



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

(Creada por Ley N° 25265)



ESCUELA DE POSGRADO

TESIS

**ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA LA REUBICACIÓN
DEL PROCESO DE TRITURACIÓN EN LÍNEA CON EL
AVANCE DE LA CANTERA DE CALIZA SELVA ALEGRE**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
GESTIÓN ESTRATÉGICA EN MINERÍA**

PRESENTADO POR:

Bach. EDGAR PATRICIO JARAMILLO NARVÁEZ

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO
EN:**

**GESTIÓN DE OPERACIONES MINERAS
MENCIÓN: OPTIMIZACIÓN DE EQUIPOS Y ANÁLISIS
DE COSTOS EN MINERÍA SUPERFICIAL**

HUANCAMELICA – PERÚ

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA

(Creado por Ley N° 25265)

ESCUELA DE POSGRADO

(APROBADO CON RESOLUCIÓN N° 736-2005-ANR)



"Año de la lucha contra la corrupción e impunidad"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Ante el Jurado conformado por los docentes: **MSc. ARROYO CABALLERO Jaime German, Msc. CANTA CARLOS Paul Percy** y **MSc. ESTEVES PAIRAZAMAN Manuel Emiliano**

Asesor: **Dr. DE LA CRUZ CRUZADO Pedro Felix**

De conformidad al Reglamento para Optar el Grado Académico de Maestro y Doctor, de la Universidad Nacional de Huancavelica, aprobado mediante Resolución N° 207-2018-CU-UNH

El Candidato al **GRADO DE MAESTRO EN GESTIÓN DE OPERACIONES MINERAS con Mención en OPTIMIZACIÓN DE EQUIPOS Y ANÁLISIS DE COSTOS EN MINERÍA SUPERFICIAL**

Don, **Edgar Patricio JARAMILLO NARVAEZ**, procedió a sustentar su trabajo de Investigación titulado **"ESTUDIO TECNICO Y ECONOMICO PARA LA REUBICACION DEL PROCESO DE TRITURACION EN LINEA CON EL AVANCE DE LA CANTERA DE CALIZA SELVA ALEGRE."**

Luego, de haber absuelto las preguntas que le fueron formulados por los Miembros del Jurado, se dio por concluido al ACTO de sustentación, realizándose la deliberación y calificación, resultando:

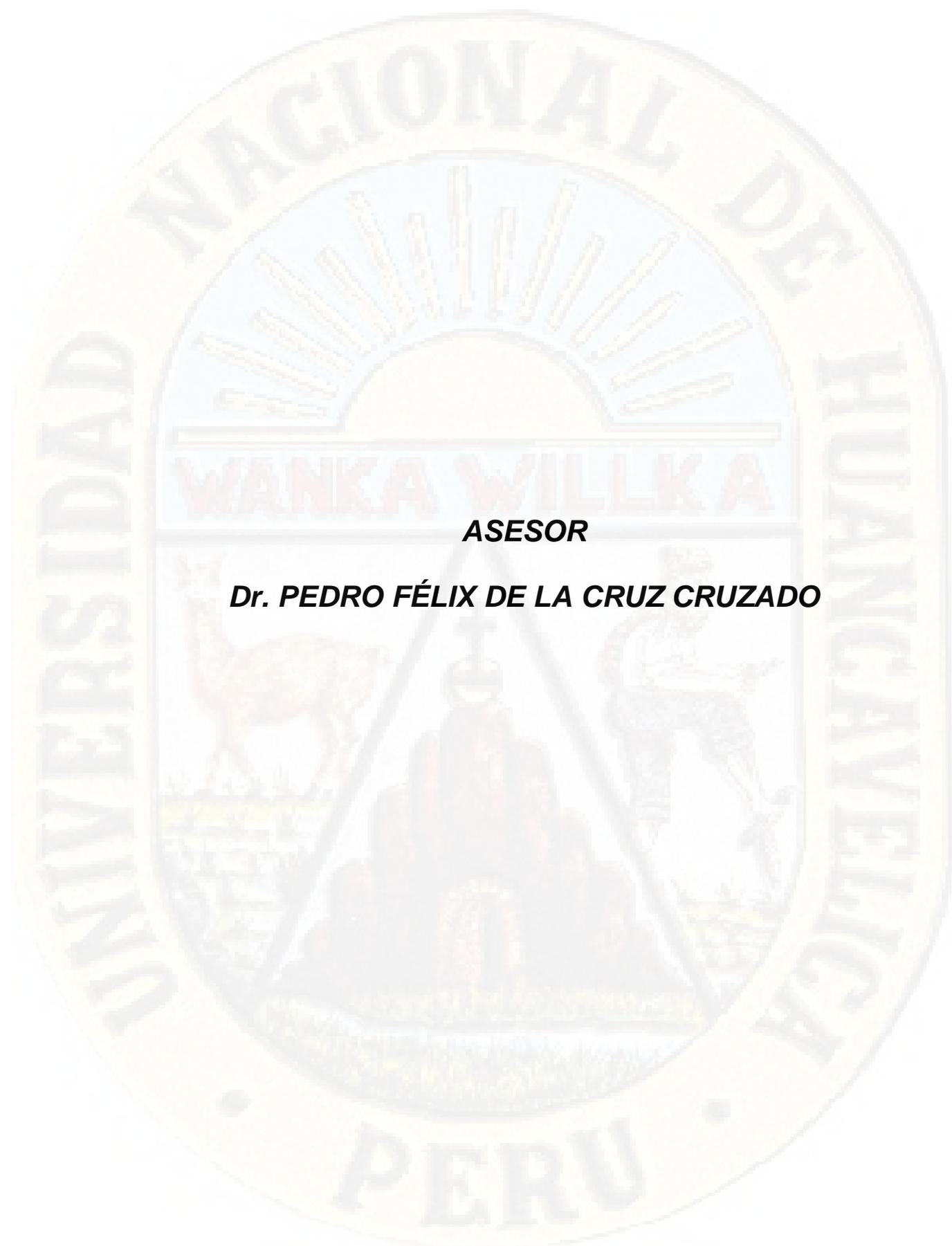
Con el calificativo: Aprobado Por: **MAYORIA**
Desaprobado

Y para constancia se extiende la presente ACTA, en la ciudad de Huancavelica, a los veintinueve días del mes de abril del año 2019.

MSc. ARROYO CABALLERO Jaime German
Presidente del Jurado.

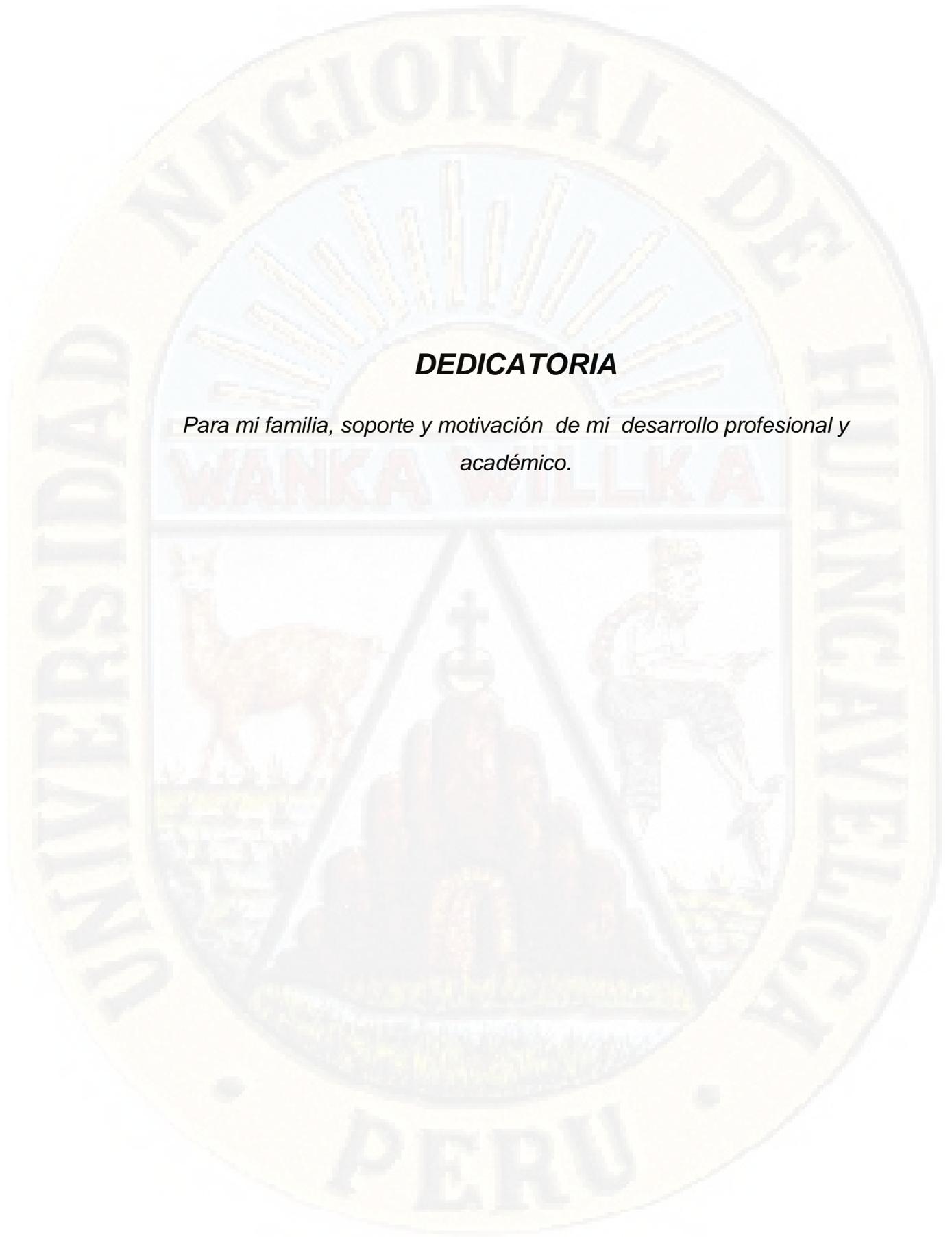
MSc. CANTA CARLOS Paul Percy
Secretario del Jurado

MSc. ESTEVES PAIRAZAMAN Manuel Emiliano
Vocal del Jurado



ASESOR

Dr. PEDRO FÉLIX DE LA CRUZ CRUZADO



DEDICATORIA

Para mi familia, soporte y motivación de mi desarrollo profesional y académico.

Resumen

La mina de caliza Selva Alegre ubicada en la provincia de Imbabura - Ecuador, forma parte de una empresa encargada de suministrar materias primas a una planta de cemento, la caliza es el principal mineral para la producción de clinker que luego se transformará en cemento.

Desde el año 2014 la mina de caliza, denominada concesión Selva Alegre, dejó de operar mediante un sistema de transporte por gravedad, en su lugar incorporó a su proceso un pique o glory hole, al cual se alimenta de caliza que viene de la estación de trituración ubicada en el mismo nivel que la plataforma de explotación, desciende por la chimenea de 300 m de profundidad a una banda dentro de un túnel de 550 m de largo hacia el stock de despacho.

La evidente mejora desde el punto de vista de seguridad respecto del antiguo método de trabajo, también trae consigo la atención a las voladuras que se realizan en el área adyacente a la trituradora, por el riesgo de fly rocks, y por otro lado, la complejidad por el cambio de ubicación de la estación de trituración junto con el descenso de los bancos de explotación de la cantera, teniendo permanente atención en mantener la provisión estable de caliza a la planta de cemento.

La posibilidad de descender los bancos de explotación frente a los riesgos de movilizar la gran estructura de la trituradora y sus accesorios se presenta como una opción, sin embargo se ha valorado su impacto en el costo de producción de caliza.

Tras las consideraciones de costos que, en caso de movilización de la trituradora, se evidencian en la obvia inversión y su amortización asumida en la depreciación dentro del costo de producción, se confronta con el escenario de no ejecutar ninguna inversión, sino mantener un programa de descenso de los bancos de explotación y la construcción de los accesos, se ha observado al final que la hipótesis de que es más eficiente la movilización de la trituradora como lo adecuado a desarrollar.

Este proceso debe manejarse como un proyecto que implica desde las fases de preparación de los accesos y frentes de explotación así como la selección y prueba de los sistemas más seguros para evitar colapso de las paredes del pique.

Como un proyecto los recursos específicos humanos y financieros, deben ser presupuestados al menos con un año de anticipación, tanto en las cuentas de costos variables como de fijos, así como el manejo de un rubro de inversión que se capitalice en los mayores activos, considerando como clave el manejo de la producción y stocks garantizando el abastecimiento de caliza a la planta de cemento.

Palabras clave: caliza, mina, pique, stocks, trituradora, cemento, clinker

Abstract

The limestone quarry Selva Alegre is located in Imbabura province in Ecuador, it is part of a Company that has the responsibility of supplying raw materials for a cement producer plant; limestone is the main material for producing clinker that later will be transformed into cement.

Since 2014, the limestone quarry stopped the former way of operation based in gravity transportation system for blasted rocks, instead of that the company built an ore pass or shaft that is fed of limestone obtained from the crushing station in the same level of exploitation platform, then the rocks go down by the chimney 300 m below to be collected by a belt conveyor inside a tunnel of 550 m long to the dispatch stock.

From the point view of Safety, the evident improvement in comparison to the former, but it also brings to attention the risks of having the blasting close to the crusher, for instance fly rocks, in the other side, there is a complexity within the change of position of the crushing system joining the descent of exploitation benches for keeping an stable supply of limestone for the cement plant.

The possibility of only continuing the exploitation in lower benches against the risks of mobilizing the huge structure of the crusher and its accessories is an option, but it is a must to evaluate the impact on the production cost.

Tras las consideraciones de costos que, en caso de movilización de la trituradora, se evidencian en la obvia inversión y su amortización asumida en la depreciación dentro del costo de producción, se confronta con el escenario de no ejecutar ninguna inversión, sino mantener un programa de descenso de los bancos de explotación y la construcción de los accesos, se ha observado al final que la hipótesis de que es más eficiente la movilización de la trituradora como lo adecuado a desarrollar.

Once all considerations has been taken regarding the the task of mobilization of the crusher, it is evident within the obvious investment the consequence of amortization assimilated in the production cost, in the other hand we have the scenario of doing any investment, only keeping the program of

exploitation going down level by level and the constructions of access., finally the hypothesis of mobilization of the crusher as the most efficient operation is the adequate route to develop.

Under all the considerations above, this operation must be handled as a Project, that implies since preparation stages of access and exploitation platforms as well as the selection and test of the safest methods to avoid the collapse of shaft walls.

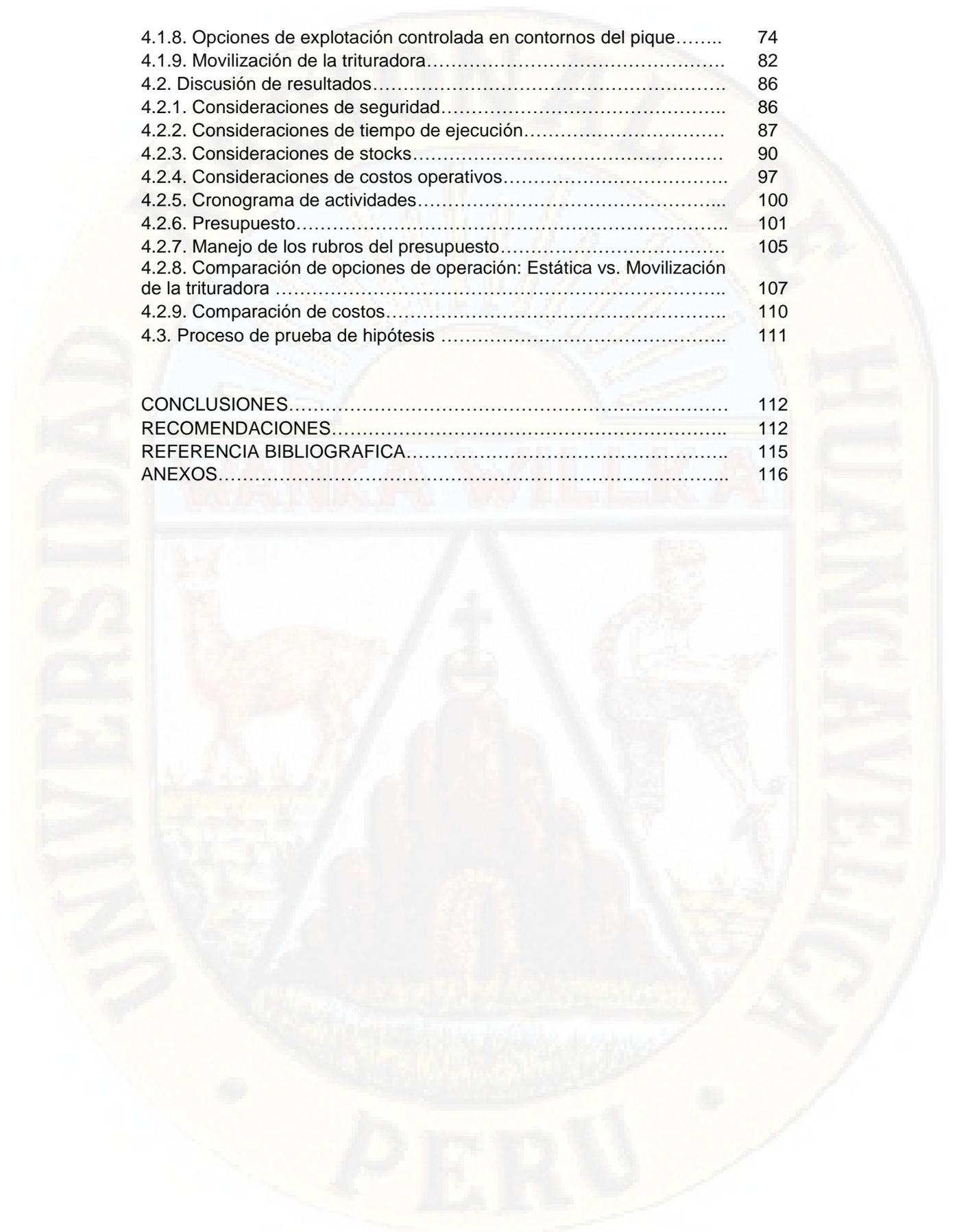
As a Project, specific human and financial resources must be budgeted at least one year before the task, simultaneously fix and variable costs accounts and the investment figures to be capitalized within the major assets, considering as relevant points the managing of the production and stocks assuring the supplying of limestone to the cement plant.

Key words: limestone, quarry, shaft, stocks, crusher, cement, clinker

INDICE

Dedicatoria	i
Resumen	ii
Abstract	iii
Introducción.....	14
CAPITULO I	
EL PROBLEMA	
1.1. Planteamiento del problema.....	13
1.2. Formulación del problema.....	14
1.3. Objetivos de la investigación.....	14
1.3.1. Objetivo general.....	14
1.3.2. Objetivo específico.....	15
1.4. Justificación.....	15
CAPITULO II	
MARCO TEORICO	
2.1. Antecedentes de la investigación.....	17
2.1.1. Descripción de la cantera.....	18
2.2. Bases teóricas.....	21
2.2.1. Descripción del proceso.....	21
2.2.2. Estructuras.....	31
2.2.3. Obra civil – Cimientos.....	35
2.2.4. Energía y sistema de control.....	38
2.3. Formulación de hipótesis.....	39
2.4. Definición de términos.....	39
2.5. Identificación de variables.....	41
2.6. Operacionalización de variables.....	42
CAPITULO III	
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	
3.1. Tipo de investigación.....	44
3.2. Nivel de investigación.....	44
3.3. Métodos de investigación.....	46
3.4. Diseño de investigación.....	47
3.5. Población, muestra y muestreo.....	48
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	49
3.7. Técnicas e instrumentos de procesamiento y análisis de datos.....	51
3.8. Descripción de la prueba de la hipótesis	52
CAPITULO IV	
PRESENTACION DE LOS RESULTADOS	
4.1. Presentación e interpretación de datos.....	53
4.1.2. Condición actual de la cantera.....	53
4.1.3. Fases para nivelar la cantera	55
4.1.4. Fase Preliminar.....	57
4.1.5. Fase 1.....	61
4.1.6. Fase 2	68
4.1.7. Descenso en los contornos de la boca del pique.....	73

4.1.8. Opciones de explotación controlada en contornos del pique.....	74
4.1.9. Movilización de la trituradora.....	82
4.2. Discusión de resultados.....	86
4.2.1. Consideraciones de seguridad.....	86
4.2.2. Consideraciones de tiempo de ejecución.....	87
4.2.3. Consideraciones de stocks.....	90
4.2.4. Consideraciones de costos operativos.....	97
4.2.5. Cronograma de actividades.....	100
4.2.6. Presupuesto.....	101
4.2.7. Manejo de los rubros del presupuesto.....	105
4.2.8. Comparación de opciones de operación: Estática vs. Movilización de la trituradora	107
4.2.9. Comparación de costos.....	110
4.3. Proceso de prueba de hipótesis	111
CONCLUSIONES.....	112
RECOMENDACIONES.....	112
REFERENCIA BIBLIOGRAFICA.....	115
ANEXOS.....	116



INDICE DE TABLAS

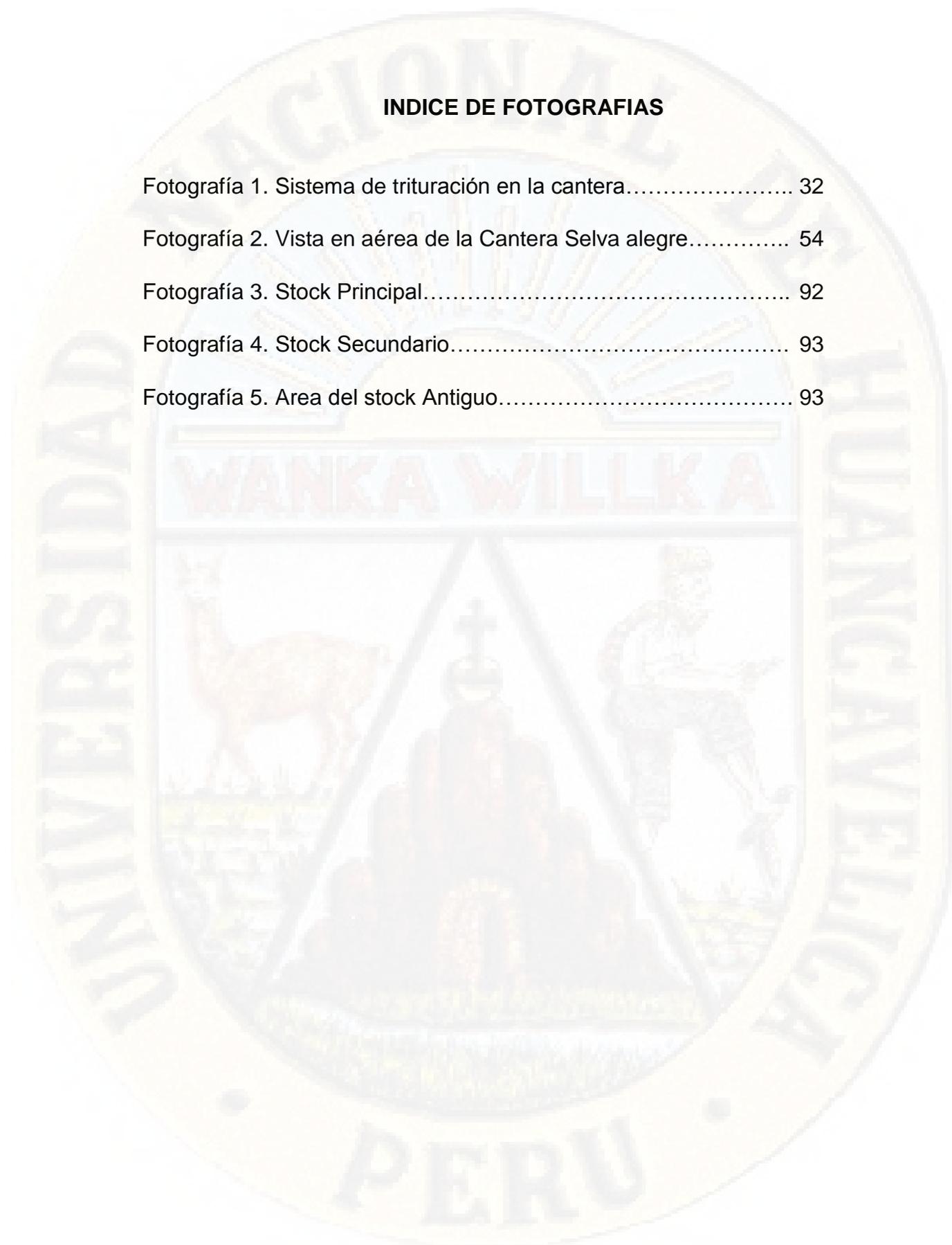
Tabla 1. Análisis de caliza de la caliza 2016-2017	21
Tabla 2. Resultados de producción previo al proyecto	30
Tabla 3. Peso de estructuras.....	35
Tabla 4. Tonelaje del Frente 1 - Fase preliminar	60
Tabla 5. Cronograma de explotación del frente 1	61
Tabla 6. Tonelaje del frente 2- fase preliminar	61
Tabla 7. Cronograma de explotación del Frente 2.....	62
Tabla 8. Tonelaje del Frente 1 - Fase 1.....	63
Tabla 9. Cronograma de explotación Frente 1 - Fase 1	64
Tabla 10. Tonelaje del Frente 2 - Fase 1	66
Tabla 11. Cronograma de explotación Frente 2 - Fase 1	66
Tabla 12. Tonelaje de Frente 3 - Fase 1	68
Tabla 13. Cronograma de explotación Frente 3 - Fase 1	69
Tabla 14. Volúmenes de voladuras de acercamiento	71
Tabla 15. Voladuras controladas. (Ref. Figura 22 y 23)	72
Tabla 16. Cronograma de voladuras de acercamiento y especiales.....	73
Tabla 17. Operación Potencial de la Fresadora.....	79
Tabla 18. Evaluación de la metodología para extraer caliza de los contornos del pique	81
Tabla 19. Consumo de caliza en planta de cemento y movimientos potenciales de stocks	91
Tabla 20. Stocks disponibles para caliza triturada y posible movimiento en el período de cambio de posición de la trituradora	94
Tabla 21. Tiempos para incremento de stocks.....	95
Tabla 22. Costo de transporte interno para conformar el stock secundario	98
Tabla 23. Costo de la fresadora.....	101
Tabla 24. Costo de la obra civil.....	102
Tabla 25. Costos de trabajos mecánicos	102
Tabla 26. Resumen de costo de trabajos mecánicos	103
Tabla 27. Costo de servicio de grúa de 100 toneladas.....	103
Tabla 28. Costo de trabajos eléctricos.....	103
Tabla 29. Presupuesto global.....	104

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano general de la cantera.....	20
Figura 2. Diseño de carga de explosivo.....	22
Figura 3. Detalle del pique extraída del plano de diseño.....	25
Figura 4. Esquema de la trituradora Hazemag modelo APPH 1620.....	27
Figura 5.- Esquema de la posición de la trituradora y sus equipos 25 en relación al pique.....	30
Figura 6. Tolva y Trituradora.....	33
Figura 7. Trituradora, banda de salida y torre de soportes (lado 1).....	34
Figura 8. Motores, plataformas y torre de soportes (lado 2).....	34
Figura 9. Apilador y soporte y accesos.....	35
Figura 10. Ubicación de bases de hormigón.....	36
Figura 11. Esquema de anclaje y base de hormigón.....	37
Figura 12. Esquema de zapata y relleno de sostenimiento.....	38
Figura 13. Visa general de la cantera y ejes de referencia.....	55
Figura 14. Corte A-A`.....	56
Figura 15.- Corte B – B.....	57
Figura 16. Secuencia de explotación – Fase preliminar.....	58
Figura 17. Secuencia de explotación - Fase 1.....	62
Figura 18. Ubicación de la zona de precorte.....	64
Figura 19. Rampa de acceso a la tolva de la trituradora.....	66
Figura 20.- Ampliación de la figura 19, plataforma actual de la tolva de la trituradora.....	67
Figura 21. Desarrollo del sector de las voladuras controladas.....	69
Figura 22. Primera voladura controlada.....	71
Figura 23. Voladuras controladas – Secuencia.....	71
Figura 24. Area liberada previo al cambio de la estación de trituración.....	72
Figura 25.- Area de seguridad para uso de cemento expansivo.....	75
Figura 26.- Estructura de una Fresadora.....	77
Figura 27.- Rendimiento (ton/h) de desbaste de roca en función de resistencia a la compresión de la roca (MPa).....	78
Figura 28.- Area de seguridad para uso de la fresadora junto a la boca del pique.....	79
Figura 29.- Uso de la fresadora tras cambio de posición de la trituradora.....	80
Figura 30. Sitio de atención para reforzamiento.....	82
Figura 31.- Plano de ubicación de la estación de trituración y equipos accesorios.....	85
Figura 32.- Esquema de operación extra para formar stock temporal.....	98

INDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1. Sistema de trituración en la cantera.....	32
Fotografía 2. Vista en aérea de la Cantera Selva alegre.....	54
Fotografía 3. Stock Principal.....	92
Fotografía 4. Stock Secundario.....	93
Fotografía 5. Area del stock Antiguo.....	93



INTRODUCCIÓN

La empresa dueña de la concesión minera tiene permanente preocupación del manejo de costos y anticipación de egresos extras que pudieran afectar el resultado financiero, por otro lado, como base de la gestión minera se mira a largo plazo las mayores operaciones que deben realizarse para mantener la operatividad de la mina de caliza y la provisión de caliza para la planta de cemento. Este estudio es un problema de varias facetas tanto técnicas como económicas a discutir y a concluir, mas sobre todo a aplicar, difundir, planificar y presupuestar.

Si bien la mina no es muy grande (1 millón de toneladas de caliza por año de producción) no se desestima el impacto que tiene dentro de la operación total de la empresa. En este aspecto se ha tomado el caso como clave para el control y desarrollo del negocio.

No existe dentro del grupo propietario de la cantera y de la planta de cemento, una referencia de operación similar o ejemplos que seguir, incluso en el medio cementero es de los pocos casos donde una cantera de caliza dispone de un pique o glory hole, solo se tiene dos en América, uno en Canadá y otro en México, por lo que la experiencia a desarrollar en este estudio significa un hito en la acumulación de conocimiento de la cantera y de manejo de proyectos para todas las áreas de la empresa.

**Por razones de política interna, la Empresa propietaria de la cantera ha establecido no ser nombrada en este trabajo académico.*

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1.Planteamiento del problema

El sistema de explotación actual de caliza en la concesión Selva Alegre se realiza a tajo abierto, arrancando el material por voladura, transportado mediante dumpers a una trituradora de 700 ton/h de capacidad, de esta se conduce por medio de un pique o glory hole de 300 metros de profundidad a un chute donde se recupera la caliza triturada para que mediante bandas transportadoras se disponga en un stock, de este punto se despacha a la planta de cemento cargándose en volquetes de 22 ton y 32 ton de capacidad.

La explotación se realiza en bancos descendentes de 13 metros de altura, de esto se estima que cada 5 años aproximadamente, se baja un nivel completo de toda la cantera. La ubicación actual de la trituradora se halla en la cota 1896 (msnm), en 5 años se llegaría al nivel 1883, esto debe ser obviamente acompañado de la relocalización de la trituradora y seguir manteniendo el pique como elemento operativo. La unidad de trituración se encuentra operando en la cota 1896 desde el año 2014.

1.2. Formulación del problema

Para la reubicación de la trituradora se debe considerar como básico la preparación del área, la movilización del equipo existente, la instalación de sus sistemas accesorios, etc. lo que lleva implícito un tiempo de ejecución durante el cual no será posible triturar roca y despacharla. El stock máximo posible de caliza triturada en la cantera es 25000 toneladas. En la planta de cemento la capacidad usualmente manejada en su stock es aproximadamente 100000 t y el consumo en su proceso es de 100000 t/mes. Si se deja de despachar materia prima por un mes, la consecuencia segura es la detención del proceso en la planta cementera.

La interrogante que surge bajo estas condiciones es:

¿Qué considera y recomienda el estudio técnico y económico para visualizar los impactos en la operación futura o potencial siendo factible el comparar dos situaciones hipotéticas, tanto la de movilizar la trituradora a un nivel inferior frente a la de no hacerlo?

Como se observa a primera vista es delicado suponer un paro de la trituración para su transición a una nueva ubicación sin tener efectos en el negocio del consumidor de la caliza.

1.3.- Objetivos de la investigación

1.3.1.- Objetivo general

- Realizar el estudio técnico y económico del avance de la cantera en los escenarios de movilización simultánea de los bancos de explotación con el descenso de la estación de trituración exponiendo los riesgos posibles y definir las medidas preventivas para evitar impactos indeseables.

1.3.2.- Objetivo específico

- Determinar la variación de los costos de producción de los dos escenarios de operación: estático y de movilización de la trituradora
- Determinar la mejor opción de operación de la mina en el mediano plazo (menos de 5 años)
- Disponer del procedimiento de ejecución de desbaste de caliza en el contorno del pique para evitar riesgos a la seguridad y operación posterior
- Desarrollar el plan de preparación de los bancos de explotación en función de la nueva locación de la estación de trituración
- Disponer los cuadros de presupuesto de la preparación y ejecución del cambio de ubicación de la trituradora y de los criterios de asignación de los costos a las cuentas de costos fijos, variables o de capitalización.

1.4.- Justificación

En el área de explotación de caliza para la industria del cemento solamente se conocen dos operaciones similares que operan con un pique:

Italia.- De la empresa cementos Sacci, en Tavernola. Sin mayores referencias técnicas.

México.- Grupo Cementos Moctezuma. Dispone de una mina de caliza a cielo abierto, con un pique de 150 metros de profundidad, de 5 metros de diámetro. La caliza volada es descargada en la boca del pique mediante dumpers, la estación de trituración se encuentra en la descarga del pozo.

Como se observa en las referencias mencionadas anteriormente y debido a que no existe referencia de una operación similar en el Grupo Industrial propietaria de la cantera, se requiere de este documento con directrices bien estructuradas para que esa organización las tomen como elemento de trabajo, planificación y presupuesto.

Es evidente por lo comentado en la descripción del problema que de no considerar y ejecutar la movilización de toda la estructura de trituración con

simultáneo cuidado del pique, la operación se volvería costosa, insegura y reduciría su productividad.



CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Se expone a continuación información relevante de la localización, condiciones ambientales y de la operación de la cantera de caliza y del proceso de trituración.

