



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**

Método de extracción por bancos descendentes para optimizar la producción de agregados  
en la Cantera La Tuna Blanca, Santa Cruz - Cajamarca

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniera De Minas**

**AUTORAS:**

Br. Huamán Vera Janet (ORCID 0000-0003-0288-1764)

Br. Quispe Santa Cruz Balmercy Coyani (ORCID 0000-0001-9272-4855)

**ASESOR:**

Mg. Gonzales Torres Jorge Omar (ORCID 0000-0002-4870-2402)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Evaluación de yacimientos minerales

Chiclayo – Perú

2019

## **Dedicatoria**

*Doy gracias a Dios por encaminar mi vida, por darme las fuerzas necesarias para alcanzar mis metas.*

*A mis padres, Alvita Vera Guevara y Ciro Huamán Becerra que son mi mayor fortaleza para seguir avanzando, sin ustedes no podría haber llegado hasta aquí, de ellos aprendí que la vida no es fácil que con empeño y perseverancia se puede alcanzar las metas propuestas, les agradezco inmensamente por estar conmigo en los momentos que más necesité de ustedes, a no rendirme ante las adversidades, que gracias a sus consejos me orientaron a seguir avanzando en esta dura pero no imposible carrera.*

*A mis hermanos Julio, Brayan y Kiarita, que me llenan con sus palabras de aliento diciéndome que yo soy su ejemplo a seguir.*

*Asimismo, agradecer a mi familia que de una u otra manera me apoyan, animándome a lograr mis objetivos.*

**Janet**

*A Dios, por su infinita bondad abriéndome caminos y oportunidades, sin dejarme sola en los momentos más difíciles, gracias por tu inmenso amor.*

*Me es grato dirigirme a ustedes mis padres queridos, Ysaac Quispe Puelles y Flor Santa Cruz Hernández, son ustedes quienes me encaminaron a un nuevo horizonte, sus esfuerzos son impresionantes y su amor para mi es invaluable, gracias a ustedes que me dieron su apoyo incondicional para seguir adelante sin dejarme vencer fácilmente, a pesar de las circunstancias complicadas que la vida te presenta a modo de prueba pero como familia lo hemos podido superar hasta llegar a la meta, los amo.*

*A mis queridos abuelitos Francisco y Celinda y mi pequeña hermanita Yardeni que son mi motivo para seguir avanzando cada día.*

*A mi hermana Somagceli que para mí es como mi segunda mamá, te agradezco por estar aportando buenas cosas en mi vida, que a pesar de la distancia está alentándome y aconsejándome, de diferentes modos ella ha sido una de esas piezas fundamentales en mi vida, recuerdo de ese día y las palabras que me dijo antes de elegir esta carrera profesional.*

**Balmercy Coyani**

## **Agradecimiento**

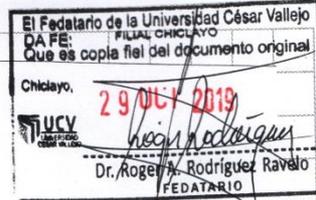
*A Dios, por accionar nuestras mentes permitiendo nuestro aprendizaje de cada día sin dejarnos solas en ningún momento.*

*A la universidad Cesar Vallejo, por darnos la oportunidad de formarnos como buenos profesionales, de haber aprendido dentro de su alma mater, salir y enseñar a los demás.*

*A la gerente de la cantera La Tuna Blanca, Mg. Milagro del Pilar Cotrina Romero, por proporcionarnos a nuestra petición la información confidencial de su empresa para de esta manera disertar nuestro enfoque señalado.*

*Gracias a nuestro asesor MSc. Ing. Jorge Omar Gonzales Torres por un engranaje de ideas loable compartiendo sus conocimientos para la elaboración de la presente investigación.*

***Las autoras***



ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Chiclayo, siendo las 10:00 horas del día 25 de octubre de 2019, de acuerdo a lo dispuesto por la Resolución de Dirección de Investigación N° 025 - 2019/UCV-CH, de fecha 24 de octubre, se procedió a dar inicio al acto protocolar de sustentación de la tesis "MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR BANCOS DESCENDENTES PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE AGREGADOS EN LA CANTERA LA TUNA BLANCA, SANTA CRUZ - CAJAMARCA", presentada por las Bachilleres: HUAMÁN VERA, JANET y QUISPE SANTA CRUZ, BALMERCY con la finalidad de obtener el Título de Ingeniera de Minas, ante el jurado evaluador conformado por los profesionales siguientes:

- Presidente: Mg. Orlando Alex Siccha Ruiz
- Secretario: Mg. Jorge Omar Gonzales Torres
- Vocal: Ing. Carla Milagros Mena Nevado

Concluida la sustentación y absueltas las preguntas efectuadas por los miembros del jurado se resuelve:

Aprobado por excelencia

Siendo las 11:00 horas del mismo día, se dió por concluido el acto de sustentación, procediendo a la firma de los miembros del jurado evaluador en señal de conformidad.

Chiclayo, 25 de octubre de 2019

  
Mg. Orlando Alex Siccha Ruiz  
Presidente

  
Mg. Jorge Omar Gonzales Torres  
Secretario

  
Ing. Carla Milagros Mena Nevado  
Vocal

## Declaratoria de autenticidad

Nosotras, Huamán Vera Janet, identificada con el DNI 76176317 y Quispe Santa Cruz Balmercy Coyani, identificada con el DNI 70029973, de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, autoras de la Tesis la cual lleva como título MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR BANCOS DESCENDENTES PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE AGREGADOS EN LA CANTERA LA TUNA BLANCA, SANTA CRUZ – CAJAMARCA, declaramos lo siguiente:

El contenido de esta tesis es original, es el resultado de trabajo diario, no ha sido imitado, se usaron ideas, formulaciones, imágenes, etc., propias de las autoras. Se ha empleado contenido importante el cual se ha extraído de libros e incluso de otros proyectos de tesis, los cuales han sido citados según los derechos del autor.

Considerando lo anterior, somos responsables de que el hecho de no respetar los derechos de autor y el hacer copia, es objeto de sanciones universitarias y/o legales, por lo que tomamos cualquier responsabilidad que pudiese haber con respecto a esta tesis.

De tal modo, nos hacemos responsables ante la Universidad o terceros, de cualquier anomalía que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado.

Chiclayo, 12 de julio del 2019



Bach. Huamán Vera Janet

DNI: 76176317



Bach. Quispe Santa Cruz Balmercy C.

DNI: 70029973

## Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iv
Página del jurado .....	v
Declaratoria de autenticidad .....	vi
Índice .....	vii
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT .....	xii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Realidad problemática .....	1
1.2. Trabajos previos.....	5
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	11
1.4. Formulación del problema .....	30
1.5. Justificación del estudio.....	31
1.6. Hipótesis .....	32
1.7. Objetivos .....	32
II. MÉTODO .....	33
2.1. Tipo y diseño de investigación .....	33
2.2. Operacionalización de variables .....	33
2.3. Población y muestra.....	36
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	36
2.5. Procedimiento .....	38
2.6. Método de análisis de datos .....	42
2.7. Aspectos éticos.....	42
III. RESULTADOS .....	44
IV. DISCUSIÓN.....	92
V. CONCLUSIONES .....	95
VI. RECOMENDACIONES .....	97
REFERENCIAS .....	98
ANEXOS.....	104

Acta de aprobación de originalidad de tesis .....	171
Reporte de Turnitin.....	172
Autorización de publicación de tesis en Repositorio Institucional UCV .....	173
Autorización de la versión final del trabajo de investigación .....	175

## Índice de tablas

<i>Tabla 1: Operacionalización de la variable independiente.</i> .....	34
<i>Tabla 2: Operacionalización de la variable dependiente.</i> .....	35
<i>Tabla 3: Descripción de la geología regional del área de estudio.</i> .....	44
<i>Tabla 4: Descripción de la geología local del área de estudio.</i> .....	45
<i>Tabla 5: Coordenadas de los vértices de la concesión minera La Tuna Blanca.</i> .....	45
<i>Tabla 6: Dimensionamiento de la concesión minera La Tuna Blanca.</i> .....	46
<i>Tabla 7: Coordenadas de ubicación de las estaciones geomecánicas del macizo rocoso.</i> ..	47
<i>Tabla 8: Resumen de cálculo del RQD del macizo rocoso.</i> .....	48
<i>Tabla 9: Resumen de cálculo del RMR del macizo rocoso.</i> .....	49
<i>Tabla 10: Resumen de cálculo del SMR del macizo rocoso.</i> .....	50
<i>Tabla 11: Clase de estabilidad según el SMR para el macizo rocoso.</i> .....	52
<i>Tabla 12: Observación del GSI del macizo rocoso.</i> .....	53
<i>Tabla 13: Comparación entre clasificaciones geomecánicas del macizo rocoso.</i> .....	53
<i>Tabla 14: Comparación de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio.</i> .....	57
<i>Tabla 15: Espesor promedio del estrato de arcilla arenosa.</i> .....	59
<i>Tabla 16: Espesor promedio del estrato de áridos.</i> .....	59
<i>Tabla 17: Espesor promedio para el estrato de arcilla arenosa.</i> .....	60
<i>Tabla 18: Espesor promedio del estrato de áridos.</i> .....	61
<i>Tabla 19: Resumen de los parámetros del diseño del método de extracción.</i> .....	69
<i>Tabla 20: Reporte de volúmenes de material a explotar en la cantera La Tuna Blanca.</i> ...	70
<i>Tabla 21: Producción (%) de la chancadora REXON 17405.</i> .....	71
<i>Tabla 22: Producción (%) de la chancadora REXON 17421.</i> .....	71
<i>Tabla 23: Producción diaria de agregados por cada chancadora.</i> .....	72
<i>Tabla 24: Ciclo del cargador frontal CAT 950H.</i> .....	72
<i>Tabla 25: Costos de mantenimiento del cargador frontal CAT 950H.</i> .....	81

<i>Tabla 26: Costos por petróleo, lubricantes y filtros del cargador frontal CAT 950H.</i>	82
<i>Tabla 27: Costos de operación del cargador frontal CAT 950H.</i>	82
<i>Tabla 28: Costos de mantenimiento del volquete FAMECA.</i>	84
<i>Tabla 29: Costos por petróleo, lubricantes y filtros del volquete FAMECA.</i>	85
<i>Tabla 30: Costos de operación del volquete FAMECA.</i>	85
<i>Tabla 31: Leyes y beneficios sociales para los trabajadores.</i>	86
<i>Tabla 32: Costos de mano de obra.</i>	87
<i>Tabla 33: Costos de mantenimiento de la maquinaria de chancado.</i>	89
<i>Tabla 34: Costos por petróleo, lubricantes y filtros de la maquinaria de chancado.</i>	89
<i>Tabla 35: Costos de operación de la maquinaria de chancado.</i>	90
<i>Tabla 36: Costos por hora de trabajo.</i>	90
<i>Tabla 37: Costos por metro cúbico de áridos.</i>	90
<i>Tabla 38: Productividad y precios de agregados por chancadora.</i>	91
<i>Tabla 39: Análisis económico de la producción de agregados.</i>	91
<i>Tabla 40: Análisis de rentabilidad del proyecto.</i>	91

### **Índice de figuras**

<i>Figura 1: Perfil estratigráfico N° 1 de la cantera La Tuna Blanca.</i>	58
<i>Figura 2: Perfil estratigráfico N° 2 de la cantera La Tuna Blanca.</i>	60
<i>Figura 3: Secciones del sólido de arcilla arenosa.</i>	62
<i>Figura 4: Secciones del sólido para áridos.</i>	63
<i>Figura 5: Plataformas de trabajo de la cantera La Tuna Blanca.</i>	65
<i>Figura 6: Geometría del banco de seguridad para la arcilla arenosa.</i>	67
<i>Figura 7: Geometría del banco de seguridad para la toba dacítica.</i>	68
<i>Figura 8: Ciclo de transporte desde el frente de explotación-botadero.</i>	74
<i>Figura 9: Ciclo de transporte desde el frente de explotación-chancado.</i>	77

## Índice de anexos

<i>Anexo 1: Matriz de consistencia.....</i>	<i>105</i>
<i>Anexo 2: Carta de aceptación de la Cantera La Tuna Blanca .....</i>	<i>106</i>
<i>Anexo 3: Validación de los instrumentos de recolección de datos .....</i>	<i>107</i>
<i>Anexo 4: Geología regional y local del área de estudio .....</i>	<i>108</i>
<i>Anexo 5: Levantamiento topográfico de la Cantera La Tuna Blanca.....</i>	<i>109</i>
<i>Anexo 6: Caracterización geomecánica del macizo rocoso.....</i>	<i>114</i>
<i>Anexo 7: Estimación de reservas de la Cantera La Tuna Blanca.....</i>	<i>130</i>
<i>Anexo 8: Diseño del método de extracción por bancos descendentes .....</i>	<i>131</i>
<i>Anexo 9: Estimación de costos de producción de la Cantera La Tuna Blanca .....</i>	<i>133</i>
<i>Anexo 10: Reporte de la estimación de reservas de la Cantera La Tuna Blanca.....</i>	<i>135</i>
<i>Anexo 11: Modelamiento 3D del diseño del método de extracción .....</i>	<i>139</i>
<i>Anexo 12: Reporte del volumen final de reservas a extraer en la Cantera.....</i>	<i>145</i>
<i>Anexo 13: Reporte de estimación de costos de producción de la Cantera .....</i>	<i>151</i>
<i>Anexo 14: Referencias fotográficas de la investigación .....</i>	<i>155</i>
<i>Anexo 15: Ubicación geográfica de la Cantera La Tuna Blanca.....</i>	<i>163</i>
<i>Anexo16: Topografía del área de producción de la Cantera La Tuna Blanca.....</i>	<i>164</i>
<i>Anexo17: Geología regional de la Cantera La Tuna Blanca.....</i>	<i>165</i>
<i>Anexo18: Geología local de la Cantera La Tuna Blanca .....</i>	<i>166</i>
<i>Anexo19: Modelo geológico de la Cantera La Tuna Blanca .....</i>	<i>167</i>
<i>Anexo20: Geometría de diseño (sur) de la Cantera La Tuna Blanca.....</i>	<i>168</i>
<i>Anexo21: Geometría de diseño (oeste - este) de la Cantera La Tuna Blanca .....</i>	<i>169</i>
<i>Anexo22: Topografía final de la explotación de la Cantera La Tuna Blanca .....</i>	<i>170</i>

## RESUMEN

El presente informe de investigación tuvo por finalidad proponer el método de extracción por bancos descendentes para optimizar la producción de agregados en la cantera La Tuna Blanca, Santa Cruz – Cajamarca. La investigación surgió de la observación de un problema vinculado con la baja producción de áridos debido a que la extracción se realizaba de manera artesanal y empírica; para dicha investigación se buscó trabajar con una muestra representada por el área de producción; utilizando como tipo de investigación el enfoque cuantitativo y diseño de investigación No experimental de tipo descriptivo propositivo. Asimismo, para el recojo de información se utilizó el método sistemático y de análisis documental; y técnicas de recolección de datos tales como la observación y entrevista; junto a instrumentos empleados como la guía de observación y guía de entrevista; además, se utilizó el software RecMin para el modelamiento en 3D de la cantera. Toda la metodología le da a este informe de investigación el respaldo, sustento y seriedad respectiva. Finalmente, se obtuvo como resultados los siguientes parámetros de diseño: Se han diseñado 13.5 niveles de explotación con una altura de banco de seguridad de 10 metros, un ancho de berma de 6.5 metros, un ángulo de talud de banco de 45° (arcilla) y 83° (áridos), así como un ángulo de talud de 31° (arcilla) y de 52° (áridos), todos estos resultados se presentan por medio de tablas enumeradas, cada una con sus respectivos análisis que contribuyeron a comprobar la hipótesis que con el método de extracción por bancos descendentes se puede optimizar la producción de agregados en la cantera La Tuna Blanca. Todo este trabajo permitió concluir que con un producción de 192 m<sup>3</sup>/diario se logrará una utilidad diaria de s/.1,570.08, mensual de s/.37,681.92, y anual de s/.452,183.04, con una vida útil de 235.9 años.

**Palabras clave:** Diseño de extracción, costos de producción, rentabilidad, reservas, caracterización geomecánica.

## ABSTRACT

The present investigation report had its own purpose. The extraction method of the descending banks to optimize the production of aggregates in the La Tuna Blanca quarry, Santa Cruz - Cajamarca. The investigation arose from the observation of a problem related to the low production of aggregates because the extraction is done in an artisanal and empirical way; for this research, we sought to work with a sample represented by the production area; use of the research type, the quantitative approach and the design of the non-experimental, descriptive, propositive research. Likewise, for the counting of information it is about the systematic method and the documentary analysis; and data collection techniques such as observation and interviewing; along with instruments such as the observation guide and interview guide; in addition, RecMin software for 3D modeling of the quarry. The entire methodology is based on a research report on the respective support, sustenance and seriousness. Finally, the following design parameters were obtained: 13.5 levels of exploitation have been designed with a safety bench height of 10 meters, a berm width of 6.5 meters, a bank angle of  $45^\circ$  (clay) and  $83^\circ$  (aggregates), as well as a slope angle of  $31^\circ$  (clay) and  $52^\circ$  (aggregates), all results are presented in the middle of the tables listed, each with its own clients. From the extraction of the descending banks, the production of aggregates in the La Tuna Blanca quarry can be optimized. All this work has a production of  $192 \text{ m}^3/\text{day}$ . It will achieve a daily profit of s/.1,570.08, monthly of s/.37,681.92, and annual of s/.452,183.04, with a useful life of 235.9 years.

**Keywords:** Extraction design, production costs, profitability, reserves, geomechanical characterization.

# **I. INTRODUCCIÓN**

## **1.1. Realidad problemática**

El crecimiento de los países ha dependido, en su mayoría, a las reservas de yacimientos minerales presentes en sus territorios y a la tecnología que han aplicado para los estudios de exploración, explotación y aprovechamiento de los minerales metálicos y no metálicos. Desde tiempos remotos, la actividad extractiva de minerales metálicos ha sido el principal objetivo de las empresas mineras y de los gobiernos, sin embargo, actualmente, los agregados son la materia prima que ha logrado obtener una mayor importancia en cuanto a su adquisición y comercialización, generando fuentes de trabajo directo e indirecto. Según Herrera (2016) la labor minera vinculada a los materiales de construcción es una de las operaciones más antiguas, la cual ha contribuido en el acrecentamiento y progreso en la construcción de viviendas y de la infraestructura vial para beneficio de la sociedad.

Colombia es considerado el décimo productor de agregados a nivel mundial. La revista Mundo Minero (2016) expresa que “Con una producción anual de 160 millones de toneladas no solo supera a países como Italia, Bélgica, España y Chile sino que convirtió a este subsector en el más prolífico del sector minero del país [...]” (p.20).

Sin embargo, en muchos países la creciente demanda de esta industria ha conllevado a la sobreexplotación de estos materiales, trayendo consigo una serie de impactos ambientales de gran magnitud y peligros para los trabajadores y para las poblaciones que se encuentran próximos a estas actividades; en Bolivia, por ejemplo, la explotación sin control de áridos ha traído graves consecuencias sobre el medio físico, biológico y social, tal como lo señala Chuquimia (2018) la explotación de áridos ha logrado afectar la irrigación de los cultivos debido a la modificación del curso y caudal de las aguas de los ríos tal como ha venido ocurriendo en Río Abajo, a la vez, ha generado inestabilidad en los taludes adyacentes al río lo que ha provocado condiciones de riesgo debido a los deslizamientos y derrumbes ocurridos principalmente en Juapina y Lipari; ha logrado afectar el abastecimiento de agua y ha generado un impacto sobre la seguridad alimentaria; la actividad ilegal ha interrumpido el flujo de agua en las cuencas lo que ha provocado la erosión de los suelos tal como ha venido ocurriendo en Hampaturi, Callapa y Chicani.

Por otro lado, la manera en cómo se lleva a cabo la extracción de materiales muchas veces no es la más óptima debido a que en muchas canteras no se elige un método de explotación adecuado que cumpla con los estándares de calidad establecidos, afectando no solo al medio físico sino también a las poblaciones aledañas. En el Norte de Cali, la explotación de canteras cerca a los centros poblados está afectando a la población debido a la polución y al ruido generado por las detonaciones de explosivos para arrancar el material, a la vez que produce el deterioro de las vías e inundaciones y los sistemas de alcantarillado producto del peso de la maquinaria (Periódico El País, 2015).

Una adecuada gestión y planificación para un eficiente sistema de extracción, sería una alternativa eficaz para tratar de mitigar dichos impactos durante la vida útil de la cantera. Toda empresa minera, metálica y no metálica debe contar con un método de extracción óptimo, que cumpla con estos 3 factores: Económico, ambiental y social. Otro claro ejemplo es el estudio realizado en la cantera Pacatón-Quito elaborado por Yáñez (2018) la cual indica que el principal problema en la cantera es que no se ha realizado estudios que permitan definir las reservas de material pétreo que está contenido en el yacimiento, tampoco se han realizado estudios de planificación y muchos menos de la elaboración de un diseño de un método de explotación, trayendo consigo una serie de impactos, siendo la causa principal los deslizamientos ocurridos en el frente de explotación, producto de la inestabilidad que se ha venido generando durante la extracción del material pétreo.

En el Perú, son muchas las canteras que se encuentran en proceso de formalización y no cuentan con un plan de minado que contemple las operaciones de extracción, carga, transporte y procesamiento del material; mientras que otras son aún ilegales y por lo tanto generan impactos negativos superiores. En octubre del 2014 fueron intervenidas cinco canteras en la zona Quebrada Cruz de Hueso del distrito de San Bartolo en Lima; Daniel Urresti, Alto Comisionado en Asuntos de Formalización de la Minería de la Presidencia del Consejo de Ministros, en ese entonces, indicó que la demanda de la construcción ha ocasionado que las personas busquen agregados para extraer y comercializar, ocurriendo no solo en Lima sino que se está expandiendo por todo el país; las personas ubican el lugar donde sacar el material y entonces llevan sus maquinarias y empiezan a explotar de manera desorganizada e irracional; también manifestó que esta actividad ilegal se está expandiendo por las provincias de Chiclayo, Ica y Nazca (Periódico Gestión, 2014).

