



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y
METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



**REDUCCIÓN DE LA DILUCIÓN DEL MINERAL EN EL
PROCESO DE MINADO MEJORANDO EL ORE CONTROL
EN LA CANTERA CALQUIPA – CALIDRA S.A.C – 2020**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. JOSEPH MARINO SANGA HUARACCALLO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

PUNO – PERÚ

2021



DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis queridos Padres Abraham y Guillermina quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía.

A mis queridos hermanos, por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias.

A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todo mis sueños y metas.

Joseph Sanga



AGRADECIMIENTO

Al finalizar este trabajo quiero utilizar este espacio para agradecer a Dios por todas sus bendiciones y guiar mi camino, a mis Padres por su apoyo incondicional

Así mismo deseo expresar mi reconocimiento. A mi Alma Mater, Escuela Profesional de Ingeniería Geológica de la Facultad de Ingeniería Geológica y Metalúrgica de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, por la formación académica brindada. A toda la plana de docentes de esta escuela profesional de quienes recibí la formación académica.

De manera especial a mi asesor de tesis, M. Sc. Agustín Víctor Vélez Vilca, por haberme guiado, no solo en la elaboración de este trabajo de titulación, sino a lo largo de mi carrera universitaria y haberme brindado el apoyo para desarrollarme profesionalmente y seguir cultivando mis valores.

A la Empresa Minera CENTURY MINING PERU SAC, quien me dio la oportunidad de comenzar mi etapa laboral, adquiriendo nuevos conocimientos de mis compañeros de trabajo de distintas universidades.

Mi agradecimiento también para la Empresa Minera CIEMSA por abrirme sus puertas en sus Unidades Operativas Las Águilas y Pomasi para seguir creciendo mi formación profesional.

De igual manera a la Empresa Calidra Perú (CALQUIPA S.A.C) por haberme brindado la información necesaria para este trabajo de investigación.

Joseph Sanga



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 17

ABSTRACT..... 18

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA: 19

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA: 20

1.2.1. Problema general. 20

1.2.2. Problemas específicos..... 20

1.3. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS:..... 21

1.3.1. Hipótesis general..... 21

1.3.2. Hipótesis específicas..... 21

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN:..... 21

1.4.1. Objetivo general..... 21

1.4.2. Objetivos específicos. 21

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN: 22

1.6. LIMITACIONES DEL ESTUDIO: 22



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN:	23
2.2. MARCO TEÓRICO:	26
2.2.1. La roca caliza.	26
2.2.2. Tipos de roca caliza por su origen.	27
2.2.3. Definición, composición y derivados.	28
2.2.4. Contaminantes en la roca caliza: el óxido de silicio.	32
2.2.5. El óxido de calcio.	33
2.2.6. Aplicación y usos del óxido de calcio.	33
2.2.7. Minado de la roca caliza.	36
2.3. EXTRACCIÓN EN CANTERAS NO METÁLICAS:	37
2.3.1. Operaciones unitarias.....	38
2.4. PROCESAMIENTO DE LA ROCA CALIZA PARA EL ÓXIDO DE CALCIO.....	42
2.4.1. Chancado del mineral.	43
2.4.2. Calcinación de la roca.	43
2.4.3. Enfriamiento del material.	44
2.4.4. Inspección y análisis del producto primario.	44
2.4.5. Trituración y pulverización del producto.....	45
2.4.6. Envasado y embarque del producto molido.....	45
2.5. EL CONTROL DEL MINERAL EN EL PROCESO DE MINADO.....	46
2.5.1. ¿Qué es el control de mineral?.....	46
2.5.2. Importancia del control de mineral.....	47
2.5.3. El proceso del control del mineral.....	47



2.6. DILUCIÓN DEL MINERAL.....	57
2.6.1. Dilución planificada.....	58
2.6.2. Dilución operacional por voladura.	60
2.7.1. Finalidad operacional.....	64
2.7.2. Proceso de la voladura.	65
2.7.3. Diseño de mallas de voladura.	67
2.7.4. Disparo y secuencia de salida.	69
2.7.5. Análisis de la fragmentación de la roca.	70
2.8. SOFTWARES UTILIZADOS:	72
2.8.1. Hexagon - MineSight.....	72
2.8.2. JKSimblast.....	72
2.8.3. Split Desktop.....	73
2.8.4. MS Excel.....	73

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DISEÑO METODOLÓGICO:.....	74
3.1.1. Tipo de investigación.....	74
3.1.2. Diseño de la investigación.	74
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA:.....	74
3.2.1. La población.	74
3.2.2. Muestra.	75
3.3. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:	75
3.4. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:	75
3.5. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS:	77
3.6. HERRAMIENTAS PARA EL PROCESAMIENTO DE DATOS:	77



3.7. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES:..... 77

CAPITULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1. UBICACIÓN Y ACCESO:..... 79

4.2. OTROS ASPECTOS DE LA ZONA. 80

4.2.1. Clima..... 80

4.2.2. Precipitación. 80

4.2.3. Flora. 80

4.2.4. Fauna..... 81

4.3. GEOLOGÍA DEL YACIMIENTO..... 82

4.3.1. Geología Regional. 82

4.3.2. Geologia Local..... 84

4.4. RESERVA DEL YACIMIENTO..... 88

4.5. OPERACIONES UNITARIAS. 91

4.5.1. Perforación..... 91

4.5.2. Voladura..... 92

4.5.3. Carguío y Acarreo del mineral no metálico..... 96

CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. LÍNEA DE BASE DEL ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN: 98

5.1.1. Muestreo de detritos en la cantera Calquipa. 98

5.1.2. Fragmentación de la roca caliza en la cantera Calquipa. 100

5.1.3. Calidad del óxido de calcio en la cantera Calquipa. 109

5.2. MINIMIZANDO LA DILUCIÓN DEL MINERAL POR ERROR DE



MUESTREO EN LOS DETRITOS DE CALIZA:	110
5.2.1. Ley y tonelaje antes de la aplicación del método de muestreo de los polígonos de extracción.	114
5.2.2. Ley y tonelaje después de la aplicación del método de muestreo de los polígonos de extracción.	118
5.3. ANÁLISIS DE LOS PROYECTOS DE LA FASE 1 Y FASE 2 DE LA CANTERA EL NEGRO AFRICANO.....	123
5.3.1. Proyecto 4840-037.....	123
5.3.2. Proyecto 4840-038.....	128
5.3.3. Proyecto 4840-044.....	133
5.3.4. Proyecto 4850-012.....	138
5.3.5. Proyecto 4850-014.....	143
5.4. MEJORA DE LA CALIDAD DEL ÓXIDO DE CALCIO EN LA CANTERA CALQUIPA.....	148
VI. CONCLUSIONES.....	151
VII. RECOMENDACIONES	152
VII. REFERENCIAS.....	153
ANEXOS.....	154

AREA: Geología de minas

TEMA: Proceso de minado

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 19 de diciembre de 2022



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Proceso para la obtención de cal viva.	30
Figura 2.	Proceso para la obtención de carbonato de calcio.	31
Figura 3.	Proceso para la obtención de carbonato de cemento.	32
Figura 4.	Vista de una cantera de caliza.	38
Figura 5.	Perforadora, Track-Drill, con martillo en cabeza y con martillo en fondo.	39
Figura 6.	Secuencia de amarre de taladros en una cantera.	40
Figura 7.	Carguío de mineral con una excavadora	41
Figura 8.	Transporte de material de una cantera de caliza	41
Figura 9.	Resultado de la reacción.	44
Figura 10.	Ciclo de la cal	45
Figura 11.	Proceso de la cal	46
Figura 12.	Muestrero Sénior verificando información del pozo para su muestreo.	48
Figura 13.	Muestreo siguiendo la secuencia de inserciones.	49
Figura 14.	Secuencia de muestreo y adición de inserciones en taladros de voladura	50
Figura 15.	Metodología de las inserciones durante la toma de muestra.	51
Figura 16.	Flujo grama de Preparación de Muestras.	53
Figura 17.	Definición de polígonos de extracción (amarillo: mineral, azul: estéril)... ..	59
Figura 18.	Desplazamiento de material tronado (gris oscuro: mineral, gris claro. estéril)	60
Figura 19.	Secuencia de tronadura grabada por la cámara de alta velocidad.	61
Figura 20.	Esquema de prueba de tronadura con tubos de PVC.	62
Figura 21.	Error de muestreo en pozo de perforación.	63
Figura 22.	Proceso de perforación y Voladura.	65
Figura 23.	Primado y carguío de explosivo.	66
Figura 24.	Zona de operación de una mina a tajo abierto.	68
Figura 25.	Zona de operación de una mina a tajo abierto.	70
Figura 26.	Fragmentación de una cantera de caliza.	71
Figura 27.	Curva de distribución de la fragmentación de una cantera de caliza.	72
Figura 28.	Ubicación de la cantera Negro Africano (Calquipa).	79
Figura 29.	Muestra de la Caliza Mudstone de Calquipa M1.	85
Figura 30.	Sección delgada de la muestra de Caliza M1.	86



Figura 31.	Muestra de la Caliza Mudstone de Calquipa M2.	86
Figura 32.	Sección delgada de la muestra de Caliza M2.....	87
Figura 33.	Muestra de la Caliza Mudstone de Calquipa M3.	87
Figura 34.	Sección delgada de la muestra de Caliza M3.....	88
Figura 35.	Modelo de bloques de la cantera Negro Africano (Calquipa).....	89
Figura 36.	Planeamiento de explotación de la cantera el Negro Africano (Calquipa). 91	
Figura 37.	Pit final y niveles de banco de la cantera el Negro Africano (Calquipa). ..	91
Figura 38.	La máquina perforadora se encuentra realizando la perforación en la cantera el Negro Africano (Calquipa).	92
Figura 39.	Mecha de Seguridad.	93
Figura 40.	Fulminante N°08.	94
Figura 41.	Detonadores no Eléctricos.	94
Figura 42.	Detonadores no Eléctricos de retardo unidireccional.	95
Figura 43.	Booster.	95
Figura 44.	Apilado de Anfo.	96
Figura 45.	Carguío excavadora de CAT 336 DL, a un volquete de 20m ³ en la cantera el Negro Africano.	97
Figura 46.	Personal de muestreo trabajando en la cantera Negro Africano (Calquipa).	99
Figura 47.	Personal usando solo las manos en el recojo de muestra en la cantera Negro Africano (Calquipa).	99
Figura 48.	Cono de dimensiones pequeñas e irregulares en la cantera Negro Africano (Calquipa).	100
Figura 49.	Diseño de los parámetros de perforación y voladura en la cantera Negro Africano (Calquipa).	103
Figura 50.	Diseño de secuencia de salida en la cantera Negro Africano (Calquipa). 103	
Figura 51.	Altura de banco en la cantera Negro Africano (Calquipa).	104
Figura 52.	Curva de distribución de fragmentación del proyecto de la cantera Negro Africano (Calquipa).	105
Figura 53.	En la imagen se observa el tamaño de fragmentos de roca que son muy pequeños en la cantera Negro Africano (Calquipa), presencia de finos mayor al 7%.	106
Figura 54.	Curva de distribución de fragmentación del proyecto de la cantera Negro	



	Africano (Calquiipa).....	106
Figura 55.	Se observa los bolones después de la fragmentación post voladura en la cantera Negro Africano (Calquiipa).	109
Figura 56.	Tabla de ingreso cal vs RM en la cantera Negro Africano (Calquiipa). ...	110
Figura 57.	Altura de cono inadecuado generada post perforación en la cantera Negro Africano (Calquiipa).....	111
Figura 58.	Conos irregulares y de dimensiones pequeñas en toda la malla en la cantera Negro Africano (Calquiipa).	111
Figura 59.	Inserciones con auger en la cantera Negro Africano (Calquiipa).	112
Figura 60.	Protocolo de inserciones con auger en la cantera Negro Africano (Calquiipa).	113
Figura 61.	Inserción triangular con auger en la cantera Negro Africano (Calquiipa). ..	114
Figura 62.	Ley de caliza programada vs ley de corte oficial	115
Figura 63.	Ley de caliza programada vs ley de corte oficial.	117
Figura 64.	Ley de caliza programada vs ley de corte oficial.	118
Figura 65.	Ley de caliza programada vs ley de corte oficial.	120
Figura 66.	Ley de caliza programada vs ley de corte oficial.	121
Figura 67.	Ley de caliza programada vs ley de corte oficial.	122
Figura 68.	Plano de ubicación de proyecto 4840-037 de la cantera Negro Africano (Calquiipa).	123
Figura 69.	Diseño de los parámetros del proyecto 4840-037 la cantera Negro Africano (Calquiipa).	124
Figura 70.	Secuencia de salida de la malla del proyecto 4840-037 en la cantera Negro Africano (Calquiipa).....	125
Figura 71.	Distribución de energía de los taladros del proyecto 4048-037 de la cantera Negro Africano (Calquiipa).	126
Figura 72.	Curva de distribución de fragmentación del proyecto 4840-037 de la cantera Negro Africano (Calquiipa).	126
Figura 73.	Resultados post voladura del proyecto 4840-037 la cantera Negro Africano (Calquiipa).	127
Figura 74.	Plano de ubicación de proyecto 4840-038 de la cantera Negro Africano (Calquiipa).	128
Figura 75.	Diseño de los parámetros del proyecto 4840-038 la cantera Negro Africano	



	(Calquipa).....	129
Figura 76.	Secuencia de salida de la malla del proyecto 4840-038 en la cantera Negro Africano (Calquipa).....	130
Figura 77.	Distribución de energía de los taladros del proyecto 4048-037 de la cantera Negro Africano (Calquipa).....	131
Figura 78.	Curva de distribución de fragmentación del proyecto 4840-037 de la cantera Negro Africano (Calquipa).....	131
Figura 79.	Resultados post voladura del proyecto 4840-038 la cantera Negro Africano (Calquipa).....	132
Figura 80.	Plano de ubicación de proyecto 4840-037 de la cantera Negro Africano (Calquipa).....	133
Figura 81.	Diseño de los parámetros del proyecto 4840-044 la cantera Negro Africano (Calquipa).....	134
Figura 82.	Secuencia de salida de la malla del proyecto 4840-044 en la cantera Negro Africano (Calquipa).....	135
Figura 83.	Distribución de energía de los taladros del proyecto 4048-044 de la cantera Negro Africano (Calquipa).....	136
Figura 84.	Curva de distribución de fragmentación del proyecto 4840-0344 de la cantera Negro Africano (Calquipa).....	136
Figura 85.	Resultados post voladura del proyecto 4840-044 la cantera Negro Africano (Calquipa).....	137
Figura 86.	Plano de ubicación de proyecto 4850-012 de la cantera Negro Africano (Calquipa).....	138
Figura 87.	Diseño de los parámetros del proyecto 4850-012 la cantera Negro Africano (Calquipa).....	139
Figura 88.	Secuencia de salida de la malla del proyecto 4850-012 en la cantera Negro Africano (Calquipa).....	140
Figura 89.	Distribución de energía de los taladros del proyecto 4050-012 de la cantera Negro Africano (Calquipa).....	141
Figura 90.	Curva de distribución de fragmentación del proyecto 4850-012 de la cantera Negro Africano (Calquipa).....	141
Figura 91.	Resultados post voladura del proyecto 4850-012 la cantera Negro Africano (Calquipa).....	142



Figura 92.	Plano de ubicación de proyecto 4850-014 de la cantera Negro Africano (Calquipa).....	143
Figura 93.	Diseño de los parámetros del proyecto 4850-014 la cantera Negro Africano (Calquipa).....	144
Figura 94.	Secuencia de salida de la malla del proyecto 4850-014 en la cantera Negro Africano (Calquipa).....	145
Figura 95.	Distribución de energía de los taladros del proyecto 4050-014 de la cantera Negro Africano (Calquipa).....	146
Figura 96.	Curva de distribución de fragmentación del proyecto 4850-014 de la cantera Negro Africano (Calquipa).....	146
Figura 97.	Resultados post voladura del proyecto 4850-014 la cantera Negro Africano (Calquipa).....	147
Figura 98.	Tabla de ingreso de Cal vs RM de mejora en la cantera Negro Africano (Calquipa).....	149
Figura 99.	Grafico del comparativo del antes y después de la mejora en la cantera Negro Africano (Calquipa).....	150



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Tipo de Colección de Muestras según área de mineral o desmonte.	50
Tabla 3.	Límites de Detección para los diferentes elementos a analizar.	56
Tabla 4.	Operacionalización de la variable independiente.	78
Tabla 5.	Acceso a la cantera Calquipa – CALIDRA S.A.C,	79
Tabla 6.	Plan de minado 2021 de la cantera el Negro Africano Calquipa.....	90
Tabla 7.	Parámetros de Perforación.	102
Tabla 8.	Parámetros de Voladura.....	102
Tabla 9.	Tabla de tamaño y porcentaje de pasante de la fragmentación de rocas. ...	105
Tabla 10.	Tabla de tamaño y porcentaje de pasante de la fragmentación de rocas. .	107
Tabla 11.	Flujo de caja operativo de línea base.....	109
Tabla 12.	Producción del mes programado.....	114
Tabla 13.	Producción del mes oficial.....	115
Tabla 14.	Producción del mes programado.....	116
Tabla 15.	Producción del mes oficial.....	116
Tabla 16.	Producción del mes programado.....	117
Tabla 17.	Producción del mes oficial.....	117
Tabla 18.	Producción del mes programado.....	119
Tabla 19.	Producción del mes oficial.....	119
Tabla 20.	Producción del mes programado.....	120
Tabla 21.	Producción del mes oficial.....	120
Tabla 22.	Producción del mes programado.....	121
Tabla 23.	Producción del mes oficial.....	122
Tabla 24.	Tabla de parámetros de la nueva malla Proyecto 4840-037.	124



Tabla 25.	Tabla de parámetros de la nueva malla.....	125
Tabla 26.	Tabla de resumen del performance del proyecto 4840-037.....	125
Tabla 27.	Tabla de tamaño y porcentaje de pasante de la fragmentación de rocas. .	127
Tabla 28.	Tabla de parámetros de la nueva malla Proyecto 4840-037.	129
Tabla 29.	Tabla de parámetros de la nueva malla.....	130
Tabla 30.	Tabla de resumen del performance del proyecto 4840-037.....	130
Tabla 31.	Tabla de tamaño y porcentaje de pasante de la fragmentación de rocas. .	132
Tabla 32.	Tabla de parámetros de la nueva malla Proyecto 4840-044.	134
Tabla 33.	Tabla de parámetros de la nueva malla.....	135
Tabla 34.	Tabla de resumen del performance del proyecto 4840-037.....	135
Tabla 35.	Tabla de tamaño y porcentaje de pasante de la fragmentación de rocas. .	137
Tabla 36.	Tabla de parámetros de la nueva malla Proyecto 4850-012.	139
Tabla 37.	Tabla de parámetros de la nueva malla.....	140
Tabla 38.	Tabla de resumen del performance del proyecto 4850-012.....	140
Tabla 39.	Tabla de tamaño y porcentaje de pasante de la fragmentación de rocas. .	142
Tabla 40.	Tabla de parámetros de la nueva malla Proyecto 4850-014.	144
Tabla 41.	Tabla de parámetros de la nueva malla.....	145
Tabla 42.	Tabla de resumen del performance del proyecto 4850-014.....	145
Tabla 43.	Tabla de tamaño y porcentaje de pasante de la fragmentación de rocas. .	147
Tabla 44.	Flujo de caja de mejora.....	148
Tabla 45.	Tabla comparativa del antes y después de la mejora.	149



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

B: Burden

E: Espaciamiento

D: Diámetro de taladro

m: Metro

m²: Metro cuadrado

m³: Metro cubico

mm: Milímetros

kg: Kilogramos

Lb: Libra

QA/QC: Quality Assurance/Quality Control (aseguramiento y control de calidad)

Lc: Longitud de carga

SP: Sobre Perforación

Hb: Altura de banco

L: Longitud del taladro

Lc: Longitud de Carga

T: Taco

FC: Factor de Carga

TM/día: Toneladas Métricas Día

(CaCO₃): Carbonato de Calcio

CO₂: Dióxido de carbono

[Ca(HCO₃)₂]: Bicarbonato de calcio

(CaO): Oxido de calcio

NV: Nivel

Size: Tamaño

Distribution: Distribución

Percent: Por ciento

Passing: Paso

Weight: Peso

Finer: Fino

US\$/TM: Dólares por tonelada métrica



RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la cantera Calquipa – Calidra SAC, en el distrito de Callalli, provincia de Caylloma, región de Arequipa, a una altura de 3,960 m.s.n.m., se encuentra una cantera no metálica en la que se explota roca caliza en bancos de 5 m para obtener óxido de calcio en hornos verticales tipo Maerz, se detectó falencias en el proceso de ore control, donde se tuvo una dilución del mineral que afectó la rentabilidad operativa mensual de la cantera. Dichas falencias son consecuencias de un mal muestreo del detrito de mineral en taladros de producción de 3” de diámetro, en los cuales no se tiene conos de detritos significativos, y esto no se representa como debe ser el polígono de mineral. Asimismo, se tiene una mala secuencia de voladura que provoca una inadecuada pila de mineral para excavadoras, por lo cual, genera una dilución del mineral por la sobrerotura de los contactos geológicos (mineral – desmonte), así también por la generación de finos que excede el 7% del material fragmentado, lo cual se considera como dilución ya que afecta la recuperación del óxido de calcio. Por este motivo, el objetivo de esta investigación fue reducir la dilución del mineral en el proceso de minado. Para ello esta investigación fue de tipo explicativo – aplicativo con un diseño cuantitativo - descriptivo, en el que primero, se mejoró el proceso de muestreo de los detritos de la roca caliza muestreo sistemático por kilos, donde se hizo el aumento del diámetro del taladro de 3.5 a 5 pulgadas, por ende, se aumentó el cono de perforación de 30 cm a 90 cm de altura, con inserciones triangulares de entre 15 a 20 cm en promedio, haciendo factible la aplicación del método, y representando mejor el polígono de explotación. Segundo, se diseñó y simuló una mejor secuencia de salida del mineral utilizando el software JKSimblast, donde se aplicó una malla cuadrada de B=4m, E=4m, D=5”, L=10m y SP=0.5m, el cual nos permitió una mejora en los resultados de voladura, ya que realizando el análisis post voladura con el Software Split Desktop, el promedio de finos de los 5 proyectos analizados fue de 2.958%, consecuentemente, esto redujo la dilución del mineral. Finalmente, se obtuvo una mejora en la rentabilidad mensual de la cantera Calquipa de 5.3 MUS\$ a 5.8 MUS\$ en promedio, es decir, el 9.08% de los meses evaluados.

Palabras clave: Cantera de caliza, control geológico, dilución del mineral, muestreo geológico, rentabilidad operativa.



ABSTRACT

The present research work was carried out in the Calquipa - Calidra SAC quarry, in the Callalli district, Caylloma province, Arequipa region, at a height of 3,960 m.s.n. m., a non-metallic quarry in which limestone rock is mined in 5 m banks to obtain calcium oxide in vertical Maerz furnaces, shortcomings were detected in the ore control process, where there was a dilution of the mineral that affected the quarry's monthly operating profitability. These shortcomings are consequences of poor sampling of mineral in 3" diameter production drills, in which there are no significant detritus cones, and this does not represent the mineral polygon. Likewise, there is a bad blasting sequence that causes an inadequate pile of ore for excavators, without consequently generating a dilution of the mineral due to the overbreak of the geological contacts (mineral - waste), as well as the generation of fine material that exceeds 7% of the total fragmented material, which is considered as dilution because it affects the recovery of calcium oxide. For this reason, the objective of this research was to reduce the dilution of the limestone rock mineral in the mining process. For this, this research was of an explanatory - applicative type with a quantitative - descriptive design, in which first, the process of sampling the limestone detritus was improved, systematic sampling by kilos, where the diameter of the hole was increased by 3.5 to 5 inches, therefore, the drilling cone was increased from 30cm to 90cm in height, with triangular inserts between 15 and 20cm on average, making the application of the method feasible, and better representing the exploitation polygon. Second, a better mineral exit sequence was designed and simulated using the JKSimblast software, where a square mesh of $B = 4m$, $E = 4m$, $D = 5''$, $L = 10m$ and $SP = 0.5m$ was applied, which allowed us to improve the blasting results, since by performing the post blast analysis with the Split Desktop Software, the average fines of the 5 projects analyzed was 2,958%, consequently, this reduced the dilution of the limestone rock mineral. Finally, an improvement was obtained in the monthly profitability of the Calquipa quarry from 5.3 MUS \$ to 5.8 MUS \$ on average, that is, 9.08% of the evaluated months.

Keywords: Limestone quarry, geological control, mineral dilution, geological sampling, operating profitability.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:

De la cantera Calquipa, se extrae roca caliza de la formación Arcurquina fuertemente plegadas de color oscuro en estratos de espesor de 20 a 50 cm y en bancos de caliza con laminación paralela y con presencia de nódulos de chert y agregados de calcedonia y calcita. El objetivo es producir cal (óxido de calcio) con una pureza mínima de 85% en hornos verticales tipo Maerz y una producción 800 tpd. La extracción de la roca caliza para la posterior obtención de cal, se realiza de la cantera Calquipa, la cual parte de la concepción de un modelo de recursos a largo plazo modelada en base a sondajes diamantinos. Este modelo de leyes posee dos desventajas, la primera: una asunción o inferencia del mineral que debe ser verificado con el ore control; y la segunda: un encape alto para el acceso a la roca caliza mena.

Al realizarse el diseño de los polígonos de mineral y desmonte por parte de planeamiento, se ha podido medir desfase de 20% promedio entre el modelo de recursos a largo plazo con el terreno actual de explotación; es decir, el diseño de los polígonos que se trazan en base a un modelo de bloques, se desfasa en un 20% con la ubicación real del mineral. Esto, en consecuencia, genera una presión alta sobre el proceso de control geológico (ore control) para un correcto minado del mineral, ya que se ha tenido una fuerte dilución del mineral por un mal muestreo del detritus de la caliza, así como también, se ha detectado una fuerte dilución por parte de voladura, al extender demasiado la pila de mineral para el carguío con excavadoras. Esta secuencia de voladura hace que el mineral se diluya con los contactos de desmonte.



El proceso sistemático del ore control es una parte fundamental del planeamiento acorto plazo y por ende para el aprovechamiento correcto del yacimiento de mineral por parte de la mina. Ya que procesar una tonelada de desmonte, es mucho más oneroso que procesar una tonelada de mineral. Así mismo, el ore control es el nexo entre el mineral planeado para extraer y el mineral realmente extraído. Lo cual repercute directamente en la rentabilidad de una mina. Es así, que también el proceso de ore control es importante en la cantera Calquipa, ya que a pesar de existir un proceso definido para el control geológico de la roca caliza esta presenta deficiencias, en especial en el proceso de muestreo y también en la voladura de los polígonos de mineral – desmonte por una mala ejecución de la secuencia de voladura. Ambas falencias deben de corregirse para mejorar la performance del ore control en la cantera Calquipa.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:

1.2.1. Problema general.

¿Es posible reducir la dilución operacional del mineral de roca caliza al mejorar el proceso de ore control en la cantera Calquipa?

1.2.2. Problemas específicos.

- ¿Cómo se puede mejorar el proceso de muestreo de detritos de caliza en la cantera Calquipa?
- ¿Qué secuencia de voladura se debe aplicar para evitar una sobrerotura y minimizar la ocurrencia de material fino de roca caliza en la cantera Calquipa?
- ¿Cuánto será el incremento de la rentabilidad de operativa mensual de la cantera Calquipa al reducirse la dilución operacional del mineral?



1.3. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS:

1.3.1. Hipótesis general.

La reducción de la dilución del mineral se reduce al hacer un mejor ore control en el proceso de extracción de la roca caliza de la cantera Calquipa.

1.3.2. Hipótesis específicas.

- Un control de calidad QA/QC en el muestreo del detrito de caliza minimiza la dilución del mineral por error de muestreo, pues delimita mejor un polígono de mineral a minarse en la cantera Calquipa.
- Utilizando los softwares, JKSimblast para diseñar la voladura y el software Split Desktop para medir la fragmentación post voladura, se controla la sobrerotura y el exceso de material fino de roca caliza en la cantera Calquipa.
- Al reducirse la dilución operacional del mineral se aumenta la rentabilidad operativa mensual en la cantera Calquipa.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN:

1.4.1. Objetivo general.

Reducir la dilución del mineral de roca caliza extraído de la cantera calquipa mejorando el proceso de ore control.

1.4.2. Objetivos específicos.

- Minimizar la dilución del mineral por error de muestreo implementando el control de calidad QA/QC en el muestreo de detritos de caliza de la cantera Calquipa.
- Controlar la sobrerotura y el exceso de material fino del mineral de roca caliza en la cantera Calquipa utilizando los softwares JKSimblast y el Split Desktop.
- Aumentar la rentabilidad operativa mensual de la cantera Calquipa reduciendo la



dilución operacional del mineral de roca caliza.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:

La rentabilidad operativa mensual se ha visto afectado por la baja recuperación del óxido de calcio en los hornos verticales tipo Maerz debido a una dilución del mineral de la roca caliza. Esta dilución mineral de la roca caliza, perjudica, no solo calidad del mineral económico, pues se ha presentado varios problemas en la obtención de un óxido de calcio con un 85% de pureza como mínimo; sino que también afecta la cantidad de mineral fino a recuperarse en TM/día y TM/mes, por lo que muchas veces no se cumple el tonelaje mensual programado de óxido de calcio.

Por esta razón, este estudio será importante para mejorar la calidad del mineral de roca caliza e incrementar o mantener en equilibrio el stock de mineral en la cantera Calquipa. Y para lograrlo, es necesario mejorar el proceso de ore control actual, en especial en el muestreo de detritos de caliza, así como en el proceso de voladura; actividades que están provocando una baja recuperación del mineral.

1.6. LIMITACIONES DEL ESTUDIO:

Las limitaciones de este estudio básicamente son:

- La empresa no tiene el deseo de invertir en nuevas tecnologías, por lo que la innovación es difícil de realizar. En ese sentido, este estudio, se hizo de forma individual con el apoyo de algunos ingenieros de la cantera misma.
- El personal ha requerido de capacitación, y esto es paulatino, por lo que existen muchos errores de ejecución en la operación.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN:

Se tienen los siguientes antecedentes para esta investigación:

Bobadilla (2020): Menciona en su trabajo, que lleva de título “Optimización del Proceso de Ore Control Mediante Técnicas Metodológicas de Muestreo en Blastholes para El Plan de Minado de Corto Plazo en Mina Toquepala SPCC.”, tuvo por objetivo optimizar el proceso de ore control mediante técnicas metodológicas de muestreo en blastholes para definir el plan de minado de corto plazo en Mina Toquepala. Esta investigación fue tecnológica de diseño experimental; en el cual se validó varios de los procesos del ore control, en especial la metodología del muestreo de los blastholes con un equipo auger con 34 cm de alcance y una inclinación de 60° a 70°; así como también la reconciliación del modelo de leyes de largo plazo con el modelo de leyes a corto plazo para de esta manera enviar un correcto tonelaje de mineral con una determinada ley. En este estudio se concluye que: se logra cumplir con el mineral programado de 60ktpd y superando la ley target de planta de 0.65% CuT, teniéndose beneficios operativos mensuales de 3.2 MUS\$ en planta de recuperación de sulfuros y 8.5 MUS\$ para la lixiviación del mineral en los PADS. Referido a la presente investigación, existe una analogía en aumentar la rentabilidad operativa reduciéndose la dilución del mineral mitigándose la dilución por error de muestreo.

Iquiapaza (2018): Indica en su trabajo, que lleva de título “Replanteo de Polígonos de Extracción para Optimizar el Proceso de Minado en Mina Toquepala”, tuvo por objetivo optimizar el proceso de minado en mina Toquepala – Southern Perú, mediante el replanteo de polígonos de extracción. Esta investigación fue de tipo aplicativo de diseño



experimental; en el cual se determinó que existía una dilución del mineral por un inadecuado control del mineral, esto ocasionaba que en la mina Toquepala no se cumpliera con las metas operacionales de producción de mineral ni en cantidad y la calidad fijada. En este estudio se concluye que: se logró mejorar la operatividad de cada pala pues teniéndose fijados para cada material, se eliminó en un 15% la dilución de la ley cobre obteniéndose así leyes mayores fijados en las metas productivas mensual, así mismo se cumplió con el tonelaje programado de 60,000 TM de mineral, 230,000 TM de lixiviable y 310,000 de desmonte. Lo que no se hizo en esta investigación es un balance del costo y beneficio, pues no se determina el costo adicional por materiales, equipos y personal para realizar el replanteo de polígonos; ni tampoco el beneficio total de una mejora en la calidad y cantidad de mineral extraído. Referido a la presente investigación, que la dilución en carguío del mineral es una consecuencia de una buena pila del mineral producto de un buen disparo de voladura, así también un error en el muestreo te va producir dilución del mineral pues el replanteo se basa en el muestreo de los detritos.

Rivas (2018): Menciona en su trabajo, que lleva de título “Control Geológico en la Dilución Mineral”, tuvo por objetivo Determinar la relevancia del control geológico en la Dilución Mineral. Esta investigación fue descriptiva de diseño tipo experimental; en el que se describe los dos grandes tipos de dilución: la planificada y la operacional; los cuales a su vez se subdividen en varios tipos de dilución. En este estudio se concluye que: el ore control logro reducir en un 10% la dilución del mineral y esto se debe a una exitosa aplicación de la metodología QA/QC, el cual asegura un control de la calidad del mineral dividiendo el ore control en una serie de pasos que permite identificar y gestionar mejor la dilución planificada y operacional. Referido a la presente investigación, se puede comentar que la cantera Calquipa tiene una fuerte dilución planificada ya que los 28 sondajes diamantinos no representan como tal al yacimiento de roca caliza, por lo cual



este estudio se centrara en la dilución operacional.

De Nicola (2015): Indica en su trabajo, que lleva de título “Dilución Operacional en Mina El Soldado”, tuvo por objetivo desarrollar una metodología de análisis que permita establecer qué se entiende por dilución mineral y en qué puntos operacionales puede darse tal condición. Esta investigación fue de diseño experimental; en el que se detalla como en la Mina El Soldado por un atraso en la remoción del desmonte, se necesita mejor la recuperación del mineral extraído del tajo. Para ello, se identifican los diversos tipos de dilución que se incurren dentro de la operación de modo que se pueda mitigar esta dilución del mineral. En este estudio se concluye que: existen diversos tipos de dilución del mineral que inicia con la concepción del diseño del proyecto o de la mina y va hasta la operación misma en el tajo, tales como la dilución em voladura, por error de muestreo, por el carguío del mineral, etc. Referido a la presente investigación, se puede tener una analogía acerca de la dilución del mineral por error en el muestreo y que no se considera la fragmentación excesiva de finos como una dilución, sin embargo, en la explotación de la caliza, el material fino en exceso genera una dilución del mineral pues baja la recuperación del óxido de calcio.

Cabrera (2012): Indica en el presente informe de suficiencia titulado “Control Geológico del Mineral en Producción - Compañía Minera Antamina” describe de forma detallada todo el proceso del control geológico (ore control) en el tajo Antamina, desde el proceso de muestreo por agarrado sistemático hasta el replanteo de los polígonos en el tajo. Reconociendo todo el proceso del ore control, se pudo identificar las falencias del proceso y de esta manera incorporar las mejoras correspondientes. Estas falencias se ubicaron en el proceso de muestreo, el cual iniciaba con la ubicación de los taladros de producción en el plano del polígono o proyecto de perforación y de los cuales no se hacía un correcto muestreo, cambiándose los protocolos para mineral, todos los taladros, y para



desmonte, un taladro sí y otro no. En este estudio se concluye que: para el levantamiento de las muestras se cambió el equipo de muestreo del cilindro (clásico) por un auger de 20 cm para una correcta representación de detritos del taladro. Otra mejora incorporada, fue el control post voladura, midiéndose los factores que contribuían a la dilución del mineral y realizándose un correcto replanteo de los polígonos desde la actualización del modelo de recursos de corto plazo en el Dispatch hasta la señalización en campo con banderas de color y cintas que guiaban el proceso de carguío por las palas – operadores. Referido a la presente investigación, de igual manera se busca corregir el error de muestreo que produce la dilución del mineral de roca caliza, así también corregir el diseño de voladura para obtener una adecuada fragmentación de la roca y sin sobreroturas.

2.2. MARCO TEÓRICO:

2.2.1. La roca caliza.

Según (Guerrero, 2001): Indica en su trabajo, las calizas son rocas sedimentarias de origen fundamental químico u organógeno, formadas al menos por un 50% de carbonato cálcico. Las de origen bioquímico se forman por la acción de los seres vivos. Estos fijan el calcio disuelto en el agua y lo utilizan para construir sus esqueletos en forma de calcita o aragonito, cuando estos mueren, sus esqueletos transmutan en calizas formadas por calcita, siempre el aragonito es inestable y se transforma en calcita, también como una consecuencia indirecta del metabolismo de los seres vivos, se depositan calizas en los fondos marinos.

La caliza es una roca calcárea estratificada compuesta principalmente de mineral calcita (CaCO_3) con porcentajes variables de impurezas. Cuando la caliza ha estado a la intemperie y a fuertes acciones de la lluvia se le conoce como caliza kárstica. Una caliza que contenga entre 30% y 45% de carbonato de magnesio se clasifica como dolomítica y está compuesta principalmente por el mineral dolomita. Así mismo, la coloración de las



calizas puede variar entre blanca, roja, parda hasta gris o negra dependiendo de las impurezas que contenga.

2.2.2. Tipos de roca caliza por su origen.

En la naturaleza existe una gran variedad de tipos de rocas calizas: tales como biohémicas que son formadas por la acumulación de esqueletos de organismos acuáticos formadores de arrecifes; las Biostrómicicas son parecidas a las anteriores (tienen el mismo origen) pero ocupan áreas más amplias y aparecen en estratos de espesor variable separados por capas de arcilla; las Bituminosas son calizas de color negro ricos en compuestos orgánicos tales como el queroseno y asfaltos que por destilación, se pueden extraer y utilizar como combustible; los de crinoides son calizas con dolomitas aunque la cantidad de calcita representa siempre más del 50% del total (si no sería una dolomía); calizas fétidas que contienen un cierto porcentaje de azufre reducido de tal forma que al golpearlas despiden un desagradable olor a huevos podridos; litográficas rocas de grano fino y colores claros, formadas a partir de restos de organismos marinos microscópicos llamados foraminíferos y ciertas algas, por lo que también se denominan calizas pelágicas. El nombre de litográficas hace referencia a que, debido a la finura del grano, se puede utilizar y se utilizaron para escribir sobre ellas por la misma razón son un excelente material fosilífero que permite la conservación de los organismos más delicados.; las Oolíticas son calizas que contienen nódulos esféricos (oolitos), producida por la aglutinación de fango calcáreo alrededor de un núcleo; las pisolíticas formadas a partir de restos de algas dispuestas en masas esféricas de pequeño tamaño.(Guerrero, 2001).

