.65 m	506,35	1,50	67,25	25
20.65m-23.65 m	504,85	3,00	70,00	25,1
23.65m-25.15 m	501,85	1,50	66,75	24
25.15m-26.65 m	500,35	1,50	80,00	12,08
26.65m-28.15 m	498,85	1,50	78,00	11,62
28.15m-29.65 m	497,35	1,50	85,75	7,5
29.65m-31.00 m	495,85	1,35	82,25	9,06
31.00m-34.00 m	494,5	3,00	74,75	13,47
34.00m-37.70 m	491,5	3,70	21,00	45,2
37.70m-41.30 m	487,8	3,60	77,50	11,5

**% CaCO<sub>3</sub>**

- 0% - 70%
- 70% - 75%
- 75% - 80%
- > 80

<b>TRAMO EFECTIVO PARA LAEXTRACCIÓN:</b> 4,15 m a 41,30 m = 37,15m <b>PORCENTAJE DE CARBONATO DE CALCIO:</b> 67,80%
--

**Fuente:** Cemento Chimborazo (2014). Estudio Geológico y Cálculo de Reservas.

Cuadro 13: Composición Química del pozo DH-05.

DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD CEMENTO CHIMBORAZO C.A.													
CONCESION AMAZONAS POZO 5													
# Muestra	DISTANCIA	CAPA (m)	%CaCO3	PPC	% SiO2	%Al2O3	%Fe2O3	%CaO	%MgO	%SO3	%Na2O	%K2O	SUMA
PA-5-M1	0.00m-1.15 m	1,15	1,75	4,00	49,50	21,09	21,52	0,98	0,79	0,07	0,32	0,74	99,01
PA-5-M2	1.15m-4.15 m	3,00	64,25	36,33	18,22	4,39	2,55	35,98	1,15	0,28	0,28	0,63	99,81
PA-5-M3	4.15m-5.65 m	1,50	71,50	40,70	12,73	2,45	2,12	40,00	0,66	0,36	0,28	0,46	99,76
PA-5-M4	5.65m-7.71 m	2,06	<b>78,50</b>	39,77	10,80	1,99	1,65	43,96	0,68	0,09	0,27	0,51	99,72
PA-5-M5	7.71m-8.97 m	1,26	21,25	18,62	45,89	12,81	6,04	11,90	1,15	0,86	0,28	1,47	99,02
PA-5-M6	8.97m-10.72 m	1,75	<b>87,25</b>	38,68	7,40	2,10	1,07	48,86	0,76	0,42	0,28	0,25	99,82
PA-5-M7	10.72m-12.68 m	1,96	<b>87,00</b>	38,73	7,58	2,31	0,94	48,72	0,72	0,30	0,28	0,25	99,83
PA-5-M8	12.68m-13.85 m	1,17	59,00	34,08	21,12	6,20	2,49	33,04	0,85	1,06	0,29	0,70	99,83
PA-5-M9	13.85m-15.73 m	1,88	74,50	36,57	14,74	3,16	1,47	41,72	0,72	0,47	0,29	0,53	99,67
PA-5-M10	15.73m-17.11 m	1,88	48,25	26,82	33,68	5,87	3,29	27,02	1,01	1,05	0,30	0,67	99,71
PA-5-M11	17.11m-19.15 m	2,04	57,75	22,99	35,00	4,74	2,72	32,34	0,79	0,18	0,30	0,50	99,56
PA-5-M12	19.15m-20.65 m	1,50	67,25	33,28	25,00	1,14	1,29	37,66	0,51	0,43	0,28	0,15	99,74
PA-5-M13	20.65m-23.65 m	3,00	70,00	31,97	25,10	1,12	1,15	39,20	0,44	0,42	0,28	0,17	99,85
PA-5-M14	23.65m-25.15 m	1,50	66,75	32,25	24,00	2,13	1,62	37,38	0,53	1,37	0,28	0,27	99,83
PA-5-M15	25.15m-26.65 m	1,50	<b>80,00</b>	37,77	12,08	1,58	1,48	44,80	0,51	1,18	0,28	0,28	99,96
PA-5-M16	26.65m-28.15 m	1,50	<b>78,00</b>	37,63	11,62	2,40	1,93	43,68	0,58	1,12	0,28	0,40	99,64
PA-5-M17	28.15m-29.65 m	1,50	<b>85,75</b>	39,09	7,50	1,69	1,34	48,02	0,55	0,59	0,28	0,28	99,34
PA-5-M18	29.65m-31.00 m	1,35	<b>82,25</b>	37,71	9,06	2,36	1,50	46,06	0,58	1,08	0,29	0,40	99,04
PA-5-M19	31.00m-34.00 m	3,00	74,75	37,09	13,47	3,51	2,25	41,86	0,96	0,62	0,29	0,40	100,45
PA-5-M20	34.00m-37.70 m	3,70	21,00	11,38	45,20	16,43	9,94	11,76	2,08	1,06	0,35	1,34	99,54
PA-5-M21	37.70m-41.30 m	3,60	77,50	41,98	11,50	0,29	1,23	43,40	0,81	0,44	0,28	0,05	99,98

Fuente: Cemento Chimborazo (2014). Departamento de Control de Calidad. Estudio Geológico y Cálculo de Reservas.

## 4.2 ANÁLISIS DE POZOS PERFORADOS

**Cuadro 14:** Análisis de los pozos perforados.

ANÁLISIS DE POZOS PERFORADOS EN LA CONCESION MINERA "AMAZONAS"					
POZO	TRAMO DE INTERES	% CaCO3	% SiO2	SOBRECARGA	BLOQUE
DH-0	2,80m – 60,00m (57,20m)	69,29	22,52	2,80	SUR
DH-1	3,05m - 60,00m (56,95m)	66,72	18,55	3,05	SUR
DH-2	6,00m - 60,00m (54m)	70,72	16,03	6,00	SUR
DH-3	0,99m – 43,31m (42,32m)	69,11	16,08	0,99	NORTE
DH-4	1,77m - 39,16m (37,39m)	69,15	16,22	1,77	NORTE
DH-5	4,15m – 41,30m (37,15m)	67,80	20,18	4,15	NORTE

**Fuente:** Cemento Chimborazo (2014). Estudio Geológico y Cálculo de Reservas.

## 4.3 PERFILES GEOLÓGICOS

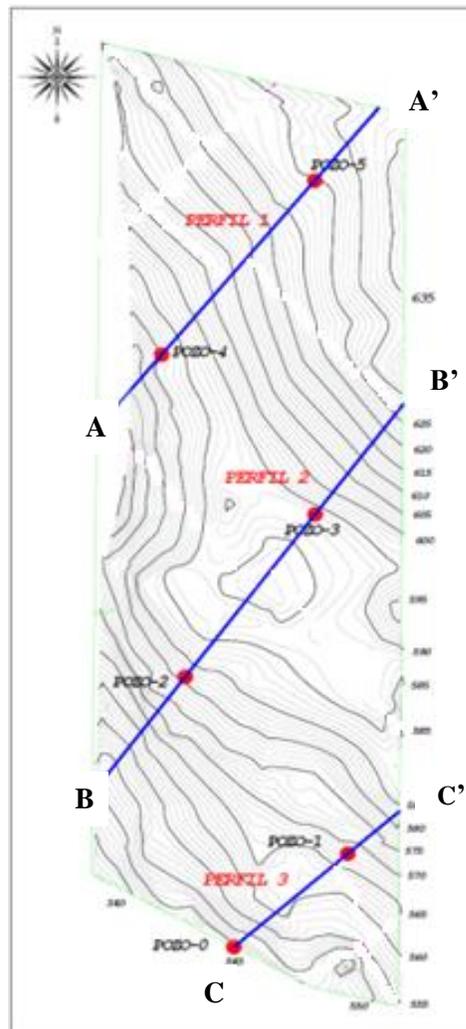
Con la ayuda del levantamiento topográfico de la zona de estudio se diseñó el modelo de elevación digital, a fin de obtener el cálculo de reservas, pues se calcula superficies y volúmenes de manera más exacta. La actualización de la topografía y con ayuda del software ArcGis 10.1, se diseñaron 3 perfiles transversales el primero de 442m, con una distancia de 305m; el segundo de 558 m, con una distancia de 375m; el tercero de 249,7m, con una distancia de 178m, en los cuales fueron proyectados los pozos perforados para delimitar el espesor de caliza el cual es de 40m de espesor, definiendo así 8 bancos de explotación. (Ver anexo 3).

**Perfil 1:** Dirección: N40°E a S40°W

**Perfil 2:** Dirección: N37°E a S37°W

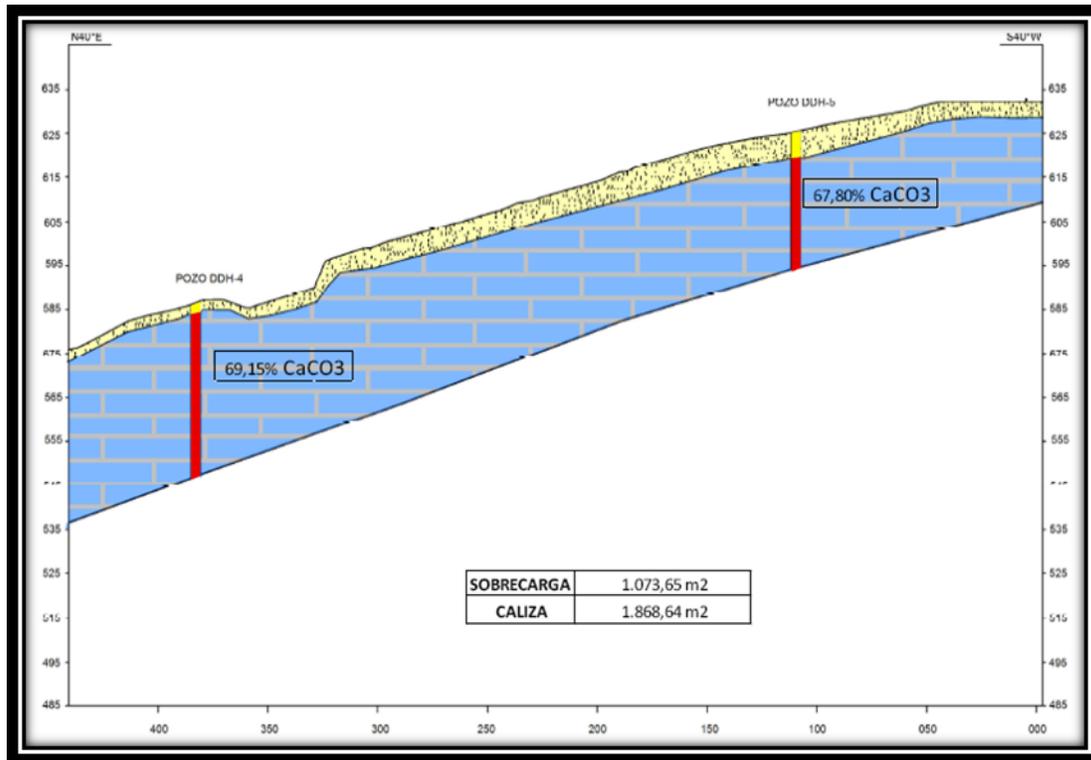
**Perfil 3:** Dirección: N49°E a S49°W

**Gráfico 5:** Mapa de ubicación de los perfiles geológicos.



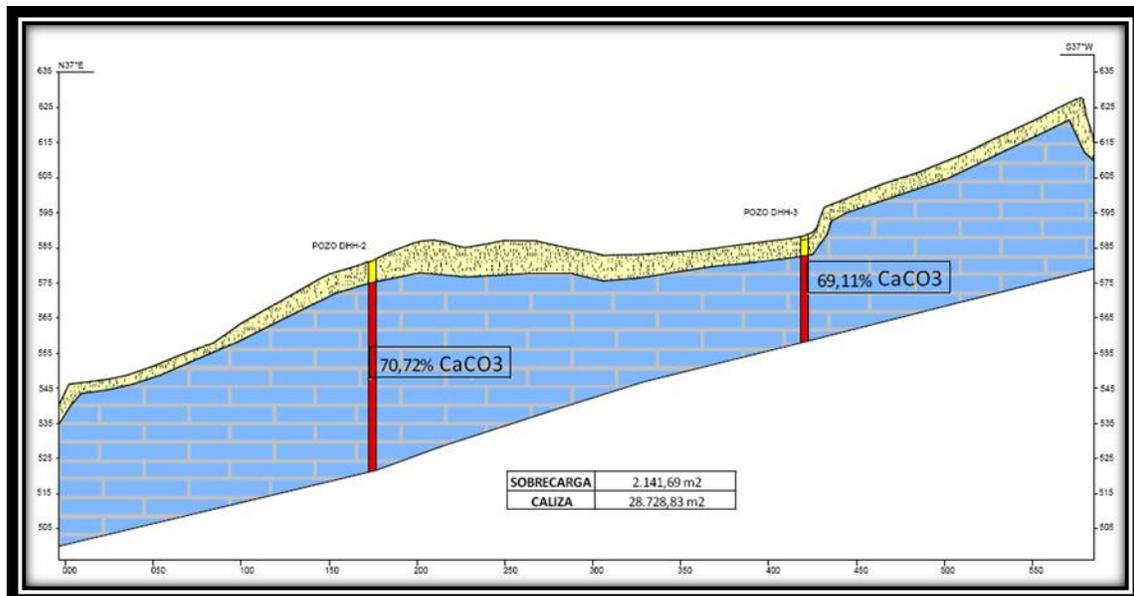
**Elaborado:** Barros, A. (2015)

Gráfico 6: Perfil A - A'.



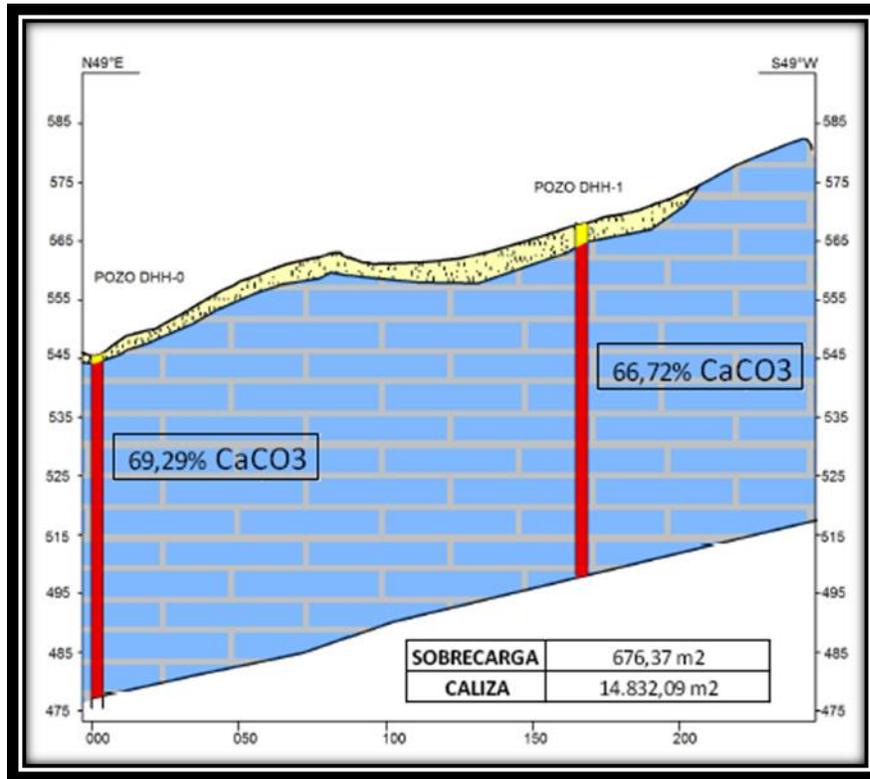
Elaborado: Barros, A. (2016)

Gráfico 7: Perfil B - B'.