Estas canteras se caracterizan por realizar sus actividades de manera desorganizada producto del desconocimiento de la normativa minera, el deficiente control por parte del estado y las instituciones así como de la falta de profesionales capacitados que orienten a los trabajadores y operarios a optimizar la producción con las técnicas y métodos adecuados que garanticen en todo momento la seguridad. En la cantera de dolomita Jajahuasi-Jauja, Castro (2015) observó que las actividades de carga y transporte se realizan utilizando un cargador frontal y un volquete durante un total de cuatro veces al mes; el material es destinado a una zona que no cuenta con especificaciones técnicas, estas operaciones originan producción mensual baja al no cumplir con la producción que se ha programado, originando problemas con la comercialización; por otro lado, la cantera no cuenta con una zona para el acopio del material; el material valioso es almacenado al pie del talud y el material estéril es almacenado a pocos metros más allá, ocasionando que no se cumpla con la normativa técnica y originando un desorden.

La carencia de un método de explotación origina una baja producción del material, contaminación física, biológica y socioeconómica; accidentes y enfermedades ocupacionales y problemas operacionales. En la tesis de Benito y Huamán (2014) manifiestan que en la cantera Santa Rosa 94-I C.C, del distrito de Llocllapampa, la explotación se realiza de manera empírica y de forma manual, lo que les hace estar expuestos a una serie de peligros que atentan contra la seguridad y la salud de los trabajadores pues realizan sus actividades en condiciones denigrantes; por otro lado, esta problemática ha generado que la cantera no cumpla con la producción requerida, ocasionando pérdidas económicas.

Con un adecuado diseño del método de explotación se mejoraría no solo la producción sino que se tendría un mayor control sobre los impactos ambientales y sociales que se puedan generar, así como brindar a los trabajadores un ambiente de trabajo más digno y seguro. Taype (2016) explica:

Con la extracción de los agregados, no solo es lograr abastecer de material al mercado, sino que deben cumplir los requisitos de calidad, por lo que en la extracción se debe evaluar el diseño de la explotación para controlar la demanda del mercado, asimismo las propiedades del agregado en óptimas condiciones para el uso en el concreto y el cuidado con el medio ambiente cuando se interactúe (p.21).

La cantera La Tuna Blanca se encuentra ubicada en el distrito de Santa Cruz, provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca, cuenta con una extensión de 100 hectáreas. Se dedica a la extracción y comercialización de materiales de construcción (piedra chancada ½”, piedra chancada ¾” y confitillo) con una producción diaria de 32 m<sup>3</sup>. La Cantera La Tuna Blanca realiza sus operaciones de extracción a cielo abierto de manera artesanal, manual y empírica; es decir no cuentan con un método de extracción, por lo cual se observa que las labores se realizan de forma desorganizada y sin ningún control, debido a la ausencia de capacitaciones, al desconocimiento de la normativa, la falta de personal autorizado y por la ausencia de la aplicación de tecnología, equipos y maquinaria, que aun contando con ella no la utilizan para beneficio de la empresa; evidenciándose una baja producción de materiales para lo que el mercado de la construcción y obras de ingeniería de la región requiere. Por otro lado, realizan sus labores sin protección lo cual les hace estar expuestos a una serie de peligros (especialmente por derrumbes y deslizamientos de rocas) y enfermedades ocupacionales (debido a la polución y al ruido generado por los equipos y maquinaria), lo que conlleva a pérdidas económicas, accidentes e incidentes y producción deficiente, como resultado de no contar con una gestión en seguridad eficiente. La seguridad y la salud laboral es una variable que mide la responsabilidad de la empresa minera hacia sus trabajadores enfocados a reducir el índice de riesgos para la salud y seguridad de los miembros que conforman la empresa a un nivel tan bajo como sea posible. Las operaciones de extracción consisten en arrancar la roca empleando barretas y picotas, luego de ello se empieza a fracturar la roca con ayuda de combas con la finalidad de disminuir su volumen. El material fragmentado es cargado con ayuda de palanas hacia las carretillas para luego ser transportados a las chancadoras y obtener el producto final.

Es por ello que se propone el diseño del método de extracción por bancos descendentes con la finalidad de optimizar la producción de agregados con los recursos humanos y materiales que cuenta la cantera, así como de mejorar las condiciones de sus trabajadores, prevenir accidentes, disminuir los riesgos laborales y evitar la contaminación, además de ser más competitiva en el mercado por tener un eficiente sistema de planificación y la mejora de la productividad en el trabajo, de tal manera que se modifique la forma de realizar la actividad aplicando un método de acuerdo a la geometría del macizo rocoso para mejorar la eficiencia con los mismos recursos e involucrar cambios tecnológicos, productivos y organizacionales en la empresa.

## **1.2. Trabajos previos**

### **1.2.1. A nivel internacional**

En primer lugar se tiene la tesis de YÁNEZ RAMOS, Duval Abraham (2018) denominado “Proyecto integrador: Diseño de explotación de la cantera Pacatón, ubicada en la parroquia San Sebastián, cantón Chimbo, provincia de Bolívar”, para optar el título de ingeniero de minas por la Universidad Central Del Ecuador. La investigación tuvo como objetivo diseñar de manera técnica y económica la explotación de materiales de construcción. Las principales conclusiones fueron: El yacimiento cuenta con un volumen de reservas de  $64.860 \text{ m}^3$ , las cuales fueron determinadas con el software RecMin; de acuerdo a ello, se ha determinado que la vida útil de la cantera es de aproximadamente 1.07 años. El método de extracción propuesto de acuerdo a las características del yacimiento es por bancos descendentes, con una producción diaria de  $260 \text{ m}^3$ ; los parámetros técnicos de diseño son: La cantera contará con una profundidad de 80 m y un ángulo de talud de banco de  $70^\circ$ ; se elaborarán 8 bancos con una altura de 10 m, un ancho de berma de 4 m y un ancho de plataforma de 16 m. Para el sistema de arranque, carga y transporte se utilizará una excavadora CAT-325B, una pala cargadora CAT-950GC y un volquete marca HINO-HG.

BERMEO CHIRIBOGA, Erika Belén (2017) en su investigación “Planeación minera para el diseño de explotación de la cantera de libre aprovechamiento de lastre Cochapamba código 10000164 del GAD Municipal del cantón Cuenca”, para optar el título de ingeniero de minas por la Universidad Del Azuay. El autor tuvo como objetivo diseñar el método de extracción a través de la recolección de información geológica y topográfica, así como de la calidad del basamento rocoso a través de un estudio geomecánico y ensayos de laboratorio. El autor concluye: De acuerdo al estudio geomecánico RMR, la roca es de tipo III. El método de explotación a aplicarse será por bancos descendentes, en el cual se diseñarán 7 bancos con una altura de 10 m, un banco con una altura de 5 m y un ángulo de banco de  $58^\circ$ ; las bermas de seguridad serán de 6.5 m y el factor de seguridad de talud propuesto es de 1.5. La cantera está proyectada con un tiempo de vida útil de 6 años, 7 meses y 24 días, con un volumen de reservas de  $997,445.13 \text{ m}^3$ . El sistema de minado será de tipo discontinuo (un tractor de orugas CAT D6D para el arranque, una excavadora CAT 320C-L para el carguío y 5 volquetes VOLVO FMX 400 6X4 para el transporte).

Se presenta el estudio de SIERRA NONTIEN, Diana Cristina (2017) denominada “Diseño y planeamiento minero para la Cantera de Muro de la Dos propiedad de Cementos Argos en el municipio de Nare–Antioquia”, para optar el título de ingeniero de minas por la Universidad Pedagógica Y Tecnológica De Colombia. El trabajo tuvo como objetivo diseñar e implementar un método para la explotación de la roca caliza, en la cual se contemple la extracción racional del yacimiento y la seguridad en cada fase del proyecto, debido a que la cantera no contaba con un estudio detallado de las características del macizo rocoso ni con un diseño de explotación. Las principales conclusiones fueron: Según la clasificación geomecánica RMR y RQD la roca es de tipo II, catalogada como roca dura, requiriendo de perforación y voladura para el arranque del material. Los ensayos de laboratorio para la determinación de las propiedades físicas y químicas del material indican que este presenta un porcentaje de humedad de 0.26%, un porcentaje de porosidad equivalente a 3.39%, presenta un peso específico de  $24.7 \text{ KN/m}^3$  y un porcentaje de saturación de 26.62%; de acuerdo a ello se ha determinado el factor de seguridad mediante el software slide 5.0, la cual es de 3.11. El sistema de extracción a aplicarse será por bancos descendentes, con un total de reservas de 423.600 toneladas de caliza.

El trabajo de investigación de SÁNCHEZ G., Naliesky N. (2016) denominado “Propuesta de un plan de explotación quinquenal 2016–2021 de la cantera de arcilla La Cabrera, de la empresa C.A., Fábrica Nacional De Cementos, S.A.C.A. Municipio Tomás Lander, estado Miranda”, para optar el título de ingeniero de minas por la Universidad Central De Venezuela. El objetivo principal de la tesis fue elaborar una propuesta de plan de explotación a corto plazo (5 años) a partir de la actualización topográfica de la cantera, dedicada a la extracción de arcillas, con la finalidad de proporcionar una extracción organizada y utilizando la tecnología adecuada. La investigación concluye: El autor propone extraer el material mediante el sistema de explotación por bancos descendentes, cuyo diseño técnico-operativo estará conformado por la elaboración de una berma de seguridad de 18.50 m, bancos con una altura de 8 m y un factor de seguridad de 1.5. El yacimiento cuenta con un volumen de 1,082,532.24 toneladas de reservas de material, cuyo sistema de minado estará conformado por un cargador frontal (capacidad de balde de  $6 \text{ m}^3$ ), 3 camiones articulados (con capacidades de tolva que van desde las 29 toneladas hasta las 41 toneladas) y una retroexcavadora marca JCB JS 330, las cuales ejecutarán la producción durante 5 años y 7 meses.

También se consultó la tesis de SÁNCHEZ MARTÍNEZ, Marcos (2015) titulado “Diseño de un nuevo sistema de explotación y laminación de rocas dimensionables del Ejido de Chapantongo, HGO”, para optar el título de ingeniero de minas y metalurgista por la Universidad Nacional Autónoma De México. El problema que enfrenta la concesión es que no cuenta con asesorías adecuadas para la explotación de rocas ornamentales, la extracción del material se realiza artesanalmente, trayendo consigo un bajo rendimiento de productividad, contaminación al medio ambiente y una serie de accidentes e incidentes para el personal que labora en la cantera. Lo primero que el autor se propuso a realizar fue una estimación de reservas mediante dos métodos: El primer método es mediante el análisis trigonométrico utilizando Google Earth y el segundo método es por medio de figuras geométricas. Incluyendo el diseño de un nuevo sistema de explotación, las empresas más cercanas podrán favorecerse con la planta laminadora. Concluyendo que el sistema de explotación actual podría ser mejorado de tal manera que se aumente el valor de la cantera y la reducción de los desperdicios generados por las actividades; aplicando el método propuesto se espera obtener una mayor recuperación de hasta un 90%, obteniendo una pérdida solo del 10% de cada  $m^3$  durante el proceso de laminación.

RIVADENEIRA ORTEGA, Jéssica Johana (2015) en su tesis “Explotación de caliza a cielo abierto de la concesión minera Gretha Piedad”, para optar el título en ingeniero en geología y minas por la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo. La investigación consiste en proponer el método de explotación por bancos descendentes teniendo como base la descripción y caracterización del yacimiento de roca caliza, destinada para la elaboración y fabricación de cemento. Las principales conclusiones fueron: La cantera de caliza cuenta con 52,565,108.2 toneladas de material, las cuales fueron determinadas a partir del método de las isolíneas. El método de explotación de acuerdo a la geometría que presenta la matriz rocosa es por bancos descendentes cuya profundidad será de 10 m, un ancho de 20 m y un largo de 30 m, con la elaboración de 13 bancos de trabajo. Debido a la dureza de la roca, esta necesitará de perforación y voladura para lograr la fracturación de la matriz rocosa, para ello se elaboró una malla de perforación con los siguiente parámetros: Diámetro de perforación de 3.5 pulgadas, longitud de barreno de 10.80 m, burden de 3 m, espaciamiento de 3 m y una inclinación de  $10^\circ$ . Al aplicarse el método propuesto, la cantera tendrá una producción de 21,818.2 toneladas/mes, cuyo costo de beneficio de explotación de una tonelada es de 4.43 dólares/tonelada.

### **1.2.2. A nivel nacional**

LUQUE TAYA, Juan Carlos (2017) en su tesis “Estudio de factibilidad en un proyecto de explotación de rocas y minerales industriales en una mina de perlita”, para optar el título de ingeniero de minas por la Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa. La investigación tuvo como objetivo determinar si la explotación de minerales y rocas industriales para una mina en fase de exploración es factible económicamente mediante la propuesta de un plan de minado quinquenal, la cual incluye factores económicos tales como perforación y voladura, maquinaria y equipos. El autor concluye: La mina de perlita cuenta con reservas de 774.195 TM de material, con una producción de 301 TM/día, permitiendo que la producción se realice de manera constante durante los cinco años. Se propuso la instalación de una planta chancadora con capacidad de procesamiento que va desde los 15 a 70 TM/día. La estimación económica indica un valor neto de \$3,087,950.63, una tasa interna de retorno de 0.87, beneficio de costo de 3.1 y un periodo de recuperación de 1.27, estos indicadores muestran un proyecto favorable. El método de explotación propuesto es cantera en ladera, permitiendo que el estéril sea arrojado al barranco para lo cual se ahorraría en el transporte. Los equipos a utilizar serán seleccionados de acuerdo a las necesidades del proyecto con la única finalidad de optimizar los costos.

En la misma labor de investigación se encontró la tesis de TAYPE MATAMOROS, Edgar ABEL (2016) titulado “Diseño de explotación de cantera para agregados, distrito de Huayucachi”, para optar el título de ingeniero civil por la Universidad Nacional Del Centro Del Perú. La finalidad del autor fue diseñar los procesos de explotación para una cantera de agregados. Las principales conclusiones fueron: La cantera tiene un tiempo de vida de 10 años con un total de reservas de 315,767.40 m<sup>3</sup>, determinadas mediante la elaboración de calicatas con una profundidad de 1.60 m. El método de explotación es a tajo abierto con un sistema de explotación discontinuo y con la instalación de una planta chancadora con una producción de 289 Tn/hora. Los parámetros de diseño propuestos fueron: Altura de banco de 2.60 m, ancho de plataforma de trabajo de 24.18 m, el ancho de los accesos es de 11.20 m, anchura de las pistas de 9.10 m, los radios de curvatura propuestos son: Radio de 150, peralte máximo de 4.0 y velocidad de 30. El sobre ancho de las curvas es de 0.01 m, peralte de 4.0% y un bombeo de 3.0%. Los equipos de carguío y transporte son: Una excavadora CAT 336DL, un cargador frontal CAT 966H y camiones volvo FMX de 15 m<sup>3</sup>.

El estudio de SOTO MESTANZA, Marco Antonio y CHÁVEZ RODRÍGUEZ, Miguel ÁNGEL (2016) denominado “Estudio de factibilidad técnica y económica de explotación de mármol, para optimizar la rentabilidad económica en la concesión minera cantera San Rita, Cajamarca 2016”, para optar el título de ingeniero de minas por la Universidad Privada Del Norte. El autor tuvo como objetivo realizar un estudio técnico en la cual se evidencia la factibilidad y rentabilidad de un proyecto de explotación mediante el análisis y diseño del método de explotación que cumpla con la geometría del yacimiento, debido a que la empresa minera no está cumpliendo con la producción requerida evidenciándose bajos ingresos. Las conclusiones principales fueron: La caracterización geomecánica del macizo rocoso indican una roca competente. Las reservas calculadas evidencian un volumen de 71.727 m<sup>3</sup> de mármol, con una vida útil de 85 años y una producción mensual de 3500 m<sup>3</sup>. El método de explotación aplicado en la cantera es el método convencional con el arranque con perforación y/o voladura y el diseño de bancos de 8 m de altura, un ángulo de talud de 63° y un factor de seguridad de 1.65, con un sistema de extracción por bancos descendentes. Finalmente el autor indica que estudio de factibilidad técnica constituye un factor importante para determinar la rentabilidad de un proyecto.

La investigación de BENITO CUBA, Omar Alfredo y HUAMÁN MENDOZA, Iván Carlos (2014) titulado “Optimización y modernización en el proceso de obtención de arena de sílice para incrementar la producción en la cantera Santa Rosa 94-I C.C. Llocllapampa”, para optar el título de ingeniero de minas por la Universidad Nacional Del Centro Del Perú. La investigación tuvo como objetivo proponer que la arena de sílice en la cantera, sea optimizada y a la vez modernizada para el máximo aprovechamiento del recurso mineral, proponiendo un método de explotación adecuado, para ello se realizaron estudios geológicos cuya finalidad es obtener la litología y depositación de los materiales; además se realizaron estudios topográficos que luego fueron procesados en el software Minesight. La investigación concluye: Debido a que el material se extrae de manera artesanal es que se propone el método tipo canteras de avance frontal con bancos de 10 m de altura, la cual contará con 22 niveles de explotación. Mediante la implementación del método de explotación y la implementación de una planta de tratamiento, la concesión minera aumentó hasta en un 415% en la obtención de sílice, con un incremento en la producción de 250 TM/día a 900 TM/día, con 25 años de vida útil; en lo cual se evidencia una notable reducción en los costos de operación, logrando reducir un valor de \$4.25 a \$3.393.

Continuando con la investigación de ALVARADO CLAVIJO, Nelson Javier (2013) denominado “Gestión en la producción de agregados para pavimentos, caso Quinoa-San Francisco tramo I”, para optar el título de ingeniero civil por la Universidad Ricardo Palma. La tesis tuvo como finalidad utilizar un sistema de gestión orientado a identificar aquellos problemas que se susciten durante la producción de agregados; para ello se realizó la evaluación de los procesos y ciclos de trabajo, se evaluaron los tiempos muertos debido a fallas de los equipos y maquinaria o por motivos de mantenimiento. El autor concluye que los equipos y maquinarias que se utilicen en la producción deben ser elegidos de acuerdo a las características de la cantera, sin embargo siempre se presentarán fallas mecánicas y por lo cual estos requerirán de mantenimiento, afectando las horas productivas hasta en un 48.01%, indicando que los equipos nuevos serían la mejor vía para evitar estos problemas y a los cuales se les debe brindar un mantenimiento adecuado para asegurar su funcionamiento y evitar fallas prolongadas; por otro lado, en tiempos de lluvias la producción tiende a disminuir y el costo por metro cúbico aumentará, y una alternativa de solución sería cubrir con una cobertura especial el material para evitar su saturación.

### **1.2.3. A nivel local**

Finalmente se consultó el trabajo de PIÉROLA VERA, Demetrio (2017) titulado “Optimización del plan de minado de cantera de caliza La Unión distrito de Baños Del Inca–Cajamarca 2015”, para obtener el título profesional de ingeniero de minas, por la Universidad Nacional Del Altiplano. Las actividades extractivas en la cantera se realizan de manera artesanal la cual origina una baja producción; el autor ha propuesto mejorar el plan de minado con la finalidad de mejorar la actividad productiva y obtener mejores ingresos. Las conclusiones más relevantes fueron: De acuerdo a las actividades de campo se ha logrado determinar que la roca es de mala calidad (RMR DE 57), el yacimiento presenta una potencia de aproximadamente 4 m a 5 m, con una densidad de banco de 2.51 TM/día. Las reservas de caliza muestran un volumen de 85,597.00 TM; de acuerdo a ello se propuso realizar voladuras para fragmentar un total de 121.30 m<sup>3</sup> diario de material. El transporte se llevará a cabo en volquetes marca VOLVO FM 440 con una capacidad de tolva de 15 cubos. Los resultados indican una mejora en la producción de caliza de hasta 80 TM/día (óptimo) logrando ganancias con un valor de US\$21,028.00 (antes se contaba con una producción de 30 TM/día con una ganancia de US\$10,468.67 mensuales).

### **1.3. Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1. Ciencias**

##### **Geología**

La geología como ciencia, se encarga de investigar la estructura, composición, los cambios y los fenómenos que han ocurrido a lo largo del tiempo en el planeta tierra, así como su vínculo con los astros del universo y la evolución de la vida a través de los indicios que han quedado plasmados en las rocas (Rivera, 2011).

En la cantera La Tuna Blanca, fue necesario la comprensión e interpretación de la geología de las rocas y del yacimiento la cual ayudó a estimar los recursos y la planificación de las actividades mineras para la rentabilidad del proyecto.

##### **Topografía**

La topografía es una ciencia que estudia los procedimientos y técnicas que permitan realizar mediciones sobre la superficie del terreno y representarlo de manera gráfica en un plano a una determinada escala (Alcántara, 2014).

La topografía, aplicada en minería sirve para realizar estudios de exploración, estudios geológicos, creación de modelos geológicos y de planeación minera, lo que conlleva a realizar la explotación de los minerales empleando conocimientos topográficos. La topografía en el área de estudio consistió en determinar el volumen de material pétreo mediante el levantamiento topográfico del área de producción, describiendo de forma mucho más detallada la superficie del terreno.

##### **Geomecánica**

La geomecánica como ciencia, estudia la deformación de las rocas y los suelos en consecuencia a ciertos factores ambientales (temperatura, cambio de esfuerzo y presión) hasta provocar su ruptura (Cook, 2016).

Los estudios geomecánicos de los macizos rocosos y de las rocas del área de interés permitieron establecer planes que garanticen la prevención de caída de rocas. Debemos tener en cuenta que existen diferentes tipos de rocas, cada una con características y propiedades físicas diferentes, y de su estudio va a depender los tipos de sostenimiento y fortificaciones que se va a requerir durante las operaciones de extracción. En la cantera La Tuna Blanca, la geomecánica es de suma importancia para determinar la calidad del macizo rocoso de manera cualitativa y cuantitativa.