Por otra parte (Alca y Murillo, 2017), los tipos de rocas de caliza son:

Origen Hídrico; el carbonato de calcio (CaCO_3) se disuelve con mucha facilidad en aguas que contienen dióxido de carbono (CO_2) gaseoso disuelto, debido a que



reacciona con el agua para formar bicarbonato de calcio $[Ca(HCO_3)_2]$, compuesto intermedio de alta solubilidad. Sin embargo, en entornos en el que el CO_2 disuelto se libera bruscamente a la atmósfera, se produce la reacción inversa aumentando la concentración de carbonato de calcio (véase ley de acción de masas), cuyo exceso sobre el nivel de saturación precipita.

Esa liberación de CO_2 se produce, fundamentalmente, en dos tipos de entornos: en el litoral, cuando llegan a la superficie aguas cargadas de CO_2 y sobre los continentes, cuando las aguas subterráneas alcanzan la superficie. Este es el proceso fundamental de formación de grutas y cuevas con presencia de estalactitas y estalagmitas en muchas regiones calcáreas con piedras calizas denominadas también karsts, carsts o carsos. Estas últimas denominaciones de las regiones calcáreas provienen del nombre de la región eslovena de Carso, rica en estos minerales y paisajes.

Origen biológico; numerosos organismos utilizan el carbonato de calcio para construir su esqueleto mineral, debido a que se trata de un compuesto abundante y muchas veces casi a saturación en las aguas superficiales de los océanos y lagos (siendo, por ello, relativamente fácil inducir su precipitación). Tras la muerte de esos organismos, se produce en muchos entornos la acumulación de esos restos minerales en cantidades tales que llegan a constituir sedimentos que son el origen de la gran mayoría de las calizas existentes.

2.2.3. Definición, composición y derivados.

La caliza es una roca compuesta por lo menos del 50% de carbonato de calcio ($CaCO_3$), con porcentajes variables de impurezas, en su interpretación más amplia, el término incluye cualquier material calcáreo que contenga carbonato de calcio como mármol, creta, travertino, coral y marga. Cada uno de los cuales poseen propiedades físicas distintas, sin embargo, generalmente se considera que la caliza es una roca calcárea



estratificada compuesta principalmente de mineral calcita, que por calcinación da la cal viva. (Guerrero ,2001).

Según (Coordinacion General de Minería de Mexico,2013), por su importancia comercial, los principales derivados de las calizas son:

CAL; es el producto que se obtiene calcinando la piedra caliza por debajo de la temperatura de descomposición del óxido de calcio. En ese estado se denomina cal viva (óxido de calcio) y si se apaga sometiéndola al tratamiento de agua, se le llama cal apagada (hidróxido de calcio).

Cal Viva; material obtenido de la calcinación de la caliza que, al desprender anhídrido carbónico, se transforma en óxido de calcio. La cal viva debe ser capaz de combinarse con el agua, para transformarse de óxido a hidróxido y una vez apagada (hidratada), se aplique en la construcción, principalmente en la elaboración del mortero de albañilería. Cal hidratada; se conoce con el nombre comercial de cal hidratada a la especie química de hidróxido de calcio, la cual es una base fuerte formada por el metal calcio unido a dos grupos hidróxidos. El óxido de calcio al combinarse con el agua se transforma en hidróxido de calcio.

Cal hidráulica; Cal compuesta principalmente de hidróxido de calcio, sílica(SiO_2) y alúmina Al_2O_3) o mezclas sintéticas de composición similar. Tiene la propiedad de fraguar y endurecer incluso debajo del agua.

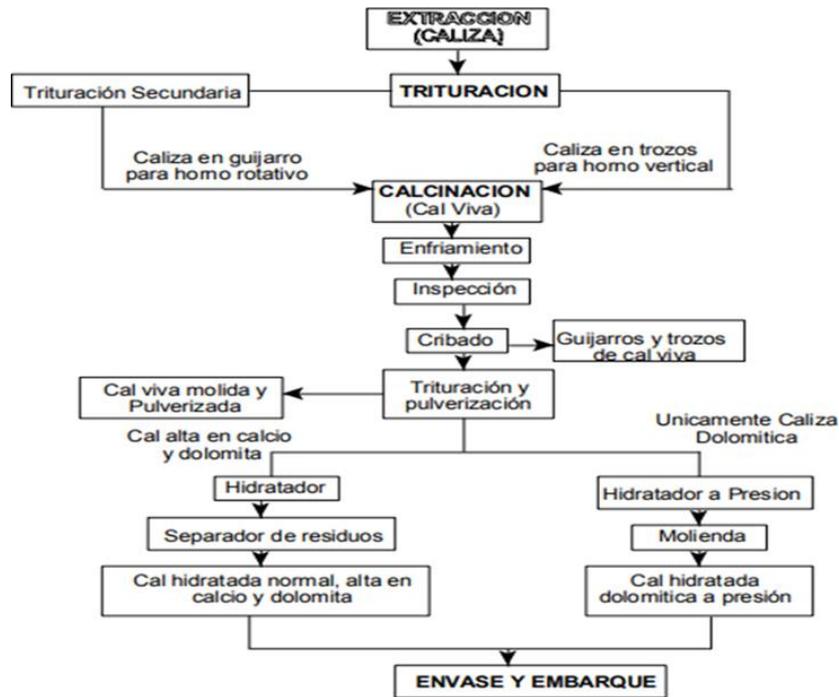


Figura 1. *Proceso para la obtención de cal viva.*

Fuente: (Alca y Murillo, 2017).

Carbonato de calcio; es un producto que está constituido químicamente por CaCO_3 , el cual se extrae de rocas calizas.

Molido; el carbonato de calcio molido es el compuesto químico de fórmula CaCO_3 , obtenido por la molienda de la roca caliza.

Precipitado; el carbonato de calcio precipitado es el compuesto químico de fórmula CaCO_3 , obtenido por la precipitación del calcio en forma de carbonato. Tiene menos impurezas, más brillo y morfología controlada, es usado como relleno y extensor en plástico, pintura, papel y adhesivos; así como en productos para aplicación en alimentos y farmacéutica. Otras aplicaciones en que puede usarse son en recubrimientos.

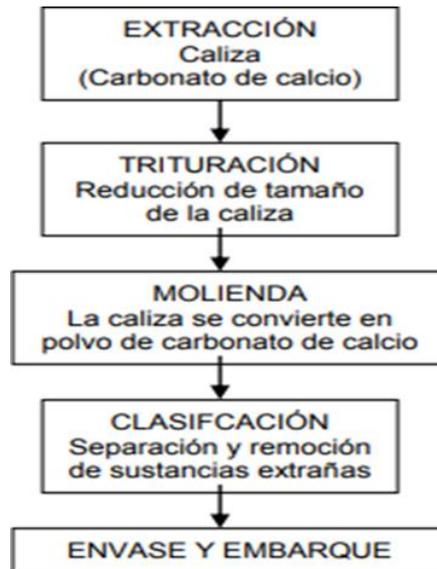


Figura 2. *Proceso para la obtención de carbonato de calcio.*

Fuente: (Alca y Murillo, 2017).

Cemento; es un material aglutinante con finura similar al talco que tiene a la caliza como materia prima base, formado por diversos cristales y vidrios que al mezclarse con el agua producen una jalea de hidrosilicatos de calcio, excelente pegadura de capas de unir fragmentos pétreos para formar un conglomerado moldeable, durable, resistente e impermeable a voluntad, adaptable a diversos usos.

Tipo I Cemento de “tipo general”, calificado para un amplio rango de usos, principalmente para la construcción.

Tipo II Cemento calificado para la construcción de concreto en general, el cual requiere moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación.

Tipo III Cemento desarrollado principalmente para usos de resistencia elevada.

Tipo IV Cemento desarrollado para usos en los que el bajo calor de hidratación es deseado en forma particular.

Tipo V Cemento desarrollado para usos que requieren alta resistencia a los sulfatos.

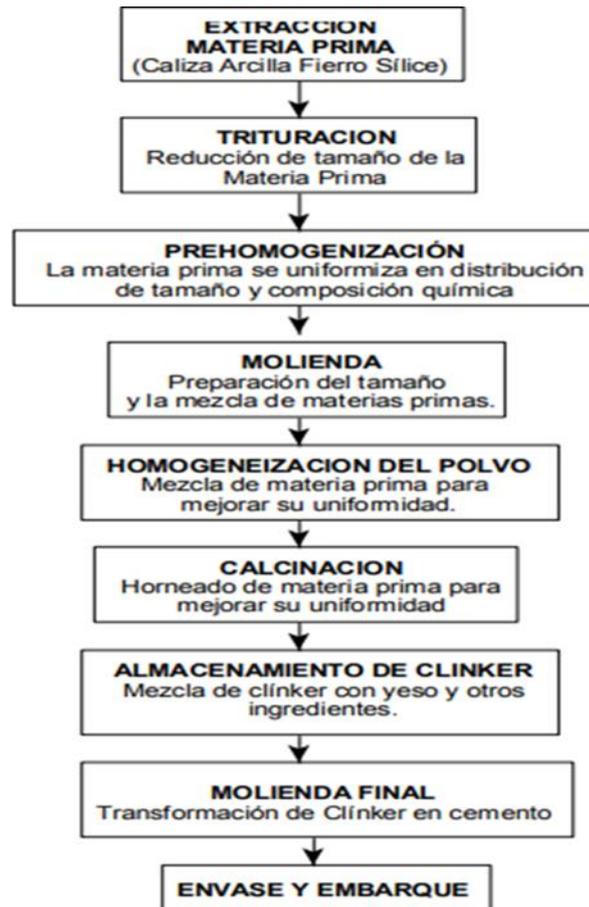


Figura 3. *Proceso para la obtención de carbonato de cemento.*

Fuente: (Alca y Murillo, 2017)

2.2.4. Contaminantes en la roca caliza: el óxido de silicio.

El óxido de silicio (IV) o dióxido de silicio (SiO_2) es un compuesto de silicio y oxígeno, llamado comúnmente sílice. Este compuesto ordenado espacialmente en una red tridimensional (cristalizado) forma el cuarzo y todas sus variedades. Si se encuentra en estado amorfo constituye el ópalo, que suele incluir un porcentaje elevado de agua, y el sílex. Es uno de los componentes de la arena.

Sílice es el nombre dado a un grupo de minerales compuestos de silicio y oxígeno, los dos elementos más abundantes en la corteza terrestre. La forma más frecuente de presentación es en forma cristalina, y más raramente en estado amorfo.

La forma de sílice cristalina se presenta principalmente en cuatro formas: cuarzo,



cristobalita, tridimita y trípoli, siendo la primera la más abundante.

La otra forma de presentación, sílice amorfa, se presenta principalmente en forma de tierra de diatomeas. Se encuentran como un componente común de las rocas y la tierra y se producen en algunas operaciones industriales (procesos de fundición y fabricación de ladrillos, cerámica, porcelana, cristales), por lo que muchos trabajadores están potencialmente expuestos (especialmente en canteras y trabajos subterráneos). (Alca y Murillo, 2017).

2.2.5. El óxido de calcio.

El óxido de calcio (CaO) es un producto químico natural que se obtiene de la rocaliza, cuando es sometida a altas temperaturas hasta obtener cal viva; en esta fase tiene lugar la transformación del carbonato de calcio a óxido de calcio: de ser carbonato a óxido debido al desprendimiento del dióxido de carbono, contenido en la piedra. (Alca y Murillo, 2017).

2.2.6. Aplicación y usos del óxido de calcio.

2.2.6.1. Industria.

Según (Alca y Murillo, 2017), las aplicaciones y usos del óxido de calcio son:

- Siderurgia; se utiliza como fundente y escorificarte.
- Metalurgia; se emplea en los procesos de flotación; en la fundición de cobre, plomo y zinc; en la producción de magnesio (se pueden utilizar dos tipos de procesos de fabricación: proceso electrolítico o proceso de reducción térmica, en este último se utiliza cal viva); en la producción de aluminio; y como escorificarte de la sílice evitando la formación de compuestos de aluminio y sílice.
- Química; se emplea en la producción de jabón, en la fabricación del caucho y de carburo cálcico, en la industria petrolífera, en la industria del



papel y en cosmética.

- Alimentaria; se emplea en la industria azucarera (en concreto en la elaboración del azúcar de remolacha); en ostricultura; en piscicultura; en la industria cervecera, en la industria láctea; en la fabricación de colas y gelatinas, en el tratamiento del trigo y del maíz; en la industria vinícola y en la conservación de alimentos en contenedores de alimentos “autocalentables”, en la nixtamalización del maíz para obtener masa de maíz nixtamalizada para hacer tortillas mexicanas y todos los derivados de ella.
- Vidrio; su utilización proporciona vidrios más brillantes y con mejor color. La fusión es más rápida, lo cual supone un ahorro económico durante el proceso de fabricación del vidrio.
- Curtidos; es una de sus aplicaciones más antiguas. Los baños de lechada de cal permiten la extracción de pelos e hinchamiento de las pieles antes del curtido

2.2.6.2. Construcción.

- Infraestructuras; en estabilización de suelos: para secar suelos húmedos, descongelar los helados y mejorar las propiedades de los suelos arcillosos.
- Edificación; en la fabricación de prefabricados de cal: Hormigón celularo aireado, ladrillos silicocalcáreos y bloques de tierra comprimida.

2.2.6.3. Protección del medio Ambiente.

- Tratamiento de aguas de consumo (potabilización); se emplea para ablandar, purificar, eliminar turbiedad, neutralizar la acidez y eliminar la sílice y otras impurezas con el fin de mejorar la calidad del agua que



consumen las personas.

- Tratamiento de aguas residuales y de lodos; se utiliza, de manera muy habitual, en los tratamientos convencionales químicos de aguas residuales industriales, básicamente, de carácter inorgánico. También se utiliza ampliamente en el tratamiento o línea de lodos en las plantas de depuración de aguas residuales urbanas o en aguas industriales de carácter orgánico.
- Remineralización de agua desalinizada; la adición de cal permite realizar un acondicionamiento del agua desalinizada que puede ir desde un ajuste de pH y reducción de la agresividad, hasta la remineralización de las aguas por el aporte de calcio. La cal es imprescindible para el tratamiento final
- de las aguas procedentes de la desalinización del agua del mar puesto que aporta uno de los compuestos nutricionales básicos - el calcio - y es necesaria para el mantenimiento del equilibrio cal-carbónico, con el fin de evitar incrustaciones o corrosiones.
- Depuración de gases; la cal, dependiendo del proceso, es el desulfurante más rentable y natural que elimina el anhídrido sulfuroso y otros gases ácidos (HCl, HF y NOx) de los humos industriales de incineradoras de residuos sólidos urbanos, de centrales térmicas y de la industria en general.

2.2.6.4. Agricultura.

Los usos en la agricultura son:

- Enmienda; la cal se utiliza como enmienda para mejorar las características de los suelos agrícolas: acidez, porosidad y actividad biológica del suelo.



- Fertilizante; aporta el calcio que es un nutriente para las plantas.
- Compost (Abono); se emplea en la obtención de compost a partir de residuos agrarios, agroindustriales y urbanos.
- Tratamientos fitosanitarios; se utiliza en la preparación de los caldos que llevan cobre para los tratamientos que reciben las plantas con el objetivo de defenderlas de los ataques de hongos, como mildiu de la vid, roña o moteado del peral y manzano, lepra del melocotonero, etc.
- Biosida; se puede utilizar como biosida cuyo fin es destruir, contrarrestar, neutralizar, impedir la acción o ejercer el control de otro tipo, sobre cualquier organismo nocivo por medios químicos o biológicos.
- Alimentación animal; la cal se utiliza como reactivo, por su alta velocidad de reacción, para la elaboración de jabones cálcicos destinados a la fabricación de aditivos y derivados de pienso animal.

Además, la cal se utiliza en suelos ácidos (subiendo su pH y aportando calcio como nutriente), modificando la composición de las praderas, permitiendo que se desarrollen especies leguminosas que presentan mejor digestibilidad para el ganado y mayor contenido proteico. Esta operación en suelos ácidos permitirá que en su composición florística aparezcan una serie de especies, entre ellas la alfalfa, reconocida por la mayor parte de los ganaderos como la reina de las forrajeras.

2.2.7. Minado de la roca caliza.

Según (Asqui, 2019), la caliza es una roca calcárea estratificada compuesta principalmente de mineral calcita (CaCO_3) con porcentajes variables de impurezas. Cuando la caliza ha estado a la intemperie y a fuertes acciones de la lluvia se le conoce como caliza kárstica. Una caliza que contenga entre 30% y 45% de carbonato de magnesio



se clasifica como dolomítica y está compuesta principalmente por la mineral dolomita. Así mismo, la coloración de las calizas puede variar entre blanca, roja, parda hasta gris o negra dependiendo de las impurezas que contenga. Su consistencia puede ser porosa como también masiva.

La extracción de la roca caliza de las canteras es para fabricar cemento y cal viva. El cemento se fabrica por calcinación de la caliza relativamente pura (por lo general de baja pureza) y este es utilizado en la construcción y otras obras civiles. En tanto la cal viva, también se obtiene por calcinación de la caliza de alta pureza a más de 2,000 °C, el cuales utilizado en múltiples procesos químicos en la industria moderna.

2.3. EXTRACCIÓN EN CANTERAS NO METÁLICAS:

Según (Asqui Flores, 2019), canteras es el término genérico para referirse a la extracción de rocas industriales, ornamentales y de materiales de construcción. Todos estos recursos son no metálicos y constituyen, con mucho, el sector más importante en cuanto a número, ya que desde hace mucho tiempo se han minado para extraer y abastecer de materias primas usados en la construcción civil.

El método de explotación utilizada en las canteras suele ser el banqueo con altura de banco de 2 m hasta 10 m de altura, con uno o varios niveles, y situados por lo general a media ladera. Véase la siguiente imagen:



Figura 4. Vista de una cantera de caliza.

Fuente: <https://sanmartin.com/proyectos/cantera-atocongo-pucara/>.

2.3.1. Operaciones unitarias.

Según refiere (Asqui, 2019), el proceso de minado que se realiza en las canteras no metálicas pueden ser tipo simple y de tipo clásico. El proceso clásico de minado dentro de las canteras posee dos variantes: por gravedad y por circuito.

- El minado por gravedad; este tipo de minado prescinde del uso de una flota de equipos de carguío y transporte, utilizando únicamente equipos de carguío. El transporte de material dentro de la cantera se reemplaza por el acopio de mineral en un solo punto ubicado en un nivel inferior. A este punto de acopio se vuelca el mineral de bancos superiores usando la gravedad para luego ser cargado a la chancadora. El punto débil de este método pasa por que la cantera debe estar muy cerca de la planta industrial.
- El minado por circuito; este tipo de minado que generalmente se ve en el minado a tajo abierto, en el que sí se cuenta con una flota de equipos de carguío y transporte para el traslado de mineral y desmonte. La envergadura de este tipo de operaciones es más grande y flexible en comparación al minado por gravedad, asimismo, el grado de selectividad

mejor y sobre todo es no se necesita que la planta industrial este cerca de la cantera.

Las operaciones unitarias de minado en el minado por circuito de las canteras no metálicas están comprendidas por:

- Perforación.

La perforación en las canteras no metálicas es realizada por equipos de percusión neumática, de tipo martillo en cabeza como el track – drill y de tipo martillo en fondo, para los bancos de menor dimensión se usa jackleg. Los diámetros de taladros utilizados varían de 3” hasta 6” como máximo, los cuales realiza trazos de cualquier tipo con dimensiones que varían desde 1.60 m hasta 4.50 m. (Bernaola, Castilla, y Herrera, 2013), Véase la siguiente figura:



Figura 5. Perforadora, Track-Drill, con martillo en cabeza y con martillo en fondo.

Fuente: (Bernaola, Castilla, y Herrera, 2013).

- Voladura.

De acuerdo a (EXSA S.A., 2019) la voladura en las canteras no metálicas es realizada de forma convencional. La iniciación de los taladros es de tipo pirotécnico con

combinaciones del sistema Nonel. El carguío de los taladros se hace de forma manual utilizando por lo general Anfo y Slurries. En algunos casos se hace uso de softwares para el diseño y análisis de las voladuras, sin embargo, aun predomina el modo empírico.

Véase la siguiente figura:



Figura 6. *Secuencia de amarre de taladros en una cantera.*

Fuente: (Asqui, 2019)

- Carguío.

El carguío en las canteras se realiza con unidades discretas sin acarreo como las excavadoras que tienen una capacidad que varía de 1.90 m³ hasta 3.90 m³; y también con equipos de acarreo mínimo como los cargadores frontales de 2.80 m³ hasta 4.50 m³. (Asqui,2019), Véase la siguiente figura:



Figura 7. *Carguío de mineral con una excavadora*

Fuente: San Martín Contratistas.

- Transporte.

El transporte de material en las canteras se realiza con camiones sin camino fijo de 15 m³ hasta 20 m³.

Estos camiones volquete se desplazan en una red básica de transporte que parte de los frentes de minado y llegan hasta un acopio ya sea pilas de mineral o un botadero. En caso de la pila mineral, este es transportado hacia la chancadora para proseguir el proceso de concentración. (Asqui,2019), Véase la siguiente figura:



Figura 8. *Transporte de material de una cantera de caliza*

Fuente: San Martín Contratistas.



- Servicios auxiliares.

Los servicios auxiliares en las canteras comprenden a equipos como: tractores, camiones cisterna, motoniveladoras, camionetas y cargadores frontales.

El trabajo realizado por los servicios auxiliares en las canteras viene dado por el mantenimiento de vías, logística de material y apoyo, construcción de botaderos, acondicionamiento para perforación y transporte del mineral desde las pilas hasta la chancadora. (Asqui,2019, Pg.27).

2.4. PROCESAMIENTO DE LA ROCA CALIZA PARA EL ÓXIDO DE CALCIO.

La cal se puede obtener normalmente por descomposición térmica de materiales como la piedra caliza, que contiene carbonato de calcio (CaCO_3), material extraído de depósitos sedimentarios llamados caliches. Se somete a temperaturas muy altas, que oscilan entre 900 y 1000 °C, en un horno. El proceso, llamado calcinación, libera una molécula de dióxido de carbono (CO_2), resultando el material llamado óxido de calcio (CaO), de color blanco y muy cáustico (quema los tejidos orgánicos) normalmente contiene también óxido de magnesio, óxido de silicio y pequeñas cantidades de óxidos de aluminio y hierro. Sin embargo, el proceso puede ser reversible, ya que, al enfriarse la cal, comienza a absorber nuevamente el CO_2 del aire, y después de un tiempo, vuelve a convertirse en CaCO_3 o carbonato de calcio. La cal viva de alto calcio es la que general y mayoritariamente se produce en nuestro país. Es un producto muy higroscópico. De hecho, tiende a absorber el vapor de agua presente en el ambiente si no es almacenada cuidadosamente. La cal viva puede ser combinada con agua, produciéndose una reacción violenta que desprende mucho calor. Se forma entonces el hidróxido de calcio que se comercializa en forma de polvo blanco conocido como cal muerta o apagada. (Sacsí y Ticona 2016).



2.4.1. Chancado del mineral.

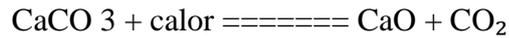
La roca proveniente de extracción se reduce de tamaño y se clasifica según la granulometría requerida por calcinación, la roca es transportada mediante bandas hacia los stockpiles de los hornos.

2.4.2. Calcinación de la roca.

Según (Sacsi y Ticona 2016), el calor que se suministra a la caliza para su transformación produce un primer efecto que consiste en la evaporación del agua de cantera. Posteriormente sigue aumentando la temperatura hasta conseguir la descomposición de la caliza. Se pensaba que el calor empleado para evaporar el agua de cantera era calor perdido, pero Gay Lussac demostró que la presencia de agua y del vapor por ella producido facilita el proceso de disociación.

- La cal se produce por calcinación de las rocas calizas mediante flujos de aire caliente que circula en los huecos o poros de los fragmentos rocosos; las rocas pierden dióxido de carbono, teniendo como resultado un producto principal:
- Óxido de Calcio (CaO), producto de la transformación del Carbonato de Calcio (CaCO_3) conocidos también como Cal Viva. Debido al tamaño y forma homogénea de los fragmentos, la cocción ocurre de la periferia hasta el centro quedando perfectamente calcinada la roca. En la calcinación con el uso de un horno se aprovecha la propiedad más importante de la materia prima, que es la descomposición térmica. Todas las rocas se descomponen a elevadas temperaturas formando óxidos y liberando gas CO_2 .

Para el caso de la caliza o carbonato de calcio:



El carbonato de calcio es sometido dentro del horno a temperaturas mayores a 900°C dependiendo de la presión, tamaño de la roca e impurezas, liberando dióxido de carbono, dejando una roca en su mayoría compuesta por óxido de calcio. Hay tres factores esenciales en la cinética de la descomposición de la caliza.

1. La roca debe ser calentada a la temperatura de disociación de los carbonatos.
2. Esta temperatura mínima (pero prácticamente una temperatura mayor) debe ser mantenida por cierta duración.
3. El gas del dióxido de carbono que se desarrolla debe ser removido.

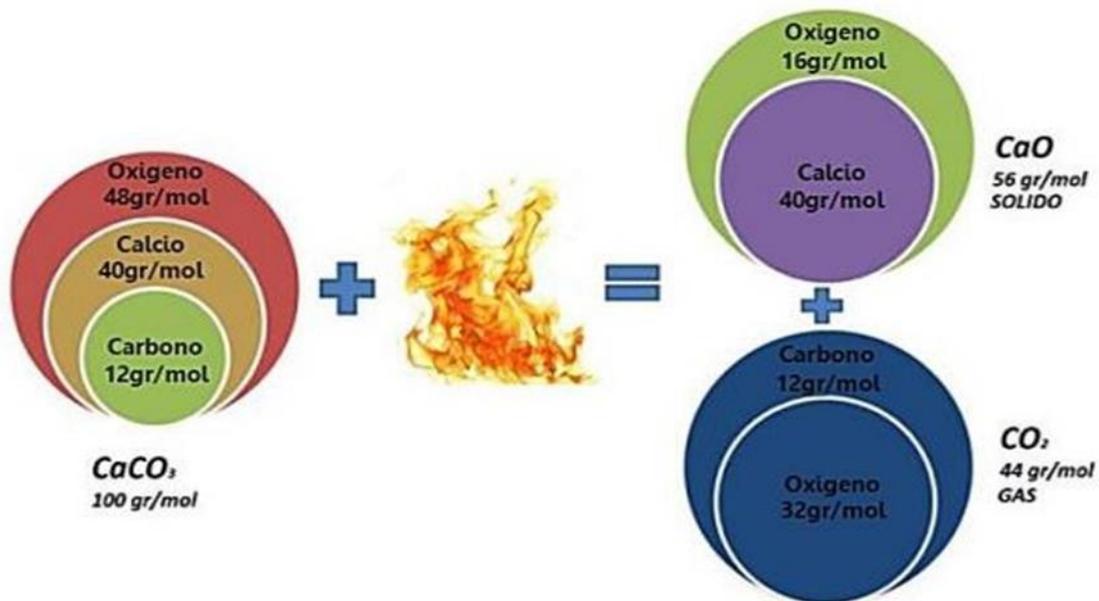


Figura 9. Resultado de la reacción.

Fuente: Manual de competencias de calcinación, Grupo Calidra

2.4.3. Enfriamiento del material.

Posteriormente se somete a un proceso de enfriamiento para que la cal pueda ser manejada y los gases calientes regresen al horno como aire secundario.

2.4.4. Inspección y análisis del producto primario.

El proceso siguiente es la inspección cuidadosa de muestras para evitar núcleos o piezas de roca sin calcinar.

2.4.5. Trituración y pulverización del producto.

La cal hidratada se somete a una molienda fina para obtener un material homogéneo. Se clasifica el producto y se lo envía al proceso de envase.

2.4.6. Envasado y embarque del producto molido.

La cal es llevada a una tolva de envase e introducida en sacos y transportada a través de bandas hasta el medio de transporte que la llevará al cliente. Para la obtención de la cal viva y de cal hidratada a partir de la piedra caliza es necesario seguir un proceso de manufactura controlado como el que a continuación se presenta en la siguiente figura.



Figura 10. *Ciclo de la cal*

Fuente: (Sacsi y Ticona 2016)

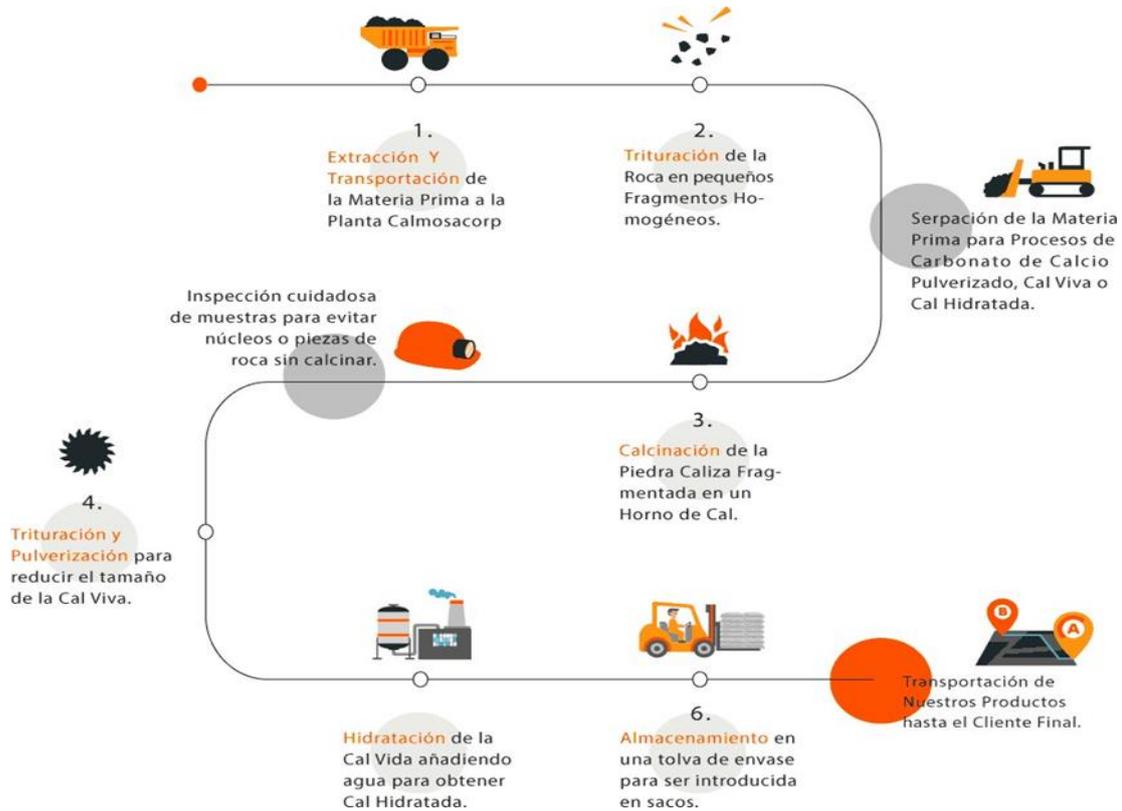


Figura 11. *Proceso de la cal*

Fuente: www.calmosacorp.com (cal y minerales).

2.5. EL CONTROL DEL MINERAL EN EL PROCESO DE MINADO.

2.5.1. ¿Qué es el control de mineral?

El área de Control de Mineral (*Ore Control*) del Departamento de Geología cumple una labor de vital importancia para la vida de la operación minera en lo que se refiere a la calidad del muestreo que debe realizar a diario en el tajo. Se debe tener el máximo cuidado para que el mineral con contenido polimetálico (Cu-Zn, Mo, Pb y Ag) sean extraídos, transportados y recuperados en su destino final que es la planta concentradora con el mínimo posible de pérdida de dicho material. (Cabrera ,2012).

Es la acción de recoger muestras representativas de la calidad o condiciones medias de un todo o la técnica empleada en esta selección o la selección de una pequeña parte estadísticamente determinada para inferir el valor de una o varias características del conjunto. (Bobadilla, 2020).



2.5.2. Importancia del control de mineral.

El muestreo de los detritos en los conos de voladura es de suma importancia, ha venido desarrollándose desde el inicio de la mina. Sin embargo, las prioridades del muestreo, la frecuencia del muestreo, y el uso del QA/QC han variado en el tiempo.

Debido al gran impacto que puede ocasionar el muestreo en la representatividad de la muestra, frecuentemente se está resaltando en esta sección que los procedimientos deben seguirse adecuadamente. De los estudios llevados a cabo por el área de Control de Mineral, con respecto al valor de una muestra de mineral, es que se ha concluido y puesto en conocimiento a los Muestreros, Muestreros Senior y Geólogos, que una muestra de mineral (oxidado o no oxidado) puede representar entre US\$ 25-150K de ganancia de operación neta. Nadie conoce los valores de una muestra antes de ser ensayada por lo que cada muestra debe ser representativa y de buena calidad. El mismo concepto se aplica para muestras que se sabe corresponden a zonas de desmonte basados en las leyes de Zn de 0.007% (700 ppm). Los Muestreros, Muestreros Senior y los Geólogos, son responsables de asegurarse de que el protocolo de muestreo sea cumplido en su totalidad y sin excepción. (Cabrera ,2012).

2.5.3. El proceso del control del mineral.

Según (Cabrera ,2012) las muestras que pertenecen a las zonas de mineral y/o desmonte que se considere a ser minados con urgencia, deben de tener la prioridad en el muestreo y en todo el proceso siguiente, incluyendo el análisis en el laboratorio.

En el protocolo de muestreo se incluye un aumento en el número de inserciones que se haga con el auger (material: Acero Inoxidable, cuya composición es hierro 97% y carbono 3% en los conos de detritos en una malla de perforación. Actualmente se está utilizando el auger de 21” de largo por 3” de diámetro. Este auger ha solucionado el problema de coger más material fino que material grueso y que posteriormente podría

crear sesgos en la representatividad de la muestra. El resultado que se obtenga durante el muestreo, en el laboratorio de preparación de muestras y en el laboratorio químico de la mina, se logrará con mayor éxito, considerando como punto de partida la realización de un buen monitoreo en el número de inserciones, ángulo de inclinación y evitando la pérdida o caída de mineral del auger se realice durante la toma de muestra.

2.5.3.1. Muestreo del detrito del mineral.

El procedimiento para la recolección de las muestras es como sigue:

- El muestrero tiene como referencia el mapa del diseño de la malla de perforación con la ubicación de todos los taladros a perforar.
- En el campo, el Muestrero Senior verificará la información del número de la fase, número de malla, número de banco (tomando como referencia la cota de la base del pozo de voladura), letra y número de los taladros perforados.



Figura 12. *Muestrero Sénior verificando información del pozo para su muestreo.*

Fuente: (Cabrera ,2012).

- Los muestreros identificarán la bolsa escribiendo sobre la misma con

plumón indeleble el número de la malla y el número del pozo, colocando la bolsa vacía al costado del cono de detritos para su muestreo.

- Los muestreos usan el auger para recolectar la muestra haciendo 6 inserciones en el cono de detritos y siguiendo un orden de inserciones de un taladro a otro. Obteniéndose 15 Kg. de muestra



Figura 13. Muestreo siguiendo la secuencia de inserciones.

Fuente: (Bobadilla, 2020)

- Si el cono es pequeño e irregular, se realizan inserciones adicionales (2 o 3 inserciones) para obtener siempre un total de 15 kg, en caso la muestra se encuentre húmeda se pueden tomar 2 kg adicionales. El auger tiene dimensión de diámetro adecuado en el cual la pérdida de muestra de mayor tamaño es mínima (tamaños de 3”), y que con 6 inserciones o más se obtiene un peso de muestra promedio de 15 kg. La Línea definida por puntos azules es la secuencia de muestreo y puntos rojos es la adición de inserciones para alcanzar el peso de 15 kg.

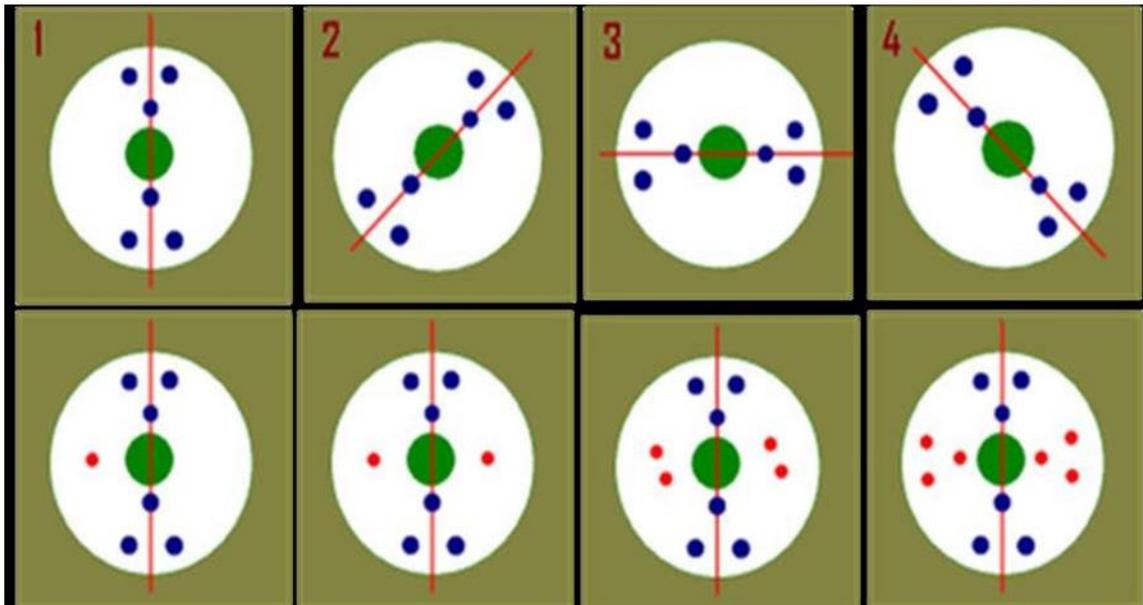


Figura 14. *Secuencia de muestreo y adición de inserciones en taladros de voladura*

Fuente: (Cabrera ,2012)

- Para la colección de muestras se debe considerar si la malla de perforación se encuentra en área de mineral o desmonte. En zonas de mineral los conos de detritos de cada taladro de voladura serán muestreados en su totalidad. En zonas de desmonte se muestrea filas intercaladas, pero además en la fila que se selecciona, se extrae la muestra de un cono y el siguiente es obviado.