Se ilustra la estructura existente del área de operación de tal manera que se visualiza la actual condición y sobre lo cual el estudio debe considerar los cambios o desarrollos para llegar al objetivo de descenso de un nivel de la estación de trituración.

No existe referencia en la empresa de este tipo de operación puesto que este sistema opera desde finales del 2014.

2.1.1. Descripción de la cantera

La cantera de caliza denominada Concesión Minera Selva Alegre, se encuentra ubicada a 67 km de distancia de la planta de cemento, y a 74 km de la ciudad más cercana, Otavalo, en el cantón Otavalo, provincia de Imbabura, Ecuador. La carretera es asfaltada hasta el km 27, lo demás es de tercer orden, es decir solo lastrado.

El término Concesión Minera es como se denomina dentro de la ley minera del Ecuador al área legalmente establecida donde se pueden ejecutar actividades de explotación de minerales.

El clima es templado, con una variación de temperatura de 15° C a 25° C con una humedad relativa de 80%. La temporada lluviosa empieza en

Octubre y se extiende hasta Mayo. La temporada seca se distribuye entre los meses de Junio a Septiembre, mes en el que inician las lluvias.

La formación calcárea se encuentra siendo parte de una montaña llamada Cerro Quinde, la cual ha sido explotado en bancos descendentes desde su inicio en 1979.

“El yacimiento pertenece a la formación geológica denominada Macuchi, es de roca caliza de origen sedimentaria y metamorfizada, blanca vítrea de grano grueso. El otro nombre con el que se conoce a esta caliza es Mármol de Selva Alegre. El material de contacto es andesita y granodiorita, hallándose también algunos filones de arcillas y roca meteorizada.” (1)

(1) Villarreal, Iván. *Reporte semestral de producción de la Concesión Selva Alegre para la autoridad minera ARCOM Agencia de Regulación y Control Minero,, marzo 2017.*

La pureza y uniformidad de la caliza es resaltante, lo cual puede ser apreciado en los análisis de laboratorio de la empresa cementera, consumidor principal del mineral, los datos se pueden ver en la tabla siguiente:

Tabla 1. Análisis de caliza de la caliza 2016-2017

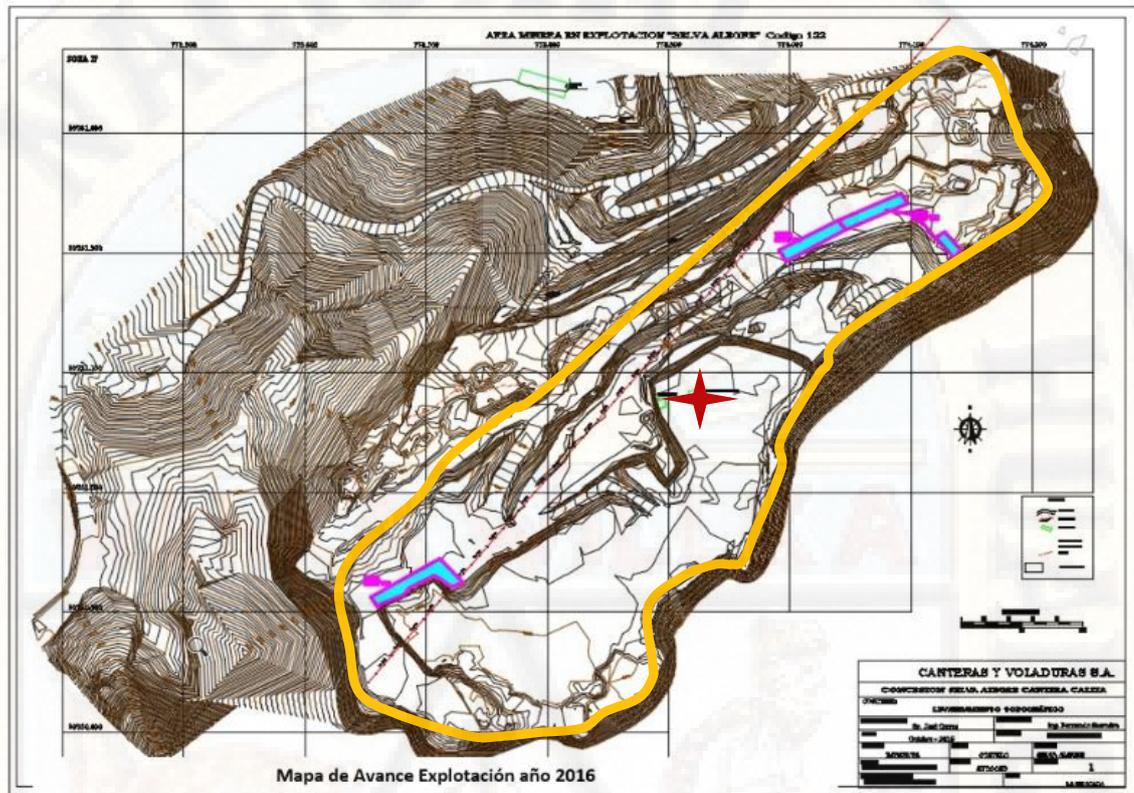
	C O M P O S I C I O N Q U I M I C A							Humedad	CaCO ₃
	PF	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TOTAL		
ENE / 2016	44,5	0,65	0,10	0,12	54,0	0,64	100,0	1,4	96,1
FEB / 2016	43,3	1,15	0,23	0,25	54,4	0,59	100,0	1,9	96,9
MAR / 2016	44,2	1,01	0,17	0,18	53,9	0,58	100,0	2,5	95,9
ABR / 2016	44,1	0,87	0,17	0,21	54,1	0,53	100,0	2,6	96,3
MAY / 2016	44,1	0,95	0,19	0,19	54,0	0,58	100,0	2,6	96,0
JUN / 2016	44,1	1,14	0,22	0,20	53,7	0,57	100,0	3,3	95,6
JUL / 2016	44,0	1,20	0,27	0,18	53,8	0,56	100,0	2,3	95,8
AGT / 2016	42,8	1,17	0,16	0,16	55,2	0,55	100,0	2,7	98,2
SEP / 2016	43,0	1,50	0,34	0,32	54,2	0,65	100,0	3,0	96,4
OCT / 2016	43,0	0,97	0,18	0,16	55,1	0,57	100,0	2,1	98,1
NOV / 2016	42,7	1,75	0,35	0,29	54,4	0,49	100,0	2,4	96,8
DIC / 2016	43,3	1,78	0,28	0,27	53,9	0,53	100,0	2,6	95,9
ENE / 2017	44,2	1,11	0,19	0,23	53,7	0,52	100,0	2,9	95,6
FEB / 2017	43,3	1,39	0,26	0,24	54,1	0,66	100,0	2,4	96,3
MAR / 2017	43,5	1,52	0,36	0,29	53,7	0,55	100,0	2,7	95,7
MEDIA	43,62	1,21	0,23	0,22	54,14	0,57	100,0	2,49	96,4
desv. Est.	0,6	0,32	0,08	0,06	0,46	0,05	0,0	0,5	0,8
MINIMO	42,7	0,7	0,1	0,1	53,7	0,5	100,0	1,4	95,6
MAXIMO	44,5	1,8	0,4	0,3	55,2	0,7	100,0	3,3	98,2

PF: pérdida al fuego o pérdida por calcinación

Fuente: Jefe de cantera, concesión Selva Alegre.

La actual plataforma (a abril del 2018) de producción se encuentra en el nivel 1896, lo cual se observa en la Figura1:

Figura 1. Plano general de la cantera



Fuente: Jefe de cantera, concesión Selva Alegre.

La estrella roja señala el punto donde se encuentra la estación de trituración, en una posición casi equidistante de los extremos más lejanos de la mina.

La zona enmarcada en naranja es la plataforma de explotación, la caliza está expuesta en toda el área, aquello que se encuentra fuera de lo señalado es material estéril, mismo que es removido a una tasa de 200000 ton/año, esto implica un factor estéril / mineral bastante bajo de ~0.2.

En general la estructura del depósito de caliza es compacto, bastante uniforme, con buzamiento en dirección NW, sin embargo las zonas de contorno en dirección S, SW y NE se tiene formaciones de aglomerados y cavernas que dificulta la tarea de voladura y son sitios de atención extrema por los riesgos de desprendimiento de estos conglomerados y depósitos aislados de material arcilloso.

2.2. Bases teóricas

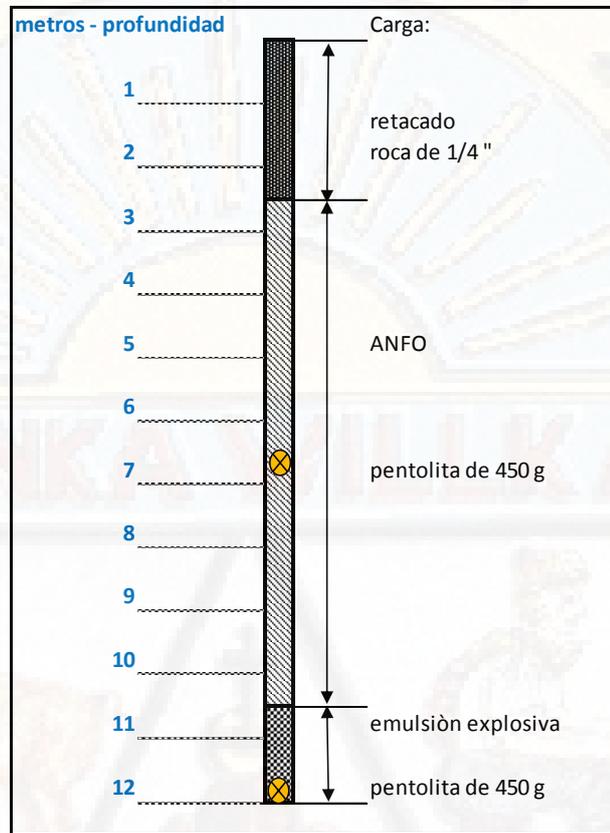
Debido a que no se trata de un estudio experimental sino de aplicación de conocimientos de gestión y evaluación de las restricciones y riesgos operacionales no se considera exponer una base teórica sobre la cual se desarrolle el trabajo futuro sino una base práctica del existente proceso.

2.2.1. Descripción del proceso

Perforación y voladura

El proceso inicia con la actividad de perforación, con un equipo marca JUNJIN modelo JD 1300E. La profundidad de los barrenos es de 12 m, en malla de 3.5 x 3.5 con diámetro de broca de 3.5” con una inclinación de hasta 10°. La altura se ha determinado considerando la capacidad de los equipos de carguío y la experiencia de haber obtenido los mejores resultados en tamaño de roca y calidad del piso tras el retiro del material volado. La composición de la carga de explosivo se puede ver en este esquema a continuación:

Figura 2. Diseño de carga de explosivo



Fuente: Jefe de cantera, concesión Selva Alegre.

Carguío

La recuperación del material volado se realiza en dos frentes de manera simultánea, porque se aprovecha de mejor manera la capacidad de los equipos de carguío, se evita congestión y tiempos muertos y por lo restringida que es el área de la plataforma de carga, tal como se ve en la Figura 1, la cantera es más larga que ancha por lo que se prefiere disponer 2 frentes de trabajo.

Los equipos actuales en la zona de carguío son:

4 camiones fuera de ruta (dumpers) Caterpillar 774

1 excavadora Caterpillar 390

1 excavadora Doosan 500

Cada cargadora opera con dos camiones, adicionalmente, de modo simultáneo segregan las rocas con sobre tamaño que por defecto de la voladura, cavernas o de problemas en la perforación se hayan producido; al momento se tiene un rechazo de 2% que supera el objetivo máximo de la voladura, es decir superan 0.90m de diámetro. Estas rocas son acopiadas en un área fuera de la ruta de circulación de los camiones procediendo luego a la reducción de tamaño mediante rotura por medio de un martillo hidráulico acoplado a una excavadora Caterpillar 322.

Trituración y transporte por gravedad mediante pique (glory hole)

Desde el inicio de la cantera se operó aplicando transporte por gravedad de la roca volada (tronada) vertiéndola por el talud de la montaña y dejando que, en caída libre de casi 300 metros, llegue hasta la base de la misma ubicada en el nivel 1566 msnm, donde era recuperada para conducirse mediante camiones al proceso de trituración en un equipo de 350 ton/h de capacidad. Eran importantes los riesgos para los operadores del equipo de recuperación, debido a los potenciales desprendimientos de conglomerados del talud o de rocas trasegadas que pudieran haber quedado colgadas en las formaciones de la pendiente.

Este sistema se modificó tras un proyecto de tres años de duración y desde septiembre del 2014 se opera manteniendo la explotación en bancos descendentes, la caliza volada se recupera y se alimenta a una trituradora en el nivel 1908, el material triturado se descarga a un pique o glory hole de 300 m de profundidad, de sección cuadrada de 3.5 m x 3.5 m con una inclinación de 75° en dirección Este.

La trituradora es del tipo de impacto, marca Hazemag modelo APPH 1620, de capacidad nominal 700 ton/h, aunque se ha logrado de modo sostenido

825 ton/h. La alimentación de material solo permite tamaños de roca de máximo de 1 metro de diámetro, de ser superior, la posibilidad de atascos es alta y además resultaría en una evidente pérdida de productividad.

El producto de la trituración es material pasante de malla de 4" al 100%, esto es requerido así por el cliente, la planta de cemento, pues su equipo, un molino vertical, no permite manejar tamaños superiores sin afectar seriamente su proceso.

De la descarga de la trituradora se conduce la roca triturada por medio de bandas transportadoras a la boca del pique, de aquí se traslada internamente por este pozo hasta el fondo donde se recupera por medio de un transportador de placas hacia una banda transportadora que recorre un túnel de 520 m de largo para conducir luego a un apilador para conformar el stock de despacho de caliza.

Punto relevante en la operación del pique es que siempre debe estar lleno o al menos no superar 10% de espacio vacío, esto evita que el impacto del material sea sobre las paredes desnudas del pozo y cause erosión que puede hacer colapsar el pique, por tanto la extracción como la trituración deben funcionar de modo sincronizado, por un lado, para no dejar vacío el pique y por otro, para no sobrellenarlo lo cual exigiría parar la trituradora.

El avance de las actividades de voladura en las inmediaciones de la boca del pique se realizan con sumo cuidado para que las vibraciones no afecten la estructura del pozo ni haya riesgo de fly rocks sobre los equipos.

Plataforma de descarga.- es la sección donde se ubican los dumpers de retro para descargar la caliza a la tolva, esta zona dispone de una base de hormigón armado donde se ha anclado una placa y un tope metálicos para que no haya riesgo de que los camiones caigan a la tolva.

Tolva.- las rocas son descargadas de los dumpers a la tolva de 100 ton de capacidad, este volumen definido para que al menos dos dumpers, cada uno de 45 ton de capacidad, tengan la posibilidad de descargar el material sin demora en espera de vaciarse totalmente.

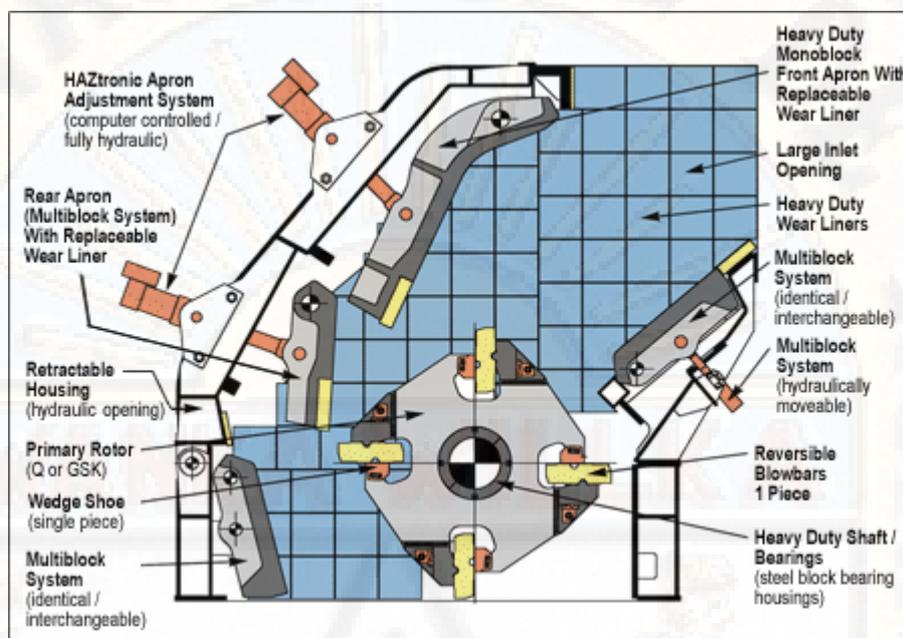
Estructura de soporte.- es el esqueleto metálico que sostiene las diferentes partes de la trituradora, tolva y alimentador vibratorio. Las columnas metálicas están sostenidas en cimientos de concreto compuestos por

Trituradora.- Es una máquina de trituración primaria marca Hazemag modelo APPH 1620, tipo impactor, dispone de dos motores de 350 HP (260 kw) cada uno, que hacen girar a un eje rotor donde se acoplan 4 barras en ubicación equidistante, las cuales son responsables por la generación de la fuerza de impacto sobre los internos de la trituradora para que se produzca el esfuerzo de corte, fractura y en consecuencia la trituración.

Como se observa en la Figura 4, el equipo tiene 4 cuerpos fijos de impacto que reciben al roca impulsada por el rotor; 2 de estos cuerpos son ajustables lo cual permite la graduación del tamaño de roca resultante.

Las estructuras laterales (en azul en el gráfico) son solo elementos antidesgaste que evitan el deterioro de la carcasa de la trituradora.

Figura 4. Esquema de la trituradora Hazemag modelo APPH 1620



Fuente: www.hazemag.com

El nominal de capacidad de trituración es del 600 ton/h con una tasa de consumo estimado en 1 kwh/ton y una capacidad de ser alimentada de 915 mm; no obstante de estas especificaciones se tiene una alimentación real sostenida que ha superado 700 ton/h con un consumo de 0.60 kwh/ton. Así se aprecia en los resultados de la operación del 2016 indicados a continuación:

Tabla 2. Resultados de producción previo al proyecto y posterior operación con pique y actual trituradora

		ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	total	
		2014													
Producción	t	100 370	108 040	92 172	92 013	105 518	89 530	104 051	90 273	95 467	115 732	93 580	125 463	1 212 210	
Productividad	t/h	341	330	321	303	310	307	301	475	734	679	660	745	405	
factor de utilización	%	39,52	48,66	38,58	42,22	45,77	40,49	46,51	25,54	18,06	22,90	19,71	22,63	34,14	
factor de fiabilidad	%	95,50	87,42	93,00	89,50	90,44	95,89	92,51	85,98	87,04	87,82	96,49	94,13	91,32	
		2015													
Producción	t	95 002	112 802	100 007	105 933	109 863	82 021	90 375	86 770	91 985	86 407	96 463	90 015	1 147 643	
Productividad	t/h	718	740	757	751	756	583	737	691	710	733	758	755	723	
factor de utilización	%	17,79	22,70	17,77	19,59	19,53	19,53	16,49	16,88	17,99	15,85	17,66	16,03	18,11	
factor de fiabilidad	%	92,22	87,73	89,21	94,54	92,67	96,63	97,19	91,61	96,07	97,52	99,54	91,60	93,63	
		2016													
Producción	t	79 642	62 838	88 734	91 323	76 186	84 170	78 684	82 777	62 498	96 440	94 000	67 991	965 282	
Productividad	t/h	743	724	730	748	734	744	768	767	770	832	835	844	769	
factor de utilización	%	14,41	12,46	16,34	16,96	13,96	15,72	13,76	14,51	11,27	15,57	15,64	10,82	14,29	
factor de fiabilidad	%	88,57	100,00	88,15	97,33	99,45	100,00	79,75	92,77	90,18	92,47	96,17	96,89	93,04	

inicio de operación con pique y nueva trituradora

Fuente: *Elaboración propia, datos de reportes de Jefe de cantera, Concesión selva Alegre*

Generador.- El sistema no recibe energía de la red debido a la ausencia del servicio de energía pública, no existe posibilidad de disponer de torres y cableado de la cual anclarse para abastecer electricidad a los equipos de trituración, pues dentro del proyecto se evaluó la fiabilidad de la energía, la potencia y variaciones del voltaje y la construcción del sistema de conducción de energía, este último punto sobre todo aportara un riesgo a la seguridad y operativamente no sería sencillo puesto que la plataforma de explotación – voladura está adyacente a la trituradora, de aquí que los daños potenciales por fly rocks serían serios al igual que las interferencias que un cableado y postes podrían generar a la circulación de los camiones así como la perfilación de los taludes, bermas, etc.

El generador de una capacidad de 1230 kw abastece de electricidad a 480 VAC a la trituradora y a las bandas de salida y descarga al pique. El generador se encuentra ubicado en una plataforma de hormigón armado a una distancia de 20 metros de la estación de trituración, esto con el objeto de evitar el potencial impacto de rocas que podrían ser proyectadas por la trituradora o durante la descarga de los dumpers, además conviene estar

alejada de la influencia de la vibración que produce la trituración y la eventual emisión de polvo que pudiera afectar los componentes internos del generador así como del cuarto eléctrico adyacente al generador donde se encuentra el tablero de distribución de energía, arrancadores y protecciones eléctricas de cada equipo.

El motor del generador consume diésel a una tasa media de 30 gal/h. para disponer de la autonomía suficiente de operación adicional a su tanque de combustible se dispone de un tanque de servicio de 2000 galones dentro de un cubeto de hormigón, punto normado para evitar derrames en caso de falla o daño de la estructura del tanque.

Banda de salida de la trituradora.- ha sido especificada para 900 ton/h dando holgura para repentinas sobre cargas de material. Sus especificaciones son:

- 12 metros de largo
- Rodillos de soporte a 30°
- Rodillos de retorno
- Ancho de banda 60" (1524 mm)

Banda de descarga al pique.- Al igual que la banda de salida de la trituradora está dimensionada para 900 ton/h. Tiene la particularidad de estar montada sobre una estructura móvil pivotante, ya que en caso de requerirse una intervención mayor la estructura puede girar sobre un eje en la cola de la banda y posicionarse hacia un costado con ayuda de un tren de neumáticos ubicado en la parte inferior de la banda. Sus características son:

- 14.6 metros de largo con una inclinación de 12°
- Rodillos de soporte a 30°
- Rodillos de retorno
- Ancho de banda 60" (1524 mm)

Cabina de control.- se dispone de una estación para el control de la trituración donde se tiene el sistema scada de captación de información de

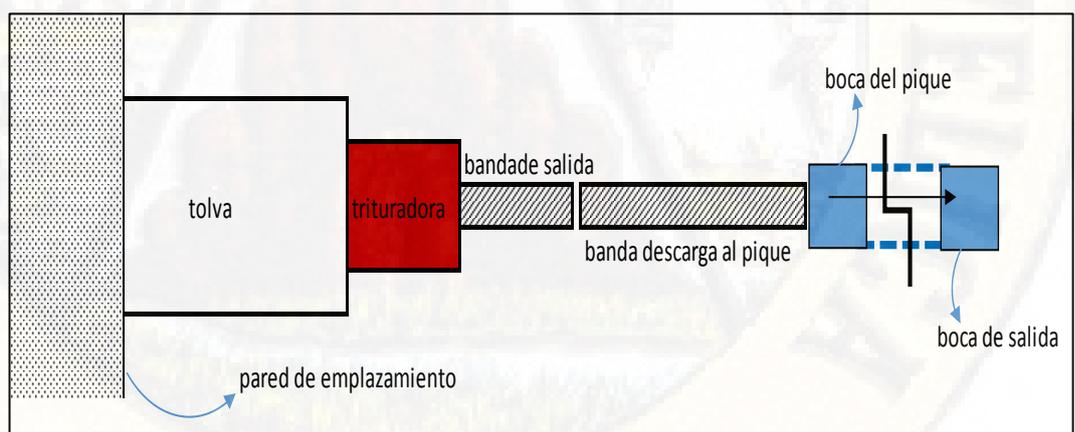
las señales que se consideran las más relevantes, generador, motores de la trituradora, arranque y paro de los equipos. Un sistema pequeño adicional es de la cámara de video que permite visión de la tolva de alimentación lo que prevé que no haya fallas en la descarga (sobrellenado), anticipar atascos y apreciar de modo cualitativo el tamaño de las rocas.

Emplazamiento de la trituradora.

La ubicación fue determinada en su momento (montaje en el año 2014) tomando en cuenta lo siguiente:

- La calidad de roca para garantizar que el peso del equipo y la operación posterior no pueda deteriorar, fracturar o erosionar las paredes de sostén
- La ubicación de la descarga de la banda transportadora a la boca del pique en línea con la inclinación del pozo, esquemáticamente se explica así:

Figura 5.- Esquema de la posición de la trituradora y sus equipos en relación al pique



Fuente: Elaboración propia

- Reducir los metros de perforación /voladura del pique que estaba realizándose por el método Alimak Mining Mass Blast, puesto que tal

operación tenía un costo muy importante por metro perforado, convenía descender un banco de 13 m en lugar de perforar en sentido ascendente esa misma altura.

Para validar la calidad del talud donde se va a ubicar la trituradora en su nueva posición y sobre todo la tolva de alimentación se va a asimilar las mismas características de calidad de la roca que tiene la actual posición debido a lo siguiente:

- La diferencia de altura de una y otra posiciones es de 13 m
- La distancia entre ubicaciones es menor a 100 m
- La homogeneidad visible de la roca en ambas ubicaciones (ver fotografías, abajo):

2.2.2. Estructuras.

Estructuras de soporte de la trituradora.

La estructura de la trituradora, soportería de la criba, bandas y accesos tales como escalinatas y plataformas de trabajo están sentadas en bases de hormigón. Estas a su vez han sido instaladas en el piso firme de caliza luego de una reconfiguración del suelo (nivelación) y perforación para anclar de manera correcta.

Fotografía 1. Sistema de trituración en la cantera Concesión Selva Alegre



Fuente.- Toma directa en la cantera, Agosto 2017

Los detalles de las fundaciones se encuentran detalladas en los planos disponibles en Anexo 1, se describen más adelante.

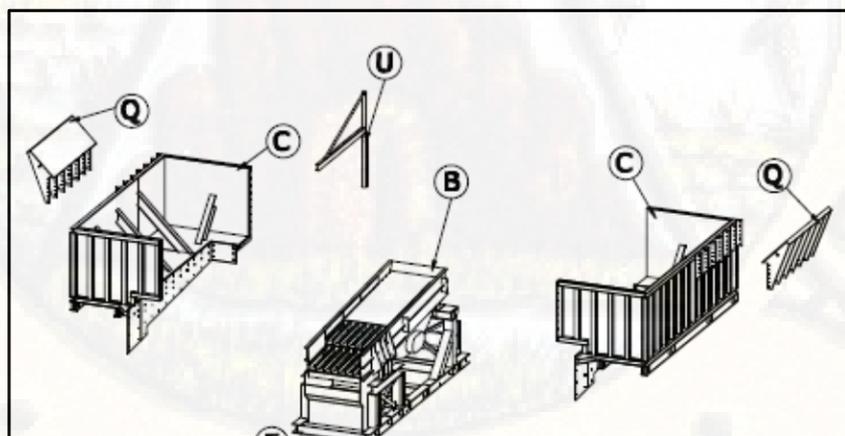
La estructura metálica, columnas, vigas, plataformas, guardas y escalinatas para soportar los equipos principales y disponer la accesibilidad necesaria, tienen las siguientes especificaciones en cuenta a pesos, los datos han sido obtenidas del plano elaborado por RMS Ross Corp. (Ver Anexo 2), esta empresa fue la encargada de la ingeniería y provisión de las estructuras del montaje inicial:

Tabla 3. Peso de estructuras

	Quantity	Description	Dimensions	Weight
A	1	Portable Chassis	9'3" W x 12'6" H x 55' L (2819 x 3810 x 16764 mm)	83,400 lbs (37829.6 kg)
B	1	Feeder/Support Structure	9'2" W x 12' H x 28'2" L (2794 x 3658 x 8585 mm)	51,000 lbs (23133 kg)
C	2	Hopper	11' W x 10'10" H x 27'9" L (3353 x 3302 x 8458 mm)	25,500 lbs each (11567 kg)
D	1	Crusher	139" W x 115 3/4" H x 126 5/16" L (3531 x 2940 x 3208 mm)	71,000 lbs (32205 kg)
E	1	Crusher Hood	6'1" W x 7'8" H x 7'11" L (1854 x 2337 x 2413 mm)	6,800 lbs (3084 kg)
Fa	1	Walkway	4'6" W x 7'2" H x 8'6" L (1372 x 2185 x 2591 mm)	1,400 lbs (635 kg)
Fb	1	Walkway	4'6" W x 4'2" H x 3'4" L (1372 x 1270 x 1016 mm)	400 lbs (182 kg)
Fc	1	Walkway	4'6" W x 5'11" H x 8'6" L (1372 x 1804 x 2591 mm)	1,100 lbs (500 kg)
Fd	1	Walkway	4'6" W x 4'3" H x 3'4" L (1372 x 1296 x 1016 mm)	400 lbs (182 kg)
G	1	Walkway	6'9" W x 5'1" H x 17'10" L (2057.4 x 1549 x 5436 mm)	1,700 lbs (771 kg)
H	1	Safety Motor Guard	1'8" W x 5'9" H x 14'5" L (508 x 1753 x 4387 mm)	1,200 lbs (545 kg)
I	2	350 HP Motors	3' x 3' x 6'8" (914 x 914 x 2032 mm)	4,400 lbs each (1996 kg)
J	1	Support #1	7'11 1/2" x 5'11" x 25'2" (2426 x 1803 x 7671 mm)	10,300 lbs (4672 kg)
K	1	Support #2	7'11 1/2" x 5'11" x 25'2" (2426 x 1803 x 7671 mm)	10,300 lbs (4672 kg)
L	1	Support #3	7'11 1/2" x 5'11" x 25'2" (2426 x 1803 x 7671 mm)	10,300 lbs (4672 kg)
M	1	Support #4	7'11 1/2" x 5'11" x 25'2" (2426 x 1803 x 7671 mm)	10,300 lbs (4672 kg)
N	2	Walkway	5'2" x 5'1" x 9'10" (1575 x 1549 x 2997 mm)	800 lbs each (363 kg)
O	1	40' Conveyor	5' W x 4' H x 47' L (1524 x 1219 x 1194 mm)	15,800 lbs (7166.8 kg)
P	1	Stairs	30'11" x 3'8" x 30" (9423.4 x 1118 x 762 mm)	1,920 lbs (660 kg)
Q	2	Wings	12' x 6'5" x 2'2" (3658 x 1956 x 660 mm)	3,200 lbs (1451 kg)
R	1	Conveyor Head Section	16'4"x7'x8'4" (4978 x 2134 x 2540 mm)	8,000 lbs (3629 kg)
S	1	Hazetronic	7'2"x4'9"x1'11" (2184 x 1448 x 584 mm)	1,670 lbs (757 kg)
T	2	Motor Mount	5'6"x4'-2"x9'3" (1676 x 1270 x 2819 mm)	2,800 lbs (1270 kg)
U	1	Jib Crane	13'8"x11'x12" (4166 x 3353 x 3658 mm)	800 lbs (363 kg)
V	1	Starter Panels	TBA	TBA
W	1	Radial Conveyor axle	12'3"x3'9"x16'6" (3734 x 1143 x 5029 mm)	2,800 lbs (1270 kg)

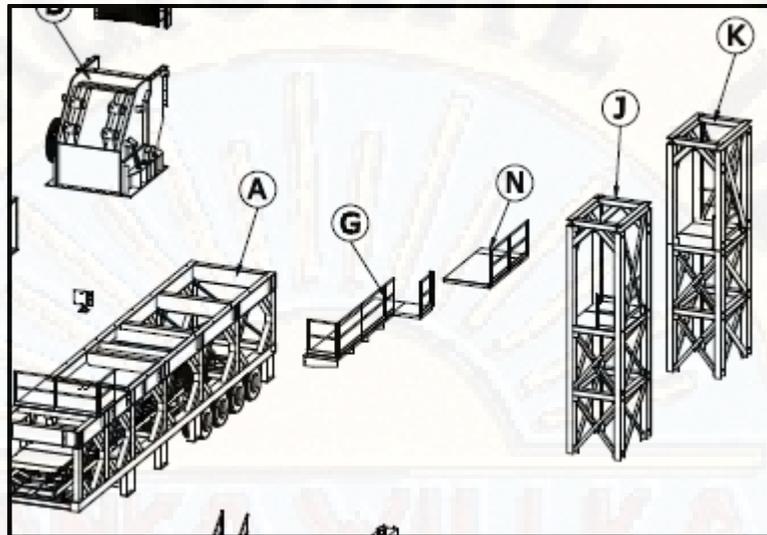
Fuente: plano de archivo de la Empresa

Figura 6. Tolva y Trituradora



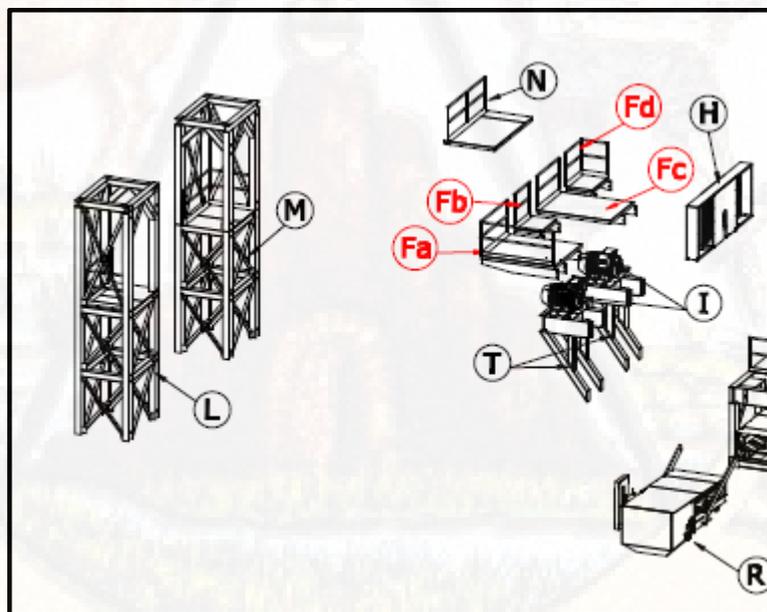
Fuente: plano de archivo de la Empresa

Figura 7. Trituradora, banda de salida y torre de soportes (lado 1)



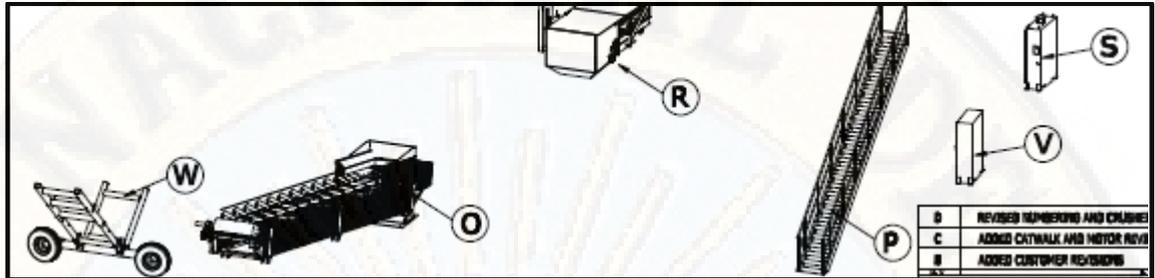
Fuente: plano de archivo de la Empresa

Figura 8. Motores, plataformas y torre de soportes (lado 2)



Fuente: plano de archivo de la Empresa

Figura 9. Apilador y soporte y accesos



Fuente: plano de archivo de la Empresa

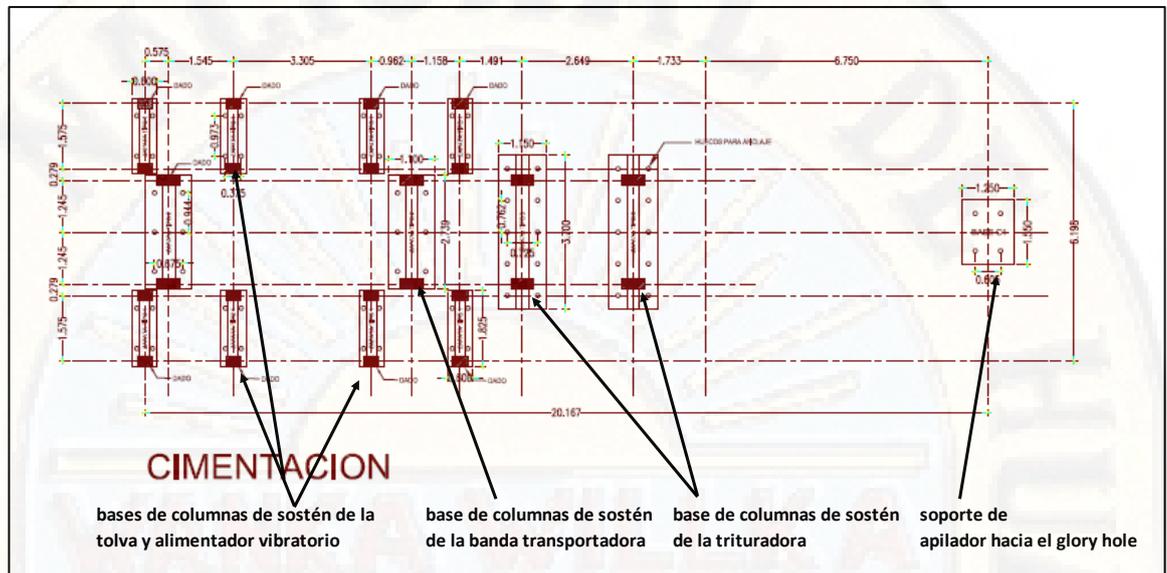
Esta información es importante para determinar el presupuesto de montaje, lo cual normalmente se basa en la cantidad de kg de metal, esto se tarifa en USD/kg (dólares americanos por kilogramo de metal). Accesorio a esto se debe considerar las actividades de izaje (grúa) y andamios que también tienen un costo a considerar en la discusión del presupuesto.