### **Mecánica de rocas**

La mecánica de rocas se encarga de estudiar las características y la conducta mecánica de los macizos rocosos, así como de su reacción ante la aplicación de fuerzas que se ejercen en su entorno (Gonzales, 2002).

El macizo rocoso pierde sus propiedades iniciales debido a los cambios que sufre al momento de realizar excavaciones o llevar a cabo la construcción de estructuras debido a que se cambia o altera los campos de fuerza del medio físico de la roca, lo que produce el rompimiento o deformación de este. Conocer las deformaciones y las tensiones que pueden llegar a soportar el macizo rocoso de la cantera La Tuna Blanca va a permitir evaluar el comportamiento mecánico al momento de diseñar el método de explotación.

### **Matemática**

La matemática es una ciencia conformada por un cúmulo de saberes relacionados a las cantidades y formas que tienen como finalidad conocer y analizar la realidad de tal manera que pueda ser valorada e implique tomar decisiones (Junta de Andalucía, 2015).

A través de las matemáticas se puede encontrar nuevas reservas de minerales, se puede prevenir cualquier tipo de riesgo; el sector minero excava nuevas superficies y a través de la matemática se puede descubrir hasta que límite se puede seguir excavando. Las matemáticas dentro de la investigación tienen como finalidad mantener un registro del material y de su costo, así como las ganancias que la empresa, servirá para determinar la producción y la vida útil de la cantera.

### **1.3.2. Método de explotación**

Se denomina “método minero” a un proceso iterativo tanto desde el punto de vista temporal como espacial, que permite llevar a cabo la explotación minera de un yacimiento por medio de un conjunto de sistemas, procesos y máquinas que operan de una forma ordenada, repetitiva y rutinaria (Herrera, 2006, p.2).

Los métodos de explotación existentes son: Método de explotación subterráneo, método de explotación por sondeos y el método de explotación a tajo abierto, siendo este último el que se aplica en la cantera La Tuna Blanca, el cual se caracteriza debido a que las actividades de explotación se realizan en la superficie del terreno y el arranque del material se lleva a cabo mediante medios mecánicos. Dos Santos (2016) en su artículo titulado “Mining Projects: Exploitation Phase & Methods Of Mining” explica que la selección de un método de extracción es una tarea muy compleja que implica factores económicos, técnicos, políticos, históricos y sociales; el método de explotación factible es aquel que se adapta a las características geométricas del recurso, a las condiciones que presenta el terreno y por presentar un bajo costo de operación.

#### **Sistema de explotación a tajo abierto tipo canteras**

El término hace referencia a los trabajos de explotación de materiales de construcción, rocas ornamentales e industriales, que generalmente se realizan aplicando el método de extracción por bancos, por medio de uno o varios niveles de explotación (Herrera, 2006).

Los tipos de explotaciones de cantera se clasifican en: Áridos donde se obtienen materiales como los hormigones, asfaltos y rellenos; también se encuentran las explotaciones de rocas ornamentales como las pizarras, mármoles y granitos y por último las canteras de rocas y minerales industriales tales como los cementos, cerámica, vidrio y ladrillería.

Los sistemas de extracción en canteras se clasifican en: Canteras en terrenos horizontales, canteras en laderas, canteras subterráneas y supercanteras. Debido al relieve, morfología y topografía del área de estudio, el sistema de extracción utilizado es tipo canteras en laderas, este método es llevado a media ladera, en la cual la extracción del material puede ser llevado de manera ascendente como de manera descendente.

## **Criterios para el diseño de explotación**

Una vez realizado los estudios previos (topografía, geología, morfología, propiedades físicas, mecánicas y químicas del yacimiento) se analiza el método más adecuado para llevar a cabo la explotación de los recursos de la cantera La Tuna Blanca, el mismo que debe cumplir con la producción diaria requerida, así como de brindar la seguridad durante las operaciones y generar el menor impacto posible. En general, el diseño de la explotación consta de parámetros geométricos, geomecánicos, operativos y medioambientales.

### **A. Factores geométricos**

Dentro de la investigación fue importante determinar el ancho (m), largo (m), potencia (m), forma (tabulares, regulares, masivos, etcétera) e inclinación (horizontal, vertical, subhorizontal, etcétera) del yacimiento a través de la observación directa; estos factores geométricos se basan en el estudio estructural del yacimiento.

### **B. Factores geomecánicos**

Como se ha mencionada anteriormente, los factores geomecánicos tienen por finalidad analizar los ángulos máximos estables de cada uno de los dominios estructurales del yacimiento, lo cual permitió determinar la resistencia del basamento rocoso de la cantera La Tuna Blanca ante la aplicación de fuerzas que se puedan ejercer en su entorno.

## **Propiedades mecánicas de las rocas**

Es la resistencia que tiene la roca para poder resistir a las fuerzas externas e internas, las cuales son influenciadas por la meteorización, grado de fracturamiento, orientación, presencia de agua, tamaño de los bloques y de las características de las discontinuidades.

- a. Resistencia a la compresión simple de la roca:** La resistencia a la compresión simple o también denominada resistencia a la compresión uniaxial es el esfuerzo máximo que resisten las rocas sometidas a la compresión uniaxial determinada en laboratorio (Gonzales, 2002).

Los ensayos de laboratorio que permiten determinar la resistencia a la compresión simple y la deformabilidad que presenta la matriz rocosa del área de estudio son: Ensayo de compresión uniaxial, ensayo de carga puntual y el martillo Schmidt.

La resistencia a la compresión simple de la roca según Gonzales (2002) viene dada por la siguiente fórmula:

$$\sigma_c = \frac{\text{Fuerza compresiva aplicada}}{\text{Área de aplicación}}$$

### **Clasificaciones geomecánicas**

Las clasificaciones geomecánicas surgen a partir de la necesidad de determinar la calidad del macizo rocoso mediante un estudio cualitativo y cuantitativo del yacimiento; para ello, existen formatos o tablas geomecánicas que permitieron caracterizar el macizo rocoso donde se lleva a cabo la extracción del material pétreo de la cantera La Tuna Blanca.

#### **a. Índice de calidad de la roca**

El índice de calidad de la roca es un parámetro cualitativo de la roca, la cual es determinado a partir del número de núcleos de roca con una longitud mayor a 10 centímetros extraídos mediante sondeos o también a partir de número de juntas la cual fue propuesta por Palmström en el año de 1982, así como por las discontinuidades que presenta el macizo rocoso siendo propuesta por Priest & Hudson en el año 1976.

La fórmula para determinar el índice de calidad de la roca (RQD) del macizo rocoso de la cantera La Tuna Blanca en la cual se lleva a cabo el arranque del material fue la propuesta por Priest y Hudson (1976), la cual se determina a partir del número de discontinuidades por metro lineal, mostrado a continuación.

$$RQD = 100e^{-0.1\delta} \times (0.1\delta + 1)$$

Dónde:

- $\delta$  = Número medio de discontinuidades por metro lineal.

Los valores de acuerdo al RQD para la roca son:

- Muy mala (0 – 25).
- Mala (25 – 50).
- Media (50 – 75).
- Buena (75 – 90).
- Muy buena (90 – 100).

#### **b. Clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR)**

Esta clasificación fue propuesta por Bieniawski en el año de 1973, presentando actualizaciones en los años de 1979 y 1989. La resistencia uniaxial de la roca, índice de calidad de la roca (RQD), separación entre diaclasas, estado de las discontinuidades y la presencia de agua son los cinco parámetros del RMR aplicado en el macizo rocoso del área de estudio; cada parámetro se evalúa de acuerdo a un índice numérico, lo que permite evaluar la calidad del macizo rocoso y agruparla en diferentes grupos o familias.

La fórmula para determinar el RMR del macizo rocoso proveniente de la cantera La Tuna Blanca fue la propuesta por Bieniawski (1989); la suma de los cinco parámetros da como resultado el RMR del macizo rocoso, mostrado a continuación.

$$RMR_{total} = (1) + (2) + (3) + (4) + (5)$$

Los valores de acuerdo al RMR para la roca son:

- Grupo V - Muy mala (0 – 20).
- Grupo IV - mala (21 – 40).
- Grupo III - media (41 – 60).
- Grupo II - buena (61 – 80).
- Grupo I - muy buena (81– 100).

#### **c. Índice de resistencia geológica (GSI)**

El G.S.I fue propuesto en el año de 1995 por Hoek, el cual permite evaluar la calidad del macizo rocoso a partir de las características y grado de fracturamiento de la matriz rocosa.

El índice de resistencia geológica (GSI) del área de estudio, propuesto por Hoek (1995) se determinó a partir de la clasificación geomecánica de Bieniawski (1989) aplicando el siguiente cálculo matemático:

$$GSI = RMR_{(89)} - 5$$

#### **d. Clasificación geomecánica para taludes (SMR)**

La clasificación SMR para taludes fue propuesta a partir del RMR en el año de 1997 por Romana, este método de clasificación de rocas se obtiene a partir del método de excavación, orientación de las discontinuidades y definiéndose algunos factores de ajuste.

El método de cálculo para determinar el SMR según Gonzales (2002) consiste en aplicar la siguiente fórmula:

$$SMR = RMR + (F_1 \times F_2 \times F_3) + F_4$$

#### **C. Factores operativos**

Los factores operacionales permitieron diseñar la secuencia de las operaciones de explotación partiendo del estudio de los factores geométricos y geomecánicos, así como de la topografía, geología, propiedades de la roca y del cálculo de reservas del depósito.

#### **Profundidad límite de la cantera**

La profundidad límite de la cantera La Tuna Blanca fue determinada a partir de la fórmula obtenida de la tesis de Bermeo (2017) la cual se muestra a continuación:

$$H_{total} = C_s - C_i$$

Dónde:

- $H_{total}$  = Profundidad límite de la cantera (m).
- $C_s$  = Cota superior (límite superior máximo de la explotación, m).
- $C_i$  = Cota inferior (límite de las reservas probables de la cantera, m).

## Número de bancos

El número de bancos se determinó utilizando la siguiente ecuación la cual fue propuesta por Sosa (1989):

$$N_{bancos} = \frac{H_{total}}{H_{banco}}$$

Dónde:

- $N_{bancos}$  = Número total de bancos.
- $H_{total}$  = Altura de la cantera (m).
- $H_{banco}$  = Altura de banco (m).

## Altura de banco

Para una adecuada altura de banco se realizan estudios geotécnicos y un análisis técnico-económico incluyendo estudios para la recuperación del terreno y aspectos de seguridad durante las operaciones. La altura de banco se define a partir de la caracterización del basamento rocoso y de las dimensiones de la maquinaria de excavación y carga. En canteras, los bancos alcanzan alturas de 10 y 20 metros aproximadamente (Herrera, 2007).

La altura de bancos mayores tiene la ventaja de:

- Reducir los tiempos muertos, mejorando los rendimientos de la maquinaria debido a que se reduce el desplazamiento por cambio de nivel así como del desplazamiento de la máquina dentro del nivel.
- Permite mejorar la operación de la maquinaria por el número reducido de bancos.
- Mejor infraestructura económica al contar con un menor número de niveles de trabajo.

Por otro lado, la altura de bancos reducidos tiene la ventaja de:

- Los trabajos se realizan en condiciones más seguras para los trabajadores y para la maquinaria permitiendo la limpieza de los frentes de trabajo debido al mejor alcance de las máquinas.
- Permite la construcción de rampas de acceso entre bancos de manera más rápida.
- Permite condiciones óptimas para el tratamiento de los taludes así como de su eficaz restauración.

Teniendo en cuenta la maquinaria de carguío con la cual cuenta la cantera La Tuna Blanca se ha optado por utilizar la siguiente fórmula propuesta por Sosa (1989):

$$H_{\text{banco}} = 0.9 \times Ab_{\text{exc}}$$

Dónde:

- $H_{\text{banco}}$  = Altura de banco (m).
- $Ab_{\text{exc}}$  = Altura del brazo del equipo de excavación (especificaciones técnicas, m).

Como se observa, la fórmula propuesta está en función de la altura del brazo del equipo de carguío la cual se determinó a partir del manual Caterpillar de tal manera que se obtenga las dimensiones del cargador frontal marca CAT 950H.

### **Ángulo de talud de banco**

El ángulo de talud de banco depende del tipo de material por el que está conformada el área de interés, para lo cual, existente tablas experimentales en las cuales se recomienda valores que garantizan la estabilidad y la seguridad durante los procesos de arranque, carga y transporte (Rivadeneira, 2015).

El cálculo del ángulo de talud del banco será realizado mediante la siguiente fórmula propuesta por Sosa (1989):

$$\phi = \text{arctg } x f$$

Dónde:

- $\phi$  = Ángulo de talud de banco (°).
- $f$  = Coeficiente de Protodyakonov.

Esta fórmula, relaciona el ángulo de talud de banco en función al coeficiente de resistencia de la roca. La resistencia de la roca es determinada a partir de la clasificación geomecánica de Protodyakonov la cual establece la altura y el ángulo de talud de banco a partir del tipo de material que presenta el estrato.

## Ancho de las plataformas de trabajo

El ancho de las plataformas de trabajo es diseñado para que la maquinaria realice sus operaciones de manera simultánea. Se ha determinado que las plataformas de trabajo cuenten con anchuras menores a los 20 m y que la maquinaria mantenga una distancia al borde del banco de 5 m como mínimo por temas de seguridad (Herrera, 2007).

El ancho de las plataformas de trabajo para el diseño de la explotación de la cantera La Tuna Blanca se determinó a partir de la siguiente ecuación propuesta por Sosa (1989):

$$B_{pt} = P + E + A + B_s$$

Dónde:

- $B_{pt}$  = Ancho de las plataformas de trabajo (m).
- $P$  = Ancho de la pila del material (valor referencial, m).
- $E$  = Espacio de maniobra del equipo de excavación (m).
- $A$  = Ancho de vía (m).
- $B_s$  = Berma de seguridad (m).

- La berma de seguridad es definida por Sosa (1989) mediante la siguiente ecuación:

$$B_s = \frac{1}{3} \times H_{banco}$$

Dónde:

- $B_s$  = Berma de seguridad (m).
- $H_{banco}$  = Altura de banco (m).

- Teniendo en cuenta la maquinaria con la cual cuenta la cantera La Tuna Blanca se ha optado por utilizar la siguiente fórmula propuesta por Sosa (1989):

$$E = 1.5 \times LR_{exc}$$

Dónde.

- $E$  = Espacio de maniobra del equipo de excavación.
- $R_{exc}$  = Longitud del equipo de excavación (especificaciones técnicas).

La fórmula propuesta está en función del radio de giro del equipo de excavación la cual se determinó a partir del manual Caterpillar, cuya finalidad es garantizar que la excavadora marca CAT realice el movimiento de manera segura durante su operación.

- La fórmula para calcular el ancho de la vía según Sosa (1989) es la siguiente:

$$A = a(0,5 + 1,5n)$$

Dónde:

- A = Ancho de la pista (m).
- a = Ancho del vehículo (m).
- n = Número de carriles.

El ancho de las vías del área de estudio fue diseñado para garantizar el adecuado tránsito de los equipos de tal manera que conecte el frente de explotación con el botadero y con el área de acopio del material.

### **Ancho de las bermas**

Las bermas se construyen con la finalidad de ser usadas como plataformas de acceso y como zonas de protección ante las posibles eventualidades que se puedan suscitar durante las jornadas laborales, permitiendo detener los desprendimientos de rocas y materiales sueltos de los frentes de los bancos hacia las áreas de labores inferiores o hacia las pistas. La separación que debe haber entre cada berma va a depender principalmente del talud de cara de banco y de las dimensiones de la maquinaria (Herrera, 2007).

Según Ritchie (1963) modificado por Evans y Cali (1992), la separación entre bermas se obtiene de la siguiente fórmula:

$$B = 0.2 X H_{banco} + 2, \text{ para } H_{banco} \leq 9 \text{ metros}$$

$$B = 0.2 X H_{banco} + 4.5, \text{ para } H_{banco} > 9 \text{ metros}$$

Dónde:

- B = Separación entre bermas (m).
- $H_{banco}$  = Altura de banco (m).

## Ángulo de talud final

La siguiente ecuación se utiliza para determinar el ángulo de talud final propuesto por Sosa (1989):

$$\theta = \arctg \frac{H_{\text{banco}}}{h \cot \alpha + B}$$

Dónde:

- $H_{\text{banco}}$  = Altura de banco (m).
- $\alpha$  = Ángulo de talud de banco ( $^{\circ}$ ).
- $B$  = Ancho de berma (m).

## D. Factores medioambientales

Las canteras se caracterizan por crear un fuerte impacto sobre el medio ambiente, debido a que las empresas no le dan la debida atención que este tipo de actividad requiere, debido al desconocimiento ambiental por parte de los obreros, técnicos y directivos, o por un inadecuado plan de minado. El método de explotación que se elija siempre generará un impacto sobre el medio físico, biológico y socioeconómico por lo tanto en la cantera La Tuna Blanca se deben realizar estudios y programas que tengan como fin monitorear los impactos que se generen en las diferentes etapas de operación (extracción, carguío y transporte), así como de la población para que la actividad extractiva no altere su ritmo de vida, asegurando que los impactos que se generen deberán ser mínimos y que al terminar la vida útil del yacimiento, el terreno deberá ser restaurado para su reutilización.

Los principales factores ambientales que se presentan en la cantera La Tuna Blanca son:

- **Ruido:** Es generadora de impactos tales como, alteración de la calidad del aire e incrementos de los niveles de presión sonora.
- **Suelo:** Es acreedora de impactos que alteran la calidad del suelo, modifica el relieve y altera la estabilidad física.
- **Flora y fauna:** Se ve afectada debido a la reducción de cobertura vegetal y la alteración del hábitat de la fauna.
- **Factor humano:** Se ve afectada debido al aumento del riesgo de enfermedades y molestias por efecto del ruido, gases, polvo, etcétera.

### 1.3.3. Producción de agregados

Cornejo (2015) define a los agregados como:

Llamamos agregados al material granular, el cual puede ser arena, grava, piedra triturada o seleccionada, empleado como un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulico. También se denominan áridos inertes; constituyen entre un 70% y 85% del volumen de la mezcla en el concreto hidráulico, así como un 92% a 96% del concreto asfáltico y en pavimentos del 75% al 90%. (p.15).

Las propiedades físicas de los agregados más importantes son:

- **Granulometría:** La granulometría es definida como el tamaño que presentan las partículas y el porcentaje en una masa de agregado, las cuales son medidas mediante tamices de diferentes mallas, que van desde la malla N°4 hasta la malla N°200.
- **Humedad:** La humedad del material es definido como el porcentaje de agua que se encuentra retenida en las partículas del material.
- **Peso específico:** El peso específico es la relación entre el peso del material y el volumen del mismo.
- **Porosidad:** Se denomina porosidad a la partícula del agregado cuyo espacio es no ocupado por materia sólida, y guarda relación con la resistencia que presenta la matriz rocosa y con la permeabilidad.
- **Absorción:** La absorción es una propiedad que indica la capacidad que posee el agregado para poder llenar los vacíos al interior de las partículas del material con agua.

Los agregados se clasifican en:

- **Agregados finos:** En este apartado se encuentran la arena fina, arena media y arena gruesa.
- **Agregados gruesos:** Se clasifican en grava (gravilla, grava fina, grava media, grava gruesa, canto rodado), hormigón y piedra (piedra base o grande, piedra media, piedra chancada y confitillo).

La cantera La Tuna Blanca se dedica principalmente a la explotación y comercialización de agregados gruesos, específicamente piedra de media, piedra chancada de  $\frac{3}{4}$ " y confitillo con una producción diaria de 32 m<sup>3</sup>.

## A. Estimación de reservas

La estimación de reservas es un conjunto de procesos que permite calcular el volumen de reservas contenido en un yacimiento determinando la vida útil del recurso y permitiendo calcular la producción anual y la viabilidad económica del proyecto (Ministerio de energía y minas de Colombia, 2013).

Las reservas se clasifican en:

- **Reservas probadas:** Está constituido por aquella parte que es económicamente explotable de un recurso mineral indicado o de un recurso mineral medio (The Jorc Code, 2012).
- **Reservas probables:** Está constituido por aquella parte que es económicamente explotable de un recurso mineral inferido (The Jorc Code, 2012).

La clasificación de los métodos para estimar las reservas de un yacimiento son:

- **Métodos clásicos o geométricos:** Se subdividen en: Método de los perfiles, método de la triangulación, método de los polígonos, método de las matrices de bloques, método del inverso a la distancia, método de los contornos y el método del reticulado.
- **Métodos geoestadísticos:** Se clasifican en: Variable regionalizada, semivariograma y el krigeage.

### Método de los perfiles

El macizo rocoso de la cantera La Tuna Blanca presenta un cuerpo homogéneo, por ello, se utilizó el método de los perfiles. La Sociedad nacional de minería, petróleo y energía (2011) indica: “Se usa cuando se tienen cuerpos mineralizados de desarrollo regular y que han sido estudiados mediante sondeos distribuidos regularmente de forma que permitan establecer cortes o perfiles en los que se basa el cálculo de reservas” (p.1).

El procedimiento para estimar las reservas del área de estudio consistió en contornear el cuerpo mineral en el plano, luego de ello se procedió a dibujar los perfiles a una determinada escala para luego calcular las áreas de los perfiles a través de figuras geométricas y por último calcular los volúmenes entre perfiles.

Por el algoritmo del Software RecMin, el volumen del bloque entre secciones puede ser calculado mediante la siguiente fórmula:

$$V_{total} = \frac{(a_1 + a_2) \times d_1}{2} + \frac{(a_2 + a_3) \times d_2}{2} + \dots + \frac{(a_n + a_{n+1}) \times d_n}{2}$$

Dónde:

- a = Área de cada perfil.
- d = Distancia al perfil.