Tabla 1. *Tipo de Colección de Muestras según área de mineral o desmonte.*

Colección de Muestras		
Estándares Normales de Operación		
Muestreo en Zona de Mineral	Colección de Muestras	Inserciones con AUGER
Todo los Taladros	Cada taladro en mineral	Numero de Inserciones
Estandares Normales de Operacion		
Muestreo en Zona de Desmonte	Colección de Muestras	Inserciones con AUGER
Una fila si y otra no	Un taladro si y otra no	Numero de Inserciones

Fuente: (Cabrera ,2012)

- Luego de que el geólogo ha caracterizado todos los taladros y de los cuales identifica taladros con presencia de mineral, este informará a los muestreros para realizar un muestreo adicional, es decir muestrear un cono de perforación alrededor del cual se encontró presencia de mineral.
- Los muestreros realizarán la primera inserción en la cresta del cono, las otras dos inserciones se tomarán a unos 35 a 40 cm debajo del primero. El mismo trabajo se realizará al lado opuesto del cono de tal manera que contenga la mayor cantidad de material grueso alrededor del espiral del auger.



Figura 15. Metodología de las inserciones durante la toma de muestra.

Fuente: (Cabrera ,2012).

- En el caso se presenten formas de cono irregular, en donde la distribución de los detritos no genere un buen estado del cono, la muestra se obtendrá de los lados opuestos, aún si en el lado que se va a tomar la muestra no hay suficiente muestra, se continuarán realizando inserciones hasta conseguir los 15 kg.
- La formación de conos irregulares está relacionada directamente con el mal estado del faldón que usan las perforadoras, puesto que el faldón permite que los detritos



en suspensión se depositen de forma uniforme alrededor del hoyo y la muestra no se disperse con la presión de aire de la perforadora. Cuando los perforistas levantan los faldones mientras perforan también conlleva a la formación de conos irregulares. Existen diferentes tipos de conos de voladura presentes en una malla de perforación.

2.5.3.2. Preparación de las muestras.

Todo el personal del laboratorio de preparación de muestras, continuamente desarrolla mejoras en el protocolo de preparación de muestras en colaboración con 2 un consultor designado por la Superintendencia de Geología. Los datos de pesos de la muestra, cantidad de finos que se pierde durante el proceso, comparaciones de análisis de muestras de duplicados, ensayos químicos, etc.; así como el estudio de los datos de (QA/QC) sirven para desarrollar y optimizar el protocolo. También se desarrolla un sistema de control ergonómico que permite monitorear los movimientos repetitivos y esfuerzo del personal de muestreo.

El objetivo de este protocolo es medir y comparar el QA/QC y así tener un buen resultado de la preparación de las muestras.

El protocolo de muestreo establece a que se define como muestras de control; las muestras de los duplicados de campo (DF), duplicados del cuarteo primario (DPS), duplicados de rechazo grueso (DCP) (malla N° 7 = 2.8 mm), duplicado de pulpas (DP) y pulpas repetidas (RP).

El proceso de Preparación de Muestra es realizado desde el secado de las muestras traídas del campo hasta el proceso de colección de muestra pulverizada para el envío al Laboratorio Químico, se realiza siguiendo el siguiente protocolo:

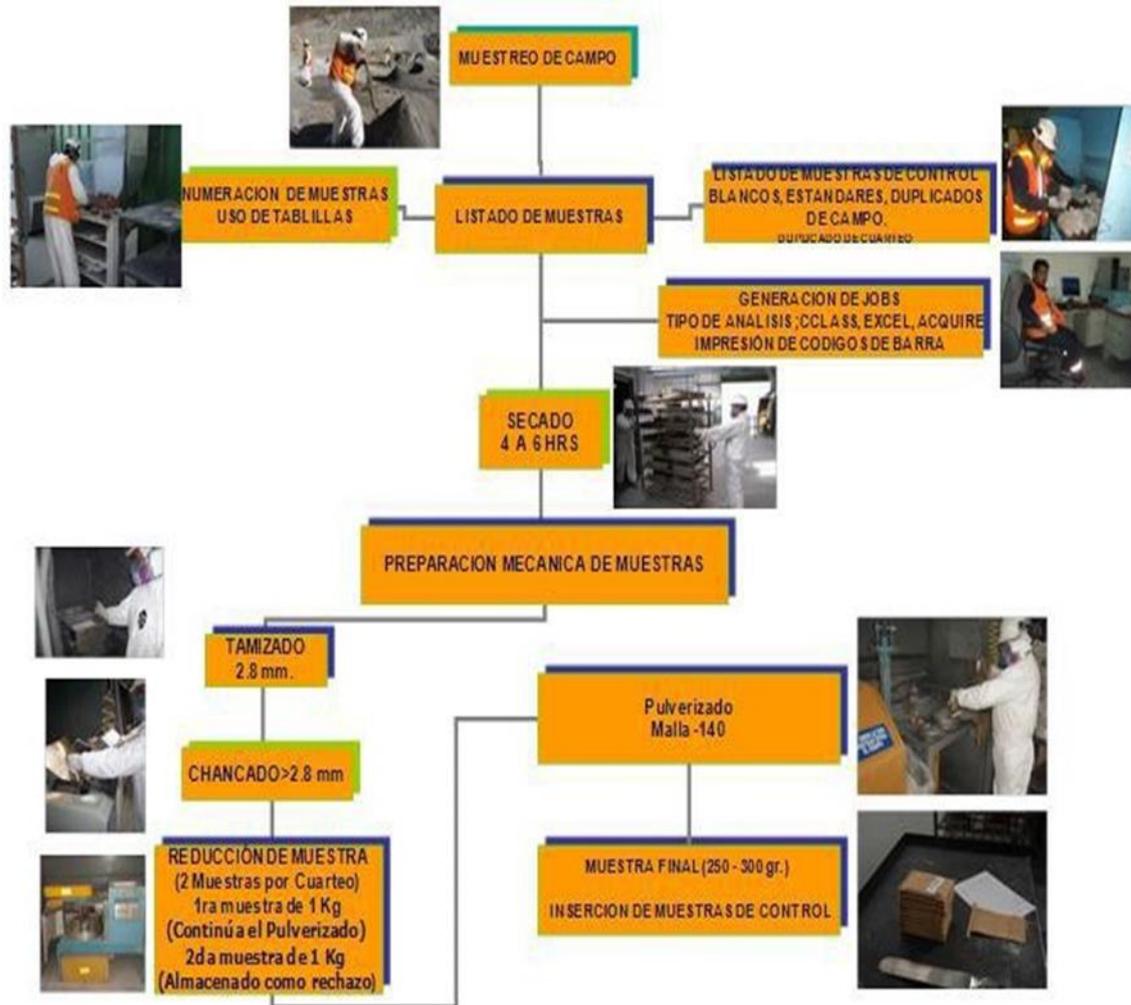


Figura 16. Flujo grama de Preparación de Muestras.

Fuente: (Cabrera ,2012)

Notas en el Laboratorio de Preparación de Muestras:

- Los equipos de preparación de muestras se encuentran dentro de cabinas especialmente diseñadas para lograr buena ventilación y aislar el ruido. Estos equipos tienen un mantenimiento preventivo.
- Todas las muestras se deben pesar en una balanza y esta debe estar conectada a un computador cuando se reciben. El número de inserciones deben de correlacionarse para saber cuántas inserciones se necesitan para obtener el peso requerido.



- Para evitar la contaminación entre las muestras se debe chancar 1 a 2 kg de cuarzo después de cada muestra. Sin embargo, en la práctica esta se viene realizando cada 2 muestras en zonas de mineral y cada 10 muestras en zonas de desmonte.
- Las pulpas se guardan en el Laboratorio por 3 meses.

Estudios relacionados a sobreperforación indican que la muestra de sobreperforación debe ser separada o limpiada antes de realizar el muestro de los detritos. No realizar esta práctica conllevaría a sesgar los valores de la muestra en un + 15%.

2.5.3.3. Ensayo y análisis químico.

Para el envío y recepción de muestras la cadena de custodia es como sigue: Antes de que las muestras sean enviadas al Laboratorio de la mina, los envíos junto con su respectivo número de muestra son ingresados al Acquire y este se conecta con el CCLAS, el cual arroja su respectivo número de Job correspondiente a un determinado grupo de muestras que lo identifica. Todas las muestras que son transferidas desde el Área de Preparación de muestras al Laboratorio Químico, requieren además de una hoja en donde se informa y especifica la cantidad de muestras que se está enviando con sus respectivos números de Jobs. El personal que recibe estas muestras, firma la hoja de información indicando su conformidad.

Tabla 2. *Formato de envío de muestras de campo.*

Formato de envío de muestras de campo	
Item	Ejemplo
Número de Job (CCLAS)	34132
Rango de Número de Muestra	De 277102 a 277110
Fecha de Envío	Ene 25, 2011 Hora
Hora de Envío	04:45 p.m.

Fuente: (Cabrera, 2012)



Los envíos que se hacen al Laboratorio Químico llevan una identificación en la que se menciona si el Job va a ser analizado por GEO1, GEO2, GEO3, GEO4, GEO5 y/o GEO6. El análisis por ICP consiste en analizar los siguientes elementos (Ag, As, Co, Cu, Fe, Mo, Pb, S y Zn), mientras que los análisis por AA se hacen para los siguientes elementos (Bi, CuSol_AC, Cusol_CN y ZnSol_Cn). La relación de códigos de tipos de análisis pedidos al laboratorio químico es:

- GEO1 (ICP-GEO + Bi por AA). Para muestras en donde no se requiera ningún tipo de análisis de Cu por Cianuro, Cu por Acetato y Zn por Acetato. Pueden ser muestras de mineral ó de desmonte. Anteriormente se llamaba (NO OXIDOS).
- GEO2 (ICP-GEO + Bi por AA + Cu_Ac + Cu_Cn). Para muestras de mineral ó de desmonte que requieran análisis de Cu por Acetato y Cu por Cianuro.
- GEO3 (ICP-GEO + Bi por AA + Cu_Ac + Cu_Cn + Zn_Ac). Para muestras de mineral ó de desmonte que requieran análisis de Cu por Acetato, Cu por Cianuro y Zn por Acetato. Anteriormente se llamaba (OXIDOS).
- GEO4 (ICP-GEO + Bi por AA + Cu_Ac). Para muestras de mineral ó de desmonte que requieran análisis de Cu por Acetato.
- GEO5 (ICP-GEO + Bi por AA + Cu_Cn). Para muestras de mineral ó de desmonte que requieran análisis de Cu por Cianuro.
- GEO6 (ICP-GEO). Se utiliza solamente para muestras que se conoce correspondan a zonas de desmonte.
-



Método Analítico

El método analítico se realiza por AA (Atomic Absorption) y por ICP Inductively Coupled Plasma), Esta metodología consiste en llevar la muestra sólida al estado de solución mediante la adición de ácidos.

Para llevar a cabo este método, se toma 2 g de muestra y se le adiciona ácido nítrico y ácido perclórico hasta la eliminación parcial de gases del ácido perclórico, luego se enfría y se agrega ácido clorhídrico con la finalidad de disolver las sales. Posteriormente se agrega floculante para sedimentación de sólidos insolubles, se afora a 200 ml con agua destilada, se homogeniza, se vierte a tubos y se lleva a lectura por Absorción Atómica para Bi, y para los demás elementos por el equipo Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometry (ICP-OES), de acuerdo a parámetros establecidos.

Límite de Detección

Los límites de detección por método de análisis para los diferentes elementos se muestran en la Tabla 3:

Tabla 2. *Límites de Detección para los diferentes elementos a analizar.*

Element	Analytical Method	Detection Limits	Sample Charge	Maximum Level
Cu	ICP	0.01%	2.0 g	3.00%
Zn	ICP	0.01%	2.0 g	2.00%
Pb	ICP	0.01%	2.0 g	5.00%
Bi	ICP	10ppm	2.0 g	1000ppm
Ag	AA	5ppm	2.0 g	300ppm
As	ICP	10ppm	2.0 g	5000ppm
Mo	ICP	0.00%	2.0 g	1.00%
Fe	ICP	0.01%	2.0 g	30.00%
Co	ICP	5ppm	2.0 g	0.5ppm
CuOx	AA	0.01%	2.0 g	0.01%
ZnOx	AA	0.01%	2.0 g	0.01%

Fuente: (Cabrera ,2012)



2.5.3.4. Correlación de las leyes del modelo.

Según (Bobadilla ,2020), para definir las zonas económicas posibles dentro el polígono de minado, se prueban diferentes formas geométricas operativas que delimiten el máximo contenido metálico del material económico, es decir dibujamos líneas que nos limiten los blastholes con leyes por encima de la ley de corte según el tipo de material y utilizamos estas líneas como límites para calcular la ley media que esté dentro de esa área dibujada.

Sabiendo que el modelo de bloques de corto plazo se construye para servir de base a la planificación semanal, y más comúnmente diaria; esto implica realizar una discretización del modelo, es decir un rebloqueo que consiste en realizar conjuntos agregados de dimensiones regulares, por ejemplo, se pasa de bloques de dimensiones 25*25*15 utilizada para la estimación y valorización en el planeamiento de largo plazo a bloques de 5*5*15 manteniendo la altura del banco donde cada bloque de largo plazo contiene 25 sub-bloques.

2.6. DILUCIÓN DEL MINERAL.

Según (De Nicola ,2015), se define comúnmente como dilución a la mezcla de mineral con estéril, mediante la cual se lleva bien a procesar un material que no tiene el valor económico previsto, o bien se arroja a la escombrera mineral, con la consiguiente pérdida de aprovechamiento de las reservas. Con esto, se consigue disminuir la calidad del mineral en términos de la cantidad efectivamente extraída y/o bajando las leyes del mismo.

En realidad, la dilución no significa solamente bajar la ley del mineral, sino que también hay asociado un aumento en los costos, ya que el envío de una tonelada de estéril a la planta es más costoso que el envío de una tonelada de mineral.



2.6.1. Dilución planificada.

Es el estéril que se incorpora a los planes de producción, pues de otra forma sería imposible extraer el mineral adyacente.

En este punto tenemos:

- Modelamiento Geológico

(De Nicola ,2015), el modelamiento geológico es una interpretación de la posición espacial y la forma que poseen los cuerpos minerales en el yacimiento.

Los modelos geológicos contienen información relativa a litología, alteración y mineralización. Con ello, es posible diferenciar los contactos entre unidades geológicas (estéril y mineral), de manera de analizar datos correspondientes a una población y no a una mezcla de ellas.

Uno de los problemas del modelamiento geológico es la arbitrariedad que posee, debido a que con datos en general de sondajes, deben formarse modelos complejos de las estructuras y mineralizaciones presentes en un depósito. En este mismo sentido, a medida que avanza el desarrollo de un proyecto, también aumenta la información disponible: en el largo plazo la información disponible para el diseño y modelamiento geológico corresponde a sondajes, pero en el corto plazo, junto a los sondajes, están los pozos de tronadura que permiten aumentar el nivel de información y, como consecuencia, generar un mejor modelo geológico.

Los casos más difíciles de modelamiento geológico corresponden a yacimientos de metales preciosos, los cuales, por lo general, tienen mineralización asociada a vetas. En estos casos, las estimaciones del depósito se remiten a metros de sondajes que interceptaron la veta. Errores en espesores de mineralización (volumen), continuidad y leyes, comprometen miles de toneladas y por ende enormes pérdidas del punto de vista

económico.

En este mismo sentido, la caracterización de las diferentes unidades litológicas permite tener una mejor predicción de la dilución, al tener definidas cuáles de estas unidades litológicas están asociadas a mineralización económica, de forma que la planificación tenga en cuenta los contactos de diferentes unidades litológicas al momento de llevar a cabo la explotación.

- **Definición de polígonos de producción**

En el proceso minero es necesario identificar qué material será enviado a planta y cuál no. Esta información debe ser traspasada a los operadores de palas y camiones para que no existan discrepancias.

Para poder realizar lo anterior, es necesaria la definición de polígonos de producción con el objetivo de identificar los sectores donde la pala cargará mineral y en los cuales cargará estéril.

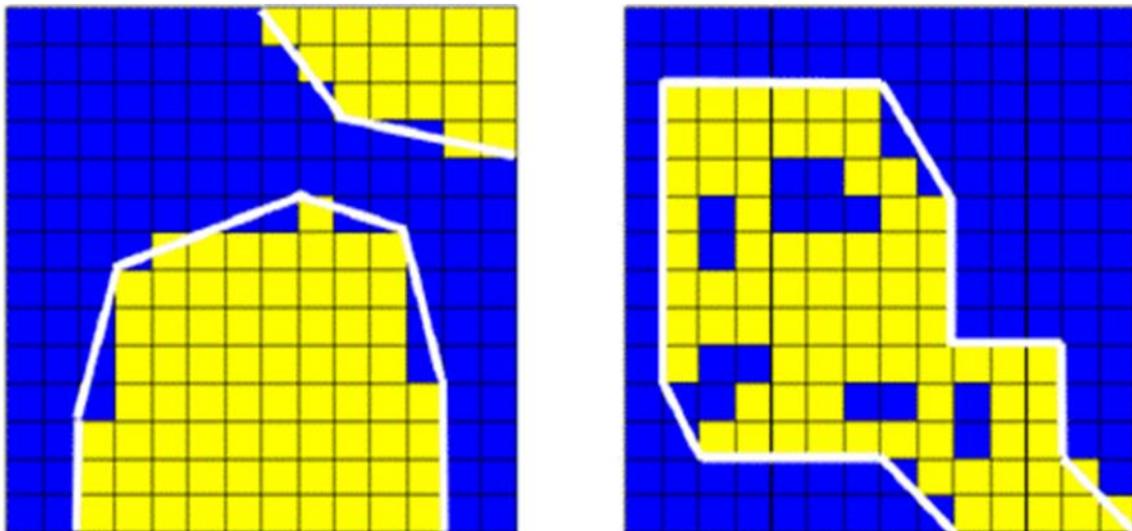


Figura 17. Definición de polígonos de extracción (amarillo: mineral, azul: estéril).

Fuente: (Nicola ,2015)

La definición de estos polígonos resulta arbitraria en el sentido que el planificador

de corto plazo los genera teniendo en consideración que la ley media del polígono sea mayor a la ley de corte. Por aspectos operativos del equipo de carguío, es imposible generar una selectividad de un 100%. De esta forma la disposición de los polígonos muchas veces incluye estéril tal como se aprecia en la figura anterior o viceversa.

2.6.2. Dilución operacional por voladura.

En la minería a cielo abierto, (De Nicola ,2015), la técnica de arranque de roca mediante voladura conlleva una necesidad de controlar la dilución que se produce a través de los mecanismos de fragmentación y desplazamiento de la pila de roca, donde se mezcla mineral y estéril.

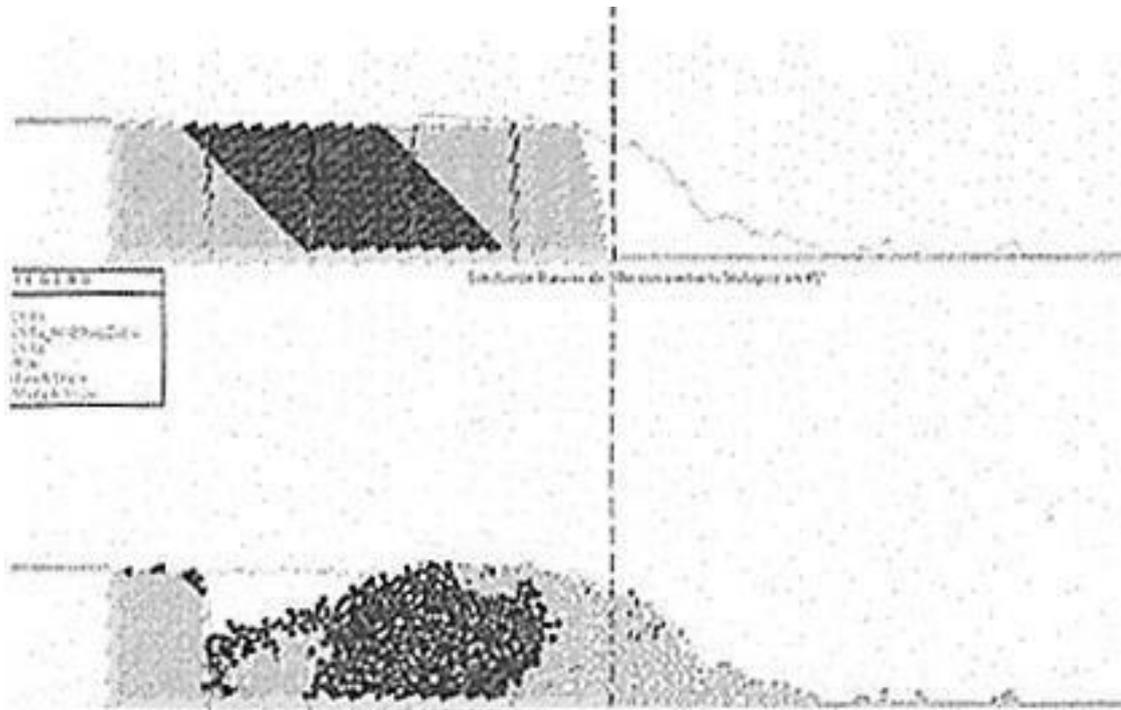


Figura 18. Desplazamiento de material tronado (gris oscuro: mineral, gris claro. estéril)

Fuente: (De Nicola ,2015)

Claramente existe un desplazamiento considerable del material durante el proceso de tronadura, acentuando la dificultad para determinar el límite entre estéril y mineral.

Se realizaron dos pruebas para determinar este movimiento: una con cámara de alta velocidad y la otra con tubos de PVC.

Como antecedente, de un estudio de dilución por tronadura realizado por NCL se tiene que el porcentaje de dilución varía entre un 8% y 18%, dependiendo de la altura de banco y de la inclinación del mineral respecto del piso.

- **Cámara de alta velocidad**

La primera prueba consiste en pintar una línea en la cara lateral de un disparo de estéril, donde se cargará la mitad del disparo con explosivo como si fuera mineral (usando la malla de perforación respectiva, de este modo se asemeja más a la realidad). La tronadura será grabada por la cámara de manera que se pueda observar el desplazamiento de la línea. Con esta medición será posible determinar en qué porcentaje se diluye el mineral producto de la tronadura misma.

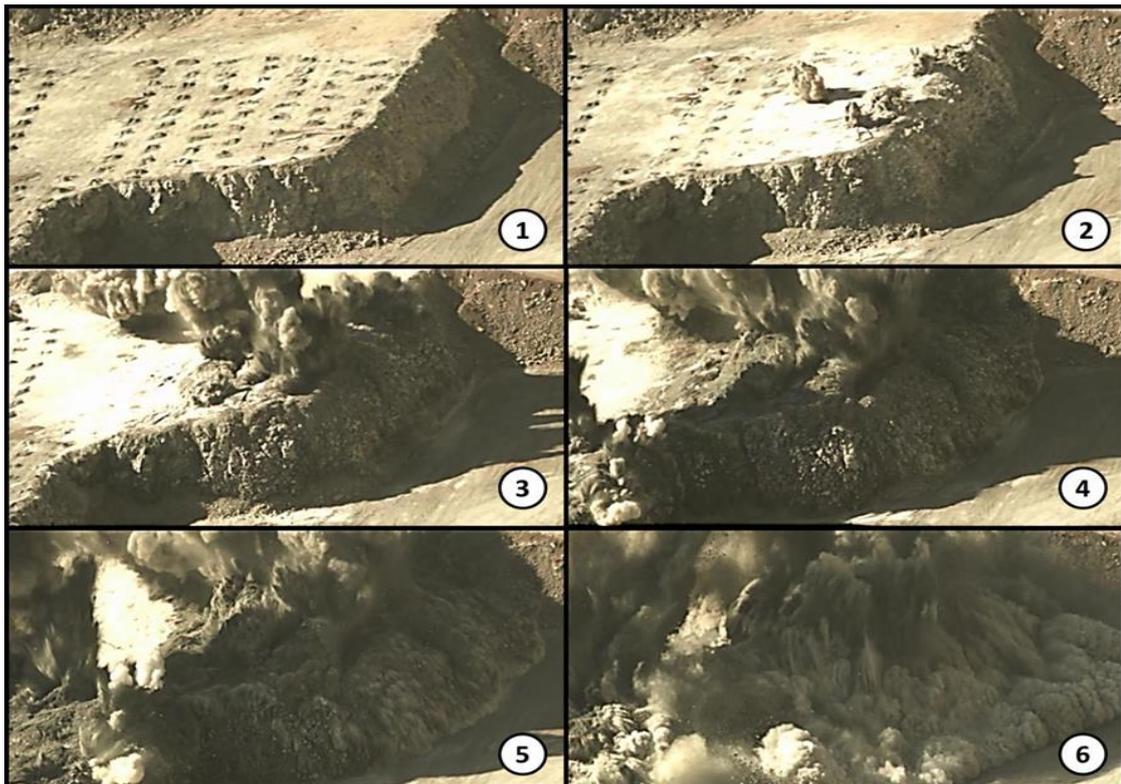


Figura 19. *Secuencia de tronadura grabada por la cámara de alta velocidad.*

Fuente: (De Nicola ,2015).

- Tubos de PVC en el banco a tronar

La segunda prueba se realizó en el disparo de estéril contiguo al usado en la prueba

anterior. De igual manera, la mitad del disparo fue cargado como mineral. En esta oportunidad se colocaron tubos de PVC en los tiros (que sobresalen del banco en altura) de modo que, una vez realizada la tronadura y habiendo tomado las coordenadas iniciales y finales de los tubos, se pudiera calcular el movimiento de material y la dilución asociada.

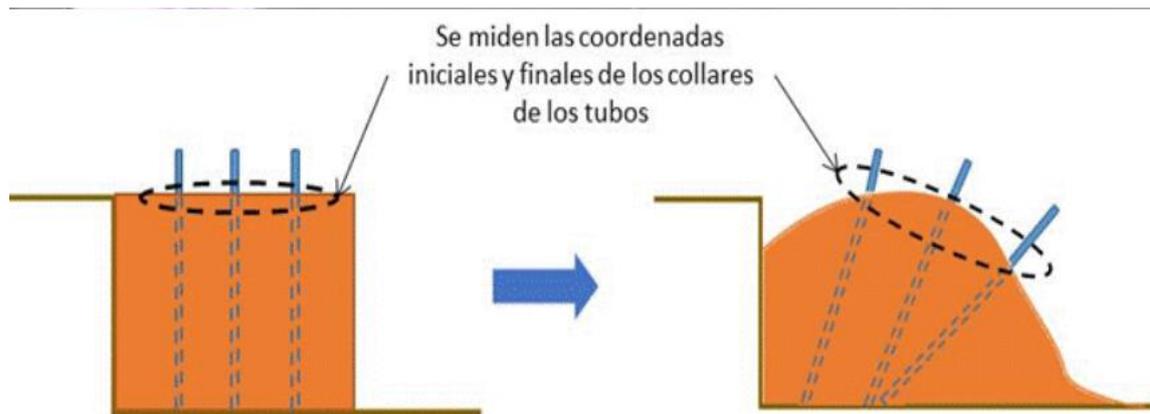


Figura 20. Esquema de prueba de tronadura con tubos de PVC.

Fuente: (De Nicola ,2015).

2.6.3. Dilución operacional por error de muestreo.

Según (De Nicola ,2015) la dilución operacional por error de muestreo está dado por pozos mal catalogados, es decir, un pozo que debió ser mineral se inscribe en el sistema como estéril.

Esta situación afecta directamente al modelo geológico con el que trabaja la mina, pues dependiendo de la información que entrega el análisis químico de los pozos será cómo evoluciona la forma y las leyes del modelo.

El problema recae en que es posible que el pozo en cuestión posea tanto estéril como mineral, pero el detrito que se envía a análisis sea el incorrecto.

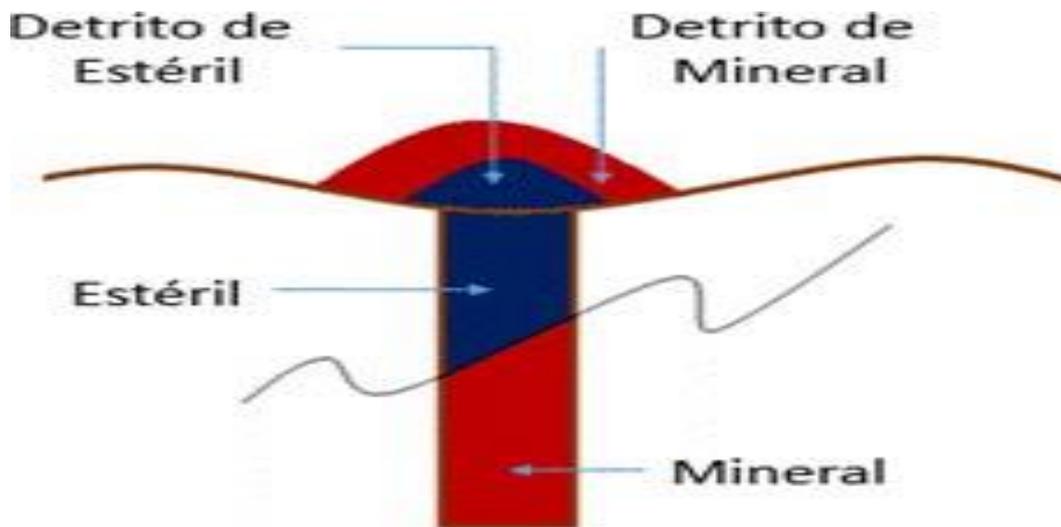


Figura 21. Error de muestreo en pozo de perforación.

Fuente: (De Nicola ,2015).

Observando la figura se puede afirmar lo siguiente:

- Si se toma una muestra del detrito superficial, el pozo será de mineral puro.
- Si se toma una muestra de la mezcla del detrito, el pozo será mineral con menor ley o estéril (dependiendo de la ley que se obtenga del análisis químico).
- Si se llegase a tomar una muestra del detrito interno, el pozo será de estéril perdiéndose el mineral bajo él.

La idea original para cuantificar la dilución asociada era medir las leyes de pozos de tronadura a medida que se van profundizando (por ejemplo, cada 5 metros). Sin embargo, por problemas de tiempos, personal y capacidad de análisis en el laboratorio, fue imposible realizar la prueba.

Para poder tener un valor estimativo de la dilución asociada a esta mala catalogación, se usaron los últimos muestreos realizados. Así, se supuso que un 50% de los pozos estaba mal muestreado, con lo que se pudo estimar la dilución en un 8%.

2.7. VOLADURA A TAJO ABIERTO:

De acuerdo a las definiciones de (EXSA S.A., 2019), la voladura a tajo abierto se



efectúa en bancos, los cuales son excavaciones similares a escalones en el terreno. Su característica principal es la de tener, como mínimo, dos caras libres: La superior y la frontal. Asimismo, la voladura en bancos es aquellas que se realizan con taladros verticales e inclinados; las cuales, tienen la distribución de su carga explosiva en forma cilíndrica (raras veces es esférica).

La voladura es el segundo proceso en el ciclo de minado y una de las más importantes debido a lo delicado y al alto riesgo que conlleva realizar dicho proceso ya que de no considerar todos los controles adecuados de ingeniería y seguridad para el carguío de taladros así como para la ejecución del disparo se podrían contar con resultados leves tales como caída del material en vías, etc., hasta muy graves como tiros quedados, excesivo flyrock que causen daños a la propiedad o posibles fatalidades. (Peralta, 2019).

2.7.1. Finalidad operacional.

La voladura, representa una de las operaciones más relevantes dentro del proceso extractivo de mineral, su objetivo principal es lograr un adecuado tamaño de roca, y apilamiento del material fragmentado, con un mínimo daño en su entorno, actividad que se ejecuta con explosivo y teniendo presente las características del macizo rocoso. Cuando los resultados son adversos, obligan a la operación minera a efectuar minados selectivos, como también la necesidad de efectuar voladuras secundarias, los cuales incrementan los costos de minado, razón por la cual, esta operación tiene que tener los resultados idóneos para contrarrestar la problemática que se menciona. Todas las voladuras se realizan con un diseño previo, el cual difiere una de cada una, debido a que no podemos imprimir un mismo diseño para toda la mina. (Peralta, 2019).

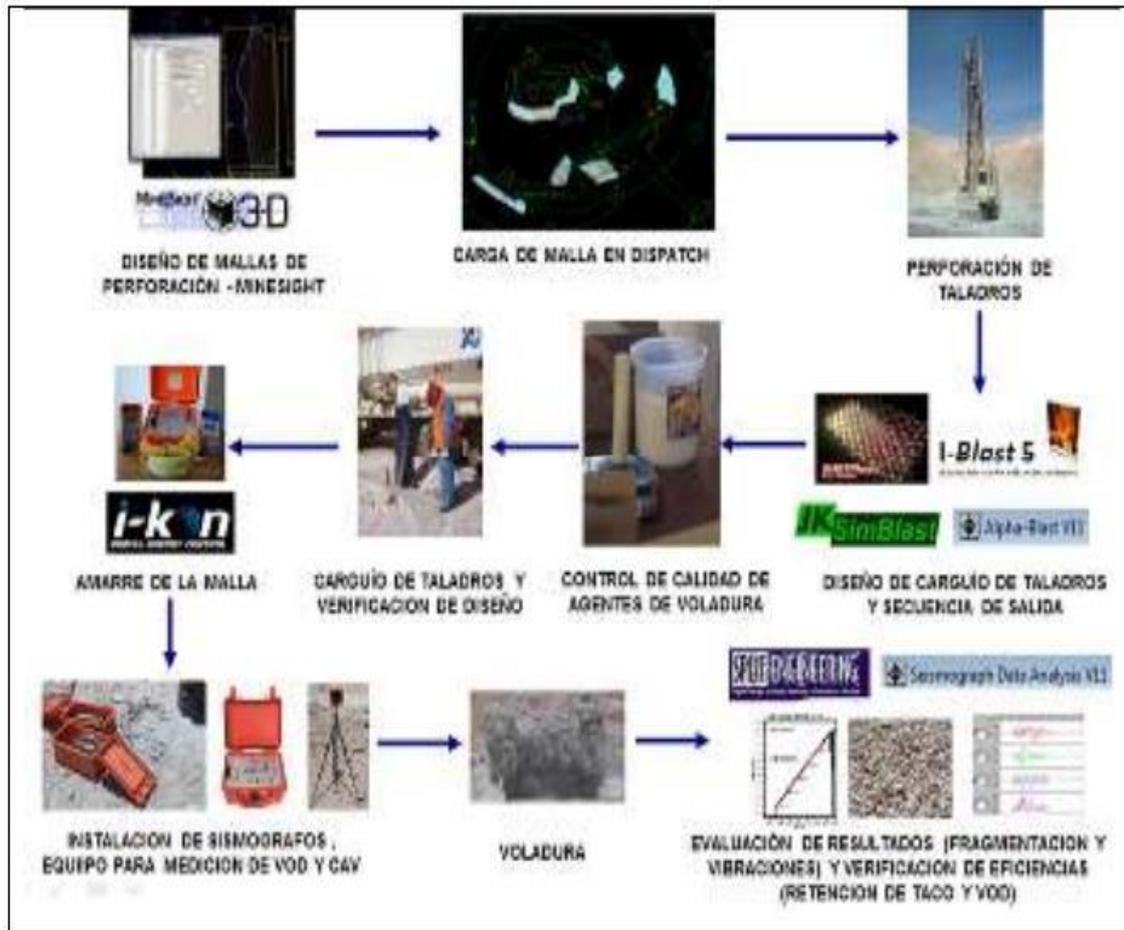


Figura 22. Proceso de perforación y Voladura.

Fuente: (Peralta, 2019).

2.7.2. Proceso de la voladura.

El proceso de la voladura empieza, con el carguío de los taladros, con diversos agentes de voladura en función al tipo de roca, utilizando dos líneas descendentes: Detonador electrónico Ikon y detonador pirotécnico Exel N°15, y un iniciador booster de 1 lb. Se deben controlar y medir los metros cargados de explosivo según diseño el cual es correlacionado con las cantidades reportadas por el camión fábrica. Adicionalmente se utilizan accesorios como el Taponex para generación de cámaras de aire y retenedores de energía como el Tap frag, para optimizar la retención de la energía explosiva. Finalmente se tapan los taladros utilizando para ello el detrito de perforación y piedra chancada de ¼” a 2” en zonas de mineral para confinar mejor la energía del explosivo. (Peralta, 2019).

Según (Bravo, 2018) el proceso de voladura es la segunda de las operaciones unitarias en minas a tajo, es decir, después de la perforación y antes del carguío y transporte. Como tal, esta operación unitaria debe cumplir la siguiente secuencia.

- Preparación de la zona de trabajo (incluye el aislamiento del sector, señalización, cercado, etc.).
- Posicionamiento de los equipos de carguío de explosivos
- Primado y carguío de explosivo.
- Control de calidad del explosivo.
- Atacado (en ciertos casos) y tapado de taladros.
- Amarre según secuencia especificada.
- Revisiones de seguridad en el sector (y otros sectores involucrados).
- Primer aviso y colocación de vigías.
- Avisos posteriores y últimos.
- Chispeo y disparo.
- Monitoreo de la voladura.
- Ventilación o limpieza del sector (hasta que la zona quede limpia).



Figura 23. *Primado y carguío de explosivo.*

Fuente: (Peralta, 2019).

Para el amarre se considera, la ubicación de los equipos en mina, el destino del material del disparo y el control de paredes. Para ello se trabaja con los detonadores

electrónicos, con los planos de diseño, la simulación de los disparos y análisis de los tiempos de detonación. Para el uso del detonador electrónico se necesita del logger, blaster, control remoto y cable de conexión. (Peralta, 2019).

2.7.3. Diseño de mallas de voladura.

Según (EXSA S.A., 2019), en la voladura de rocas, ya sea en tajo abierto o subterráneo, existen dos tipos de parámetros que se toman en cuenta: Los parámetros controlables y los parámetros no controlables:

A. Parámetros controlables: Se los denomina así porque pueden ser manipulados, manejados y ajustados a los parámetros no controlables. Estos parámetros se componen de dos:

- Parámetros del Explosivo: corresponde a las propiedades físicas y a las propiedades de tiro del explosivo, las cuales hemos visto a detalle en el tema anterior. Fundamentalmente nosotros podemos escoger el explosivo acorde a las necesidades en el campo.
- Parámetros de Dimensionales o Diseño: Corresponde a las características que tendrá la malla de perforación – voladura, y en parte, depende de los parámetros del explosivo.