Elaborado: Barros, A. (2015)

Gráfico 8: Perfil C - C'.



Elaborado: Barros, A. (2015)

Mediante el método de los perfiles obtuvimos los siguientes valores de cada una de las áreas de caliza y material estéril.

Cuadro 15: Áreas de material estéril de cada perfil geológico.

PERFIL	POZOS	AREA(m <sup>2</sup> )
A - A'	DH-4 – DH-5	1.073,05
B – B'	DH-2 – DH-3	2.141,69
C – C'	DH-0 – DH-1	676,37

Elaborado: Barros, A. (2015)

**Cuadro 16:** Áreas de Caliza de cada perfil geológico.

PERFIL	POZOS	AREA (m <sup>2</sup> )
A – A'	DH-4 – DH-5	1.868,64
B – B'	DH-2 – DH-3	28.728,83
C – C'	DH-0 – DH-1	14.832,09

**Elaborado:** Barros, A. (2015)

**Cuadro 17:** Volumen total caliza - material estéril.

CALIZA		
VOLUMEN:	13'288.114,81m <sup>3</sup>	33'220.287,03ton

MATERIAL ESTERIL	
VOLUMEN:	1'211.469,99m <sup>3</sup>

**Elaborado:** Barros, A. (2015)

#### 4.5 POTENCIA DE SOBRECARGA

La sobrecarga presente en la Propiedad de la UCEM, consta de arcilla café – rojiza,

Para determinar el volumen de la sobrecarga se lo realizó con la siguiente formula:

$$S = \frac{1}{2}(A_0 + A_1)d + \frac{1}{2}(A_1 + A_2)d + \frac{1}{2}(A_2 + A_3)d + \frac{1}{2}(A_3 + A_0)d$$

**DONDE:**

V= Volumen

A= Área de sobrecarga del perfil (m<sup>2</sup>)

d = Distancia entre perfiles

$$S = \frac{1}{2}(0 + 1.073,65)305 + \frac{1}{2}(1073,65 + 2.141,69)375 \\ + \frac{1}{2}(2.141,69 + 676,37)273 + \frac{1}{2}(676,37 + 0)178$$

$$S = \frac{1}{2}(1.073,65)305 + \frac{1}{2}(3.215,34)375 + \frac{1}{2}(2.818,06)273 + \frac{1}{2}(676,37)178$$

$$S = \frac{1}{2}(327.463,25) + \frac{1}{2}(1'205.752,5) + \frac{1}{2}(769.330,38) + \frac{1}{2}(120393.86)$$

$$S = (163.731,62) + (602.876,25) + (384.665,19) + (60196.93)$$

$$S = 1'211.469,99m^3$$

#### **COEFICIENTE DE DESTAPE:**

$$Km = Ve/Vm$$

DONDE:

Km = Coeficiente de destape

Ve = Volumen del estéril en m<sup>3</sup>

Vm = Volumen del mineral en m<sup>3</sup>

$$Km = \frac{1'211.469,99m^3}{13'288.114,81} = 0.09m^3$$

Determinando así que se tendrá que destapar de sobrecarga, 0.09m<sup>3</sup> por cada m<sup>3</sup> de caliza.

#### 4.6 ESTIMACIÓN DE RECURSOS.

En base en los resultados obtenidos mediante geología de superficie se ha elaborado una evaluación e interpretación de toda la información geológica, geoquímica, la misma que se ha correlacionado con los estudios geológicos, sondajes, perforaciones, realizados en periodos anteriores por Cementos Chimborazo C.A dentro del marco de una conceptualización geológico y minera del yacimiento. Se ha establecido un modelo geométrico de bloques, en función de las características litológicas, estructurales, morfológico - químicos y fundamentado en aquello, se ha determinado la génesis del yacimiento, su extensión en superficie y subsuelo y sus rasgos estratigráficos.

Para la clasificación de reservas normalmente se utiliza la terminología universal y cuya denominación se vincula a las dimensiones conocidas del cuerpo, y se conceptúan como Reservas probadas; Reservas Probables y Reservas Posibles. Pero para efectos de una cuantificación más sustentable, se ha incorporado la terminología de **Reservas extraíbles y/o comerciables** que se fundamenta en las leyes o tenores de este cuerpo calcáreo y en la facilidad de extracción y desarrollo.

#### 4.7 CALCULO DE RESERVAS PROBADAS

Para obtener las reservas del yacimiento se lo realiza con la siguiente formula

$$V = \frac{1}{2}(A_0 + A_1)d + \frac{1}{2}(A_1 + A_2)d + \frac{1}{2}(A_2 + A_3)d + \frac{1}{2}(A_3 + A_0)d$$

DONDE:

V= Volumen

A= Área de caliza del perfil (m<sup>2</sup>)

d = Distancia entre perfiles

$$V = \frac{1}{2}(0 + 1.868,64)305 + \frac{1}{2}(1.868,64 + 28.728,83)375 \\ + \frac{1}{2}(28.728,83 + 14.832,09)273 + \frac{1}{2}(14.832,09 + 0)178$$

$$V = \frac{1}{2}(1.868,64)305 + \frac{1}{2}(30.597,47)375 + \frac{1}{2}(43.560,92)273 + \frac{1}{2}(14.832,09)178$$

$$V = \frac{1}{2}(569.935,2) + \frac{1}{2}(11'474.051,25) + \frac{1}{2}(11'892.131,16) + \frac{1}{2}(2'640.112,02)$$

$$V = (284967,6) + (5737025,62) + (5946065,58) + (1320056,01)$$

$$V = 13'288.114,81m^3 * 2.5 \text{ (Peso específico de la caliza)}$$

$$V = 33'220.287,03ton$$

## V. DISEÑO DEL SISTEMA DE EXPLOTACION A CIELO ABIERTO

### 5.1 FACTORES GEOMÉTRICOS

En la zona de estudio de la Concesión Minera “Amazonas”, el cuerpo mineral es parte de una cuenca sedimentaria, posee una dimensión de 1079,41m de largo (N-S), un ancho de 356,1m (E-W), su profundidad es variable de 40 a 50 m, por su topografía casi plana, la forma del yacimiento es un polígono irregular su estratificación posee un buzamiento de 6° SE, y un rumbo de N50 E.

**Cuadro 18:** Factores Geométricos del yacimiento.

Longitud del yacimiento	1079,41m
Ancho del yacimiento	356,1m
Profundidad del yacimiento	40-50m
Buzamiento de los estratos	6° SE
Rumbo de los estratos	N 50 E
Forma del afloramiento	Polígono Irregular

Elaborado: Barros, A. (2015)

## 5.2 FACTORES GEOMECÁNICOS

### 5.2.1 PESO ESPECÍFICO

Se denomina al peso de la parte dura de la unidad de volumen:

$$\rho = \frac{G}{V} = g/cm^3$$

**DONDE:**

**P** = peso específico gr/cm<sup>3</sup>.

**G** = peso de la muestra dura en gramos.

**V** = volumen de la parte dura de la muestra.

Para la obtención del peso específico de la caliza, tenemos como referencia los valores establecidos en tablas, donde se ha realizado anteriormente el respectivo análisis de laboratorio, es por ello que el valor obtenido para el peso específico es de **2,7 gr/cm<sup>3</sup>**. (Ver cuadro 19).

### 5.2.2 DENSIDAD

Para la obtención de la densidad de la caliza se lo realiza mediante ensayos de laboratorio, con un muestreo aleatorio donde se obtiene un valor en  $gr/cm^3$ , la relación de la masa sobre el volumen; para obtenerse de forma indirecta, se mide la masa y el volumen por separado y posteriormente se calcula la densidad. La masa se mide habitualmente con una balanza mientras que el volumen puede medirse determinando la forma del objeto y midiendo las dimensiones apropiadas o mediante el desplazamiento de un líquido a utilizarse en el laboratorio. **(Ver cuadro 19).**

La fórmula para la determinación de la densidad de la caliza es:

$$\delta = \frac{m}{v} = g/cm^3$$

**DONDE:**

$\delta$  = densidad

m = masa

v = volumen

$$\delta = \frac{2,7g}{1,17cm^3} = 2.3g/cm^3$$

### 5.2.3 POROSIDAD

La porosidad de un suelo viene dada por el porcentaje de huecos existentes en el mismo frente al volumen total. **(Ver cuadro 19).**

La fórmula para la determinación de la porosidad de la caliza es:

$$P = \frac{S - S_a}{S} * 100\%$$

**DÓNDE:**

P = porosidad en porcentaje del volumen total de la muestra.

$\delta$  = densidad real de la roca.

$\delta_a$  = densidad aparente de la roca.

$$P = \frac{2,7 - 2,53}{2,7} * 100\% = 6,3\%$$

#### 5.2.4 ESPONJAMIENTO

Es una propiedad de las rocas de que su volumen aumenta después de la trituración o arranque de la roca. (**Ver cuadro 19**).

$$Ke = \frac{\delta_e}{\delta}$$

**DÓNDE:**

Ke = coeficiente de esponjamiento

$\delta_e$  = densidad de la roca después del arranque

$\delta$  = densidad de la roca

REEMPLAZANDO VALORES TENEMOS:

$$Ke = \frac{1.54}{2.61} = 0.59$$

$$Ke = 0.59$$

### 5.2.5 RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE

Para determinar la resistencia a la comprensión simple se realizó un ensayo tomando una muestra de campo inalterada se labra los cilindros buscando el diámetro de estos que sean de 3.3cm y la altura de 2 a 2.5 veces el diámetro, esta se le pesa y se le mide toda la muestra y se realiza un registro , luego a esta se le coloca en una prensa, se coloca la aplicación de la carga y deformación correspondiente cada 15 segundos, hasta que el espécimen falle, luego se realiza el cálculo de registros donde se realiza después un gráfico de deformación y esfuerzo. /cm<sup>2</sup>. (Ver cuadro 19),

**Cuadro 19:** Propiedades Físico - Mecánicas de la caliza.

PROPIEDAD.	VALOR.	UNIDAD.
Peso Específico.	2.7	g/cm <sup>3</sup>
Densidad.	2.3	g/cm <sup>3</sup>
Porosidad.	6.21	%
Res. a la Compresión Uniaxial	424.25	Kg./cm <sup>2</sup>
Res. al Cizallamiento	42	Kg./cm <sup>2</sup>
Resistencia a la Tracción.	60.44	Kg./cm <sup>2</sup>
Magnitud de Cohesión.	59.	Kg./cm <sup>2</sup>
Ángulo de Res. Interna.	40 °	°
Cohefic. de Protodiakonnov	4.	-

**Fuente:** Cementos Chimborazo. (2014). Ensayos de Laboratorio.

## **5.3 FACTORES OPERATIVOS**

### **5.3.1 SISTEMA DE EXPLOTACIÓN**

Para la determinación del sistema adecuado de explotación para la extracción de la caliza se lo realiza tomando en cuenta diferentes Características del Yacimiento como son: Topografía, Geología, Geomorfología, Características de la Roca,

El diseño de explotación que se empleará deberá cumplir con los siguientes objetivos:

- Desarrollar los trabajos mineros como son: limpieza, perforación, voladura y transporte, de la manera más eficiente y segura así como también que estos nos garanticen la rentabilidad económica del proyecto.
- Cumplir con la producción de materia prima requerida por la Planta de Producción, que en la actualidad es de 1.500 ton/día, 33.000ton/mes.

## **5.4 METODO DE EXPLOTACIÓN**

El mineral que se explotará en la Concesión Minera “Amazonas” es caliza, cuya composición mineralógica se la denomina como una caliza biomicrítica gris fosilífera y como material estéril se tiene material arcilloso, se espera un promedio de producción mensual de caliza de 33.000Tn ( 396.000Ton anuales).

El tiempo de abandono estará dado por la carga, transporte y acarreo del material. Inicialmente se realizó una actualización a fin que se realicen los cálculos de reservas, las cuales fueron de 33'220.287,03 Ton de caliza.

Una vez que se ha definido todos los parámetros necesarios para extraer las 396.000 toneladas / año de caliza, se procede a detallar la secuencia y parámetros de trabajo.

A fin de dejar expuesta la caliza para realizar los trabajos de arranque y carguío, es necesario mover el estéril (arcilla) que se encuentra ubicado encima y a los lados del bloque a explotarse, para ello se empleará un tractor CAT tipo D8, el cual procederá a arrancar el

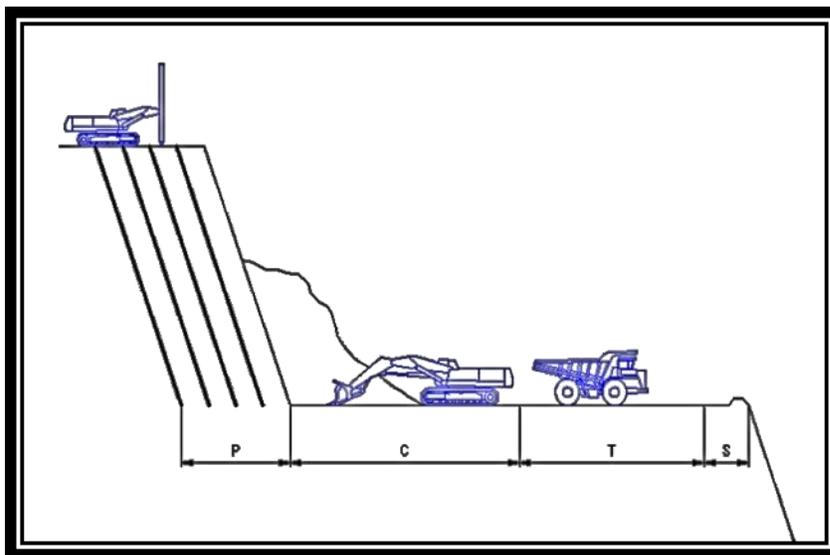
estéril dejando bancos de 10 metros de alto, con una inclinación de 75°, hasta generar una plataforma de 10 metros de ancho, desde esa plataforma una excavadora 336DL cargará el estéril en Dumpers articulados de 18 m<sup>3</sup>, las cuales se encargarán de depositar el material en la escombrera asignada, toda esta operación está encaminada a generar un movimiento diario de 1'211.469,99m<sup>3</sup> de estéril.

Una vez que el bloque de caliza para explotación ha sido descubierto, una perforadora marca Furukawa, realizará perforaciones de 11,6 metros de profundidad con un diámetro de 75 mm y una inclinación de 75°, las perforaciones serán realizadas en malla rectangular, las perforaciones se realizarán con una separación de 2,5 metros entre filas y 3 entre barrenos de la misma fila, una vez que la malla haya sido perforada se procederá a cargar cada barreno con explosivos, en cada barreno se introducirá pentolita de 450g, el cual estará conectado a un cordón detonante, luego de introducir la carga iniciadora se procederá a rellenar con ANFO la carga de columna, desde ahí se procederá a colocar el retaco, una vez que los huecos hayan sido cargados se procederá al amarrado y posterior disparo del tiro. Se debe indicar que se efectuarán 3 voladuras por mes.