Jiskani (2017) en su libro titulado “Surface Mine Design” indica que la estimación de reservas constituyen los datos básicos para los estudios de pre-factibilidad y el análisis económico, la cual comienza desde las etapas de exploración y continúa a lo largo de la explotación del recurso. Estos estudios se deben revisar periódicamente durante la vida útil de la mina porque constituye la base para financiar un proyecto minero, planificar las operaciones, analizar los costos y la eficiencia, mejorar los métodos de extracción y el procesamiento de los minerales.

## **B. Ritmo y vida de la explotación**

El ritmo y vida de la extracción durante la vida útil de la mina, depende fundamentalmente de un análisis técnico – económico, en la cual se prevea los equipos y maquinaria que serán utilizados durante las diferentes operaciones de arranque, carga y transporte; así como, contar con una planta con la suficiente capacidad para extraer y procesar el material que el mercado requiere (Herrera, 2007).

La vida útil de la cantera La Tuna Blanca se determinó a partir del cálculo de reservas explotables y de la producción anual que requiere la empresa para ello se ha realizado un estudio del ciclo de maquinaria y horas trabajadas por parte del personal técnico. La vida útil se calcula mediante la ecuación tomada de la tesis de Bermeo (2017):

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

### C. Secuencia de la extracción

La secuencia de extracción hace referencia a la maquinaria y equipos de excavación, carga y transporte que serán empleados durante los procesos de extracción de los materiales de la cantera La Tuna Blanca.

El proceso de operación realizado en el área de estudio consiste principalmente en:

- **Preparación:** Remoción de la capa vegetal.
- **Arranque y carga:** Extracción del material y cargado del mismo.
- **Transporte:** Traslado del material desde el tajo hasta la planta de beneficio o acopio.
- **Acopio:** Almacenamiento del material.
- **Botadero:** Área para el almacenamiento del estéril.
- **Beneficio y transformación:** Mejoramiento de la calidad para la comercialización.

Los sistemas de minado utilizados en minería son los siguientes:

- Sistema totalmente discontinuo.
- Sistema mixto con trituradora estacionaria dentro de la explotación.
- Sistema de transporte mixto con trituradora semimóvil dentro de la explotación.
- Sistema de transporte mixto y arranque continuo.
- Sistema continuo con trituradora móvil y arranque continuo.
- Sistema de arranque y transporte continuo.

#### **Sistema totalmente discontinuo**

Habiendo observado cómo se realiza el proceso de arranque, carga y transporte del material en la cantera La Tuna Blanca y de la maquinaria y equipos con cual cuenta y habiendo realizado el diseño del método de extracción de agregados se procede a determinar el sistema de minado el cual llevará a cabo el proceso de arranque, carga y transporte de acuerdo a un ciclo cerrado. El sistema que más se adapta al área de estudio es el sistema totalmente discontinuo. Herrera (2007) indica que el sistema totalmente discontinuo consiste en realizar el arranque del material ya sea con voladura o sin voladura mediante equipos discontinuos y con volquetes para el transporte del material, siendo el sistema con mayor versatilidad y flexibilidad utilizado actualmente en minería.

## D. Parámetros de producción

Los parámetros de producción tienen como finalidad determinar la producción diaria, mensual y anual de la cantera La Tuna Blanca a partir del ciclo de trabajo realizado por el personal (operarios, obreros, etcétera) para ello se tomaron en cuenta factores tales como: Días trabajados a la semana, días de descanso, días festivos, vacaciones, mantenimiento de maquinaria, etcétera los cuales proporcionarían las horas hombre trabajadas por día, semana, mes y anual. A continuación, se proponen las siguientes fórmulas que ayudaron a determinar los parámetros de producción de la cantera La Tuna Blanca.

### Producción anual de la cantera

La producción anual de la cantera La Tuna Blanca es calculada a partir de la fórmula tomada de la tesis de Cuenca (2015):

$$P_{anual} = \text{Producción anual requerida} \times k_s$$

Dónde:

- $P_{anual}$  = Producción anual (tn/año).
- $K_s$  = Factor de seguridad de la extracción (1,01 – 1,5).

### Producción mensual de la cantera

La producción mensual del área de estudio, según Cuenca (2015) puede ser determinada a partir de la siguiente relación matemática:

$$P_{mensual} = \frac{P_{anual}}{\text{años}} \times \frac{1 \text{ año}}{12 \text{ meses}}$$

Dónde:

- $P_{mensual}$  = Producción mensual (tn/mes).
- $P_{anual}$  = Producción anual de la cantera (tn/año).
- Años = Incluye los doce meses del año trabajados.

## **Producción diaria de la cantera**

La producción diaria de la cantera La Tuna Blanca fue calculada a partir de la fórmula dada por Cuenca (2015):

$$P_{diaria} = \frac{P_{mensual}}{mes} \times \frac{1 \text{ mes}}{días}$$

Dónde:

- $P_{diaria}$  = Producción diaria (tn/días).
- $P_{mensual}$  = Producción mensual (tn/mes).
- Mes = Número de días trabajados al mes.

## **Producción por hora de la cantera**

La producción por hora de la cantera La Tuna Blanca es calculada a partir de la fórmula tomada de la tesis de Cuenca (2015):

$$P_{hora} = \frac{P_{diaria}}{turno}$$

Dónde:

- $P_{hora}$  = Producción por hora (tn/hora).
- Turno = Jornada laboral.

## **E. Tiempos y ciclos de la maquinaria**

Ávila y Tobo (2014) respecto a los ciclos de la maquinaria indican: “Es el lapso de tiempo expresado en minutos durante el cual una máquina carga y descarga el material (retroexcavadora), o recibe la carga, la transporta al lugar de vaciado y regresa al sitio de cargue nuevamente (volquetas)” (p.63). Con el objetivo de optimizar las operaciones de la cantera La Tuna Blanca es que se busca utilizar de manera adecuada las herramientas y funciones del equipo, realizar el proceso de manera rutinaria y aplicar adecuadamente las técnicas de operación.

A continuación, se proponen las siguientes fórmulas que ayudaron a determinar los tiempos de ciclos de la maquinaria de carguío y transporte de la cantera La Tuna Blanca.

### **Tiempos del equipo de carguío**

El ciclo que demora el cargador frontal para llenar de material al volquete es calculado a partir de la fórmula tomada de la tesis de Castro (2018):

$$TC_c = T_c + T_{gc} + T_d + T_{gv} + T_m$$

Dónde:

- $TC_c$  = Tiempo de ciclo de la maquinaria de carguío (min).
- $T_c$  = Tiempo de cargue (min).
- $T_{gc}$  = Tiempo de giro cargada (min).
- $T_d$  = Tiempo de descargue (min).
- $T_{gv}$  = Tiempo de giro vacía (min).
- $T_m$  = Tiempo por demoras (min).

### **Tiempos del equipo de transporte**

El tiempo que demora el volquete en trasladar el material proveniente de la cantera La Tuna Blanca hacia el área de acopio puede ser determinado a partir de la fórmula propuesta en la tesis de Castro (2018):

$$TC_t = T_{tv} + T_{tc} + T_{llc} + T_d + T_m$$

Dónde:

- $TC_t$  = Tiempo de ciclo de la maquinaria de transporte (min).
- $T_{tv}$  = Tiempo de transporte vacío (min).
- $T_{tc}$  = Tiempo de transporte cargado (min).
- $T_{llc}$  = Tiempo de llenado del camión (min).
- $T_d$  = Tiempo de descargue (min).
- $T_m$  = Tiempo de maniobras (min).

### **1.3.4. Marco legal**

#### **Normativa legal**

- Texto único ordenado de la ley general de minería (D.S. N°014–92–EM), Lima, Perú, 02 de junio de 1992.
- Constitución política del Perú de 1993 (Artículo 67 y 68), Lima, Perú, 29–12-1993.
- Decreto legislativo que establece disposiciones para el proceso de formalización de las actividades de pequeña minería y minería artesanal (D.L. N°1105), Lima, 19-04-2012.

#### **Normativa de seguridad**

- Reglamento de seguridad y salud ocupacional (D.S. N°024–2016–EM), emitido por el diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 26 de julio del 2016.

#### **Normativa ambiental**

- Reglamento para la protección ambiental en la actividad minero–metalúrgica (D.S. N°016–93–EM), Lima, Perú, 28 de abril de 1993.

#### **Normativa técnica**

- Método de ensayo estándar para resistencia de compresión simple no confinada de especímenes de núcleo de roca intactos (ASTM D–2938–95).
- Método de prueba estándar para la determinación del índice de resistencia de carga puntual de la roca (ASTM D–5731–95).
- Método de prueba estándar para determinar la dureza de la roca mediante el método de martillo de rebote (ASTM C–5873-05).

### **1.4. Formulación del problema**

¿De qué manera se puede optimizar la producción de agregados en la cantera La Tuna Blanca, Santa Cruz – Cajamarca?

## **1.5. Justificación del estudio**

### **1.5.1. Justificación tecnológica**

Se justifica tecnológicamente ya que a través del siguiente trabajo, la empresa contará con una propuesta de extracción del material pétreo bajo criterios ingenieriles en la cual se sustituya el trabajo artesanal por un trabajo mecanizado y seguro, de tal manera que se proporcione una alternativa de extracción racional y organizada, garantizando productividad, seguridad operativa y rentabilidad. La empresa podrá entonces planificar de manera técnica, operativa y económica las actividades productivas a corto, mediano y largo plazo, para ello se hará uso de programas tecnológicos (software) que permitan diseñar el método de explotación propuesto, planificar y ejecutar las operaciones mineras.

### **1.5.2. Justificación ambiental**

Se justifica ambientalmente debido a que el aumento de canteras dedicadas a la explotación de materiales hace que aumente la contaminación medioambiental, así como los problemas de salud ocupacional para los trabajadores, debido a que no se cumplen las normativas legales, es por esta razón que se busca aplicar un método de extracción que interactúe con el medio ambiente y con la población aledaña de la provincia de Santa Cruz. La investigación tiene como finalidad, proporcionar un estudio detallado de las características del yacimiento, de tal manera que se proponga un método de extracción que permita eliminar la explotación artesanal y anti técnica.

### **1.5.3. Justificación social**

Se justifica socialmente debido a que se pretende bajar los costos de operación y mejoras en la productividad lo que conlleva a que se efectúe una actividad extractiva con compromiso comunitario en el cual se eleve la calidad y dignidad de los trabajadores y se desarrolle la extracción de yacimientos de manera racional en la Cantera La Tuna Blanca. La investigación podrá beneficiar de manera directa a los trabajadores entre operadores de maquinaria pesada, obreros y personal administrativo, debido a que les permitirá alcanzar experiencia y adquirir conocimientos técnicos, generar habilidades y competencias.

#### **1.5.4. Justificación económica**

Se justifica económicamente ya que mediante los estudios realizados en la investigación, la empresa aumentará las reservas, se optimizarán los procesos de extracción, y se tendrá un mayor conocimiento acerca de la utilidad que genera la actividad extractiva.

#### **1.6. Hipótesis**

Con el método de extracción por bancos descendentes se puede optimizar la producción de agregados en la cantera La Tuna Blanca, Santa Cruz – Cajamarca.

#### **1.7. Objetivos**

##### **1.7.1. Objetivo general**

Proponer el método de extracción por bancos descendentes para optimizar la producción de agregados en la cantera La Tuna Blanca, Santa Cruz – Cajamarca.

##### **1.7.2. Objetivos específicos**

- Analizar la geología regional y local para la caracterización geológica de la zona.
- Realizar el levantamiento topográfico del área de producción de la cantera La Tuna Blanca.
- Caracterizar el macizo rocoso utilizando herramientas geomecánicas como el RQD, RMR, GSI y SMR.
- Estimar las reservas utilizando el software minero RecMin.
- Diseñar la secuencia de extracción de los agregados de la cantera La Tuna Blanca.
- Estimar los costos de producción de los agregados.

## II. MÉTODO

### 2.1. Tipo y diseño de investigación

El trabajo de investigación es de tipo cuantitativo con diseño de investigación No experimental de tipo descriptivo propositivo. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014) este tipo de investigaciones se caracterizan por describir la incidencia y manifestaciones de las variables de estudio; el procedimiento consiste en medir una muestra de estudio (grupo de personas, fenómenos, etcétera) para luego proponer una alternativa de solución al problema investigado.

### 2.2. Operacionalización de variables

#### 2.2.1. Variables

X = Variable independiente = Método de extracción por bancos descendentes.

Y = Variable dependiente = Optimización de la producción de agregados.

**Método de extracción por bancos descendentes:** Según Alvear, López, Pindo y Proaño (2011) el método de extracción consiste en elaborar bancos de arriba hacia abajo (forma descendente) permitiendo la remoción del material estéril mediante la fuerza mecánica para luego proceder al arranque del material con valor económico, y para su diseño se tiene en cuenta parámetros operativos, geotécnicos, técnicos, topográficos y económicos, garantizando en todo momento la seguridad del equipo de trabajo y de la maquinaria.

**Optimización de la producción de agregados:** Según Pantoja (2013) debido a la alta competitividad las empresas mineras buscan la optimización de sus operaciones con la finalidad de reducir al máximo posible los costos de extracción, carga, transporte y conminación del mineral y generar mayores ganancias, por ello, la productividad determina la competitividad de la empresa en el mercado. La mecanización es sinónimo de productividad, si se reemplazase los métodos manuales y/o artesanales con máquinas sofisticadas de mayor capacidad y tamaño entonces la productividad de las empresas dedicadas a la actividad minera aumentaría.

## 2.2.2. Operacionalización

**Tabla 1:** Operacionalización de la variable independiente.

VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIÓN	INDICADORES	SUB INDICADORES	ÍNDICE	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
<b>MÉTODO DE EXPLOTACIÓN POR BANCOS DESCENDENTES</b>	Factores geométricos	Geometría del yacimiento	Ancho	m	Observación	Guía de observación	Wincha Brújula
			Largo	m			
			Potencia	m			
			Forma	adimensional			
			Inclinación general	Grados			
	Factores geomecánicos	Propiedades mecánicas de las rocas	Resistencia a la compresión simple	MPa	Observación	Formatos de ensayos de laboratorio	Equipos de ensayo de laboratorio
			RQD	%			
		Clasificaciones geomecánicas	RMR	Adimensional		Tablas geomecánicas	Brújula Wincha Picota Esclerómetro
			GSI	Adimensional			
	Factores operativos	Geometría del banco	Altura de banco	m	Observación	Guía de observación	Software RecMin
			Ancho de banco	m			
			Berma	m			
			Ángulo de banco	Grados			
			Ángulo de talud	Grados			
		Geometría del pit final	Ángulo de talud final	Grados			
Ángulo de interrampa			Grados				
Ángulo de banco			Grados				
		Profundidad del pit	Metros				

**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

**Tabla 2:** Operacionalización de la variable dependiente.

<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	<b>DIMENSIÓN</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>SUB INDICADORES</b>	<b>ÍNDICE</b>	<b>TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b>	<b>INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b>	<b>INSTRUMENTO DE MEDICIÓN</b>
<b>OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE AGREGADOS</b>	Geología	Geología regional	Unidades estratigráficas	Tiempo geológico	Observación	Guía de observación	Software QGis
		Geología local	Unidades estratigráficas	Tiempo geológico			
			Litología	-----			
	Topografía	Levantamiento topográfico	-----	UTM	Observación	Guía de observación	Estación total Software AutoCAD
	Estimación de reservas	Modelo geológico	Reservas probadas	m <sup>3</sup>	Observación	Guía de observación	Software RecMin
		Método de cálculo					
	Producción	Equipos	Carguío	%	Observación	Manual Caterpillar	-----
			transporte	%			
		Recursos humanos	Operarios	Cantidad			
			peones	Cantidad			
	Economía	Estimación económica	Costos	S/.	Entrevista	Guía de entrevista	-----
			Ingresos	S/.			
			Utilidad	S/.			

**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

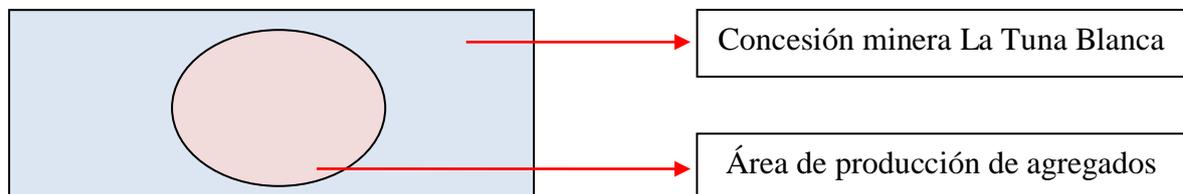
## 2.3. Población y muestra

### 2.3.1. Población

La población del presente estudio está constituida por las 100 hectáreas que conforman la concesión minera La Tuna Blanca.

### 2.3.2. Muestra

La muestra está representada por el área de producción de la cantera La Tuna Blanca la cual fue delimitada mediante un levantamiento topográfico.



## 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

### 2.4.1. Técnicas de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos empleados en la investigación fueron las siguientes:

- **Técnica de la observación:** Permitió observar los hechos, objetos, acciones y situaciones del fenómeno estudiado, para lo cual se realizaron visitas in situ para la observación visual de tales comportamientos.
- **Técnica de análisis documental:** Permitió recolectar información para la elaboración del marco teórico, así como los diferentes mapas, manuales y guías que fueron de ayuda para el desarrollo de los resultados en la investigación.
- **Técnica de entrevista:** Esta técnica sirvió para obtener información de forma personalizada y oral sobre acontecimientos y aspectos en relación a la situación que se está estudiando.

#### **2.4.2. Instrumentos de recolección de datos**

Los instrumentos de recolección de datos que se utilizaron en la investigación fueron:

**Guía de observación de campo:** Se utilizó el formato de campo para la descripción geológica de la zona, la cual consistió en evaluar la composición, formación, litología y depositación del área en estudio.

Se utilizó el formato de campo para realizar el levantamiento topográfico del área de producción la cual fue ejecutada con la ayuda de una estación total obteniendo las coordenadas, la elevación y la descripción del terreno, de esta manera se pudo obtener el dimensionamiento de la concesión minera La Tuna Blanca.

Se utilizó el formato de campo para caracterizar el macizo rocoso y obtener la calidad de roca mediante un análisis cualitativo y cuantitativo; para ello se utilizaron tablas geomecánicas como el RQD, RMR, SMR y GSI. También se utilizaron formatos de laboratorio para determinar la resistencia a la compresión simple de la roca.

Se utilizó también el formato de campo para la estimación de las reservas aplicando el método de los perfiles de esta manera se pudo determinar el volumen de estéril y áridos.

Se utilizó la guía de campo para realizar la propuesta del método de explotación por bancos descendentes bajo criterios geométricos, geomecánicos y operativos, de tal manera que contribuyan a recolectar la información necesario para su diseño.

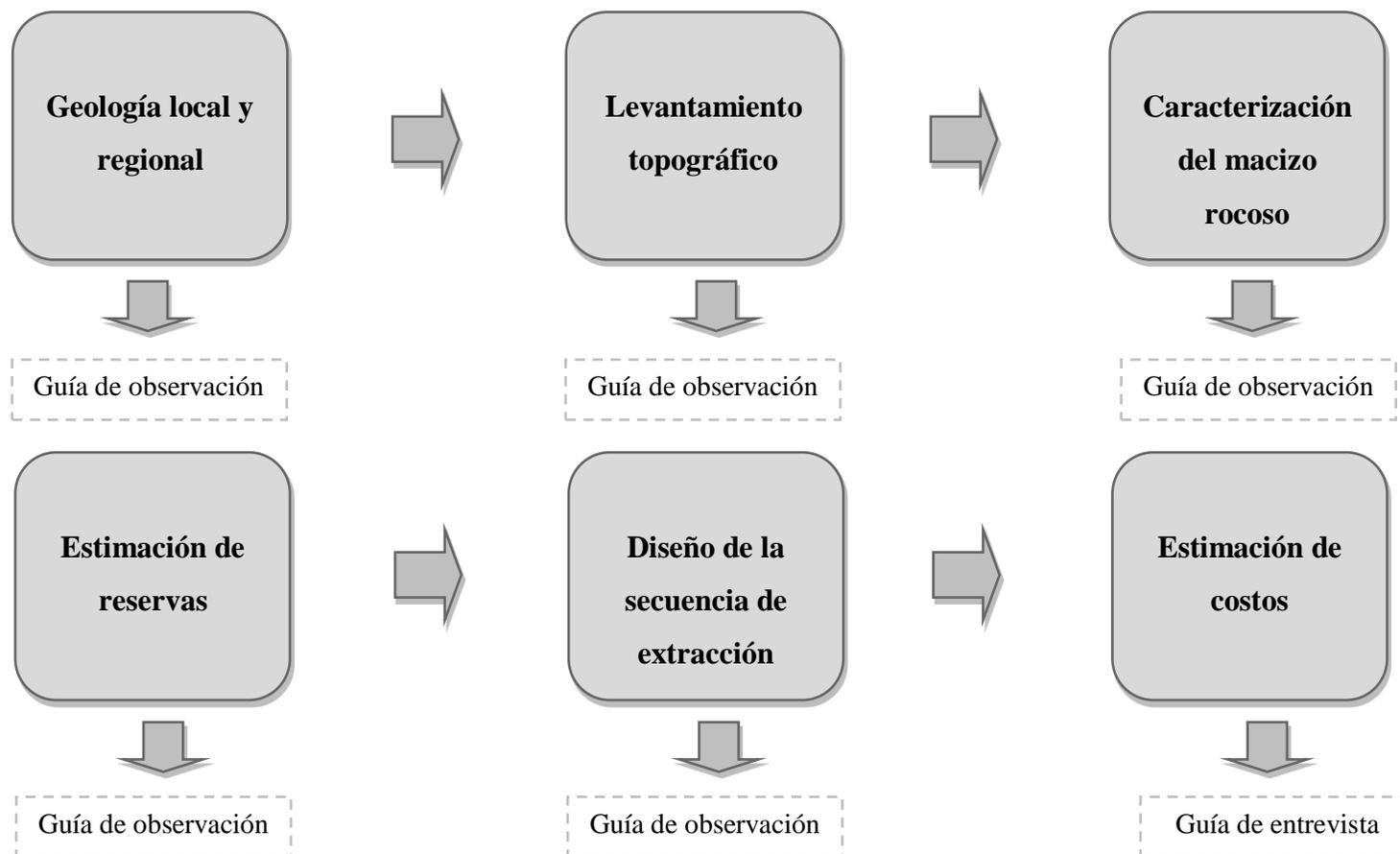
**Guía de entrevista:** La guía de la entrevista fue elaborada con el propósito de identificar la realidad problemática de la Cantera La Tuna Blanca, tales como: Producción diaria de material, maquinaria y equipos disponibles, número de trabajadores, principales proveedores, materiales que se extrae, etcétera, a partir de esta realidad se propuso optimizar la producción a través del método de extracción por bancos descendentes.