B. Parámetros no Controlables: Se les denomina así porque no pueden ser manipulados, y se refieren a las propiedades físicas (dureza, tenacidad,) y mecánicas de la roca (frecuencia sísmica, resistencia mecánica...), además de las condiciones geológicas en general (estructura, grado de fisuramiento y presencia de agua). En conjunción de ambos parámetros se diseña la malla primaria o de producción, que por lo general varios elementos que se pueden ver en la siguiente imagen:

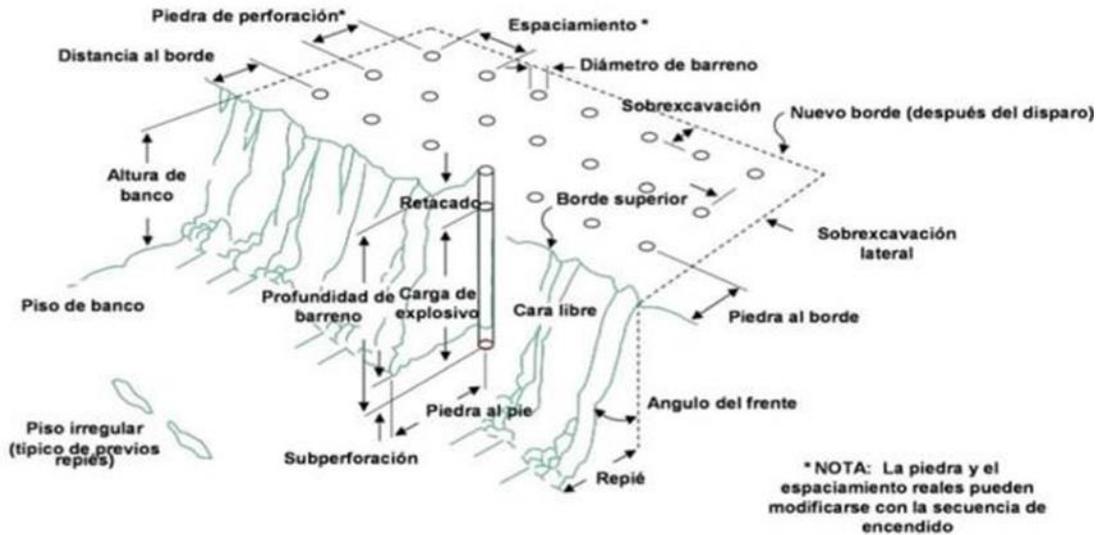


Figura 24. Zona de operación de una mina a tajo abierto.

Fuente: (EXSA S.A., 2019).

Parámetros de Diseño de la Malla Primaria:

Para diseñar una malla primaria existen diversos modelos teóricos propuestos. Así mismo, se definirá cada elemento de la malla primaria conforme a (EXSA S.A., 2019).

- El diámetro del taladro: El cual se proyecta de acuerdo a la altura de banco, la envergadura del proyecto y la disponibilidad – aplicabilidad del equipo de perforación en la faena (Φ).
- El burden: También denominada piedra, borde o línea de menor resistencia a la cara libre. “Es la distancia desde el pie o eje del taladro a la cara libre perpendicular más cercana”
- El espaciamiento: Es la distancia entre los taladros de una misma fila que se disparan con un mismo retardo o con retardos diferentes y mayores.
- La malla de perforación: Es la forma en la que se distribuyen los taladros de una voladura en un área de perforación. Las mallas de perforación se agrupan en dos tipos: las cuadrangulares y las alternadas (B x E).



- La sobreperforación: Es la longitud de perforación que sobrepasa el nivel de piso, el cual tiene la finalidad de mantener la razante del piso (SP).
- La longitud de taladro: Es la suma de la altura de banco más la sobreperforación necesaria por debajo del nivel o razante de piso para garantizar su buena rotura y evitar que queden lomos o resaltos.
- La longitud de Taco: Es la parte de la longitud del taladro que se rellena con detritos de la perforación que rodean al taladro, roca chancada fina o graduada.
- La longitud de carga: Es la parte activa del taladro de voladura, también denominada “columna explosiva”, donde se produce la reacción explosiva y la presión inicial de los gases contra las paredes del taladro (Lc).
- Densidad de carga lineal: Es la cantidad de explosivo que contiene o ingresa a un metro lineal de la columna de carga (Dcl).
- La cantidad de explosivo por taladro: Es el total de kilogramos o toneladas de explosivo que ingresa en un taladro (Cex). k) Factor de rigidez del burden: Es la relación entre la altura de banco y el burden (RIB).
- Factor de Carga: Llamado también consumo específico o carga específica. Es la cantidad de explosivo necesario para fragmentar una tonelada de roca (FC).

2.7.4. Disparo y secuencia de salida.

El disparo de un proyecto de voladura o una malla se realiza conforme a una secuencia de salida, (EXSA S.A. ,2019).

Según (Bravo, 2018), existen diversos tipos de secuencia de salida. Estos son:

- En Echelón: La secuencia de salida en Echelón, no es más que la mitad de la salida en V. La salida en Echelón solo posee, por lo general, un Ala Larga que limita el over break, ubicándose la troncal paralelamente a la cara libre.
- Trapezoidal: La secuencia de salida Trapezoidal es una variante de la salida en V que por lo general se utiliza con la iniciación electrónica. La salida Trapezoidal también tiene el Ala Corta y el Ala Larga, no obstante, la troncal posee dos filas paralelas, uno hacia el ala corta mientras que el otro hacia el ala larga.
- En Paralelo: La secuencia de salida en paralelo es una salida seccionada como si se realiza cortes transversales sobre el macizo rocoso. La salida en paralelo lleva la troncal perpendicular a la cara libre y las filas salen paralelas a la cara libre.

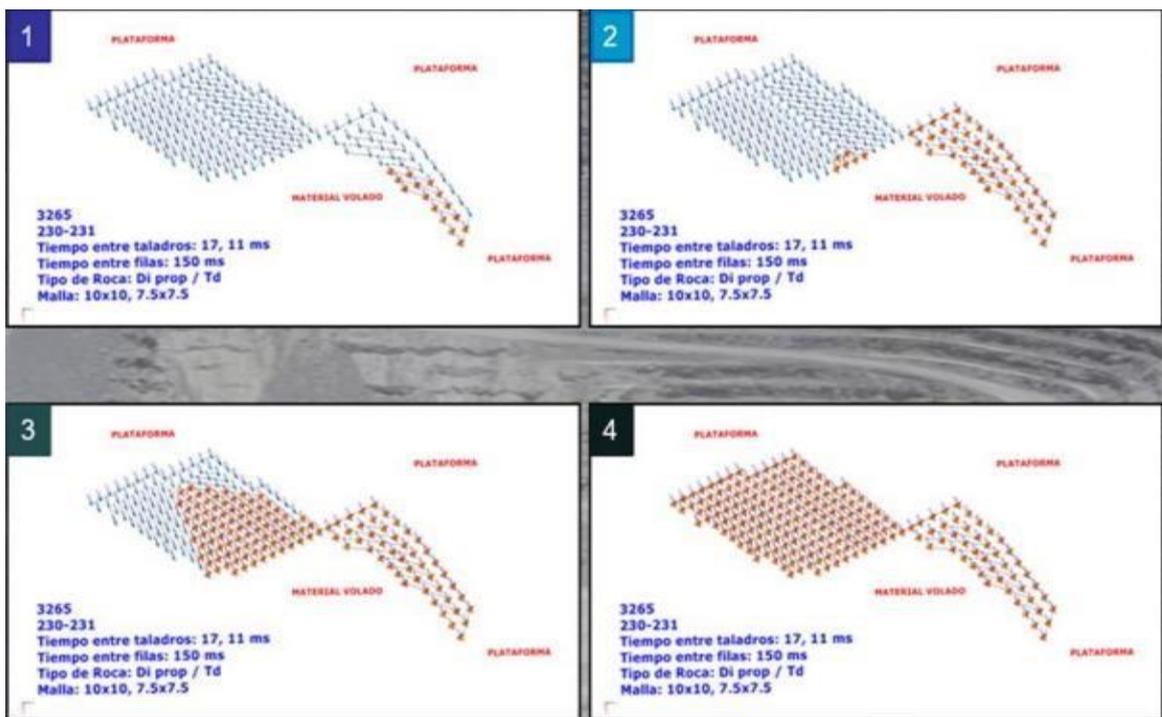


Figura 25. Zona de operación de una mina a tajo abierto.

Fuente: (Peralta, 2019)

2.7.5. Análisis de la fragmentación de la roca.

Según (Bravo, 2018), para realizar el análisis de la fragmentación de la roca caliza, se sigue el procedimiento, dividiéndolo en dos fases:

- Se realiza en análisis digital de las imágenes y se obtuvo la curva de distribución de la fragmentación de la roca caliza.
- Se realizó una comparación de la curva de fragmentación proyectada vs la curva de fragmentación monitoreada por Wipfrag u otro software de análisis de la granulometría post voladura.

La fragmentación representativa se puede apreciar en la siguiente imagen:



Figura 26. *Fragmentación de una cantera de caliza.*

Fuente: (Bravo, 2018).

Con respecto al análisis de las imágenes con el uso de Wipfrag, el proyecto 3890 – 187 tuvo el siguiente resultado:

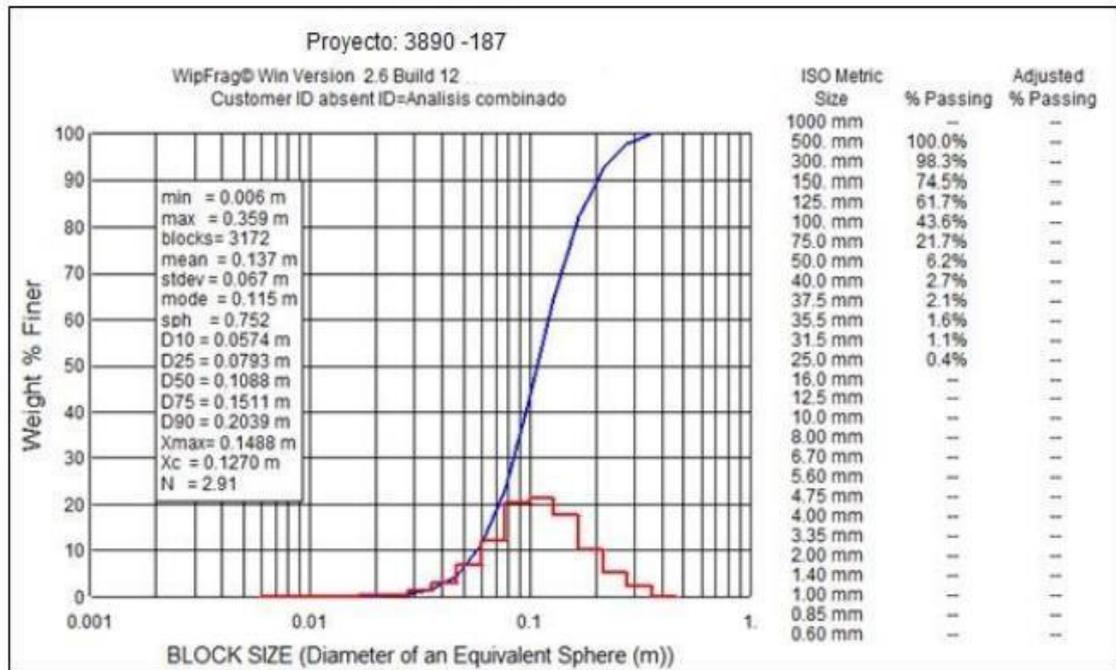


Figura 27. Curva de distribución de la fragmentación de una cantera de caliza.

Fuente: (Bravo, 2018).

2.8. SOFTWARES UTILIZADOS:

Los softwares que se utilizarán en esta investigación son:

2.8.1. Hexagon - MineSight.

Es el software operativo que se utiliza en la cantera Calquipa para proyecta el plan de minado mensual (corto plazo) de modo que también se utiliza para la reconciliación del modelo de leyes de largo plazo con el modelo de leyes a corto en base a los taladros de producción.

Al no existir un control Dispatch para el minado por las excavadoras, el replanteo topográfico de los polígonos redibujados después de ore control, también se realiza a partir de este software.

2.8.2. JKSimblast.

JKSimBlast es un conjunto de poderosas herramientas modulares para la simulación y administración de datos de tronadura. JKBMS y StockView son módulos



autónomos de JKSImBlast: JKBMS es utilizado para la administración de tronaduras y StockView es utilizado para el almacenamiento de las especificaciones de los explosivos y accesorios. Como los desarrolladores del programa no controlan la creación de datos, colección, análisis o interpretación, es responsabilidad exclusiva del usuario verificar que el ingreso de datos sea correcto y apropiado, y que todas las condiciones y resultados son razonables y cumplen con los requerimientos reglamentarios.

2.8.3. Split Desktop.

Split-Desktop es un software aprobado por la industria para la determinación del tamaño de roca de forma manual y off-line. Más de 500 licencias han sido vendidas en sus 16 años de historia.

Imágenes digitales adquiridas en terreno pueden ser analizadas en un computador portátil o en la oficina para determinar la distribución de tamaño de su roca fragmentada en cualquier etapa del proceso de conminución.

2.8.4. MS Excel.

Software por excelencia y muy utilizados en el campo de la ingeniería. Por lo que también se utilizara para crear, tablas, gráficos, entre otras aplicaciones.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DISEÑO METODOLÓGICO:

3.1.1. Tipo de investigación.

Esta investigación de tipo explicativo – aplicativo.

Es explicativo, pues se desarrollará de forma resumida el proceso de ore control que se lleva a cabo en la cantera Calquipa, el cual inicia con el muestreo sistemático del mineral de roca caliza de los detritos de los taladros de producción y finaliza en el análisis Forecast mensual de producción.

Es aplicativo, ya que habiéndose identificado las falencias en el muestreo de detritos del mineral y en la secuencia de voladura de los polígonos de mineral, se procederá a mejorar estos procesos, de tal manera que se pueda reducir la dilución del mineral de roca caliza en la cantera Calquipa.

3.1.2. Diseño de la investigación.

El diseño de esta investigación será de tipo cuantitativo - descriptivo, pues se hará un muestreo definido de la dilución incurrida de manera global en el mineral para definir la línea de base del estudio, y luego de realizar la implementación de las mejoras, se medirán en otros 5 proyectos de mineral la dilución, para finalmente medir el alcance de este estudio de investigación.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA:

3.2.1. La población.

La población se define como un conjunto de todos los elementos que estamos estudiando, acerca de los cuales intentamos sacar conclusiones.



Por tanto, la población de estudio de la presente investigación está conformada por las operaciones de extracción de la Caliza dentro de la cantera Negro Africano (Calquipa) de los meses junio, julio y agosto del año 2021.

3.2.2. Muestra.

En esta investigación se utilizó el método de muestreo probabilístico estratificado, en el cual, de acuerdo con (Bobadilla, 2020), consiste en dividir la población en sub conjuntos cuyos elementos posean características comunes. Es por ello la muestra será los 5 proyectos de los bancos 4850 y 4840, que son frentes de minado de la cantera Negro Africano (Calquipa).

3.3. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:

(USMP 2016), se refiere a las técnicas de recolección de datos como la descripción de las técnicas y los instrumentos, que se utilizarán para la obtención de la información, así como los procedimientos de comprobación de su validez y confiabilidad, según corresponda y si fuese necesario.

La técnica de recolección de datos que se utilizó en la presente investigación fue la de observación estructurada, regulada y análisis documental de medición numérica que estará a cargo del investigador.

3.4. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:

Para (Bobadilla, 2020), un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso de que pueda valerse el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información. De este modo el instrumento sintetiza en sí toda la labor de la investigación, resume los aportes del marco teórico al seleccionar datos que corresponden a los indicadores y, por lo tanto, a las variables o conceptos utilizados.

Los instrumentos a utilizar para el estudio serán el cuaderno de reportes de avance



por guardia emitido por el capataz, reporte diario de operación por guardia.

- **Ficha de reporte de operaciones mina:**
 - Rendimientos de equipos
 - Disponibilidad de equipos (%DM y %DU)
 - Programa de Mantenimiento de equipos (PM)
- **Fichas de reporte de ingeniería-Corto plazo:**
 - Diseño del plan de minado mensual
 - Diseño del plan de minado semanal
 - Movimientos de equipos de carguío y perforación.
 - Simulación de ley y tonelaje a cumplir día-mensual
- **Fichas de reporte de geología-Ore control:**
 - Avance de minado de los equipos
 - Cuadro de producción por tipo de material.
 - Estimado de ley a cumplir, día-mensual.
 - Leyes del Muestreo de blastholes
 - Graficas Control QA/QC
 - Diseño de polígonos de minado
 - Zonificación y mapeos geológico.
- **Ficha de reporte de Laboratorio metalúrgico:**
 - Cuadro de muestras por analizar.
 - Cuadro de muestras analizadas.



- Cuadro de Ensayes de las muestras de blastholes.

3.5. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS:

La técnica que se utilizó para el procesamiento de datos es la estadística descriptiva para el análisis e interpretación de los criterios técnicos de evaluación al que fueron sometidos ambas técnicas metodológicas de muestreo en blastholes; modelamiento geológico tridimensional para validar las leyes de ensayos y definir el modelo de leyes de los blastholes mediante métodos matemáticos del inverso de la distancia y el plan minero para la evaluación económica de las leyes y el diseño computacional del mismo.

3.6. HERRAMIENTAS PARA EL PROCESAMIENTO DE DATOS:

Los instrumentos que se utilizaron para el análisis de datos del presente proyecto de investigación, para llevar a cabo el análisis documental de la recolección de datos para la presente investigación se realizó en cuadros y gráficos estadísticos del programa Microsoft Office Excel 2013, el software minero MineSight 9.5, JKSimblast y Split Desktop, esto bajo la supervisión de la contratista encargado del muestreo de blastholes (Tesisista), realizando previa coordinación con el Ingeniero geólogo de ore control, aseguramiento y control de calidad QA/QC, Ingeniero de operaciones mina e Ingeniero de planeamiento a corto plazo; todo esto para la aplicación de los protocolos y procedimientos técnicos de mina.

3.7. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES:

Las variables de esta investigación son:

a) Variable Dependiente:

La rentabilidad operativa mensual de la cantera Calquipa.

b) Variable Independiente:

La dilución del mineral de roca caliza en la cantera Calquipa.



Bajo la premisa anterior se tiene la siguiente operacionalización de la variable independiente:

Tabla 3. Operacionalización de la variable independiente.

VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍNDICES
La dilución del mineral de roca caliza en la cantera Calquipa	Muestreo de los detritos	Sistema de muestreo Peso de la muestra Representación del taladro	# taladros kg # muestras
	Voladura de los proyectos de	Diseño de carga Secuencia de salida	Planos Planos
	mineral	Sobrerotura Forma de la pila de mineral	Imágenes Fotos
	Roca caliza extraído	Tonelaje mineral programado	TM/mes
	mensualmente de	Tonelaje mineral minado	TM/mes
	la cantera	Pureza del óxido de calcio Rentabilidad operativa	% CaO US\$

CAPÍTULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1. UBICACIÓN Y ACCESO:

La cantera Calquipa - CALIDRA S.A.C, se encuentra ubicado en el distrito de Callalli, provincia de Caylloma, departamento de Arequipa. Las coordenadas Centrales UTM, en sistema WGS 84 son: E: 249,200; N: 8'291,600; a una altura de: 3,862 msnm; corresponde a la zona 19.

Tabla 4. Acceso a la cantera Calquipa – CALIDRA S.A.C,

TRAMO		DISTANCIA	TIPO DE VIA
Puno	Juliaca	45 km	Asfaltada
Juliaca	Patahuasi	160 km	Asfaltada
Patahuasi	Chivay	80 km	Asfaltada
Chivay	Callalli	30 km	Asfaltada
Callalli	Cantera Calquipa	20 km	Trocha
TOTAL, Puno-Cantera Calquipa Calidra		335 km	



Figura 28. Ubicación de la cantera Negro Africano (Calquipa).



4.2. OTROS ASPECTOS DE LA ZONA.

4.2.1. Clima.

En la zona de estudio posee un clima generalmente frío y seco, pero basándose en la vegetación como indicadora del carácter del clima fundamentándose principalmente en la temperatura de la zona de influencia del prospecto minero, se hallaría dentro del tipo de Puna. Este tipo climático, corresponde a los sectores altitudinales de la región de la Sierra correspondidos entre 4 000 y 5 000 m.s.n.m. Se caracteriza por presentar temperaturas anuales de 6°C; los veranos son siempre lluviosos y nubosos y los inviernos muy fríos y secos, llegando a descender la temperatura hasta -15°C.

4.2.2. Precipitación.

El estudio de la precipitación pluvial ha sido realizado mediante la información pluviométrica disponible complementada con las observaciones ecológicas de campo, a través de las cuales se ha podido estimar los probables índices de precipitación pluvial de las áreas que no cuentan con información. De acuerdo al análisis realizado, se estima que las precipitaciones anuales oscilan entre 250 y 600 mm.

4.2.3. Flora.

La flora registrada en el área del proyecto, está compuesta por 33 especies de plantas vasculares, pertenecientes a 24 géneros distribuidas en 14 familias. Se pudo identificar las principales formaciones vegetales: Césped de puna, y Pajonal.

- Césped de Puna: Esta formación vegetal se presenta en las zonas altas con suelos delgados con mayor humedad que en los pajonales. Los vientos y las heladas afectan el crecimiento de las plantas, para lo cual estas se han adaptado.
- Pajonal: Conformada por extensiones, mayormente planicies o laderas de



pendiente moderada con densos y robustos manojos de hojas rígidas y punzantes, estas plantas se encuentran acompañadas de algunas especies arbustivas como, pasto, paja, ichu.

4.2.4. Fauna.

La biodiversidad de la región andina se caracteriza principalmente por su adaptación a la variabilidad climática presente en este tipo de ecosistemas. Como parte de esta adaptación muchas especies de fauna terrestre se han especializado en diferentes hábitats, aprovechando la gradiente latitudinal y restringiendo su distribución a ciertos espacios. Dentro de cada hábitat la fauna desempeña funciones vitales para el mantenimiento de los ecosistemas.

- Aves; Las aves constituyen un grupo muy diverso de animales, que se halla excepcionalmente bien estudiado. Desempeñan un papel clave aportando información sobre la calidad de los ecosistemas, donde tienen especial relevancia las funciones vitales como la polinización y dispersión de semillas. Se ha registrado un total de 41 individuos pertenecientes a 7 especies y 4 familias. Las familias con mayor número de especies fueron los semilleros águilas negras, pajaracos, huallata, perdiz.
- Reptiles y Anfibios; Los reptiles y anfibios pertenecen al grupo de animales vertebrados denominados ectotérmicos, cuya temperatura corporal depende de la ambiental. Esta característica los hace más vulnerables a los cambios ambientales. Lagartos, lagartijas, culebras, zapos.
- Mamíferos; Los mamíferos se encuentran habitando casi todos los ambientes terrestres disponibles, incluyendo las altas punas, por su alto grado de adaptación y diversificación ellos han explotado una variedad de fuentes de alimento y



refugio. Muchos de ellos se encargan de dispersar semillas y polinizar plantas, mientras que otros, como los depredadores, controlan las poblaciones de otros animales. Se ha encontrado 4 especies de mamíferos, pertenecientes a 4 familias de 3 órdenes auquénidos, vacuno, ovino, chivo, vicuña, vizcacha, taruca y zorro.

4.3. GEOLOGÍA DEL YACIMIENTO.

4.3.1. Geología Regional.

Caracterizada porque se distingue claramente dentro de un diámetro de 12 km alrededor del proyecto una secuencia sedimentaria mesozoica, una secuencia volcánica, depósitos morrénicos, depósitos aluviales, como también pequeños stocks de rocas intrusivas (Anexo B – Columna estratificada).

Formación Hualhuani (Ki-hu)

La Formación Hualhuani, la cual se compone de areniscas cuarzosas de grano fino a medio, de color blanco a gris claro y marrón con menor cantidad de fangolitas rojas, algunas areniscas feldespáticas; marrón rojizo de grano fino a medio y capas conglomeráticas con clastos de cuarcita de hasta de 2 centímetros de espesor, esta formación se encuentra infrayaciendo a la Formación Arcurquina controlado por fallas inversas de bajo ángulo (thrust fault) al este del prospecto.

Formación Arcurquina (K-Ap-ar)

Está constituida por calizas de grano fino, en capas de entre 1 y 3 metros de grosor, las cuales se hallan entrecruzadas por abundantes vetillas de calcita las que oscilan de 1 mm a 40 mm, ocupando un 15% de la composición de la roca como también en algunas fracturas se han depositado concreciones de calcita y travertino, las cuales se encuentran disturbadas, mientras que otras son de laminación fina y quizá. Se presentan también capas nodulares y conglomerados intraformacionales, nódulos de chert. Cerca al cerro



Quimsachata la limonita lutítica roja forma una matriz de secuencia discordante de bloques de caliza caóticos con estilo de deformación similar a la Formación Calizas Ayavacas (al sur del área de estudio). Aquí también existen pliegues menores disarmónicos que han sido desarrollados en capas de grano fino de limonitas lutíticas entre capas de grano más grueso casi sin deformación. Las calizas muestran una ligera superficie Kárstica, definida por marcas, hoyos y salpicaduras producidas por la acción pluvial.

Grupo Tacaza – Cenozoico / Paleogeno (Pn-ta)

Es un grupo diverso con rocas volcánicas andesíticas teniendo en gran parte hasta un 50% de sedimentos terrestres. Las lavas son de olivino y/o augita porfirítica y se caracterizan por la presencia de minerales de cobre diseminado, principalmente malaquita, en las juntas, superficies de fracturas y rellenando amígdalas. Aunque este criterio general ha servido bastante bien en el mapeo de campo, es de conocimiento que regionalmente podría haber algún solapamiento cronoestratigráfico con volcánicos del Grupo Sillapaca.

Grupo Sillapaca

La secuencia está dominada por lavas, formando riscos principalmente de composición dacítica a tranquiandesítica y alcalinas, de colores claros. Las andesitas presentan andesina y ocasionalmente labradorita, fuertemente zonados y parcialmente microfacturados, en fenocristales euhedrales, maclados y ligeramente sericitizados, de textura porfirítica.

Grupo Maure

Litológicamente está constituido por una secuencia de sedimentos y piroclásticos; es decir, consistente de volcánicos estratificados (Ignimbritas, tobas aéreas, lavas,



andesitas basálticas) y sedimentos lacustres (predominan tobas retrabajadas, fangolitas, calizas con algunas areniscas, conglomerados y lutitas negras).

4.3.2. Geología Local.

Grupo Yura – Mesozoico / Albiano - Miembro Hualhuani (Ki-hu)

En el área de la concesión afloran areniscas cuarzosas de color blanquecino de grano fino ha medio, se encuentran ubicadas al Este del proyecto, infrayaciendo a la Formación Arcurquina, aflorando en estratos gruesos hasta siete metros, con rumbo al NE, buzamiento general al NW.

Mesozoico / Turoniano - Formación Arcurquina (K-Ap-Ar)

Aflora en la mayor parte de la concesión, con un rumbo general orientado al NE, con un buzamiento al NW, caracterizado por estar compuesto de estratos calcáreos de diferentes espesores y características físico químicas, las mismas que para su descripción se les ha denominado como A, B, C y D. Litológicamente esta unidad, está compuesta de calizas de color gris, gris oscuro a negro grisáceo, tornándose hasta un color marrón, con estratificación centimétrica y en paquetes, se presentan con fuerte deformación producto del tectonismo que sufrió la zona, con textura fina y granular; interestratificados por calizas con nódulos y concreciones de chert; así mismo, con venillas de calcita distribuidos en forma irregular dentro de los estratos; los estratos de margas calcáreas conjuntamente con las areniscas calcáreas de color amarillo insignificativamente se presentan interestratificado con los paquetes de caliza. Los afloramientos calcáreos de esta zona presentan rumbos y buzamientos variables, debido fundamentalmente a la presencia de estructuras tales como plegamientos (anticlinal y sinclinal) y fallamientos.

Cenozoico / Oligoceno - Grupo Tacaza (Pn-ta)

En el sector suroeste de la concesión afloran rocas volcánicas ampliamente

distribuidas de composición andesítica, de color amarillento, tobas de bloque, que suprayacen a las calizas de la Formación Arcurquina.

Cenozoico / Holoceno - Depósitos Cuaternarios (Qh-al)

El material cuaternario en el área está constituido por coluvios, producto de la erosión y el intemperismo que han sufrido las rocas pre – existentes en la zona y suelos producto de la erosión de la misma roca.

Podemos ubicar el plano geológico en el Anexo A.

4.3.2.1. Caliza Mudstone de Calquiya

En el área de estudio se realizó el análisis de tres secciones delgadas de este afloramiento de roca caliza, como podemos observar cada uno de ellos a continuación:



Figura 29. Muestra de la Caliza Mudstone de Calquiya M1.

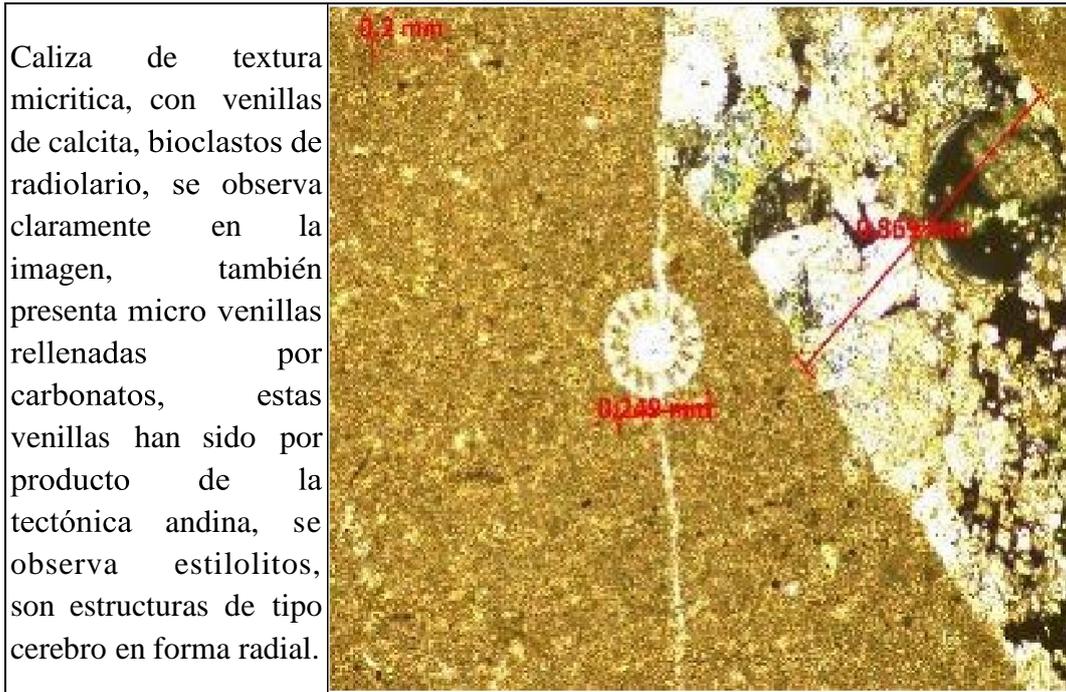


Figura 30. Sección delgada de la muestra de Caliza M1.



Figura 31. Muestra de la Caliza Mudstone de Calquiya M2.

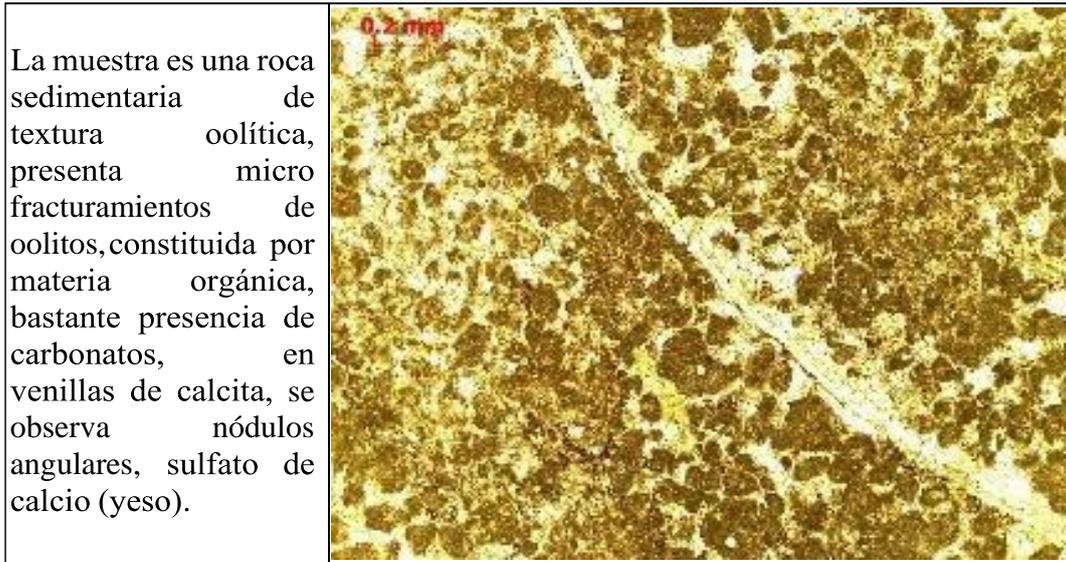


Figura 32. Sección delgada de la muestra de Caliza M2



Figura 33. Muestra de la Caliza Mudstone de Calquipa M3.

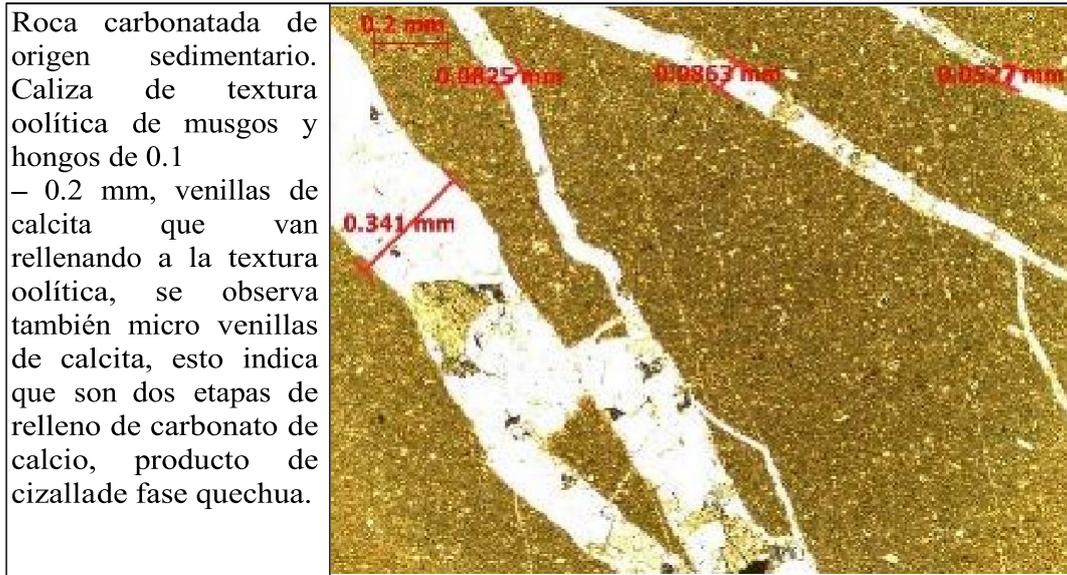


Figura 34. *Sección delgada de la muestra de Caliza M3.*

El informe del análisis de las muestras de roca caliza de Calquipa realizado en Laboratorios Analíticos del Sur, se encuentra en el anexo D

4.4. RESERVA DEL YACIMIENTO.

- Según el modelo de bloques que elaboró el área técnica de Calquipa (Perú), y proyectando nuestra operación en base a ello, en la cantera Negro Africano Calquipa tenemos alrededor de 531,572 TM. Con ley media de 82.50% CaCO_3 , 17.50% contiene otros elementos, (ver anexo D)
- La proyección de producción de mineral según las metas físicas para el año 2021 es de 346,361.00 TM. considerando una ley media 82.80% CaCO_3 .
- Para el año 2022, tendríamos un inventario de reservas alrededor de 152,840.00 TM. de mineral.
- El desmonte que se encuentra en el Pit I y Pit I Extensión, asciende a 835,746 TM, de acuerdo a los cálculos efectuados durante el año 2021 se deberían evacuar en su totalidad, porque no cumple con la ley requerida.

- La mayor cantidad de reservas se encuentra en el Nv. 4730, Nv. 4740, Nv. 4750, Nv. 4760, Nv. 4770 y Nv. 4780 respectivamente. Por lo que las operaciones estarán abocadas a estos niveles.

Las secciones geológicas y el pit final se encuentran en los anexos C y E correspondientemente.

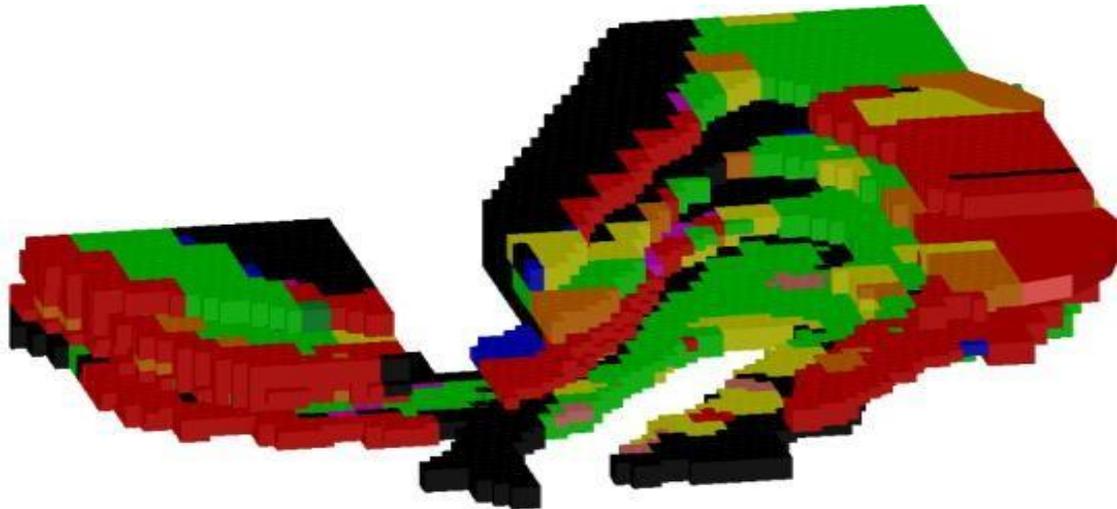


Figura 35. Modelo de bloques de la cantera Negro Africano (Calquipa).

Fuente: Plan de minado 2021 Calquipa.

- La producción de mineral para el año 2021, fue centrada en los bancos: Nv. 4730, Nv. 4750, Nv. 4760 y Nv. 4770 y Nv. 4780 (fase I), todos estos bancos en su totalidad tienen calidades encima de 82.50% CaCO₃.
- El Nv. 4730, Nv. 4740, Nv. 4770 y Nv. 4780; tendrá mineral de reserva para el año 2022.
- La evacuación de desmonte es de forma descendente para abrir plataformas en los bancos de producción comenzando del Nv. 4770 y terminando en el Nv. 4730.
- El desmonte del Nv. 4730 está ubicado debajo de la estructura mineralizada por lo que fue necesario operar bancos entre 7 y 8 metros



como máximo, y posterior a ello evacuarlo para que no interfiera en la operación de los camiones.