Una vez que el disparo haya sido efectuado se procederá al despacho de material con una excavadora 336 DL y se transportara en volquetes alquilados hacia la planta de la UCEM C.E.M. El volumen total que debe alcanzar la operación de Perforación – Voladura y despacho debe alcanzar las 1.500 Ton / día.

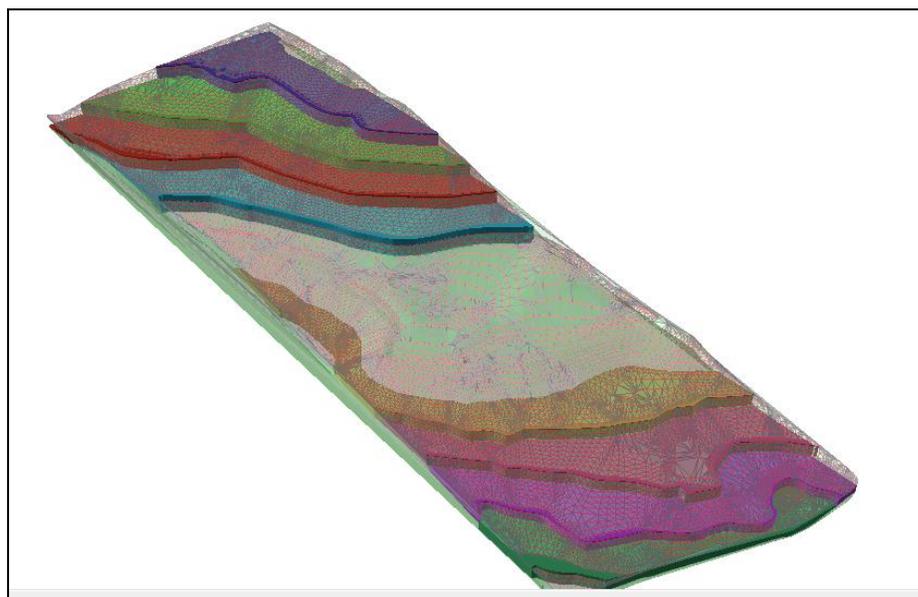
La liquidación de la cantera en estéril se la realizará solamente en la última etapa del destape del yacimiento, para lo cual se procederá a realizar el destape del nivel de acuerdo a lo calculado dejando bermas de retención de 3 metros de ancho. Para cada una de las fases de producción minera mediante las actividades de extracción de la mina, se describirá los métodos de perforación y voladura, acarreo y transporte utilizados.

**Gráfico 9:** Proceso de extracción de caliza en la Concesión Minera "Amazonas".



**Elaborado:** Barros, A. (2015).

**Gráfico 10:** Modelo de elevación digital de los bancos de explotación.



**Elaborado:** Barros, A. (2015)

- **NIVELES DE EXPLOTACIÓN**

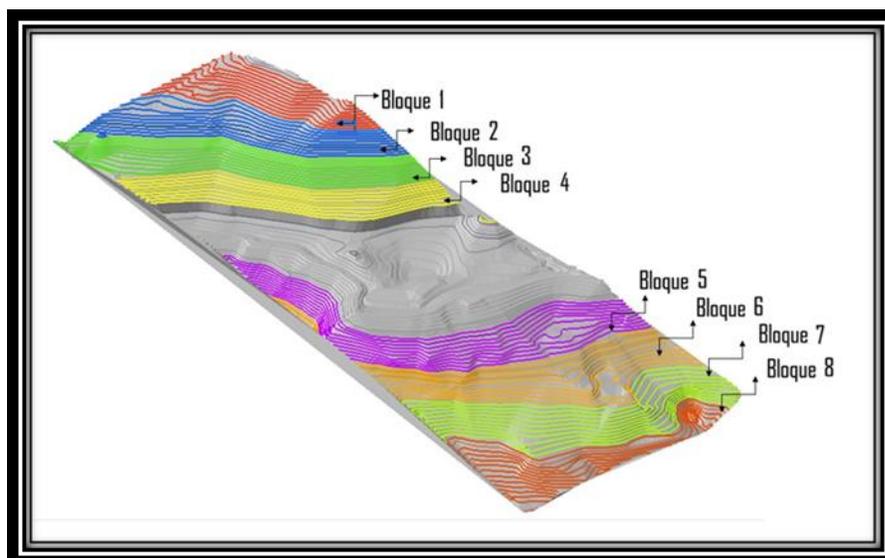
Se realizó el diseño de 8 Niveles de explotación: 4 en la parte Norte y 4 en la parte Sur, los cuales a la vez fueron divididos en 2 bloques.

**Cuadro 20:** Cotas de los bancos de explotación.

<b>Nivel 1</b>	<b>Desde la cota 635 a 625</b>
<b>Nivel 2</b>	Desde la cota 625 a 615
<b>Nivel 3</b>	Desde la cota 615 a 605
<b>Nivel 4</b>	Desde la cota 605 a 595
<b>Nivel 5</b>	Desde la cota 580 a 570
<b>Nivel 6</b>	Desde la cota 570 a 560
<b>Nivel 7</b>	Desde la cota 560 a 550
<b>Nivel 8</b>	Desde la cota 550 a 540

**Elaborado:** Barros, A. (2015)

**Gráfico 11:** Bloques de explotación.



**Elaborado:** Barros, A (2015)

✓ **DESCRIPCIÓN:**

En el bloque 1 o nivel 1 se realizara el arranque de los trabajos de explotación, para eso es necesario retirar material estéril de sobrecarga que es de 58.498,42m<sup>3</sup>. Una vez concluida la limpieza del nivel 1 se debe continuar la explotación de este frente, quedando el nivel 2 listo para ser explotado y así con los siguientes niveles.

A continuación se muestra la tabla resumen de los bloques a explotar y tiempo estimado.

**Cuadro 21:** Potencia de bloques y tiempo estimado para su explotación.

BLOQUE	AREA (m2)	VOLUMEN (Ton)	TIEMPO
1	29249.21419	672 731.92637	1.6988
2	35618.59725	819 227.73675	2.0688
3	34587.2634	795 507.0582	2.0089
4	30230.7929	695 308.2367	1.7558
5	34149.9123	785 447.9829	1.9835
6	28307.36435	651 069.38005	1.6441
7	28264.997	650 094.931	1.6417
8	16071.68972	369 648.86356	0.9335

**Elaboración:** Barros, A (2015).

#### 5.4.1 PROFUNDIDAD DE LA CANTERA

Para determinar la profundidad de la cantera, se toma como referencia la cota superior (Hs) que es el límite superior de la explotación, y la cota inferior (Hi).

Para este caso definiremos la profundidad de la cantera tomando como referencia los valores de la potencia de sobrecarga y de caliza, ya que a mayor profundidad se encuentra material no apto para la explotación.

Concluyendo así que mediante sondeos anteriormente realizados de estableció que la caliza posee una potencia de 40m, por tanto, dicha cantera tendrá una profundidad de 40m.

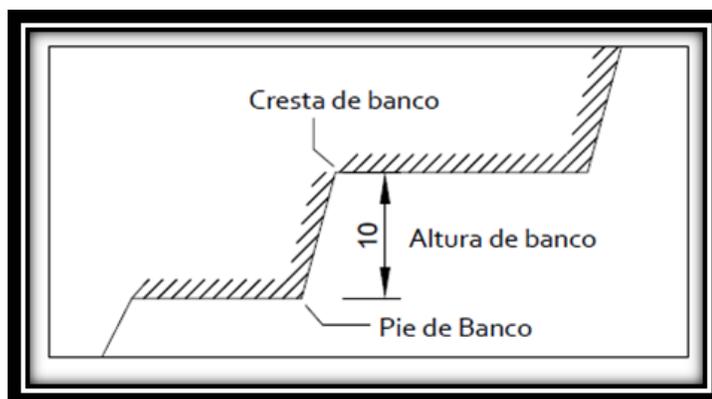
### 5.4.2 ALTURA DE BANCOS

El factor más importante para determinar la altura de los bancos, será la seguridad en los trabajos que se vayan a desarrollar en la explotación, con un gasto mínimo.

Por tanto la determinación del valor de la altura de los bancos está establecida en las tablas experimentales, en donde se considera que para la explotación de este mineral se trabaje a una altura de 10m, a su vez debemos conocer el valor del coeficiente de resistencia (f), así como también el valor de la altura del borde de la cantera.

Se seleccionaron bancos de 10 metros de acuerdo con el espesor promedio observado en el estudio geológico, con esta altura se aprovechará la mayor cantidad de mineral posible, asegurando la estabilización total de los taludes.

**Gráfico 12:** Altura de un banco de explotación.



**Elaborado:** Barros, A. (2015)

### 5.4.2.1 ALTURA DEL TALUD EN TRABAJO

Este parámetro se ha determinado a partir de la siguiente fórmula:

$$h = \frac{2 \times C(\text{sen}\theta \times \text{cos}\varphi)}{\text{sen}^2\left(\frac{\theta - \varphi}{2}\right)}$$

Dónde:

**h**= Altura del talud (m).

$\phi$  = Ángulo del talud en trabajo.

**C**= Magnitud de Cohesión de la roca se lo calcula:

$$C = \frac{\kappa}{3 + \gamma} \text{ (m)}$$

En donde  $\gamma$  = peso volumetrico

$\kappa$ = Cohesión de la roca expresada en MPa (59Kg/cm<sup>2</sup> = 5.7843 MPa).

$\varphi$  = Ángulo de cohesión que se lo calcula:

$$\theta = \text{arc tg} \left[ \frac{(\text{tg}(40))}{2} \right]$$

Siendo:

$\theta$ = Ángulo de resistencia interna (40°)

REEMPLAZANDO VALORES EN LA ECUACIÓN TENEMOS:

$$C = \frac{5,78}{3 \times 2,3} = 0,79$$

Finalmente reemplazamos estos valores en la ecuación inicial tenemos para las calizas:

$$h = \frac{2 \times 0,79 (\sin(75) \times \cos(22,76))}{\sin \sin^2 \left( \frac{75 - 22,76}{2} \right)} = 7,34 \text{ m}$$

#### 5.4.3 NUMERO DE BANCOS

El número de bancos se determina por la siguiente relación:

$$Nb = \frac{H}{hb}$$

$$Nb = \frac{95}{10}$$

$$Nb = 9.5 = 10 \text{ bancos}$$

**Nota:** Según el cálculo se debería realizar diez bancos, pero debido a que la parte donde se tiene menor pendiente se realizara la construcción de las adecuaciones para la mina (campamento, escombrera, polvorín). Por tanto se ejecutaran solamente 8 bancos de explotación.

#### 5.4.4 ANCHO DE PLATAFORMAS DE TRABAJO

El ancho mínimo de la plataforma de trabajo se determina por la siguiente fórmula:

$$B_{pt} = A + C1 + Acv2 + b$$

DONDE:

A: Distancia de seguridad, medida desde el talud: 2m

C1: Ancho de la vía para la retroexcavadora: 6m

Acv2: Ancho de la vía para dos carriles.

b: Ancho del prisma de deslizamiento

El ancho de la vía de un carril (Acv1) se lo calculo tomando en consideración el ancho del tren de ruedas que es aproximadamente igual al ancho “a” del balde de carga (3) y el ancho de la zona de resguardo “y” entre las exteriores del transporte y el borde del carril (0,50).

$$Acv2 = 2(a + 2y)$$

$$Acv2 = 2[3 + 2(0.5)]$$

$$Acv2 = 8m$$

El ancho del prisma de deslizamiento (b) se lo calculó de la siguiente manera:

$$b = \frac{hb}{tg\alpha}$$

$$b = \frac{10}{tg65^\circ}$$

$$b = 4,67 \approx 5m$$

POR LO TANTO:

$$Bpt = 2m + 6m + 8m + 5m$$

$$Bpt = 21m$$

Para obtener el parámetro de la plataforma de receso aplicamos la siguiente fórmula:

$$B_{ptr} = A + Acv1 + b$$

En donde  $Acv1$ , es el ancho de la vía para un solo carril

Siendo:

$$Acv1 = a + 2y$$

$$Acv1 = 4m$$

POR LO TANTO:

$$A \text{ plataforma en receso} = 2 + 4 + 5$$

$$A \text{ plataforma en receso} = 11$$

#### 5.4.5 ÁNGULO DE TALUD DEL BANCO

El ángulo de talud del banco se lo ha determinado sobre la base del tipo de material en la zona de interés (calizas), utilizando para este fin tablas experimentales que recomiendan los valores más aconsejables para estos casos, valores que garantizan la estabilidad y seguridad, tanto para los trabajadores, personal técnico y la maquinaria empleada en el arranque, carga y transporte de material.

Este valor se lo determina usando la fórmula:

$$\emptyset = \arctg ( f )$$

DÓNDE:

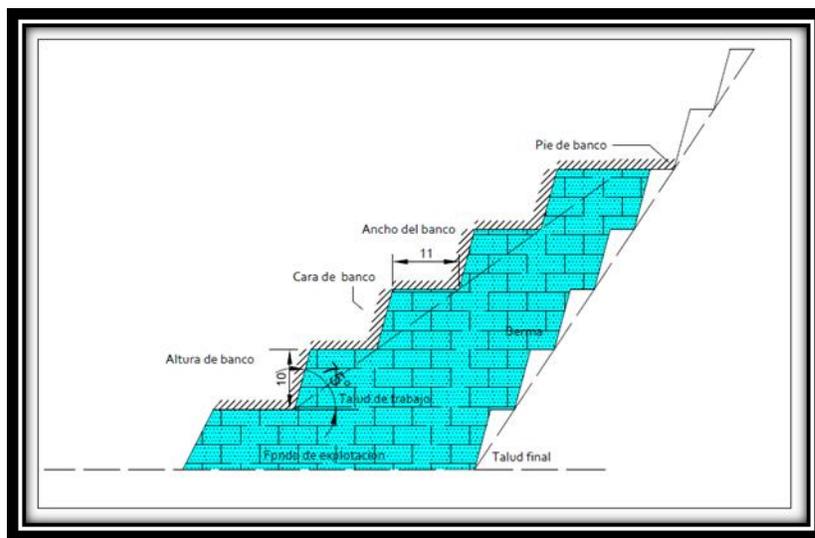
$\emptyset$  = Ángulo del talud.

$f$  = Coeficiente de Protodiakonov.

Reemplazando valores en la ecuación para la caliza tenemos que:

$$\emptyset = \arctg(4) = 75.96^\circ$$

**Gráfico 13:** Ángulo de talud del banco de explotación.



**Fuente:** Barros, A. (2015)

#### 5.4.6 ESCOMBRERA TEMPORAL

El material del cual está constituido la sobrecarga se trata de arcilla y margas, que se encuentran en la cima, y esta es transportada a la escombrera en Dumpers Articulados propiedad de la empresa con capacidad del balde de  $18\text{m}^3$ , dicha escombrera se ubica aproximadamente a 1 Km del frente de explotación, con capacidad para unos  $150.000,00\text{m}^3$  lo que lo mismo  $315000$  toneladas. Durante la explotación de la roca caliza, no se generan escombros, debido a que todo el material extraído es aprovechado.