#### **2.4.3. Validez y confiabilidad**

La validez y confiabilidad de la investigación depende en gran medida de la aplicación del instrumento de medición, el cual demostró ser consistente en sus resultados y ser sistemáticamente preciso en los mismos, los cuales fueron validados por un ingeniero, un estadístico y un metodólogo (Ver anexo 03).

## 2.5. Procedimiento

### 2.5.1. Diagrama de procesos



## **2.5.2. Descripción de procesos**

### **Geología regional y local**

Se determinó la ubicación de la cantera La Tuna Blanca mediante el Geocatmin, luego se procedió a ubicar el área de la concesión mediante Google Earth, seguidamente se realizó el análisis de las estructuras geológicas mediante visitas a campo en donde se determinó el tipo de depósito y los tipos de rocas que existen en la zona para luego ser procesados en el Software QGis y de esta manera obtener el mapa de la geología regional y local de la cantera La Tuna Blanca. Para llevar a cabo este objetivo se utilizaron las guías de observación (Ver anexo 04).

### **Levantamiento topográfico**

Mediante visitas técnicas a la cantera La Tuna Blanca se realizó el levantamiento topográfico del área de producción de la cantera La Tuna Blanca mediante una estación total, a partir de ello, se pudieron identificar las áreas de reservas probadas, probables, área explotada y el área de vegetación. Una vez obtenidas las coordenadas estas fueron procesadas en gabinete e ingresadas al software AutoCAD Civil 3D obteniendo las curvas de nivel que luego serán plasmadas en un plano topográfico. Para llevar a cabo este objetivo se utilizaron las guías de observación (Ver anexo 05).

### **Caracterización geomecánica del macizo rocoso**

A través de visitas realizadas al área de estudio se determinó la calidad del macizo rocoso empleando herramientas geomecánicas de RQD, RMR, SMR y GSI; para ello se realizaron 3 estaciones geomecánicas. Para determinar el RQD de la roca se empleó el método de Priest y Hudson, realizando mediciones sobre las discontinuidades por metro lineal por cada estación, empleando una wincha para luego sacar un promedio de cada una y obtener el índice de calidad de la roca. Para determinar el RMR de la roca se utilizó un martillo, una wincha y la observación visual para obtener los cinco parámetros: Resistencia a la compresión simple, RQD, separación entre diaclasas, estado de las discontinuidades y la presencia de agua, de acuerdo a los valores y la puntuación que indica el formato.

Para determinar la estabilidad del macizo rocoso se empleó la clasificación geomecánica SMR, en la cual se determinaron los 4 factores de ajuste para luego obtener el promedio por cada estación geomecánica; determinando la estabilidad, la ruptura y el tipo de sostenimiento que se requiere. Para determinar el GSI de la roca se utilizó la observación directa sobre la estructura del macizo rocoso (roca intacta o masiva, blocosa, muy blocosa, etcétera) y la condición de las estructuras (muy buena, buena, regular, mala, muy mala).

Se realizaron ensayos de laboratorio en mecánica de rocas para determinar la resistencia a la compresión simple de la roca tales como: Ensayo de resistencia a la compresión simple, carga puntual y esclerómetro. El procedimiento para llevar a cabo el ensayo de resistencia a la compresión simple consistió en extraer el testigo cilíndrico utilizando una perforadora diamantina a partir del bloque de roca, estos testigos tuvieron una relación de altura/diámetro de 2.5 a 3.0 y el diámetro fue 10 veces superior al tamaño del grano mayor de la roca y no inferior a 50 mm y los extremos fueron paralelos, pulidos y sin grietas; seguidamente se midieron las dimensiones de la muestra y se midieron las alturas del cilindro. El testigo fue introducido en la prensa hidráulica en la cual se fue aumentando la presión hasta que el testigo falle para finalmente analizar las condiciones y modo de rotura.

Para realizar el ensayo del esclerómetro se procedió a limpiar la muestra de roca la cual estuvo libre fisuras, luego se presionó el martillo de manera perpendicular al plano de ensayo hasta que salte el muelle; se tomaron “n” medidas sobre la roca para luego eliminar los valores más bajos y sacar el promedio de las restantes; los valores de rebote se relacionan mediante un ábaco la cual está en función de la densidad de la roca y de la inclinación del martillo, obteniendo de esta manera la resistencia a la compresión simple.

El procedimiento para llevar a cabo el ensayo de carga puntual consistió en extraer el testigo cilíndrico utilizando una perforadora diamantina a partir del bloque de roca, estos testigos fueron cilíndricos con una relación de altura/diámetro superior 1.0. El testigo fue introducido en la máquina y los punzones fueron cerrados hasta que adquiriera contacto con el diámetro del testigo; la carga fue incrementándose de manera constante hasta que se produzca la rotura de la muestra en un lapso entre 10 a 60 segundos.

Para llevar a cabo este objetivo se utilizaron las guías de observación (Ver anexo 06).

## **Cálculo de reservas**

Se determinó el volumen de las reservas probadas mediante el método tradicional de perfiles, para ello se realizaron perfiles longitudinales y transversales con cierta orientación y con cierta distancia de separación entre perfiles con la finalidad de abarcar toda la superficie delimitada del área de extracción. Cada sección tuvo un área respectiva y una distancia determinada entre perfiles, la multiplicación de estas dio como resultado un volumen parcial y la suma de los volúmenes parciales dio como resultado el volumen total de las reservas probadas de la cantera. Para llevar a cabo este objetivo se utilizaron las guías de observación (Ver anexo 07).

## **Diseño de la secuencia de explotación**

El diseño del método de explotación consistió en diseñar la geometría de los bancos y la geometría del pit final; se diseñó la profundidad límite de la cantera, el número de bancos, altura de banco, ángulo de talud de banco, ancho de bermas, ancho de plataformas de trabajo y el ángulo de talud final; cada una de ellas ha sido determinada mediante fórmulas plasmadas en el marco teórico, cabe recalcar que cada fórmula involucró la recolección de información sobre las dimensiones de la maquinaria de carga y transporte, el tipo de material a extraer y el uso de algunas tablas geomecánicas, así como los estudios geológicos, topográficos, estudios geomecánicos, estimación de reservas y propiedades mecánicas de la matriz rocosa.

Se determinó la secuencia de minado; en vista de que la cantera cuenta con maquinaria de carga y transporte se propuso el sistema totalmente discontinuo, seguidamente se determinó mediante un análisis documental las especificaciones técnicas de cada una de ellas, las cuales se tuvieron en cuenta para el diseño de los accesos, pistas y bancos. Se procedió a determinar el diseño de la flota, para ello se determinaron los ciclos y/o tiempo de extracción para estimar la producción diaria, mensual, anual y la vida útil de la cantera; para ello se tendrán en cuenta los tiempos carguío del cargador frontal CAT 950H y el ciclo total de los camiones FAMECA.

Para llevar a cabo este objetivo se utilizaron las guías de observación (Ver anexo 08).

## **Estimación económica**

Para determinar la estimación económica del proyecto se elaboró una entrevista al gerente de la cantera para determinar los precios de venta del material de tal manera que se pueda estimar los ingresos diarios, mensuales y anuales que genera la cantera La Tuna Blanca. Se realizó una evaluación de los costos unitarios, costos diarios y costos mensuales por gastos de personal, maquinaria y equipos para determinar el gasto total. Se realizará el cálculo sumatorio de los ingresos mensuales de la venta de material más los gastos mensuales por gastos de maquinaria, personal y equipos, obteniendo un ingreso total para el dueño de la cantera. Para llevar a cabo este objetivo se utilizará la guía de entrevista (Ver anexo 09).

### **2.6. Método de análisis de datos**

Los métodos de análisis de datos aplicados en la investigación fueron los siguientes:

**Método sistemático:** El método sistemático se empleó para llevar a cabo el proceso de investigación y ayudó a relacionar las variables de estudio apoyados en teorías que permiten sustentar el trabajo de investigación para obtener un trabajo formas y sistemático.

**Método de análisis documental:** La investigación empleó el método de análisis documental el cual consistió en la búsqueda de información de fuentes primarias y fuentes secundarias y recurriendo a los aportes de libros, trabajos de investigación, revistas, etcétera., las cuales sirvieron para estructurar el trabajo y recolectar evidencias.

### **2.7. Aspectos éticos**

Según la transparencia y credibilidad de la investigación y los principios establecidos por la Universidad César Vallejo – filial Chiclayo; el trabajo de investigación ha considerado los siguientes aspectos éticos:

- Manejo de fuentes de consulta
- Claridad en los objetivos de la investigación
- Profundidad en el desarrollo del tema
- Honestidad y responsabilidad

**Manejo de fuentes de consulta.-** Para la actual investigación se emplearon citas bibliográficas, libros y artículos con la finalidad de realizar un marco teórico de acorde a ciencias, métodos, teorías, así como de trabajos previos relacionados a la investigación.

**Claridad en los objetivos de la investigación.-** Para la investigación se tomaron en cuenta los objetivos planteados los cuales fueron propuestos en forma lógica y secuencial cuya finalidad es desarrollar las variables puestas en estudio de tal manera que se logre diseñar el método de extracción por bancos descendentes de acuerdo a una metodología.

**Profundidad en el desarrollo del tema.-** Se aplicaron distintas ciencias concerniente al proyecto de investigación tales como geología, geomecánica, matemática, topografía, etcétera, por lo cual los investigadores estuvieron en constante estudio para el dominio de los diferentes temas y de esta manera ponerlo a prueba en la ejecución del proyecto.

**Honestidad.** Se refiere al nivel de transparencia durante el desarrollo y ejecución de la investigación así como de la difusión de los mismos. Los investigadores tendrán presente los derechos de privacidad de otros autores de tal manera que se evite el plagio de las investigaciones.

**Responsabilidad.-** La actual investigación se desarrolló con todos los principios éticos y considerando todos los aspectos establecidos por la universidad.

### III.RESULTADOS

#### 3.1. Análisis de la geología regional y local del área de estudio

##### 3.1.1. Geología regional del área de estudio

La geología regional del área de estudio pertenece al cuadrángulo de Chota. El área de interés está conformado por la unidad estratigráfica del volcánico de Huambos, la cual se formó en la era cenozoica, sistema terciario y en la serie superior. Como unidades estratigráficas vecinas se encuentran los depósitos aluviales recientes y volcánico Llama, que se formaron en la era cenozoica, y la unidad estratigráfica grupo Pulluicana, que se formó en la era mesozoica en el cretáceo superior, como se detalla en la tabla N°3 (ver lámina N°3, el plano de la geología regional del área de estudio).

*Tabla 3: Descripción de la geología regional del área de estudio.*

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD ESTRATIGRÁFICA	SÍMBOLO
Cenozoico	Cuaternario	Reciente	Dep. Aluvial Reciente	Qr-al
	Terciario	Superior	Volc. Huambos	Ts-vh
		Inferior	Vol. Llama	Ti-vll
Mesozoico	cretáceo	Superior	Gpo. Pulluicana	Km-p

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

La unidad más predominante es el volcánico Huambos, formado en la era cenozoica, perteneciente al sistema terciario superior, hace aproximadamente 23 millones de años. El relieve del volcánico Huambos es generalmente de forma de llanuras, donde se ha desarrollado un sistema de drenaje, permitiendo que las divisorias entre quebradas sean suaves y convexas debido a la porosidad de la roca. La filtración del agua superficial es rápida disminuyendo la intensidad de la erosión. La litología del volcánico Huambos está compuesta por brechas y tobas generalmente de composición ácida, además, se muestran fragmentos y venillas de cuarzo, contiene también cristales euhedrales de biotita en una matriz feldespática que puede corresponder a una toba dacítica. El volcánico Huambos presente un grosor variable con promedios de 50 metros a 100 metros, con un máximo de 400 metros aproximadamente. El volcánico Huambos para el área de estudio se encuentra a una elevación promedio de 2000 m.s.n.m., y localmente su elevación llega a 1800 m.s.n.m.

### 3.1.2. Geología local del área de estudio

La geología local para el área de estudio, aparte de la unidad estratigráfica volcánico Huambos, se puede evidenciar pequeñas concentraciones de depósitos aluviales recientes, como se puede apreciar en la tabla N°4 (ver lámina N°4, el plano de la geología local del área de estudio).

**Tabla 4:** Descripción de la geología local del área de estudio.

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD ESTRATIGRÁFICA	SÍMBOLO
Cenozoico	Cuaternario	Reciente	Dep. Aluvial Reciente	Qr-al
	Terciario	Superior	Volc. Huambos	Ts-vh

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

En el área de estudio se observa la presencia de roca volcánica ligeramente fracturada, con presencia de venillas de yeso y cuarzo. En la parte superficial, contiene una capa con un espesor promedio de 10 metros de arcilla arenosa de color anaranjado rojizo, además, se observa la presencia de fuertes discontinuidades con una persistencia promedio de unos 30 metros y múltiples fracturas ocasionadas por la fuerza mecánica que se utilizaba para su extracción.

## 3.2. Levantamiento topográfico de la concesión minera La Tuna Blanca

### 3.2.1. Ubicación de la cantera La Tuna Blanca

La cantera La Tuna Blanca se encuentra ubicada en el distrito de Santa Cruz, provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca, a 2.8 Km., al noroeste de la capital de la provincia de Santa Cruz. La tabla N°5 hace mención de las coordenadas (WGS – 84 UTM) de los cuatro vértices de la concesión minera, ubicados en el hemisferio sur y en la zona 17M (huso 17, banda M) (ver lámina N°1, el plano de ubicación del área de estudio).

**Tabla 5:** Coordenadas (WGS – 84 UTM) de los vértices de la concesión minera La Tuna Blanca.

COORDENADAS DE LA CONCESIÓN MINERA LA TUNA BLANCA				
VÉRTICE	ESTE	NORTE	HEMISFERIO	ZONA
1	724744	9268637	Sur	17M
2	724744	9269637		
3	725744	9269637		
4	725744	9268637		

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

### 3.2.2. Levantamiento topográfico de la concesión minera La Tuna Blanca

El levantamiento topográfico del área de estudio se realizó con estación total marca Leica y GPS Garmin, cuyo DATUM y sistema de proyección está dado en WGS – 84 UTM, realizado a detalle las partes onduladas del terreno, la parte ya excavada por las actividades diarias de cantera y todo en general.

### 3.2.3. Curvas de nivel

Las curvas de nivel representan el relieve del área de estudio. Las curvas mayores presentan un intervalo de cada 50 metros y las curvas menores de cada 5 metros. La cota máxima es de 1975 m.s.n.m., y la cota mínima es de 1775 m.s.n.m. (ver lámina N°2, el plano topográfico del área de estudio). Para realizar las curvas de nivel se ha utilizado el software minero RecMin por ser de licencia libre para los estudiantes y profesionales de minería y geología.

### 3.2.4. Dimensionamiento de la concesión minera La Tuna Blanca

La tabla N°6 muestra las áreas pertenecientes a la cantera La Tuna Blanca. A las reservas probadas le corresponde un área de 267,406.94 m<sup>2</sup>, área donde hay un cierto grado de confianza de que se encuentran las suficientes reservas de áridos para garantizar su explotación, tanto por las diferentes investigaciones realizadas por el investigador y las investigaciones realizadas por profesionales del INGEMMET. En cuanto al área de las reservas probables (85,630.33 m<sup>2</sup>) sólo se han realizado pequeñas observaciones donde se puede apreciar la presencia de áridos las cuales no garantiza para clasificarlas como áreas de reservas probadas. Las áreas ya explotadas corresponde a un total de 36,361.83 m<sup>2</sup>, las cuales sirven para el parque de la maquinaria pesada y las instalaciones del área de chancado y almacén del producto chancado (agregados artificiales). El área de 610,600.9 m<sup>2</sup> corresponde a aquellas áreas de cultivos que se encuentran dentro de la cantera pero pertenecen a otros propietarios (ver lámina N°2, el plano topográfico del área de estudio).

*Tabla 6: Dimensionamiento de la concesión minera La Tuna Blanca.*

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO		
TIPO DE ÁREA	ÁREA (m <sup>2</sup> )	TOTAL
Reservas probadas	267406.94	1000000 m <sup>2</sup>
Reservas probables	85630.33	
Área explotada	36361.83	
Área de cultivo	610600.9	

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

### 3.2.5. Descripción de la orografía del área de estudio

La orografía está representada por un río principal y pequeñas quebradas, con vegetación de familias como faiques, helechos, cactus y otras plantas menores, presencia de diferentes insectos y reptiles, presencia de superficies ligeramente onduladas con pendientes que van desde 2% hasta en un 60% aproximadamente, las áreas con menor pendiente pertenecen a las áreas de cultivo, el clima es generalmente caluroso. En general, la topografía garantiza un mínimo de error porque se ha utilizado equipos de alta precisión como es la estación total, permitiendo que los cálculos sean de mayor confianza para la planificación y diseño de las explotaciones mineras.

### 3.3. Caracterización geomecánica del macizo rocoso de la cantera La Tuna Blanca

Para una buena identificación del tipo de roca presente en el área de estudio se realizaron estudios geomecánicos utilizando herramientas geomecánicas, las cuales son metodologías empíricas pero de gran importancia para la toma de decisiones.

#### 3.3.1. Descripción general de las estaciones geomecánicas

Las estaciones geomecánicas tomadas en el área de estudio fueron tres por el motivo que la roca presenta pequeños cambios, esto permite tener una mayor aproximación de la calidad de la roca existente en el área de estudio, tal como se detalla en la tabla N°7.

*Tabla 7: Coordenadas de ubicación de las estaciones geomecánicas del macizo rocoso.*

ESTACIÓN	DENOMINACIÓN	COORDENADAS DE UBICACIÓN		
		ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
1	CTB-E-1	725088	9269052	1900
2	CTB-E-2	725208	9269013	1881
3	CTB-E-3	725313	9268981	1885

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

#### 3.3.2. Resumen de las observaciones

##### a. Índice de la calidad de la roca (RQD)

En la estación CTB-E-1 se han realizado 10 mediciones, es decir 10 veces se ha contado el número de discontinuidades por metro lineal de roca, con la finalidad de aplicar la ecuación de Priest and Hudson y dar con el RQD de la roca.

En la estación CTB-E-2 se han realizado 8 mediciones y en la estación CTB-E-3 se han realizado 6 mediciones. En la tabla N°8 se muestra el RQD para cada observación de los cuales se ha sacado un promedio para obtener una mayor aproximación del índice de calidad de la roca en cada una de las estaciones geomecánicas realizadas.

**Tabla 8:** Resumen de cálculo del RQD del macizo rocoso.

ESTACIÓN GEOMECÁNICA PARA EL RQD DEL MACIZO ROCOSO					
CTB-E-1		CTB-E-2		CTB-E-3	
$\lambda$	RQD	$\lambda$	RQD	$\lambda$	RQD
6	87.81%	3	96.31%	4	93.84%
4	93.84%	2	98.25%	5	90.98%
7	84.42%	2	98.25%	5	90.98%
3	96.31%	3	96.31%	4	93.84%
5	90.98%	1	99.53%	3	96.31%
7	84.42%	2	98.25%	4	93.84%
3	96.31%	2	98.25%		
4	93.84%	3	96.31%		
8	80.88%				
6	87.81%				
Promedio	89.66%	Promedio	97.68%	Promedio	93.30%
Tipo de roca	Buena	Tipo de roca	Muy buena	Tipo de roca	Muy buena

Fuente: Elaboración propia, 2019.

### Cálculo

- Para 6 juntas por metro lineal:

$$RQD = 100e^{-0.1\lambda}(0.1\lambda + 1)$$

$$RQD = 100e^{-0.1 \times 6}(0.1 \times 6 + 1)$$

$$RQD = 87.81\%$$

De la misma manera para todas las observaciones. El promedio de las observaciones es:

- **RQD promedio para la estación CTB-E-1**

$$RQD = \frac{87.81 + 93.84 + 84.42 + 96.31 + 90.98 + 84.42 + 96.31 + 93.84 + 80.88 + 87.81}{10}$$

$$RQD = 89.66\%$$

El promedio es de un 89.66%, este valor será el RQD más probable de la roca que existe en la estación CTB-E-1. Esto significa que la calidad de la roca es “Buena”.

- **RQD promedio para la estación CTB-E-2**

$$RQD = \frac{96.31 + 98.25 + 98.25 + 96.31 + 99.53 + 98.25 + 98.25 + 96.31}{8}$$

$$RQD = 97.68\%$$

El promedio es de un 97.68%, este valor será el RQD más probable de la roca que existe en la estación CTB-E-2. Esto significa que la calidad de la roca es “Muy Buena”.

- **RQD promedio para la estación CTB-E-3**

$$RQD = \frac{93.84 + 90.98 + 90.98 + 93.84 + 96.31 + 93.84}{6}$$

$$RQD = 93.30\%$$

El promedio es de un 93.30%, este valor será el RQD más probable de la roca que existe en la estación CTB-E-3. Esto significa que la calidad de la roca es “Muy Buena”.