- Se tiene 75,838 TM. de material relleno en la rampa que actualmente usamos como camino, esta rampa será modificada por lo que fue necesario la evacuación de este material, esto con el objetivo aprovechar al máximo el mineral que se encuentra en el Pit.
- El secuenciamiento de minado está elaborado en base a la proyección de mineral que se tiene, además de ello se recomienda tener bastante cuidado en la explotación del mineral ya que existen anomalías geológicas que logran contaminar en gran forma el mineral de alta ley, por lo que considera ser selectivos al mínimo detalle.
- El mineral del Nv. 4750 tiene la característica de tener bastante contenido de calcita, como control se realiza la distribución correcta de esta ya que es necesario aprovecharlo para poder cumplir con los objetivos.

Tabla 5. *Plan de minado 2021 de la cantera el Negro Africano Calquipa.*

Plan de Producción 2021			
Banco	Mineral	Desmante	Total
Nv.4730	62,232.1	156,211.3	218,443.5
Nv.4740	76,187.2	224,447.1	300,634.4
Nv.4750	84,768.7	184,970.4	269,739.0
Nv.4760	40,370.1	158,291.1	198,661.2
Nv.4770	19,061.9	54,509.3	73,571.2
Nv.4780	-	67,648.5	67,648.5
Total	345,202.0	896,898.0	1,242,099.356

Fuente: Plan de minado 2021 Calquipa.



Figura 36. *Planeamiento de explotación de la cantera el Negro Africano (Calquipa).*

Fuente: Plan de minado 2021 Calquipa.



Figura 37. *Pit final y niveles de banco de la cantera el Negro Africano (Calquipa).*

Fuente: Plan de minado 2021 Calquipa.

4.5. OPERACIONES UNITARIAS.

4.5.1. Perforación.

La perforación se realiza con un equipo Sandvik DX 800, y se perfora con barras

de 2" x 10 pies con una broca de diámetro de 3 ½". La altura de los bancos de producción será de 10 metros; en estéril puede ser algo mayor y en algunos casos será inferior al inicio de las rampas y excavaciones. Se ha considerado una sobre perforación de 10% para obtener superficies uniformes. Se emplea una malla de perforación, con la característica siguiente:

- Taladros de producción con trazado triangular de 3,5 m x 4,5 m entre burden y espaciamento.
- En zona estéril se puede abrir la malla de perforación hasta 2 m x 2 m con trazos cuadrados o triangulares.



Figura 38. La máquina perforadora se encuentra realizando la perforación en la cantera el Negro Africano (Calquipa).

Fuente: Plan de minado Calquipa.

4.5.2. Voladura.

Se aplicará la voladura con el propósito de quebrar la matriz rocosa, en porciones de roca de tamaños más pequeños, mediante el empleo de agentes explosivos, estos fragmentos deben ser movidos o excavados por equipos de carguío para continuar con el

proceso. La voladura desarrollada en la cantera “Negro Africano”, es de tipo tradicional y encendido manual.

En la cantera Negro Africano, se considera a un accesorio de voladura, al agente, producto y/o dispositivo, empleado para transmitir, suministrar y/o emitir una fuerza de choque inicial, lo cual ayuda a la detonación del alto explosivo (Booster). Los accesorios de voladura utilizados en la cantera son los siguientes:

- Mecha de seguridad: La mecha de seguridad es utilizada para transmitir la energía (fuego), a una velocidad continua, para iniciar la detonación del fulminante N° 08.



Figura 39. *Mecha de Seguridad.*

- Fulminante N° 08: Los fulminantes utilizados en la cantera “Negro Africano”, están conformados por un casquillo cilíndrico de aluminio cerrado en unos de sus extremos, en cuyo interior lleva una carga primaria de un explosivo sensible a la chispa y otra carga secundaria de alto poder explosivo.



Figura 40. *Fulminante N°08.*

- Detonadores no eléctricos: El detonador no eléctrico, en la cantera “Negro Africano” es usado para iniciar de forma precisa y segura los explosivos sensibles al detonador (Altos explosivos).



Figura 41. *Detonadores no Eléctricos.*

- Detonador no eléctrico de retardo unidireccional: Este es utilizado para el encebado del alto explosivo (Booster), en los taladros de producción y tiempos de retardo entre los mismos. Este es utilizado para dar tiempo de retardo (42 m) entre línea y línea de voladura.



Figura 42. *Detonadores no Eléctricos de retardo unidireccional.*

- **Booster:** El Booster es empleado en la cantera “Negro Africano”, como un explosivo de alta potencia y gran seguridad, destinadas a la iniciación del explosivo de columna.



Figura 43. *Booster.*

- **ANFO** Es un producto, el cual proviene de la mezcla del nitrato de amonio grado ANFO y el combustible diésel, el cual tiene un gran rendimiento y bajo costo. Es utilizado para la fragmentación de la roca en la cantera “Negro Africano”.



Figura 44. *Apilado de Anfo.*

4.5.3. Carguío y Acarreo del mineral no metálico.

La roca fragmentada producto de la voladura es cargada y transportada desde los distintos niveles y/o bancos de explotación hacia la planta de trituración o botadero, para tal acción se dispone de equipos de carguío como excavadoras 336 DL y volquetes de 20 metros cúbicos.

Este proceso se resume en la siguiente secuencia:

- Preparación de la zona de trabajo.
- Posicionamiento de equipos.
- Retirar el material tumbado desde la frente de trabajo (carguío).
- Traspaso del material al equipo de transporte dispuesto para el traslado.
- Transporte del material a su lugar de destino (Planta, acopio, botaderos, etc.).
- Descarga del material.
- Retorno del equipo de transporte al punto de carguío (si es que requiere su retorno).



Figura 45. Carguío excavadora de CAT 336 DL, a un volquete de 20m³ en la cantera el Negro Africano.

El material disparado, se procederá a cargarlo de mineral o desmonte con una excavadora de CAT 336 DL, cuyo ciclo de carguío es de 4,0 minutos, teniendo que realizar 12 pases para cargar a los equipos de transporte que son de 20 m³

El transporte de mineral del Pit a la zona de chancado se realiza con volquetes de 20 m³, a través de rampas principales, con pendientes de 10%, favorables para el tránsito de los volquetes. Los equipos mencionados se desplazan por los circuitos de transporte, desde los puntos de carguío hacia los puntos de descarga (zona de chancado) y viceversa.



CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. LÍNEA DE BASE DEL ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN:

Desde el inicio de las operaciones de Calquipa específicamente en la cantera el Negro Africano, se ha utilizado un método empírico de muestreo de Detritos (con la mano), porque no se estableció un Protocolo de recolección de muestras de detritos por parte del área encargada.

No se cuenta con los equipos necesarios para la realización el muestreo de Detritos, llamémosle Auger, Conos, Tubos, etc.

Otro de los problemas presentes que se pudo evidenciar son las dimensiones cortas del Cono de muestreo, esto debido a las medidas del taladro de 3.5 pulgadas de diámetro y la altura de banco 10m, generan un cono pequeño y aplicar una técnica de muestreo para un cono de dimensiones cortas e irregular no es viable.

5.1.1. Muestreo de detritos en la cantera Calquipa.

El muestreo de Detritos en la cantera Calquipa se lleva de forma empírica, es decir, sin protocolo de muestreo de detritos establecido. Los errores cometidos en el momento de la recolección de muestra son los siguientes:

- Primero el trabajador no está capacitado para realizar dicho trabajo.



Figura 46. Personal de muestreo trabajando en la cantera Negro Africano (Calquipa).

En la figura 46, se puede apreciar al personal improvisando el muestreo de los conos de Perforación, al no haber una estandarización del proceso de muestreo.

- Segundo el trabajador coge la muestra con la mano, para el llenado en los sacos de muestreo.



Figura 47. Personal usando solo las manos en el recojo de muestra en la cantera Negro Africano (Calquipa).

- Tercero no hay un muestreador; un Auger o un cono, que ayude con el muestreo.
- Cuarto no se llena la muestra en las bolsas con el peso adecuado para su respectivo análisis.

- Quinto el cono generado en los pozos de perforación no tienen las dimensiones adecuadas y/o son irregulares para ser viable un muestreo correcto.



Figura 48. *Cono de dimensiones pequeñas e irregulares en la cantera Negro Africano (Calquipa).*

En la figura 48, se puede apreciar que las dimensiones de los conos son irregulares con alturas por debajo de los 30cm, que dificulta hacer un buen muestreo.

5.1.2. Fragmentación de la roca caliza en la cantera Calquipa.

Parámetros de perforación

- De acuerdo a una simulación programada se establece el tipo y capacidad del equipo de perforación.
- Para lograr el arranque de la roca in-situ, es necesario realizar perforaciones de taladros de 10.5 m en promedio y con diámetros de 3.5”, la malla de perforación y voladura calculado previamente en función a las características del macizo rocoso será de 2.2 m x 3.8 m (malla triangular), el mismo que se ajustará viendo los resultados de la fragmentación de la roca después de la voladura.



Programa de voladura

- Para cumplir con la producción se utilizará 357,306.80 Kg. de explosivo (Anfo P-45, Anfo S-45, Emulsión).
- Se utilizará un total de 7149.24 Und. de booster (1 Lb, 1/2 Lb).
- En cuanto a los accesorios de utilizar 8221.63 Und. detonador no eléctrico dual (15.2 metros y 9.0 metros); 747.22 Und. detonadores no eléctrico unidireccional; 249.0 Und. Detonador ensamblado; 373.5 Mts. De mecha rápida.
- En los meses de marzo, julio y noviembre se tiene planeado ejecutar voladuras en desmonte y habilitación de plataformas.
- Los parámetros de diseño de la malla de voladura son los siguientes; mineral
- 2.0 Mts. *4.0 Mts (burden*espaciamiento); desmonte 2.0 Mts. *3.9 Mts (burden*espaciamiento), el objetivo es tener granulometría más fina en desmonte para que el carguío sea más rápido e eficiente.
- La cantidad de explosivos a usar es considerablemente alta a comparación de años anteriores por lo que el requerimiento de explosivos será de forma mensual con el objetivo de garantizar el stock mínimo que debemos tener.



Tabla 6. *Parámetros de Perforación.*

PARAMETROS DE PERFORACION		
Diametro Taladro	Pulg.	3.50
Espaciamiento	Metros	4.00
Burden	Metros	2.00
Altura de Banco	Metros	10.0
Sobre Perforación	Metros	1.50
Inclinación	Grados	90°

Tabla 7. *Parámetros de Voladura.*

PARAMETROS DE VOLADURA		
Columna de Carga	Metros	5.0
Cámara de aire	Metros	4.0
Taco	Metros	2.5
Iniciador	Booster	1 lb.
Detonador Dual	Exsanel	17/800
Detonador Und.	Exsanel	100

En la tabla 7 y 8, se puede apreciar los parámetros tanto de perforación como de voladura aplicados en la cantera el Negro Africano.

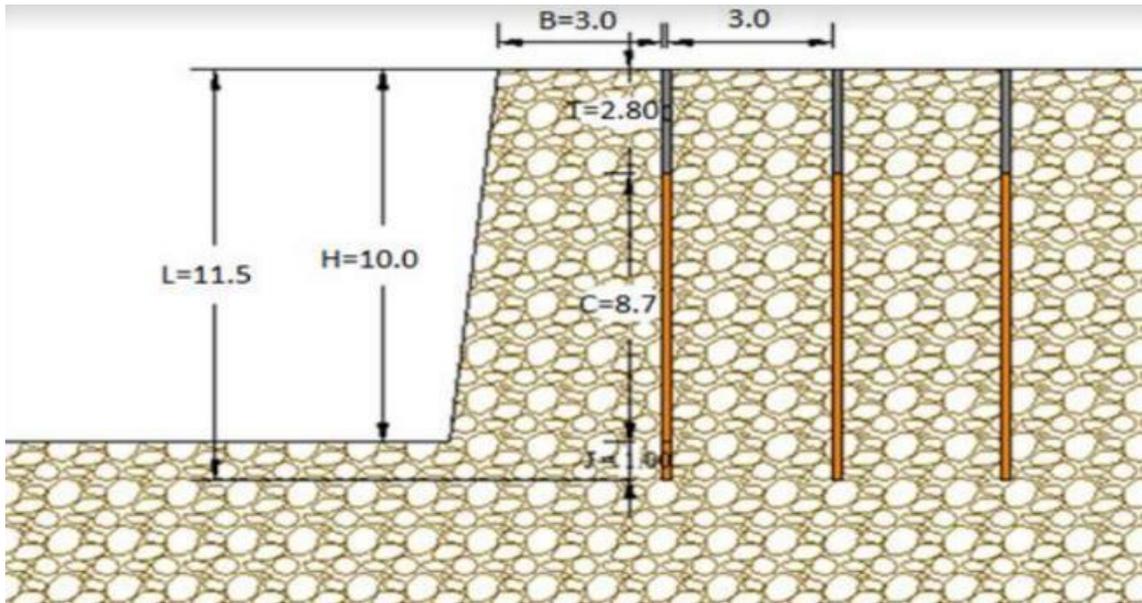


Figura 49. Diseño de los parámetros de perforación y voladura en la cantera Negro Africano (Calquipa).



Figura 50. Diseño de secuencia de salida en la cantera Negro Africano (Calquipa).



Figura 51. *Altura de banco en la cantera Negro Africano (Calquipa).*

La medición de la fragmentación en Calquipa no se hace, solo se aplica el método más común que es evaluar la fragmentación con una simple estimación visual de las rocas sobre la superficie de la pila. Si bien ésta es una manera de detectar los problemas más superficiales, es una forma demasiado subjetiva para llevar a cabo un programa de evaluación profunda de la voladura en la cantera el Negro Africano (Calquipa).

Al hacer un análisis de la fragmentación de rocas con el software Split Desktop, se presentó dos problemas;

En el primer análisis de fragmentación se obtuvo el siguiente resultado:

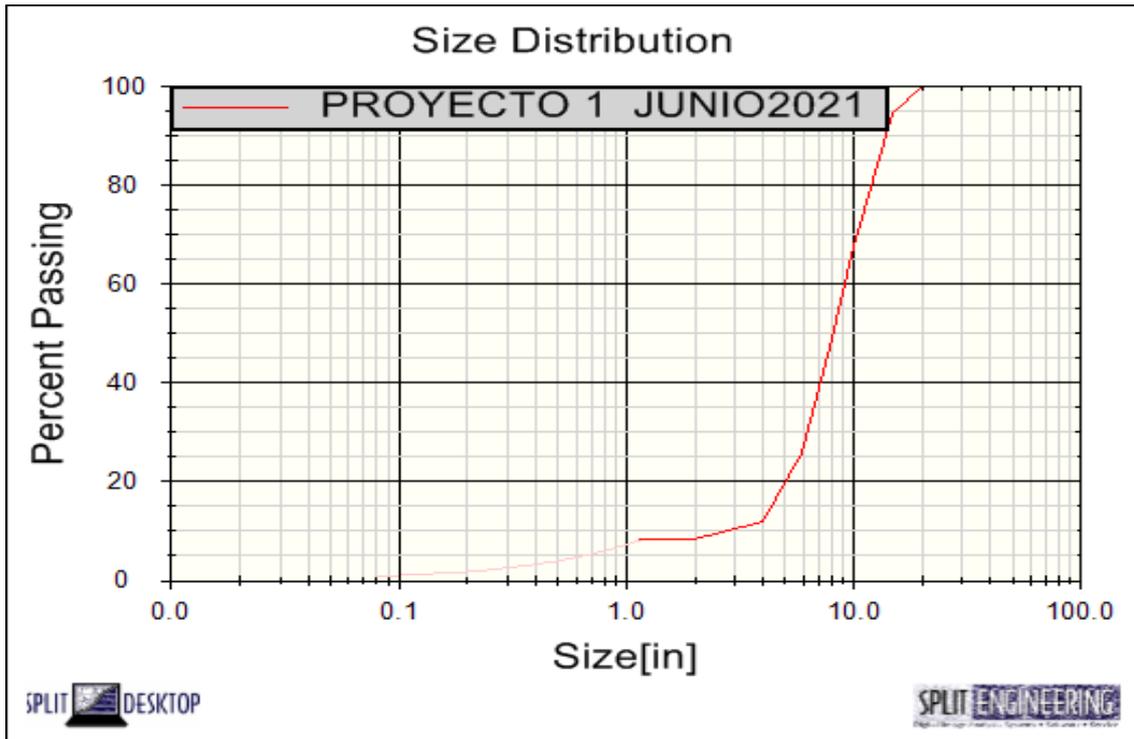


Figura 52. Curva de distribución de fragmentación del proyecto de la cantera Negro Africano (Calquipa).

Tabla 8. Tabla de tamaño y porcentaje de pasante de la fragmentación de rocas.

Size[cm]	Size[in]	% Passing
63.5	25	100
38.1	15	94.56
25.4	10	67.3
20.32	8	47.11
15.24	6	25.79
10.16	4	11.78
5.08	2	8.37
2.54	1	7.28
1.905	0.75	5.69
1.27	0.5	4.02
0.9652	0.38	3.15
0.635	0.25	2.22
0.4826	0.19	1.73
0.2032	0.08	0.82

En la tabla 9, se aprecia el resultado obtenido de la fragmentación de Rocas, se puede deducir que la presencia de finos es mayor al 7%, en consecuencia, se puede decir que hay una cantidad exagerada de finos en la voladura.



Figura 53. En la imagen se observa el tamaño de fragmentos de roca que son muy pequeños en la cantera Negro Africano (Calquiya), presencia de finos mayor al 7%.

En la figura 53, se aprecia el resultado obtenido de la fragmentación de Rocas, se puede deducir que la presencia de finos es mayor al 7%.

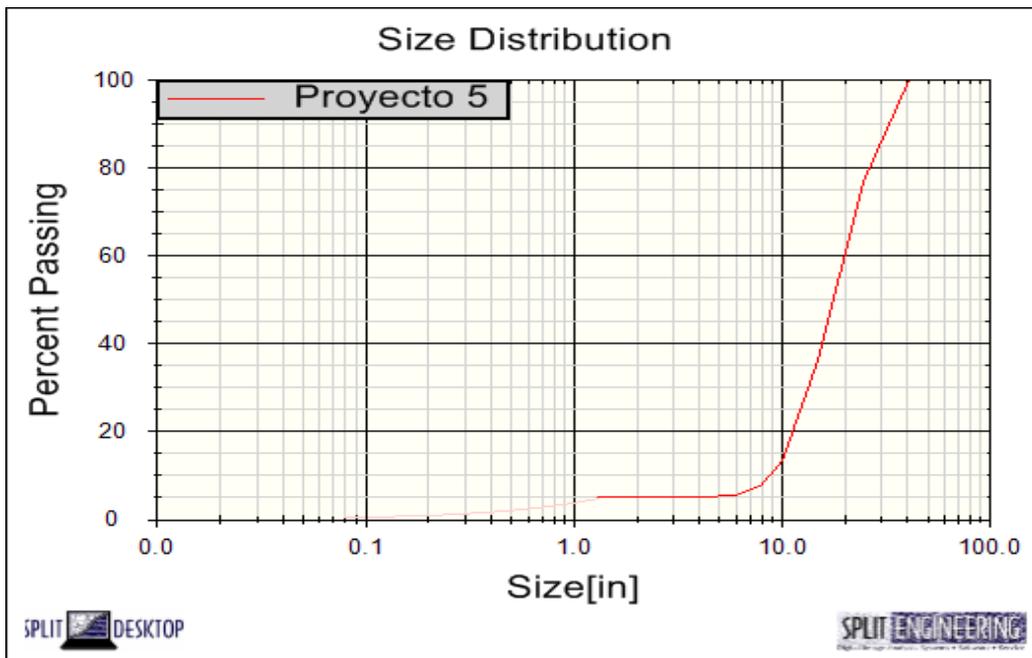


Figura 54. Curva de distribución de fragmentación del proyecto de la cantera Negro Africano (Calquiya).

Tabla 9. *Tabla de tamaño y porcentaje de pasante de la fragmentación de rocas.*

Size[cm]	Size[in]	% Passing
127	50	100
63.5	25	98.75
38.1	15	65.3
25.4	10	28.73
20.32	8	16.52
15.24	6	9.46
10.16	4	7.36
5.08	2	7.18
2.54	1	6.79
1.905	0.75	5.51
1.27	0.5	4.09
0.9652	0.38	3.32
0.635	0.25	2.46
0.4826	0.19	1.99
0.2032	0.08	1.05

En la tabla 10 se aprecia el resultado obtenido del análisis de la fragmentación de Rocas, el 40 % de la roca fragmentada es mayor a 10 pulgadas, es decir que en la voladura se presenta bolones en su mayoría.

Según los análisis que se hicieron en los proyectos en resumen se obtuvo los siguientes resultados:

PROYECTO 06-05-2021

- F50 = 8.26 pulgadas (20.98 cm)
- F80 = 11.64 pulgadas (29.57cm)
- Porcentaje de Finos = 6.82%



PROYECTO 15-06-2021

- F50 = 4.31 pulgadas (10.95 cm)
- F80 = 8.09 pulgadas (20.55 cm)
- Porcentaje de Finos = 10.21 %

PROYECTO 06-05-2021

- F50 = 5.81 pulgadas (14.76 cm)
- F80 = 8.58 pulgadas (21.79 cm)
- Porcentaje de Finos = 15.94%

PROYECTO 10-05-2021

- F50 = 5.35 pulgadas (13.59 cm)
- F80 = 8.04 pulgadas (20.42cm)
- Porcentaje de Finos = 15.51 %

PROYECTO 5

- F50 = 12.8 pulgadas (32.51 cm)
- F80 = 17.57 pulgadas (44.63 cm)
- Porcentaje de Finos = 12.91 %

PROMEDIO DE DATOS DE LOS PROYECTOS

F50	7.30 Pulgadas
F80	10.78 Pulgadas
PORCENTAJE DE FINOS	12.27 %

En resumen, el promedio del porcentaje de finos es mayor a 7%, es decir que en

todos los proyectos de voladura hay una cantidad muy alta de finos, según el estándar de voladura el porcentaje de finos tiene que ser como máximo un 7%.



Figura 55. Se observa los bolones después de la fragmentación post voladura en la cantera Negro Africano (Calquipa).

En la figura 55, se aprecia la presencia de rocas mayores a 10 pulgadas, es decir que la voladura generó bolones.

5.1.3. Calidad del óxido de calcio en la cantera Calquipa.

Tabla 10. Flujo de caja operativo de línea base.

Flujo de Caja Operativo	Año 2021			
	Mayo	Junio	Julio	Promedio
Producción de cal				
Cotización de la Cal (US\$/TM)	225	225	225	
Tonelaje mensual (TM/mes):	59,845.27	61,243.42	60,981.64	182,070.33
Ley promedio (%CaCO ₃):	51.63	51.14	52.09	51.62
Recuperación Metalúrgica (%):	82.36%	82.73%	81.02%	82.04%
Ingreso por ventas US\$:	5,725,729.3	5,829,961.7	5,790,662.0	5,782,117.7
Costos operativos				
Costo por tonelada mina (US\$/TM):	2.297	2.330	2.668	2.431

Costo por tonelada planta (US\$/TM):	5.367	5.463	5.427
Costo total (US\$):	458,624.23	477,261.40	493,615.88
Utilidad Operativa US\$:	5,267,105.1	5,352,700.3	5,297,046.1

En la tabla 11 se puede ver una recuperación metalúrgica menor al 85%, esto debido a un mal muestreo de detritos que se hace en la cantera el negro africano y a una cantidad muy alta de finos existentes post voladura, en consecuencia, a estas razones se genera la dilución, es decir entre mayor dilución haya menor será la recuperación metalúrgica.

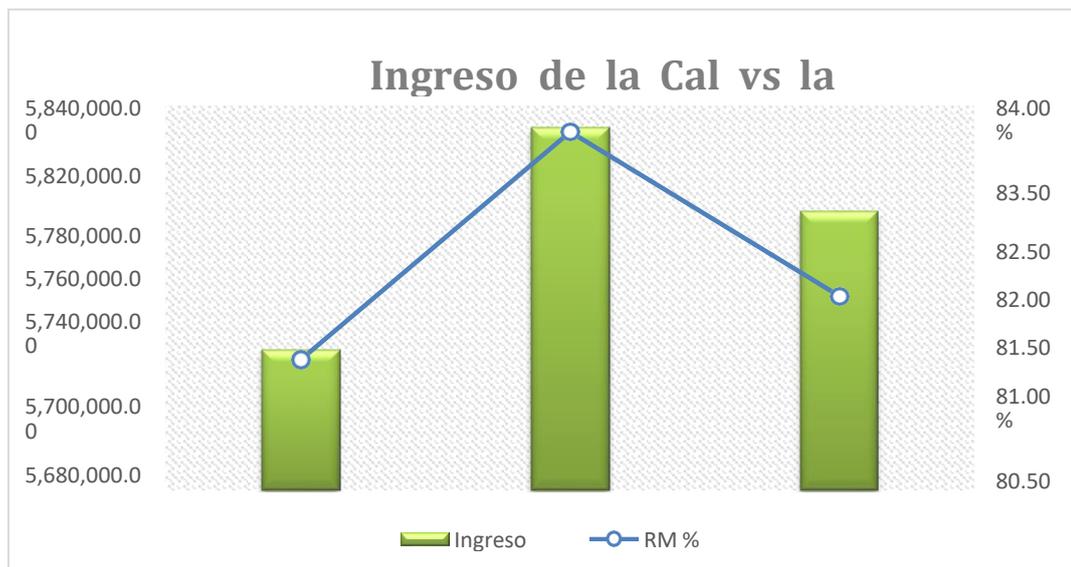


Figura 56. Tabla de ingreso cal vs RM en la cantera Negro Africano (Calquiya).

En la figura 56, se aprecia una comparación de barras entre el ingreso de Cal mensual vs la Recuperación Metalúrgica.

5.2. MINIMIZANDO LA DILUCIÓN DEL MINERAL POR ERROR DE MUESTREO EN LOS DETRITOS DE CALIZA:

Viendo los problemas que se presentan en el recojo de muestra de detritos, la malla de perforación diseñada con 3.5 pulgadas de diámetro del taladro, una altura de 10 metros de banco y una sobre perforación de 1.5 metros, generan un cono de dimensiones

irregulares, con una altura de 30 centímetros y un volumen pequeño, haciendo nada viable la realización de la toma de muestra de detritos.



Figura 57. *Altura de cono inadecuado generada post perforación en la cantera Negro Africano (Calquipa).*



Figura 58. *Conos irregulares y de dimensiones pequeñas en toda la malla en la cantera Negro Africano (Calquipa).*

La solución frente al problema fue el diseño de una nueva malla de perforación, donde se vio por conveniente únicamente la ampliación del diámetro del taladro de 3.5 pulgadas a 5 pulgadas, con este cambio se obtuvo un aumento de las dimensiones del cono, con una altura de 90 centímetros en promedio y un volumen adecuado para la realización de un muestreo sistemático de detritos.

Con el resultado de las nuevas dimensiones del cono, es factible la aplicación del Auger para la toma de muestras y por ende la aplicación de la técnica de muestreo sistemático por kilos.

En el protocolo de muestreo se incluye un aumento en el número de inserciones que se haga con el auger (material: Acero Inoxidable, cuya composición es hierro 97% y carbono 3% en los conos de detritos en una malla de perforación. Actualmente se está utilizando el auger de 21” de largo por 3” de diámetro.



Figura 59. *Inserciones con auger en la cantera Negro Africano (Calquiya).*

El procedimiento para la colección de las muestras es como sigue:

- El muestrero tiene como referencia el mapa del diseño de la malla de perforación con la ubicación de todos los taladros a perforar.
- En el campo, el Muestrero Senior verificará la información del número de la fase, número de malla, número de banco (tomando como referencia la cota de la base del pozo de voladura), letra y número de los taladros perforados

- Los muestreros usaron el auger para recolectar la muestra haciendo 6 inserciones en el cono de detritos y siguiendo un orden de inserciones de un taladro a otro. Obteniéndose 15 Kg. de muestra.



Figura 60. *Protocolo de inserciones con auger en la cantera Negro Africano (Calquiya).*

- Los muestreros realizaron la primera inserción en la cresta del cono, las otras dos inserciones se tomaron a unos 15 a 20 cm debajo del primero. El mismo trabajo se realizará al lado opuesto del cono de tal manera que contenga la mayor cantidad de material grueso alrededor del espiral del auger.



Figura 61. *Inserción triangular con auger en la cantera Negro Africano (Calquipa).*

5.2.1. Ley y tonelaje antes de la aplicación del método de muestreo de los polígonos de extracción.

Se puede apreciar que sin el replanteo de polígonos de extracción no se logró cumplir con el tonelaje de mineral ni con la ley de caliza programada se terminó con una ley de corte oficial de 51.63 % sin lograr los objetivos que era cumplir o superar el tonelaje y ley de corte programados.

Tabla 11. *Producción del mes programado.*

PRODUCCION MENSUAL PROGRAMADO MAYO 2021			
Acarreo Planta Mineral Horno Maerz	M	Ley	Recuperación
Ton.	toneladas	promedio	Metalúrgica
		(%CaCO₃)	(%)
Mineral Banda P-02 (53%)	20,000.00	51.63	44.36%
Mineral Banda P-03 (22%)	8,301.89	49.12	18.00%
Fino Banda P-01 (25%)	9,433.96	50.65	20.00%
Desmonte Extracción	66,583.09	.	.
Total, de Material	104,318.94		
Stripping Ratio D/M	1.76		

Tabla 12. Producción del mes oficial.

PRODUCCION MENSUAL OFICIAL MAYO 2021			
Acarreo Planta Mineral Horno Maerz Ton.	M toneladas	Ley promedio (%CaCO ₃)	Recuperación Metalúrgica (%)
Mineral Banda P-02 (53%)	20,902.00	50.01	45.35%
Mineral Banda P-03 (22%)	8,200.21	48.22	16.03%
Fino Banda P-01 (25%)	8,989.67	49.12	20.15%
Desmorte Extracción	65,434.02	.	.
Total, de Material	103,525.90		
Stripping Ratio D/M	1.72		

En la figura 62, se puede observar cómo es que la ley programada no se cumple con respecto a la ley de corte oficial por mes. No se aplicó el método de muestreo de los polígonos de extracción.

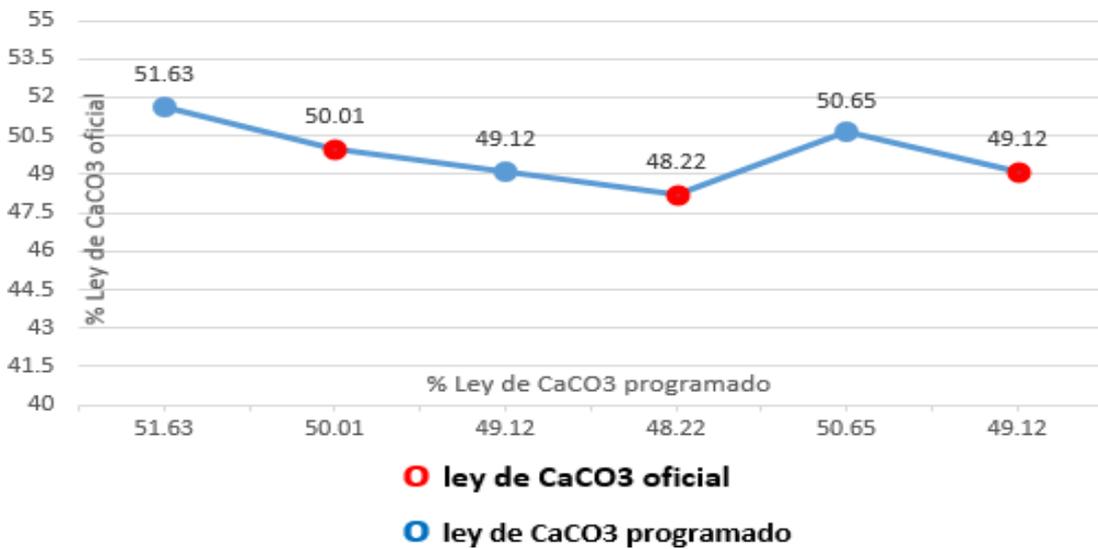


Figura 62. Ley de caliza programada vs ley de corte oficial



Tabla 13. *Producción del mes programado.*

PRODUCCION MENSUAL PROGRAMADO JUNIO 2021			
Acarreo Planta Mineral Horno Maerz	M	Ley	Recuperación
Ton.	toneladas	promedio	Metalúrgica
		(%CaCO₃)	(%)
Mineral Banda P-02 (53%)	19,990.00	52.34	46.32%
Mineral Banda P-03 (22%)	8,297.74	49.35	17.41%
Fino Banda P-01 (25%)	9,429.25	51.23	19.00%
Desmonte Extracción	69,746.14	.	.
Total, de Material	107,463.13		
Stripping Ratio D/M	1.85		

Tabla 14. *Producción del mes oficial.*

PRODUCCION MENSUAL OFICIAL JUNIO 2021			
Acarreo Planta Mineral Horno Maerz	M	Ley	Recuperación
Ton.	toneladas	promedio	Metalúrgica
		(%CaCO₃)	(%)
Mineral Banda P-02 (53%)	19,121.00	49.89	42.44%
Mineral Banda P-03 (22%)	7,899.89	48.6	19.12%
Fino Banda P-01 (25%)	9,879.05	49.78	20.12%
Desmonte Extracción	69,900.51	.	.
Total, de Material	106,800.45		
Stripping Ratio D/M	1.89		

En la figura 63, se puede observar cómo es que la ley programada no se cumple con respecto a la ley de corte oficial por mes. No se aplicó el método de muestreo de los polígonos de extracción.

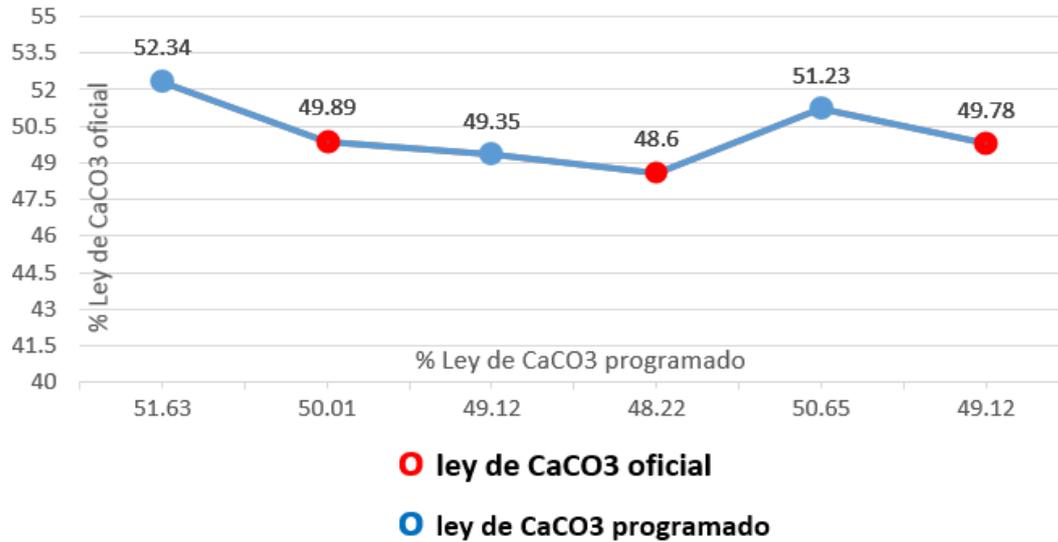


Figura 63. Ley de caliza programada vs ley de corte oficial.

Tabla 15. Producción del mes programado.

PRODUCCION MENSUAL PROGRAMADO JULIO 2021			
Acarreo Planta Mineral Horno Maerz Ton.	M toneladas	Ley promedio (%CaCO ₃)	Recuperación Metalúrgica (%)
Mineral Banda P-02 (53%)	20,320.00	52.02	41.00%
Mineral Banda P-03 (22%)	8,434.72	49.5	20.02%
Fino Banda P-01 (25%)	9,584.91	53.72	20.00%
Desmonte Extracción	66,639.46	.	.
Total, de Material	104,979.09		
Stripping Ratio D/M	1.74		

Tabla 16. Producción del mes oficial.

PRODUCCION MENSUAL OFICIAL JULIO 2021			
Acarreo Planta Mineral Horno MaerzTon.	M toneladas	Ley promedio (%CaCO ₃)	Recuperación Metalúrgica (%)
Mineral Banda P-02 (53%)	20,900.00	50.02	41.03%

Mineral Banda P-03 (22%)	8,560.34	47.98	20.00%
Fino Banda P-01 (25%)	9,890.51	50.65	20.11%
Desmorte Extracción	65,120.45	.	.
Total, de Material	104,471.30		
Stripping Ratio D/M	1.65		

En la figura 64, se puede observar cómo es que la ley programada no se cumple con respecto a la ley de corte oficial por mes. No se aplicó el método de muestreo de los polígonos de extracción.

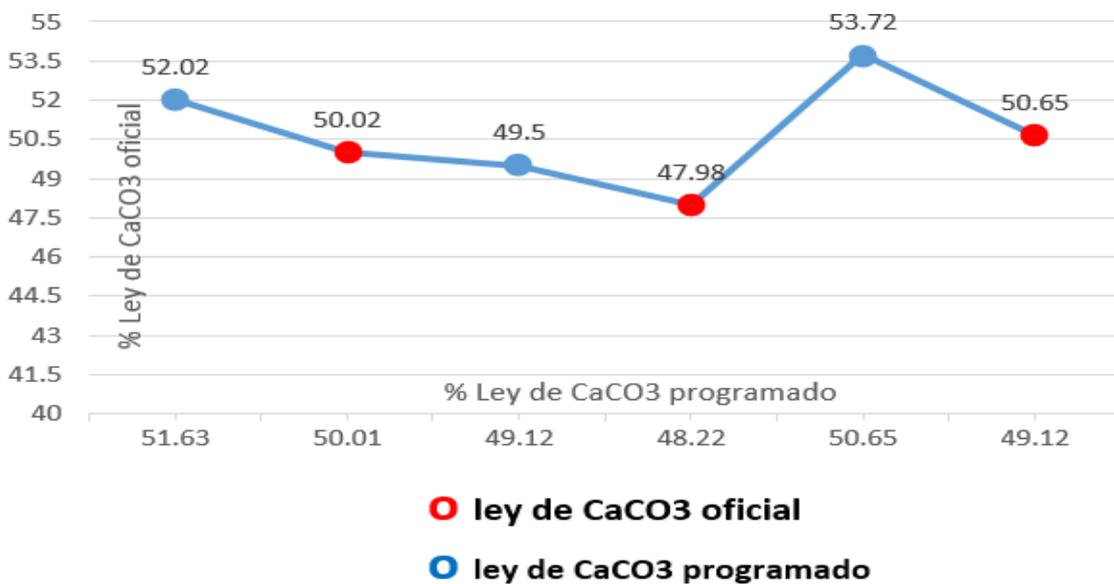


Figura 64. Ley de caliza programada vs ley de corte oficial.