## **5.5 UBICACIÓN DE INSTALACIONES**

A fin de facilitar la ejecución de las actividades de producción en la Mina es necesario implementar instalaciones auxiliares tales como:

- ✓ Polvorines.
- ✓ Patios de mantenimiento.
- ✓ Campamentos.
- ✓ Almacenamiento y Despacho de Combustibles.
- ✓ Laboratorio

### **5.5.1 UBICACIÓN DE POLVORINES**

Dada el alto riesgo que representa tener una instalación de este tipo para la ubicación de esta instalación se ha considerado que de acuerdo a la tabla americana para almacenamiento de explosivos, la distancia mínima de esta instalación debe estar con una separación mínima de 56 metros de vías públicas y 166 metros de instalaciones habitadas (oficinas) y con una separación mínima de 20 metros entre polvorines.

Dado este condicionamiento se debe en función a normas de seguridad internacional considerar que se realicen dos construcciones una para explosivos de carga y columna, y otra para fulminantes. Las instalaciones se sugiere sean de ladrillo trabado con doble pared, a fin de evitar el excesivo uso de hierro para su construcción, estas construcciones deberán contar con una berma o muro cuya altura equivalga al 80% de la altura total de la instalación, a fin de contar con una protección para reducir la onda de aire y la proyección de fragmentos en caso de detonación. Se debe indicar que esta construcción no debe poseer instalaciones eléctricas, así que deberá poseer iluminación y ventilación natural y contar con un sistema aleja rayos, para rayos y descarga a tierra, además se deberá colocar una vara de bronce puesta a tierra, a fin de que los que ingresan al polvorín la toquen y descarguen la electricidad estática, y finalmente se deberá colocar un extintor tipo PQS,

adicionalmente debido a la naturaleza de esta instalación se recomienda tener un puesto de guardianía las 24 horas del día.

### **5.5.2 PATIOS DE MANTENIMIENTO**

Se construirá una plataforma adyacente a las oficinas para realizar el mantenimiento del equipo móvil; este patio tendrá una área de construcción de 30 m<sup>2</sup>, deberá tener el piso de cementado a fin de impermeabilizarlo y además deberá contar con un sistema de canaletas laterales impermeabilizadas que converjan hacia un sistema de trampa de aceites, instalaciones sanitarias, además de extintores tipo PQS y tipo C.

Debido a la falta de líneas de tendido eléctrico la energía requerida para trabajos en el taller por ejemplo, suelda, etc. será suministrada por una soldadora móvil.

Además se deberá asegurar un suministro de agua procedente de un afluente (Rio Umbuni) cercano al área del proyecto, para uso humano de aproximadamente 0,5 m<sup>3</sup> al día, para ser usado en baterías sanitarias, lavabos y limpieza de plataformas y máquinas (trabajos alternados).

### **5.5.3 TRATAMIENTO DE DESECHOS**

El tratamiento y disposición de los desechos estarán bajo las normas y regulaciones existentes observándose además los principios de reducción, reúso y reciclaje. Los principales residuos de la operación son escombros, aceites usados, material de embalaje, filtros, etc.

Para el aceite usado este se recogerá en canecas para ser transportado a la planta, en donde serán utilizados en mezcla con el bunker para uso en los hornos.

Los filtros de aceite para evitar contaminación al suelo con residuos del aceite serán limpiados previamente a su disposición en la única trinchera que se destinará para el efecto.

#### **5.5.4 COMEDORES Y CAMPAMENTOS**

Se adecuará un sitio para oficinas, campamentos y comedores con una área de 100 m<sup>2</sup>, el cual contará con una o dos baterías sanitarias, las cuales irán a descargar a una fosa séptica, esta instalación deberá contar con suministro de energía de 110 V, pero dada la carencia de energía del SNI se considerará la opción de instalar paneles solares para generación eléctrica o un generador pequeño a gasolina. Adicionalmente esta instalación contará con al menos 1 extintor tipo PQS, botiquín de primeros auxilios.

El consumo de agua estimado para este emplazamiento se obtendrá del afluyente más cercano, río Umbuni, el consumo de agua será de aproximadamente 1 m<sup>3</sup> de agua por día.

#### **5.5.5 DISPENSARIO MEDICO**

En vista de que la comunidad cercana al proyecto no cuenta con un dispensario médico para atender las necesidades de los habitantes de este sector y de las comunidades aledañas, se deberá implementar un dispensario médico, en donde se cuente con atención de enfermería, consultorio de odontología.

#### **5.5.6 ALMACENAMIENTO Y DESPACHO DE COMBUSTIBLES**

Como parte del sistema de operación de la mina, se construirá un cubeto con capacidad de 6.500 galones con su respectivo desfogue, con llave tipo mariposa, hacia un sistema de trampas de combustible, contará con un sistema de canalizaciones periféricas, las cuales drenarán hacia las trampas, además tendrá dispositivos de seguridad como sistema aleja rayos / pararrayos con conexiones a tierra.

#### **5.6.7 LABORATORIO DE TITULACION**

Debido a que la mina se encuentra a 250km de la Planta de procesamiento se tendrá que incrementar en la mina un laboratorio de titulación de caliza, para asegurar que el mineral explotado que se transporte hacia la planta cuente con los valores requeridos para su utilización como material de compuesto para la elaboración del cemento, dicho laboratorio

deberá contar con los equipos, materiales y reactivos necesarios para la correcta realización de la titulación de la caliza.

## 5.7 DISEÑO DE VÍAS DE ACCESO

### 5.7.1.- PENDIENTE LONGITUDINAL DE LA VÍA (G).

La pendiente longitudinal de una vía es la relación entre la diferencia de altura de sus extremos (40m) y su longitud medida en proyección vertical (1079m). Se entiende también como la inclinación de la vía.

Por tanto:

$$G = \frac{H_{vertical}}{L_{horizontal}} \times 100(\%)$$

Siendo:

**H vertical** = Altura vertical ganada (m).

**L horizontal** = Desarrollo longitudinal de la vía planteado (m).

$$G = \frac{40}{1079} \times 100 = 4\%$$

**Pendiente** = 4%

Respecto a este valor tenemos de acuerdo a condicionamientos de seguridad, mantenimiento de equipo de transporte pesado las gradientes recomendadas son de máximo 12%, la gradiente seleccionada para nuestros tramos están por debajo de este valor, por lo tanto nuestra vía cumple con los requerimientos de diseño en cuanto a inclinación.

### 5.7.2 ANCHO DE CARRIL (AC)

Podemos determinar el ancho del carril mediante la siguiente fórmula:

$$Ac = 2(a + y) + x$$

Ac= Ancho de carril para vía de doble sentido (m).

a = Ancho del volquete de 12 m<sup>3</sup> (2,54 m).

y= Zona de resguardo entre carriles (0.5m).

x= Espacio de seguridad se lo determina mediante la ecuación:

$$x = 0.50 + 0.005 v$$

v= Velocidad de desplazamiento (20 Km/h)

Reemplazando valores tenemos:

$$x = 0.5 + 0.005 (20) = 0.60 \text{ metros.}$$

$$Ac = 2 (2,54 + 0.5) + 0.60 = 6,68 \text{ metros.}$$

En cuanto al valor del ancho necesario para la berma de seguridad se considera que este equivaldrá al menos al 60% del diámetro del neumático (diámetros = 1m para volquetes), lo que quiere decir que para la berma de seguridad se requiere 0,6 metros. En cuanto a la cuneta se considera un ancho similar es decir 0,6 metros.

Con esto el ancho de la vía queda determinado por la siguiente suma:

$$\mathbf{Avía} = 6,7 + 0,6 + 0,6 = 7,9\text{m.}$$

$$\mathbf{Avía} = 8 \text{ metros.}$$

## 5.8 TIEMPO DE VIDA ÚTIL DEL YACIMIENTO

En base al recurso minero explotable y la producción determinada, la vida útil de la cantera se determina por la siguiente fórmula:

$$\text{Vida Útil} = \frac{\text{RESERVAS}}{\text{PRODUCCION ANUAL}}$$

$$\text{Vida Útil} = \frac{33'220.287,03}{396.000} = 84\text{años.}$$

La vida útil se determinó realizando la división de las reservas para las toneladas de caliza que se explotaran anualmente.

## 5.9 FASE DE ABANDONO

### 5.9.1 MODELADO DEL TERRENO

La extracción del mineral a lo largo de los años, obviamente provocará un cambio drástico en la morfología del terreno; esto es, de una loma redondeada se trasformaría en varias terrazas de mediana altura, lo cual constituye una alteración que afectaría al paisaje del entorno y al funcionamiento natural del ecosistema.

Es probable que al final del período de diseño de la explotación, las modificaciones del terreno sean tan evidentes que impliquen nuevos usos del suelo; no obstante, sería conveniente que el terreno final al máximo adquiriera las formas originales; para esto, deberá utilizarse el material considerado de escombreras compuesto por suelo arcilloso para este efecto.

El tipo de cobertura vegetal actual existente, los drenajes y más componentes, deben ser replicados como medida compensatoria, no sólo como efecto paisajístico, sino en su funcionamiento ecológico.

Deberá desbrozarse la superficie realmente necesaria, ya que los pastizales ayudan a detener la erosión y funcionan como filtros al evitar que las aguas de las quebradas se contaminen

El sistema de explotación de bancos descendentes, permitirá trabajar desde la parte alta hacia la baja a manera de terrazas de banco por el lado Noroeste y no por el lado Sur, ya que afectaría a la vía de acceso con lo que se provocarían impactos severos al paisaje y a la estabilidad del talud.

### **5.9.2 LABORES DE RECUPERACIÓN**

Se pretende la recuperación de la cubierta vegetal con características similares a la original; compensa los daños ocasionados como es las alteraciones irreversibles en lo relacionado a la topografía, geomorfología así como el paisaje.

La recuperación de la cubierta vegetal permite cambios en el paisaje, mejora el drenaje, disminución de las escorrentías y baja erosión.

Retoma la zona la fauna que se ahuyentaron y se reinician los ciclos biogeoquímicos perdidos

Conformación de una nueva zona simulando al máximo las características iniciales; aunque no es posible por los cambios geomorfológicos. El modelado del suelo reacondicionando el material estéril y los coluviales permite una recuperación del paisaje original, no solo en lo estético sino en lo funcional. Los pastos y, arbustos y árboles pueden ser nuevamente recuperados. La climatología de la zona y la biodiversidad permiten que en no menos de 5 años desaparezca cualquier alteración en el paisaje.

Puedes emprenderse en labores de reforestación principalmente con especies de rápido crecimiento como es el cedro colorado, conformando viveros con los campesinos y ocupando esta mano de obra local.

### 5.10 PERSONAL REQUERIDO PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO

Un total de 12 personas laborarán en la Concesión Minera “AMAZONAS”, distribuidos en diferentes categorías, de la siguiente manera:

**Cuadro 22:** Personal requerido para el proyecto.

<b>CATEGORIA</b>	<b>CANTIDAD</b>
<b>Jefe de Mina</b>	1
<b>Supervisor de Mina</b>	1
<b>Perforista</b>	1
<b>Ayudante de perforista</b>	1
<b>Operador tractor</b>	1
<b>Operador excavadora</b>	1
<b>Operador Motoniveladora</b>	1
<b>Bodeguero</b>	1
<b>Guardia</b>	1
<b>Mineros</b>	3
<b>Choferes</b>	2
<b>TOTAL</b>	<b>14</b>

Elaboración: Barros, A. (2015)

## VI. PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DE PERFORACIÓN Y VOLADURA



**Fotografía 5:** perforadora realizando barrenos en un banco de explotación.

### 6.1 PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DE PERFORACIÓN

#### 6.1.1 DIÁMETRO DE BARRENO (D)

El diámetro de perforación dependerá de los siguientes factores:

- Ritmo de producción,
- Características del macizo rocoso,
- Grado de fragmentación requerido,
- Altura del banco,
- Economía del proceso de perforación y voladura,
- Dimensiones del equipo de carga.

Se puede definir el diámetro de perforación, mediante las siguientes características. (**ver cuadro 23**).

**Cuadro 23:** Diámetro de perforación en función de las características del macizo y maquinaria de carguío.

Altura del Banco (m)	Diámetro del Barreno	Equipo de carguío recomendado
<b>8-10 m</b>	65-90 mm	pala de ruedas
<b>10-15m</b>	100-150 mm	Excavadora

**Fuente:** Instituto Tecnológico Geológico Minero. (1994). Manual de Perforación y Voladura de Rocas. España

## PARÁMETROS DE DISEÑO EN BASE A SUS CARACTERÍSTICAS Y DATOS EXISTENTES:

- Producción día requerida = **1500 Ton / día**
- Tipo de roca = **Caliza**
- Densidad de la roca = **2.3gr/cm<sup>3</sup>**
- Tipo de Perforadora= **TAMROCK DHA 5005 - FURUKAWA**
- Diámetro de la perforación = **3 pulg = 76mm.**

### 6.1.2 LONGITUD DEL BARRENO

Comprende la distancia longitudinal del mismo, en función de la altura de banco y el retiro queda determinado por la siguiente fórmula:

La fórmula para determinar este parámetro es la siguiente:

$$Lb = \frac{Hb}{\cos 22^\circ} + S = 11.6m$$

### 6.1.3 BORDO (BURDEN)

Es la distancia mínima desde el eje del barreno al punto de alivio o cara libre, al momento que un barreno detona, I.T.G.E. (1994).

Existen tablas preestablecidas que de forma muy sencilla permite determinar la configuración del barreno: **(Ver cuadro 24)**.

$$B = 1,83 \text{ m.}$$

**Cuadro 24:** Burden establecido en función del diámetro del barreno.

TIPO ROCA	BURDEN (ms.)							
	DIÁMETRO DEL HOYO							
	57mm	64mm	76mm	89mm	102mm	114mm	127mm	140mm
Duras (gran, basal)	1.07	1.22	1.52	1.83	2.13	2.29	2.44	2.74
Medias (caliza)	1.22	1.52	1.83mts.	2.13	2.44	2.74	3.00	3.35
Suaves (areniscas)	1.68	1.83	2.29	2.74	3.00	3.35	3.81	4.27

**Fuente:** Cemento Chimborazo. (2013). Diseño de explotación. Shobol Norte1.

### 6.1.4 SOBUPERFORACIÓN (SP)

Es la longitud de barreno por debajo del nivel del piso que se necesita para romper la roca a la altura del banco y lograr una fragmentación y desplazamiento adecuado que permita al equipo de carga alcanzar la cota de excavación prevista.