**b. Clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR)**

*Tabla 9: Resumen de cálculo del RMR del macizo rocoso.*

ESTACIÓN GEOMECÁNICA PARA EL RMR DEL MACIZO ROCOSO						
PARÁMETROS	CTB-E-1		CTB-E-2		CTB-E-3	
	DESCRIPCIÓN	VALOR	DESCRIPCIÓN	VALOR	DESCRIPCIÓN	VALOR
Resistencia a la compresión uniaxial	La muestra se rompió con 4 golpes del martillo	12	La muestra se rompió con 4 golpes del martillo	12	La muestra se rompió con 4 golpes del martillo	12
RQD	89.66%	17	97.68%	20	93.30%	20
Espaciamiento promedio entre juntas	Promedio de 0.18 m	8	Promedio de 0.33 m	10	Promedio de 0.19 m	8
Persistencia	Promedio de 15 m	1	Promedio de 8 m	2	Promedio de 8 m	2
Abertura promedio	Promedio de 25 mm	0	Promedio de 2 mm	1	Por debajo a un milímetro	3
Rugosidad de las paredes de la discontinuidad	Rugosa	5	Rugosa	5	Ligeramente rugosa	3
Relleno de las juntas	Relleno blando, generalmente arcilla, yeso	0	Limpia	6	Relleno blando de tipo yeso	2
Alteración	Inalterada	6	Inalterada	6	Inalterada	6
Condición del agua subterránea	Seco	15	Seco	15	Seco	15
RMR	64		77		71	
CLASE	II		II		II	
DESCRIPCIÓN	Buena		Buena		Buena	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En la tabla N°9 se presenta un resumen de las observaciones de campo realizadas; para la estación CTB-E-1 se obtiene un RMR de 64 perteneciendo a la clase II con una descripción de roca “Buena”, en la estación CTB-E-2 se obtiene un RMR de 77 perteneciendo a la clase II con descripción de roca “Buena” y para la estación CTB-E-3 se obtiene un RMR de 71 perteneciendo a la clase II con una descripción de roca “Buena”. En conclusión, el tipo de roca predominante en el área de estudio es de clase II con una descripción de roca “Buena”.

### c. Clasificación geomecánica para taludes (SMR)

En la tabla N°10 se presenta un resumen de los cálculos que se ha realizado para los 4 factores de ajuste necesarios para hallar el SMR en todas las estaciones geomecánicas realizadas en el área de estudio.

*Tabla 10: Resumen de cálculo del SMR del macizo rocoso.*

ESTACIÓN	FAMILIA	RMR	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	SMR	SMR <sub>PROMEDIO</sub>
CTB - E - 1	1	64	0.0002	1.15	-6	0	59.15	64.71
	2	64	3.76	0.07	0	0	67.83	
	3	64	2.87	0.29	0	0	67.16	
CTB - E - 2	1	77	4	1.15	-6	0	76.15	77.15
	2	77	0.83	6.31	-6	0	78.14	
CTB - E - 3	1	71	3.69	0.73	-6	0	69.42	69.42

Fuente: Elaboración propia, 2019.

### Cálculo

#### - CTB - E - 1

#### Familia 1

$$\alpha_j = 230$$

$$\alpha_s = 330$$

$$\beta_j = 83$$

$$\beta_s = 75$$

$$F_1 = (1 - \text{sen}|\alpha_j - \alpha_s|)^2$$

$$F_1 = (1 - \text{sen}|230 - 330|)^2$$

$$F_1 = 0.0002$$

$$F_2 = \text{tg}^2(\beta_j)$$

$$F_2 = \text{tg}^2(83)$$

$$F_2 = 1.15$$

$$F_3 = \beta_j - \beta_s$$

$$F_3 = 83 - 75$$

$$F_3 = 8 \dots \dots \dots 10^\circ - 0^\circ \text{ rango}$$

$$F_3 = -6$$

$$F_4 = \text{Excavación mecánica}$$

$$F_4 = 0$$

**Familia 2**

$$\alpha_j = 40$$

$$\alpha_s = 330$$

$$\beta_j = 88$$

$$\beta_s = 75$$

$$F_1 = (1 - \text{sen}|\alpha_j - \alpha_s|)^2$$

$$F_1 = (1 - \text{sen}|40 - 330|)^2$$

$$F_1 = 3.76$$

$$F_2 = \text{tg}^2(\beta_j)$$

$$F_2 = \text{tg}^2(88)$$

$$F_2 = 0.07$$

$$F_3 = \beta_j - \beta_s$$

$$F_3 = 88 - 75$$

$$F_3 = 13 \dots \dots \dots > 10^\circ \text{ rango}$$

$$F_3 = 0$$

$$F_4 = \text{Excavación mecánica}$$

$$F_4 = 0$$

**Familia 3**

$$\alpha_j = 14$$

$$\alpha_s = 330$$

$$\beta_j = 86$$

$$\beta_s = 75$$

$$F_1 = (1 - \text{sen}|\alpha_j - \alpha_s|)^2$$

$$F_1 = (1 - \text{sen}|14 - 330|)^2$$

$$F_1 = 2.87$$

$$F_2 = \text{tg}^2(\beta_j)$$

$$F_2 = \text{tg}^2(86)$$

$$F_2 = 0.29$$

$$F_3 = \beta_j - \beta_s$$

$$F_3 = 86 - 75$$

$$F_3 = 11 \dots \dots \dots > 10^\circ \text{ rango}$$

$$F_3 = 0$$

$$F_4 = \text{Excavación mecánica}$$

$$F_4 = 0$$

- CTB - E - 2

**Familia 1**

$$\alpha_j = 80$$

$$\alpha_s = 350$$

$$\beta_j = 83$$

$$\beta_s = 79$$

$$F_1 = (1 - \text{sen}|\alpha_j - \alpha_s|)^2$$

$$F_1 = (1 - \text{sen}|80 - 350|)^2$$

$$F_1 = 4$$

$$F_2 = \text{tg}^2(\beta_j)$$

$$F_2 = \text{tg}^2(83)$$

$$F_2 = 1.15$$

$$F_3 = \beta_j - \beta_s$$

$$F_3 = 83 - 79$$

$$F_3 = 4 \dots \dots \dots 10^\circ - 0^\circ \text{ rango}$$

$$F_3 = -6$$

$$F_4 = \text{Excavación mecánica}$$

$$F_4 = 0$$

**Familia 2**

$\alpha_j = 355$	$F_2 = \text{tg}^2(81)$
$\alpha_s = 350$	$F_2 = 6.31$
$\beta_j = 81$	$F_3 = \beta_j - \beta_s$
$\beta_s = 79$	$F_3 = 81 - 79$
$F_1 = (1 - \text{sen} \alpha_j - \alpha_s )^2$	$F_3 = 2 \dots \dots \dots 10^\circ - 0^\circ \text{ rango}$
$F_1 = (1 - \text{sen} 355 - 350 )^2$	$F_3 = -6$
$F_1 = 0.83$	$F_4 = \text{Excavación mecánica}$
$F_2 = \text{tg}^2(\beta_j)$	$F_4 = 0$

**- CTB - E - 3**

**Familia 1**

$\alpha_j = 255$	$F_2 = \text{tg}^2(84)$
$\alpha_s = 8$	$F_2 = 0.73$
$\beta_j = 84$	$F_3 = \beta_j - \beta_s$
$\beta_s = 82$	$F_3 = 84 - 82$
$F_1 = (1 - \text{sen} \alpha_j - \alpha_s )^2$	$F_3 = 2 \dots \dots \dots 10^\circ - 0^\circ \text{ rango}$
$F_1 = (1 - \text{sen} 255 - 8 )^2$	$F_3 = -6$
$F_1 = 3.69$	$F_4 = \text{Excavación mecánica}$
$F_2 = \text{tg}^2(\beta_j)$	$F_4 = 0$

En la tabla N°11 se presenta un análisis de estabilidad según la clasificación geomecánica SMR, la cual concluye que para las tres estaciones geomecánicas el tipo de roca es “Buena” de clase II, con una estabilidad estable y que se puede presentar algunas rupturas de bloques, mientras que el sostenimiento es ocasional.

*Tabla 11: Clase de estabilidad según el SMR para el macizo rocoso.*

ESTACIONES	CLASE DE ESTABILIDAD SEGÚN EL SMR						
	SMR	Clase	Sub - Clase	Roca	Estabilidad	Ruptura	Sostenimiento
<b>CTB - E - 1</b>	64.71	II	IIa	Buena	Estable	Algunos bloques	Ocasiones
<b>CTB - E - 2</b>	77.15	II	IIb	Buena	Estable	Algunos bloques	Ocasiones
<b>CTB - E - 3</b>	69.42	II	IIa	Buena	Estable	Algunos bloques	Ocasiones

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

#### d. Índice de resistencia geológica (GSI)

La tabla N°12 presenta las observaciones hechas en campo para el GSI. En la estación CTB-E-1 se observa un macizo rocoso con tres sets o familias de juntas que define bloques cúbicos trabados entre sí, las caras de las juntas principales son rugosas y se observa un macizo que no presenta ningún tipo de alteración alguna. En la estación CTB-E-2 se observa un macizo rocoso con dos juntas o familias de juntas, también definen bloques cúbicos trabados entre sí, las caras de las juntas son rugosas y la masa rocosa no presenta ningún tipo de alteración, finalmente en la estación CTB-E-3 se observa un macizo rocoso con un set de juntas definiendo grandes bloques paralelos entre sí, las caras son rugosas y también se observa que no presenta ningún tipo de alteración.

*Tabla 12: Observación del GSI del macizo rocoso.*

ESTACIÓN	DESCRIPCIÓN	GSI
CTB – E – 1	Macizo rocoso con tres sets o familias de discontinuidades, que definen bloques cúbicos trabados entre sí. Rugosa y no presenta alteración.	65
CTB – E – 2	Macizo rocoso con hasta dos sets o familias de juntas, que definen bloques cúbicos. Rugosa y no presenta alteración.	70
CTB – E – 3	Macizo rocoso con presencia de un sets o familia de discontinuidades y fracturas de poca importancia. No presenta alteración y rugosa.	75

Fuente: Elaboración propia, 2019.

#### 3.3.3. Comparación entre estaciones geomecánicas

En la tabla N°13 se muestra una comparación entre clasificaciones geomecánicas. Según el RQD, el tipo de roca para la estación CTB-E-1 es de calidad “Buena” y para las estaciones CTB-E-2 y CTB-E-3 la calidad de la roca es “Muy buena”. Según el RMR, el tipo de roca para las tres estaciones geomecánicas es del tipo II, es decir, una roca de calidad “Buena”; y según la clasificación geomecánica SMR el tipo de roca es de tipo II, es decir, de calidad “Buena”, pero está a la vez lo clasifica en sub-clases según esto, el tipo de roca existente en las estaciones CTB-E-1 y CTB-E-3 es de sub-clase IIa y para la estación CTB-E-2 es de sub-clase IIb, ambas estaciones son de roca de “Buena” calidad.

*Tabla 13: Comparación entre clasificaciones geomecánicas del macizo rocoso.*

TIPOS DE ROCA SEGÚN LAS CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS									
ESTACIÓN	RQD		RMR			SMR			
	Puntaje	Tipo	Puntaje	Clase	Descripción	Puntaje	Clase	Sub - Clase	Descripción
CTB – E – 1	89.66%	Buena	64	II	Buena	64.71	II	IIa	Buena
CTB – E – 2	97.68%	Muy Buena	77	II	Buena	77.15	II	IIb	Buena
CTB – E – 3	93.30%	Muy Buena	71	II	Buena	69.42	III	IIa	Buena

Fuente: Elaboración propia, 2019.

### 3.3.1. Ensayos de laboratorio

#### a. Ensayo de compresión simple

La resistencia a la compresión simple es la fuerza máxima que puede resistir una muestra de roca cuando es sometida a una carga axial; los resultados se muestran a continuación:

##### Datos:

- Diámetro de la muestra = 5.4 cm.
- Longitud del testigo = 13.5 cm.
- Gradiente = 10.000 MPa/s
- Área = 22.89 cm<sup>2</sup>
- Carga inicial = 10.000 KN
- Carga de rotura = 39%

El resultado del ensayo de laboratorio es de 95.352 MPa de resistencia a la compresión simple de la roca (toba) bajo la carga máxima de 218.376 KN.

#### b. Ensayo de esclerómetro

El ensayo por esclerómetro permite conocer una aproximación de la resistencia simple de la roca (toba). Se han tomado 10 datos, para luego obtener la media aritmética correspondiente y hacer sus respectivos análisis. Los datos tomados con el esclerómetro son los siguientes: 47.5, 48.0, 40.8, 41.0, 48.0, 45.7, 44.9, 46.7, 47.5, 50.5.

Para el cálculo de la media aritmética de los valores obtenidos en el ensayo de esclerómetro, se realizó una pre-selección. Según investigadores, recomiendan eliminar 5 datos de cada 10 datos tomados. Se recomienda eliminar los 5 datos más inferiores que existan, quedando de la siguiente manera: 50.5, 48.0, 48.0, 47.5, 47.5; a partir de ello se calcula la media aritmética, obteniendo lo siguiente:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$
$$X = \frac{50.5 + 48.0 + 48.0 + 47.5 + 47.5}{5}$$
$$X = 48.3$$

Se procede a determinar la densidad en peso para la roca, de la siguiente forma:

- Longitud de testigo = 0.135 m.
- Diámetro del testigo = 0.054 m.

- Masa del testigo = 783.6 gr = 0.7836 Kg.
- Peso = 0.7836 Kg \* 9.81 m/s<sup>2</sup> = 7.687 N
- Volumen del testigo:

$$v = AL$$

$$v = \frac{\pi(D^2)}{4} L$$

$$v = \frac{\pi(0.054^2 m^2)}{4} \times 0.135 m$$

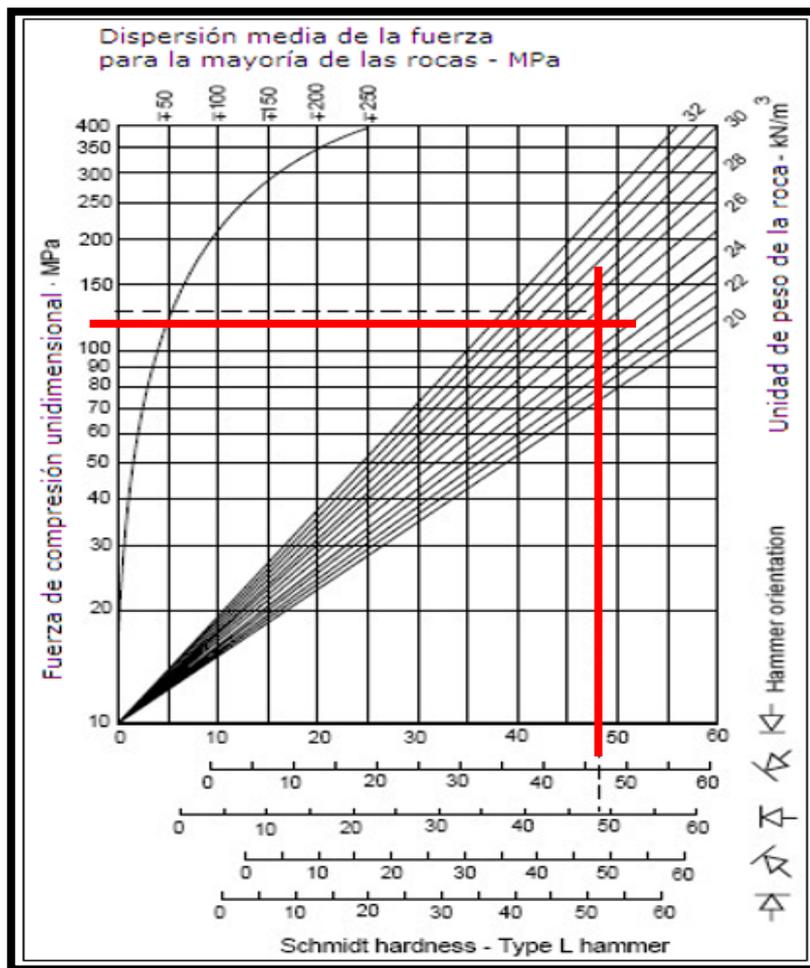
$$v = 0.0003092 m^3$$

- Densidad en peso:

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

$$\rho = \frac{7.687 N}{0.0003092 m^3}$$

$$\rho = 24.9 KN/m^3$$



La resistencia a la compresión simple de la roca es aproximadamente a 115 MPa.

### c. Ensayo de carga puntual

En ensayo de carga puntual es otra forma de conocer la resistencia a la compresión simple de la roca (toba). Para la siguiente investigación se realizó de la forma siguiente:

- Diámetro de la roca ensayada:  $D = 5.4 \text{ cm}$ .
- Longitud de la muestra:  $L = 5.4 \text{ cm}$ .
- Carga de ruptura:  $P = 11.038 \text{ KN}$ .
- Índice a partir de la carga puntual:

$$I_s = \frac{P}{D^2}$$
$$I_s = \frac{11.038 \text{ KN}}{0.054^2 \text{ m}^2}$$
$$I_s = 3.8 \text{ MN/m}^2$$

El diámetro del testigo es de 54 mm, por ello, no se corrige el índice de carga de ruptura porque se aproxima al diámetro de 50 mm. La resistencia a la compresión simple responde a la siguiente formula:

$$\sigma_c = 23I_s$$
$$\sigma_c = 23 * 3.8$$
$$\sigma_c = 87.4 \text{ MPa}$$

La resistencia a la compresión simple es de 87 MPa.

### 3.3.2. Densidades de los áridos (toba)

#### a. Densidad in situ

- Longitud del testigo = 13.5 cm.
- Diámetro del testigo = 5.4 cm.
- Masa del testigo = 783.6 gr.
- Volumen del testigo:

$$v = AL$$
$$v = \frac{\pi(D^2)}{4} L$$
$$v = \frac{\pi(5.4^2 \text{ cm}^2)}{4} \times 13.5 \text{ cm}$$
$$v = 309.18 \text{ cm}^3$$

- Densidad:

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

$$\rho = \frac{783.6 \text{ g}}{309.18 \text{ cm}^3}$$

$$\rho = 2.53 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times \frac{1 \text{ Kg}}{1000 \text{ gr}} \times \frac{1 \times 10^6 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3}$$

$$\rho = 2530 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho = 2.53 \frac{\text{Tm}}{\text{m}^3}$$

### b. Densidad suelta

- Volumen de recipiente:

$$V = \pi r^2(L)$$

$$V = \pi \times 9 \text{ cm}^2 \times (9.9 \text{ cm})$$

$$V = 2519.966 \text{ cm}^3$$

- Peso de recipiente = 905 gr.
- Peso del recipiente + áridos = 4450 gr.
- Densidad suelta:

$$\rho = \frac{(\text{peso recipiente} + \text{aridos}) - \text{peso recipiente}}{v}$$

$$\rho = \frac{4450 - 905}{2519.966}$$

$$\rho = 1.41 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} * \frac{1 \text{ Kg}}{1000 \text{ gr}} * \frac{1 \times 10^6 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3}$$

$$\rho = 1.41 \text{ Tm/m}^3$$

La tabla N°14 muestra un resumen de los ensayos de laboratorio de la resistencia a la compresión simple de la roca y las densidades in situ y suelta de los áridos.

**Tabla 14:** Comparación de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio.

ENSAYOS DE LABORATORIO	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE LA ROCA (TOBA)	
Esclerómetro (MPa)	115 MPa.
Uniaxial (MPa)	95.352 MPa.
Carga puntual (MPa)	87 MPa.

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

### 3.1. Estimación de reservas

#### 3.4.1. Perfil estratigráfico N°1

La estratigrafía del área de estudio está compuesta por dos estratos: Una capa de arcilla arenosa de color anaranjado rojizo que se considera la parte estéril con un espesor promedio de 14.14 metros y la capa de áridos con un espesor promedio de 109.9 metros.

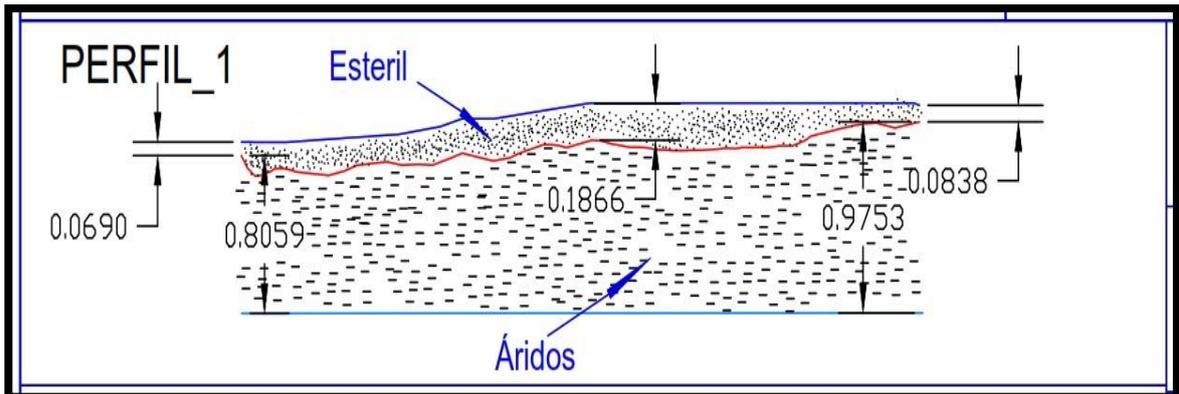


Figura 1: Perfil estratigráfico N° 1 de la cantera La Tuna Blanca. Fuente: Elaboración propia, 2019.

#### Cálculo:

- Cálculo del espesor promedio para la capa de estéril, considerando las dimensiones del plano a una escala de 1:125000.

Dimensión = 0.0690 mm.....0.0000690 m

$$E = \frac{L_{plano}}{L_{terreno}}$$

$$L_{terreno} = \frac{L_{plano}}{E}$$

$$L_{terreno} = \frac{0.0000690}{1/125000}$$

$$L_{terreno} = 8.6m$$

De la misma manera para todas las dimensiones que se requiera realizar en el plano del modelo geológico (Ver lámina N°5, el plano N°5 del perfil estratigráfico).

En la tabla N°15 se presenta un resumen de las dimensiones calculadas con la finalidad de obtener el espesor promedio del estrato de estéril.