5.2.2. Ley y tonelaje después de la aplicación del método de muestreo de los polígonos de extracción.

Con la aplicación del método de muestreo de polígonos de extracción tenemos los siguientes resultados que reflejan una mejora en el tonelaje y una ley de corte programada que se cumple hasta con una leve mejora todo esto producto de una buena delimitación de los polígonos de extracción en campo y a que se remarca constantemente los polígonos hasta que son minado.

Tabla 17. *Producción del mes programado.*

PRODUCCION MENSUAL PROGRAMADO AGOSTO 2021			
Acarreo Planta Mineral Horno Maerz	M	Ley promedio	Recuperación Metalúrgica
Ton.	toneladas	(%CaCO₃)	(%)
Mineral Banda P-02 (53%)	21,254.00	52.02	48.01%
Mineral Banda P-03 (22%)	8,822.42	40.5	21.00%
Fino Banda P-01 (25%)	10,025.47	51.65	20.10%
Desmante Extracción	74,225.50	.	.
Total, de Material	114,327.39		
Stripping Ratio D/M	1.85		

Tabla 18. *Producción del mes oficial.*

PRODUCCION MENSUAL OFICIAL AGOSTO 2021			
Acarreo Planta Mineral Horno Maerz	M	Ley promedio	Recuperación Metalúrgica
Ton.	toneladas	(%CaCO₃)	(%)
Mineral Banda P-02 (53%)	21,004.00	53.25	49.00%
Mineral Banda P-03 (22%)	8,120.42	48.52	21.12%
Fino Banda P-01 (25%)	10,606.47	53.65	20.65%
Desmante Extracción	77,455.50	.	.
Total, de Material	117,186.39		
Stripping Ratio D/M	1.95		

En la figura 65, se puede observar cómo es que la ley programada se cumple y hasta se mejora con respecto a la ley de corte oficial por mes debido a que se aplicó el método de muestreo de polígonos de extracción en los disparos de las diferentes fases de producción.

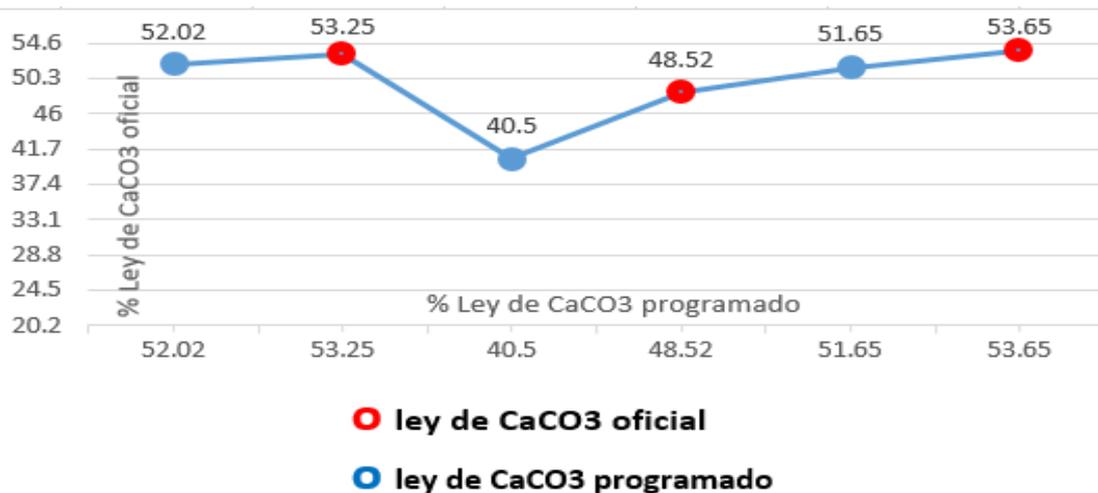


Figura 65. Ley de caliza programada vs ley de corte oficial.

Tabla 19. Producción del mes programado.

PRODUCCION MENSUAL PROGRAMADO SEPTIEMBRE 2021			
Acarreo Planta Mineral Horno Maerz Ton.	M toneladas	Ley promedio (%CaCO3)	Recuperación Metalúrgica (%)
Mineral Banda P-02 (53%)	20,450.00	50.14	48.35%
Mineral Banda P-03 (22%)	8,488.68	48.5	22.40%
Fino Banda P-01 (25%)	9,646.23	50.01	20.10%
Desmonte Extracción	70,437.22	.	.
Total, de Material	109,022.13		
Stripping Ratio D/M	1.83		

Tabla 20. Producción del mes oficial.

PRODUCCION MENSUAL OFICIAL SEPTIEMBRE 2021			
Acarreo Planta Mineral Horno Maerz Ton.	M toneladas	Ley promedio (%CaCO3)	Recuperación Metalúrgica (%)
Mineral Banda P-02 (53%)	20,960.00	53.11	48.68%
Mineral Banda P-03 (22%)	7,876.34	50.23	22.11%
Fino Banda P-01 (25%)	10,121.43	52.04	20.20%
Desmonte Extracción	69,657.42	.	.
Total, de Material	108,615.19		
Stripping Ratio D/M	1.79		

En la figura 66, se puede observar cómo es que la ley programada se cumple y hasta se mejora con respecto a la ley de corte oficial por mes debido a que se aplicó el método de muestreo de polígonos de extracción en los disparos de las diferentes fases de producción.

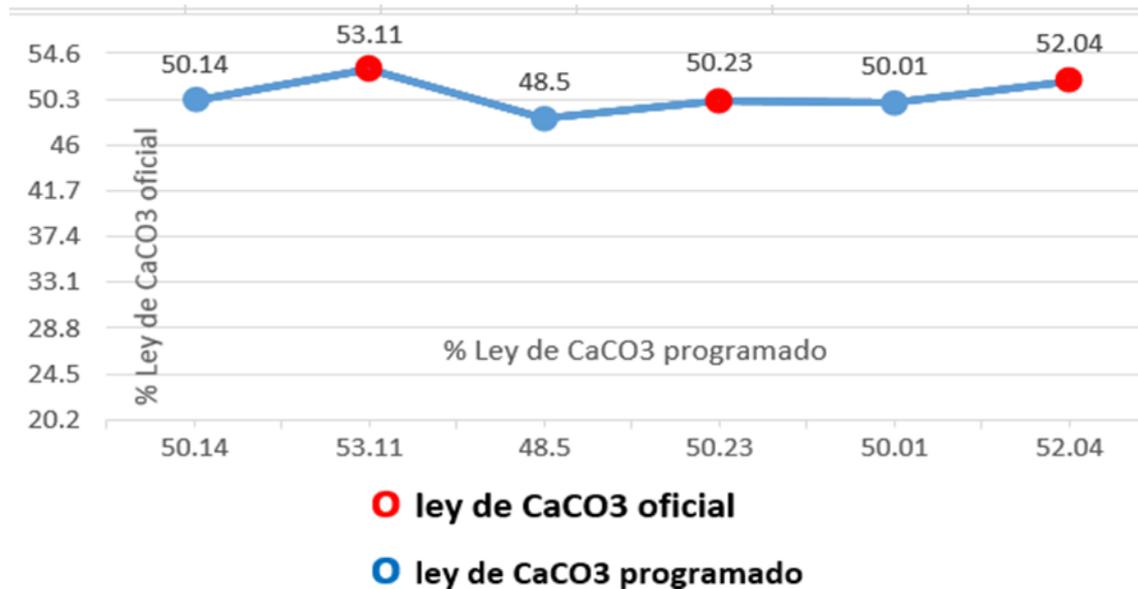


Figura 66. Ley de caliza programada vs ley de corte oficial.

Tabla 21. Producción del mes programado.

PRODUCCION MENSUAL PROGRAMADO OCTUBRE 2021			
Acarreo Planta Mineral Horno Maerz Ton.	M toneladas	Ley promedio (%CaCO ₃)	Recuperación Metalúrgica (%)
Mineral Banda P-02 (53%)	20,500.00	51.21	48.00%
Mineral Banda P-03 (22%)	8,509.43	45.32	21.40%
Fino Banda P-01 (25%)	9,669.81	49.65	20.10%
Desmonte Extracción	69,599.93	.	.
Total, de Material	108,279.17		
Stripping Ratio D/M	1.8		

Tabla 22. Producción del mes oficial.

PRODUCCION MENSUAL OFICIAL OCTUBRE 2021			
Acarreo Planta Mineral Horno Maerz Ton.	M toneladas	Ley promedio (%CaCO3)	Recuperación Metalúrgica (%)
Mineral Banda P-02 (53%)	20,121.54	53.22	48.34%
Mineral Banda P-03 (22%)	9,456.11	49.43	21.70%
Fino Banda P-01 (25%)	8,729.81	50.45	20.20%
Desmote Extracción	70,645.34	.	.
Total, de Material	108,952.80		
Stripping Ratio D/M	1.84		

En la figura 67, se puede observar cómo es que la ley programada se cumple y hasta se mejora con respecto a la ley de corte oficial por mes debido a que se aplicó el método de muestreo de polígonos de extracción en los disparos de las diferentes fases de producción.

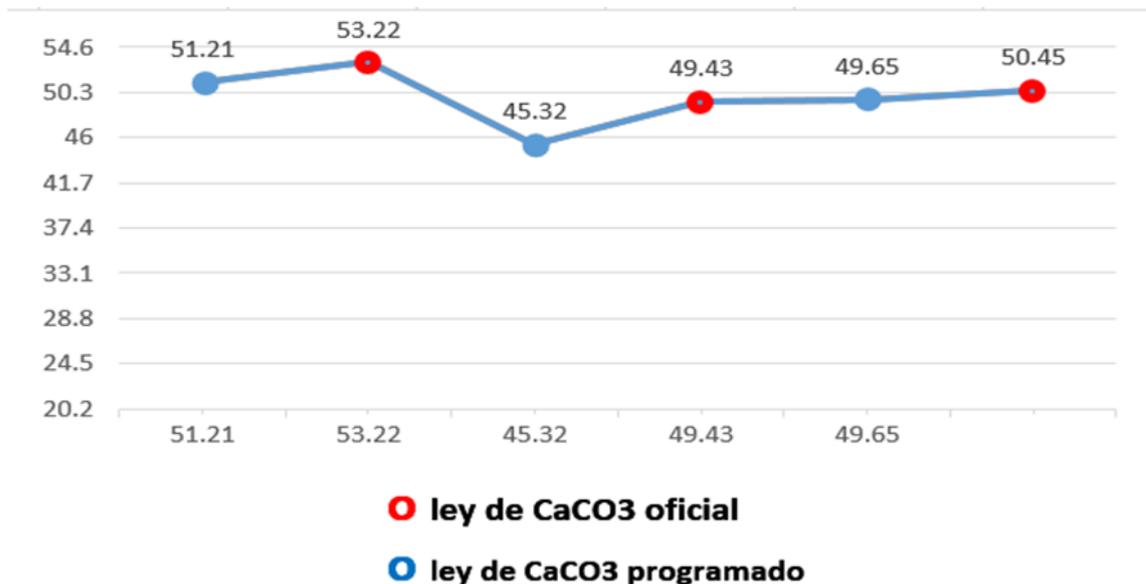


Figura 67. Ley de caliza programada vs ley de corte oficial.

5.3. ANÁLISIS DE LOS PROYECTOS DE LA FASE 1 Y FASE 2 DE LA CANTERA EL NEGRO AFRICANO.

5.3.1. Proyecto 4840-037.

Este proyecto se monitorea en la fase 1 y fase 2, para fines de producción con una roca de dureza media y densidad de 2.5. La voladura se realizó con taladros de producción y amortiguación, sin taladros Trim y precorte.

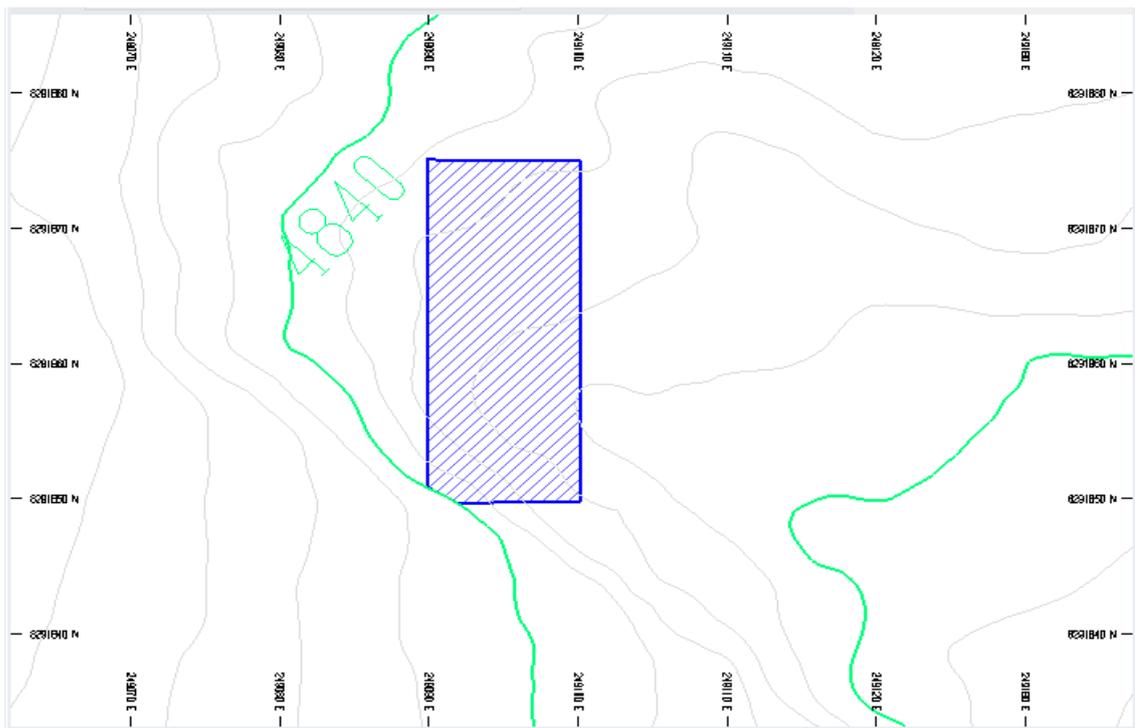


Figura 68. Plano de ubicación de proyecto 4840-037 de la cantera Negro Africano (Calquipa).

5.3.1.1. Diseño de Carga de Proyecto 4840-037.

- Nivel del Proyecto: 4840
- Denominación de Proyecto: 037
- Fase: 1 y 2
- Taladros:12
- Velocidad Pico Particula: 073mm/s

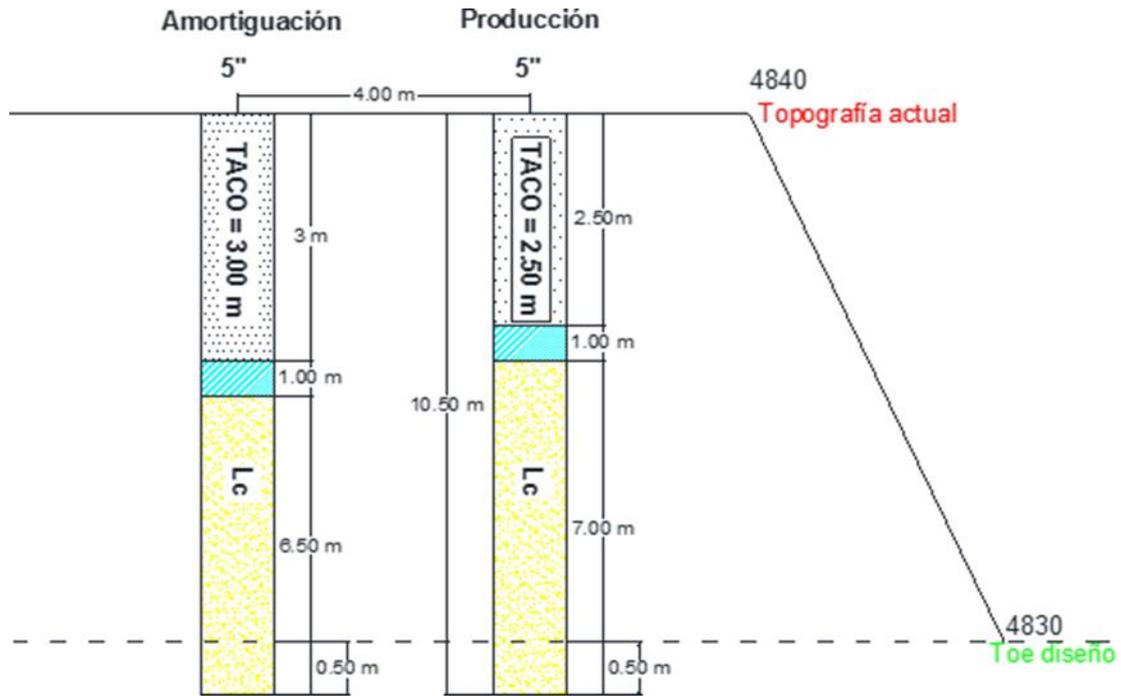


Figura 69. Diseño de los parámetros del proyecto 4840-037 la cantera Negro Africano (Calquipa).

Tabla 23. Tabla de parámetros de la nueva malla Proyecto 4840-037.

Parámetros:	Valores		Unidades
	Producción	Contorno	
D (φ"):	5	5	"
Malla:	Cuadrada		metros
B:	4.00	4.00	metros
E:	4.00	4.00	metros
SP:	0.50	0.50	metros
Hb:	10.00	10.00	metros
L:	10.5	10.5	metros
T:	3.50	4.00	metros
Lc:	7	6.5	metros
Dc:	10.77	10.77	Kg-exp/m
Cex:	75.42	70.03	Kg-exp/tal
TR:	400.00	400.00	TM/tal
RIB:	2.50	2.50	
FC:	0.19	0.18	Kg-exp/TM

En la tabla 24 se aprecia los parámetros del diseño de la nueva malla fue de B=4, E=4, con una profundidad de taladro de 10.5 m, sobre perforación de 0.5m, con una carga explosiva Heavy Anfo 1.15 y 0.85, cámara de aire de 1m.

Algunos de los resultados se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 24. *Tabla de parámetros de la nueva malla.*

Descripción	N° de Taladros	Diámetro	Longitud de Carga	Kg Exp/Tal
Producción	6	5 pulgadas	7m	75.73
Amortiguación	6	5 pulgadas	6.5m	70.03

Tabla 25. *Tabla de resumen del performance del proyecto 4840-037.*

Nombre del Explosivo	Total de explosivo en kg	Tonelaje del Proyecto	Factor de Carga
Heavy ANFO 1.15	976.7	4800 TM	0.18

5.3.1.2. Secuencia de salida del Proyecto 4840-037.

La secuencia de salida que se diseñó para el proyecto 4840-037, fue:

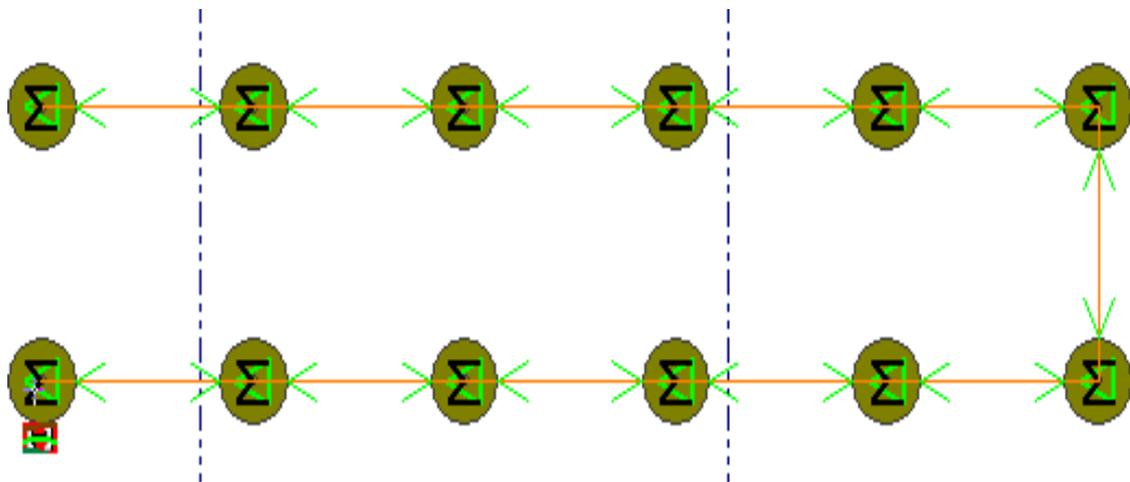


Figura 70. *Secuencia de salida de la malla del proyecto 4840-037 en la cantera Negro Africano (Calquipa).*

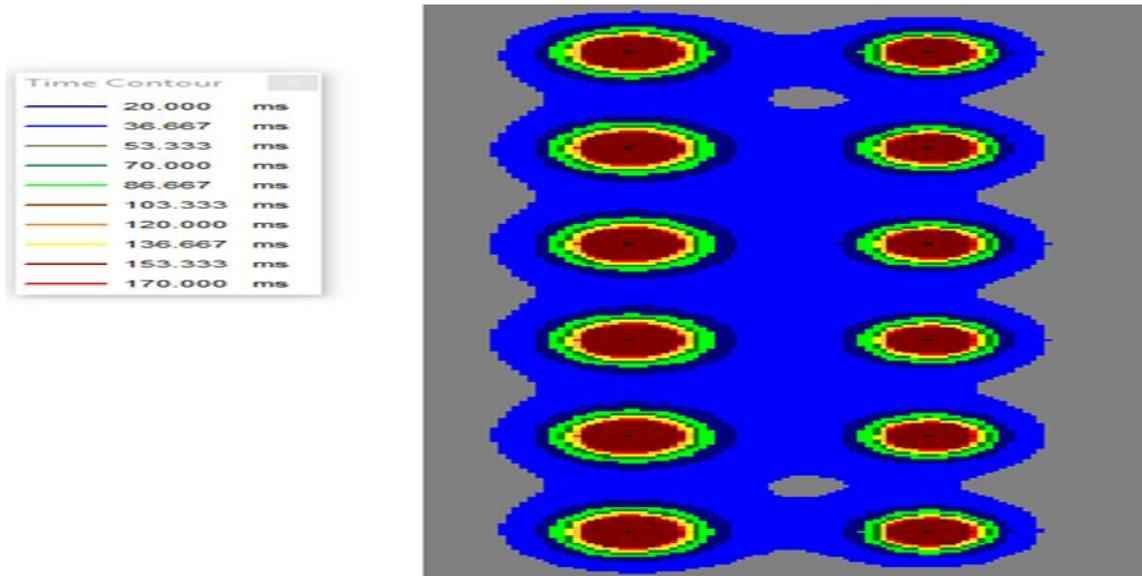


Figura 71. Distribución de energía de los taladros del proyecto 4048-037 de la cantera Negro Africano (Calquipa).

5.3.1.3. Análisis de fragmentación del Proyecto 4840-037.

El análisis de fragmentación del proyecto 4048-037 se hizo con el software Split Desktop, los resultados obtenidos fueron:

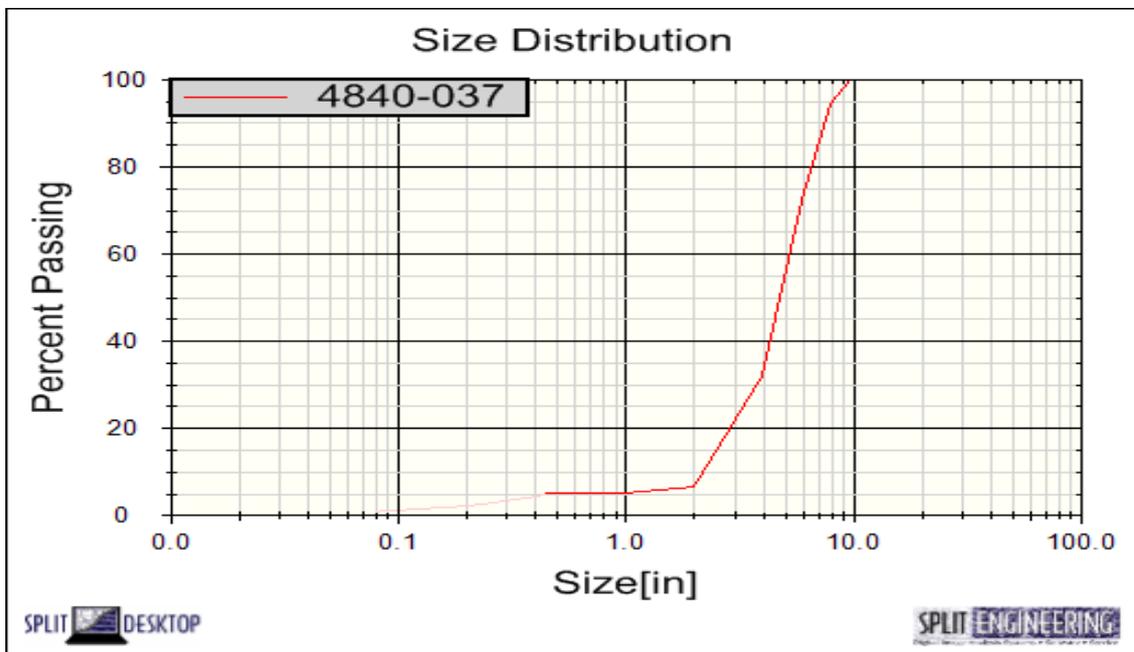


Figura 72. Curva de distribución de fragmentación del proyecto 4840-037 de la cantera Negro Africano (Calquipa).

Tabla 26. *Tabla de tamaño y porcentaje de pasante de la fragmentación de rocas.*

Size[cm]	Proyecto 4840-037		% Passing
	Size[in]		
25.4	10		100
20.32	8		94.33
15.24	6		72.15
10.16	4		31.79
5.08	2		6.51
2.54	1		5.07
1.905	0.75		5.06
1.27	0.5		5.05
0.9652	0.38		4.23
0.635	0.25		2.9
0.4826	0.19		2.21
0.2032	0.08		0.98

Según la figura 72 y tabla 27, el resultado obtenido de la fragmentación de Rocas del proyecto 4840-037, se puede deducir que la presencia de finos es menor al 7%, en consecuencia, se puede decir que se está en los límites internacionales de voladura, también se puede ver que no hay presencia de rocas mayores a 10 pulgadas, por ende, hubo una mejora en la granulometría generado post voladura.



Figura 73. *Resultados post voladura del proyecto 4840-037 la cantera Negro Africano (Calquiipa).*

5.3.2. Proyecto 4840-038.

Este proyecto se monitorea en la fase 1 y fase 2, para fines de producción con una roca de dureza media y densidad de 2.5. La voladura se realizó con taladros de producción y amortiguación, sin taladros Trim y precorte.

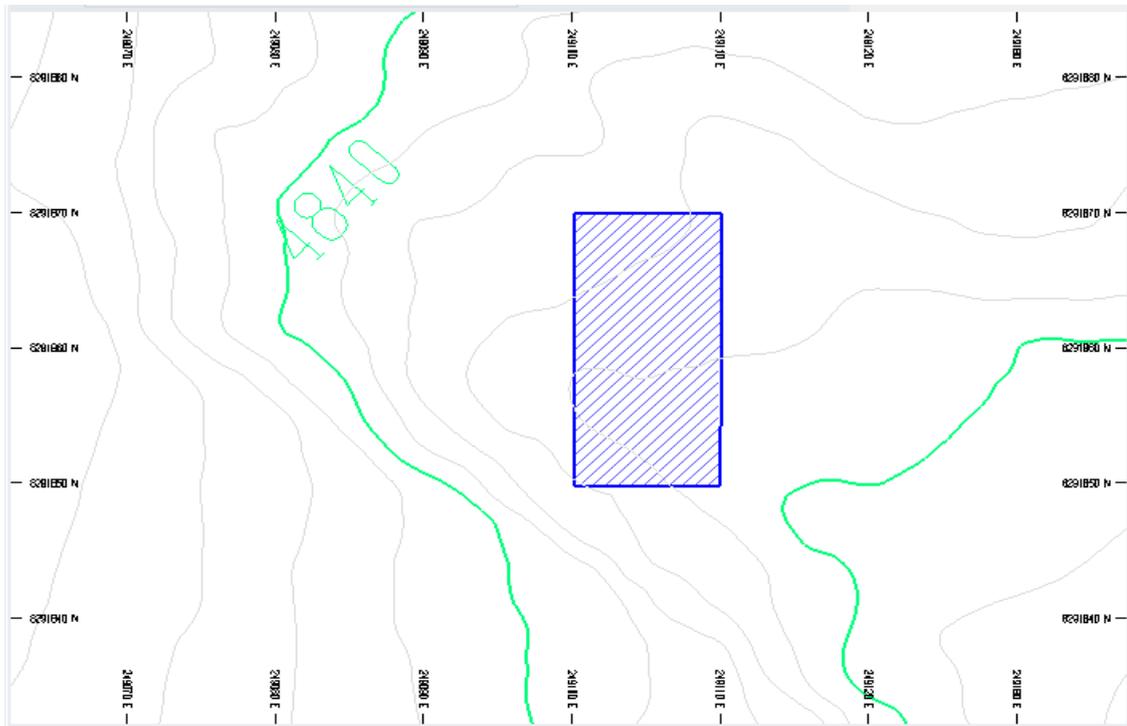


Figura 74. Plano de ubicación de proyecto 4840-038 de la cantera Negro Africano (Calquipa).

5.3.2.1. Diseño de Carga de Proyecto 4840-038.

- Nivel del Proyecto: 4840
- Denominación de Proyecto: 038
- Fase: 1 y 2
- Taladros: 10
- Velocidad Pico Partícula: 073mm/s

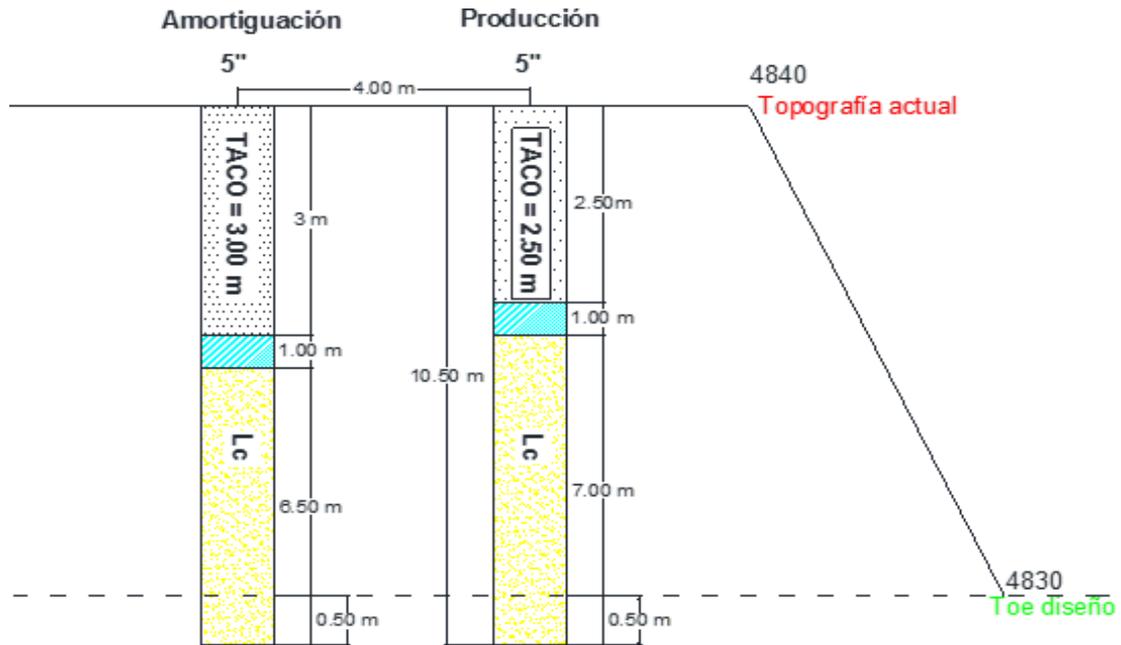


Figura 75. Diseño de los parámetros del proyecto 4840-038 la cantera Negro Africano (Calquiipa).

Tabla 27. Tabla de parámetros de la nueva malla Proyecto 4840-037.

Parámetros:	Valores		Unidades
	Producción	Contorno	
D (ϕ''):	5	5	"
Malla:	Cuadrada		metros
B:	4.00	4.00	metros
E:	4.00	4.00	metros
SP:	0.50	0.50	metros
Hb:	10.00	10.00	metros
L:	10.5	10.5	metros
T:	3.50	4.00	metros
Lc:	7	6.5	metros
Dc:	10.77	10.77	Kg-exp/m
Cex:	75.42	70.03	Kg-exp/tal
TR:	400.00	400.00	TM/tal
RIB:	2.50	2.50	
FC:	0.19	0.18	Kg-exp/TM

En la figura 75 y tabla 28 se aprecia los parámetros del diseño de la nueva malla fue de B=4, E=4, con una profundidad de taladro de 10.5 m, sobre perforación de 0.5m, con una carga explosiva Heavy Anfo 1.15 y 0.85, cámara de aire de 1m.

Algunos de los resultados se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 28. *Tabla de parámetros de la nueva malla.*

Descripción	N° de Taladros	Diámetro	Longitud de Carga	Kg Exp/Tal
Producción	5	5 pulgadas	7m	75.73
Amortiguación	5	5 pulgadas	6.5m	70.03

Tabla 29. *Tabla de resumen del performance del proyecto 4840-037.*

Nombre del Explosivo	Total de explosivo en kg	Tonelaje del Proyecto	Factor de Carga
Heavy ANFO 1.15	839.2	4240 TM	0.19

5.3.2.2. Secuencia de salida del Proyecto 4840-038.

La secuencia de salida que se diseñó para el proyecto 4840-038, fue:

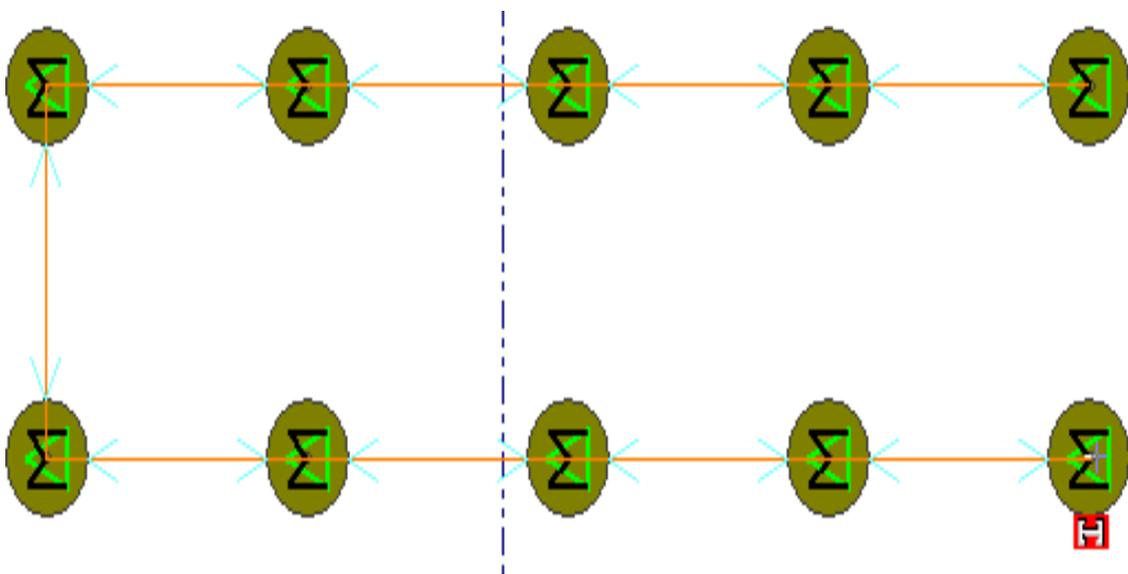


Figura 76. *Secuencia de salida de la malla del proyecto 4840-038 en la cantera Negro Africano (Calquipa).*

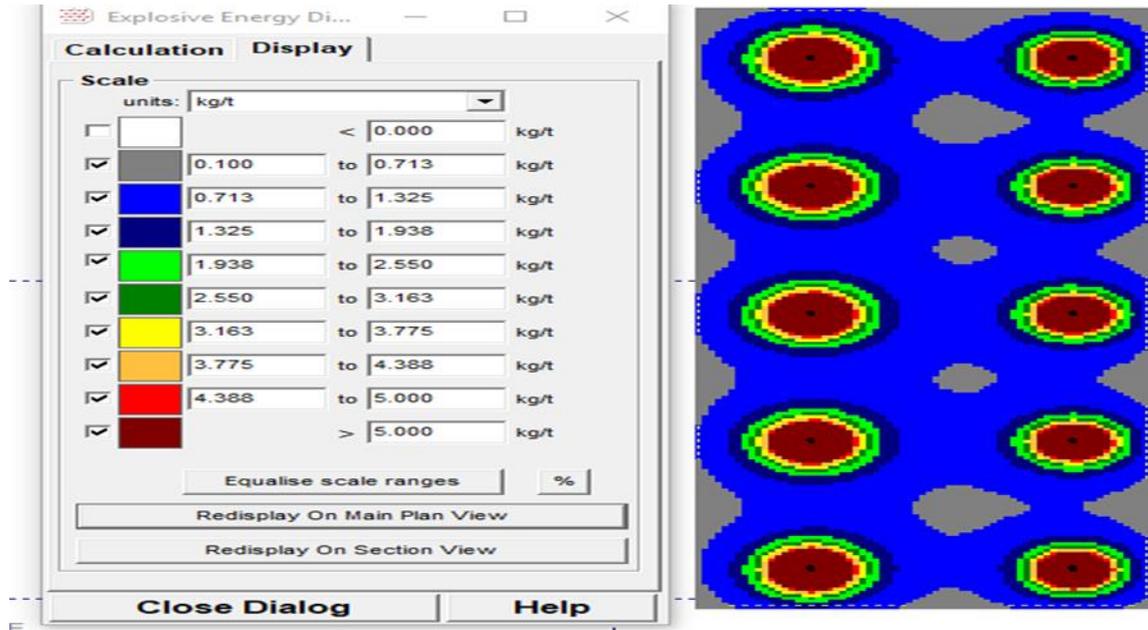


Figura 77. Distribución de energía de los taladros del proyecto 4048-037 de la cantera Negro Africano (Calquipa).