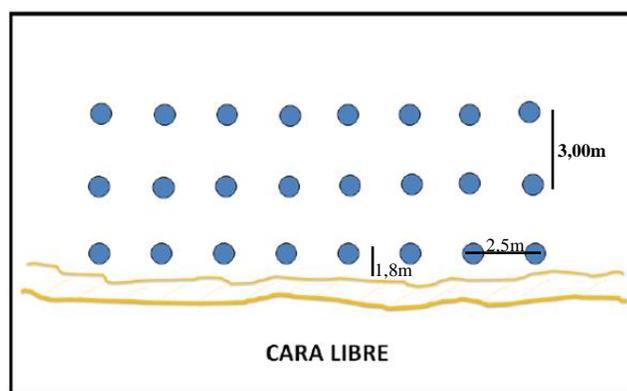
$$S = (0.2 \text{ a } 0.5) \times B = 0.4 \times 1.83 = 0.73 \text{ m.}$$

### 6.1.5 MALLA DE PERFORACIÓN

Es la distancia que hay entre barrenos de una misma fila:

Denominado: FRENTE LIBRE

**Gráfico 14:** Malla de perforación rectangular en un banco de explotación.



Elaborado: Barros, A. (2015)

**Cuadro 25:** Espaciamiento entre barrenos en una misma fila en función del diámetro del hoyo.

ESPACIAMIENTO (ms.)								
DIÁMETRO DEL HOYO								
Tipo Roca	57mm	64mm	<u>76mm</u>	89mm	102mm	114mm	127mm	140mm
Duras (gran, basal)	1.68	1.83	2.29	2.74	3.20	3.35	3.66	4.11
Medias (caliza)	1.37	1.98	<u>2.43mts.</u>	2.74	3.20	3.66	3.96	4.27
Suaves (areniscas)	1.83	2.13	2.74	3.35	3.66	3.96	4.57	5.18

**Fuente:** Cemento Chimborazo. (2013). Diseño de explotación. Shobol Norte1.

## 6.2 PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DE VOLADURA

### 6.2.1 EXPLOSIVOS

En los barrenos para el arranque de la roca, se utilizará sustancias explosivas estas son:

- a) Como carga de fondo se utilizará pentolita de 450gr.
- b) Como carga de columna se usa ANFO (nitrato de amonio, tipo granulado).
- c) Para la iniciación de la voladura se utilizará los detonadores, que es un sistema no eléctrico.

### 6.2.2 CARGA DE FONDO

La carga de fondo se requiere para romper el pie del banco. Se requiere una gran energía en el fondo para mover el pie y mantener el nivel del piso.

El cebado en fondo produce una mejor utilización de la energía del explosivo, resultando un incremento de la fragmentación y desplazamiento de la roca con una disminución de las proyecciones. (I.T.G.E. 1994).

### BOOSTER PENTOLITA

**Gráfico 15:** Booster de pentolita.



**Fuente:** Empresa de Fabricación de Explosivos. Explocen. (2014). Catálogo de Explosivos.

- **DESCRIPCIÓN**

Son cargas explosivas de alta potencia y gran seguridad, destinadas a la iniciación de agentes de voladura. Su envase de plástico protege a la mezcla explosiva que contiene, permitiéndole ser más insensible a los golpes o roces, así como una mayor resistencia al ataque del agua presente en algunas perforaciones.

Es el más eficiente iniciador de agentes de voladura que se fabrica y es especialmente recomendable para diámetros medianos y grandes.

- **RECOMENDACIONES DE USO**

- ✓ Utilizar como iniciador mínimo un Cordón detonante de 10 g/m.
- ✓ Utilizar como primado óptimo un Detonador N° 8, eléctrico, no eléctrico o mayor.

**Gráfico 16:** Características de la pentolita (Booster).

<p>Son cilindros de Pentolita, (mezcla de PENT y TNT); sensible al fulminante No. 8, son de alta densidad, velocidad y presión de detonación. Catalogados como APD - Alto Poder de Detonación. Llamados también como "primer", "cebo" o "Cast Booster".</p> <p><b>Usos:</b> Los iniciadores APD se utilizan como cebos en minería, explotación de canteras, obras civiles y otros, para iniciar explosivos y agentes de voladura en barrenos.</p>
<p><b>Presentación:</b></p> <p>Los INICIADORES A.P.D (BOOSTER) se presenta envasada en tubos de cartón. Los cartuchos son colocados en fundas y estas a su vez en cajas de cartón.</p>

Embalaje	Dimensiones exteriores, mm	Contenido Neto, kg
Caja de cartón	456x350x288	25

Características Técnicas																																		
				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetros</th> <th>Unidad</th> <th>Especificación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Densidad</td> <td>g/cm<sup>3</sup></td> <td>1.60</td> </tr> <tr> <td>Volumen de Gases</td> <td>l/kg</td> <td>777</td> </tr> <tr> <td>Calor de Explosión</td> <td>kcal/kg</td> <td>1.300</td> </tr> <tr> <td>Potencial</td> <td>kJ/kg</td> <td>5.443</td> </tr> <tr> <td>Velocidad de Detonación</td> <td>m/s</td> <td>7.418</td> </tr> <tr> <td>Presión de Detonación</td> <td>kbar</td> <td>221</td> </tr> <tr> <td>Resistencia al agua</td> <td>año</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Ensanchamiento de Trauzl</td> <td>cm<sup>3</sup>/10g</td> <td>405</td> </tr> <tr> <td>Vida útil</td> <td>años</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>	Parámetros	Unidad	Especificación	Densidad	g/cm <sup>3</sup>	1.60	Volumen de Gases	l/kg	777	Calor de Explosión	kcal/kg	1.300	Potencial	kJ/kg	5.443	Velocidad de Detonación	m/s	7.418	Presión de Detonación	kbar	221	Resistencia al agua	año	1	Ensanchamiento de Trauzl	cm <sup>3</sup> /10g	405	Vida útil	años	10
Parámetros	Unidad	Especificación																																
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	1.60																																
Volumen de Gases	l/kg	777																																
Calor de Explosión	kcal/kg	1.300																																
Potencial	kJ/kg	5.443																																
Velocidad de Detonación	m/s	7.418																																
Presión de Detonación	kbar	221																																
Resistencia al agua	año	1																																
Ensanchamiento de Trauzl	cm <sup>3</sup> /10g	405																																
Vida útil	años	10																																
Identificación	Tamaño.pulg (Diámetro X Largo)	Peso Cartucho (g. Aprox)	Número de cartuchos por caja (Aprox)																															
Booster APD 450 2P	54 x 142	450	55																															
Booster APD 225 1P	41 x 125	225	111																															
Booster APD 150 1P	33 x 135	150	167																															

**Fuente:** Empresa de Fabricación de Explosivos. Explocen. (2014). Catálogo de Explosivos.

### 6.2.3 CARGA DE COLUMNA

**Gráfico 17:** Anfo Aluminizado.



**Fuente:** Empresa de Fabricación de Explosivos. Explocen. (2014). Catálogo de Explosivos.

- **ANFO ALUMINIZADO**

Consiste en una mezcla de nitrato de amonio y un combustible derivado del petróleo, desde gasolinas a aceites de motor.

Las cantidades de nitrato de amonio y combustible varían según la longitud de la cadena hidrocarbonada del combustible utilizado. Los porcentajes van del 90% al 97% de nitrato de amonio y del 3% al 10% de combustible, por ejemplo: 95% de nitrato de amonio y 5% de queroseno.

Se utiliza ampliamente en las voladuras de suelos rocosos de tipo medio a blando, introduciendo en los barrenos este explosivo de tipo granulado.

- **CORDON DETONANTE**



**Fotografía 6:** Cordón detonante.

Cordón flexible conformado por un núcleo de alto explosivo: Pentrita, recubierto por una serie de fibras sintéticas y revestido exteriormente por un plástico de cloruro de polivinilo de color (PVC), formando un conjunto resistente a la tracción, la humedad y la abrasión.

Explota prácticamente en forma instantánea en toda su longitud (7.000m/s), empleado como línea principal, puede iniciar líneas adicionales conectadas con nudos u otros elementos hasta formar una red, haciendo detonar los barrenos de forma simultánea.

Su gran resistencia a la abrasión y tracción, lo hace altamente competente en voladuras de todo tipo de rocas y diseños. Posee excelente resistencia al agua, siempre y cuando se

preserve su revestimiento plástico. Debe manipularse con el cuidado que requiere un explosivo en cuanto a manejo, transporte y almacenamiento.

- **MECHA LENTA**



**Fotografía 7:** Mecha lenta.

La mecha lenta está formada por un núcleo de pólvora negra rodeado de varias capas de hilados y materiales impermeabilizantes que la hacen impermeables a la humedad y la protegen de rozamientos y esfuerzos mecánicos. La combustión de la mecha lenta transmite el fuego a una velocidad uniforme de dos minutos por metro lineal. Habitualmente se utiliza para la iniciación de detonadores ordinarios y de la pólvora de mina.

### **6.3 PARÁMETROS DE CARGUÍO DEL EXPLOSIVO**

#### **6.3.1 LONGITUD DEL TACO O RETACADO**

Una fórmula empírica se basa en el diámetro de perforación:

$$Lt = (20 - 30) \times D$$

Dónde:

Lt= longitud del taco

D = Diámetro de la perforación

$$Lt = (20) \times 76mm = 1.52m$$

### 6.3.2 GASTO DE SUBSTANCIA EXPLOSIVA POR METRO DE HUECO

#### CARGADO.

Este parámetro expresa la cantidad de explosiva que se necesita para cargar un hueco con las especificaciones antes determinadas. Se lo determina por la fórmula:

$$SE_{metro} = \frac{0.785 \times D^2 \times SG_E}{1000}$$

Siendo:

$SE_{metro}$  = gasto de sustancia explosiva por metro lineal de barreno (kg/m)

d = diámetro del barreno (cm)

$SG_E$  = carga de fondo (ms)

$$SE_{metro} = \frac{0.785 \times 150^2 \times 0,30}{1000} = 5,30 \text{ kg/ml}$$

### 6.3.3 CARGA DE EXPLOSIVO POR BARRENO

$$SE_{hueco} = L_c \times SE_{metro}$$

Dónde:

$L_c$  = Longitud de la carga explosiva = m.

$SE_{metro}$  = Carga de explosivo por metro de barreno = kg / m.

$$SE_{hueco} = 8,3 \times 5,30$$

$$SE_{hueco} = 44 \text{ kg}$$

### 6.3.4 CONSUMO ESPECÍFICO DE EXPLOSIVO

Es la cantidad necesaria para obtener un metro cubico de roca, se lo calcula así:

$$Q_{especifica} = \frac{SE_{huesco}}{B \times S \times H}$$

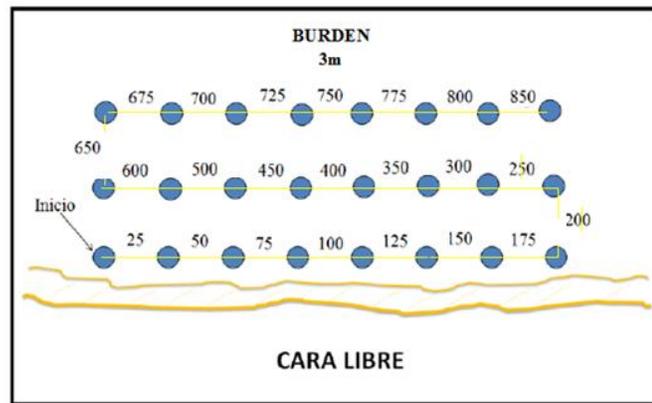
$$Q_{especifica} = \frac{44}{1,84 \times 1,72 \times 10} = 1,39kg$$

### 6.4 MICRO RETARDOS

Es un sistema de iniciación no eléctrico. Estos fulminantes se caracterizan por tener dos detonadores uno a cada extremo, el primero proporciona el tiempo en el fondo y el otro el tiempo en superficie.

Está compuesto principalmente de los siguientes elementos: la Manguera, el Retardo de Profundidad, el Retardo de Superficie, bloque de plástico, el cual permite a su vez insertar y alojar hasta 5 mangueras , garantizando su óptima iniciación en ambas direcciones.

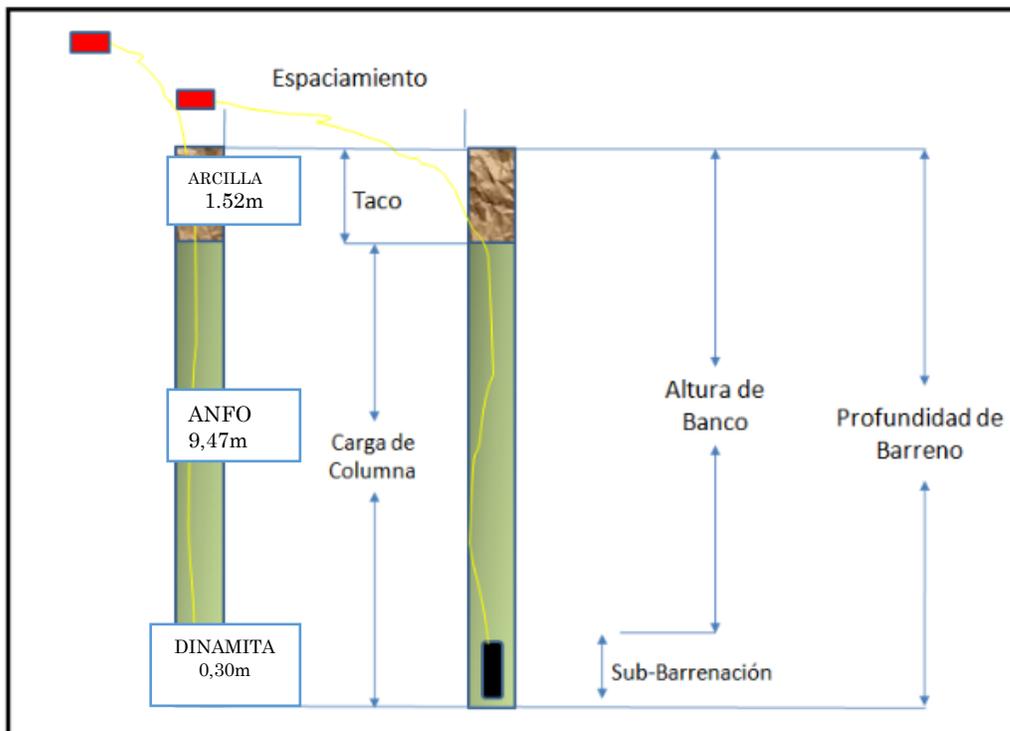
**Gráfico 18:** Retardos entre barrenos en un banco de explotación.