2.2.3. Obra civil – Cimientos.

Las columnas metálicas de los soportes principales (secciones A, J, K, L M y N de las figuras 6, 7, 8 y 9) están sentadas y ancladas en sus respectivas bases por cimientos de hormigón armado. Previamente se tuvo que nivelar el piso rocoso y realizar perforaciones para anclar las varillas de fijación y guía.

Las bases de concreto tienen las siguientes especificaciones:

Figura 10. Ubicación de bases de hormigón



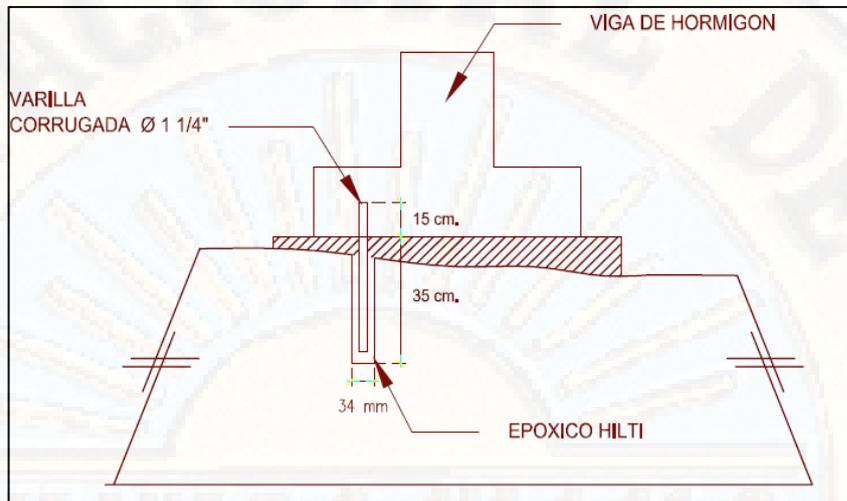
Fuente: plano de archivo de la Empresa

Las zapatas de hormigón tienen las siguientes especificaciones:

Resistencia a la compresión: $f'c = 320 \text{ kgf/cm}^2$

Anclajes: de varilla corrugada de 1 ¼" de diámetro, 50 cm de largo

Figura 11. Esquema de anclaje y base de hormigón



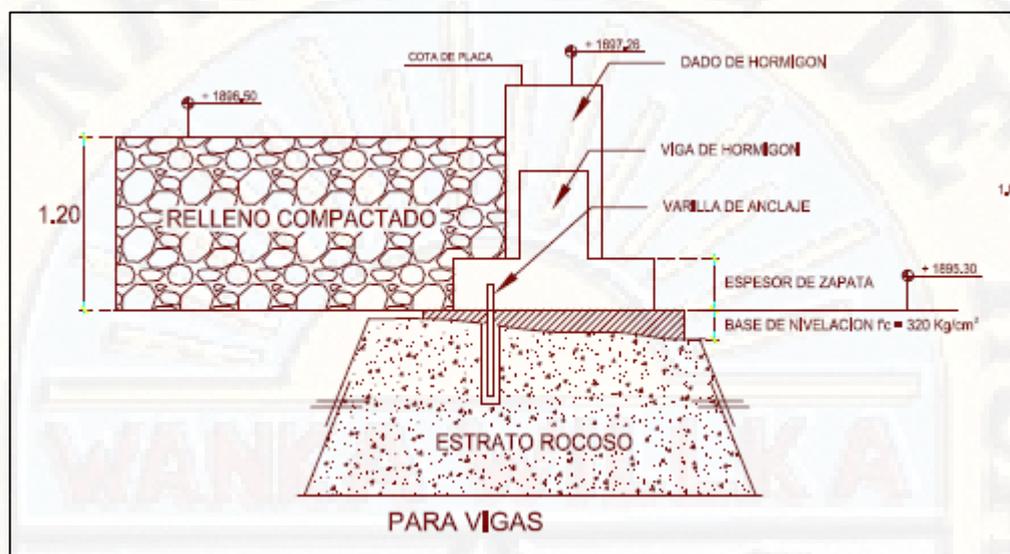
Fuente: plano de archivo de la Empresa

Los anclajes de cada zapata o base se instalan tras realizar una perforación de 35 cm de profundidad y 34 mm de diámetro en el piso de caliza, estos anclajes son varillas corrugadas de acero de 1 ¼ " montadas con un espaciado de 50 cm entre una y otra. Se fijan en la posición vertical por medio de una resina epóxica.

Sobre el estrato rocoso de caliza se dispone de una sub-base de nivelación de hormigón ciclópeo de $f'c$ 320 kgf/cm², sobre esta se acopla la armadura de acero tipo jaula y se vierte el hormigón.

En la parte superior de cada zapata previo al vertido de concreto se instalan las placas de acero con los pernos guía y de soporte de las vigas metálicas.

Figura 12. Esquema de zapata y relleno de sostenimiento



Fuente: plano de archivo de la Empresa

2.2.4. Energía y sistema de control

La energía para la operación de la trituradora y sus equipos accesorios está provista por un generador de 1.2 MW de capacidad instalada, que operada al 40% de su potencia disponible. Su consumo específico no supera 0.60 kwh/ton de caliza triturada.

El sistema de control es específico para la trituradora denominado Haztronic, mismo que controla la apertura de las placas de impacto y las regula en caso de una tentativa de atasco detectado por una súbita de amperaje de los motores.

El sistema de paro y arranque automático está compuesto por un PLC central que controla las secuencias de inicio y paro controlado así como el de emergencia en caso de sobrecarga del sistema u otro problema operativo.

2.3. Formulación de hipótesis

Al observar la operación se exponen algunas inquietudes sobre como debe ser el avance de la cantera y como se debe modificar la operación actual conforme se vaya descendiendo los bancos de explotación. La mina en el sistema actual se maneja desde el año 2014, sin embargo una vez que se hayan consumido los bancos en el contorno de la posición de la actual trituradora debe ser claro como operar en el mediano plazo de la manera más eficiente en términos de la operación y costos.

El pit final de la cantera considera la remoción de todo el material aprovechable de las reservas, sin embargo en el intermedio se debe definir como se realiza a detalle el descenso y acondicionamiento de los equipos de producción.

La hipótesis es:

La condición más eficiente en costo la movilización de la trituradora para avanzar en los dos niveles siguientes de 12 metros cada uno respecto de mantener la actual posición de la trituradora y explotar esos dos mismos niveles de la cantera.

Acompaña a la actividad de reubicación de la estación de trituración, la consideración de que es posible el realizar la movilización sin interferir en la capacidad de la cantera de mantener el suministro de caliza triturada al cliente – planta de cemento – controlando los riesgos e interferencias en los procesos de planificación y ejecución del proyecto con el mejor tiempo posible de paro de la estación de trituración y manejo óptimo de los costos involucrados.

2.4. Definición de términos

CAPEX (Capital Expenditures) o Egresos de capital.- relacionadas con inversiones ligadas a adquisición de activos o a incremento del valor de activos existentes, en este último caso referido a mejoras o actualizaciones de equipos, sistemas o unidades completas de producción.

Anualmente se dispone de un monto distribuido para varios proyectos de inversión que justifican su desarrollo para reemplazar equipo obsoleto, o que ha pasado su vida útil (cero valor en libros contables), o que permite una mejora de producción, ahorro de energía o cumplimiento de normas legales, de seguridad o ambientales.

Costo de inventarios.- Dentro del ejercicio financiero es resaltable el manejo costo de inventarios de materias primas, combustibles y repuestos que tienen un impacto importante en el balance general. Al disponer un mayor stock de materias primas, por ejemplo, es claro que se reduce la disponibilidad de *cash* en la empresa, es decir liquidez que es indicador relevante de la gestión de la compañía.

Ciclo.- tiempo requerido por los camiones de carga de caliza volada para realizar el circuito de carga de caliza – descarga en la tolva de la trituradora – retorno al punto de carga en el frente de explotación.

Frente de explotación.- es el área donde se ha realizado una tronadura y se encuentra depositada la caliza volada. Desde ese punto se procede con la carga de material hacia la tolva de la trituradora.

Operación a cielo abierto o tajo abierto.- sistema de explotación de mineral que se desarrolla en la superficie de un yacimiento, en consecuencia no implica el desarrollo de tunelería o galerías subterráneas.

OPEX (Operative Expenditures) o Egresos Operativos.- es el flujo de recursos económicos para los gastos que tiene que ver con el proceso

productivo, estos son relativos a costos fijos y variables: materias primas, energía, combustibles, mantenimiento, servicios, etc.

Estos suelen ser encontrados organizados en el presupuesto anual y las revisiones presupuestarias que se elaboran cada trimestre.

Pique, ore pass o Glory hole.- Sistema de transporte de material a través de un ducto vertical o ligeramente inclinado construido entre dos galerías o plataformas de operación, por este se vierte material en la parte superior y se recupera por la descarga inferior.

Voladuras de contorno.- son las que se efectúan para terminar perfiles sanos, sin fracturas en los frentes de explotación. Por su naturaleza de menor esfuerzo sobre el entorno es agresivo a la roca circundante.

En función de estos conceptos se discutirá más adelante las implicaciones en costo, inversiones y resultados financieros del cambio de la ubicación de la trituradora y las medidas de preparación como por ejemplo, el disponer de un stock de caliza, lo suficientemente seguro, para ejecutar el paro de la operación de la mina durante el cambio de la trituradora

No se consideran otros términos relevantes.

2.5. Identificación de variables

La variable a analizar es la localización de la estación de trituración. En función del nivel de la estación de trituración van a cambiar otras variables dentro de la operación:

- Tiempos de ciclo de transporte desde los frentes de explotación hacia la tolva de la trituradora
- Costo de transporte de caliza
- Productividad de la trituradora
- Horas de operación de la trituradora

Estas se traducen en Costo de producción de caliza.

En esencia la relación de las variables es:

Costo de producción = f(posición del estación de trituración)

2.6. Operacionalización de variables

Para la variable de localización de la trituradora se define dos valores:

- a) 1896 msnm posición actual de la boca del pique
- b) 1884 msnm posición nueva de la boca del pique

Cabe anotar que 1904 es la ubicación actual de la tolva de alimentación de la trituradora, y 1896, 12 metros debajo es la boca del pique.

La siguiente consideración son dos niveles de descenso de la plataforma de explotación, es la variable independiente dentro de la evaluación para calcular las condiciones operacionales y los costos (variable dependiente).

- a) 1884 msnm
- b) 1872 msnm

La evaluación de costos de producción se determina con base en:

- a) La trituradora se mantiene en la posición 1904 y se descienden los bancos de explotación a 1884 y a 1872.
- b) La trituradora se baja a nivel 1896 y se bajan los niveles de explotación a 1884 y a 1872.

La variación del costo de producción se compara en los siguientes rubros:

CASO: MOVILIZACIÓN DE LA TRITURADORA

costos variables	unidad
transporte interno para crear nuevo stock para mantener despach durante el paro	usd/t
voladuras de contorno cerca del pique	usd/t
mantenimiento del equipo pesado adicional	usd/t

costos fijos	
depreciación de la inversión por la capitalización de costos de movilización	usd/t

CASO: LA TRITURADORA SE MANTIENE EN LA POSICIÓN ACTUAL

costos variables	
extra costo de transporte por alargue de los ciclos de los dumpers	usd/t

costos fijos	
ninguno extra a los que ya maneja la mina	---

Si bien estos no son los únicos costos, son los que van a verse afectados en los escenarios anteriormente indicados.

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Se realiza una investigación descriptiva como una exposición de la realidad existente y la condición en dos escenarios, uno estático de la posición de la trituradora y otro de su traslado a otra ubicación, siendo la variable de localización expresada en m.s.n.m (metros sobre el nivel del mar) de la estación de trituración, y su relación con el costo de producción de la caliza, mismo que se busca explicar con la variación de los ciclos de transporte de caliza y la productividad de la trituración.

Se expone

3.2. Nivel de investigación

Se considera dentro del tipo de investigación descriptiva, el nivel descriptivo-correlacional, al exponer el cómo va a funcionar la mina en los escenarios definidos y la relación de la variable de costo de producción con la variable de localización (nivel de la trituradora).

Ya que se conoce la condición inicial del proceso, es decir de la operación preexistente, se procede a realizar las evaluaciones teóricas de:

- como ejecutar el avance de los frentes de explotación
- la movilización del sistema de trituración
- preparación del área de montaje
- operación de montaje
- plan de avance de la mina

- actividades y métodos que reduzcan los riesgos e interferencias del proyecto sean explicados a detalle, con restricciones que ya se presumen como:

a) el mantener inalterable la estructura del pique, caso contrario, su daño, colapso u otra falla deja inoperativa la cantera con posible paro de operaciones de varios meses

b) disponibilidad de stock y consecuente suministro de caliza para la planta de cemento, a diferencia de otras operaciones no se puede detener de modo indefinido el sistema de trituración sin impactar en el stock de material listo para el cliente, las pérdidas para este serían irreparables.

Entre las actividades previstas a analizar y estudiar se encuentra el describir lo siguiente:

- como avanzar la cantera para que no se pierda la actual capacidad de producción

- método para realizar la explotación en la zona aledaña a la boca del pique

- gestión para realizar la transición de las estructuras y considerar actividades previas que puedan minimizar el tiempo de paro de las instalaciones

- manejo de los costos involucrados para que sean asimilados en los costos fijos, que no dependen del nivel de producción; los costos variables que pueden ser puntuales previo al paro e intervención debido a la preparación de stocks adicionales para mantener la provisión de caliza al cliente; y los costos de inversión que puedan ser capitalizados dentro de los valores de los activos existentes.

3.3. Métodos de investigación

El método de investigación bibliográfica es la base para desarrollar este proyecto, entendiéndose esto como la recolección de información en

archivos sobre especificaciones de equipos e instalaciones, desarrollo de los diseños de avance de la cantera, selección de métodos de explotación en zonas de riesgo estructural para el pique, evaluación de métodos de descenso de la boca del pique y de costos de producción y servicios relacionados.

No solo se trata de una recolección de información existente sino que se aplica con esto el método hipotético deductivo. La hipótesis determina un posible efecto de una acción potencial a ejecutar, durante la recolección de datos y del análisis de estos y traducidos como costos de producción se definirá si la hipótesis es acertada.

Aun cuando no se valide la hipótesis como positiva, lo contrario establecería un modo de operación óptima de la mina, es decir apoya a una toma de decisión para la empresa.

Toda la información recolectada lleva a una discusión sobre la secuencia de realización de la actividad en campo.

3.4. Diseño de investigación

El primer paso es la determinación de la realidad existente en la operación, al entender en detalle como funciona el proceso, los equipos, el método de trabajo, etc:

- capacidades de producción y despacho, disponibilidad de stocks y tiempos razonables de paro de la operación
- necesidades del cliente: volumen de caliza requerido, riesgos para el negocio del cliente
- diseño de la cantera y pique, planos, peso de estructuras, disponibilidad de facilidades técnicas para el trabajo de movilización

Con base en la operación actual se procede a exponer el concepto de la nueva instalación: disponer la estación de trituración en posición opuesta a

la actual para aprovechar el mismo sistema de transporte del material triturado por el pique o glory hole, bajo condiciones que no pueden mutar:

- debe ser el menor plazo posible de transición de un área a otra
- debe ser realizado con el más alto estándar de seguridad
- debe ser realizado por empresas o compañías de montaje de experiencia reconocida
- no se debe alterar la capacidad de producción de la estación de trituración
- no debe afectarse la estructura del pique manteniendo su operatividad inalterable
- no debe impactar de manera súbita en las finanzas de la empresa ni en los costos de producción

El siguiente paso es evaluar los efectos de dos importantes condiciones que ya se presume van a variar: tiempos de ciclos y costos de explotación, lo cual se correlacionará con el costo de producción de la caliza.

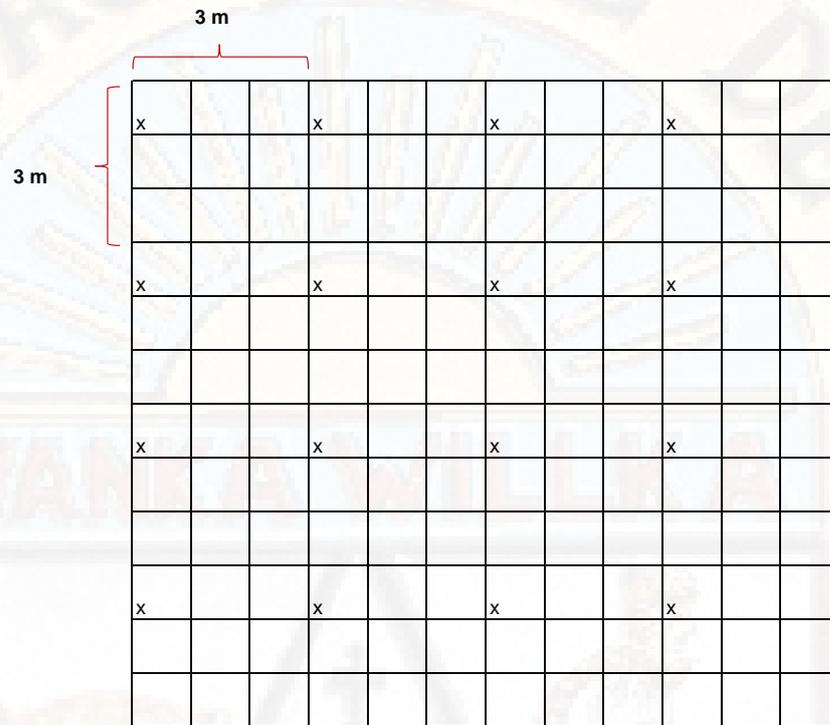
Finalmente se tendrá un cuadro de decisión comparativo entre los escenarios estático y de movilización de la estación de trituración.

3.5. Población, muestra y muestreo

La población de estudio son los escenarios de operación de la mina, uno estático, en el cual se mantiene de modo permanente la localización de la estación de trituración; el otro, es el de movilización de las instalaciones en simultáneo con el descenso de los bancos de explotación.

Las muestras para la determinación de la localización de la trituradora se han basado en calicatas de 12 m de profundidad tomadas a 10 m de distancia de la boca del pique en sentido opuesto a la actual localización de la trituradora con una distancia de 3 m en una malla de 12 x 12 m², teniendo un total de 16 muestras de detritos de perforación. Debido a la homogeneidad de la calidad de la caliza no se considera más muestras, ya que estas se destinan a validar la calidad desde el punto de vista químico e

indirectamente se valida al competencia de la roca para ser base la trituradora.



ÁREA DE MUESTREO: 12 m x 12 m

Otro muestreo es sobre los ciclos de transporte de caliza, ya que servirá de base para determinar su relación con la eficiencia del tiempo de transporte y su impacto en la jornada de trabajo, pues dentro de la hipótesis se ha definido que el mejor escenario es la movilización de la trituradora para no afectar los costos de producción y la eficiencia del proceso expresada en horas de operación sin alertar el número de equipos de trabajo, tanto en términos de personal como número de dumpers principalmente. Recordemos que el horario de trabajo normal de la mina, explicado en el marco teórico, es 8 horas de operación, 5 días por semana.

Se determina el muestreo por observación directa de los tiempos de carga, espera, transporte con carga y descargado. La condición de la observación y toma de tiempos debe ser sin interferencias de falla de fiabilidad de los equipos, buen tiempo (sin lluvia), buen material en el frente de explotación (sin rocas sobre tamaño)

De este muestreo de datos lo relevante a extraer son las velocidades de transporte expresados en km/h para calcular a posterior los tiempos de transporte cuando se explote bancos inferiores 12 m y 24 m bajo el nivel 1896.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La observación con foco cuantitativo es la técnica de recolección de datos e información requerida para exponer los escenarios de trabajo.

Se requiere de información topográfica, modelos de avance de las voladuras y nivelaciones de suelo, para ello se recurre a la ubicación directa de la información de los archivos de la mina.

Los muestreos para determinar la calidad de la caliza se realizan con una perforadora de 3.5" de broca, es el mismo equipo con el cual se realizan las perforaciones previo a la carga de explosivos (explicado en 2.2.1.), de esto, se toman los detritos de la perforación tras un cuarteo del total del volumen de polvo extraído, para obtener aproximadamente 1 kg de muestra de cada punto de perforación. El análisis químico se realiza de una muestra de por fluorescencia de rayos X en un equipo Bruker S8 Tiger empleando 10 g de la muestra de detritos.

La toma de datos de ciclos se realiza por determinación de tiempos en al condición actual, para la determinación de tiempos de las condiciones potenciales de operación (dos niveles de descenso de los bancos de explotación), se calculan empleando las distancias en los planos de los escenarios definidos

Los datos de costos son tomados de los registros reales de la cantera y de los contratos de servicios mineros externalizados; debido a las restricciones de la información de la empresa solo se tomarán aquellos que serán afectados:

- a) escenario estático, no movilización de la trituradora

- costo de transporte por retraso de ciclos
 - costo de tiempo extra de operación (en caso de no cumplimiento de la producción requerida)
 - costo de pérdida de reservas, aunque no entra en el costo de operación directo, esta se debe considerar como la no posibilidad de uso del recurso, la pérdida de reservas debe estimarse como un impacto estratégico.
- b) Escenario de movilización de la trituradora
- costo de voladuras de contorno
 - costo de inversión que se asimila luego en depreciaciones
 - costos de transporte extra para conformar stocks de emergencia para sostener el despacho al cliente durante el paro
 - costos de equipos adicionales (para arranque de material en el contorno inmediato al pique)

3.7. Técnicas e instrumentos de procesamiento y análisis de datos

La información se formaliza en diseños topográficos, confirmación de planos de estructuras, obras civiles, etc.

Por otro lado se ordena la información de costos en tablas de resultados y su relación con costos.

En cuanto a la preparación del paro de la instalación previo al traslado de la estación de trituración se ordena la información recolectada en descripciones de condiciones técnicas y en cronogramas de actividades previas y de ejecución propiamente, en diferentes plazos:

- el desarrollo del proyecto, es decir este trabajo de tesis con al menos dos años previo al trabajo de movilización de la estación de trituración
- la inclusión en presupuesto de la empresa, en términos de tiempo, al menos el año previo a la ejecución del proyecto

- meses previos, las actividades preparatorias: avance de la cantera, contratación, actividades constructivas en paralelo con la operación en curso, preparación del equipo de trabajo a cargo del proyecto.
- semanas previas: verificación de las áreas de trabajo, las estructuras previamente construidas (cimientos, estabilidad de taludes), contratos, preparación del equipo de trabajo, cumplimiento de cronogramas, etc. Verificación del manejo y asignación de costos
- días previos: preparación de equipos de trabajo in situ, herramientas, disponibilidad de energía, elementos constructivos y accesorios, (grúas, elementos de izaje y carga, transporte, andamios, etc).
- durante la ejecución: cumplimiento del plan de trabajo a diario, y al final de cierre y puesta en marcha.

3.8. Descripción de la prueba de la hipótesis

Ya que la hipótesis presume que la mejor condición para la operación, desde el punto de vista de costo, es la movilización de la estación de trituración, esto se debe evidenciar en el costo de producción:

Escenario estático	condición	Escenario Móvilización	Prueba
Y usd/t caliza producida	>	X usd/t caliza producida	hipótesis verdadera
Y usd/t caliza producida	<	X usd/t caliza producida	hipótesis falsa
Y usd/t caliza producida	=	X usd/t caliza producida	hipótesis falsa

Y y X se toman como los valores de costo de producción en los escenarios a evaluar.

CAPITULO IV

PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. Presentación e interpretación de datos

La información siguiente conduce al proceso y secuencia para realizar la movilización de la estación de trituración.

La actual conformación de la cantera debe ser modificada, no solo por el obvio avance del plan de explotación, destape (retiro de material estéril), sino principalmente para el cambio de ubicación de la trituradora. Esta sección se centra en el plan de avance y de labores relativas a la conformación del nuevo sitio donde debe estar ubicada la estación de trituración.

4.1.2. Condición actual de la cantera

La plataforma de operación de la mina se encuentra cubriendo un área de 1.42 km², se localiza en la parte alta de la formación orográfica llamada Cerro Quinde.

Fotografía 2. Vista en aérea de la Cantera Selva alegre



Cerro Quinde
(Mina)

zona de salida de
túnel al que descarga el pique

antigua zona
de stcok y

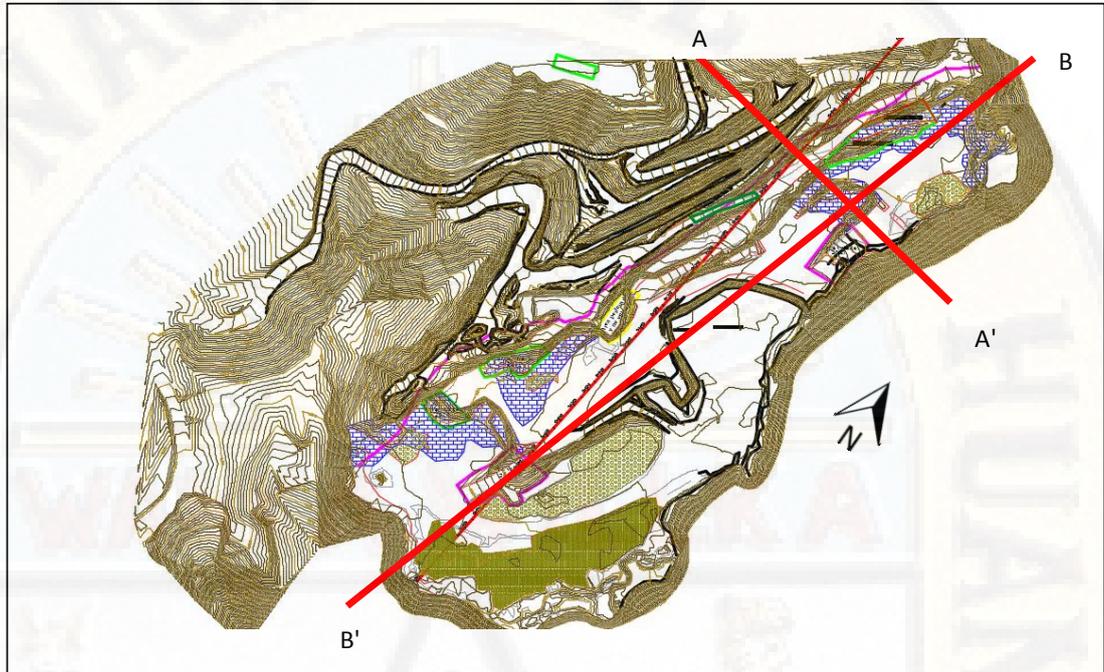
despacho

Fuente: Google Maps

En la Fotografía 2 se describe el área llamada “antigua zona de stock y despacho” misma que dejó de ser empleada a finales del 2014, donde se encontraba la trituradora inicial y el área de apilamiento de caliza triturada, sin embargo de que ya no es un área de operación dispone de un espacio importante para almacenaje de roca de 40 kton de capacidad.

La cantera está orientada de Noreste-Suroeste y tiene una longitud de 700 metros de largo por 250 metros de ancho con una cota mínima de 1884 msnm. Actualmente se encuentra la boca del pique en el nivel 1896 msnm.

Figura 13. Visa general de la cantera y ejes de referencia



Fuente: Pasante de la cantera Concesión Selva Alegre 2017

4.1.3. Fases para nivelar la cantera

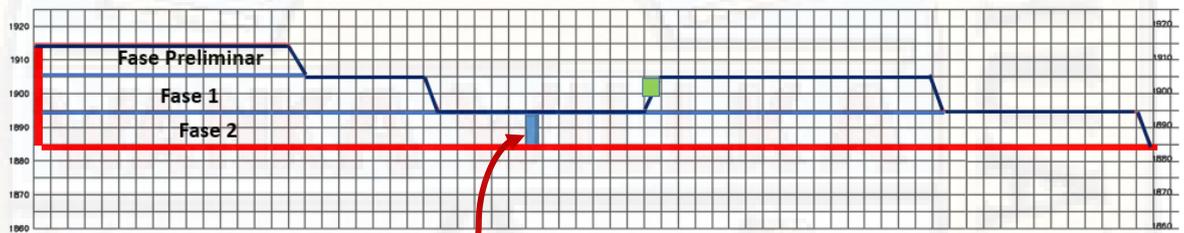
La denominación de *nivelación* se refiere a la actividad necesaria para disponer de una nueva plataforma de explotación que pueda operar en los próximos años tras la reubicación de la trituradora, así también a la conformación de la ubicación donde será instalada la trituradora, la tolva de alimentación y la rampa de acceso de ser necesaria.

Por el contrario, la no movilización de la trituradora de la ubicación actual, va a requerir de una rampa permanente para llegar a la tolva y en consecuencia los niveles de explotación quedarían muy abajo; al dejar la hipotética rampa, esta quitaría espacio de maniobra, áreas libres para perforación y de voladura y accesos poco seguros para la circulación de los camiones, adicionalmente los tiempos de ciclo de transporte serían mayores que en una plataforma de operación en un solo nivel.

El corte A-A' de la Figura 14 está pasando por una línea imaginaria orientada en sentido NorEste - SurOeste que expone desde la cota 1915 hasta la cota 1884.

En esta figura se indica esquemáticamente las fases necesarias para la nivelación hasta la cota 1884 es decir 12 metros debajo del nivel de la actual boca del pique.