5.3.2.3. Análisis de fragmentación del Proyecto 4840-038.

El análisis de fragmentación del proyecto 4048-038 se hizo con el software Split Desktop, los resultados obtenidos fueron:

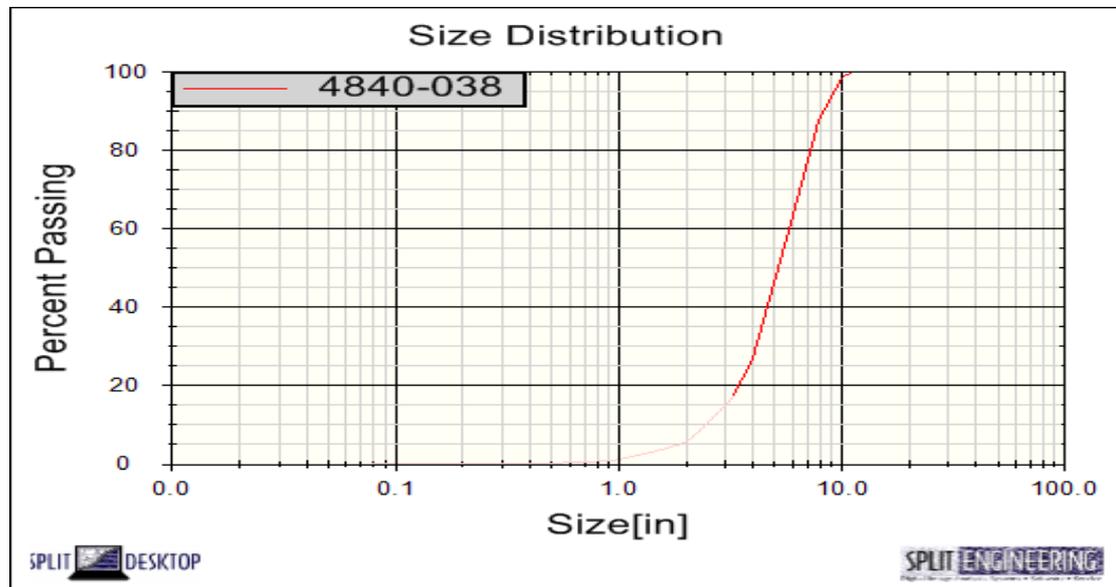


Figura 78. Curva de distribución de fragmentación del proyecto 4840-037 de la cantera Negro Africano (Calquipa).

Tabla 30. *Tabla de tamaño y porcentaje de pasante de la fragmentación de rocas.*

4840-038		
Size[cm]	Size[in]	% Passing
38.1	15	100
25.4	10	98.49
20.32	8	87.51
15.24	6	61.22
10.16	4	26.64
5.08	2	5.74
2.54	1	1.24
1.905	0.75	0.66
1.27	0.5	0.27
0.9652	0.38	0.14
0.635	0.25	0.06
0.4826	0.19	0.03
0.2032	0.08	0

Según la figura 78 y tabla 31, el resultado obtenido de la fragmentación de Rocas del proyecto 4840-038, se puede deducir que la presencia de finos es de 1.24 % es aceptable ya que es menor al 7% , en consecuencia se puede decir que se está en los límites internacionales de voladura, también se puede ver que hay presencia de rocas mayores a 10 pulgadas, pero solo representan el 2% , por ende hubo una mejora en la granulometría generado post voladura .



Figura 79. *Resultados post voladura del proyecto 4840-038 la cantera Negro Africano (Calquipa).*

5.3.3. Proyecto 4840-044.

Este proyecto se monitorea en la fase 1 y fase 2, para fines de producción con una roca de dureza media y densidad de 2.5. La voladura se realizó con taladros de producción y amortiguación, sin taladros Trim y precorte.

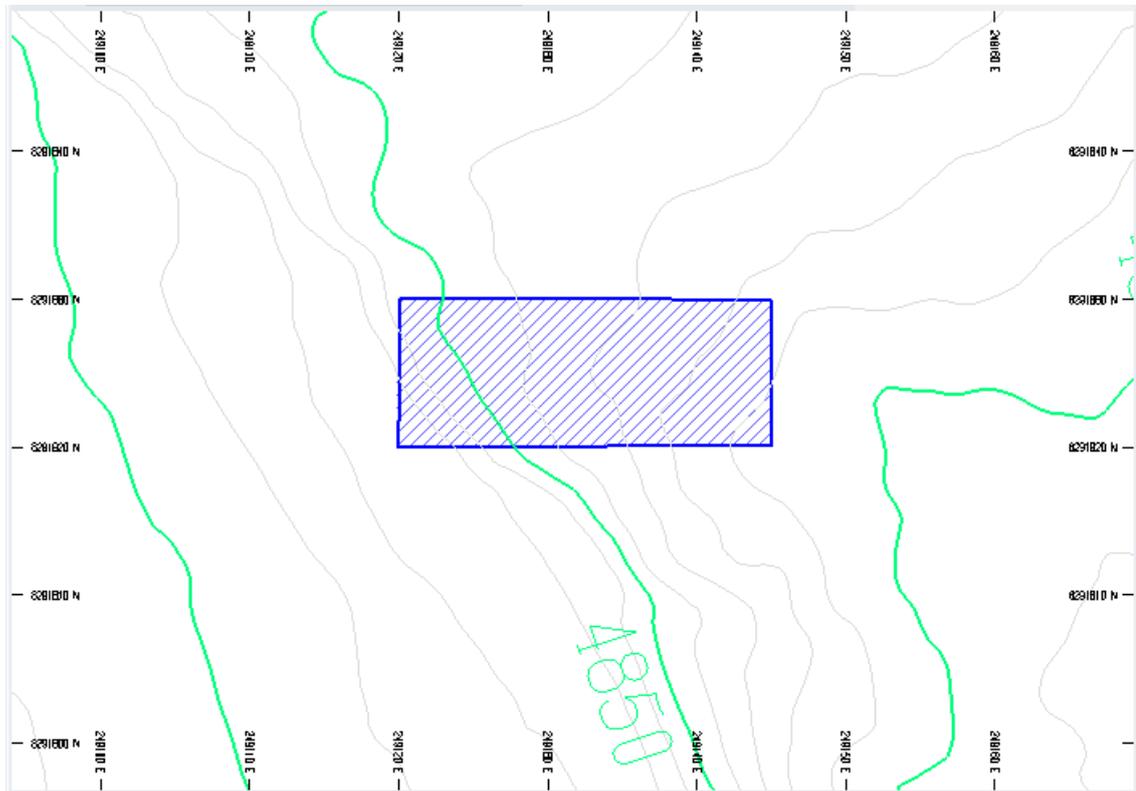


Figura 80. Plano de ubicación de proyecto 4840-037 de la cantera Negro Africano (Calquipa).

5.3.3.1. Diseño de Carga de Proyecto 4840-044.

- Nivel del Proyecto: 4840
- Denominación de Proyecto: 044
- Fase: 1 y 2
- Taladros: 18
- Velocidad Pico Partícula: 073mm/s

Tabla 32. *Tabla de parámetros de la nueva malla.*

Descripción	N° de Taladros	Diámetro	Longitud de Carga	Kg Exp/Tal
Producción	6	5 pulgadas	7m	75.73
Amortiguación	12	5 pulgadas	6.5m	70.03

Tabla 33. *Tabla de resumen del performance del proyecto 4840-037.*

Nombre del Explosivo	Total de explosivo en kg	Tonelaje del Proyecto	Factor de Carga
Heavy ANFO 1.15	1402.3	7200 TM	0.195

5.3.3.2. Secuencia de salida del Proyecto 4840-044.

La secuencia de salida que se diseñó para el proyecto 4840-044, fue:

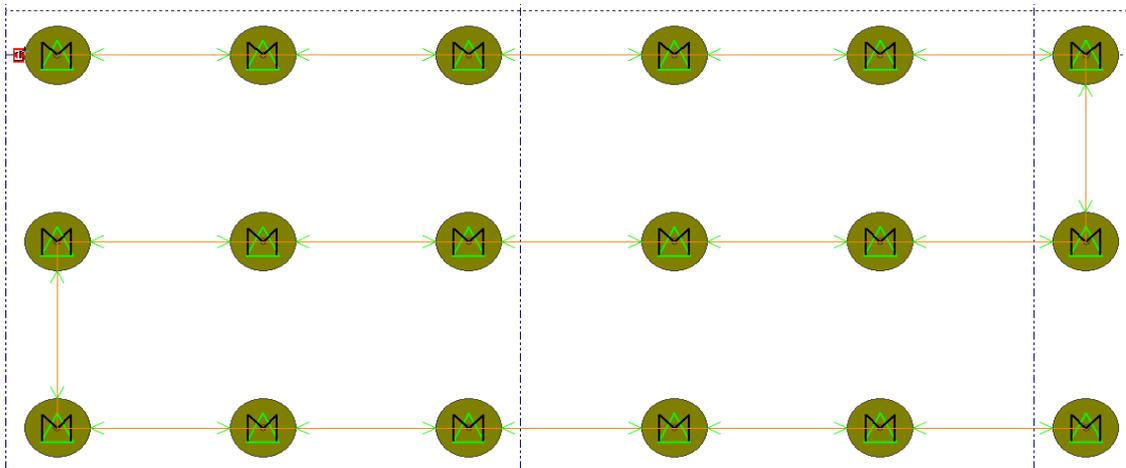


Figura 82. *Secuencia de salida de la malla del proyecto 4840-044 en la cantera Negro Africano (Calquipa).*

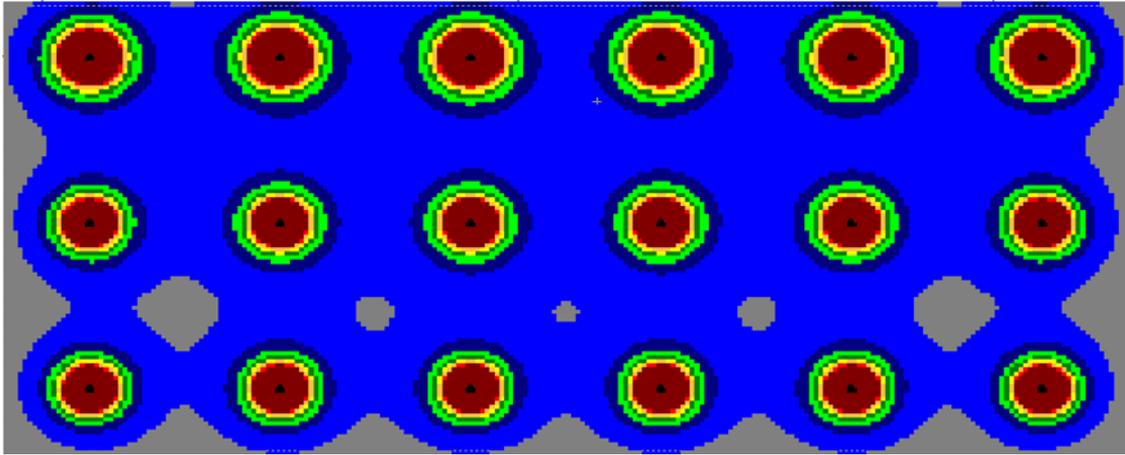


Figura 83. Distribución de energía de los taladros del proyecto 4048-044 de la cantera Negro Africano (Calquipa).

5.3.3.3. Análisis de fragmentación del Proyecto 4840-044.

El análisis de fragmentación del proyecto 4048-044 se hizo con el software Split Desktop, los resultados obtenidos fueron:

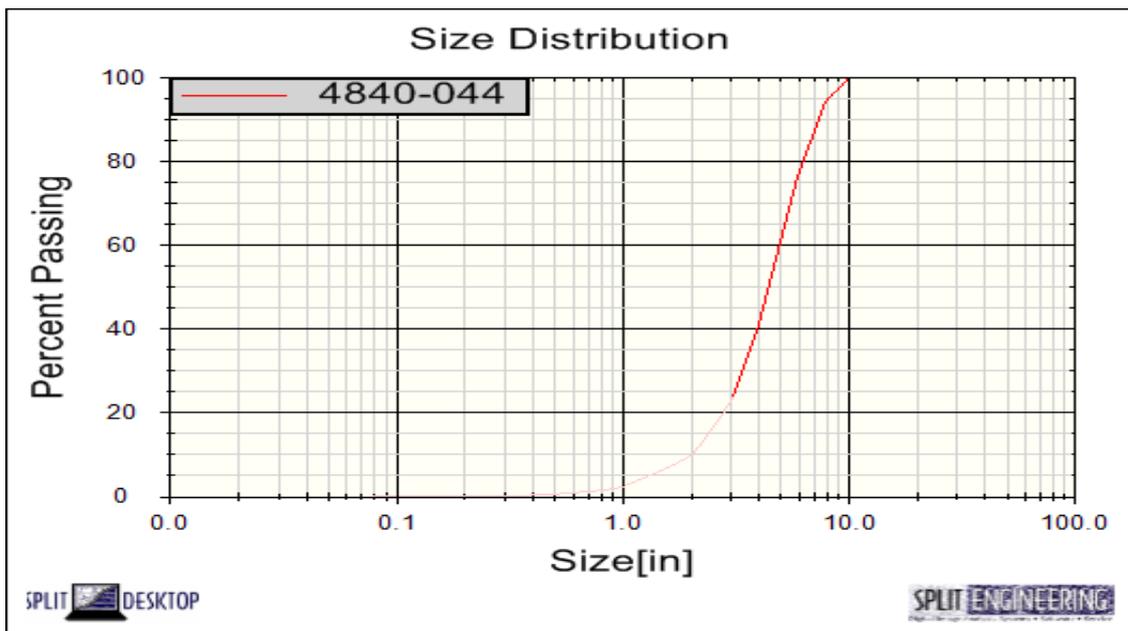


Figura 84. Curva de distribución de fragmentación del proyecto 4840-0344 de la cantera Negro Africano (Calquipa).

Tabla 34. *Tabla de tamaño y porcentaje de pasante de la fragmentación de rocas.*

4840-044		
Size[cm]	Size[in]	% Passing
38.1	15	100
25.4	10	99.87
20.32	8	94.05
15.24	6	76.44
10.16	4	41.05
5.08	2	9.97
2.54	1	2.49
1.905	0.75	1.41
1.27	0.5	0.63
0.9652	0.38	0.35
0.635	0.25	0.16
0.4826	0.19	0.09
0.2032	0.08	0.02

Según la figura 84 y tabla 35, el resultado obtenido de la fragmentación de Rocas del proyecto 4840-044, se puede deducir que la presencia de finos es de 2.49 % es aceptable ya que es menor al 7%, en consecuencia, se puede decir que se está en los límites internacionales de voladura, también se puede ver que hay presencia de rocas mayores a 10 pulgadas, pero solo representan el 0.23 %, por ende hubo una mejora en la granulometría generado post voladura.



Figura 85. *Resultados post voladura del proyecto 4840-044 la cantera Negro Africano (Calquipa).*

5.3.4. Proyecto 4850-012.

Este proyecto se monitorea en la fase 1 y fase 2, para fines de producción con una roca de dureza media y densidad de 2.5. La voladura se realizó con taladros de producción y amortiguación, sin taladros Trim y precorte.

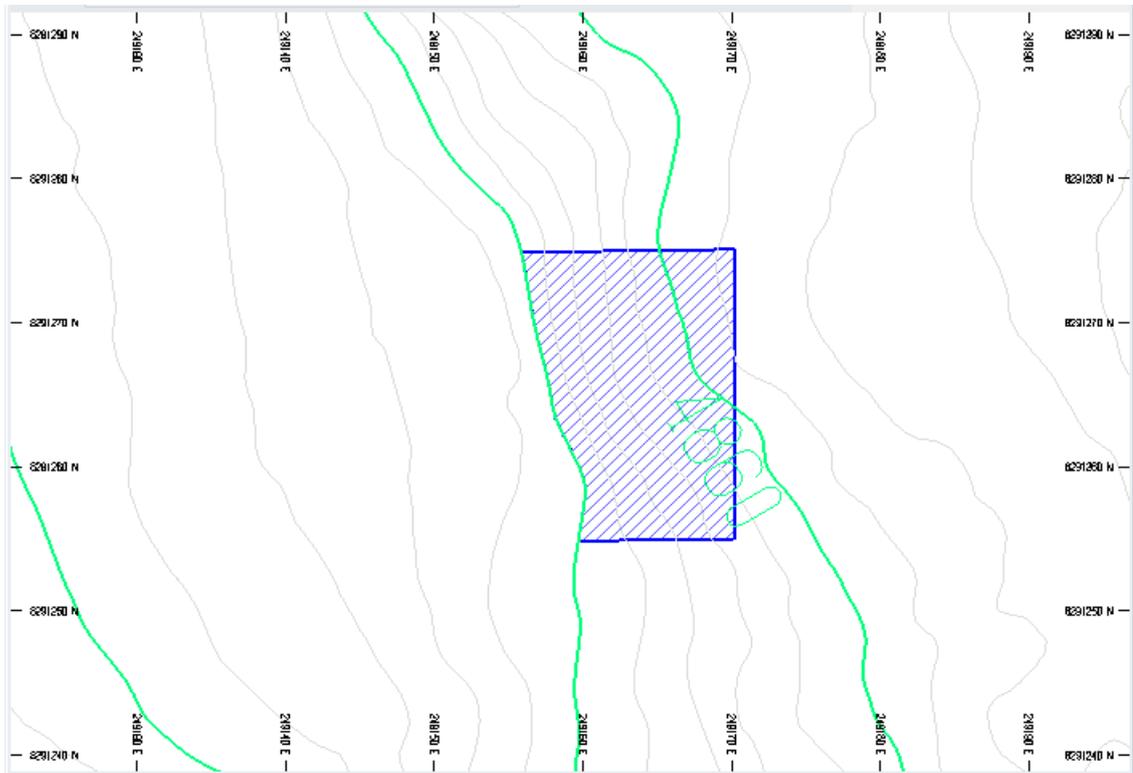


Figura 86. Plano de ubicación de proyecto 4850-012 de la cantera Negro Africano (Calquiya).

5.3.4.1. Diseño de Carga de Proyecto 4850-012.

- Nivel del Proyecto: 4850
- Denominación de Proyecto: 012
- Fase: 1 y 2
- Taladros: 15
- Velocidad Pico Partícula: 073mm/s

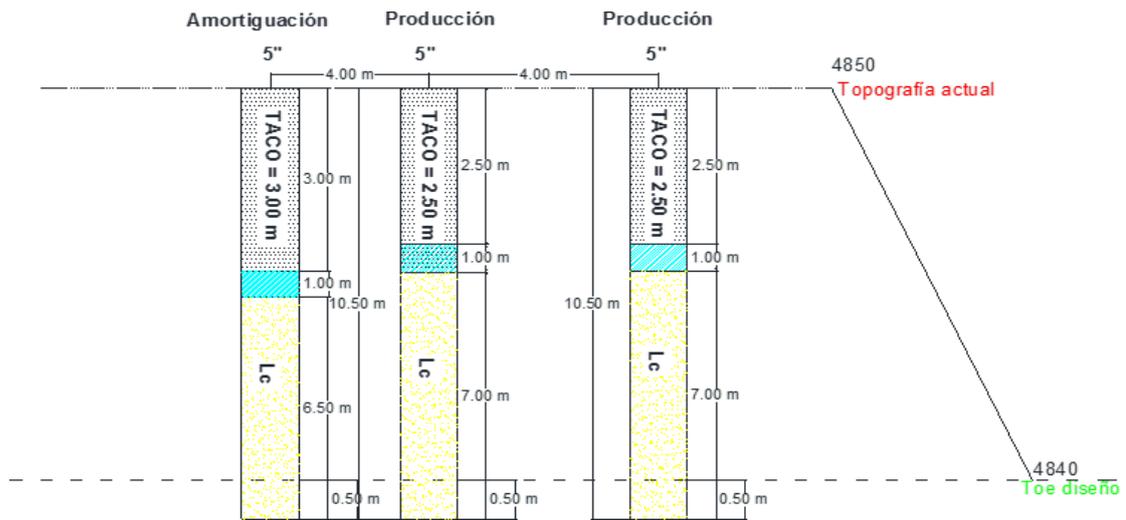


Figura 87. Diseño de los parámetros del proyecto 4850-012 la cantera Negro Africano (Calquiya).

Tabla 35. Tabla de parámetros de la nueva malla Proyecto 4850-012.

Parámetros:	Valores		Unidades
	Producción	Contorno	
D (φ):	5	5	"
Malla:	Cuadrada		metros
B:	4.00	4.00	metros
E:	4.00	4.00	metros
SP:	0.50	0.50	metros
Hb:	10.00	10.00	metros
L:	10.5	10.5	metros
T:	3.50	4.00	metros
Lc:	7	6.5	metros
Dc:	10.77	10.77	Kg-exp/m
Cex:	75.42	70.03	Kg-exp/tal
TR:	400.00	400.00	TM/tal
RIB:	2.50	2.50	
FC:	0.19	0.18	Kg-exp/TM

En la figura 87 y tabla 36 se aprecia los parámetros del diseño de la nueva malla fue de B=4, E=4, con una profundidad de taladro de 10.5 m, sobre perforación de 0.5m, con una carga explosiva Heavy Anfo 1.15 y 0.85, cámara de aire de 1m.

Algunos de los resultados se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 36. *Tabla de parámetros de la nueva malla.*

Descripción	N° de Taladros	Diámetro	Longitud de Carga	Kg Exp/Tal
Producción	9	5 pulgadas	7m	75.73
Amortiguación	6	5 pulgadas	6m	70.03

Tabla 37. *Tabla de resumen del performance del proyecto 4850-012.*

Nombre del Explosivo	Total de explosivo en kg	Tonelaje del Proyecto	Factor de Carga
Heavy ANFO 1.15	1313	6000 TM	0.21

5.3.4.2. Secuencia de salida del Proyecto 4850-012.

La secuencia de salida que se diseñó para el proyecto 4850-012, fue:

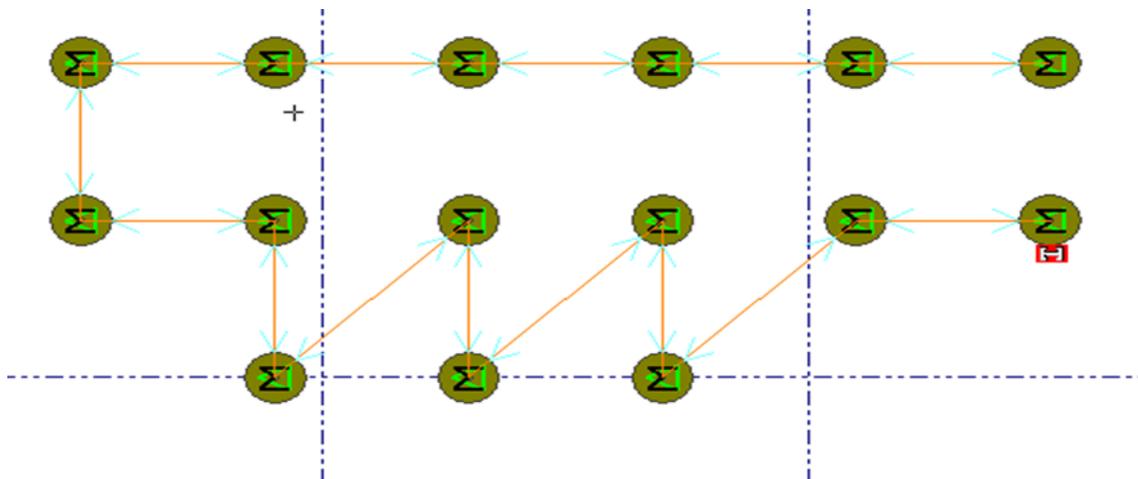


Figura 88. *Secuencia de salida de la malla del proyecto 4850-012 en la cantera Negro Africano (Calquipa).*

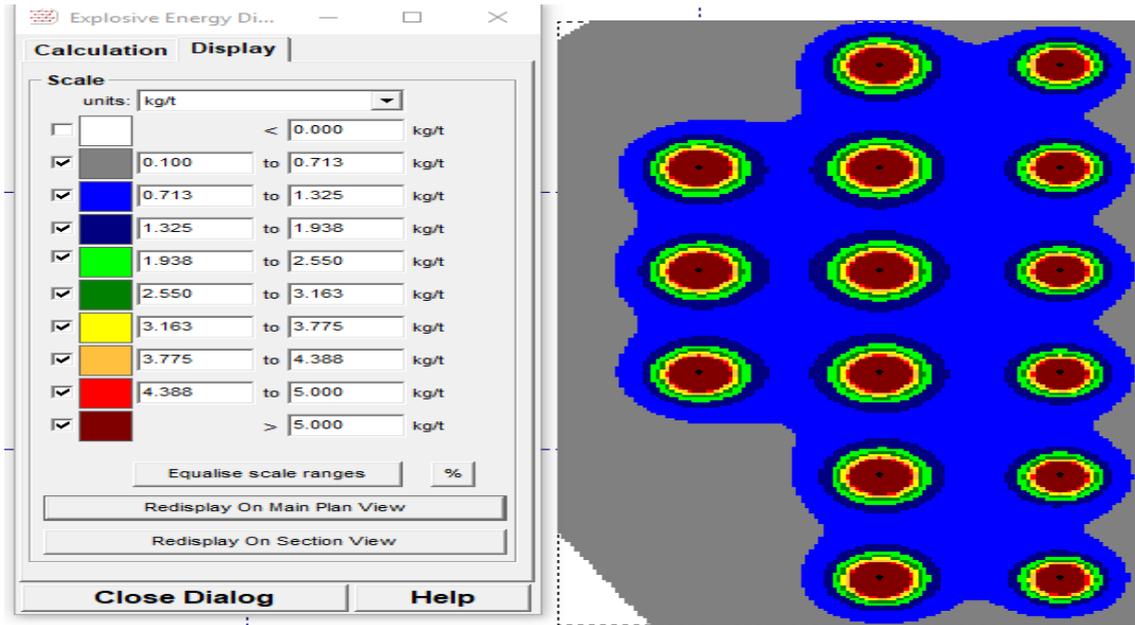


Figura 89. Distribución de energía de los taladros del proyecto 4050-012 de la cantera Negro Africano (Calquipa).

5.3.4.3. Análisis de fragmentación del Proyecto 4850-012.

El análisis de fragmentación del proyecto 4048-037 se hizo con el software Split Desktop, los resultados obtenidos fueron:

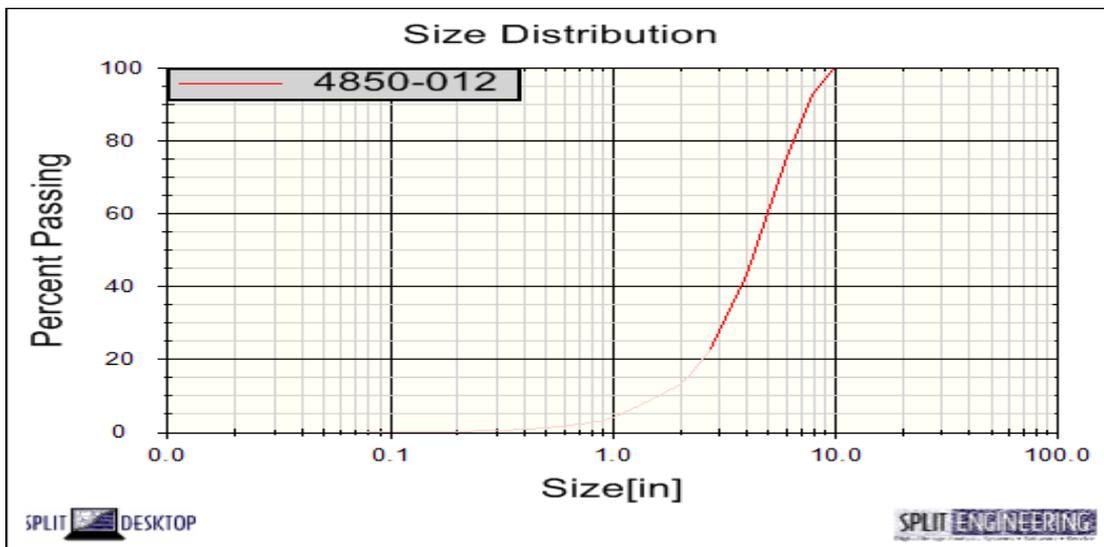


Figura 90. Curva de distribución de fragmentación del proyecto 4850-012 de la cantera Negro Africano (Calquipa).

Tabla 38. *Tabla de tamaño y porcentaje de pasante de la fragmentación de rocas.*

Size[cm]	4850-012	
	Size[in]	% Passing
25.4	10	100
20.32	8	92.6
15.24	6	73.67
10.16	4	43.07
5.08	2	13.3
2.54	1	4.13
1.905	0.75	2.55
1.27	0.5	1.29
0.9652	0.38	0.79
0.635	0.25	0.4
0.4826	0.19	0.25
0.2032	0.08	0.06

Según la figura 90 y tabla 39, el resultado obtenido de la fragmentación de Rocas del proyecto 4850-012, se puede deducir que la presencia de finos es de 4.13 % es aceptable ya que es menor al 7%, en consecuencia, se puede decir que se está en los límites internacionales de voladura, también se puede ver que no hay presencia de rocas mayores a 10 pulgadas, por ende, hubo una mejora en la granulometría generado post voladura.



Figura 91. *Resultados post voladura del proyecto 4850-012 la cantera Negro Africano (Calquiipa).*

5.3.5. Proyecto 4850-014.

Este proyecto se monitorea en la fase 1 y fase 2, para fines de producción con una roca de dureza media y densidad de 2.5. La voladura se realizó con taladros de producción y amortiguación, sin taladros Trim y precorte.

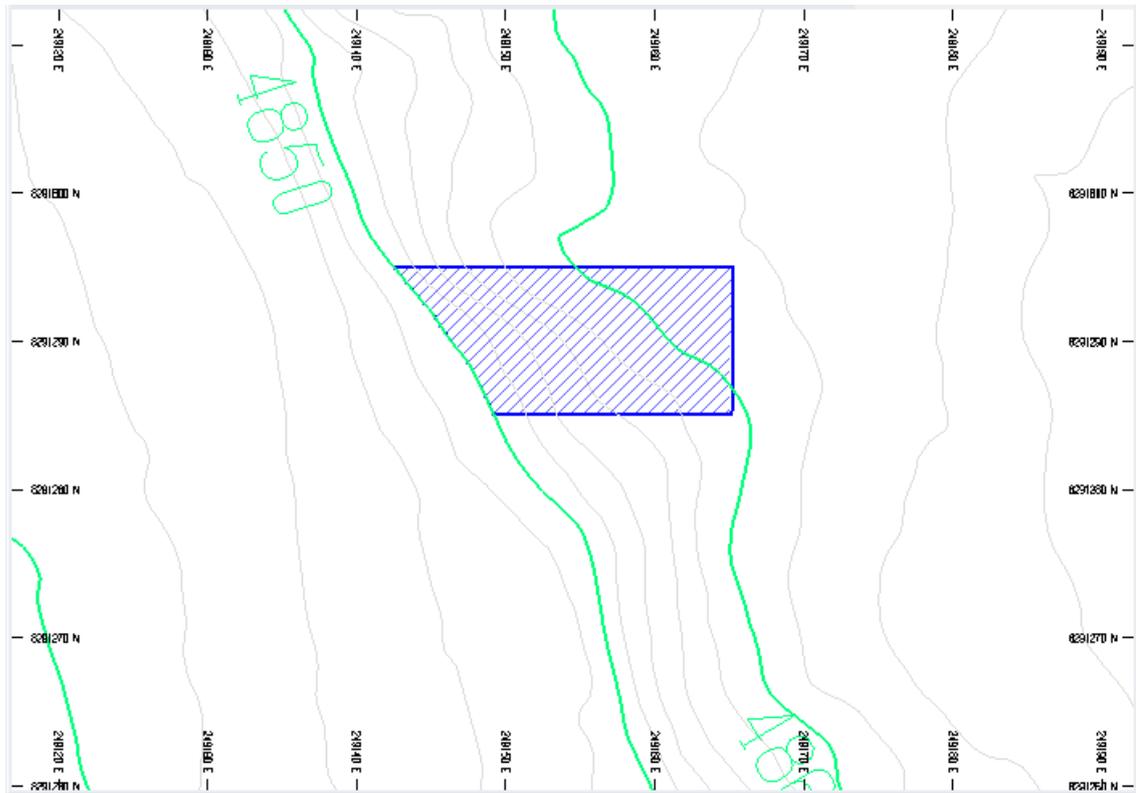


Figura 92. Plano de ubicación de proyecto 4850-014 de la cantera Negro Africano (Calquipa).

5.3.5.1. Diseño de Carga de Proyecto 4850-014.

- Nivel del Proyecto: 4850
- Denominación de Proyecto: 014
- Fase: 1 y 2
- Taladros:13
- Velocidad Pico Partícula: 073mm/s

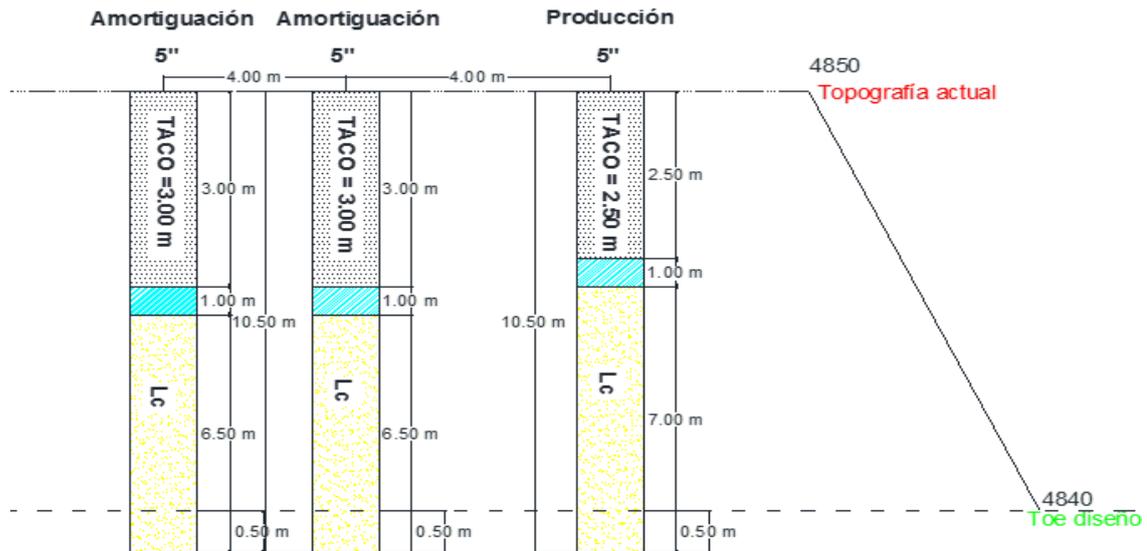


Figura 93. Diseño de los parámetros del proyecto 4850-014 la cantera Negro Africano (Calquipa).

Tabla 39. Tabla de parámetros de la nueva malla Proyecto 4850-014.

Parámetros:	Valores		Unidades
	Producción	Contorno	
D (ϕ"):	5	5	"
Malla:	Cuadrada		Metros
B:	4.00	4.00	Metros
E:	4.00	4.00	Metros
SP:	0.50	0.50	Metros
Hb:	10.00	10.00	Metros
L:	10.5	10.5	Metros
T:	3.50	4.00	Metros
Lc:	7	6.5	Metros
Dc:	10.77	10.77	Kg-exp/m
Cex:	75.42	70.03	Kg-exp/tal
TR:	400.00	400.00	TM/tal
RIB:	2.50	2.50	
FC:	0.19	0.18	Kg-exp/TM

En la figura 93 y tabla 40, se aprecia los parámetros del diseño de la nueva malla fue de B=4, E=4, con una profundidad de taladro de 10.5 m, sobre perforación de 0.5m, con una carga explosiva Heavy Anfo 1.15 y 0.85, cámara de aire de 1m.

Algunos de los resultados se muestran en las siguientes tablas:

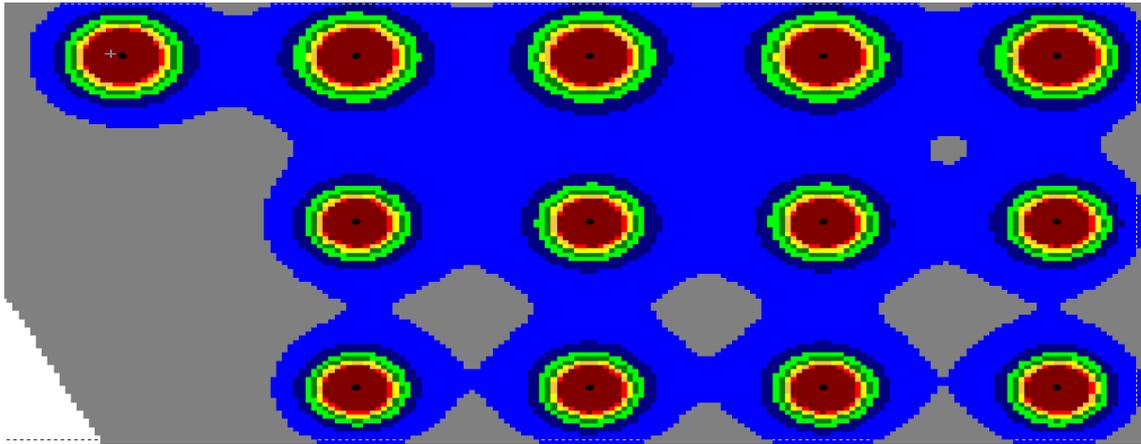


Figura 95. Distribución de energía de los taladros del proyecto 4050-014 de la cantera Negro Africano (Calquipa).

5.3.5.3. Análisis de fragmentación del Proyecto 4850-014.

El análisis de fragmentación del proyecto 4048-037 se hizo con el software Split Desktop, los resultados obtenidos fueron:

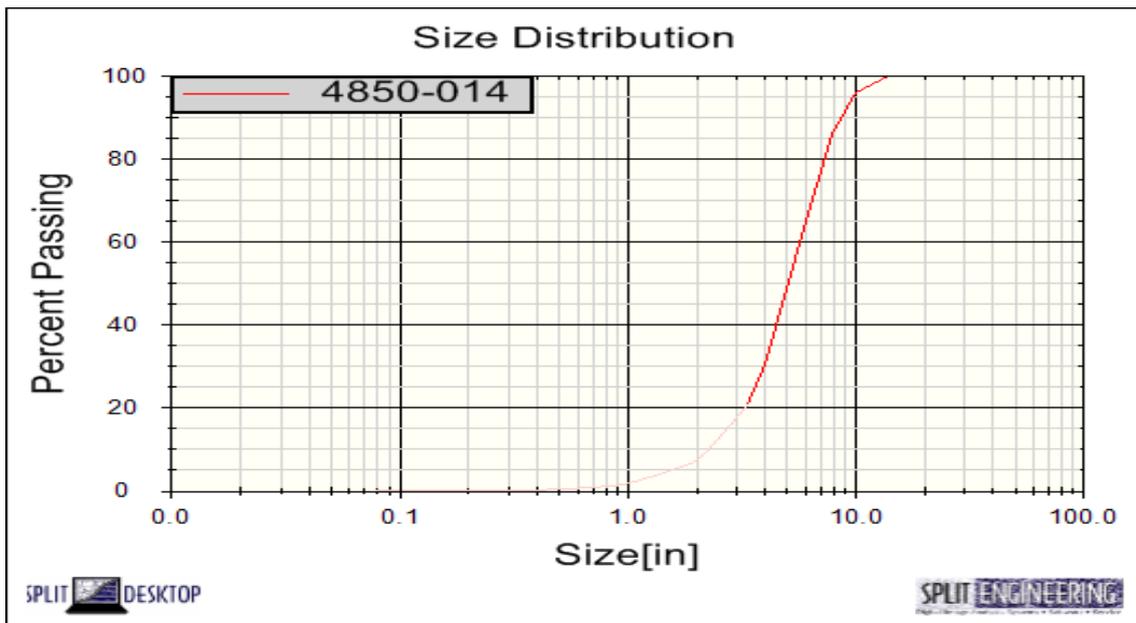


Figura 96. Curva de distribución de fragmentación del proyecto 4850-014 de la cantera Negro Africano (Calquipa).