Elaborado: Barros, A. (2015)

## 6.5 DISEÑO DE CARGADO DE BARRENOS

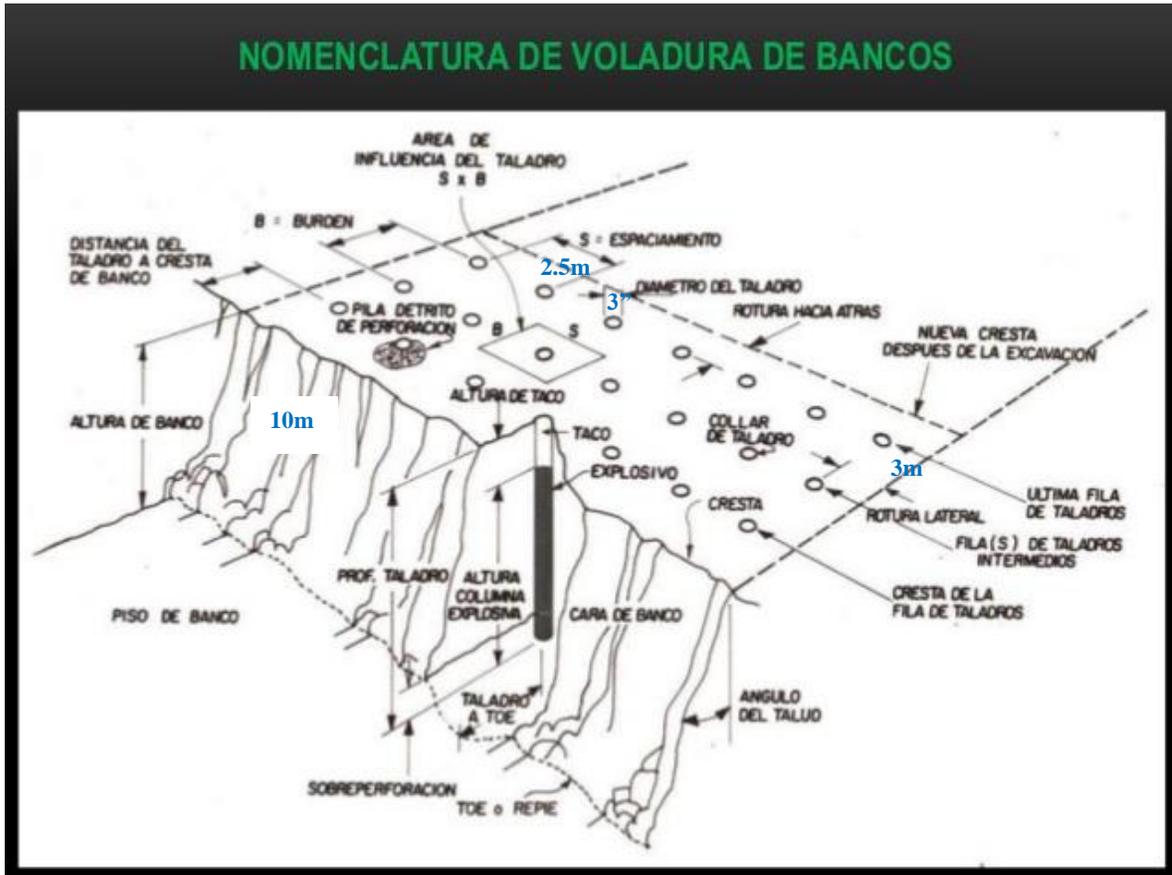
**Gráfico 19:** Carguío de un barrenamiento.



Elaborado: Barros, A. (2015).

## ✚ PARTES QUE CONSTITUYEN LA VOLADURA EN EL BANCO.

Gráfico 20: Partes que constituyen el diseño de voladura de un banco de explotación.



Fuente: <http://es.slideshare.net/Jhonfernando00/voladura-de-bancos-en-la-practica>

## **VII. MAQUINARIA PARA ARRANQUE, PERFORACION, CARGÍO Y TRANSPORTE DEL MINERAL.**

### **7.1 EQUIPOS DISPONIBLE PARA CADA FASE DE TRABAJO**

Los equipos que se mencionan son de propiedad de la UCEM C.E.M – PLANTA CHIMBORAZO, los cuales cuentan para las operaciones de los diferentes frentes de trabajo, por tanto, no se requiere la realización de cálculos de amortización y vida útil.

Los equipos que estarán a servicio del proyecto son:

- Perforadora Furukawa
- Perforadora TAMROCK 5005
- Excavadora 336 DL.
- Excavadora Jhon Deere 350 G
- Cargadora Caterpillar 966 F
- Cargadora Jhon Deere 500
- Tractor Caterpillar D8T
- Tractor D8T
- Camión Fuera de ruta (Dumpers Articulado) 730 Cat
- Camión Fuera de ruta (Dumpers Articulado) 730 Cat
- Motoniveladora Cat 120 G
- Camioneta de abastecimiento.

### **7.2 DIMENSIONAMIENTO DE FLOTA Y TRANSPORTE**

A fin de determinar la cantidad y tipo de maquinaria a utilizar tomaremos como valor de referencia el Coeficiente General de destape, según este coeficiente es de  $0.49\text{m}^3$  por cada  $\text{m}^3$ .

### 7.3 EQUIPO PARA EL DESTAPE Y TRANSPORTE INTERNO

En función de los rendimientos del equipo disponible y de la capacidad de producción se ha estructurado la flota de la siguiente manera:

**Cuadro 26:** Equipo asignado para trabajos de destape en la Concesión Minera "Amazonas".

Cantidad	Equipo	Función	DESCRIPCION
2	Tractor D8T	Arranque de estéril	<ul style="list-style-type: none"> <li>•A Diesel</li> <li>•Motor de 320 HP</li> <li>•Buldócer y ripper</li> </ul>
1	Excavadora 336 DL	Arranque y carguío de estéril	<ul style="list-style-type: none"> <li>•A Diesel</li> <li>•Capacidad cucharón 3m<sup>3</sup></li> </ul>
3	Dumpers Articulados	Transporte de estéril	<ul style="list-style-type: none"> <li>•A Diesel</li> <li>•De volteo</li> <li>•Capacidad 30 Ton</li> </ul>

**Elaborado:** Barros, A. (2015)

#### 7.4 EQUIPO PARA PERFORACION DE CALIZA

Equipo que se sugiere asigne la Empresa, para poder cumplir con el plan de producción establecido (396.000 Ton / año).

**Cuadro 27:** Equipo asignado para trabajos de perforación Concesión Minera "Amazonas"

CANTIDAD	EQUIPO	FUNCIÓN	DESCRIPCION
1	Perforadora Furukawa	Perforación de Banco	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hidráulica</li> <li>• De oruga</li> <li>• Diámetro broca 3”</li> <li>• Longitud barrenos 3,6 m.</li> </ul>

**Elaborado:** Barros, A. (2015)

#### 7.5 EQUIPO PARA TRABAJOS ADICIONALES

Para asegurar el adecuado trabajo complementario en el contexto de la explotación de caliza, el equipo sugerido es el siguiente: **(Ver cuadro 28)**.

**Cuadro 28:** Equipo asignado para trabajos suplementarios y de apoyo.

CANTIDAD	TIPO DE EQUIPO	FUNCIÓN	DESCRIPCION
1	1 Tractor Komatsu D155	Desarme de “patas” de voladura, separación de material grueso y tendido de material en escombreras.	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Hidráulico</li> <li>•De oruga</li> <li>•Longitud barrenos 3,6 m</li> </ul>
1	Motoniveladora	Trabajos de mantenimiento de accesos	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Hidráulico</li> <li>•De llanta</li> <li>•A Diesel</li> </ul>

**Elaborado:** Barros, A. (2015).

## VIII. CÁLCULO DE COSTOS Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

### 8.1 COSTOS E INVERSIONES EN LA CONCESION “AMAZONAS”.

En este apartado se procede a determinar los costos referenciales de la implementación del Proyecto de explotación de la Concesión Minera “AMAZONAS”. (Ver cuadro 29).

**Cuadro 29:** Costos considerados en el análisis del proyecto.

	<b>DIRECTOS</b>	<b>INDIRECTOS</b>
<b>FIJOS</b>	Construcción de instalaciones. Sueldos y bonificaciones de personal. Alimentación	Amortizaciones Consolidadas Patentes de Conservación Garantías ambientales. Mantenimiento de Instalaciones
<b>VARIABLES</b>	Costos de Operación de Equipo Pesado. Costos de Insumos Producción (Explosivos)	Planes de Manejo Ambiental. Regalías Mineras. Servicios Profesionales Externos.

**Fuente:** Cemento Chimborazo. (2014). Diseño de Explotación Shobol Norte1.

### 8.1.1 CONSTRUCCIÓN DE INSTALACIONES

**Cuadro 30:** Inversiones estimadas para la implementación de instalaciones complementarias.

INSTALACIÓN / ACTIVIDAD	INVERSIÓN (USD)
Construcción de caminos	60.000
Campamento, Oficina, Laboratorio de Titulación.	20.000
Polvorines	20.000
Cubetos de Combustible	10.000
Patios de Mantenimiento.	10.000
Adecuación, Mantenimiento y Acceso a la Escombrera.	30.000
<b>TOTAL COSTOS (USD / Ton)</b>	<b>150.000</b>

Elaborado: Barros, A. (2015)

### 8.1.2 ALIMENTACIÓN.

**Cuadro 31:** Costo mensual en alimentación.

ACTIVIDAD	CANTIDAD AL MES	COSTO UNITARIO	TOTAL MENSUAL
<b>Desayunos</b>	264	1,75	462
<b>Almuerzo</b>	264	1,75	462
<b>TOTAL</b>			<b>0.05</b>

Elaborado: Barros, A. (2015)

## 8.2 PATENTES DE CONSERVACIÓN Y GARANTÍAS AMBIENTALES

Para este caso el valor se calculará en función de la producción anual (396.000 Ton).

**Cuadro 32:** Costos por conceptos de pagos de regalías y garantías ambientales.

CARGO	EGRESO TOTAL (USD)	PRODUCCIÓN AL AÑO (Ton)	TOTAL MENSUAL
<b>PATENTES DE CONSERVACIÓN</b>	30.000	396.000	0,13
<b>GARANTÍAS AMBIENTALES</b>	60.000		0,26
<b>TOTAL</b>			<b>0,39</b>

**Elaborado:** Barros, A. (2015)

## 8.3 MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES

Se estimará este costo en función del porcentaje del valor total del activo, en este caso el porcentaje se estima en aproximadamente el 8%, igual que en el caso anterior se lo estimará en función de la producción anual (396.000 Ton).

**Cuadro 33:** Costos por mantenimiento de instalaciones en el proyecto.

INSTALACIÓN	INVERSIÓN(USD)
<b>Construcción de caminos</b>	7.000
<b>Polvorines</b>	1.000
<b>Cubetos de Combustible</b>	800
<b>Oficinas.</b>	800
<b>Patios de Mantenimiento.</b>	800
<b>Acceso a la Escombrera.</b>	6.000
<b>TOTAL</b>	<b>16.400</b>

**Elaborado:** Barros, A. (2015)

## 8.4 OPERACIÓN DE EQUIPO PESADO.

Este costo se lo determina en función de la producción horaria, se aplica el método Caterpillar.

### 8.4.1 COSTOS POR OPERACIÓN DE EQUIPO PESADO EN DESTAPE

**Cuadro 34:** Costos por operación de equipo pesado en destape en el proyecto.

EQUIPO	COSTO HORARIO (USD/h)	RENDIMIENTO (Ton/h)	COSTO (USD/Ton)
<b>Tractor D8T</b>	102,3	227,27	0,45
<b>Excavadora 336 CL</b>	88,56	216,71	0,41
<b>Volqueta CAT 730 (Escombrera)</b>	55,17	84,3	0,65
<b>Volqueta CAT 730 (Escombrera)</b>	55,17	84,3	0,65
<b>COSTO DESTAPE Y TRANSPORTE A ESCOMBRERA</b>			<b>2,16</b>

**Fuente:** Cemento Chimborazo. (2014). Diseño de Explotación Shobol Norte1.

### 8.4.2 COSTOS POR OPERACIÓN DE EQUIPO PESADO EN ARRANQUE

**Cuadro 35:** Costos por operación de equipo pesado en arranque de caliza en el proyecto.

EQUIPO	RENDIMIENTO (Ton/h)	COSTO HORARIO (USD/h)	COSTO (USD/Ton)
<b>Tractor CAT D8</b>	152,81	90,18	0,59
<b>TOTAL COSTO</b>			<b>0,59</b>

**Fuente:** Cemento Chimborazo. (2014). Diseño de Explotación Shobol Norte1.

### 8.4.3 COSTOS POR OPERACIÓN DE EQUIPO PESADO EN ARRANQUE CON PERFORACIÓN Y VOLADURA

**Cuadro 36:** Costos por operación de equipo pesado en arranque con perforación y voladura en el proyecto.

EQUIPO	COSTO HORARIO (USD/h)	RENDIMIENTO (Ton/h)	COSTO (USD/Ton)
<b>Excavadora 330 CL</b>	88,56	216,71	0,41
<b>Perforadora Tamrock 500S</b>	49,54	268,89	0,18
<b>TOTAL</b>			<b>0,59</b>

**Fuente:** Cemento Chimborazo. (2014). Diseño de Explotación Shobol Norte I.

### 8.4.4 COSTOS POR OPERACIÓN DE EQUIPO PESADO EN CARGUÍO

**Cuadro 37:** Costos por operación de equipo pesado en carguío en el proyecto.

EQUIPO	COSTO HORARIO (USD/h)	RENDIMIENTO (Ton/h)	COSTO (USD/Ton)
<b>Cargadora CAT 966</b>	62,18	480	0,13
<b>TOTAL</b>			<b>0,13</b>

**Fuente:** Cemento Chimborazo. (2014). Diseño de Explotación Shobol Norte I

## 8.5 INSUMOS DE PRODUCCIÓN

**Cuadro 38:** Costos de materiales de perforación en el proyecto.

MATERIAL	DEP. HORA (USD/h)	RENDIMIENTO HORA (Ton/h)	COSTO (USD/TON)
<b>BARRENO</b>	2,77	<b>106,36</b>	0,02
<b>ACOPLE</b>	0,44		0,003
<b>BROCA</b>	1,07		0,01
<b>TOTAL COSTOS</b>			0.06

**Fuente:** Cemento Chimborazo. (2014). Diseño de Explotación Shobol Norte1.

## 8.6 PLANES DE MANEJO AMBIENTAL

**Cuadro 39:** Plan de manejo ambiental del proyecto.

ITEM	AVALÚO TOTAL (USD)	PRODUCCIÓN ANUAL (Ton)	TOTAL MENSUAL (USD/Ton)
<b>Planes de Manejo Ambiental</b>	60.000	396.000	<b>0.26</b>

**Fuente:** Cemento Chimborazo. (2014). Diseño de Explotación Shobol Norte1.

## 8.7 COSTOS TOTALES DEL PROYECTO

En todos los casos el costeo llega hasta la caliza cargada en la unidad de transporte hacia la planta de producción.

**Cuadro 40:** Costos totales del proyecto.

DESTAPE	ARRANQUE	CARGUÍO	COSTOS AMBIENTALES	REGALÍAS MINERAS	GASTOS GENERALES	COSTO TOTAL Dólares/ ton.
2,61	1,18	0,13	0,64	0,40	0,70	4,25

**Elaborado:** Barros, A. (2015)

## **IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **9.1. CONCLUSIONES**

- 1.- En los cortes geológicos se observa que hubo una transgresión marina de sur a norte, encontrándose hacia el norte caliza de bajo contenido de  $\text{CaCO}_3$  y de menor potencia, mientras que al sur se observa caliza de mejor calidad y mayor potencia.
- 2.- Realizadas las visitas de campo y toma de lecturas de GPS, comparación de puntos y estaciones en la Concesión Minera, se pudo verificar que la información preliminar proporcionada por la empresa, resultante de las campañas de exploración, es ajustable.
- 3.- Se dividió a la explotación del yacimiento en dos bloques: Bloque Norte: 4 bancos y Bloque Sur: 4 bancos, respectivamente, posicionando en la parte central (parte plana), la zona de polvorín, campamento y patio de mantenimiento de maquinaria.
- 4.- El diseño de explotación se realizará en forma de bancos descendentes, con alturas de 10 m cada banco, 20m de ancho y 20m de largo, 3m de berma mínimos para seguridad, el ángulo de talud es de  $75^\circ$  y un ángulo de talud final de  $55^\circ$ .
- 5.- El tiempo de vida útil de la mina es el resultado del cálculo de reservas dividido entre el ritmo de producción anual requerida, el resultado obtenido arrojó una cifra cercana a los 84 años.
- 6.- Se analizó el estudio de cálculo de reservas con un porcentaje mínimo del 70% de  $\text{CaCO}_3$ , y ya que este valor no se ajusta a los parámetros técnicos requeridos para la elaboración del cemento, se puede utilizar en una dosificación con calizas de mejor contenido de  $\text{CaCO}_3$  (>85%).
- 7.- El volumen de material estéril es de aproximadamente **1'211.469.99m<sup>3</sup>**
- 8.- En la Concesión Minera “Amazonas”, se determinó unas reservas probadas de **33'220.287,03 toneladas de caliza.**
- 9.- El costo de beneficio de explotación de una tonelada es: **4,25 dólares/ ton.**

## **9.2. RECOMENDACIONES**

- 1.- Que el presente estudio de explotación realizado, sea considerado como una alternativa para un buen desempeño técnico - minero para la extracción del mineral.
- 2.- Continuar con las campañas de exploración dentro de la Concesión Minera.
- 3.- Realizar un mayor estudio de Exploración en las partes aledañas a la Zona de Estudio ya que el yacimiento se extiende en la parte norte.
- 4.- Realizar la explotación en toda la Propiedad de la UCEM C.E.M, ya que en el presente estudio de diseño de explotación, se excluyó la parte céntrica (parte plana) para lo que es acondicionamiento de la mina, dichas adecuaciones son provisionales para su traslado con el fin de explotar el yacimiento en su totalidad.
- 5.- Realizar una explotación selectiva con el propósito de incrementar el contenido de  $\text{CaCo}_3$  y bajar el contenido de sílice.