Figura 14. Corte A-A'



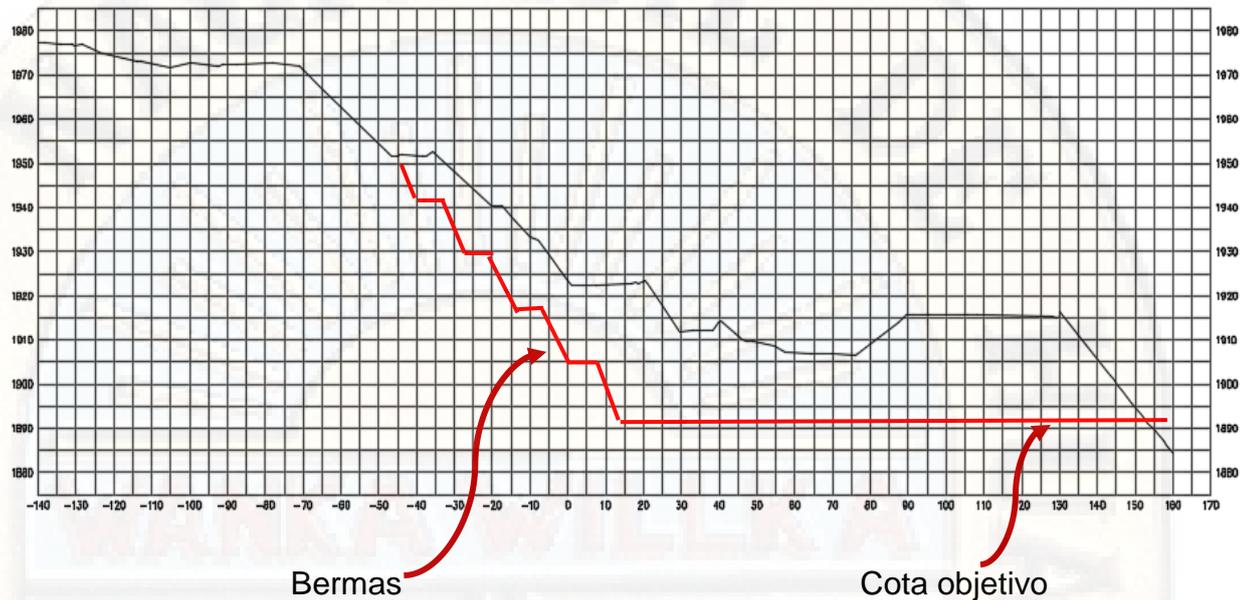
Ubicación del pique

Fuente: Informe de pasantía de la cantera Concesión Selva Alegre 2017

El corte B-B' de la Figura 15 expone el corte transversal respecto del corte A - A' y está orientado en sentido Noroeste - Sureste. Se ubica en la parte superior de la cantera desde la cota 1977. Representa un esquema de nivelación hasta la cota 1884. Es relevante este corte debido a que esquematiza la sección que serpa en el futuro el borde de liquidación de la cantera y zona de acceso principal a la plataforma de operación.

El perfil esquematizado en rojo es el asumido como el límite de la explotación puesto se ha encontrado en esta ubicación el cambio de caliza a la roca de contacto.

Figura 15.- Corte B – B`



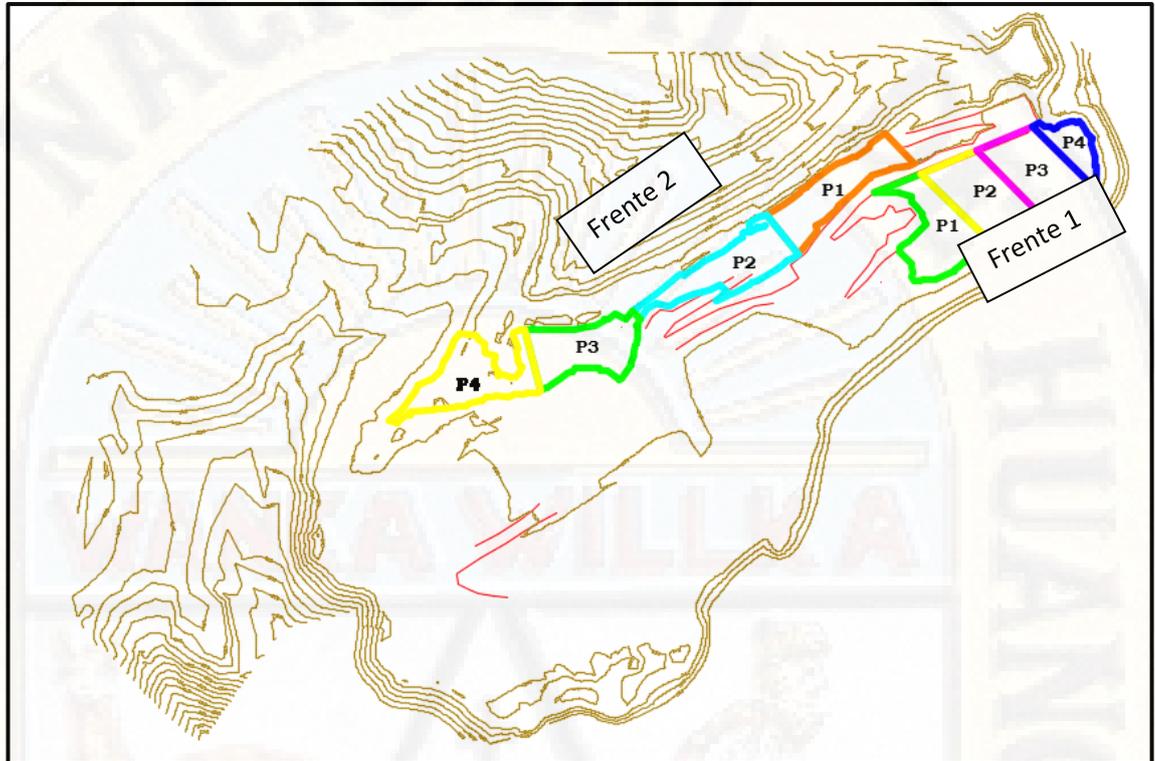
Fuente: Informe de Pasantía de la cantera Concesión Selva Alegre 2017

4.1.4. Fase Preliminar

En esta fase se nivelará los bancos hasta la cota 1908, configurando 2 frentes para establecer un orden al avance de la mina, el frente 1 ubicado en la parte NorEste de la cantera y el frente 2 a un costado de la cantera a lo largo de la actual ruta de acceso a la plataforma de explotación, usado otra referencia, adyacente a la zona de contacto.

El diseño de las área a avanzar en perforación y voladura se han desarrollado en volúmenes de 80 kton aproximadamente para cada frente, esto se expone en la Figura 16.

Figura 16. Secuencia de explotación – Fase preliminar



Fuente: Informe de Pasantía de la cantera Concesión Selva Alegre 2017

Los polígonos de voladura, P1 a P4 en cada frente, se calculan para que extraigan 80000 ton de cada uno, esto se hará en voladura de 20000 ton, usual operación de la cantera realizadas así por dos razones, primero abrir frentes de manera más ágil y que la recuperación también lo sea, y el otro importante un menor uso de explosivos lo que lleva a menor generación de ruido.

El plan dispone seguir una secuencia ordenada que no afecte las labores de producción y mantenga la provisión regular a la planta cementera que consume entre 80000 a 90000 ton/mes.

Frente 1

El frente 1 contiene 270.547 toneladas conformado por 4 polígonos de 80.000 toneladas cada uno. Las voladuras se ejecutan una vez por semana, de esta manera cada polígono será consumido en 4 semanas. A excepción del P4 que tiene un área menor y exige no solo un trabajo de voladura sino de arranque del material con apoyo de una excavadora, pues se trata de una zona de complicada ejecución de la perforación (cavernas y conglomerados de roca), tiene capa vegetal que debe ser retirada y en adición, es un sitio de naturaleza riesgosa al estar al borde de la cantera.

Tabla 4. Tonelaje del Frente 1 - Fase preliminar

FRENTE 1					
POLIGONO	COLOR	AREA (m2)	ALTURA (m)	VOLUMEN(m3)	TONELAJE (t)
P1		3642,526	10	36425,26	80136
P2		3649,432	10	36494,32	80288
P3		3646,649	10	36466,49	80226
P4		1358,991	10	13589,91	29898
TOTAL		12297,598	10	122975,98	270547

Fuente: Elaboración propia & pasante de la cantera Concesión Selva Alegre 2017

El cálculo de tonelaje se ha realizado considerando una densidad de la caliza en banco de 2.2 ton/m³.

El tiempo estimado para explotar el Frente 1 hasta la cota 1906 es de 3 meses con una semana. En un sencillo cronograma se expone esto en la Tabla 5 a continuación.

Tabla 5. Cronograma de explotación del frente 1

POLIGONO	COLOR	TONELAJE	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4			
			Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
P1		80135																
P2		80287																
P3		80226																
P4		29897																

Fuente: Elaboración propia e Informe de pasantía de la cantera Concesión Selva Alegre 2017

Frente 2

El frente 2 tiene una disponibilidad de caliza calculada en 328078 toneladas, las cuales se dividen en 4 polígonos de aproximadamente 80000 toneladas.

Tabla 6. Tonelaje del frente 2- fase preliminar

FRENTE 2					
POLIGONO	COLOR	AREA (m2)	ALTURA (m)	VOLUMEN(m3)	TONELAJE (t)
P1		3643,683	10	36436,83	80161
P2		3639,683	10	36396,83	80073
P3		3641,41	10	36414,1	80111
P4		3987,871	10	39878,71	87733
TOTAL		14912,647	10	149126,47	328078

Fuente: Elaboración propia e informe de pasantía de la cantera Concesión Selva Alegre 2017

El tiempo estimado para explotar el frente 2, hasta la cota 1906 es de 13 semanas.

Tabla 7. Cronograma de explotación del Frente 2

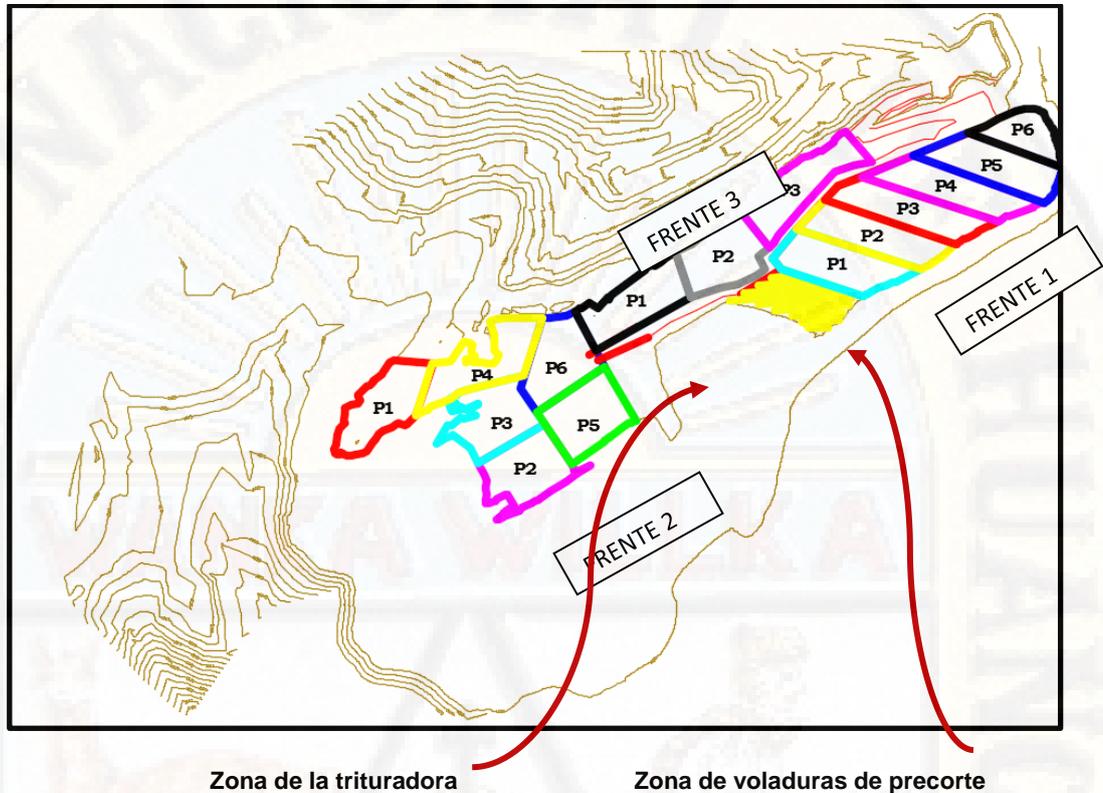
POLIGONO	COLOR	TONELAJE	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4			
			Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
P1	Orange	80161	█	█	█	█												
P2	Blue	80073					█	█	█	█								
P3	Green	80111									█	█	█	█				
P4	Yellow	87733													█	█	█	█

Fuente: Elaboración propia e Informe de pasantía de la cantera Concesión Selva Alegre

4.1.5.Fase 1

En esta fase el piso se encuentra nivelado hasta la cota 1908, nivel donde se encuentra la tolva de alimentación a la trituradora y se dispone como objetivo descender al nivel 1896 (ver como referencia la Figura 14 Corte A-A'). Para conseguir esto se planifica avanzar en 3 frentes, en la parte noreste (Frente 1), suroeste (Frente 2) y central (Frente 3)

Figura 17. Secuencia de explotación - Fase 1



Fuente: Informe de Pasantía de la cantera Concesión Selva Alegre 2017

Frente 1

Este frente se encuentra al nivel de la tolva de la trituradora en la cota 1908 y se desciende a la cota 1896, está conformado por 6 polígonos de 80000 toneladas cada uno, aproximadamente, haciendo un total de 446653 toneladas que se estima sean explotadas en 22 semanas.

Tabla 8. Tonelaje del Frente 1 - Fase 1

FRENTE 1					
POLIGONO	COLOR	AREA (m2)	ALTURA (m)	VOLUMEN (m3)	TONELAJE (t)
P1	[Color Rojo]	3650,482	12	36504,82	80311
P2	[Color Amarillo]	3657,107	12	36571,07	80456
P3	[Color Verde]	3646,351	12	36463,51	80220
P4	[Color Naranja]	3651,795	12	36517,95	80339
P5	[Color Azul]	3640,582	12	36405,82	80093
P6	[Color Negro]	2056,102	12	20561,02	45234
TOTAL		20302,419	12	203024,19	446653

Fuente: Elaboración propia e Informe de Pasantía de la cantera Concesión Selva Alegre 2017

Tabla 9. Cronograma de explotación Frente 1 - Fase 1

POLIGONO	COLOR	TONELAJE	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6			
			Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
P1		80311																								
P2		80456																								
P3		80220																								
P4		80339																								
P5		80093																								
P6		45234																								

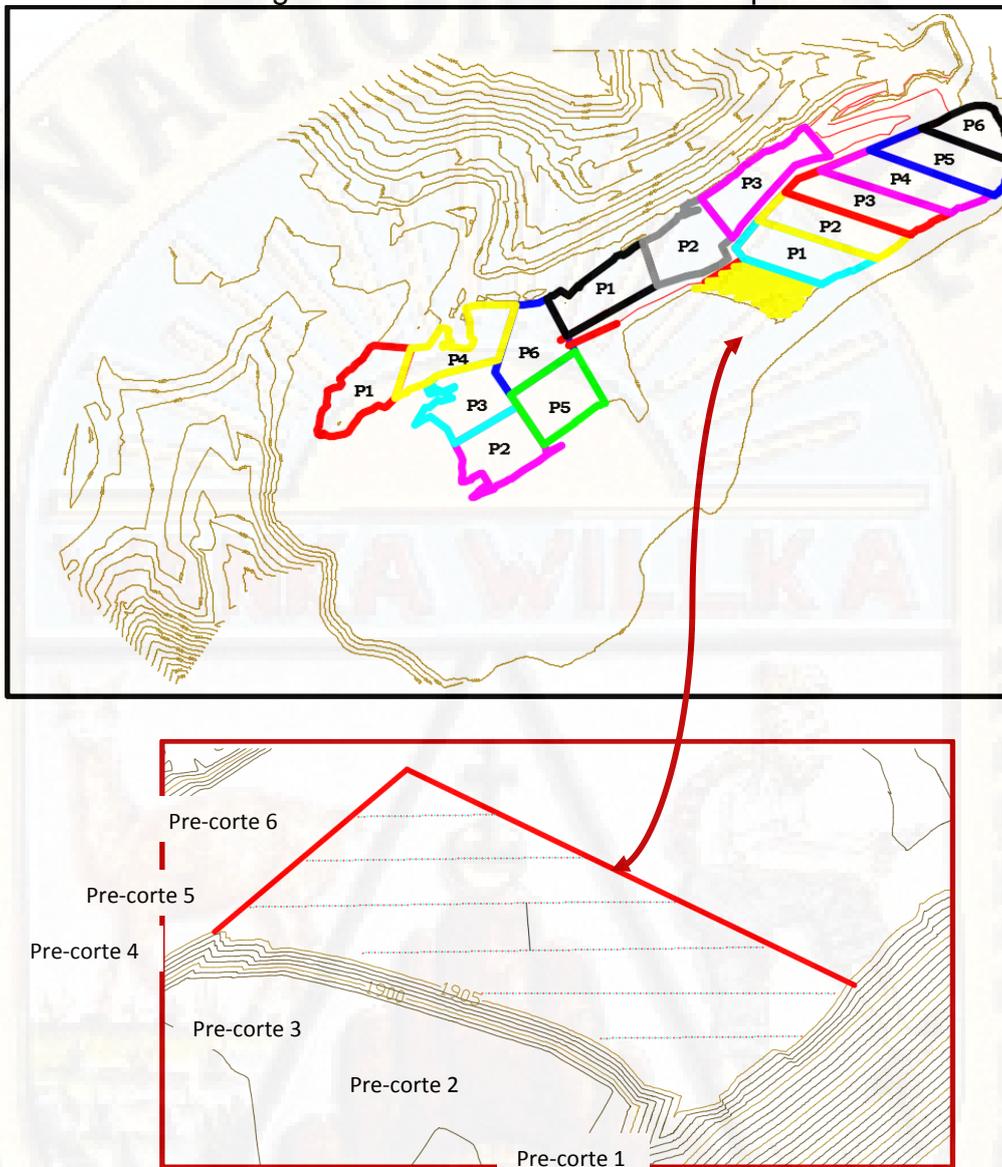
Fuente: Elaboración propia e Informe de Pasantía de la cantera Concesión Selva Alegre 2017

En este sector es importante resaltar que deben ejecutarse varias voladuras controladas (llamadas también de precorte o de contorno) en la zona más cercana a la trituradora, de tal manera que no se afecte a las instalaciones por efecto de fly rocks ni vibraciones que alteren las paredes del glory hole.

Este precorte debe ejecutarse previo a empezar a explotar el Frente 1, en el talud frontal a la trituradora se deben realizar voladuras controladas, que consisten en el empleo de cargas explosivas de baja energía colocadas en barrenos muy cercanos uno de otro, que se disparan en forma simultánea.

El diseño de la voladura de precorte y sus especificaciones técnicas no son parte de este estudio, sino que debe ser parte de la tarea operativa del personal de la cantera encargado de esta actividad. Será necesario el realizar la evaluación teórica para determinar la presión de la detonación esperada, el espaciamiento entre taladros, el diámetro del barreno y la carga y tipo de explosivo. Esto se debe validar en ensayos en áreas de prueba alejadas de la zona de riesgo para el glory hole y la trituradora.

Figura 18. Ubicación de la zona de precorte



Fuente: Elaboración propia e informe de pasantía de la cantera Concesión Selva Alegre 2017

Frente 2

Este frente está ubicado en la parte suroeste de la cantera (ver Figura 17), siendo parte de la actual rampa de acceso a la tolva de la trituradora en su ubicación actual.

Se ha calculado una cantidad de 481.226 toneladas distribuidas en 6 polígonos de aproximadamente 80.000 toneladas cada uno. La secuencia de explotación se expone en la Figura 17.

Tabla 10. Tonelaje del Frente 2 - Fase 1

FRENTE 2					
POLIGONO	COLOR	AREA (m2)	ALTURA (m)	VOLUMEN (m3)	TONELAJE (t)
P1		3640,2	10	36402	80084
P2		3643,88	10	36438,8	80165
P3		3639,909	10	36399,09	80078
P4		3667,659	10	36676,59	80688
P5		3642,662	10	36426,62	80139
P6		3639,603	10	36396,03	80071
TOTAL		21873,913	10	218739,13	481226

Fuente: Elaboración propia e Informe de pasantía de la cantera Concesión Selva Alegre 2017

El tiempo estimado para explotar el frente 2, hasta la cota 1896 es de 24 semanas.

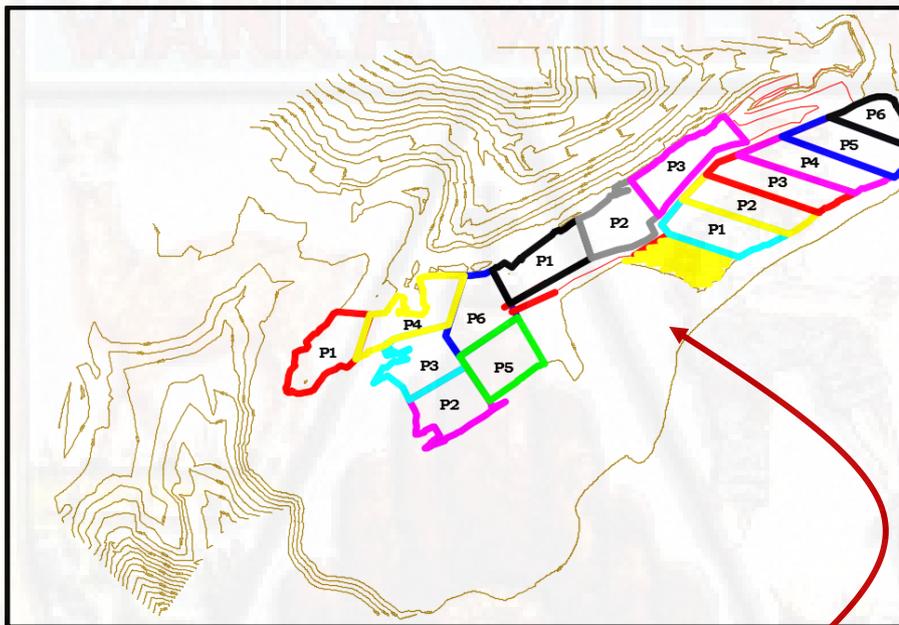
Tabla 11. Cronograma de explotación Frente 2 - Fase 1

POLIGONO	COLOR	TONELAJE	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6			
			Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
P1		80084																								
P2		80165																								
P3		80078																								
P4		80688																								
P5		80139																								
P6		80071																								

Fuente: Elaboración propia e Informe de pasantía de la cantera Concesión Selva Alegre 2017

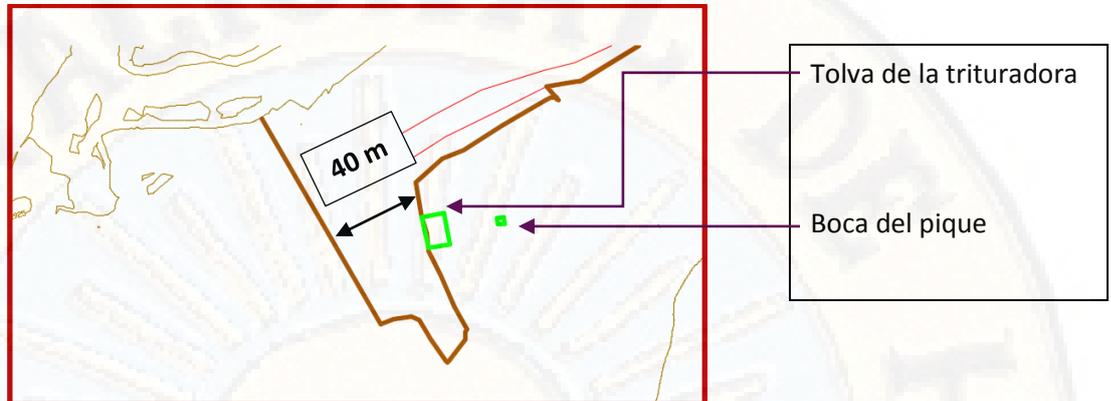
Lo más importante en el diseño de la explotación del frente 2 – fase 1 es mantener el acceso seguro a la plataforma de descarga a la tolva de la trituradora, tomando en cuenta los radios de giro de los dumpers (26.1 metros) y considerando un factor de seguridad de 15 metros de ancho para prevenir potenciales problemas de paso simultáneo de dos camiones.

Figura 19. Rampa de acceso a la tolva de la trituradora



VER FIGURA 20

Figura 20.- Ampliación de la figura 19, plataforma actual de la tolva de la trituradora



Fuente: Elaboración propia & pasante de la cantera Concesión Selva Alegre

Frente 3

Este frente (ver Figura 17) se encuentra ubicado adyacente a la plataforma de entrada a la tolva de la trituradora, cerca de la zona de contacto. Se calcula una cantidad de 242726 toneladas que se explotarán en 3 meses aproximadamente (Tabla 12), hasta la cota 1896.

Tabla 12. Tonelaje de Frente 3 - Fase 1

FRENTE 3: CONTORNOS					
POLIGONO	COLOR	AREA (m2)	ALTURA (m)	VOLUMEN (m3)	TONELAJE (t)
P1		3642,844	10	36428,44	80143
P2		3641,296	10	36412,96	80109
P3		3748,844	10	37488,44	82475
TOTAL		11032,984	10	110329,84	242726

Fuente: Elaboración propia e Informe de pasantía de la cantera Concesión Selva Alegre 2017

Tabla 13. Cronograma de explotación Frente 3 - Fase 1

POLIGONO	COLOR	TONELAJE	Mes 1				Mes 2				Mes 3			
			Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
P1		80143												
P2		80109												
P3		82475												

Fuente: Elaboración propia e Informe de pasantía de la cantera Concesión Selva Alegre 2017

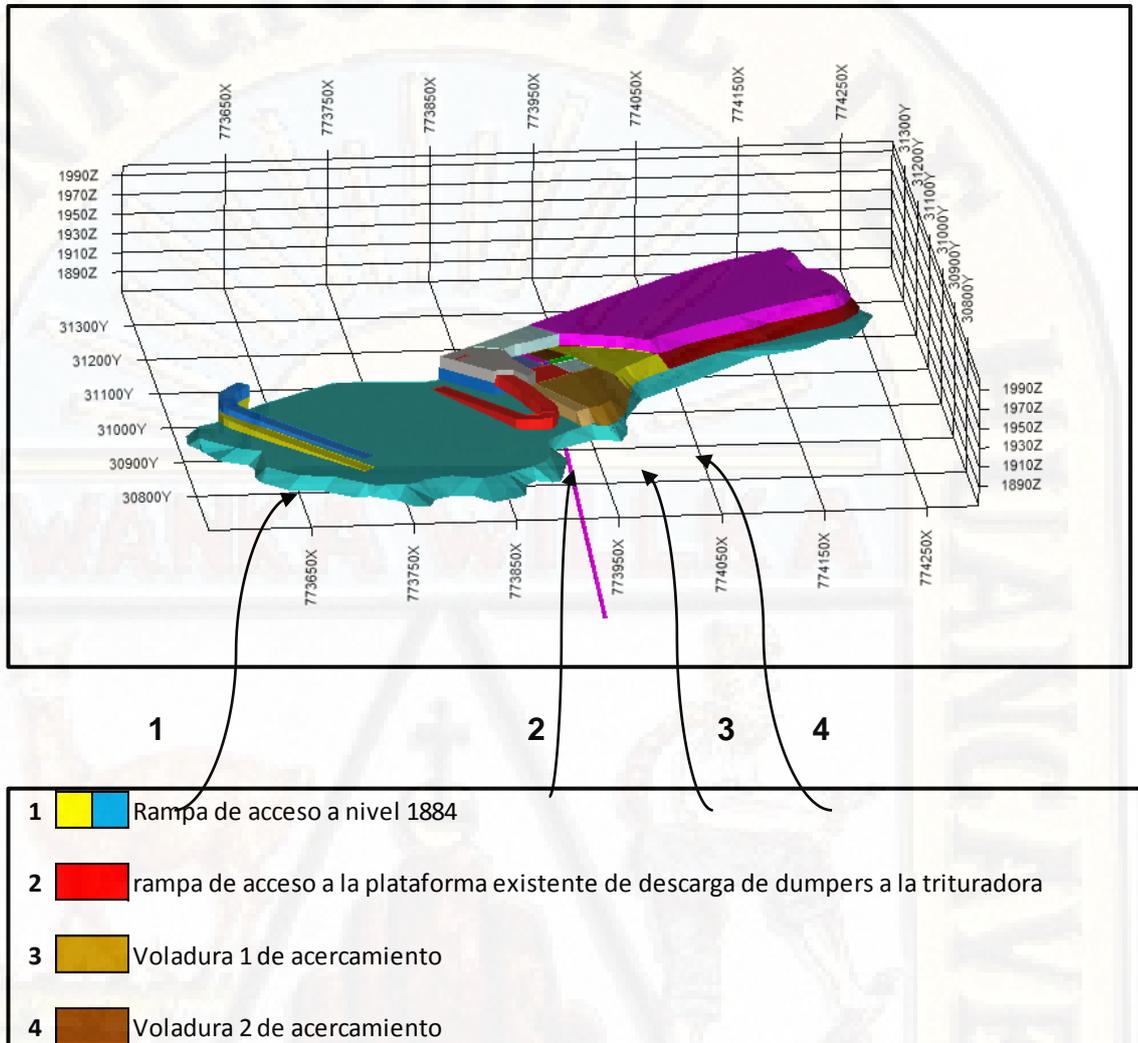
4.1.6. Fase 2

Esta fase se refiere al avance al nivel de la nueva ubicación de la trituradora, esto es conformar la plataforma a 1884 msnm.

El primer paso es desarrollar las vías de acceso para atacar el frente adyacente a la actual ubicación de la trituradora, con dos objetivos:

- a) Mantener la accesibilidad a la plataforma existente de descarga de los dumpers a la tolva de la trituradora (referencia ver Fotografía 1)
- b) Crear el frente y cara libre para realizar las voladuras controladas y descender al nivel 1884

Figura 21. Desarrollo del sector de las voladuras controladas



La rampa 1 a desarrollar permite el acceso al nivel 1884 y seguir hacia el sector 3 y 4, denominado como Voladuras de acercamiento, puesto que es necesario el avanzar poco a poco hacia el sector adyacente a la boca del pique.

Las voladuras de acercamiento son de ejecución normal.

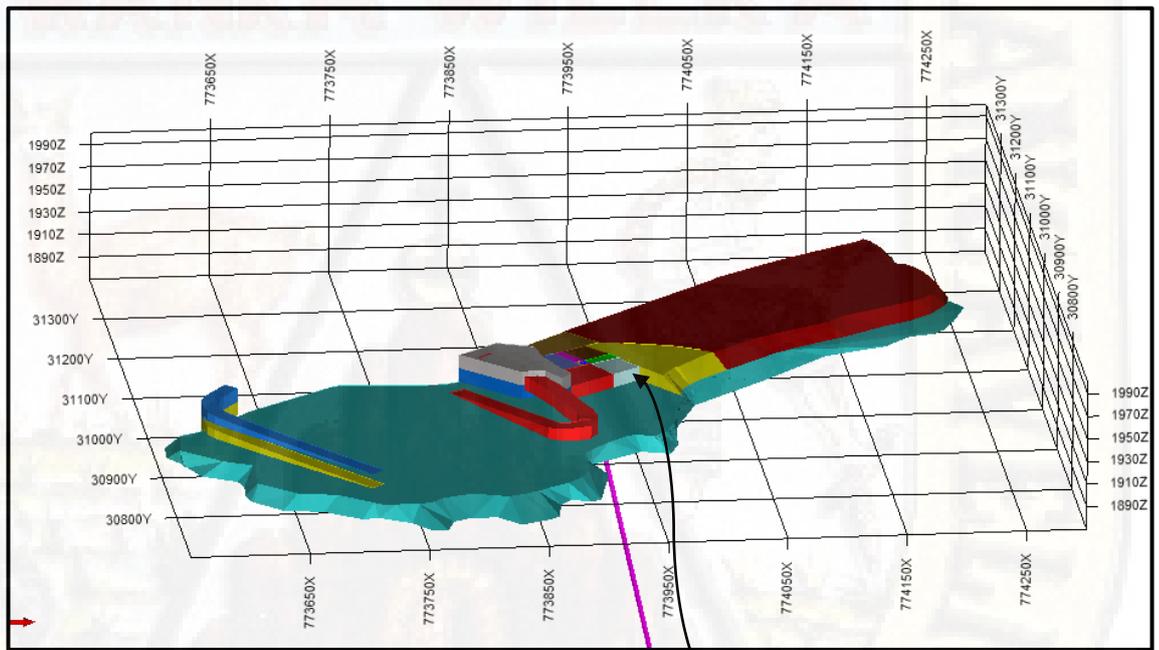
Tabla 14. Volúmenes de voladuras de acercamiento

POLIGONO	COLOR	ALTURA (m)	VOLUMEN (m3)	TONELAJE (t)
3		12	16328,08	35925
4		12	76494,25	168287
TOTAL			92822,33	204212

Una vez que se ha llegado al sector adyacente a la estación de trituración se procede con las voladuras controladas, de esta manera:

(ver siguiente página)

Figura 22. Primera voladura controlada



Primera voladura controlada

Figura 23. Voladuras controladas - Secuencia

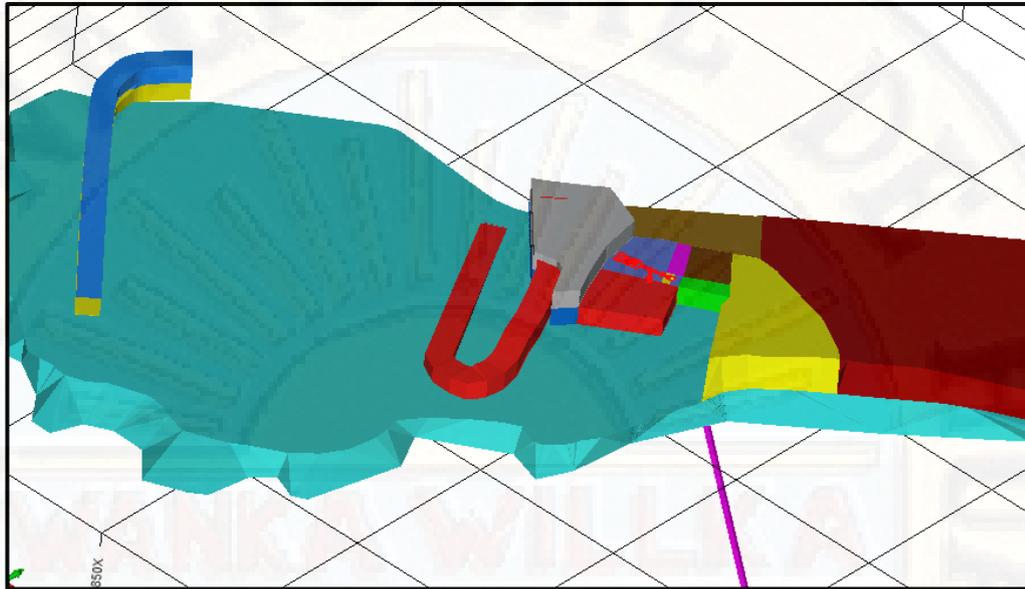


Tabla 15. Voladuras controladas. (Ref. Figura 22 y 23)

POLIGONO	COLOR	ALTURA (m)	VOLUMEN (m3)	TONELAJE (t)
1	Blue	12	10166,32	22366
2	Green	12	3552,74	7816
3	Brown	12	8354,41	18380
4	Pink	12	3077,07	6770
TOTAL			25150,54	55331

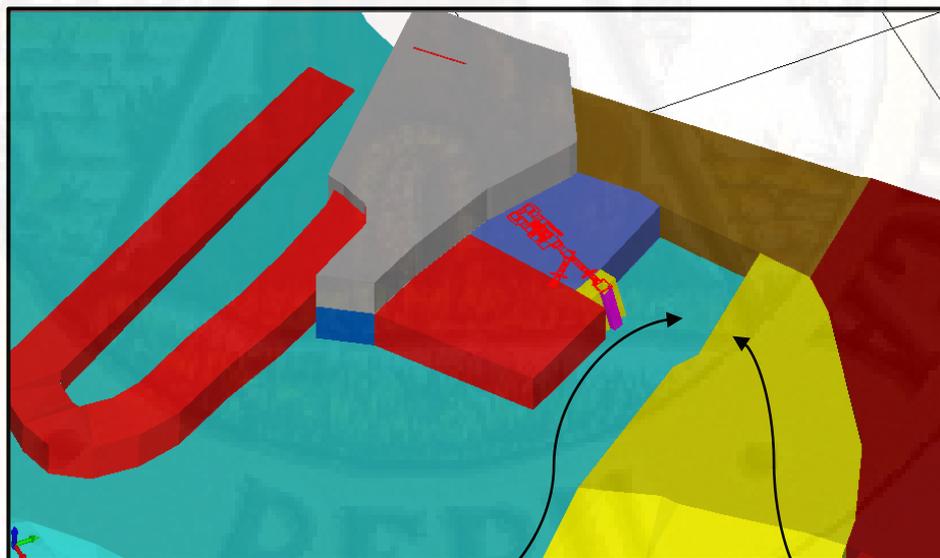
Tabla 16. Cronograma de voladuras de acercamiento y especiales

POLIGONO	COLOR	TONELAJE	Mes 1				Mes 2				Mes 3	
			Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2
Voladuras de acercamiento												
3		35925										
4		168287										
Voladuras controladas												
1		22366										
2		7816										
3		18380										
4		6770										

Los planos a detalle se encuentran en la sección Anexos.