**Tabla 15:** Espesor promedio del estrato de arcilla arenosa.

<b>L<sub>plano</sub> (mm)</b>	<b>L<sub>plano</sub> (m)</b>	<b>Escala</b>	<b>L<sub>terreno</sub> (m)</b>	<b>PROMEDIO</b>
0.0690	0.0000690	1:125000	8.6	14.14 m
0.1866	0.0001866	1:125000	23.3	
0.0838	0.0000838	1:125000	10.5	

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

- Cálculo del espesor promedio para la capa de áridos, considerando las dimensiones del plano a una escala de 1:125000.

**Dimensión = 0.8059 mm.....0.0008059 m**

$$E = \frac{L_{plano}}{L_{terreno}}$$

$$L_{terreno} = \frac{L_{plano}}{E}$$

$$L_{terreno} = \frac{0.0008059}{1/125000}$$

$$L_{terreno} = 100.7m$$

De la misma manera para todas las dimensiones que se requiera realizar en el plano del modelo geológico (Ver lámina N°5, el plano del perfil estratigráfico). En la tabla N°16 se presenta un resumen de las dimensiones calculadas con la finalidad de obtener el espesor promedio del estrato de áridos.

**Tabla 16:** Espesor promedio del estrato de áridos.

<b>L<sub>plano</sub> (mm)</b>	<b>L<sub>plano</sub> (m)</b>	<b>Escala</b>	<b>L<sub>terreno</sub> (m)</b>	<b>PROMEDIO</b>
0.8059	0.0008059	1:125000	100.7	109.9 m
0.9753	0.0009753	1:125000	121.9	
0.8564	0.0008564	1:125000	107.1	

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

### 3.4.2. Perfil estratigráfico N°2

Al igual que el perfil estratigráfico N°1, está compuesto por dos estratos: Una capa de arcilla arenosa de color anaranjado rojizo con espesor promedio de 5.8 metros y una capa de áridos con espesor promedio de 30.7 metros.

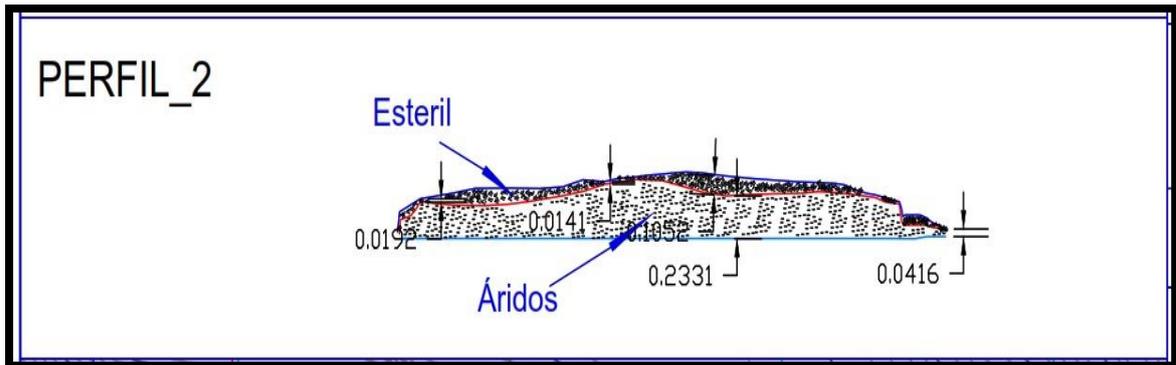


Figura 2: Perfil estratigráfico N° 2 de la cantera La Tuna Blanca. Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Cálculo:**

- Cálculo del espesor promedio para la capa de estéril, considerando las dimensiones del plano a una escala de 1:125000.

**Dimensión = 0.0192 mm.....0.0000192 m**

$$E = \frac{L_{plano}}{L_{terreno}}$$

$$L_{terreno} = \frac{L_{plano}}{E}$$

$$L_{terreno} = \frac{0.0000192}{1/125000}$$

$$L_{terreno} = 2.4m$$

De la misma manera para todas las dimensiones que se requiera realizar en el plano del modelo geológico (Ver lámina N°5, el plano del perfil estratigráfico).

En la tabla N°17 se presenta un resumen de las dimensiones calculadas con la finalidad de obtener el espesor promedio del estrato de estéril.

Tabla 17: Espesor promedio para el estrato de arcilla arenosa.

Lplano (mm)	Lplano (m)	Escala	Lterreno (m)	PROMEDIO
0.0192	0.0000192	1:125000	2.4	5.8 m
0.0141	0.0000141	1:125000	1.8	
0.1052	0.0001052	1:125000	13.2	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

- Cálculo del espesor promedio para la capa de áridos, considerando las dimensiones del plano a una escala de 1:125000.

**Dimensión = 0.2331 mm.....0.0002331 m**

$$E = \frac{L_{plano}}{L_{terreno}}$$

$$L_{terreno} = \frac{L_{plano}}{E}$$

$$L_{terreno} = \frac{0.0002331}{1/125000}$$

$$L_{terreno} = 29.1m$$

De la misma manera para todas las dimensiones que se requiera realizar en el plano del modelo geológico (Ver lámina N°5, el plano del perfil estratigráfico). En la tabla N°18 se presenta un resumen de las dimensiones calculadas con la finalidad de obtener el espesor promedio del estrato de los áridos.

*Tabla 18: Espesor promedio del estrato de áridos.*

<b>L<sub>plano</sub> (mm)</b>	<b>L<sub>plano</sub> (m)</b>	<b>Escala</b>	<b>L<sub>terreno</sub> (m)</b>	<b>PROMEDIO</b>
0.2331	0.0002331	1:125000	29.1	30.7 m
0.3186	0.0003186	1:125000	39.8	
0.1846	0.0001846	1:125000	23.1	

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

### **3.4.3. Modelo geológico**

A base de los perfiles, se ha modelado con el software minero RecMin cada uno de los estratos, con fines de encontrar el volumen de cada uno de los estratos (Ver lámina N°5, el plano de las vistas del modelo geológico resultado de los perfiles).

### **3.4.4. Cálculo de reservas**

#### **Estéril**

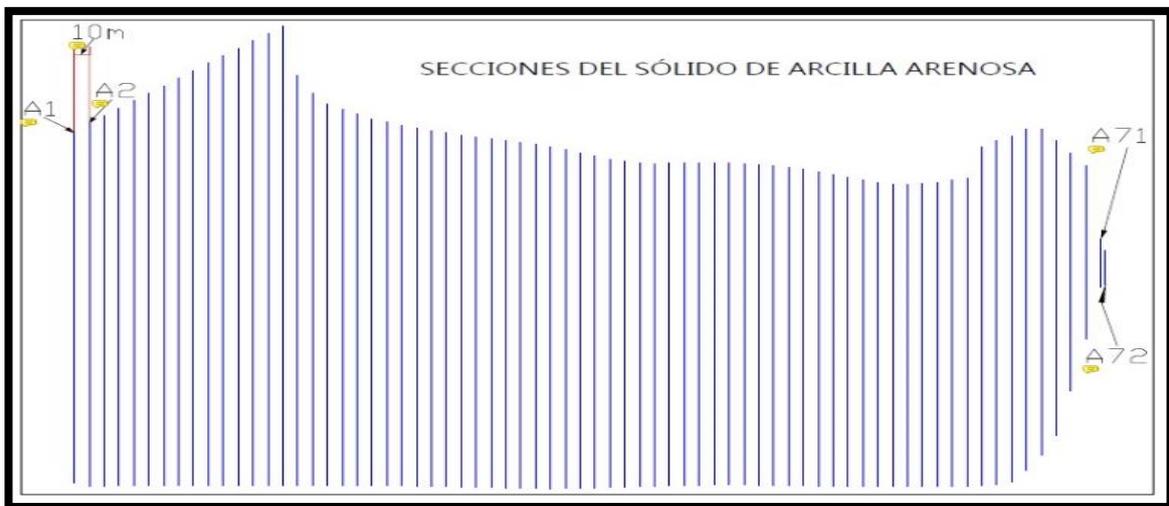
Para el cálculo del volumen total de arcilla arenosa existente se ha utilizado la metodología de los perfiles, expresado a continuación:

$$V_t = \frac{(A_1 + A_2)}{2} x d_p + \dots + \frac{(A_{71} + A_{72})}{2} x d_p$$

$$V_t = \frac{(9210.77 + 11039.62)}{2} x 10 + \dots + \frac{(435.6 + 50)}{2} x 2.03$$

$$V_t = 5033517.03 \text{ m}^3 B$$

En total, las reservas de volumen total de arcilla arenosa son de 5,033,517.03 m<sup>3</sup>B (Ver figura N°3 las secciones que se ha realizado en el momento de calcular el volumen del sólido que representa a los estratos de estéril).



**Figura 3:** Secciones del sólido de arcilla arenosa. **Fuente:** Elaboración propia, 2019.

## Áridos

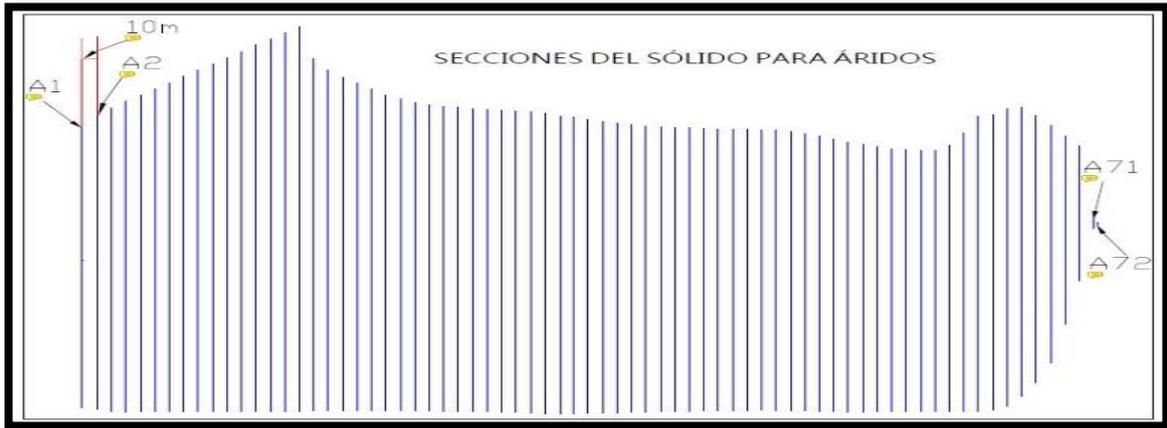
Para el cálculo del volumen total de áridos existente, se ha utilizado la metodología de los perfiles, expresado a continuación:

$$V_t = \frac{(A_1 + A_2)}{2} x d_p + \dots + \frac{(A_{71} + A_{72})}{2} x d_p$$

$$V_t = \frac{(30378.93 + 29565.69)}{2} x 10 + \dots + \frac{(232.34 + 10)}{2} x 0.54$$

$$V_t = 21011495.58 \text{ m}^3 B$$

En total, las reservas de áridos para el área de estudio son de 21,011,495.58 m<sup>3</sup>B. (Ver figura N°4 las secciones que se ha realizado para el cálculo de volumen de áridos).



**Figura 4:** Secciones del sólido para áridos. **Fuente:** Elaboración propia, 2019.

Las reservas calculadas en este proceso son las efectivas que se encuentran en el área de estudio, pero con el diseño de la explotación estas reservas disminuyen por el motivo de considerar la geometría del talud final del pit.

### 3.5. Diseño del método de extracción por bancos descendentes

#### 3.5.1. Geometría de banco

Para el diseño de la explotación de los áridos se consideraron los bancos de trabajo y los bancos de seguridad.

#### Banco de trabajo

##### a. Altura de banco

Según el coeficiente de Protodyakonov, la altura de banco de trabajo para las tobas y arcilla es de 10 – 15 m. Para la investigación la altura de banco se decidió de acuerdo a la maquinaria de carguío con que se cuenta en las operaciones (cargador frontal CATERPILLAR modelo 950H), con una altura máxima del brazo de 5.44 metros; reemplazando en la fórmula se obtiene:

$$H_{banco} = 0.9 \times Ab_{carg}$$

$$H_{banco} = 0.9 \times 5.44 \text{ m}$$

$$H_{banco} = 4.89 \text{ m}$$

$$H_{banco} \approx 5 \text{ metros}$$

La altura de los bancos de trabajo será de 5 metros, tanto para el material de arcilla arenosa como para los áridos (toba dacítica).

## b. Ángulo de talud de banco

Para el caso de estudio se tiene un coeficiente de Protodyakonov de 8 para la toba dacítica y un coeficiente de Protodyakonov de 1 para las arcillas arenosas, por lo tanto, aplicando la fórmula se obtiene:

### - Toba dacítica

$$\theta = \text{Arctg}(f)$$

$$\theta = \text{Arctg}(8)$$

$$\theta = 82.8$$

$$\theta \approx 83^\circ$$

### - Arcilla arenosa

$$\theta = \text{Arctg}(f)$$

$$\theta = \text{Arctg}(1)$$

$$\theta = 45^\circ$$

## c. Ancho de las plataformas de trabajo

El ancho mínimo requerido de las plataformas de trabajo obedece a la siguiente fórmula:

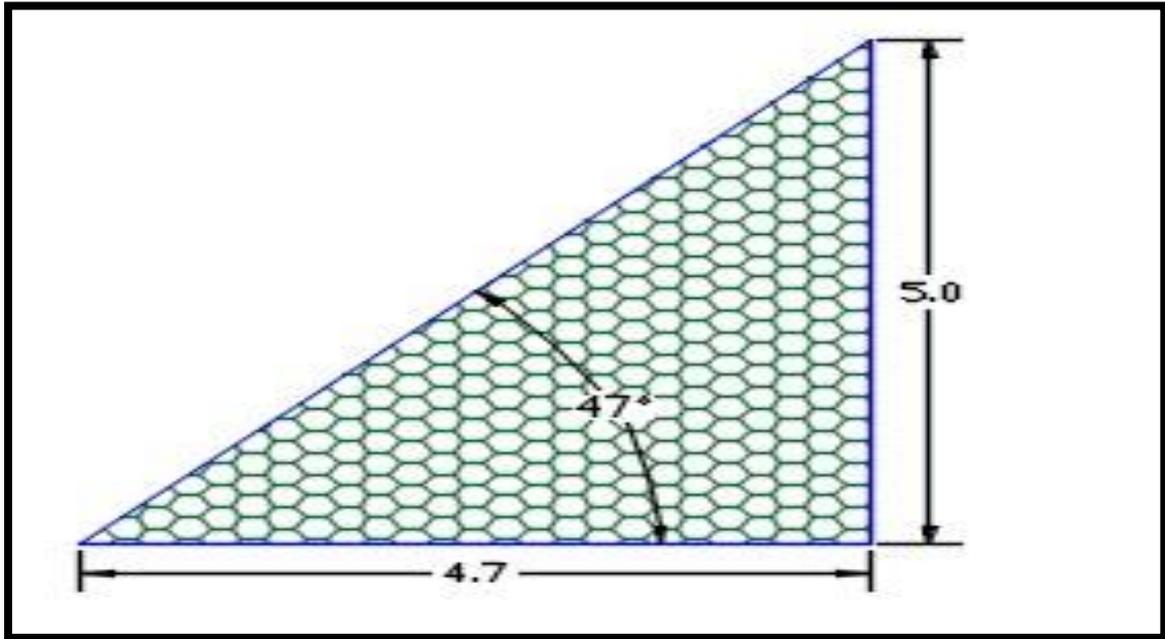
$$B_T = P + E + A + B_S$$

**Dónde:**

- P = Es el ancho de acopio del material, para el caso de estudio, el ángulo de reposo del material (toba dacítica) es de  $47^\circ$ , este dato fue obtenido de las observaciones de campo. Con la altura de banco de trabajo de 5 metros se obtiene un ancho de acopio de material de 4.7 metros (5 metros aproximadamente).

$$P = \frac{5}{\text{tg}(47^\circ)}$$

$$P = 4.7 \text{ metros}$$



**Figura 5:** Plataformas de trabajo de la cantera La Tuna Blanca. **Fuente:** Elaboración propia, 2019.

- E = Es el espacio de maniobra del equipo de carguío. El equipo de carguío es un cargador frontal modelo 950H CAT con una longitud de 7.99 metros, por lo tanto, aplicando la siguiente fórmula, el espacio de maniobra del equipo es de 11.985 metros.

$$E = 1.5 * L_{carg}$$

$$E = 1.5 * 7.99$$

$$E = 11.985 \text{ metros}$$

- A = Es el ancho de la vía de transporte. Para el diseño se utilizó el equipo transporte camión volquete marca FAMECA de 15 m<sup>3</sup> que tiene un ancho de 2495 mm y se trabajará con una vía de dos carriles. El valor del ancho de la vía aplicando la siguiente ecuación es de 8.7325 metros.

$$A = a (0.5 + 1.5n)$$

$$A = 2.495 (0.5 + 1.5 \times 2)$$

$$A = 8.7325 \text{ metros}$$

- B<sub>s</sub> = Es la berma de seguridad y para su cálculo se tuvo en cuenta la altura de banco (5 metros) por lo que la berma de seguridad aplicando la fórmula es de 1.66 metros.

$$B_S = \frac{1}{3} H_{banco}$$

$$B_S = \frac{1}{3} * 5$$

$$B_S = 1.66 \text{ metros}$$

Por lo tanto, el ancho mínimo de las plataformas de trabajo es de 27 metros para el caso de estudio:

$$B_T = P + E + A + B_S$$

$$B_T = 4.7 + 11.985 + 8.7325 + 1.66$$

$$B_T = 27.06$$

$$B_T \approx 27 \text{ metros}$$

## **Banco de seguridad**

### **A. Para el material de arcilla arenosa**

#### **Altura de banco**

De acuerdo al coeficiente de Protodyakonov para las arcillas es recomendable una altura de banco de 10 – 15 metros; para la presente investigación se ha tomado una altura de 10 metros de banco de seguridad.

#### **Ancho de berma**

El ancho de berma considerado en la presente investigación es de 6.5 metros, la cual se ha calculado utilizando la fórmula siguiente:

$$B = 0.2 \times H_{banco} + 4.5$$

$$B = 0.2 \times 10 + 4.5$$

$$B = 6.5 \text{ metros}$$

#### **Ángulo de talud de banco**

El ángulo de talud de banco es el mismo que fue calculado para los bancos de trabajo, para la arcilla arenosa el ángulo de talud de banco es de 45°.

## Ángulo de talud

El ángulo de talud final para la arcilla arenosa es de 31° aproximadamente (Ver figura N°6), aplicando la siguiente fórmula:

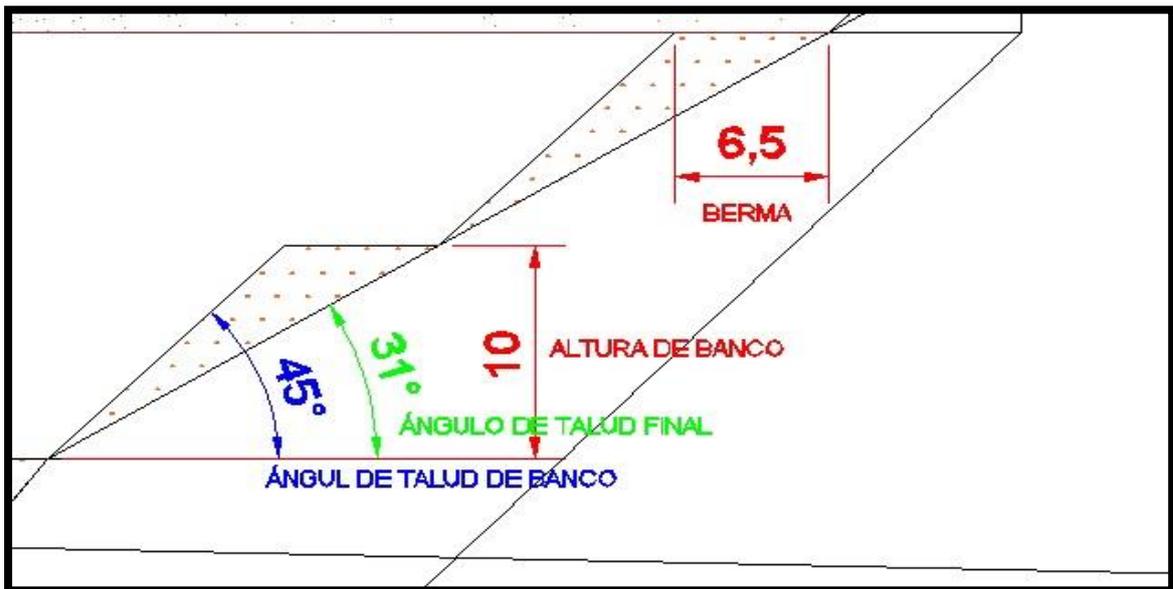
$$\vartheta = \text{Arctg}\left(\frac{H_{\text{banco}}}{H_{\text{banco}} \times \cot\theta + B}\right)$$

$$\vartheta = \text{Arctg}\left(\frac{10}{10 \times \cot(45) + 6.5}\right)$$

$$\vartheta = \text{Arctg}\left(\frac{10}{10 \times \frac{1}{\text{tg}(45)} + 6.5}\right)$$

$$\vartheta = 31.22$$

$$\vartheta \approx 31$$



**Figura 6:** Geometría del banco de seguridad para la arcilla arenosa. **Fuente:** Elaboración propia, 2019.

## B. Para los áridos

### Altura de banco

De acuerdo al coeficiente de Protodyakonov, para las tobas es recomendable una altura de banco entre 10 – 15 metros; para la presente investigación se ha tomado una altura de 10 metros de banco de seguridad.

### Ancho de berma

Al igual que el material de arcilla arenosa, el ancho de berma es de 6.5 metros, calculado a través de la siguiente fórmula:

$$B = 0.2 \times H_{\text{banco}} + 4.5$$

$$B = 0.2 \times 10 + 4.5$$

$$B = 6.5 \text{ metros}$$

### Ángulo de talud de banco

El ángulo de talud de banco es igual al calculado para los bancos de trabajo, en este caso, para las tobas es de 83°.