## X. RESUMEN

La presente investigación propone: realizar un adecuado diseño de explotación de acorde a los factores técnicos - mineros, y económicos de la concesión minera "Amazonas", para la extracción de caliza, necesaria para la elaboración del cemento; provincia de Napo, cantón Tena, parroquia Puerto Misahuallí, comunidad Ponceloma, utilizando el método de explotación a cielo abierto mediante bancos descendentes, consta de dos partes: el cálculo de reservas del área de estudio y su diseño de explotación del yacimiento de caliza. Se ha diseñado 8 bancos de explotación con una altura de 10 metros cada uno. Aplicado en el cálculo de reservas mediante la realización de perfiles geológicos del cuerpo mineral, obteniendo así tres perfiles geológicos ( A – A', B – B', C – C') estos perfiles permitirán determinar la geometría del bloque de caliza, obteniendo unas reservas probadas de 33'220.287,03 toneladas de caliza. Se concluye que la producción mensual de la mina será de 1.700 toneladas, con un costo beneficio de explotación de 4.25 dólares/ton. El tiempo de vida útil de la mina es el resultado del cálculo de reservas dividido entre el ritmo de producción anual requerida, el resultado obtenido arrojó una cifra cercana a los 84 años Se recomienda realizar una explotación selectiva con el propósito de incrementar el contenido de carbonato de calcio y reducir el valor de sílice.

### **Palabras Clave:**

Unión Cementera Nacional – Yacimiento de Caliza – Bancos Descendentes – Perfiles Geológicos – Cálculo de Reservas – Diseño de Explotación – Reservas Probadas.



## XI. ABSTRACT

The following investigation proposes: to conduct a suitable development design according to the technical, mining and economic factors of the mining company Amazonas For the extraction of limestone, which is necessary for the production of cement in Napo province, Tena town, parish Puerto Misahuallí, community of Ponceloma. Using the method of opencast development by means of Descending Benches; it consists of two parts: the calculation of reservations of the area of study and the design of development of the deposit of limestone. We have designed 8 banks of exploitation with a height of 10 meters each one by applying the reserve calculations using the geological profiling of the body mineral, thus obtaining three geological profiles ( A – A', B – B' , C – C ') These profiles will help to determine the geometry of the block of limestone, getting some proven reserves of 33'220.287,03 tons of limestone. It is concluded that the monthly production of the mine will be of 1,700 tons, with a cost-benefit of exploitation of 4.25 dollars / ton. the time of useful life of the mine is the result of the calculation of reservations divided between the rhythm of required annual production, the obtained result showed a nearby number at the age of 84. It is recommended to perform a selective exploitation with the aim of increasing the content of calcium carbonate and reduce the value of silica.

**Key words:** Unión Cementera Nacional - Limestone Deposit – Descending Benches - Geologic Profiles - Calculation of Reserves - Design of Exploitation - Proven Reserves.



## **XII. BIBLIOGRAFÍA**

Instituto Tecnológico Geológico y Minero de España (1994). *Manual de perforación y voladura de rocas*. Madrid

Instituto Tecnológico Geominero de España (1995). *Manual de arranque, carga y transporte en minería a cielo abierto*. Madrid: Instituto Geológico y Geominero de España.

Konia, C. (1998). *Diseño de voladuras*. Mexico: Cuicatl.

López Jimeno, E. L. (2013). *Manual de perforación y voladura de rocas*. España

Palacios, W. (2014). *Estudio geológico y cálculo de reservas Cemento Chimborazo*. Riobamba

Cemento Chimborazo S.A. (2014). *Estudio geológico Y Cálculo de Reservas Amazonas*. Riobamba.

Calderón, J. (1997). *Optimización de la operación de explotación de caliza*. (Tesis de grado. Ingeniero en Minas). Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil.

Sosa, H (1989). *Geotecnia para Minas*. Quito: Universitaria.

Semplades, (2011). *Plan del buen Vivir y Ordenamiento Territorial de la Parroquia de Puerto Misahuallí*. Tena-Napo. Pág. 3

Cemento Chimborazo. (2013). *Diseño de explotación Shobol Norte I*. Riobamba

Tschopp, H. (1953), *Geología del Ecuador*. Quito

Jaillard, E. (1997), *Síntesis Estratigráfica y Sedimentológica del Cretáceo y Paleógeno de la Cuenca Oriental Ecuatoriana*, Quito.

Cemento Chimborazo. S.A. (2014). *Ensayos de laboratorio*. Riobamba

Cemento Chimborazo .S.A. (2014). *Estudio geológico y cálculo de reservas*. Departamento de Control de Calidad. Riobamba.

Cemento Chimborazo. S. A. (2013). *Diseño de explotación*. Shobol Norte1. Riobamba.

Empresa de Fabricación de Explosivos. Explocen. (2014). *Catálogo de Explosivos*. Quito

### **XIII. ANEXOS**

## **ANEXO A: GLOSARIO DE TÉRMINOS**

## **GLOSARIO**

### **A**

#### **ANFO**

Consiste en una mezcla de nitrato de amonio y un combustible derivado del petróleo, desde gasolinas a aceites de motor. Las cantidades de nitrato de amonio y combustible varían según la longitud de la cadena hidrocarbonada del combustible utilizado. Los porcentajes van del 90% al 97% de nitrato de amonio y del 3% al 10% de combustible, por ejemplo: 95% de nitrato de amonio y 5% de queroseno. Se utiliza ampliamente en las voladuras de suelos rocosos de tipo medio a blando, introduciendo en los barrenos este explosivo de tipo granulado.

#### **ARRANQUE**

Se define como arranque de un mineral a la fragmentación del macizo rocoso hasta llevarlo a un tamaño que permita su manipulación para ser cargado y transportado. El arranque puede ser realizado con métodos mecánicos (forma continua y discontinua) y también por medio de la perforación con sustancias explosivas (forma discontinua).

### **B**

#### **BANCOS DE EXPLOTACIÓN**

Niveles en que se divide una explotación a cielo abierto para facilitar el trabajo de los equipos de perforación, cargue y transporte.

#### **BARRENO**

Agujero practicado en una roca, que se rellena de pólvora u otro explosivo, para hacerla volar.

**BOOSTER DE PENTOLITA.**

Son cargas explosivas de alta potencia y gran seguridad, destinadas a la iniciación de agentes de voladura. Su envase de plástico protege a la mezcla explosiva que contiene, permitiéndole ser más insensible a los golpes o roces, así como una mayor resistencia al ataque del agua presente en algunas perforaciones. Es el más eficiente iniciador de agentes de voladura que se fabrica y es especialmente recomendable para diámetros medianos y grandes.

**C****CALIZA**

Es una roca sedimentaria compuesta mayoritariamente por carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), generalmente calcita, aunque frecuentemente presenta trazas de magnesita ( $\text{MgCO}_3$ ) y otros carbonatos. También puede contener pequeñas cantidades de minerales como arcilla, hematita, siderita, cuarzo.

**CANTERA**

Se entiende por cantera el sistema de explotación a cielo abierto para extraer de él rocas o minerales no disgregados, utilizados como material de construcción.

**E****EXPLORACIÓN MINERA**

La exploración minera es la etapa inicial de la actividad minera, consiste en identificar las zonas por donde se ubican los yacimientos de minerales que luego - dependiendo de su dimensión y composición - serán explotados en un proyecto minero.

**EXPLOTACIÓN MINERA**

Proceso de extracción y procesamiento de los minerales, así como la actividad orientada a la preparación y el desarrollo de las áreas que abarca el depósito mineral. Es la aplicación

de un conjunto de técnicas y normas geológicas minera y ambiental, para extraer un mineral o depósito de carácter económico, para su transformación y comercialización.

## **F**

### **FULMINANTE**

Casquillo metálico cerrado en un extremo, el cual contiene una carga explosiva de gran sensibilidad, por ejemplo, fulminato de mercurio. Están hechos para detonar con las chispas del tren de fuego de la mecha de seguridad.

## **M**

### **MECHA LENTA**

Es un cordón flexible que contiene pólvora usada como transportador de llama, a una velocidad uniforme, y como iniciador de detonadores comunes N° 6 y 8 en cápsulas de cobre y aluminio.

## **P**

### **PERFILES GEOLÓGICOS**

Un perfil geológico es la reconstrucción en profundidad de la estructura geológica de una zona. Un perfil o corte geológico puede definirse como una sección vertical o perfil interpretativo de la geología superficial, para cuya realización se utilizan los datos obtenidos en el terreno.

Es decir, un corte geológico es la interpretación de la información geológica disponible de una zona, representada en un corte o sección.

## **R**

### **RESERVA EXPLOTABLE**

Es aquella parte de las reservas básicas medidas, que son extraíbles económicamente, en el momento de la clasificación y la evaluación, con la consideración de todas las limitaciones técnicas, legales y ambientales. Son recursos para los cuales se ha establecido el más alto

grado de certeza geológica y mediante un estudio de factibilidad, el más alto grado de aprovechamiento.

## **S**

### **SONDEO**

Operación que se efectúa con el fin de perforar el suelo, mediante la apertura de orificios de diámetro pequeño para la exploración de minerales y petróleo. También sirve para abrir una vía de ventilación en túneles. El sondeo se realiza con barrenos.

**ANEXO B: OFICIO DE AUTORIZACIÓN DE LA UCEM C.E.M**

Dij

	<b>GERENCIA DE TALENTO HUMANO Y DESARROLLO ORGANIZACIONAL</b>	
	<b>MEMORANDO N° 420-GTHDO-2015</b>	
	<b>PARA:</b> Ing. Galo Serrano <b>ADMINISTRADOR DE PLANTA</b>	<b>ASUNTO:</b> INFORME DE TESIS "DISEÑO DE EXPLOTACIÓN DE LA CONCESIÓN MINERA AMAZONAS"
	<b>C.C.:</b> Riobamba, 22 de mayo de 2015	

Dando contestación a la sumilla inserta por la Administración de Planta en el oficio No. 297-D-ESPOCH EXT-M.S. documento recibido en esta Gerencia el 29 de Abril de 2015, en el cual se solicita que la Srta. Ruth Alexandra Barros Vega, efectúe su tesis previo a la obtención del título de Ingeniería en Geología y Minas; al respecto me permito informar que:

Con fecha 08 de Mayo de 2015, esta Gerencia mediante correo interno solicitó a la Jefatura pertinente su pronunciamiento al respecto de la solicitud de tesis.

Con fecha 21 de Mayo de 2015, es recibido en esta Gerencia el memorando interno No. 063-GM-2015, en el cual la Jefatura de Geología y Minas sustenta la importancia de la tesis "DISEÑO DE EXPLOTACIÓN DE LA CONCESIÓN MINERA AMAZONAS", dado que permitirá considerar las particularidades de este yacimiento evaluado, a más de las reservas ya establecidas.

Una vez que la Gerencia de Técnica a través de su sumilla inserta en el mencionado documento sustenta la factibilidad del mismo, esta Gerencia considera salvo su mejor criterio autorice que la Srta. Ruth Alexandra Barros Vega, estudiante de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo efectúe su trabajo de tesis para la obtención del título de Ingeniera en Geología y Minas, con las siguientes consideraciones:

- a. Debido a que el solicitante tendrá acceso a información de la Empresa, esta Gerencia considera que debe firmar un acta de confidencialidad de la información, en la cual se incluya que mientras efectúe el trabajo de titulación no posee relación laboral con la Empresa.
- b. Al no existir relación laboral o de vinculación alguna, la solicitante deberá presentar su afiliación voluntaria al IESS de forma mensual o en su lugar una póliza de accidentes o la que posea la Institución Superior con vigencia mientras efectúe la investigación.
- c. Efectuar la inducción de seguridad.
- d. Entregar en la Jefatura de Geología y Minas con copia a esta Gerencia el cronograma indicando día, fecha, hora, actividad y recursos a utilizar para el levantamiento de la información para el proyecto de investigación, con la finalidad de tener un control de sus visitas; para el efecto se habilitará también un código de practicantes únicamente para verificación.
- e. El proyecto de investigación deberá indicar que la información utilizada es propiedad de UCEM, CEM., al término del mismo remitir 2 copias del proyecto (una para la Gerencia correspondiente y otra para el archivo de esta Gerencia.)

*Autorizado  
22-5-2015*



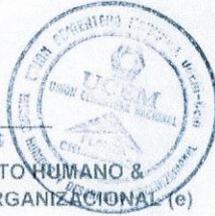
  
 UNION CEMENTERA NACIONAL CHIMBORAZO  
 TALENTO HUMANO Y DESARROLLO ORGANIZACIONAL UCEM-DETI  
 RECIBIDO sin que esto signifique aceptación de su contenido  
 HORA: 14:56 FECHA: 22 Mayo 2015  
 RESPONSABLE: Karina A.

Elaborado por:	Karina Alvarez
Revisado por:	Nancy Ruiz M.