Una vez ejecutadas las voladuras espaciales se procede con la explotación de material en el contorno del pique y simultáneamente se procede con el montaje de la obra civil en el área liberada del nivel 1884.

Figura 24. Área liberada previo al cambio de la estación de trituración



Área para disponer la obra civil previo a cambio de la estación de trituración Nivel 1896

Área para instalar la nueva plataforma de descarga de los dumpers – Nivel 1884

4.1.7. Descenso en los contornos de la boca del pique

Esta es la actividad más sensible del proceso previo a la movilización del sistema de trituración debido a que una falla en esta actividad puede tapan el pozo y generar una interrupción mayor o permanente del proceso, es decir no podría darse la descarga ni el flujo de las rocas dentro del pozo.

La metodología para realizar esta actividad debe ser:

- Segura, desde el punto de vista de no crear nuevos riesgos o los que se generen sean controlados con los medios disponibles, y por otro lado que haya sido probada o aplicada en otras canteras de similar material.
- Inocua, mecánicamente hablando, sobre la estructura de las paredes del pique, esto es, que no cause desprendimiento o colapso de las paredes dentro del pozo, no genere vibraciones que la calidad de la roca no sea capaz de absorber o resistir.
- Agil de aplicar, debe acoplarse a razonables tiempos de ejecución, su productividad de extracción de la roca del sitio deseado debe ser rápida y en el tamaño de roca que se adapte a su manejo posterior en la trituradora.
- No interferir con el proceso normal, la técnica escogida no debe obstaculizar la operación normal de la cantera, creando nuevos procesos internos que retrasen la explotación y trituración y en consecuencia reduciendo la producción de caliza.

Bajo estas consideraciones se analiza a continuación dos metodologías que podrían ser empleadas.

4.1.8. Opciones de explotación controlada en contornos del pique Cemento expansivo

Una definición bastante elocuente dice al respecto de este material que es "...un cemento hidráulico que se expande ligeramente durante el inicio del

periodo de endurecimiento, después del fraguado. Este cemento debe estar de acuerdo con los requisitos de la ASTM C 845, en la cual está designado como el E.” (2)

(2) [http://notasdeconcretos.blogspot.com/Cementos expansivos](http://notasdeconcretos.blogspot.com/Cementos%20expansivos)

Este material debido a sus composición, generalmente rica en aluminato tricálcico (C3A – fórmula simplificada) y/o cal (CaO), al ser mezclado con agua, va a producir una reacción química que genera un incremento de volumen de la masa inicialmente instalada, esto se traslada en una fuerza que genera una fuerza de corte y la fractura del medio en el cual ha sido instalado.

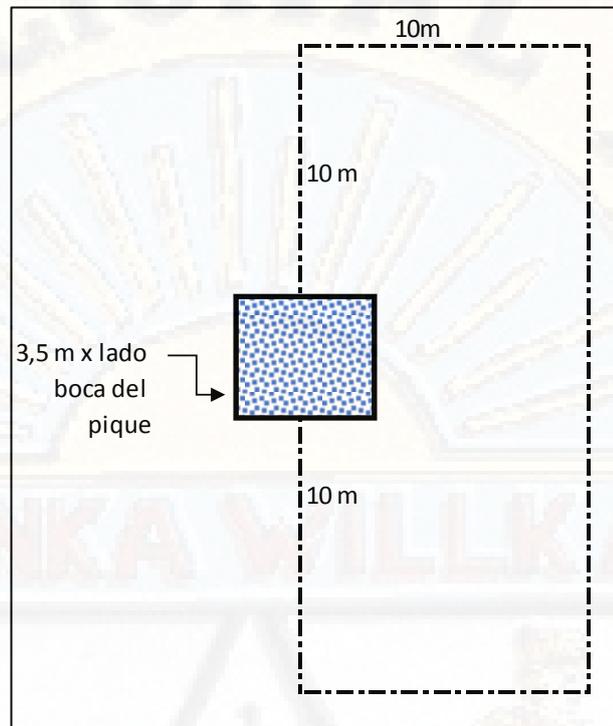
La reacción química produce fuerzas alrededor de 9000 kgf/cm² en pocas horas, menos de 24 normalmente.

Como cualquier proceso este requiere de un material calificado, el cual tiene varias fuentes comerciales. Se necesita de un diseño de las perforaciones, realizar los barrenos, la preparación y el vertido.

La garantía del uso de este material es que su efecto expansivo no crea vibraciones o daños sobre estructuras adyacentes en las cuales no ha sido colocado el cemento expansivo, siempre y cuando se haya dejado las caras o espacios libres que permitan el desplazamiento de las fracturas y la caída o movimiento de las rocas desprendidas. No es un material exigente, comparado con los explosivos, que requiera condiciones de seguridad de manejo estrictas o de almacenamiento especializado.

El área para emplear el cemento expansivo es a 10 metros de distancia de las paredes del pique, esquemáticamente se tiene en la Figura 25:

Figura 25.- Area de seguridad para uso de cemento expansivo



Fuente: Elaboración propia

Se define ese modelo de intervención considerando que no se puede retirar todo el contorno del pique puesto que los equipos de trituración siguen operando.

Para determinar la cantidad de material se va a estimar acorde a la información de un proveedor local, que señala se requiere aplicar de la siguiente manera:

6.25 kg/m lineal de perforación para diámetro de barreno de 70 mm (en mina se empleará broca de 76 mm, para el ejercicio se hace la extensión a la cantidad indicada máxima pro el proveedor)

La malla recomendada es separaciones de 10 veces el diámetro del barreno, esto es 30" (76.2 cm). Acorde con la hoja técnica se define que así se tendrá resultados en 48 horas una vez vertido el cemento. No considera la oferta del proveedor los tiempos para las labores de retiro de material o de acondicionamiento de las rocas.

La cantidad definida por el fabricante es 25350 kg para el área de intervención a un costo de 7 usd/kg (oferta a mayo 2017), se tiene un valor de 177450 usd solamente para el material expansivo.

Fresadora, elemento de desbaste mecánico

Un elemento mecánico que puede ofrecer seguridad para la ejecución del desbaste de los contornos y paredes del pique es del tipo fresadora o rotary drum cutter.

Esencialmente son herramientas hidráulicas que rotan entre 50 a 150 RPM según la capacidad y potencia de la máquina, las cuales están montadas en los brazos de excavadoras.

Los elementos de rotura o ataque a la roca son unas puntas de material de alta dureza que impactan a la roca.

Un esquema de este equipo se indica a continuación:

Figura 26.- Estructura de una Fresadora

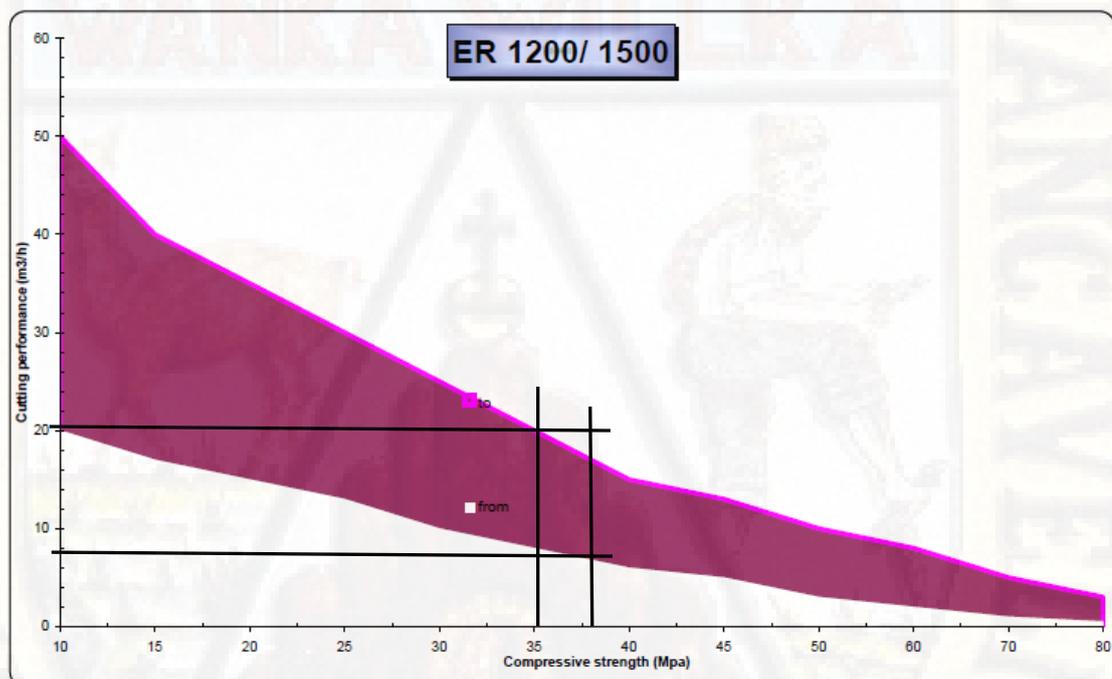


Fuente: catálogo de ERKAT PRODUCTS, Rotary cutting technology.

El equipo definido acorde al fabricante es un modelo ERKAT 1500, puede ser acoplado a una excavadora tipo Caterpillar 320, Komatsu PC200 o Volvo 210.

Con una capacidad de desbaste fundada en la resistencia a la compresión de la roca, para la caliza de la cantera Selva Alegre se ha determinado en 35 a 38 MPa, así:

Figura 27.- Rendimiento (ton/h) de desbaste de roca en función de resistencia a la compresión de la roca (MPa)

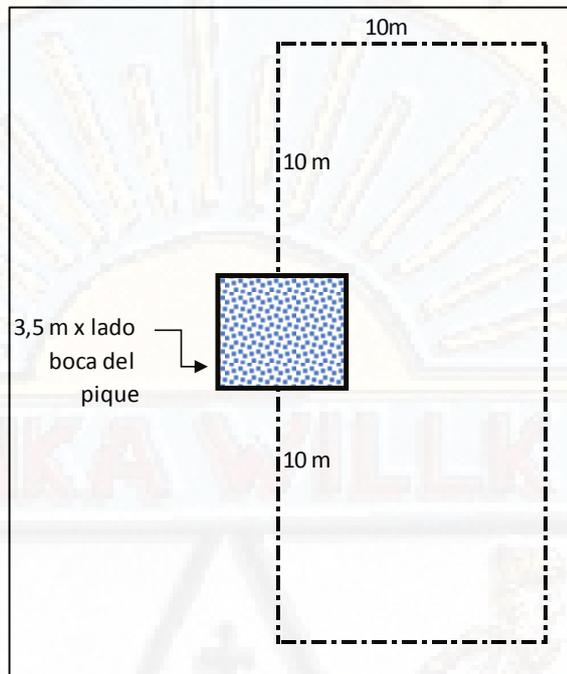


Fuente: ERKAT. Rotary cutting technology.

El equipo puede tener un rendimiento de 8 ton/h para la roca más resistente y hasta 20 para la roca menos resistente.

En cuanto al área de seguridad en los contornos del pique se aplica el mismo concepto que para el cemento expansivo, dejando un cerco de seguridad de 10 metros alrededor de la boca del pozo.

Figura 28.- Area de seguridad para uso de la fresadora junto a la boca del pique



Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Operación Potencial de la Fresadora

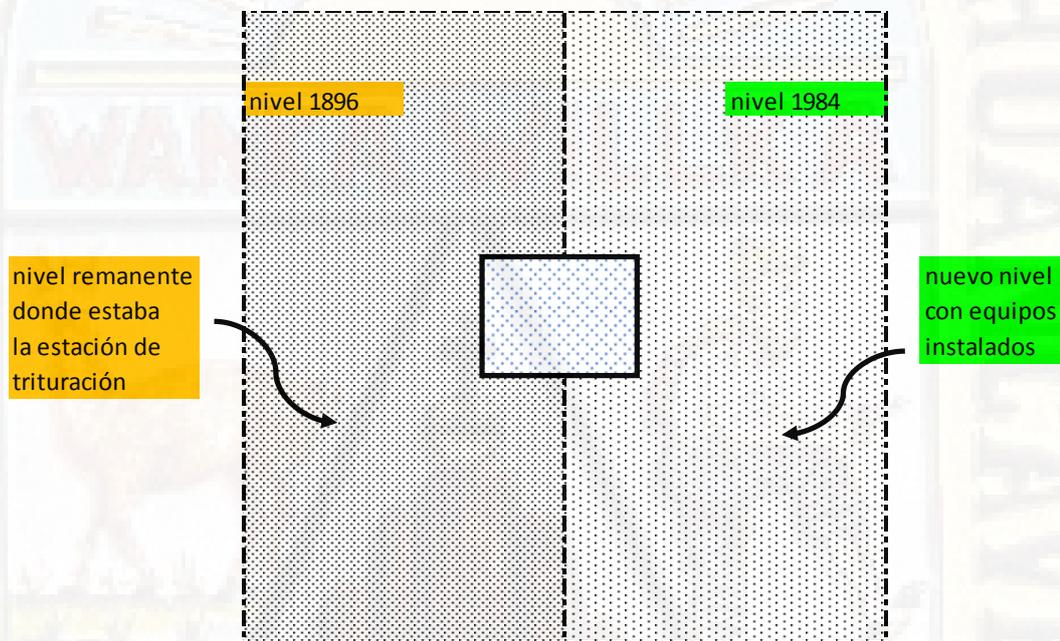
VOLUMEN A EXTRAER			
área		235	m ²
profundidad del banco		12	m ²
volumen de roca		2820	m ³
densidad de roca en banco		2,2	ton/m ³
cantidad a desbastar		6204	ton

PRODUCTIVIDAD Y TIEMPO		mínimo	máximo
rendimiento	ton/h	8	20
horas de trabajo	h	776	310
fiabilidad del equipo	%	98	98
utilización	%	96	96
horas efetivas	h	824	330
días de operación	días	34,3	13,7

Fuente: Elaboración propia

Es relevante comentar que cuando se haya bajado de nivel, resta por descender el nivel de la plataforma y sección adyacente donde estaba ubicada la trituradora, por tanto la técnica de explotación debe aplicarse en el área que resta por descender.

Figura 29.- Uso de la fresadora tras cambio de posición de la trituradora



Fuente: Elaboración propia

Para definir la mejor técnica para aplicar en las labores de extracción de la roca en los alrededores de la boca del pique se realiza el siguiente análisis, tabulando las fortalezas de cada método:

Tabla 18. Evaluación de la metodología para extraer caliza de los contornos del pique

metodología	cemento expansivo	fresadora	comentarios
seguridad	3	3	no se tiene elementos de riesgo grandes en ningún caso
ambiente	3	3	no hay secuelas o impactos ambientales severos en ningún caso
operadores	1	3	la técnica del cemento expansivo necesita operación de perforación, preparación e instalación
operación posterior	2	3	la técnica del cemento expansivo necesita posible tratamiento de los clastos si estos superan el tamaño adecuado para la trituradora (debe ser < 1 m diám.)
costo, solo los elementos directos	1	3	materiales expansivos: 177 kUSD fresadora: 84 kUSD, precio DDP
flexibilidad	1	3	el cemento expansivo se aplica y se consume en la actividad, la fresadora queda como un activo y puede seguir siendo utilizado
puntuación	11	18	se considera mejor técnica el uso de la fresadora

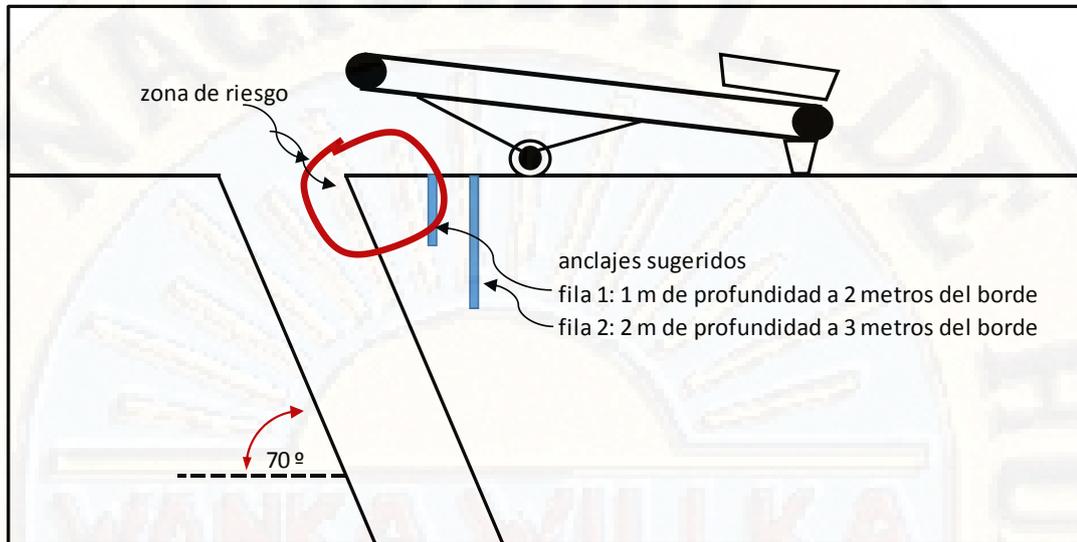
1 bajo 2 medio 3 bueno

Fuente: Elaboración propia

Se considera que la mejor opción es la de utilizar la fresadora, es un sistema más flexible, económico en conjunto y seguro para evitar riesgos a las personas y a la estructura del pozo.

Tras la extracción del material para instalar la banda de descarga al pique, se tendrá una zona de potencial riesgo, tanto por el impacto de la erosión por la caída de las rocas como por las vibraciones propias de la operación de la trituradora, área que debe ser evaluada y reforzada preventivamente. El diagrama abajo expuesto esquematiza el sitio de atención.

Figura 30. Sitio de atención para reforzamiento.



Fuente: Elaboración propia

4.1.9. Movilización de la trituradora

De los análisis de detritos se observa una homogeneidad de la calidad de la caliza, por tanto, se determina indirectamente que el suelo en el lado opuesto a la ubicación actual de la trituradora es apto para la instalación de la estructura. Los resultados objetivos son:

muestra	COMPOSICION : QUIMICA						
	PF	SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	MgO	TOTAL
1a	43,34	1,85	0,38	0,29	53,58	0,56	100,00
1b	43,34	2,29	0,13	0,16	53,14	0,94	100,00
1c	43,34	1,60	0,20	0,26	53,60	1,01	100,00
1d	43,34	3,05	0,15	0,25	52,61	0,60	100,00
2a	43,34	0,98	0,14	0,14	54,89	0,51	100,00
2b	43,34	1,36	0,25	0,20	54,39	0,46	100,00
2c	43,34	1,49	0,30	0,19	54,07	0,61	100,00
2d	43,34	2,05	0,25	0,18	53,69	0,48	100,00
3a	43,34	1,60	0,20	0,26	53,60	1,01	100,00
3b	43,34	1,26	0,15	0,11	54,27	0,86	100,00
3c	43,34	1,33	0,16	0,18	54,14	0,85	100,00
3d	43,04	2,30	0,13	0,16	53,42	0,94	100,00
4a	43,04	2,30	0,13	0,16	53,42	0,94	100,00
4b	43,04	2,38	0,14	0,17	53,30	0,97	100,00
4c	43,04	2,26	0,19	0,21	53,47	0,83	100,00
4d	43,04	2,30	0,13	0,16	53,42	0,94	100,00
MEDIA	43,25	1,90	0,19	0,19	53,69	0,78	100,00
STD	0,1	0,5	0,1	0,0	0,5	0,2	0,0
MIN	43,0	1,0	0,1	0,1	52,6	0,5	100,0
MAX	43,3	3,1	0,4	0,3	54,9	1,0	100,0

Fuente: Jefatura de mina de caliza

Actividades preliminares

La trituradora como sistema debe ser reinstalada por secciones, debiendo estar listo previo a su cambio lo siguiente:

- a) Cimientos.- estos tienen que haber sido instalados al menos con 30 días de anticipación para garantizar que la resistencia a 28 días, especificada para el hormigón, haya llegado a su valor objetivo.

Adicionalmente deben haberse validado las alturas de las bases, su alineamiento y la instalación de las placas metálicas guías para las columnas metálicas.

- b) Conexiones eléctricas y cuarto eléctrico.- es indispensable que todas las canaletas y cableado eléctrico y de control estén instalados de tal manera que el proceso de montaje de la parte eléctrica durante el paro requerido para la movilización, solo consista en el paso de los componentes principales del cuarto eléctrico actual a la nueva ubicación, estos son en general:

- Arrancadores
- Contactores
- Fuentes de energía
- Supresores de voltaje y transformadores
- PLC y sus módulos de entrada y salida
- Breakers y seccionadores

Deben estar montados los cuartos eléctricos principal y del sistema Haztronic.

Las canaletas y conexiones necesarias a estar listas son:

- Del generador al cuarto eléctrico

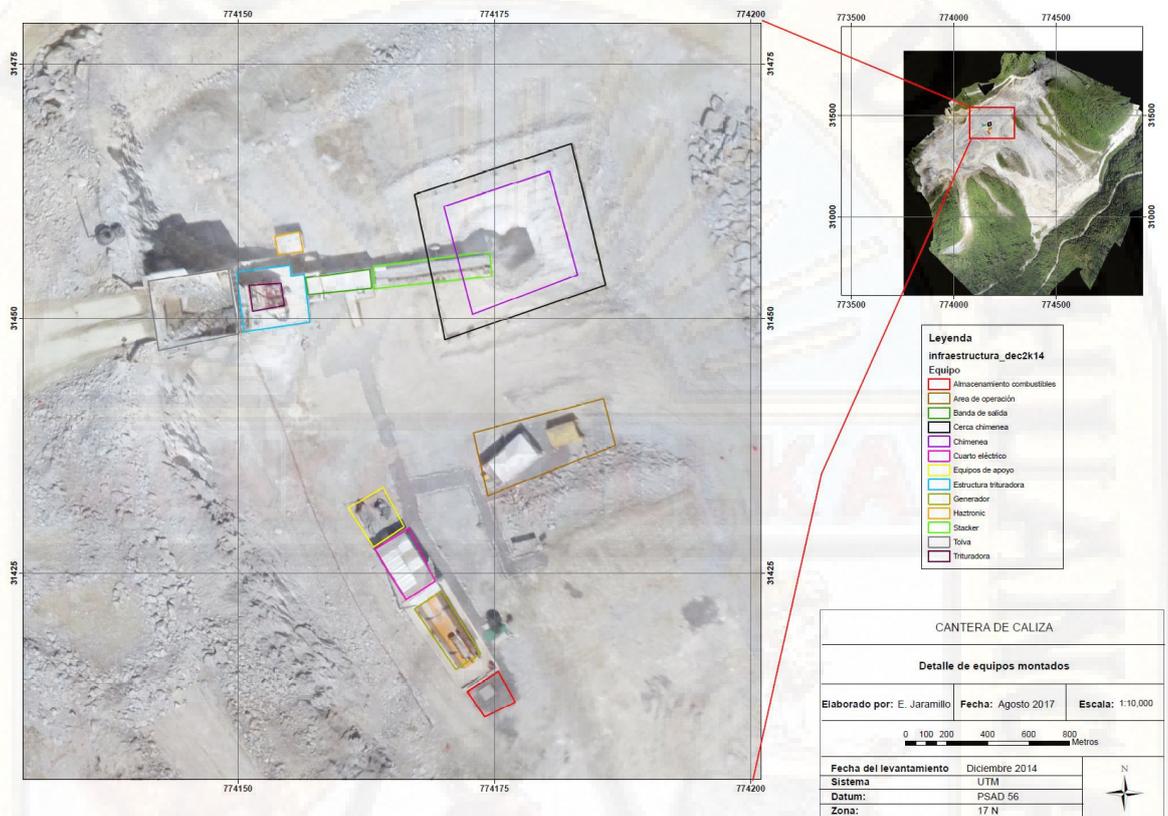
- Del cuarto eléctrico a los equipos
- Del sistema Haztronic a los equipos
- Del cuarto eléctrico a la cabina del operador

c) Obras civiles accesorias.- dentro de estas deben estar listas:

- Cubeto de tanque de combustible del generador
- Plataforma y cubeto del generador
- Plataforma de la cabina del operador
- Bodega y taller
- Plataforma y cubierta del compresor
- Instalaciones sanitarias

d) Líneas accesorias.- dos son relevantes, una, el sistema de conducción de combustible del tanque de servicio al tanque del generador; la otra es la línea de agua al spray de la trituradora, que evita la emisión de polvo durante la trituración y es utilizada solamente en temporada seca (de junio a agosto) y de manera no permanente.

Figura 31.- Plano de ubicación de la estación de trituración y equipos accesorios



Fuente: Jefe de cantera Concesión Selva Alegre

Ver Anexo 4. Plano a detalle

4.2. Discusión de resultados

El proceso previo de avance de la cantera y preparación de la nueva zona para reubicar la estación de trituración conduce a la toma de decisiones de como proceder a detalle con desmontaje, montaje, definición de plazos y presupuestos, todo esto indicado en esta sección.

Dentro de las decisiones operativas se encuentran las que tiene que ver con las directrices de seguridad, determinación de tiempo óptimo de ejecución ligado a la preparación de stocks, en determinados volúmenes, que mantengan la capacidad de despacho y provisión a la planta del cliente.

Se expone las aristas más relevantes que han sido discutidas con la jefatura de la cantera y las que a juicio del autor son las más importantes asimilando la experiencia de la gestión gerencial.

4.2.1. Consideraciones de seguridad

Las actividades de trabajo mecánico como eléctrico implican varios riesgos que deben ser previamente identificados y controlados, así se tiene:

Aislamiento de energía.- debido a que el generador es la única fuente de energía eléctrica, al estar apagado se garantiza que ningún equipo va a arrancar de modo accidental.

Otras energías como la potencial deben ser eliminadas asegurando el vaciado de la tolva, alimentador y bandas y que no haya piezas o partes con energía almacenada como tensiones elásticas o líneas hidráulicas presurizadas.

Trabajo en altura.- Es de los principales riesgos la caída a distinto nivel, fundamentalmente durante las tareas de desmontaje de las estructuras, el corte o desacoplamiento de las vigas y columnas de las estructura de soporte, el levantamiento de cableados y preparación y sujeción de elementos de izaje.

Los equipos y sistemas accesorios para trabajo en aturas tales como andamios, anclajes, líneas de vida, cabos de vida y arneses deben ser certificados, inspeccionados y su buen uso supervisado.

Las autorizaciones y capacitación del personal a cargo del trabajo debe ser obligatorio previo a la ejecución de los trabajos.

Levantamiento de cargas – Izaje.- la suspensión de cargas, su traslado, elevación y presentación sobre la soportería o estructuras va a ser altamente riesgosa, siendo clave e indispensable la supervisión y la preparación de cada uno de los movimientos, los cálculos de peso, ángulos del boom de la

grúa, inspección y verificación de los elementos de izaje: eslingas, estrobos, tecles, anclajes, etc.

4.2.2. Consideraciones de tiempo de ejecución

El movimiento de la estación de trituración implica el desensamble de todo el sistema, traslado a la nueva locación y rearmado de la estructura e instalación de los equipos.

Las especificaciones coordinadas con contratistas especializados una vez observada la magnitud de los equipos a movilizar direccionan a tener dispuesto y preparado varios puntos clave descritos a continuación:

Previamente al desmontaje deben estar totalmente liberados o desconectados los equipos de los cableados de fuerza y control, por ejemplo, de los motores debe retirarse los cables de fuerza de su caja de conexiones.

El desarmado de los equipos principales, debe iniciar por el desmontaje de las bandas transportadoras:

- Retiro de estructura de techo de la banda (del alimentador al pique)
- Retiro de banda de caucho de ambos transportadores (de la descarga de la trituradora y la de alimentación al pique)
- Desacople de anclajes de la estructura de las bandas de sus cimientos

No es necesario el despiece de la estructura de las bandas transportadoras pues toda la estructura puede ser izada y dispuesta en su nueva ubicación, es decir mantener el motor, los rodillos de carga y retorno y los tambores motriz y conducido.

Seguidamente se procede con el retiro de anclajes de los motores de la trituradora, cuerpo de la tolva, soportes del alimentador vibratorio, motor de alimentador vibratorio y cuerpo de la trituradora.

Es relevante que la extracción de los equipos de sus posiciones y ubicación en sitio protegido o no riesgoso, evitando la exposición a la lluvia, polvo o a caída de objetos durante tareas de izaje, así como evitar reducción del área de trabajo y reducir interferencias con el resto de actividades.

La estimación en tiempo para los trabajos mecánicos es la siguiente:

8 días desmontaje

En turnos de 12 horas, debido a que los trabajos son de riesgo y los izajes con grúa no se realizan en horas sin luz natural.

3 días movilización de partes y piezas

En turnos de 12 horas, misma consideración que las actividades de desmontaje.

10 días montaje

En turnos de 12 horas durante 5 días, debido a que las actividades más críticas como erigir las columnas y vigas de sostén se realizan con grúa en horas de luz natural.

En turno de 24 horas durante los 4 días restantes, las tareas más críticas deben estar listas en los primeros 5 días, las actividades relativamente más finas pueden realizarse en turnos continuos.

1 día de verificación de calidad de trabajos, anclajes, alienaciones

En turno de 24 horas.

Tota de trabajos mecánicos: 21 días

En cuanto a los trabajos relativos a la parte eléctrica y de control se tiene lo siguiente:

2 días de desmontaje de los equipos del cuarto eléctrico, estos son simultáneos con las actividades de desmontaje mecánico.

2 días de montaje de los equipos en el nuevo cuarto eléctrico, estos son simultáneos con las actividades de desmontaje mecánico.

4 días de lanzamiento y posicionado del cableado entre:

- generador y cuarto eléctrico
- cuarto eléctrico y la estación de trituración, armado de cables en canaletas y conexiones a los equipos: motores de la trituradora, alimentador vibratorio y bandas transportadoras
- cuarto eléctrico y el tablero de control Haztronic
- cuarto eléctrico y cuarto del operador

Deben ejecutarse en turnos de 24 horas.

Estas tareas deben realizarse de modo simultáneo para ahorrar tiempo de intervención.

Una vez terminadas las instalaciones se debe probar y efectuarla prueba de equipos.

2 días de prueba y correcciones de interlocks, señales, arranque, paro y operación en vacío

Pasado este período entra en operación a baja carga.

2 días de operación a 50 % de carga normal, es decir 350 a 400 ton/h

Una vez se ha validado que todos los sistemas operan correctamente se procede a operar al 100% de su capacidad, es decir 700 ton/h.

El tiempo total de intervención entre desmontaje, montaje, pruebas y puesta en marcha es de 28 días. En resumen así:

Desmontaje	8 días
Traslado y preparación de partes	3 días

Montaje	10 días
Montaje eléctrico	5 días
<u>Inspecciones y Pruebas</u>	<u>2 días</u>
Tiempo total de paro	28 días

4.2.3. Consideraciones de stocks

Debido a la necesidad de disponibilidad de caliza para mantener el despacho y el consumo de la planta de cemento, mientras mayor sea el número de días de paro mayor será el stock necesario a tener listo para el despacho y posterior consumo.

La planta normalmente suele mantener un stock entre 70 a 90 kton, variable en función del funcionamiento de sus unidades que consumen caliza (proceso de clinkerización de dos unidades de producción, estas no operan de modo simultáneo ni de modo permanente siempre) de los cuales el stock crítico está en 30 kton, es decir un poco más de una semana de operación para consumo en sus molinos y posterior proceso (clinkerización).

Para los cálculos de producción en al cantera, movilización de stocks y preparación de la operación de traslado de la trituradora, se establece que la necesidad de caliza para la planta es **1005 kton al año**, lo que significa **84 kton por mes**, esto viene de la estimación de producción de cemento y de esto se desprende la producción de clinker. Estos números resaltados serán los que sirvan de base para los cálculos siguientes.

Ya que el consumo medio de caliza se determina en 84 kton/mes y si la cantera va a dejar de proveer caliza por 25 días, se tiene las siguientes correlaciones necesarias para planificar los stocks necesarios:

Tabla 19. Consumo de caliza en planta de cemento y movimientos potenciales de stocks

<u>Operación normal</u>			
stock inicial en planta cementera	80 kton		
consumo	84 kton/mes		
despacho de cantera	84 kton/mes		
stock final en planta cementera	80 kton	➡	valor estándar de stock
<u>Posible consecuencia sin despacho por 25 días</u>			
stock inicial en planta cementera	80 kton		
consumo	84 kton/mes		
despacho de cantera	16,3 kton/mes		
stock final en planta cementera	12,3 kton		
<u>Acción necesaria para mantener stock seguro</u>			
despacho de otros stocks	70 kton	➡	objetivo a tener listo en stocks secundarios
stock final en planta cementera	82,3 kton	➡	valor aceptable de stock

Fuente: Elaboración propia

De estos cálculos se desprende que, al menos en el período del paro, se requiere despachar a planta 70 kton o disponer previamente en stocks, sea de planta o de la cantera, 70 kton listas para su transporte y envío, esto mantendría el stock habitual en planta del cliente (planta cementera).