Tabla 42. *Tabla de tamaño y porcentaje de pasante de la fragmentación de rocas.*

Size[cm]	4850-014	
	Size[in]	% Passing
38.1	15	100
25.4	10	95.91
20.32	8	85.98
15.24	6	63.07
10.16	4	30.21
5.08	2	7.44
2.54	1	1.86
1.905	0.75	1.05
1.27	0.5	0.47
0.9652	0.38	0.26
0.635	0.25	0.12
0.4826	0.19	0.07
0.2032	0.08	0.01

Según la figura 96 y tabla 43, el resultado obtenido de la fragmentación de rocas del proyecto 4850-014, se puede deducir que la presencia de finos es de 1.86 % es aceptable ya que es menor al 7%, en consecuencia, se puede decir que se está en los límites internacionales de voladura, también se puede ver que hay presencia de rocas mayores a 10 pulgadas, pero representa 4.97%, por ende hubo una mejora en la granulometría generado post voladura.



Figura 97. *Resultados post voladura del proyecto 4850-014 la cantera Negro Africano (Calquipa).*

5.4. MEJORA DE LA CALIDAD DEL ÓXIDO DE CALCIO EN LA CANTERA CALQUIPA.

Tabla 43. Flujo de caja de mejora.

Flujo de Caja Operativo	Año 2021			
	Agosto	Septiembre	Octubre	Promedio
Producción de cal				
Cotización de la Cal (US\$/TM)	225	225	225	
Tonelaje mensual (TM/mes):	61,004.56	59,756.45	61,076.74	60,612.58
Ley promedio (%CaCO ₃):	52.038	52.077	52.107	52.074
Recuperación Metalúrgica (%):	89.11%	90.85%	88.04%	89.33%
Ingreso por ventas US\$:	6,364,790.5	6,361,131.3	6,304,317.2	6,343,413.0
Costos operativos				
Costo por tonelada mina (US\$/TM):	3.738	3.684	3.728	3.713
Costo por tonelada planta	5.458	5.435	5.479	
(US\$/TM):				
Costo total (US\$):	561,018.71	544,910.20	562,308.37	
Utilidad Operativa US\$:	5,803,771.8	5,816,221.1	5,742,008.8	

En la siguiente tabla 44 se puede ver una recuperación metalúrgica mayor al 85%, esto debido a una mejora en el muestreo de detritos y una mejora en los parámetros de voladura por ende un buen resultado post voladura, el promedio de recuperación metalúrgica es 89.33% podemos afirmar que es muy buena, esto generará una venta mayor de bolsas de cal y por ende se tendrá mayores ingresos por venta.

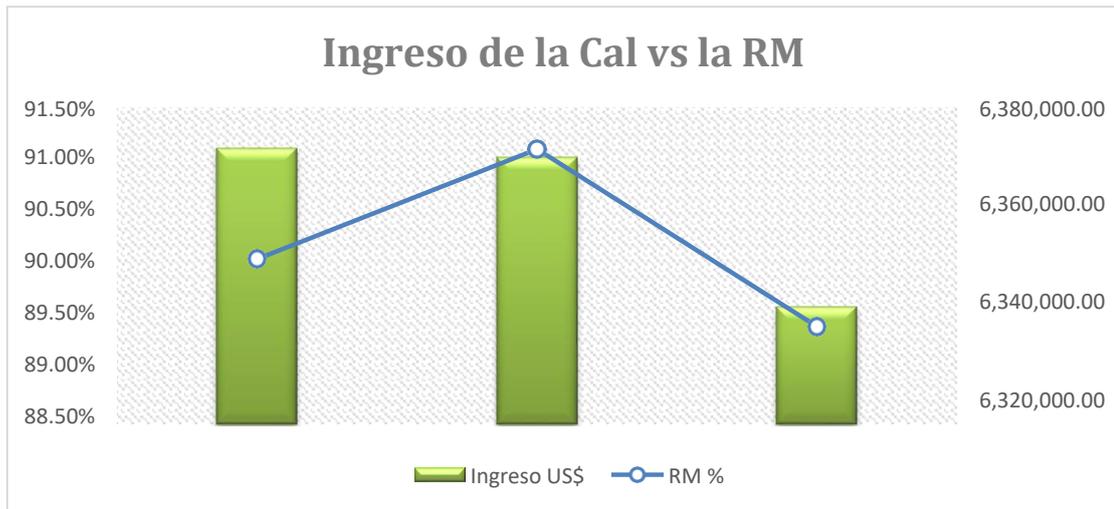


Figura 98. Tabla de ingreso de Cal vs RM de mejora en la cantera Negro Africano (Calquipa).

Tabla 44. Tabla comparativa del antes y después de la mejora.

Meses operativos Antes de:	Junio	Julio	Agosto	
				Promedio
Meses operativos Después de:	Octubre	Noviembre	Diciembre	
A: FASE 1 y 2 (US\$)	5,267,105.08	5,352,700.29	5,297,046.09	5,305,617.15
D: FASE 1 y 2 (US\$)	5,803,771.79	5,816,221.11	5,742,008.79	5,787,333.90
% de variación:	10.19%	8.66%	8.40%	9.08%

En la tabla 45 se puede evidenciar el comparativo entre el antes y después de las mejoras de los proyectos, en promedio hubo una mejora del 9.08% de ingresos.

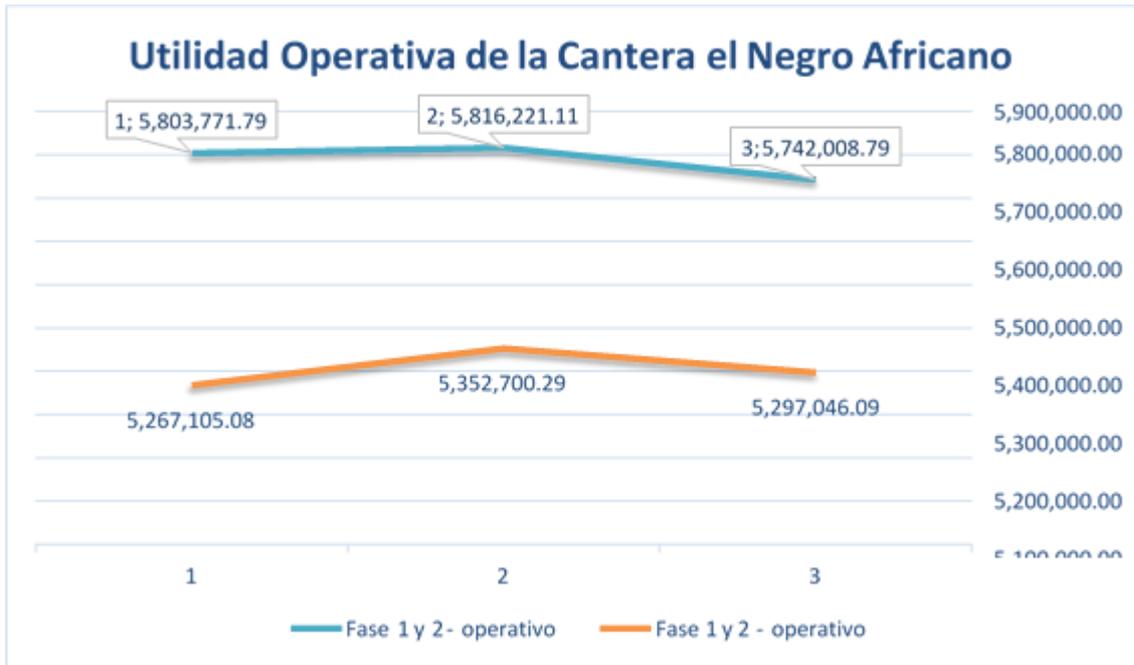


Figura 99. *Grafico del comparativo del antes y después de la mejora en la cantera Negro Africano (Calquiya).*



VI. CONCLUSIONES

- Se concluye que se hizo una mejora en el proceso de muestreo de los detritos de la roca caliza por la metodología de muestreo sistemático por kilos, donde se aumentó el diámetro del taladro de 3.5 a 5 pulgadas, en consecuencia se aumentó el cono de perforación 30cm a 90 cm de altura, por ende se aplicó inserciones triangulares de entre 15 a 20cm en promedio, todo esto haciendo factible la aplicación del método, el cual es el más adecuado a la realidad de la cantera Calquipa, lo cual permite representar de mejor manera el polígono de mineral y realizar un correcto replanteo.
- Se diseñó y se realizó la simulación de la secuencia de salida del mineral utilizando el software JKSimblast, donde se aplicó una malla cuadrada de $b=4m$, $E=4m$, Diámetro de taladro de 5", $Lt=10m$, sobre perforación de 0.5m, el cual nos permitió una mejora en los resultados de voladura, en cual hacer un análisis post voladura con el Software Split Desktop, el promedio de finos de los 5 proyectos analizados fue de 2.958% y el promedio de rocas mayores a 10" fue de 2.25%, con estos resultados se redujo la dilución del mineral de roca caliza.
- Se evaluó la rentabilidad operativa de los meses (junio, julio y agosto) antes de la mejora y (setiembre, octubre y noviembre), después de la mejora en la cantera Calquipa, la cual se vio afectada por la baja pureza del óxido de calcio obtenido en el proceso de calcinación de la roca caliza, hubo una mejora en la recuperación metalúrgica de 82.04% a 89.33% en promedio, ya su vez genero una mejora en la rentabilidad en promedio del 9.08% de los meses evaluados.



VII. RECOMENDACIONES

- Continuar optimizando el proceso del muestreo, en aspectos puntuales como:
Reducción del diámetro del auger, mejoramiento de la metodología del muestreo particularmente en el modo y forma de inserciones con el auger en el cono del pozo de voladura. Actualmente se están haciendo estudios para optimizar el muestreo con un peso de muestra de 2 a 2.5 Kg.
- Implementación de un protocolo de toma de muestras, por parte de área encargada a fin de estandarizar la toma de muestras.
- El personal nuevo de Muestreros y Geólogos de Campo, debe de estar en entrenamiento y supervisión constante, hasta que se encuentre debidamente capacitado en la aplicación correcta del procedimiento del control de calidad.
- Hacer análisis de fragmentación post voladura.



VII. REFERENCIAS

- Alca, J. C., & Mendoza, R. (2017). *Influencia de la Sílice en el Proceso de Calcinación para Reducir el Contenido de Requemado en el Óxido de Calcio (tesis de pregrado)*. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín.
- Bobadilla, W. (2020). *Optimización del Proceso de Ore Control mediante Técnicas Metodológicas de Muestreo en Blastholes para el Plan de Minado de Corto Plazo en Mina Toquepala SPCC (tesis de pregrado)*. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano.
- Cabrera, A. E. (2012). *Control Geológico del Mineral en Producción - Compañía Minera Antamina. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.*
- Chura, H. (2018). *Diseño del Plan de Minado a Corto Plazo en MineSight*. Juliaca: M&I Consultores S.A.C.
- Contreras, E. (2013). *Planificación de Corto Plazo en un Rajo*. Santiago: Universidad de Santiago de Chile.
- De Nicola, C. F. (2015). *Dilución Operacional en Mina El Soldado (tesis de pregrado)*. Santiago de Chile, Chile: Universidad de Chile.
- ENAEX S.A. (2007). *Manual de Tronadura ENAEX S.A.* Chile:
- S.E.EXSA S.A. (2011). *Manual Práctico de Voladura*. Lima, Perú: S.E.
- INGEMMET. (2011). *Geología del Cuadrángulo de Condoroma Hoja 31-t*. Lima: Ministerio de Energía y Minas.
- Iquiapaza, C. H. (2018). *Replanteo de Polígonos de Extracción para Optimizar el Proceso de Minado en Mina Toquepala (tesis de pregrado)*. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.



- Rivas, J. M. (2018). *Control Geológico en la Dilución Mineral (tesis de pregrado)*. Concepción, Chile: Universidad de Concepción.
- Silva, I. A. (2015). *Estudio de Factibilidad para la Implementación de una Planta de Explotación de Piedra Caliza en el Distrito De Callalli - Arequipa – 2015 (tesis de pregrado)*. Arequipa, Perú: Univerdad Católica de Santa María.
- Vargas, M. A. (2011). *Modelo de Planificación Minera de Corto y Mediano Plazo Incorporando Restricciones Operacionales y de Mezcla (tesis de maestría)*. Santiago de Chile, Chile: Universidad de Chile.
- Guerrero, A. (2015). *Aplicación del Programa de Aseguramiento y Control de Calidad (QA/QC) en el Muestreo Geológico de la Mina Raura S. A. (tesis de pregrado)*. Universidad Ncional de Piura.
- Cuevas, G. (2020). *Mejora de la Recuperación del Mineral y Control de la Dilución, (tesis de pregrado)* Huancayo: Universidad Continental.
- Pérez, C. (2015). *Dilucion Operacional en la Mina el Soldado, (tesis pregrado)*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Acevedo, H. (2005). *Factibilidad Técnica y Económica de la Explotación de un Yacimiento de la Roca Caliza, (tesis pre grado)*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Vélez, J. (2015). *Innovación al Control de Procesos de Muestreo (QA/QC)*. Cajamarca: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú.

ANEXOS



ANEXO A: Plano geológico.

ANEXO B: Columna estratigráfica de la mina Calquipa.

ANEXO C: Secciones geológicas.

ANEXO D: Informe del análisis de muestra de roca caliza de Calquipa.

ANEXO E: Pit final de la cantera negro africano (Calquipa).

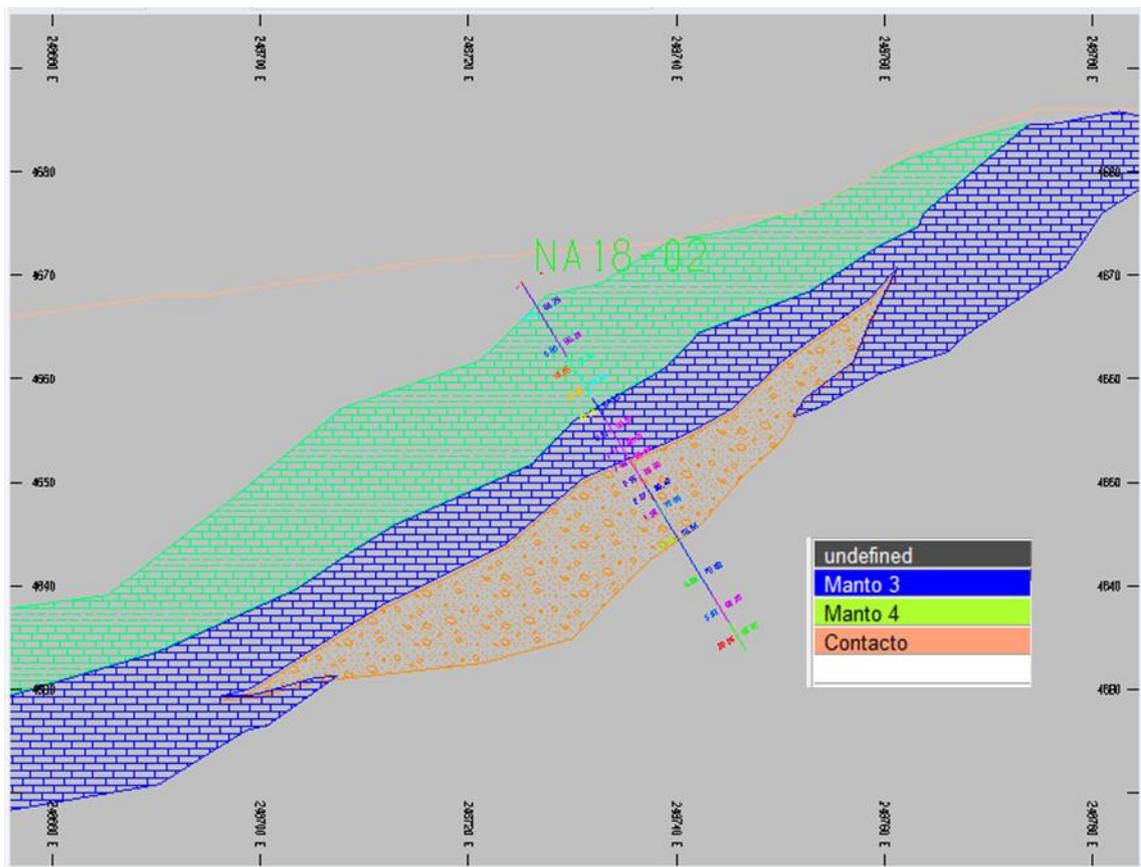
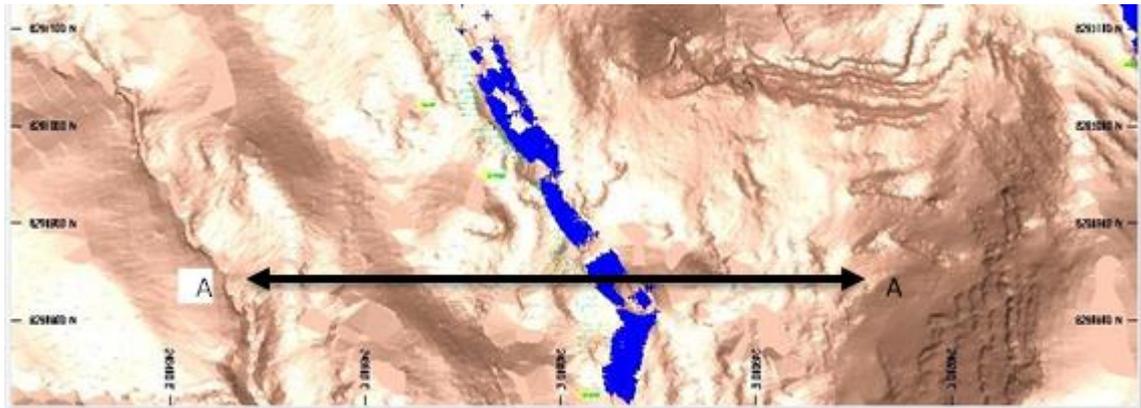
ANEXO F: Matriz de consistencia.

ANEXO B: COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA MINA CALQUIPA.

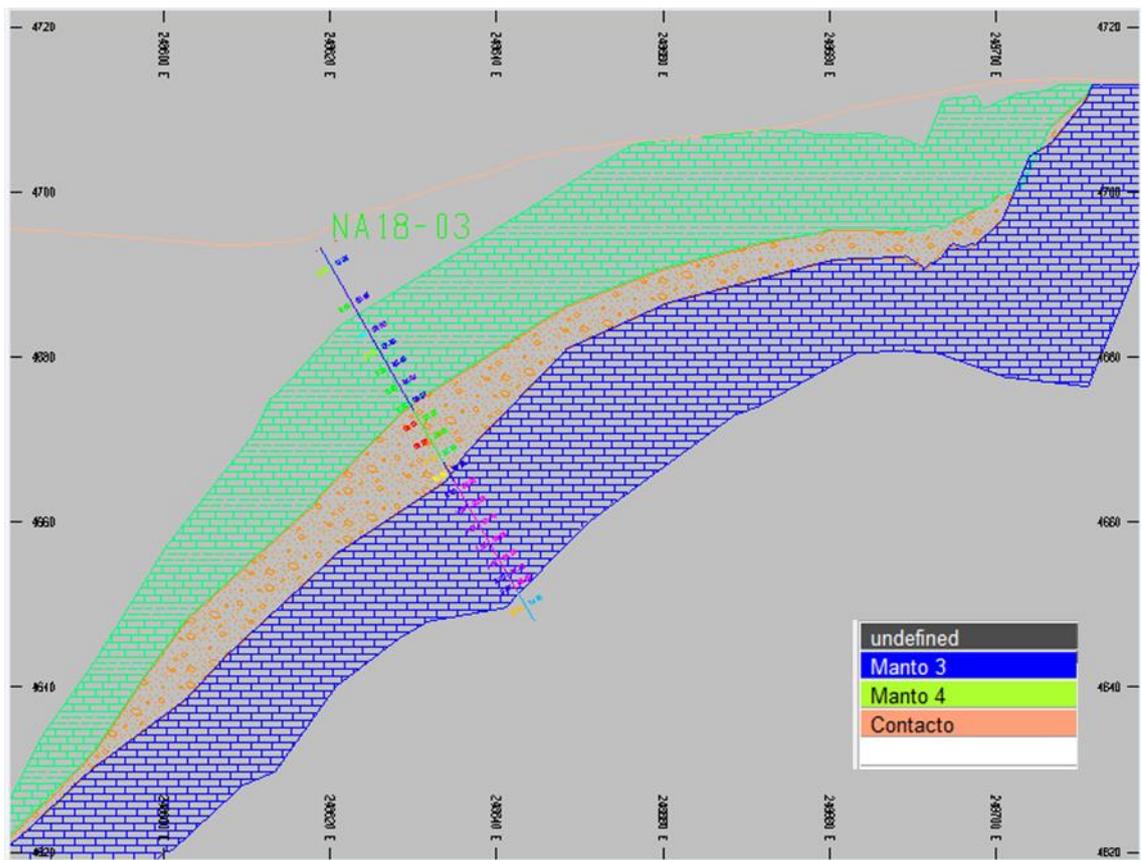
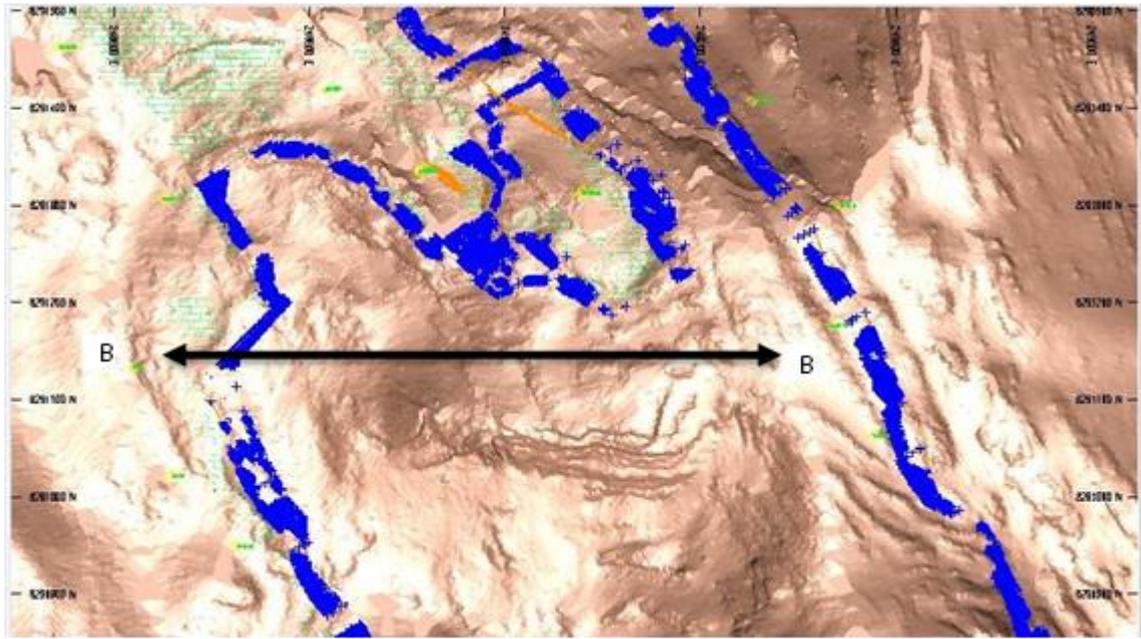
COLUMNA ESTRATIFICADA LOCAL					
ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Depósitos Aluviales		Gravas y conglomeraos mal clasificados.
			Depósitos Coluviales		Producto de la erosión y el intemperismo que han sufrido las rocas pre-existentes en la zona y suelos producto de la erosión de la misma roca.
	PALEOGENO	OLIGOCENO	Grupo Tacaza		Rocas volcánicas de composición andesítica
MESOZOICO	CRETASICO	TURONIANO	Fm Arcurquina		Calizas de color gris ha gris oscuro, esta denominada por facies tipo mudstone bioturbadas de color oscuro en estratos de 20 a 50 cm de espesor, con presencia de venillas de calcita, interestratificados por calizas con nódulos y concreciones de chert, con presencia de fósiles.
		ALBIANO	Fm Hualhuani		Areniscas cuarzosas de color blanquesino de grano fino a medio, afloran en estratos gruesos hasta de siete metros, con buzamiento general al NW.
	JURASICO				

ANEXO C: SECCIONES GEOLÓGICAS.

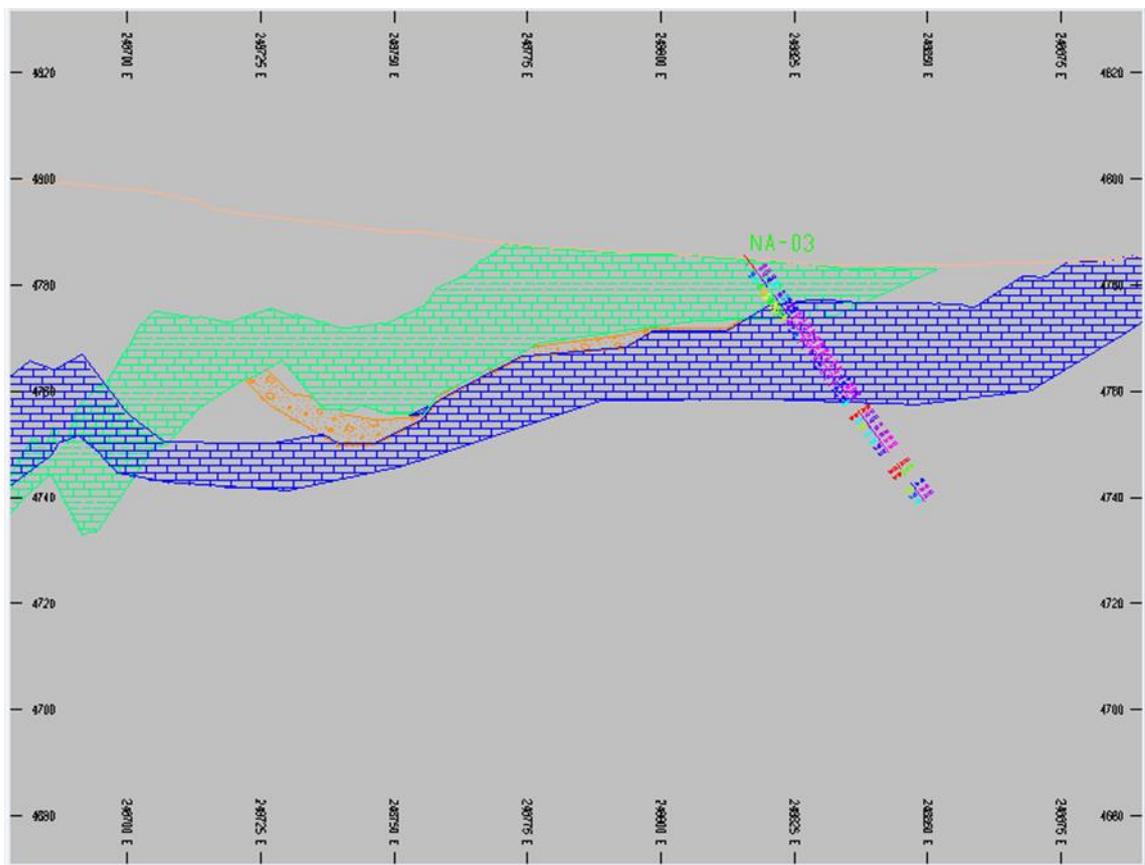
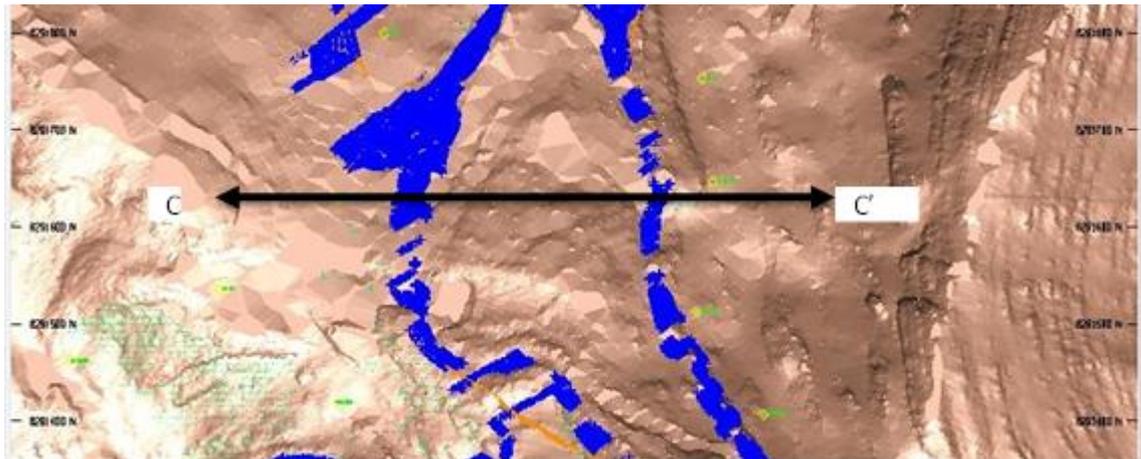
SECCIÓN GEOLÓGICA SIMPLE EN IMAGEN: North 8'290,960



SECCIÓN GEOLÓGICA SIMPLE EN IMAGEN: North 8°29'1,140



SECCIÓN GEOLÓGICA SIMPLE EN IMAGEN: North 8'291,620





ANEXO D: INFORME DEL ANÁLISIS DE MUESTRA DE ROCA CALIZA DE CALQUIPA.



Laboratorios Analíticos del Sur

Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado – Arequipa – Perú
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

+51 (054) 443294
+51 (054) 444582
+51 958 961 254
+51 958 961 253

INFORME DE ENSAYO LAS01-MN-21-09195

Fecha de emisión: 6/01/2022

Página 1 de 1
Clave generada : 24A79CA2

Señores: JOSEPH MARINO SANGA HUARACALLO
Dirección: JR. MIRAFLORES S/N SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO
Atención: JOSEPH MARINO SANGA HUARACALLO
Recepción: 29/12/2021
Realización: 29/12/2021
Observación: El Laboratorio no realiza la toma de muestra.

Métodos ensayados

*598 Método de ensayo multi-elemental por ICP-OES digestión multi-ácida

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	Procedencia de Muestra	Descripción de Muestra	*598													
				Ag	Al	B	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Ga	
MN21019632	Muestra 1	No preparado por el cliente.	Caliza	7,60	2557	841,2	55,6	<0,64	<2,0	>10000	0,637	<0,64	33,39	56,1	2127	<1,60	
MN21019633	Muestra 2	No preparado por el cliente.	Caliza	12,15	2375	679,3	30,3	<0,64	<2,0	>10000	0,550	<0,64	27,47	57,5	1848	<1,60	

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	Procedencia de Muestra	Descripción de Muestra	*598													
				In	K	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Sb	Se	Sn	
MN21019632	Muestra 1	No preparado por el cliente.	Caliza	<0,40	1712	4,3	3562	118,2	<0,64	1130	5,28	236,61	12,80	10,56	<0,64	<16	
MN21019633	Muestra 2	No preparado por el cliente.	Caliza	<0,40	1696	4,3	3509	98,0	<0,64	896,0	3,19	243,80	45,82	11,22	<0,64	<16	

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	Procedencia de Muestra	Descripción de Muestra	*598					
				Sr	Ta	Ti	Tl	V	Zn
MN21019632	Muestra 1	No preparado por el cliente.	Caliza	317,71	<0,80	23,60	<0,64	8,55	33,62
MN21019633	Muestra 2	No preparado por el cliente.	Caliza	302,36	<0,80	20,73	<0,64	9,06	27,82

Fin del informe
Susana
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Sivito Vicente Juárez Neira
Gerente General
Ino. Químico C.I.P. 19474

*<Valor numérico>=Limite de detección del método, *<Valor Numérico>=Limite de cuantificación del método

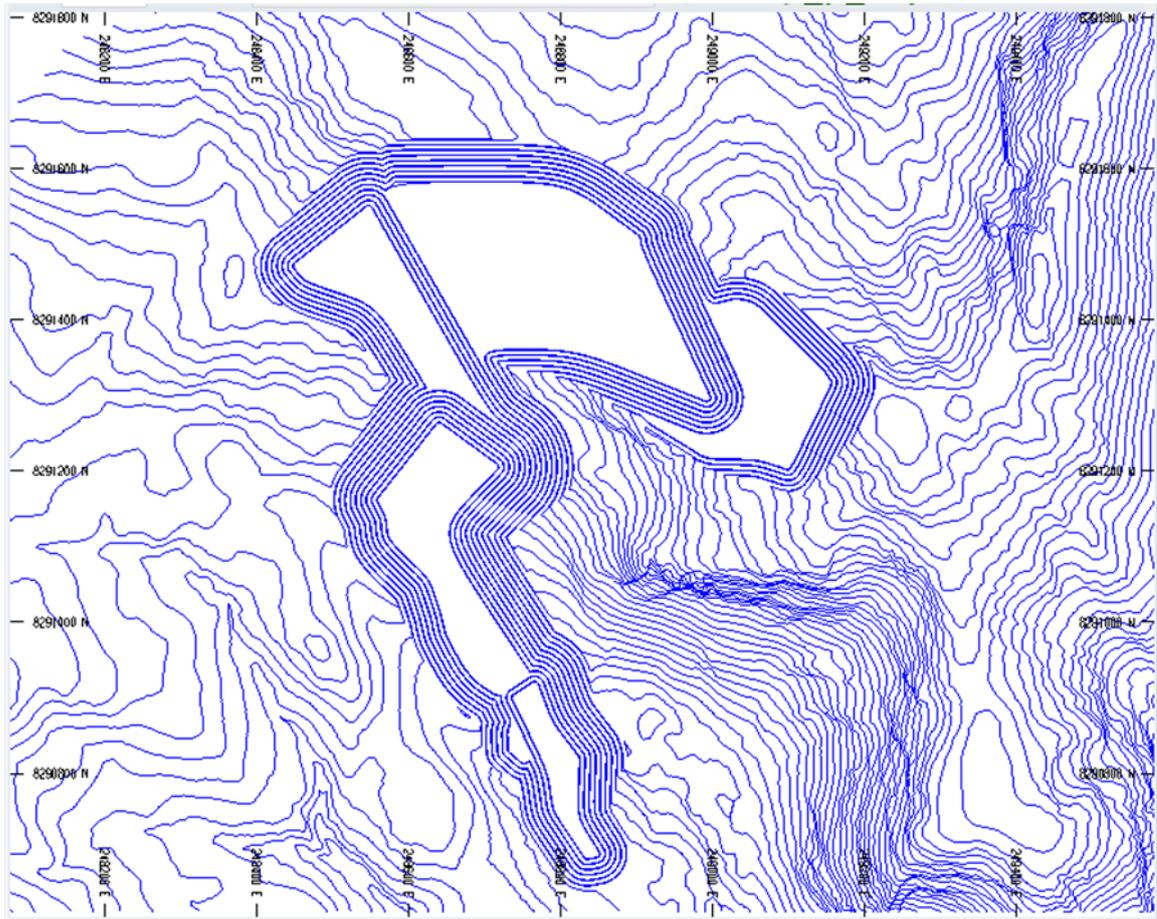
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier emienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula. Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>. Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipe-Perú.(054)443294 - (054)444582.



Fuente: (LAS, 2021).

ANEXO E: PIT FINAL DE LA CANTERA NEGRO AFRICANO (CALQUIPA)



ANEXO F: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO	1. PROBLEMA	2. OBJETIVOS	3. HIPÓTESIS	4. VARIABLES Y DIMENSIONES	5. METODOLOGÍA
Reducción de la Dilución del Mineral en el Proceso de Minado mejorando el Ore Control en la Cantera Calquiapa – Calidra - 2020	PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE	1. TIPO DE INVESTIGACIÓN
	¿Es posible reducir la dilución operacional del mineral de roca caliza al mejorar el proceso de ore control en la cantera Calquiapa?	Reducir la dilución operacional del mineral de roca caliza extraído de la cantera Calquiapa mejorando el	La dilución operacional del mineral se reduce al mejorar el ore control en el proceso de extracción de la roca caliza de la cantera Calquiapa.	La rentabilidad operativa mensual de la cantera Calquiapa.	Explicativo – aplicativo.
	PROBLEMAS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICA	VARIABLE INDEPENDIENTE	2. ALCANCE
	¿Cómo se puede mejorar el proceso de muestreo del mineral de caliza en la cantera Calquiapa?	Minimizar la dilución del mineral por error de muestreo implementando el control de calidad QA/QC en el muestreo del mineral a minarse en la cantera Calquiapa.	Un control de calidad QA/QC en el muestreo del mineral por error de muestreo, pues delimita mejor un polígono de mineral a minarse en la cantera Calquiapa.	La dilución del mineral de roca caliza en la cantera Calquiapa.	Explicativo – aplicativo.
	¿Qué secuencia de voladura se debe aplicar para evitar una sobrerotura y minimizar la ocurrencia de material fino deroca caliza en la cantera Calquiapa?	Controlar la sobrerotura y el exceso de material fino del mineral de roca caliza en la cantera Calquiapa utilizando los softwares JKSimblast y el Split Desktop.	Utilizando los softwares, JKSimblast para diseñar la voladura y el software Split Desktop para medir la fragmentación postvoladura, se controla la sobrerotura y el exceso de material fino de roca caliza en la cantera Calquiapa.	DIMENSIONES DE VD:	3. MÉTODO
	¿Cuánto será el incremento de la rentabilidad de operativa mensual de la cantera Calquiapa al reducirse la dilución operacional del mineral?	Aumentar la rentabilidad operativa mensual de la cantera Calquiapa reduciendo la dilución operacional del mineral de roca caliza.	Al reducirse la dilución operacional del mineral se aumenta la rentabilidad operativa mensual en la cantera Calquiapa.	1. Muestreo de los déritos.	Deductivo.
			2. Voladura de los proyectos de mineral.	4. DISEÑO	
			3. Roca caliza extraído mensualmente de la cantera.	Cuantitativo - descriptivo	
				5. POBLACIÓN	
				Como población se tendrá todo el proceso de control geológico de la cantera	
				6. MUESTRA	
				Se tendrá fotos, informes, base de datos, el modelo de leyes, parámetros de la roca, etc.	