*[Handwritten signature]*

Cordialmente,

Ing. Nancy Ruiz.  
GERENTE TALENTO HUMANO &  
DESARROLLO ORGANIZACIONAL (e)



ANEXO:

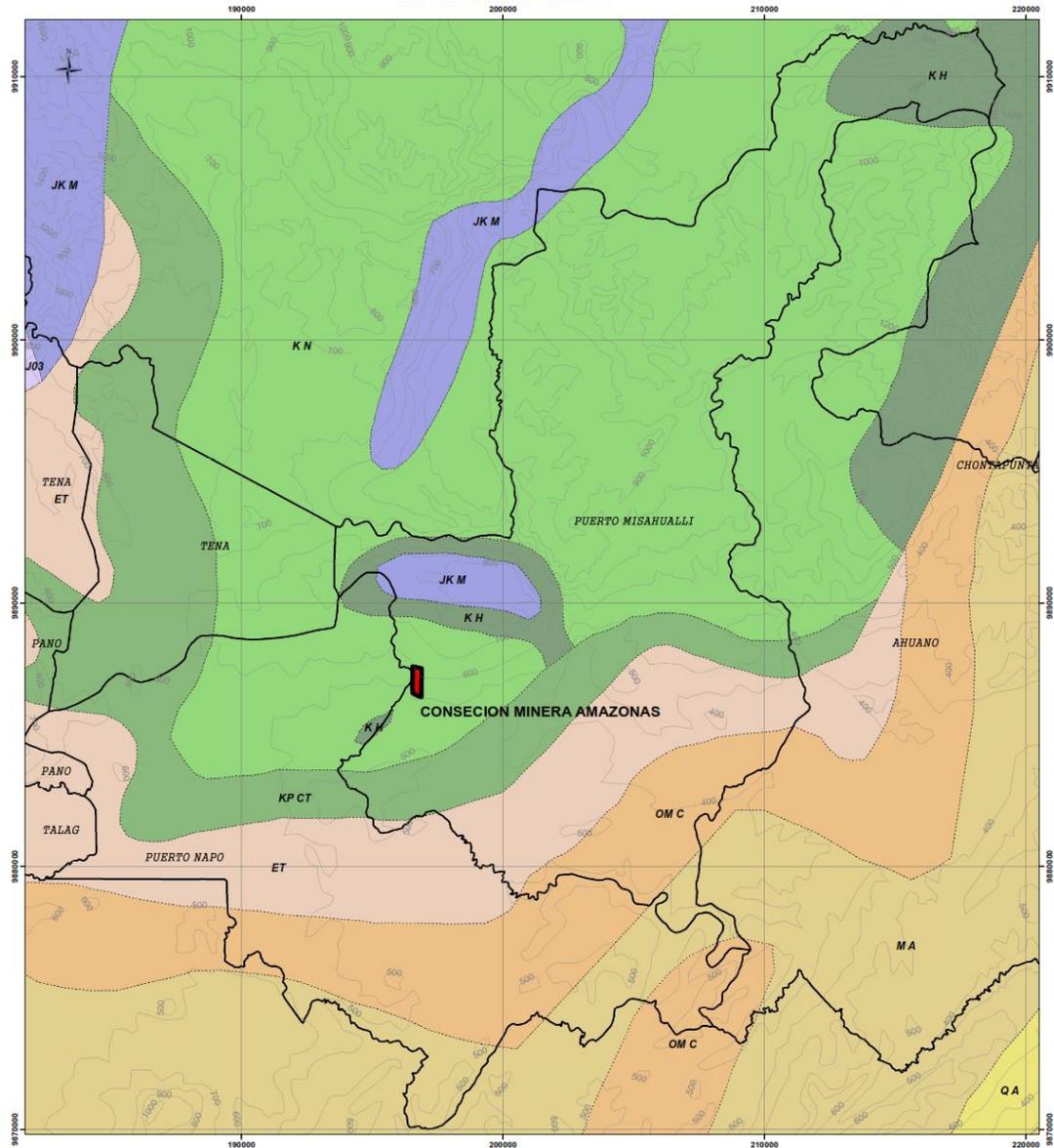
- Oficio No. 297-D-ESPOCH EXT-M.S.
- Memorando interno No. 083-GM-2015
- Correo interno

  
**UCEM**  
 UNION CEMENTERA NACIONAL  
**GERENCIA GENERAL UCEM-CEM**  
 RECIBIDO sin que esto signifique aceptación de su contenido  
 HORA: 8:50      FECHA: 22 MAY 2015  
 RESPONSABLE: AURORA R.

Elaborado por:	Karina Alvarez
Revisado por:	Nancy Ruiz M.

**ANEXO C: MAPA GEOLÓGICO**

MAPA GEOLÓGICO REGIONAL



SÍMBOLO	FORMACION	LITOLOGIA	PERIODO
QA	Depósitos aluviales	Arcillas, arenas	Cuaternario
MPI C	Chambira	Areniscas, lutitas, tobas	Mioceno/Plioceno
MA	Arajuno	Arcillas, areniscas, lignito	Mioceno
OM C	Chalcana	Lutitas rojas, yeso	Oligoceno/Mioceno
ET	Tijuyacu	Conglomerados, areniscas, lutitas rojas	Eoceno
KP CT	Tena	Lutitas, capas rojas	Cretáceo/Paleoceno
KN	Napo	Lutitas, calizas negras, areniscas	Cretáceo
KH	Hollín	Areniscas y cuarcitas	Cretáceo
JK M	Unidad Misahualli	Lavas y piroclastos calco-alkalinos, capas rojas	Jurásico/Cretáceo



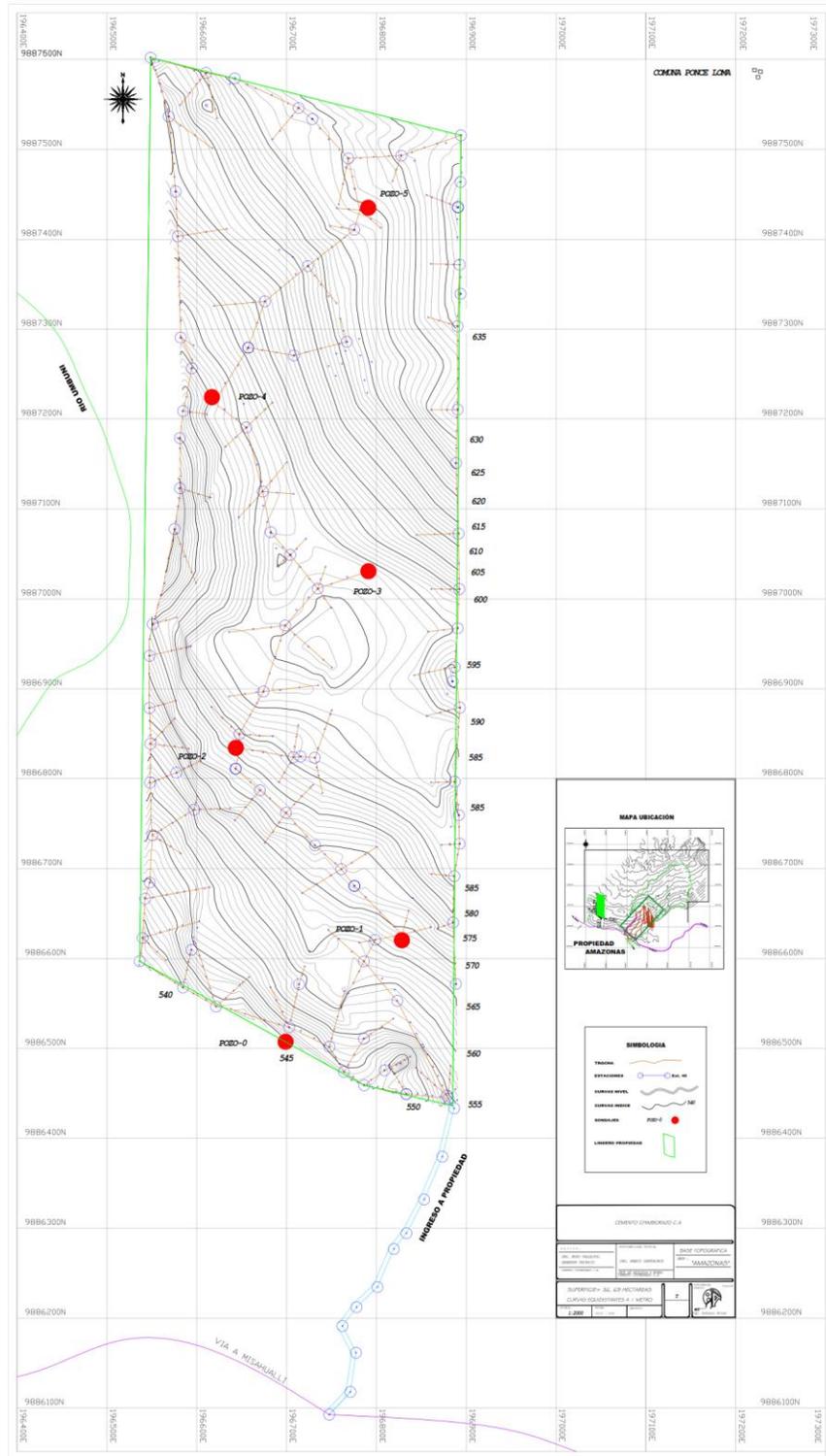
**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**EXTENSION - MORONA SANTIAGO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA DE GEOLOGÍA Y MINAS**

Realizado por: RUTH ALEXANDRA BARROS VEGA

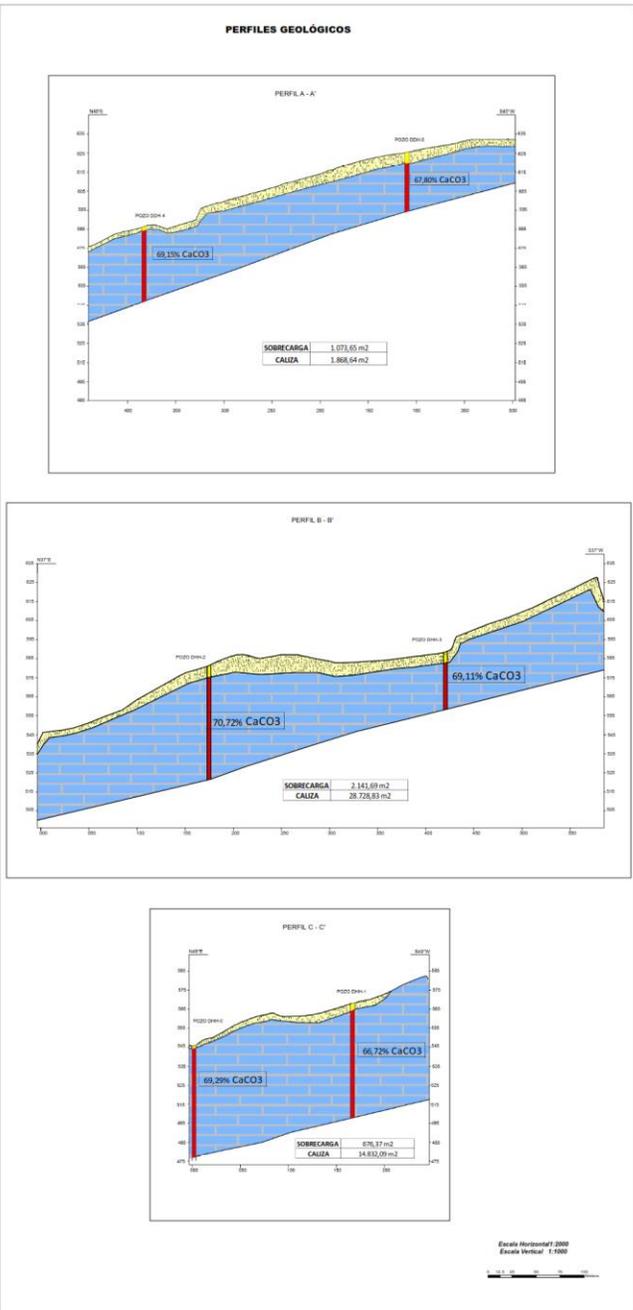
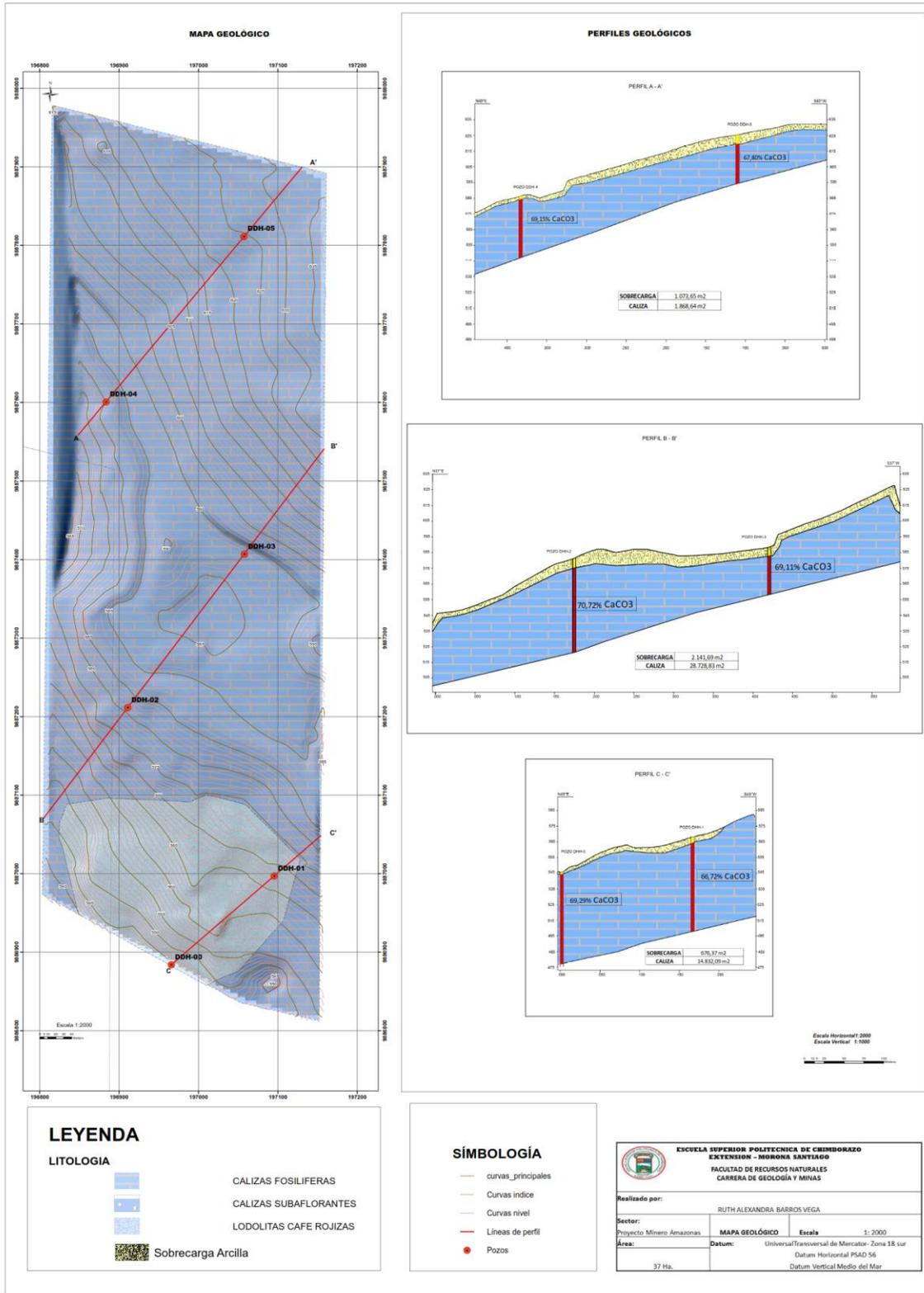
FUENTE: ODEPLAN ESCALA 1:50 000 Escala 1: 100 000

Datum: Universal Transversal de Mercator- Zona 18 sur  
 Datum Horizontal PSAD 56  
 Datum Vertical Medio del Mar

**ANEXO D: MAPA TOPOGRÁFICO**



**ANEXO E: MAPA DE PERFILES GEOLÓGICOS**



**ANEXO F: MAPA DEL DISEÑO DE EXPLOTACIÓN**