Otra consideración importante a tomar en cuenta es la disponibilidad de áreas de stock en la mina de caliza y en la planta de cemento.

En la mina se tienen 3 áreas posibles dentro de su predio que pueden ser utilizadas:

- Stock principal.- en actual utilización, sitio donde descarga el apilador, capacidad de 23 kton
- Stock secundario.- ubicado a 1500 metros del stock principal, adyacente a la estación antigua de trituración, capacidad 3 kton
- Stock antiguo.- pertenece al área de operación anterior al 2014, donde descargaba el antiguo apilador, capacidad 40 kton
-

Total capacidad de stocks en cantera: 66 kton

Fotografía 3. Stock Principal



Fuente: toma de la cantera, Oct 2017

Fotografía 4. Stock Secundario



Fuente: toma de la cantera, Oct 2017

Fotografía 5. Area del stock Antiguo



Fuente: toma de la cantera, Oct 2017

El cliente, la planta de cemento, dispone de otras áreas de almacenamiento:

- Stock principal.- es el área donde descarga el apilador de recepción, capacidad 100 000 t
- Stock secundario.- 30 000 t

Total capacidad de stocks en planta de cemento: 130 000 t

Total capacidad de stocks en cantera: 66 000 t

Total capacidad de stocks en mina y planta: 196 000 t

El uso de los stocks para el almacenaje previo el trabajo de cambio de la trituradora será el siguiente:

El stock principal en mina debe mantenerse entre 15 a 20 mil toneladas, es decir en niveles usuales de operación, esto para que, cuando arranque el sistema haya un stock de seguridad en caso de contingencias con la trituradora, esto permite un “colchón” de seguridad entre 3 a 4 días de despacho para el cliente.

El stock secundario no se considera apto para su utilización, no por cuestionamientos sobre seguridad sino solamente para concentrar el manejo posible de la roca triturada en el stock más grande, denominado “antiguo”.

El stock antiguo, es donde se manejará el material para almacenar previo al paro de la estación de trituración y desde donde ser despachará al cliente. Este stock se prevé llenar con 40 mil toneladas.

En planta debe al menos haberse almacenado 100 mil toneladas en su stock principal y estoqueado 30 mil toneladas en su stock secundario.

Esto permite que se tenga para el día cero del paro previo al cambio de la trituradora de lo siguiente, como material disponible:

Tabla 20. Stocks disponibles para caliza triturada y posible movimiento en el período de cambio de posición de la trituradora

En mina:		
Stock antiguo	40 000 t	listo para despacho
En planta:		
Stock principal	100 000 t	listo para consumo
Stock secundario	30 000 t	listo para consumo
Stock Total disponible	170 000 t	
Consumo esperado	84 000 t	
Stock al final del paro	86 000 t	

Fuente: Elaboración propia

Estos niveles dan seguridad a la planta como a la cantera para mantener su operatividad.

Lo clave es llegar a 170 mil toneladas de stocks distribuidos en los stocks disponibles, para esto se considera la capacidad de producción de la cantera e incremento del stock de caliza en el siguiente cuadro:

Tabla 21. Tiempos para incremento de stocks

a	capacidad de trituración	ton/h	700		
b	turno		1		
c	horas por turno	h	8		
d	fiabilidad	%	96		
e	producción	ton/día	5376	a.b.c.d / 100	
f		ton/semana	26880	e . 5	5 días /semana
g		ton/mes	118272	e . 22	22 das laborables/mes
h	transporte a planta	ton	84000		
i	diferencia producción - transporte	ton	34272	g - h	
j	incremento al stock	ton/mes	34272	g - h	
k	caliza requerida en stocks	ton	170000		
l	stock usual	ton	80000		
m	caliza extra requerida en stocks	ton	90000	k - l	
n	tiempo requerido para crear el stock	mes	2,6	m / j	

Fuente: Elaboración propia

Se explica lo expuesto en el cuadro anterior:

a.- es la capacidad nominal de la estación de trituración, aunque se han logrado valores superiores, esto es razonable para el cálculo

b.- número de turnos por día

c.- horas normales por turno

d.- fiabilidad de la estación de trituración calculada como:

$\text{horas operativas} \times 100 / (\text{horas operativas} + \text{horas de paro por fallos})$

e, f, g.- resultados de producción calculados con base en valores nominales

Cabe notar que el valor en g) es el potencial de producción que la estación de trituración puede lograr por mes, y que es notablemente superior a la necesidad de planta, mencionada antes en 84000 t/mes.

h.- necesidad de planta y que debe ser despachada desde cantera y transportada a planta

i.- es la diferencia entre el potencial de producción por mes y lo requerido por planta, este mismo valor es:

j.- lo que se incrementará al stock para preparar el stock para el paro necesario

Este volumen es el que debe ser distribuido en las áreas de stocks disponibles mencionado en 4.4.2.3.

Como se ha indicado anteriormente se necesita disponer de 170000 t previo al paro, esto se logra subiendo 90000 t al stock usual de 80000 t, y ya que se puede producir 34000 t extras cada mes, se llegar al objetivo indicado en 2.6 meses.

En stock de la planta de cemento se debe disponer

100 000 t en el stock principal

30 000 t en el stock secundario

Y en la cantera:

40 000 t en el stock antiguo

20 000 t en el stock principal

4.2.4. Consideraciones de costos operativos

La operación para subir el stock debe anticiparse que en el período de 2.6 meses indicado antes se deberá transportar a la planta de manera continua, en caso de no hacerlo en el tiempo señalado, este puede ser ampliado

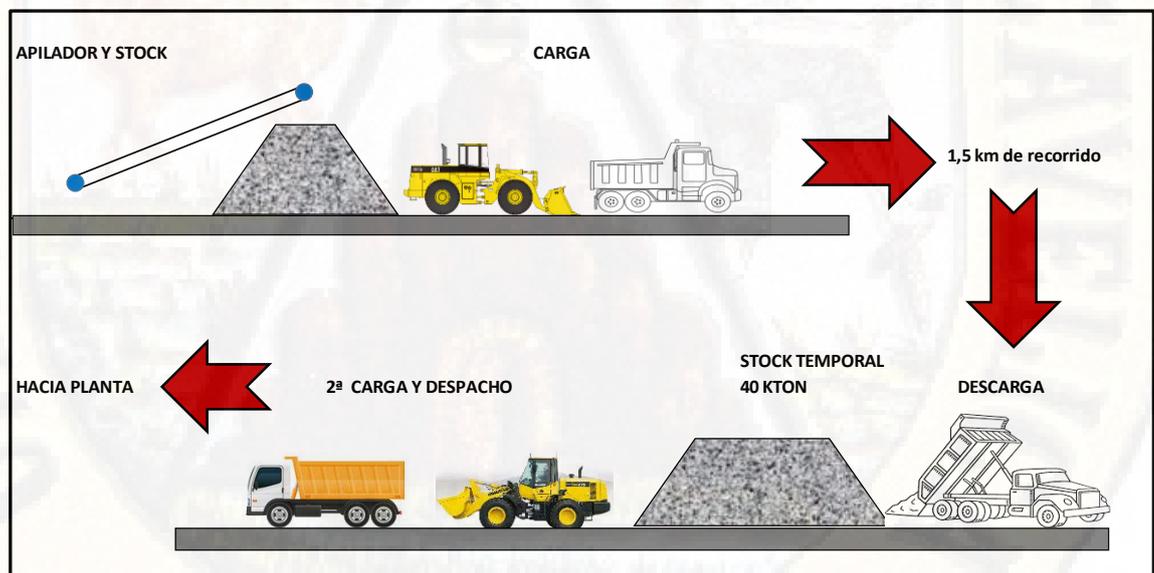
dando seguimiento cercano al incremento del stock hasta llegar al objetivo indicado.

Esta operación no implica un costo extra puesto que se realiza el movimiento usual desde la explotación al despacho y recepción en planta.

En la cantera, para disponer de las 40 mil toneladas extras en el stock antiguo se debe anticipar la operación siendo un movimiento adicional al normal proceso y en consecuencia un costo.

La operación en mención es el paso del material producido que se dispone en el stock principal (de uso diario – Fotografía 3) hacia el stock temporal (Fotografía 5), se esquematiza de la siguiente manera:

Figura 32.- Esquema de operación extra para formar stock temporal



Fuente: Elaboración propia

En consecuencia los costos inmersos son:

Tabla 22. Costo de transporte interno para conformar el stock secundario

a	costo y capacidad de transporte	30 usd/h	
b		22 t/volquete	
	ciclo	1,50 minutos	carga
		1,50 minutos	espera
		3,60 minutos	recorrido punto de carga - stock (g)
		2,50 minutos	descarga
		3,60 minutos	recorrido stock - punto de carga (g)
c		12,7 minutos	total ciclo
d	distancia punto de carga - stock *	1,5 km	
e	velocidad de transporte	25 km/h	
f	tiempo de recorrido	0,06 h	d/e
g		3,6 min	f x 60
h	viajes posible por hora	4,7 viajes/h/volquete	60/c
i	jornada disponible	8,0 h/día	
j	revisión de equipos, recesos	1,0 h/día	
k	tiempo operativo disponible	7,0 h/día	i - j
l	viajes posibles	33 viajes/día/volquete	h x k
m	vehículos necesarios	4 volquetes /hora	
n	capacidad de transporte diario	19 viajes /hora	h x m
o		416 ton/h	b x n
p		2910 ton/día	k x o
q	stock objetivo	40000 t	
r	tiempo necesario	13,7 días	q/p
s		330 horas	r x 24
t	costo de transporte	9896 usd	a x s
u	costo unitario de transporte	0,25 usd/t	t/q
v	costo unitario de carga	0,24 usd/t	
w	costo de carga	9600 usd	q x v
y	total costos por formación de stock	19496 usd	t + w
		0,49 usd/t	u + v

Fuente de costo unitario de transporte: Gerencia de Logística de la planta cementera

Fuente de costo de carga: Contratista de servicios mineros en actual operación (nov 2017)

Otros costos relevantes son los relativos a las voladuras de contorno que se deben ejecutar en la cercanía del pique y la operación de desbaste de la pared del glory hole, lo cual se ejecutará con una fresadora para controlar y asegurar cero daños a la estructura del pique (Comentado en 4.1.9.)

El gasto mencionado no se ejecuta en un solo mes, debido a lo siguiente:

13,7 días \approx 14 días (tiempo requerido para la operación de conformar el nuevo stock)
la operación debe ejecutarse en un día extra al horario normal
1 mes \rightarrow 4 sábados
14 sábados \rightarrow 3,5 meses

El costo de la perforación y de la voladura es mayor que la operación normal expuesta en 2.2.1. Descripción del Proceso, pues los barrenos deben ser perforados en una malla más estrecha y la carga de explosivos es diferente.

Para explotar el material en los contornos de la boca del pique, el equipo determinado en 4.1.9. se debe acoplar a una excavadora del tipo CAT 322 o Doosan 500. El costo de la inversión del equipo debe tener un manejo especial que no debe ser asimilado directamente como una inversión de la empresa propietaria de la concesión, sino gestionarse como parte del servicio externalizado (Ver en Presupuestos).

4.2.5. Cronograma de actividades

Se reseña en la tabla a continuación el listado de actividades en la secuencia a seguir desde la parte preparatoria hasta la realización de la movilización de los equipos y puesta en marcha.

Hay acciones que deben ser realizadas previo al paro, por lo cual se tiene dos cronogramas, uno de las actividades preparatorias (Ver ANEXOS) y

otro de ejecución del trabajo de movilización de quipos y sus estructuras (Ver ANEXOS).

4.2.6. Presupuesto

Las obras se dividen en dos grupos, trabajos preparatorios y ejecución de la movilización, en cada grupo se tiene los siguientes rubros en conceptos macro:

Trabajos preparatorios

a) Voladuras de contorno

El costo está determinado por la perforación más la carga de explosivos, este valor dista de la operación normal realizada en la cantera por la demora que implica hacer una malla de barrenos distinta de lo usual, con menor diámetro de barreno y una carga de explosivos diferente.

La empresa que entrega el servicio de explotación para la mina indica un valor de 15 usd/m³ de caliza en banco para este tipo de actividad, en función de eso se tiene el siguiente costo:

a	costo de voladuras de contorno	15 usd/m ³	
b	sección a volar	zona CODIGO 14 - VER ANEXO 3	
c		3552 m ³	
d	costo	53280 usd	a x c
e	densidad en banco	2,2 t/m ³	
f	masa a volar	7814 t	c x e
g	costo unitario	6,82 usd/t	d / f

b) Desbaste de las paredes del pique con fresadora

Tabla 23. Costo de la fresadora

DESCRIPCION	precio CIF (1)	tipo de cambio (2)	precio CIF	impuestos, transporte, otros 25% del CIF	Valor puesto en cantera
	€	USD/ton	USD	USD	USD
fresadora	57800	1,1	63580	15895	79475

Fuente: elaboración propia

(1) Oferta de fabricante, referencia Fresadora ERKAT - Modelo ER1500-X, Octubre 2017

Este equipo no es de interés el ser adquirido por la empresa propietaria de la concesión, sino alquilado dentro del servicio de explotación de la cantera a un contrato de largo plazo de 5 años tiempo en el cual la empresa de servicios recupere su inversión.

De la ejecución de movilización se tiene:

- c) Obra civil
- d) Trabajos Mecánicos, incluye mano de obra, equipamiento de izaje, grúa, soldadura, oxicorte, equipo de seguridad y logística del personal, supervisión, andamios, medios de transporte de equipos y piezas.

Es importante mencionar que el modo de cotizar y facturar las obras mecánicas se realiza en USD/kg de materiales instalados, por ello en la TABLA 23 se describe el peso de equipos y estructuras y el costo por tarea, sea desmontaje y montaje.

La grúa no factura por peso sino por día de operación y por el traslado al sitio de trabajo y de vuelta a su base.

Los andamios son cobrados por USD/kg de estructura (de andamios) alquilado por mes.

- e) Trabajos eléctricos, incluye mano de obra, equipos eléctricos menores, cables, elementos de izaje y sostén de canaletas y cables. equipo de seguridad y logística del personal, supervisión, andamios

De cada rubro se tiene definidos los montos, así:

Tabla 24. Costo de la obra civil

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Replanteo y Nivelacion	m2	154,00	4,00	616
2	Escarificado en roca	m2	151,14	45,00	6.801
3	Hormigon f'c= 320 kg/cm2 para base	m3	5,36	450,00	2.413
4	Dowels 1 1/4", incluye perforación y resina epóxica y acero	und	68,00	85,00	5.780
5	Encofrado y Desencofrado Normal	m2	47,13	28,00	1.320
6	Colocación de pernos 1" no incluye los pernos ni tuercas	und	112,00	45,00	5.040
7	Hormigón f'c=280 kg/cm2 en zapatas, vigas, dados y base C1	m3	11,82	380,00	4.493
8	Acero de Refuerzo Fy=4200kg/cm2	Kg	3.324,62	3,50	11.636
				Costo Directo	38.099
9	otros: logística, estadía del personal , imprevistos (35% del costo directo)				13.335
				Total	51.434

Fuente: contratista de obras civiles, basado en planos de obras de cimentación, oferta de julio 2017

Tabla 25. Costos de trabajos mecánicos

	cantidad	Descripción	Dimensiones	Peso lb (kg)	Peso, kg	Peso, ton
A	1	Portable Chassis	9'3" W x 12'6" H x 55' L (2819 x 3810 x 16764 mm)	83,400 lbs (37829.6 kg)	37829.6	37,8
B	1	Feeder/Support Structure	9'2" W x 12' H x 28'2" L (2794 x 3658 x 8585 mm)	51,000 lbs (23133 kg)	23133	23,1
C	1	Hopper	11' W x 10'10" H x 27'9" L (3353 x 3302 x 8458 mm)	25,500 lbs (11567 kg)	11567	11,6
D	1	Crusher	139" W x 115 3/4" H x 126 5/16" L (3531 x 2940 x 3208 mm)	71,000 lbs (32205 kg)	32205	32,2
E	1	Crusher Hood	6'1" W x 7'8" H x 7'11" L (1854 x 2337 x 2413 mm)	6,800 lbs (3084 kg)	3084	3,1
Fa	1	Walkway	4'6" W x 7'2" H x 8'6" L (1372 x 2185 x 2591 mm)	1,400 lbs (635 kg)	635	0,6
Fb	1	Walkway	4'6" W x 4'2" H x 3'4" L (1372 x 1270 x 1016 mm)	400 lbs (182 kg)	182	0,2
Fc	1	Walkway	4'6" W x 5'11" H x 8'6" L (1372 x 1804 x 2591 mm)	1,100 lbs (500 kg)	500	0,5
Fd	1	Walkway	4'6" W x 4'3" H x 3'4" L (1372 x 1296 x 1016 mm)	400 lbs (182 kg)	182	0,2
G	1	Walkway	6'9" W x 5'1" H x 17'10" L (2057.4 x 1549 x 5436 mm)	1,700 lbs (771 kg)	771	0,8
H	1	Safety Motor Guard	1'8" W x 5'9" H x 14'5" L (508 x 1753 x 4387 mm)	1,200 lbs (545 kg)	545	0,5
I	2	350 HP Motors	3' x 3' x 6'8" (914 x 914 x 2032 mm)	4,400 lbs cada uno (1996 kg)	3992	4,0
J	1	Support #1	7'11 1/2" x 5'11" x 25'2" (2426 x 1803 x 7671 mm)	10,300 lbs (4672 kg)	4672	4,7
K	1	Support #2	7'11 1/2" x 5'11" x 25'2" (2426 x 1803 x 7671 mm)	10,300 lbs (4672 kg)	4672	4,7
L	1	Support #3	7'11 1/2" x 5'11" x 25'2" (2426 x 1803 x 7671 mm)	10,300 lbs (4672 kg)	4672	4,7
M	1	Support #4	7'11 1/2" x 5'11" x 25'2" (2426 x 1803 x 7671 mm)	10,300 lbs (4672 kg)	4672	4,7
N	2	Walkway	5'2" x 5'1" x 9'10" (1575 x 1549 x 2997 mm)	800 lbs cada sección (363 kg)	726	0,7
O	1	40' Conveyor	5' W x 4' H x 47' L (1524 x 1219 x 1194 mm)	15,800 lbs (7166.8 kg)	7166.8	7,2
P	1	Stairs	30'11" x 3'8" x 30" (9423.4 x 1118 x 762 mm)	1,920 lbs (660 kg)	660	0,7
Q	2	Wings	12' x 6'5" x 2'2" (3658 x 1956 x 660 mm)	3,200 lbs (1451 kg)	1451	1,5
R	1	Conveyor Head Section	16'4"x7'x8'4" (4978 x 2134 x 2540 mm)	8,000 lbs (3629 kg)	3629	3,6
S	1	Hazetronic	7'2"x4'9"x1'11" (2184 x 1448 x 584 mm)	1,670 lbs (757 kg)	757	0,8
T	2	Motor Mount	5'6"x4'-2"x9'3" (1676 x 1270 x 2819 mm)	2,800 lbs (1270 kg)	1270	1,3
U	1	Jib Crane	13'8"x11'x12" (4166 x 3353 x 3658 mm)	800 lbs (363 kg)	363	0,4
W	1	Radial Conveyor axle	12'3"x3'9"x16'6" (3734 x 1143 x 5029 mm)	2,800 lbs (1270 kg)	1270	1,3
				Total	150606,4	150,6

Fuente: archivo de planos de la empresa, descripción de pesos descritos en el plano.

Estos pesos se encuentran contenidos en el plano original de montaje (Ver en ANEXOS).

Tabla 26. Resumen de costo de trabajos mecánicos

actividad	kg	USD/kg	USD
desmontaje	150606	0,48	71538
montaje	150606	0,94	140817
total			212355

Fuente: elaboración propia

Tabla 27. Costo de servicio de grúa de 100 toneladas

actividad	días	USD/día	USD
transporte de grúa ida y vuelta	global		10000
utilización	20	4000	80000
total			90000

Fuente: elaboración propia

Tabla 28. Costo de trabajos eléctricos

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
				USD	USD
1	Desmontaje de cables de motores, sensores, etc	unidad	1	1.500	1500
2	Desmontaje de cables y tableros en cuarto eléctrico	unidad	1	1.000	1000
3	Desmontaje del sistema eléctrico del sistema Haztronic	unidad	1	1.000	1000
4	Desmontaje de cables de generador principal	unidad	1	500	500
5	Desmontaje de estructura de cuarto eléctrico para reutilización	unidad	1	600	600
6	Desmontaje de cables de cuarto de control	unidad	1	300	300
7	Montaje de cables de motores, sensores, válvulas,	unidad	1	1.500	1500
8	Montaje de cables y tableros en cuarto eléctrico	unidad	1	1.000	1000
9	Montaje de generador auxiliar, compresor y tomas	unidad	1	500	500
10	Montaje del sistema eléctrico del sistema hidráulico de trituradora	unidad	1	1.000	1000
11	Montaje de cables de generador principal	unidad	1	500	500
12	Montaje de cables de cuarto de control	unidad	1	300	300
13	Montaje de estructura de cuarto eléctrico estructura reutilizable	unidad	1	500	500
14	Accesorios de anclaje y soportería: pernos chanelns abrazaderas	unidad	1	1.000	1000
15	Construcción de base de cuarto eléctrico de 3m x 10m aprox	m2	30	50	1500
16	Construcción de base de generador de 3m x 12m aprox	m2	36	140	5040
17	Construcción de ducto de cables de cuarto eléctrico a trituradora	m	30	40	1200
18	varios, logística, estadía, etc.	global	1	5.900	5900
				total	24840

Fuente: Oferta de contratista de trabajos eléctricos, octubre 2017.

Tabla 29. Presupuesto global

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	trabajos mecánicos				212355
2	trabajos eléctricos				24840
3	obra civil				51434
4	alquiler de grúa				90000
5	alquiler de andamios	mensual	1	4000	4000
6	alquiler de equipos de elevación	mensual	1	3000	3000
7	alquiler de camión - plataforma	horas	80	40	3200
8	personal de armado de andamios	mensual	1	4000	4000
9	supervisor de seguridad	mensual	3	1500	4500
10	supervisor geotécnico	mensual	3	10000	30000
11	planos finales	global	1	10000	10000
12	sostenimientos y anclajes extras	global	1	30000	30000
13	varios de logística extra	global	1	10000	10000
subtotal					477329
14	imprevistos contingentes 5% del subtotal				23866
total					501195

Fuente: elaboración propia

4.2.7. Manejo de los rubros del presupuesto

Costo de voladura de contorno

Como se ha indicado anteriormente el costo es específico para esta actividad y distinto del que tiene que ver con la operación normal de voladura, para esta operación se deben disponer un contrato específico por las toneladas a explotar al costo acordado con el proveedor del servicios de perforación y voladura.

El valor debe estar determinado en unidad monetaria por tonelada explotada, es decir USD /ton y asignado a la cuenta de costos variables de la cantera, proceso de explotación. En cadena, este costo irá cargado posteriormente al de caliza triturada y despachada, esto es la normal composición del costo de producción de la caliza.

Costo de desbaste de los contornos del pique

Se ha señalado en la Tabla 21 el valor del equipo destinado a esta actividad, el cual se estima conveniente sea adquirido por la misma compañía a cargo

de la voladura especial de tal manera que se proratee el costo del equipo en el costo por tonelada volada y desbastada, de esta manera se convierte en un costo variable en lugar de afectar a los costos fijos. Esto se define así debido a que la capacidad y productividad de material que la fresadora produzca no será lo suficientemente alta como para diluir el costo de la inversión.

En consecuencia el mismo contrato de voladura especial debe disponer el rubro de desbaste y de inclusión de la fresadora como parte de los equipos para el servicio de explotación especial en los contornos de la boca del pique.

Costo de transporte interno

Ya que la tarea es específica para este proyecto, no cabe disponerlo como componente del costo variable, pues ya hubo los cargos del proceso normales a la caliza, desde explotación a la trituración. Se considera disponer como un rubro de costo fijo como transporte o movilización interno de material.

Al final este entra al costo total de producción de la caliza.

Presupuesto global de movilización de la trituradora

El rubro indicado en la Tabla 27 de 501 kUSD, no se debe asignar al costo de explotación de una cantidad específica de caliza, puesto que distorsionaría completamente el costo estándar del material y del stock.

En consecuencia, lo más adecuado es asignar este costo dentro del paquete de inversiones de la empresa, de tal manera que se capitalice dentro del costo del activo existente, es decir de la estación de trituración, prorateando en el valor individual de cada uno de sus componentes mayores, es decir, debido a que la estación no se ha creado como un solo activo sino un como

un conjunto de componentes principales: trituradora, alimentador, tolva y bandas transportadoras, generador, cuarto de control y cuarto eléctrico.

4.2.8. Comparación de opciones de operación: Estática vs. Movilización de la trituradora

La opción estática se refiere a la no movilización de la trituradora ni tampoco el descenso de la boca del pique, esto es, la trituradora se mantiene en la ubicación 1907 (nivel de descarga a la tolva de la trituradora) y la boca del pique en el nivel 1896.

Actualmente, a la fecha de edición de este documento, la operación se realiza como se expone en el ANEXO 7. Allí se observa que los recorridos de los dumpers se realizan entre los niveles 1896 (frente de explotación) y 1907 (tolva de la trituradora), en rutas de una sola rampa, tanto del lado NE como del SW de la cantera.

Los ciclos de transporte se exponen a continuación, tomando los datos representativos de un día de operación, de dos dumpers, en el frente SE de la cantera, sin complicaciones de carga, es decir de buen resultado de la voladura, sin rocas sobre tamaño que deban ser separadas.

vehículo VQ 405	Tiempo parqueo	tiempo ida	tiempo descarga	tiempo retorno	TOTAL
	s	s	s	s	s
1	35,1	139,2	38,4	68,4	4,69
2	53	135,0	36,1	65,4	4,83
3	48,9	126,1	37,7	68,4	4,69
4	32,3	139,8	35	65,4	4,54
5	21,8	138,2	88,2	47	4,92
6	32,7	128,2	38,5	58,4	4,30
7	42,3	126,5	37,5	58,1	4,41
8	44,5	100,5	39,4	63,2	4,13
9	39,8	104,5	35,6	61,1	4,02
10	46,8	132,2	40,2	58,9	4,64
11	52,6	135,3	44	59,4	4,86
12	50,6	125,8	38,5	61,7	4,61
13	53,4	130,2	36,6	63,8	4,73
14	39,8	123,4	34,5	64,2	4,37
15	42,2	128,4	37,2	57,9	4,43
16	40,5	143,3	41,5	61,3	4,78
17	55,2	130,2	40,2	66,3	4,87
18	39,4	122,5	42,1	67,4	4,52
19	51,5	115,1	38,3	59,4	4,41
20	45,6	119,2	37,1	59,2	4,35
21	43,2	110,5	44,6	64,2	4,38
22	49,5	125,5	48,7	68,9	4,88
promedio	43,7	126,3	41,4	62,2	4,56
std	8,3	11,1	11,0	5,0	0,3

vehículo VQ 408	Tiempo parqueo	tiempo ida	tiempo descarga	tiempo retorno	TOTAL
	s	s	s	s	s
1	29,1	130,6	56,4	56,2	4,54
2	32,1	122,2	63,4	57,2	4,58
3	24,6	127,8	72,9	64,2	4,83
4	28,3	132,6	60,9	58,8	4,68
5	38,4	129,6	61,6	60,6	4,84
6	39,2	125,4	66,3	55,4	4,77
7	40,4	128,5	63,4	69,8	5,04
8	42,3	133,2	62,7	55,4	4,89
9	36,2	134,5	68,9	51,2	4,85
10	38,7	136,7	64,1	53,1	4,88
11	37,2	134,2	69,8	58,2	4,99
12	35,6	129,9	71,5	60,1	4,95
13	38,9	140,2	75,5	65,2	5,33
14	40,2	135,6	70,9	52,8	4,99
15	39,2	135,4	64,5	58,9	4,97
16	37,5	132,2	63,6	62,7	4,93
17	36,4	136,5	60,7	65,9	4,99
18	39,7	125,6	64,1	54,9	4,74
19	40,1	131,8	66,2	55,4	4,89
20	42,3	138,5	67,2	62,5	5,18
21	48,9	148,6	67	58,4	5,38
22	52,2	143,5	62,1	51,2	5,15
promedio	38,1	133,3	65,6	58,6	4,93
std	6,1	6,1	4,6	5,0	0,2

Lo relevante de los cuadros anteriores es la determinación de las velocidades de transporte, con carga y sin carga, usando además los datos de recorrido del ANEXO 7.

distancia	ruta SE	390 m	X
tiempo ida	1	126,3 s	129,8 s
	2	133,3 s	
velocidad ida	1	11,1 km/h	10,8 km/h
	2	10,5 km/h	
tiempo retorno	1	62,2 s	60,4 s
	2	58,6 s	
velocidad retorno	1	22,6 km/h	23,3 km/h
	2	24,0 km/h	

En el escenario estático, se va a suponer a continuación que la posición de la trituradora no se mueve de su actual ubicación y se sigue descendiendo los bancos de explotación. Los diseños de vías se encuentran en ANEXO 8, que expone el descenso de 12 m, de la plataforma actual a 1896 (a Abril 2019) a la cota 1884, y en el ANEXO 9, descenso de 24 m respecto de la cota actual al nivel 1972.

Esto implica la construcción de vías de acceso a cada nivel, dejar taludes estables y seguros de la vías, radios de giro de 34 m e inclinaciones de vía de 10%.

Se observa que las rutas de transporte se mueven así:

actual nivel 1896	ruta 1	Sur - oeste	rampa a trituradora	206 m
			ruta a frente más lejano	365 m
			total	571 m
	ruta 2	Nor - este	rampa a trituradora	335 m
			ruta a frente más lejano	245 m
			total	580 m

nivel 1884	ruta 1	Sur - oeste	rampa a trituradora	363 m
			ruta a frente más lejano	274 m
			total	637 m
	ruta 2	Nor - este	rampa a trituradora	453 m
			ruta a frente más lejano	230 m
			total	683 m

nivel 1872	ruta 1	Sur - oeste	rampa a trituradora	492 m
			ruta a frente más lejano	285 m
			total	777 m
	ruta 2	Nor - este	rampa a trituradora	594 m
			ruta a frente más lejano	195 m
			total	789 m

Considerando los tiempos de transporte se tiene los cálculos expuestos en el ANEXO 10. De este se obtiene en resumen que:

tiempo extra de operación	2,0	h/dumper	
dumpers en operación	4	unidades	
tota tiempo extra de operación	8,1	h	implica 1,2 turno de una unidad extra
tiempo extra de operación	3,0	h/dumper	
dumpers en operación	4	unidades	
tota tiempo extra de operación	11,8	h	implica 1,7 turno de una unidad extra

Esto quiere decir, que de no movilizar la estación de trituración, para el nivel de explotación 1884 se requiere una dumper adicional, y para el nivel 1972 se necesita 2 unidades extras.

Cada unidad se ofertaría en 0.17 usd/t de caliza explotada, es decir, no se calcula por el material manejado por el transporte del dumper sino por el total de caliza producida en el mes de trabajo.

4.2.9. Comparación de costos

En virtud de lo expuesto anteriormente, el impacto en los costos de producción en los dos escenarios de posible operación, estático y de movilización de la trituradora, son los siguientes:

COSTOS	ESCENARIO ESTÁTICO	ESCENARIO MOVILIZACIÓN				
	USD/t	USD/t	t	usd	t/año	usd/t
costo de transporte stock temporal	---	0,49	40000	19496	1000000	0,02
costo de voladura	---	6,82	7814	53277	1000000	0,05
costo de alquiler de fresadora	---	0,03				0,03
depreciación	---	0,02				0,02
total						0,12

costo de un dumper extra	0,17	servicio externalizado
--------------------------	-------------	------------------------

costo de dos dumper extra	0,34	servicio externalizado
---------------------------	-------------	------------------------

En resumen se tiene:

ESCENARIO ESTÁTICO	ESCENARIO MOVILIZACIÓN	diferencia
USD/ton	USD/ton	USD/ton
0,17	0,12	0,05
0,34	0,12	0,22

Lo cual corresponde a que, manteniendo el nivel de la trituradora estático, el costo de la caliza se incrementa así:

nivel explotación msnm	extra costo usd/t
1896	---
1884	0,05
1872	0,22

4.3. Proceso de prueba de hipótesis

Recordando que la hipótesis expuesta dentro de 2.3 presupone que es más eficiente el movilizar la trituradora y descender la boca del pique 12 metros debajo de su actual posición, y que de acuerdo a lo expuesto en el resumen de costos de 4.2.9, se valida que la hipótesis es verdadera. Puesto que el costo de producción de caliza en el escenario de movilización de la trituradora es menor que el escenario estático.

Escenario estático	condición	Escenario Móvilización	Prueba
Y usd/t caliza producida	>	X usd/t caliza producida	hipótesis verdadera
Y usd/t caliza producida	<	X usd/t caliza producida	hipótesis falsa
Y usd/t caliza producida	=	X usd/t caliza producida	hipótesis falsa

CONCLUSIONES

- La evaluación de costos de los escenarios de avance de la mina, determina que es más eficiente para la operación el descenso de la estación de trituración conforme vaya bajando los bancos de explotación
- El costo adicional en caso de movilización de la estación de trituración es de 0.12 usd/t de caliza producida, mientras que es mayor el extra costo en caso de mantener en posición estática, 0.17 usd/t para un banco en nivel inferior de 12 metros, y de 0.34 usd/t para un banco en nivel inferior de 24 metros.
- El mejor método de arranque de la caliza de los contornos del pique es con desbaste mecánico, es decir el uso de fresadora., evitando impacto por vibraciones a las paredes del pique.
- El costo de movilización de la trituradora debe requerirse como una inversión, el cálculo es de 501195 usd a ser presupuestado.

RECOMENDACIONES

- Una vez que se haya bajado de nivel la trituradora, se tendrá un sector de potencial riesgo estructural que se expone en el Diagrama 30, por lo que deben ser instalados anclajes que de manera preventiva sostengan el suelo adyacente, principalmente precautelando el efecto de las permanentes vibraciones que vendrán del lado de la trituradora cuando esta se encuentre en operación.
- La disposición de un sistema de control de nivel del pique, que al momento no se dispone, es una mejora necesaria para controlar la altura de llenado del pozo, ya que, por una lado garantiza que el llenado permanente sea efectivo y evite la erosión por la caída libre de la roca triturada, y por otro lado ayuda a controlar el flujo de extracción.

- Es necesario realizar el estudio de calidad de la roca de los taludes (por ejemplo bajo metodología Rock Mass Rating, RMR), para validar que las obras de sostenimiento sean precisas, lo cual apoyará el afinamiento del presupuesto y sobre todo evitar errores constructivos de complicada reparación una vez se haya movilizadado la estación de trituración, que puede significar extra costos, daños a los equipos y suspensión de la operación. Se puede disponer la ejecución de este estudio como un trabajo académico que aporte al conocimiento de la geotécnica de la cantera.
- Las voladuras de contorno deben ser probadas previo su aplicación en el frente cercano a la boca del pique, siendo recomendable el probar en un área lejana como los extremos de la cantera, para determinar cualitativamente los efectos de la voladura, ej. Fly rocks, apariencia de las cara libre tras la voladura, regularidad de la superficie de la cara libre, seguridad para ejecutar tareas de inspección y de reforzamiento de la paredes, etc. Y desde el punto de vista cuantitativo es relevante: determinar la vibración en la zona adyacente a la voladura (mediciones con sismógrafo), velocidad del proceso de perforación, rendimiento del explosivo en gramos por tonelada de caliza volada, costo de la voladura especial, etc. Las fallas o mejoras posibles halladas en la prueba de voladura deben manejarse en un plan de acción para realizar una nueva prueba adaptando las medidas correctivas.
- Los equipos del contratista minero deben ser requeridos para que puedan ser adaptados a la fresadora; debe validarse con anticipación que se puede acoplar al sistema hidráulico y peso del equipo disponible, es decir de la excavadora.
- La fresadora como elemento clave para explotar el material debe ser adquirida (u otra modalidad comercial factible) con anticipación, y estar disponible al menos tres meses antes de su utilización en el área de interés para probarla y garantizar su fiabilidad mecánica, realizar la capacitación del personal, realizar pruebas de rendimiento

(ton/h de desbaste) y desempeño en áreas distintas a las de trabajo hasta que se pulan las habilidades de los operadores y se determine el procedimiento seguro de ataque de las paredes del pique y manejo de las tareas de mantenimiento de sus elementos de desgaste.

- La fresadora debe continuar con la operación en el área opuesta a la abierta en el pique, así como las voladuras de contorno deben mantenerse en el sector de la actual ubicación de la trituradora para precautelar la seguridad de las instalaciones.
- El costo de la explotación mediante las voladuras de contorno y la utilización de la fresadora se debe diluir prorrateando su costo en la sumatoria de los volúmenes de caliza explotada por estos dos métodos.
- El proceso de voladura controlada y explotación mediante fresadora deben ser dispuestos en sendos procedimientos, que deben incluir los aspectos de seguridad, operación, mantenimiento y rendimientos reales. Estas actividades se pueden trasladar a estudios para otros temas de tesis específicos validando las teorías de voladura de precorte para el tipo de roca caliza de la cantera.
- El destape o retiro de estéril de la zona Oeste debe ser ejecutado durante los próximos 3 años luego de la ejecución de la movilización de la trituradora para mejorar los accesos a la plataforma de explotación, sobre todo para mantener niveles de las vías internas en ángulos seguros para la circulación del equipo pesado.
- El costo de movilización de la trituradora debe requerirse como una inversión la cual al ser concluido el proyecto debe activarse sumando a los activos principales (trituradora) y empezar a depreciarse en el período legalmente determinado.
- El equipo de trabajo para el proyecto debe tener una estructura funcional que dependa de la máxima dirección de la empresa, en la cual estén incluidos personal de seguridad, mantenimiento y montaje, jefatura de proyectos, control de costos y producción de cantera.

- El diseño del avance de la cantera expuesto, debe permitir alargar la operación para retrasar lo más posible la movilización de la trituradora de tal manera que se llegue a los meses de la temporada seca, es decir junio a agosto. Esto se direcciona a evitar interferencias causadas por las lluvias muy habituales y abundantes en el resto del año, lo cual facilitará realizar el trabajo dentro del cronograma establecido sin riesgos de extra costos y de corte de provisión de caliza a planta de cemento.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.

1. Instituto tecnológico geominero de España, Rocas y Minerales industriales de Iberoamérica, Grafistaff, Madrid, 2000
2. Villarreal, Iván. Reporte semestral de producción de la Concesión Selva Alegre para la autoridad minera ARCOM, marzo 2017. Capítulo. 2.
3. Galán, Daniel. INFORME DE PASANTÍA - REPORTE TÉCNICO DE NIVELACIÓN DE MINA C - CANTERA SELVA ALEGRE, mayo 2017.
4. Instituto geológico y minero de España, Manual de perforación y voladura de rocas, Impr. Etimsa, Madrid, Capítulo 25. Voladuras de contorno
5. Bill Palmer, [Internet], [consultado 12 de octubre de 2017]. Disponible en: www.concreteconstruction.net/how-to/repair/alternative-concrete-demolition-techniques
6. James Warner, Practical Handbook of Grouting: Soil, Rock, and Structures, John Wiley and sons, 2004
7. American Concrete Institute. ACI. [Internet], [consultado 22 de octubre de 2017]. Disponible en: www.concrete.org/topicsinconcrete/topicdetail/expansive_cement
8. Hazemag® GmbH, [Internet], [consultado 30 de agosto de 2017]. Disponible en: www.hazemag.com
9. erkat® Anbaufräsen PC GmbH, [Internet], [consultado 02 de octubre de 2017]. Disponible en: [www.erkat.de / en / products](http://www.erkat.de/en/products)
10. TESPECON, Tecnología Especializada para la Construcción. Aditivos y Especialidades para el hormigón. Hoja técnica de producto CRAS – Agente demoledor de seguridad no explosivo. 2015. [Internet], [consultado 15 de octubre de 2017]. Disponible en: http://tespecon.blogspot.com/p/blog-page_2.html

8.- ANEXOS

ANEXO 1.- Plano de la obra civil de la estación de trituración

ANEXO 2.- Plano de la estructura y equipos de la estación de trituración

ANEXO 3.- Secuencia de avance de las voladuras de acercamiento y especiales

ANEXO 4.- Plano de ubicación de la estación de trituración y equipos accesorios

ANEXO 5.- Cronograma de actividades preparatorias

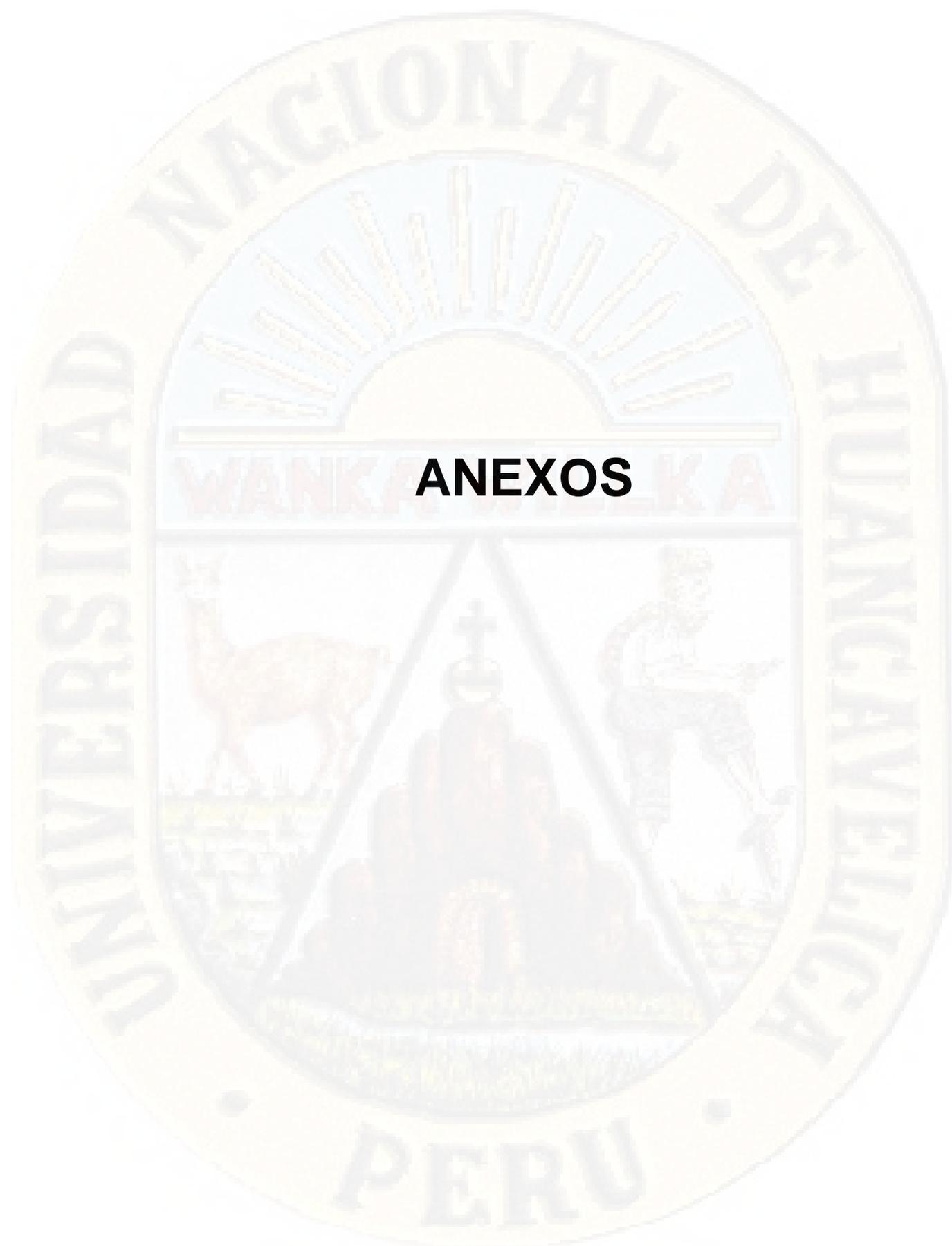
ANEXO 6.- Cronograma de ejecución de movilización de la estación de trituración

ANEXO 7.- Distancias actuales de transporte de caliza desde los frentes de explotación a Abril 2019.

ANEXO 8.- Plano de vías y descenso de la cantera al nivel 1884, escenario estático de la localización de la trituradora

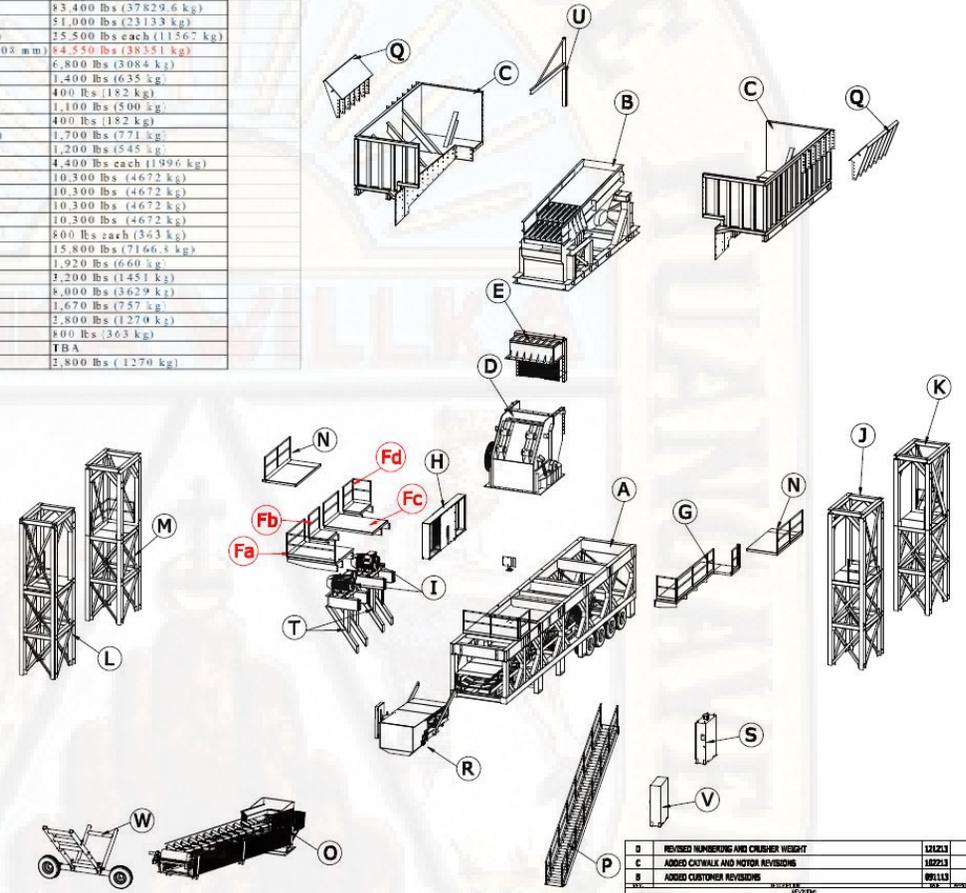
ANEXO 9.- Plano de vías y descenso de la cantera al nivel 1872, escenario estático de la localización de la trituradora

ANEXO 10.- Cálculos de tiempo adicional de operación de un dumper en función del incremento de las distancias de transporte



ANEXOS

JW JONES - RMS ROSS - LAFARGE - ECUADOR			
Quantity	Description	Dimensions	Weight
A	Perubble Chassis	9'3" W x 12'6" H x 55' L (2815 x 3810 x 16754 mm)	83,400 lbs (37829.6 kg)
B	Feeder Support Structure	9'2" W x 12' H x 28'2" L (2794 x 3658 x 8585 mm)	51,000 lbs (23133 kg)
C	Hopper	11' W x 10'10" H x 27'5" L (3553 x 3302 x 8458 mm)	25,500 lbs each (11567 kg)
D	Crusher	13'9" W x 115 3/4" H x 126 5/16" L (3531 x 2940 x 3208 mm)	84,550 lbs (38551 kg)
E	Crusher Hood	6'1" W x 7'8" H x 7'11" L (1854 x 2337 x 2413 mm)	6,800 lbs (3084 kg)
Fa	Walkway	4'6" W x 7'2" H x 8'6" L (1372 x 2185 x 2591 mm)	1,400 lbs (635 kg)
Fb	Walkway	4'6" W x 4'2" H x 3'4" L (1372 x 1270 x 1016 mm)	400 lbs (182 kg)
Fc	Walkway	4'6" W x 5'11" H x 8'6" L (1372 x 1804 x 2591 mm)	1,100 lbs (500 kg)
Fd	Walkway	4'6" W x 4'3" H x 3'4" L (1372 x 1296 x 1016 mm)	400 lbs (182 kg)
G	Walkway	6'9" W x 3'1" H x 17'10" L (2057.4 x 1548 x 5433 mm)	1,700 lbs (771 kg)
H	Safety Motor Guard	1'8" W x 5'9" H x 14'5" L (508 x 1753 x 4387 mm)	1,200 lbs (545 kg)
I	350 HP Motors	3' x 2' x 6'8" (914 x 914 x 2032 mm)	4,400 lbs each (1996 kg)
J	Support #1	7'11 1/2" x 5'11" x 2'52" (2426 x 1803 x 7671 mm)	10,300 lbs (4672 kg)
K	Support #2	7'11 1/2" x 5'11" x 2'52" (2426 x 1803 x 7671 mm)	10,300 lbs (4672 kg)
L	Support #3	7'11 1/2" x 5'11" x 2'52" (2426 x 1803 x 7671 mm)	10,300 lbs (4672 kg)
M	Support #4	7'11 1/2" x 5'11" x 2'52" (2426 x 1803 x 7671 mm)	10,300 lbs (4672 kg)
N	Walkway	5'9" x 3'1" x 9'10" (1775 x 1549 x 2797 mm)	800 lbs each (363 kg)
O	10' Conveyor	5' W x 4' H x 47' L (1524 x 1219 x 1194 mm)	15,800 lbs (7166.4 kg)
P	Stairs	3'01" x 3'8" x 3'0" (923.4 x 1118 x 762 mm)	1,920 lbs (660 kg)
Q	Wings	12' x 6'5" x 2'2" (3658 x 1956 x 660 mm)	3,200 lbs (1451 kg)
R	Conveyor Head Section	16'4" x 7'8" x 4" (4978 x 2134 x 2540 mm)	8,000 lbs (3629 kg)
S	Haztreck	7'2" x 4'9" x 1'1" (2184 x 1448 x 584 mm)	1,670 lbs (757 kg)
T	Motor Mount	5'6" x 4'2" x 9'3" (1676 x 1270 x 2819 mm)	2,800 lbs (1270 kg)
U	Job Crase	13'8" x 11' x 12" (4 66 x 3353 x 3658 mm)	800 lbs (363 kg)
V	Starter Panels	TBA	TBA
W	Radial Conveyor axle	1'23" x 3'9" x 16 5/8" (3734 x 1143 x 5029 mm)	2,800 lbs (1270 kg)



D	REVISED NUMBERING AND CRUSHER WEIGHT	12/21/13
C	ADDED CATAWALK AND MOTOR REVISIONS	10/22/13
B	ADDED CUSTOMER REVISIONS	09/11/13

Dimensions and Tolerances
 All dimensions are in millimeters unless otherwise specified.
 All dimensions are to be taken from the face of the part unless otherwise specified.
 All dimensions are to be taken from the face of the part unless otherwise specified.
 All dimensions are to be taken from the face of the part unless otherwise specified.

RMS-ROSS CORPORATION
 Proprietary and Confidential
 The proprietary information contained in this drawing is the property of RMS-ROSS CORPORATION. Any reproduction, in part or in whole, without the prior written consent of RMS-ROSS CORPORATION is strictly prohibited.

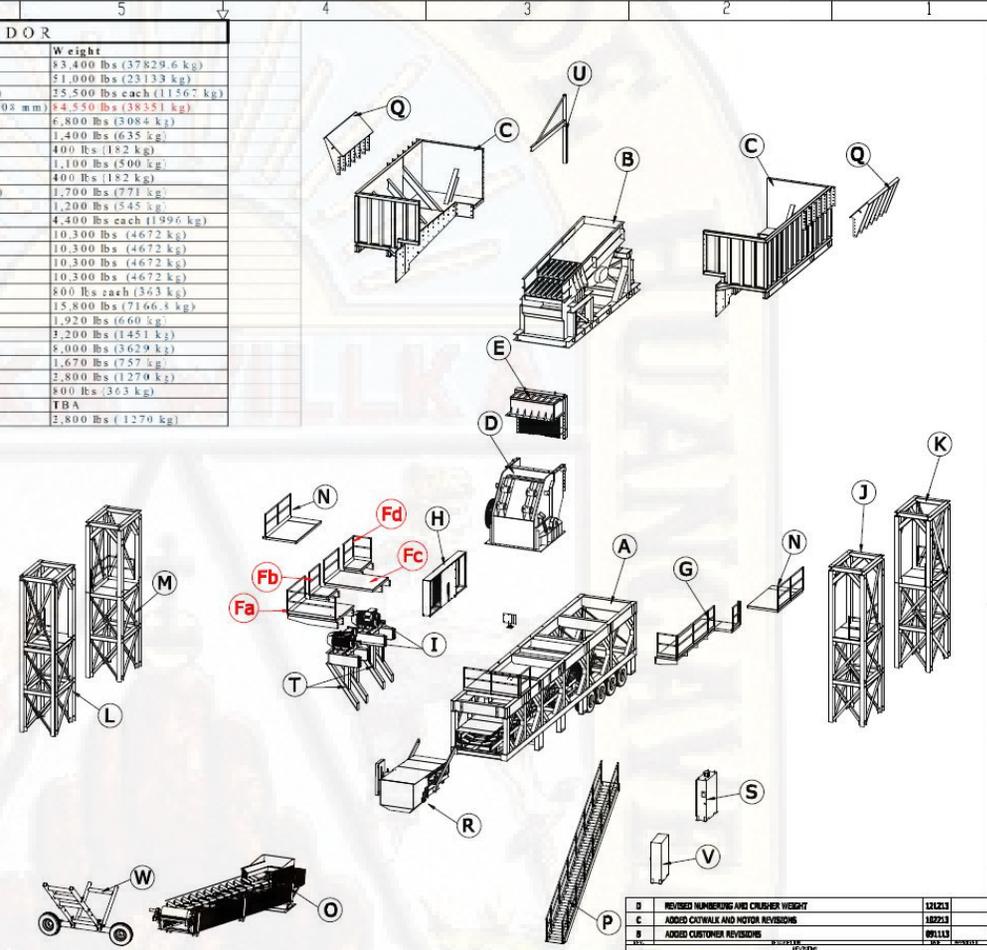
44325 Yale Rd West, Chilliwack, BC, Canada V2E 4E2
 Tel: (604) 792-5911 Fax: (604) 792-7148
 Email: info@rmsross.com Website: www.rmsross.com

RMS ROSS-LAFARGE-ECUADOR
IMPACTOR PLANT-SHIPING WEIGHTS

REVISED: 12/21/13
 C. NUMBER: 06/2013
 TITLE: RMS_LAFARGE_WT_1
 SHEET: 1 OF 1

ANEXO 2

JW JONES - RMS ROSS - LAFARGE - ECUADOR				
Quantity	Description	Dimensions	Weight	
A	1	Parable Chassis	9'3" W x 12'6" H x 55' L (2815 x 3810 x 16754 mm)	63,400 lbs (27829.6 kg)
B	1	Feeder Support Structure	9'2" W x 12' H x 28'2" L (2794 x 3658 x 8585 mm)	51,000 lbs (23133 kg)
C	2	Hopper	11' W x 10'10" H x 27'5" L (3553 x 3302 x 8458 mm)	25,500 lbs each (11567 kg)
D	1	Crusher	13'9" W x 115 3/4" H x 126 5/16" L (3531 x 2940 x 3208 mm)	94,550 lbs (38551 kg)
E	1	Crusher Hood	6'1" W x 7'8" H x 7'11" L (1854 x 2337 x 2413 mm)	6,800 lbs (3084 kg)
Fa	1	Walkway	4'6" W x 7'2" H x 8'6" L (1372 x 2185 x 2591 mm)	1,400 lbs (635 kg)
Fb	1	Walkway	4'6" W x 4'2" H x 3'4" L (1372 x 1270 x 1016 mm)	400 lbs (182 kg)
Fc	1	Walkway	4'6" W x 3'11" H x 8'6" L (1372 x 1804 x 2591 mm)	1,100 lbs (500 kg)
Fd	1	Walkway	4'6" W x 4'3" H x 3'4" L (1372 x 1296 x 1016 mm)	400 lbs (182 kg)
G	1	Walkway	6'9" W x 3'1" H x 17'10" L (2057.4 x 1548 x 5433 mm)	1,700 lbs (771 kg)
H	1	Safety Motor Guard	1'8" W x 5'9" H x 14'5" L (508 x 1753 x 4387 mm)	1,200 lbs (545 kg)
I	2	350 HP Motors	3' x 3' x 6'8" (914 x 914 x 2032 mm)	4,400 lbs each (1996 kg)
J	1	Support #1	7'11 1/2" x 5'11" x 25'2" (2426 x 1803 x 7671 mm)	10,300 lbs (4672 kg)
K	1	Support #2	7'11 1/2" x 5'11" x 25'2" (2426 x 1803 x 7671 mm)	10,300 lbs (4672 kg)
L	1	Support #3	7'11 1/2" x 5'11" x 25'2" (2426 x 1803 x 7671 mm)	10,300 lbs (4672 kg)
M	1	Support #4	7'11 1/2" x 5'11" x 25'2" (2426 x 1803 x 7671 mm)	10,300 lbs (4672 kg)
N	2	Walkway	5'9" x 2'1" x 9'10" (1775 x 1549 x 2937 mm)	800 lbs each (363 kg)
O	1	10' Conveyor	5' W x 4' H x 47' L (1524 x 1219 x 1194 mm)	15,800 lbs (7166.4 kg)
P	1	Stairs	3'0" W x 3'8" x 3'0" (922.4 x 1118 x 762 mm)	1,920 lbs (660 kg)
Q	2	Wings	12' x 6'5" x 2'2" (3658 x 1956 x 660 mm)	2,200 lbs (1451 kg)
R	1	Conveyor Head Section	16'4" x 7'8" x 4" (4978 x 2134 x 2540 mm)	8,000 lbs (3629 kg)
S	1	Hazetrenk	7'2" x 4'9" x 1" (2184 x 1448 x 584 mm)	1,670 lbs (757 kg)
T	2	Motor Mount	5'6" x 4'-2" x 9'3" (1676 x 1270 x 2819 mm)	2,800 lbs (1270 kg)
U	1	Jib Crane	13'8" x 11' x 12" (4.66 x 3153 x 3658 mm)	800 lbs (363 kg)
V	1	Starter Panels	TBA	TBA
W	1	Radial Conveyor axle	1'2'3" x 5'9" x 16'6" (3734 x 1143 x 5029 mm)	2,800 lbs (1270 kg)



D	REVISED NUMBERING AND CRUSHER WEIGHT	12/2/13
C	ADDED CATALWALK AND MOTOR REVISIONS	10/22/13
B	ADDED CUSTOMER REVISIONS	09/11/13

Dimensions and Tolerances
 Dimensions in inches.
 1/16" = .0625"
 1/8" = .125"
 1/4" = .250"
 3/8" = .375"
 1/2" = .500"
 5/8" = .625"
 3/4" = .750"
 7/8" = .875"
 1" = 1.000"
 1 1/8" = 1.125"
 1 1/4" = 1.250"
 1 1/2" = 1.500"
 1 3/4" = 1.750"
 2" = 2.000"
 2 1/4" = 2.500"
 2 1/2" = 2.625"
 2 3/4" = 2.750"
 3" = 3.000"
 3 1/4" = 3.375"
 3 1/2" = 3.500"
 3 3/4" = 3.625"
 4" = 4.000"
 4 1/4" = 4.375"
 4 1/2" = 4.500"
 4 3/4" = 4.625"
 5" = 5.000"
 5 1/4" = 5.375"
 5 1/2" = 5.500"
 5 3/4" = 5.625"
 6" = 6.000"
 6 1/4" = 6.375"
 6 1/2" = 6.500"
 6 3/4" = 6.625"
 7" = 7.000"
 7 1/4" = 7.375"
 7 1/2" = 7.500"
 7 3/4" = 7.625"
 8" = 8.000"
 8 1/4" = 8.375"
 8 1/2" = 8.500"
 8 3/4" = 8.625"
 9" = 9.000"
 9 1/4" = 9.375"
 9 1/2" = 9.500"
 9 3/4" = 9.625"
 10" = 10.000"
 10 1/4" = 10.375"
 10 1/2" = 10.500"
 10 3/4" = 10.625"
 11" = 11.000"
 11 1/4" = 11.375"
 11 1/2" = 11.500"
 11 3/4" = 11.625"
 12" = 12.000"
 12 1/4" = 12.375"
 12 1/2" = 12.500"
 12 3/4" = 12.625"
 13" = 13.000"
 13 1/4" = 13.375"
 13 1/2" = 13.500"
 13 3/4" = 13.625"
 14" = 14.000"
 14 1/4" = 14.375"
 14 1/2" = 14.500"
 14 3/4" = 14.625"
 15" = 15.000"
 15 1/4" = 15.375"
 15 1/2" = 15.500"
 15 3/4" = 15.625"
 16" = 16.000"
 16 1/4" = 16.375"
 16 1/2" = 16.500"
 16 3/4" = 16.625"
 17" = 17.000"
 17 1/4" = 17.375"
 17 1/2" = 17.500"
 17 3/4" = 17.625"
 18" = 18.000"
 18 1/4" = 18.375"
 18 1/2" = 18.500"
 18 3/4" = 18.625"
 19" = 19.000"
 19 1/4" = 19.375"
 19 1/2" = 19.500"
 19 3/4" = 19.625"
 20" = 20.000"
 20 1/4" = 20.375"
 20 1/2" = 20.500"
 20 3/4" = 20.625"
 21" = 21.000"
 21 1/4" = 21.375"
 21 1/2" = 21.500"
 21 3/4" = 21.625"
 22" = 22.000"
 22 1/4" = 22.375"
 22 1/2" = 22.500"
 22 3/4" = 22.625"
 23" = 23.000"
 23 1/4" = 23.375"
 23 1/2" = 23.500"
 23 3/4" = 23.625"
 24" = 24.000"
 24 1/4" = 24.375"
 24 1/2" = 24.500"
 24 3/4" = 24.625"
 25" = 25.000"
 25 1/4" = 25.375"
 25 1/2" = 25.500"
 25 3/4" = 25.625"
 26" = 26.000"
 26 1/4" = 26.375"
 26 1/2" = 26.500"
 26 3/4" = 26.625"
 27" = 27.000"
 27 1/4" = 27.375"
 27 1/2" = 27.500"
 27 3/4" = 27.625"
 28" = 28.000"
 28 1/4" = 28.375"
 28 1/2" = 28.500"
 28 3/4" = 28.625"
 29" = 29.000"
 29 1/4" = 29.375"
 29 1/2" = 29.500"
 29 3/4" = 29.625"
 30" = 30.000"
 30 1/4" = 30.375"
 30 1/2" = 30.500"
 30 3/4" = 30.625"
 31" = 31.000"
 31 1/4" = 31.375"
 31 1/2" = 31.500"
 31 3/4" = 31.625"
 32" = 32.000"
 32 1/4" = 32.375"
 32 1/2" = 32.500"
 32 3/4" = 32.625"
 33" = 33.000"
 33 1/4" = 33.375"
 33 1/2" = 33.500"
 33 3/4" = 33.625"
 34" = 34.000"
 34 1/4" = 34.375"
 34 1/2" = 34.500"
 34 3/4" = 34.625"
 35" = 35.000"
 35 1/4" = 35.375"
 35 1/2" = 35.500"
 35 3/4" = 35.625"
 36" = 36.000"
 36 1/4" = 36.375"
 36 1/2" = 36.500"
 36 3/4" = 36.625"
 37" = 37.000"
 37 1/4" = 37.375"
 37 1/2" = 37.500"
 37 3/4" = 37.625"
 38" = 38.000"
 38 1/4" = 38.375"
 38 1/2" = 38.500"
 38 3/4" = 38.625"
 39" = 39.000"
 39 1/4" = 39.375"
 39 1/2" = 39.500"
 39 3/4" = 39.625"
 40" = 40.000"
 40 1/4" = 40.375"
 40 1/2" = 40.500"
 40 3/4" = 40.625"
 41" = 41.000"
 41 1/4" = 41.375"
 41 1/2" = 41.500"
 41 3/4" = 41.625"
 42" = 42.000"
 42 1/4" = 42.375"
 42 1/2" = 42.500"
 42 3/4" = 42.625"
 43" = 43.000"
 43 1/4" = 43.375"
 43 1/2" = 43.500"
 43 3/4" = 43.625"
 44" = 44.000"
 44 1/4" = 44.375"
 44 1/2" = 44.500"
 44 3/4" = 44.625"
 45" = 45.000"
 45 1/4" = 45.375"
 45 1/2" = 45.500"
 45 3/4" = 45.625"
 46" = 46.000"
 46 1/4" = 46.375"
 46 1/2" = 46.500"
 46 3/4" = 46.625"
 47" = 47.000"
 47 1/4" = 47.375"
 47 1/2" = 47.500"
 47 3/4" = 47.625"
 48" = 48.000"
 48 1/4" = 48.375"
 48 1/2" = 48.500"
 48 3/4" = 48.625"
 49" = 49.000"
 49 1/4" = 49.375"
 49 1/2" = 49.500"
 49 3/4" = 49.625"
 50" = 50.000"
 50 1/4" = 50.375"
 50 1/2" = 50.500"
 50 3/4" = 50.625"
 51" = 51.000"
 51 1/4" = 51.375"
 51 1/2" = 51.500"
 51 3/4" = 51.625"
 52" = 52.000"
 52 1/4" = 52.375"
 52 1/2" = 52.500"
 52 3/4" = 52.625"
 53" = 53.000"
 53 1/4" = 53.375"
 53 1/2" = 53.500"
 53 3/4" = 53.625"
 54" = 54.000"
 54 1/4" = 54.375"
 54 1/2" = 54.500"
 54 3/4" = 54.625"
 55" = 55.000"
 55 1/4" = 55.375"
 55 1/2" = 55.500"
 55 3/4" = 55.625"
 56" = 56.000"
 56 1/4" = 56.375"
 56 1/2" = 56.500"
 56 3/4" = 56.625"
 57" = 57.000"
 57 1/4" = 57.375"
 57 1/2" = 57.500"
 57 3/4" = 57.625"
 58" = 58.000"
 58 1/4" = 58.375"
 58 1/2" = 58.500"
 58 3/4" = 58.625"
 59" = 59.000"
 59 1/4" = 59.375"
 59 1/2" = 59.500"
 59 3/4" = 59.625"
 60" = 60.000"
 60 1/4" = 60.375"
 60 1/2" = 60.500"
 60 3/4" = 60.625"
 61" = 61.000"
 61 1/4" = 61.375"
 61 1/2" = 61.500"
 61 3/4" = 61.625"
 62" = 62.000"
 62 1/4" = 62.375"
 62 1/2" = 62.500"
 62 3/4" = 62.625"
 63" = 63.000"
 63 1/4" = 63.375"
 63 1/2" = 63.500"
 63 3/4" = 63.625"
 64" = 64.000"
 64 1/4" = 64.375"
 64 1/2" = 64.500"
 64 3/4" = 64.625"
 65" = 65.000"
 65 1/4" = 65.375"
 65 1/2" = 65.500"
 65 3/4" = 65.625"
 66" = 66.000"
 66 1/4" = 66.375"
 66 1/2" = 66.500"
 66 3/4" = 66.625"
 67" = 67.000"
 67 1/4" = 67.375"
 67 1/2" = 67.500"
 67 3/4" = 67.625"
 68" = 68.000"
 68 1/4" = 68.375"
 68 1/2" = 68.500"
 68 3/4" = 68.625"
 69" = 69.000"
 69 1/4" = 69.375"
 69 1/2" = 69.500"
 69 3/4" = 69.625"
 70" = 70.000"
 70 1/4" = 70.375"
 70 1/2" = 70.500"
 70 3/4" = 70.625"
 71" = 71.000"
 71 1/4" = 71.375"
 71 1/2" = 71.500"
 71 3/4" = 71.625"
 72" = 72.000"
 72 1/4" = 72.375"
 72 1/2" = 72.500"
 72 3/4" = 72.625"
 73" = 73.000"
 73 1/4" = 73.375"
 73 1/2" = 73.500"
 73 3/4" = 73.625"
 74" = 74.000"
 74 1/4" = 74.375"
 74 1/2" = 74.500"
 74 3/4" = 74.625"
 75" = 75.000"
 75 1/4" = 75.375"
 75 1/2" = 75.500"
 75 3/4" = 75.625"
 76" = 76.000"
 76 1/4" = 76.375"
 76 1/2" = 76.500"
 76 3/4" = 76.625"
 77" = 77.000"
 77 1/4" = 77.375"
 77 1/2" = 77.500"
 77 3/4" = 77.625"
 78" = 78.000"
 78 1/4" = 78.375"
 78 1/2" = 78.500"
 78 3/4" = 78.625"
 79" = 79.000"
 79 1/4" = 79.375"
 79 1/2" = 79.500"
 79 3/4" = 79.625"
 80" = 80.000"
 80 1/4" = 80.375"
 80 1/2" = 80.500"
 80 3/4" = 80.625"
 81" = 81.000"
 81 1/4" = 81.375"
 81 1/2" = 81.500"
 81 3/4" = 81.625"
 82" = 82.000"
 82 1/4" = 82.375"
 82 1/2" = 82.500"
 82 3/4" = 82.625"
 83" = 83.000"
 83 1/4" = 83.375"
 83 1/2" = 83.500"
 83 3/4" = 83.625"
 84" = 84.000"
 84 1/4" = 84.375"
 84 1/2" = 84.500"
 84 3/4" = 84.625"
 85" = 85.000"
 85 1/4" = 85.375"
 85 1/2" = 85.500"
 85 3/4" = 85.625"
 86" = 86.000"
 86 1/4" = 86.375"
 86 1/2" = 86.500"
 86 3/4" = 86.625"
 87" = 87.000"
 87 1/4" = 87.375"
 87 1/2" = 87.500"
 87 3/4" = 87.625"
 88" = 88.000"
 88 1/4" = 88.375"
 88 1/2" = 88.500"
 88 3/4" = 88.625"
 89" = 89.000"
 89 1/4" = 89.375"
 89 1/2" = 89.500"
 89 3/4" = 89.625"
 90" = 90.000"
 90 1/4" = 90.375"
 90 1/2" = 90.500"
 90 3/4" = 90.625"
 91" = 91.000"
 91 1/4" = 91.375"
 91 1/2" = 91.500"
 91 3/4" = 91.625"
 92" = 92.000"
 92 1/4" = 92.375"
 92 1/2" = 92.500"
 92 3/4" = 92.625"
 93" = 93.000"
 93 1/4" = 93.375"
 93 1/2" = 93.500"
 93 3/4" = 93.625"
 94" = 94.000"
 94 1/4" = 94.375"
 94 1/2" = 94.500"
 94 3/4" = 94.625"
 95" = 95.000"
 95 1/4" = 95.375"
 95 1/2" = 95.500"
 95 3/4" = 95.625"
 96" = 96.000"
 96 1/4" = 96.375"
 96 1/2" = 96.500"
 96 3/4" = 96.625"
 97" = 97.000"
 97 1/4" = 97.375"
 97 1/2" = 97.500"
 97 3/4" = 97.625"
 98" = 98.000"
 98 1/4" = 98.375"
 98 1/2" = 98.500"
 98 3/4" = 98.625"
 99" = 99.000"
 99 1/4" = 99.375"
 99 1/2" = 99.500"
 99 3/4" = 99.625"
 100" = 100.000"
 100 1/4" = 100.375"
 100 1/2" = 100.500"
 100 3/4" = 100.625"

RMS-ROSS CORPORATION
 Proprietary and Confidential
 The proprietary information contained in this drawing is the property of RMS-ROSS CORPORATION. Any reproduction, in part or in whole, without the written consent of RMS-ROSS CORPORATION is strictly prohibited.

44325 Vale Rd West, Chilliwack, BC, Canada V2B 4E2
 Tel: (604) 792-8911 Fax: (604) 792-7148
 Email: info@rmsross.com Website: www.rmsross.com

RMS ROSS-LAFARGE-ECUADOR
IMPACTOR PLANT-SHIPING WEIGHTS

REVISED: 12/2/13
 SHEET NO: 1 OF 1

ANEXO 3

CONCESIÓN SELVA ALEGRE

MODELO DE SECUENCIA DE EXPLOTACION

Elaborado por: Jefe de Cantera, Concesión Selva Alegre

Noviembre 2017

Diseños extraídos de DATA MINE®

1. Vista general de la cantera



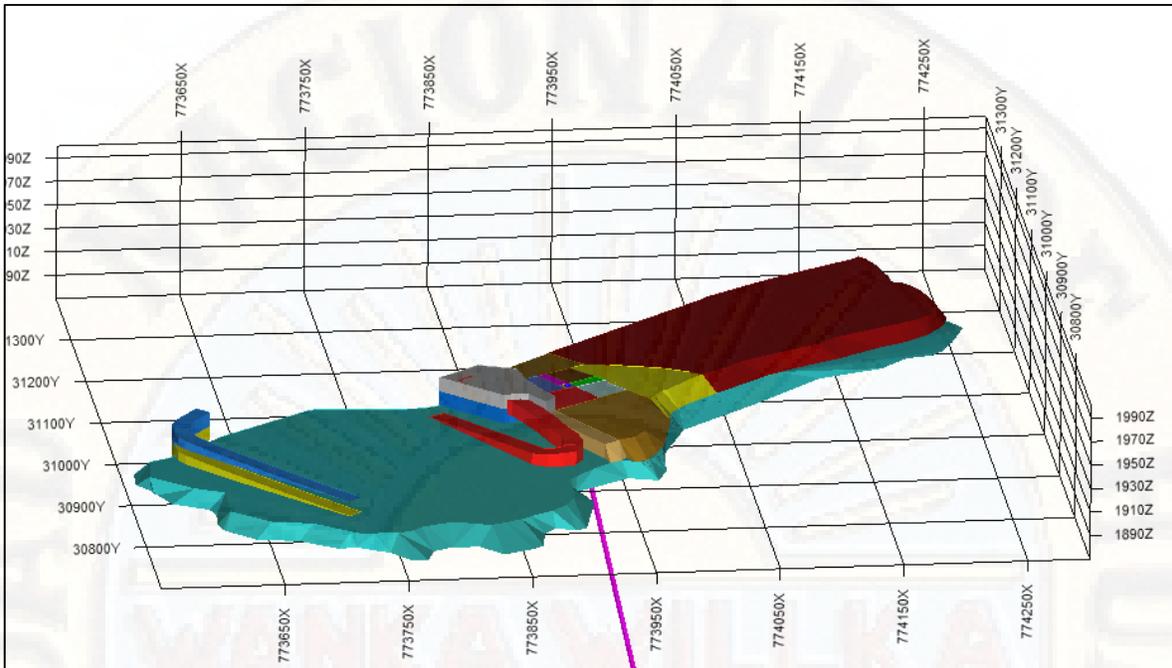
Plataforma de explotación nivel 1906

Talud

Nivel 1600

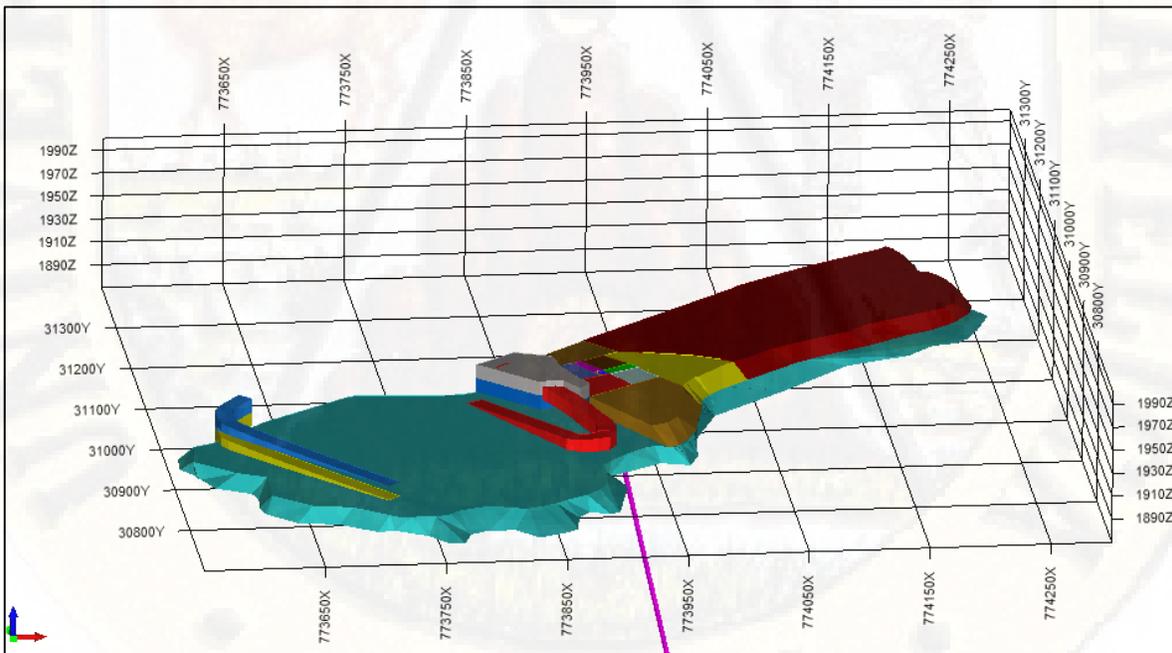
SECUENCIA

ESTADO DE PLATAFORMA DE EXPLOTACIÓN PREVIO A VOLADURAS DE ACERCAMIENTO A ZONA DE INTERÉS:



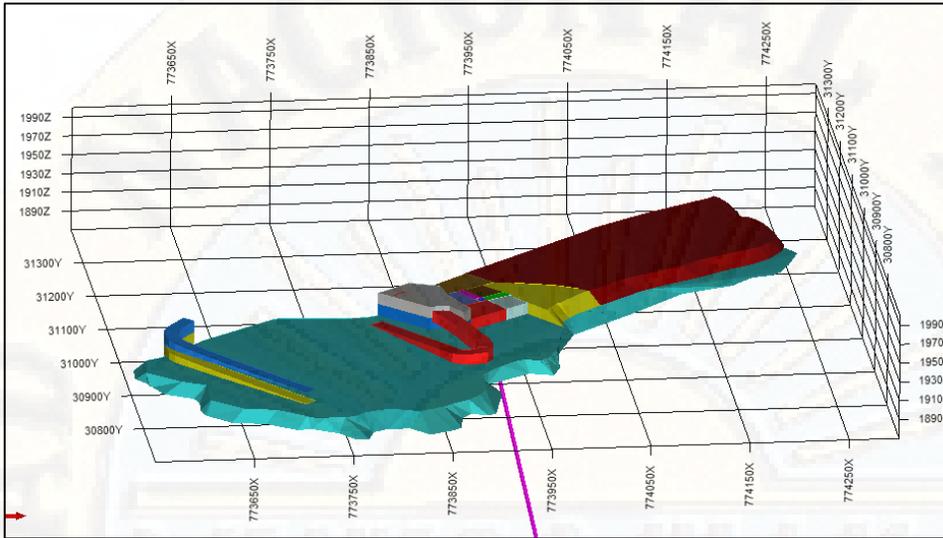
Código 11 nivel 1896, C1 Centro

Eliminación de primer bloque de voladura de acercamiento 16328 m3, 35921 ton



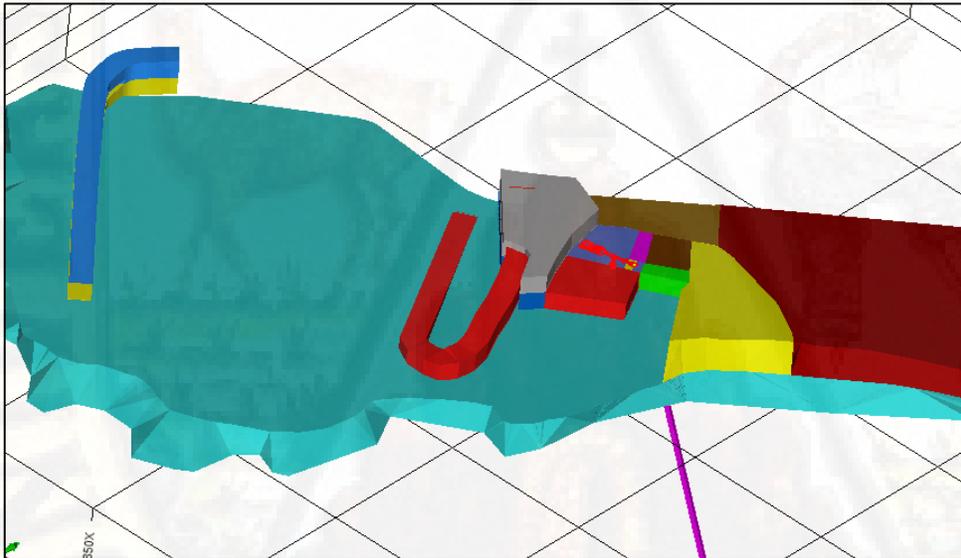
Código 12, nivel 1896, C2 Centro

Eliminación de segundo bloque de voladura de acercamiento 76494 m³, 168287 ton



Código 13, nivel 1896, VC8 voladura controlada

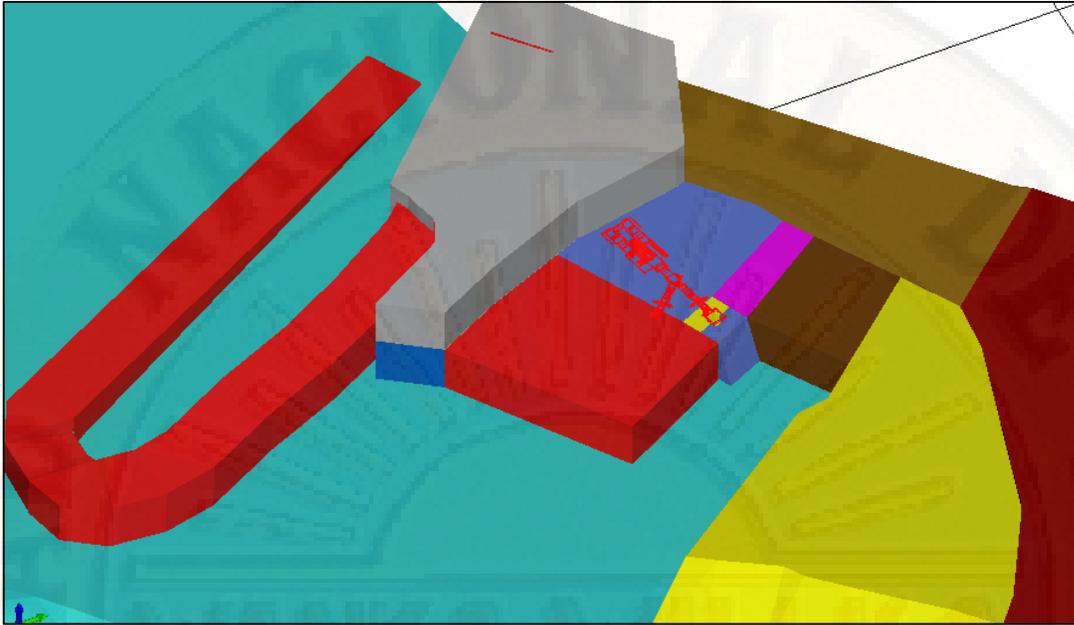
10166 m³, 22365 ton



Código 14, nivel 1896, VC3 voladura de contorno

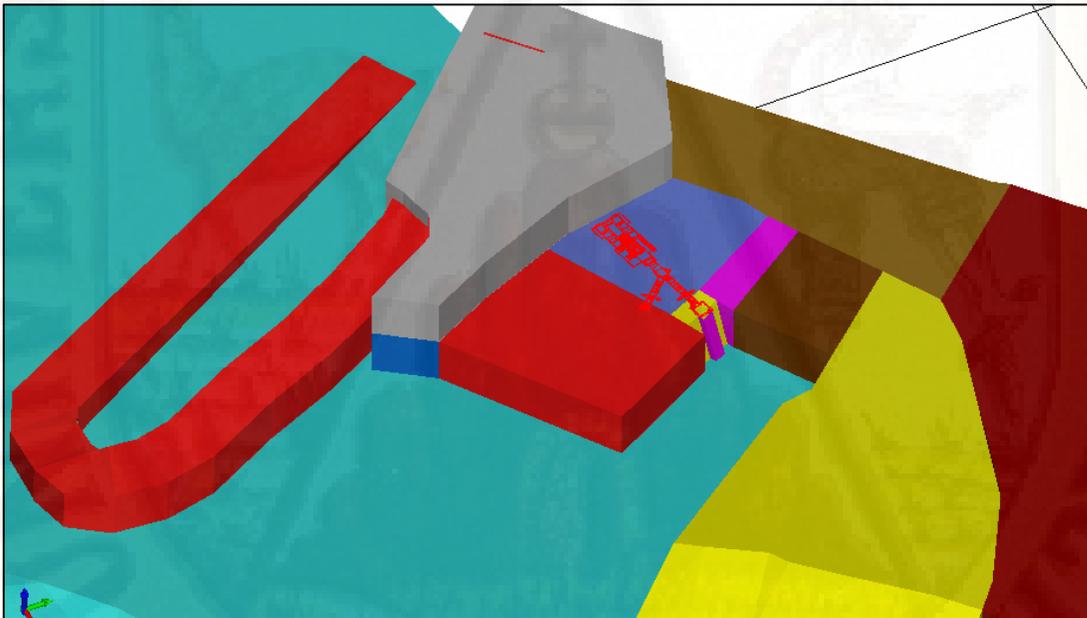
3552 m³, 7816 ton

Acercamiento de bloque Código 14, nivel 1896, VC3 voladura controlada



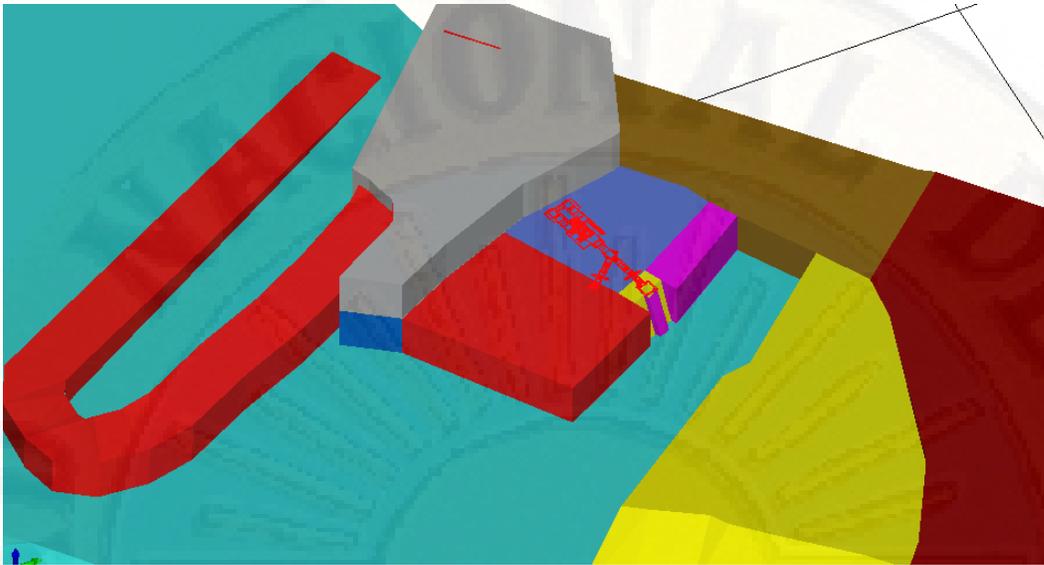
Código 15, SCRAPPER 1

Uso de fresadora para retirar material de los contornos de la boca de alimentación al pique.



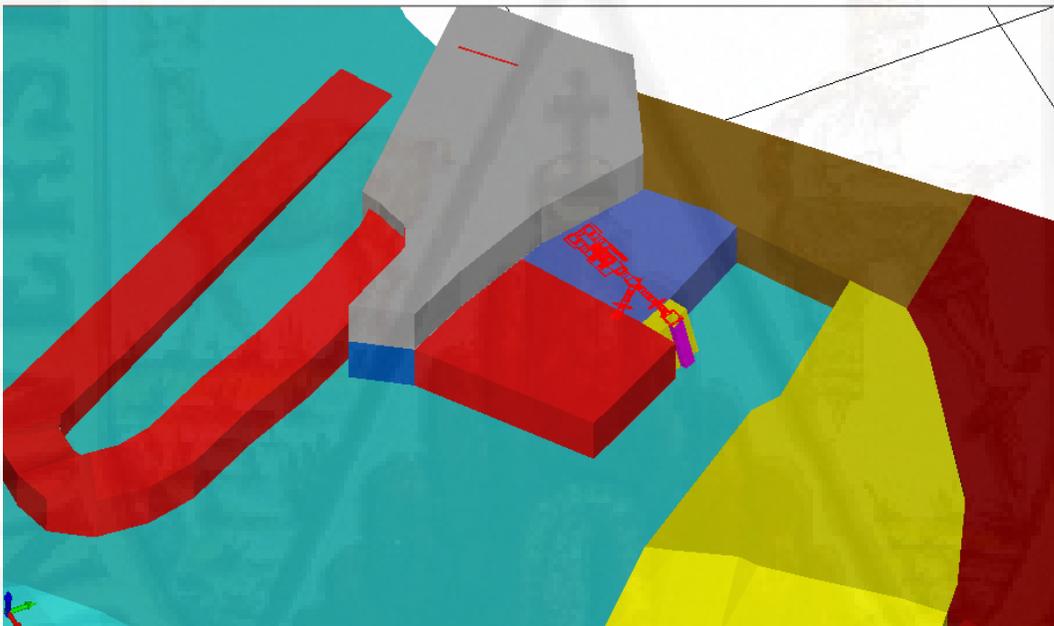
Código 16, nivel 1896, VC4 voladura controlada

8354 m3, 18379 ton



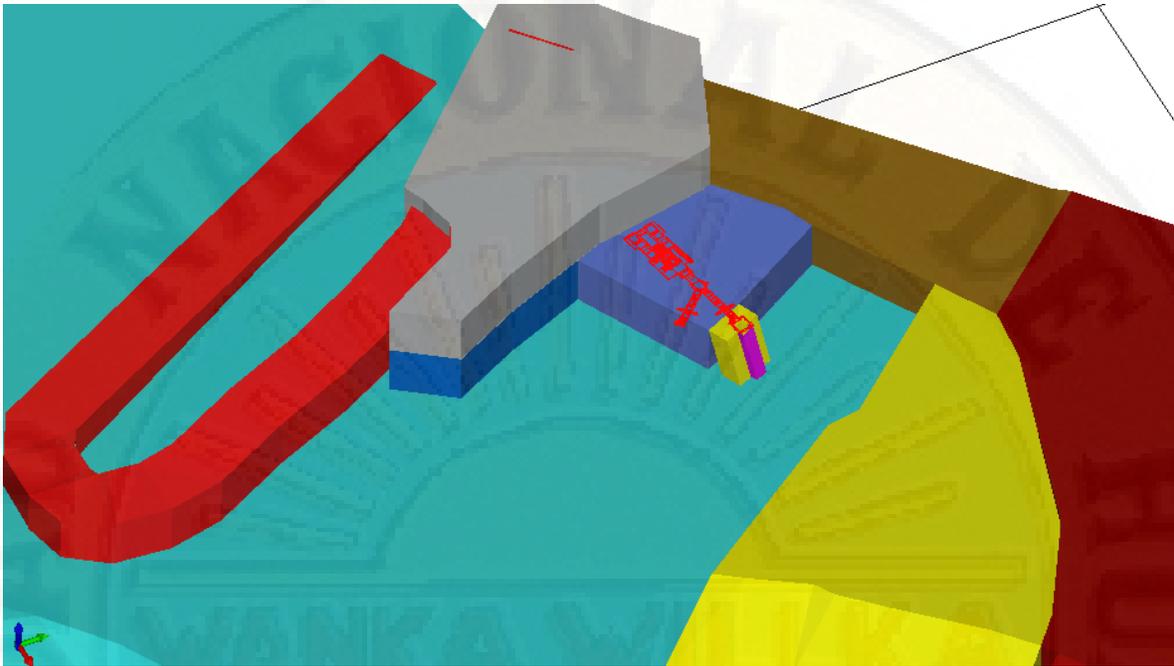
Código 17, nivel 1896, VC5 voladura controlada

3077 m3, 6769 ton

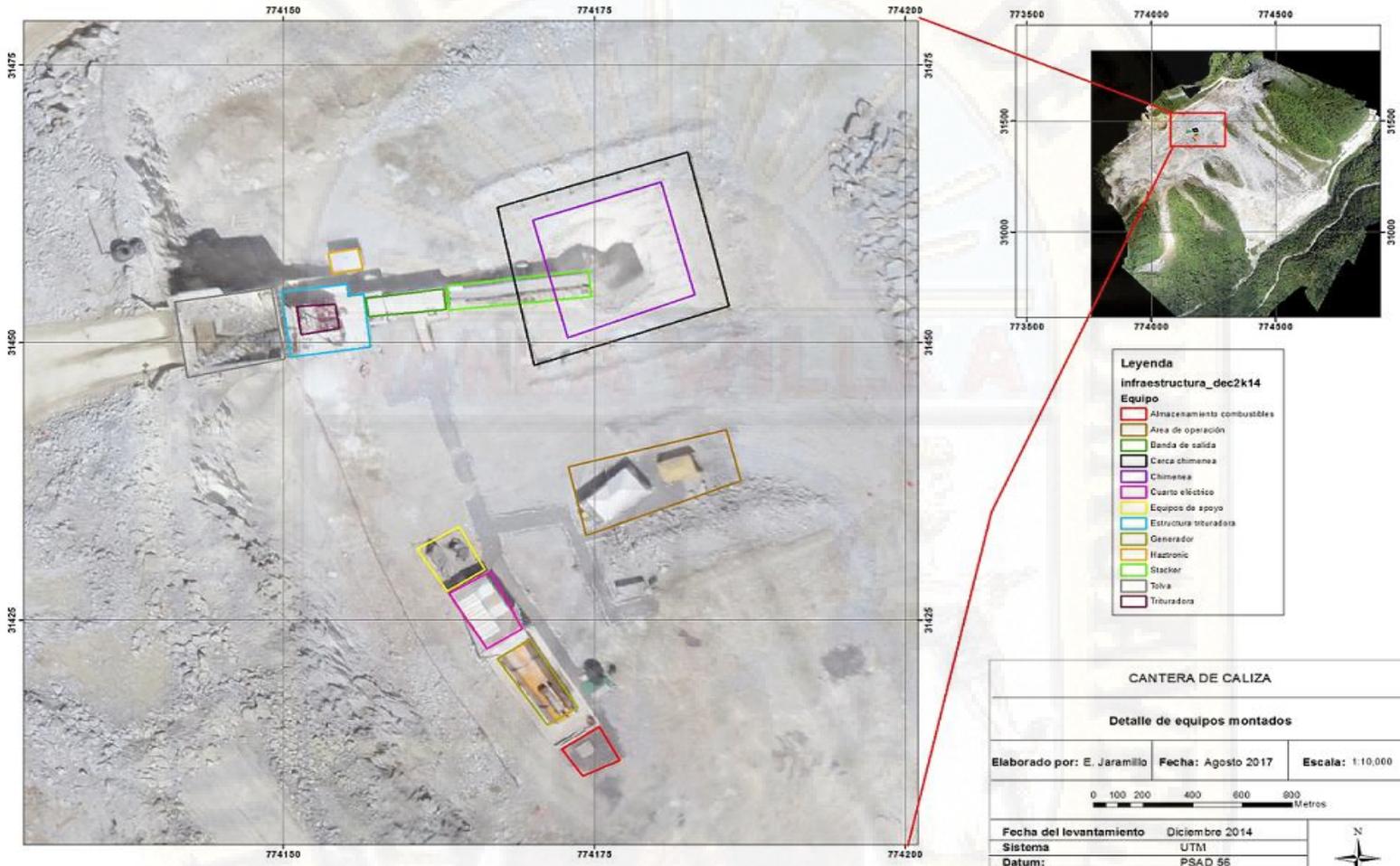


Código 18, nivel 1896, VC7 voladura controlada

19288 m3, 42434 ton



Jefatura de Cantera. IV. Nov 2017



- Legenda**
infraestructura_dec2k14
Equipo
- Almacenamiento combustibles
 - Area de operación
 - Banda de salida
 - Carca chimenea
 - Chimenea
 - Cuarto eléctrico
 - Equipos de apoyo
 - Estructura trituradora
 - Generador
 - Haztronic
 - Stackler
 - Tolva
 - Trituradora

CANTERA DE CALIZA		
Detalle de equipos montados		
Elaborado por: E. Jaramillo	Fecha: Agosto 2017	Escala: 1:10,000
Fecha del levantamiento	Diciembre 2014	
Sistema	UTM	
Datum:	PSAD 56	
Zona:	17 N	

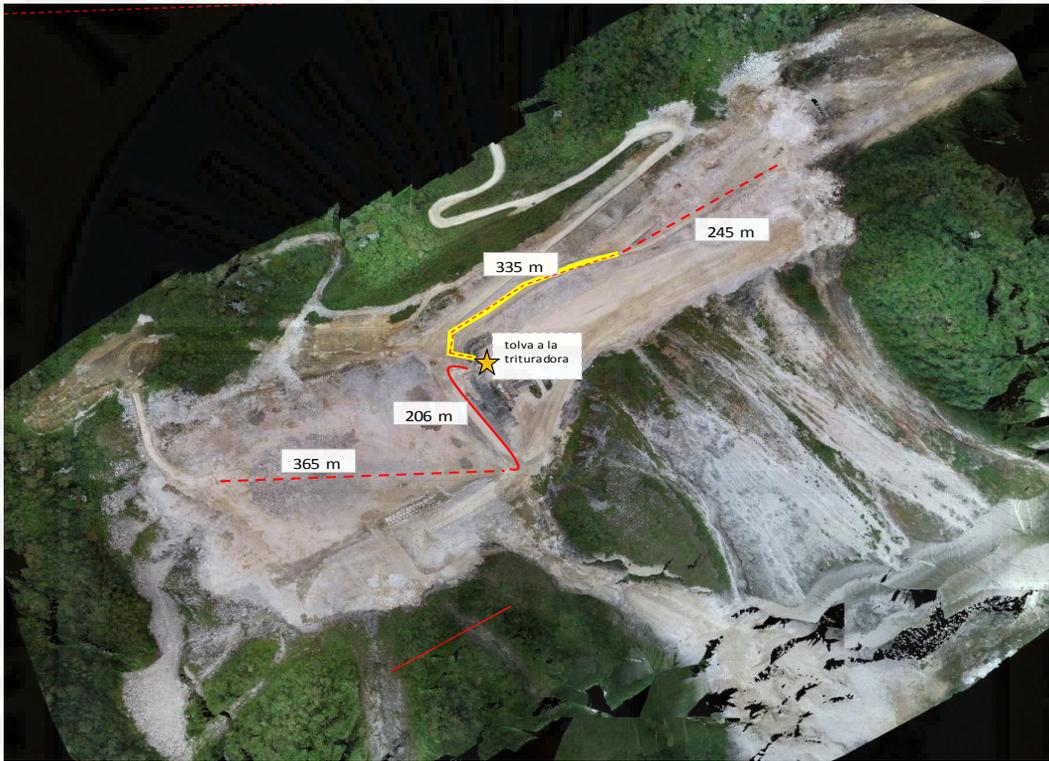
Día cero (D0) es el inicio de la movilización de la trituradora

actividad			mes -6	mes -5	mes -4	mes -3	mes -2	mes -1
preparación de plataforma de acceso, trincheras de acceso	ref.	D0 -6 MESES						
determinación de los diseños de voladura controlada		D0 -6 MESES						
aprobación de los diseños de voladura controlada		D0 -6 MESES						
gestionar contrato de ejecución de voladuras controladas		D0 -6 MESES						
gestionar contrato para desbaste de las paredes del pique con fresadora		D0 -5 MESES						
generación de la información técnica, planos de la trituradora y sus estructuras, energía y obra civil		D0 -5 MESES						
aprobación de la información técnica		D0 -4 MESES						
gestionar contrato de ejecución de obras civiles, mecánicas y eléctricas		D0 -4 MESES						
preparación de plataforma de la nueva locación de equipos e instalaciones accesorias	ref. realización de voladuras controladas	D0 -4 MESES						
reforzamiento de la pared de soporte de la tolva	ref Fotografía xxxx, instalar ernso de anclaje y malla de sostenimiento	D0 -3 MESES						
desbaste, perfilación y estabilización de la pared del pique	ref. Uso de fresadora	D0 -3 MESES						
reforzamiento de los contornos del pique reconformado	ref. instalar pernos de anclaje en la base	D0 - 2 MESES						
instalación de plataforma de descarga de dumpers y topes de seguridad	ref. Fotografía	D0 - 2 MESES						
preparación de suelo para las obras civiles	nivelación del suelo y determinación de los puntos de instalación de cimientos y plataformas de equipos, tableros, cuartos de control, etc	D0 - 2 MESES						
instalación de replantillos	ref.	D0 - 1,5 MESES						
construcción de cimientos de la estructura de la trituradora y bandas	ref.	D0 - 1,5 MESES						
construcción de plataformas de hormigón	cuarto de control	D0 - 1,5 MESES						
	generador	D0 - 1,5 MESES						

ANEXO 6

DISTANCIAS ACTUALES DE TRANSPORTE DE CALIZA DESDE LOS FRENTES DE EXPLOTACIÓN

A ABRIL 2019



RUTA SW:

Vía de ascenso al nivel de la tolva de la trituradora: 206 m

Distancia más larga: 365 m desde el frente más lejano a la base de la vía de ascenso

La línea roja continua es la distancia con la cual se ha determinado los ciclos y velocidad de los dumpers, distancia total: 390 m desde el frente de carga a la tolva de la trituradora

RUTA NE:

Vía de ascenso al nivel de la tolva de la trituradora: 335 m

Distancia más larga: 245 m desde el frente más lejano a la base de la vía de ascenso.