### Ángulo de talud

El ángulo de talud final para las tobas es de 52° (Ver figura N°7), calculado a partir de la siguiente fórmula:

$$\vartheta = \text{Arctg}\left(\frac{H_{\text{banco}}}{H_{\text{banco}} \times \cot\theta + B}\right)$$

$$\vartheta = \text{Arctg}\left(\frac{10}{10 \times \cot(83) + 6.5}\right)$$

$$\vartheta = \text{Arctg}\left(\frac{10}{10 \times \frac{1}{\text{tg}(83)} + 6.5}\right)$$

$$\vartheta = 52.3$$

$$\vartheta \approx 52$$



Figura 7: Geometría del banco de seguridad para la toba dacítica. Fuente: Elaboración propia, 2019.

### 3.5.2. Geometría del pit final

#### a. Altura de pit final

La profundidad o altura del pit final es de 135 metros, la cual resulta de la diferencia de la cota superior y la cota inferior en el diseño del tajo final y para su cálculo se empleó la siguiente fórmula:

$$H_{total} = C_s - C_i$$

$$H_{total} = 1975 - 1840$$

$$H_{total} = 135 \text{ metros}$$

#### b. Número total de bancos

El número total es de 13.5 bancos distribuido de la siguiente manera: 11 bancos aproximadamente corresponden a las tobas y 2.5 bancos aproximadamente corresponde la arcilla arenosa. Para su cálculo se empleó la siguiente fórmula:

$$N_{bancos} = \frac{H_{total}}{H_{banco}}$$

$$N_{bancos} = \frac{135m}{10m}$$

$$N_{bancos} = 13.5$$

#### c. Ángulo de talud final del pit

El ángulo de talud final del pit varía de acuerdo a la cantidad de bancos de explotación, por el Sur tiene un ángulo final de 46°, por el Este un ángulo de 49° y por el Oeste un ángulo de 46° (Ver lámina N°6 y N°7, el plano de la geometría de diseño).

**Tabla 19:** Resumen de los parámetros del diseño del método de extracción.

GEOMETRÍA DE BANCO						GEOMETRÍA DEL PIT FINAL			
BANCO DE TRABAJO			BANCO DE SEGURIDAD						
			Arcilla		Áridos				
Altura de banco	5 m		Altura de banco	10 m	Altura de banco	10 m	Altura de pit final	135 m	
Ángulo de talud de banco	Toba	83°	Ancho de berma	6.5 m	Ancho de berma	6.5 m	Número de bancos	13.5	
	Arcilla	45°	Ángulo de talud de banco	45°	Ángulo de talud de banco	83°		Ángulo de talud final del pit	Sur
Ancho de las plataformas de trabajo	27m		Ángulo de talud	31°	Ángulo de talud	52°	Este		49°
							Oeste	46°	

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

### 3.5.3. Reservas a explotar

De acuerdo al diseño de explotación por bancos descendentes (geometría de banco de seguridad para al material de arcilla arenosa y para la roca de tipo toba – áridos), se extraerá 4,179,885.094 m<sup>3</sup>B (arcilla arenosa) y 9,661,904 m<sup>3</sup>B (tobas); este último son las reservas que se explotarán de acuerdo al diseño de la explotación, como se aprecia en la tabla N°20.

*Tabla 20: Reporte de volúmenes de material a explotar en la cantera La Tuna Blanca.*

TIPO DE MATERIAL	VOLUMEN (m <sup>3</sup> B)
Estéril	4,179,885.094
Tobas (áridos)	9,661,904
TOTAL	13,841,789.37

Fuente: Elaboración propia, 2019.

### 3.5.4. Diseño de botaderos

Teniendo en cuenta la cantidad de 4,179,885.094 m<sup>3</sup>B de estéril que se tendrá que mover para poder extraer el material de interés (áridos), se ha diseñado un botadero con la misma geometría del cálculo de los bancos de seguridad para la arcilla arenosa. La capacidad del botadero es de 5, 100,009.00 m<sup>3</sup>. El volumen de estéril en el botadero será el volumen multiplicado entre el factor de esponjamiento y el factor de compactación de la arcilla arenosa. Los siguientes datos son teóricos; la arcilla tiene un factor de esponjamiento de 35% y un factor de compactación de 0.90. El volumen de estéril en el botadero será de 5, 078,560.389 m<sup>3</sup>, según la siguiente ecuación.

$$V_{EB} = V_e * F_{esponjamiento} * F_{compactacion}$$

$$V_e = 4179885.094 * 1.35 * 0.90$$

$$V_e = 5,078,560.389 \text{ m}^3$$

### 3.5.5. Topografía del pit final

En la topografía final del proyecto se observó en la parte sur, la ubicación del pit de explotación y por la parte norte, la ubicación del botadero; la distancia de transporte desde el frente de explotación a planta de chancado es de 1815 metros y la distancia desde el frente de explotación hasta el botadero son de 2015 metros (Ver lámina N°8, el plano de la topografía final de la explotación).

### 3.5.6. Diseño de flota (carguío y transporte)

En la presente investigación se utilizaron los equipos de carguío y transporte con la que cuenta la cantera La Tuna Blanca, por ningún motivo se realizarán estudios de compra o selección de nuevos equipos. Con un buen diseño de flotas bastará para aumentar la producción, porque se observó que la cantera La Tuna Blanca presenta deficiencias en la planificación de sus equipos de carguío y transporte. La maquinaria con la que cuenta la cantera La Tuna Blanca es un cargador frontal modelo CAT 950H y dos volquetes de la marca FAMECA de 15 m<sup>3</sup> de capacidad de tolva.

#### A. Producción diaria

La producción diaria actualmente es de 32 m<sup>3</sup> diarios con dos chancadoras de tipo quijadas, la cual significa deficiencia en el proceso de chancado. Las chancadoras están diseñadas para producir como mínimo 8 metros cúbicos por hora abastecida manualmente, entonces, al trabajar 8 horas diarias sería una producción de 192 metros cúbicos día con tres chancadoras (la empresa ha adquirido la compra de una chancadora REXON 17405). En la presente investigación se trabajará con la producción mínima de las chancadoras por motivos de que serán abastecidas manualmente; la cantera La Tuna Blanca no cuenta con chancadoras industriales. Entonces la producción diaria tiene que aumentar a 192 metros cúbicos día con la producción mínima de las tres chancadoras que cuenta la cantera La Tuna Blanca. La producción diaria de piedra chancada de ½", piedra chancada de ¾" y confitillo (m<sup>3</sup>/h) de las chancadoras REXON 17405 y REXON 17421 se pueden apreciar en las tablas N°21 y N°22.

*Tabla 21: Producción (%) de la chancadora REXON 17405.*

PORCENTAJE DE PRODUCCIÓN REXON 17405		
CONFITILLO	½"	TOTAL
25.00%	75.00%	100.00%

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

*Tabla 22: Producción (%) de la chancadora REXON 17421.*

PORCENTAJE DE PRODUCCIÓN REXON 17421		
CONFITILLO	¾"	TOTAL
37.50%	62.50%	100.00%

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

**Tabla 23:** Producción diaria de agregados por cada chancadora.

CHANCADORA	PRODUCCIÓN			
	m <sup>3</sup> /h	CONFITILLO	½"	¾"
		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
REXON 17405	8	2	6	...
REXON 17405	8	2	6	...
REXON 17421	8	3	...	5
TOTAL	24	7	12	5

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

## B. Ciclo de la maquinaria de carguío (cargador frontal)

El ciclo de la maquinaria de carguío, en este caso, el cargador frontal CAT 950H, es el plasmado en la tabla N°23.

**Tabla 24:** Ciclo del cargador frontal CAT 950H.

MOVIMIENTO	TIEMPO EN SEGUNDOS
Levante (cargado)	6.2
Descarga	1.3
Descenso libre	2.5
Cargar cucharón	3.1
Ida	8
Vuelta	9.2
TOTAL	30.3

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

Los datos de la tabla son las observaciones de campo que se ha tomado, entonces, el tiempo de ciclo para el cargador frontal CAT 950H es de 30.3 segundos; la capacidad de cuchara del cargador es de 3.3 m<sup>3</sup>, por lo tanto, para cargar un camión volquete de 15 m<sup>3</sup> lo realiza en 5 ciclos a un tiempo de 3 minutos.

### Cálculo:

- Tiempo de ciclo del cargador = 30.3 segundos.
- Capacidad nominal de cuchara = 3.3 m<sup>3</sup>
- Capacidad de la tolva del camión = 15 m<sup>3</sup>
- Número de ciclos por camión:

$$N_{ci\_crg} = C_{Tolva} / C_{Cuchara}$$

$$N_{ci\_crg} = 15 / 3.3$$

$$N_{ci\_crg} = 4.545$$

$$N_{ci\_crg} \approx 5$$

- Tiempo de carga por camión:

$$T_{carga} = N_{ci\_crg} * T_{Ciclo}$$

$$T_{carga} = 5 * 30.3 s$$

$$T_{carga} = 151.5 s * \frac{1min}{60s}$$

$$T_{carga} = 2.525 min$$

$$T_{carga} \approx 3 min$$

- Tiempo de arranque de la roca toba  $T_{AT}$ : Este tiempo fue medido en campo, se refiere al tiempo en que el cargador frontal demora para arrancar la roca para un camión de 15 metros cúbicos aproximadamente, dicho tiempo es de 5.5 minutos.
- Tiempo de arranque de la roca Arcilla arenosa  $T_{AA}$ : Este tiempo fue medido en campo, se refiere al tiempo en que el cargador frontal demora para arrancar la arcilla arenosa para un camión de 15 metros cúbicos aproximadamente, dicho tiempo es de 3.5 minutos.
- Número de camiones cargados en una hora (toba):

$$N_{CC} = \frac{60 min}{T_{carga} + T_{AT}}$$

$$N_{CC} = \frac{60 min}{3min + 5.5min}$$

$$N_{CC} = 7.05$$

$$N_{CC} \approx 7$$

- Número de camiones cargados en una hora (arcilla arenosa):

$$N_{CC} = \frac{60 min}{T_{carga} + T_{AA}}$$

$$N_{CC} = \frac{60 min}{3min + 3.5min}$$

$$N_{CC} = 9.2$$

$$N_{CC} \approx 9$$

- Producción de la maquinaria de carguío:

**En toba:**

$$P_{MC} = N_{CC} * C_{Tolva}$$

$$P_{MC} = 7 * 15$$

$$P_{MC} = 105 m^3$$

**En arcilla arenosa**

$$P_{MC} = N_{CC} * C_{Tolva}$$

$$P_{MC} = 9 * 15$$

$$P_{MC} = 135 m^3$$

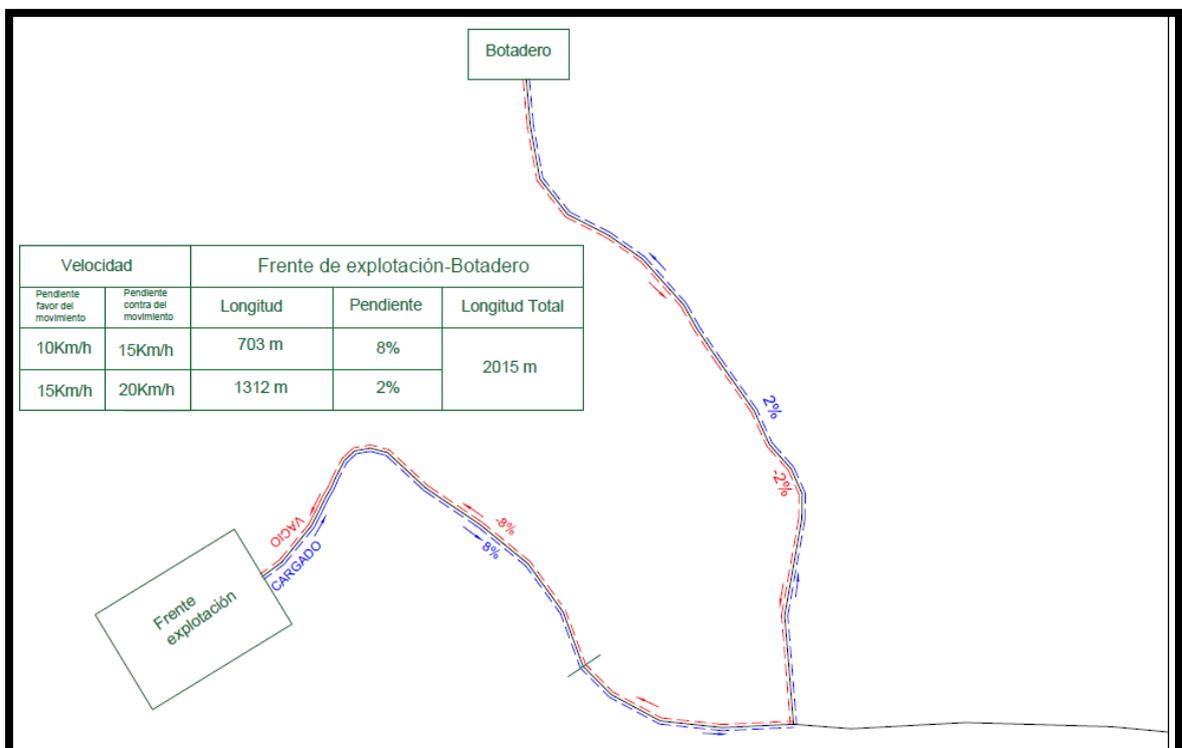
Lo que significa que la maquinaria de carguío puede cargar 7 volquetes de roca Toba en una hora, volquete de capacidad de tolva de 15 m<sup>3</sup> y 9 volquetes de material arcilloso; entonces, la producción de la maquinaria de carguío es de 105 metros cúbicos de toba (áridos) y 135 metros cúbicos de arcilla arenosa (estéril).

### C. Ciclo de la maquinaria de transporte (volquete)

Para la maquinaria de acarreo se consideran dos ciclos diferentes, las cuales son:

#### a. Frente de explotación hacia el botadero

El primer ciclo se considera desde el frente de explotación hasta el botadero, con una distancia total de 2015 metros de longitud, de las cuales 703 metros tiene una pendiente aproximada del 8% y los restantes una pendiente de 2% aproximadamente. El camión cargado viaja a una velocidad de 10 Km/h con la pendiente de 8% a favor, mientras que en la pendiente de 2% a favor lo hace con una velocidad de 15 Km/h. Mientras está de regreso, el camión vacío en la pendiente de 2% en contra lo hace con una velocidad de 20 Km/h y en la pendiente de 8% en contra lo hace con una velocidad de 15 Km/h.



**Figura 8:** Ciclo de transporte desde el frente de explotación-botadero. **Fuente:** Elaboración propia, 2019.

### Cálculo:

- **Tiempo de carga (T<sub>c</sub>):** El tiempo de carga del camión es de 3 minutos, se consideró el tiempo que tarda la maquinaria de carguío en arrancar la roca, para la arcilla lo hace en un tiempo de 3.5 minutos, en total el tiempo para cargar el camión sería de 6.5 minutos.

- **Tiempo de ida (cargado):**

Para pendiente de 8%

Distancia de 703 m.

Velocidad de 10 Km/h.

$$T_{I8\%} = \frac{d}{v}$$
$$T_{I8\%} = \frac{0.703Km}{10Km/h}$$
$$T_{I8\%} = 0.0703h * \frac{60min}{1h}$$
$$T_{I8\%} = 4.2 \text{ min}$$

Para la pendiente de 2%

Distancia de 1312 m.

Velocidad de 15 Km/h.

$$T_{I2\%} = \frac{d}{v}$$
$$T_{I2\%} = \frac{1.312Km}{15Km/h}$$
$$T_{I2\%} = 0.087h * \frac{60min}{1h}$$
$$T_{I2\%} = 5.2 \text{ min}$$

- **Tiempo de descarga (T<sub>d</sub>):** El tiempo de descarga es de 1 minuto.

- **Tiempo de vuelta (vacío):**

Para pendiente de 2%

Distancia de 1312 m.

Velocidad de 20 Km/h.

$$T_{V2\%} = \frac{d}{v}$$
$$T_{V2\%} = \frac{1.312Km}{20Km/h}$$
$$T_{V2\%} = 0.0656h * \frac{60min}{1h}$$
$$T_{V2\%} = 3.9 \text{ min}$$

Para pendiente de 8%  
 Distancia de 703 m.  
 Velocidad de 15 Km/h.

$$T_{V8\%} = \frac{d}{v}$$

$$T_{V8\%} = \frac{0.703Km}{15Km/h}$$

$$T_{V8\%} = 0.0469h * \frac{60min}{1h}$$

$$T_{V8\%} = 2.8 \text{ min}$$

- **Tiempo de ciclo total:**

$$T_t = T_c + T_{I8\%} + T_{I2\%} + T_d + T_{V2\%} + T_{V8\%}$$

$$T_t = 6.5 + 4.2 + 5.2 + 1 + 3.9 + 2.8$$

$$T_t = 23.6 \text{ min}$$

- **Número de viajes por hora:**

$$N_{viajes} = \frac{60min}{T_t}$$

$$N_{viajes} = \frac{60min}{23.6min}$$

$$N_{viajes} = 2.54$$

- **Producción por hora:**

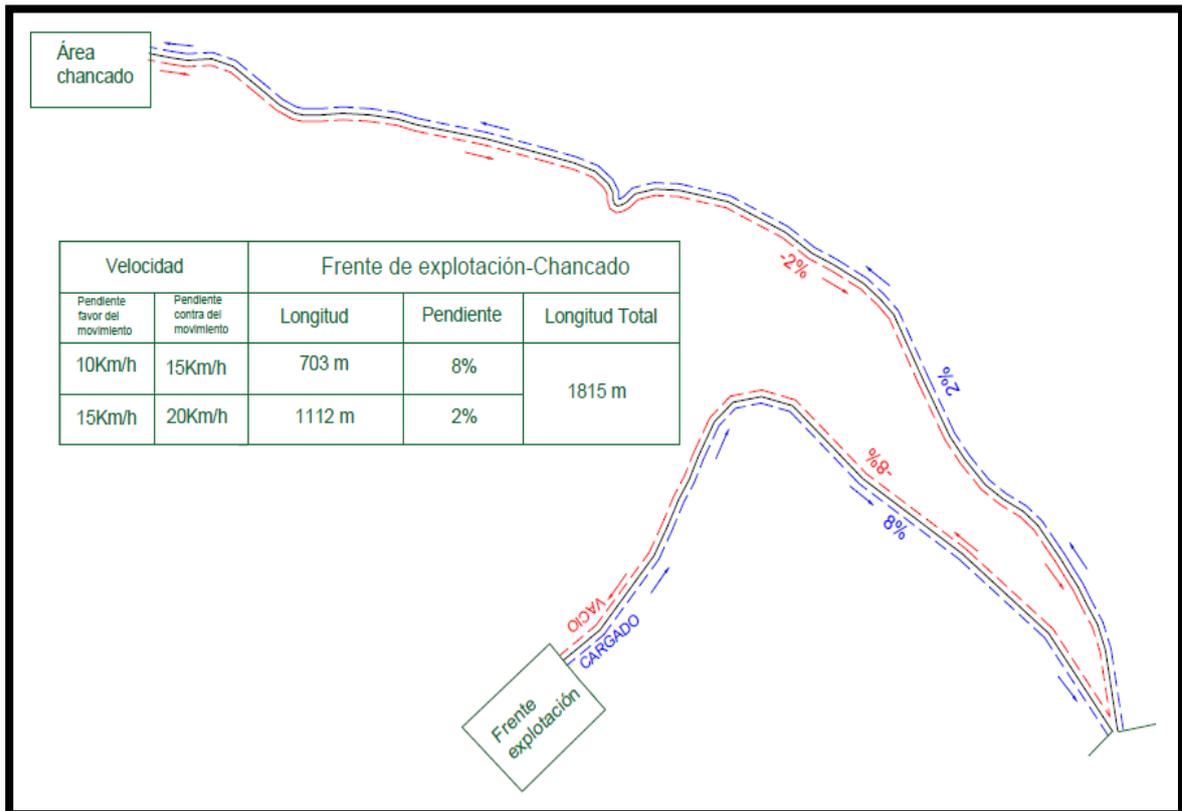
$$P_{voquete} = N_{viajes} * \text{Capacidad de tolva}$$

$$P_{voquete} = 2.54 * 15m^3$$

$$P_{voquete} = 38 \text{ m}^3/h$$

**b. Frente de explotación hacia la planta de chancado**

El segundo ciclo se considera desde el frente de explotación hasta el área de chancado, con una distancia total de 1815 metros de longitud, de las cuales 703 tiene una pendiente aproximada del 8% y los restantes una pendiente de 2% aproximadamente. El camión cargado viaja a una velocidad de 10 Km/h con la pendiente de 8% a favor, mientras que en la pendiente de 2% a favor lo hace con una velocidad de 15 Km/h. Mientras está de regreso, el camión vacío en la pendiente de 2% en contra lo hace con una velocidad de 20 Km/h y en la pendiente de 8% en contra lo hace con una velocidad de 15 Km/h.



**Figura 9:** Ciclo de transporte desde el frente de explotación-chancado. **Fuente:** Elaboración propia, 2019.

### Cálculo:

- **Tiempo de carga ( $T_c$ ):** El tiempo de carga del camión es de 3 minutos, pero también se consideró el tiempo que tarda la maquinaria de carguío en arrancar la roca, para los áridos lo hace en un tiempo de 5.5 minutos; en total, el tiempo para cargar el camión sería de 8.5 minutos.
- **Tiempo de ida (cargado):**  
 Para pendiente de 8%  
 Distancia de 703 m.  
 Velocidad de 10 Km/h.

$$T_{I8\%} = \frac{d}{v}$$

$$T_{I8\%} = \frac{0.703Km}{10Km/h}$$

$$T_{I8\%} = 0.0703h * \frac{60min}{1h}$$

$$T_{I8\%} = 4.2 min$$

Para la pendiente de 2%

Distancia de 1112 m.

Velocidad de 15 Km/h.

$$T_{I2\%} = \frac{d}{v}$$

$$T_{I2\%} = \frac{1.112Km}{15Km/h}$$

$$T_{I2\%} = 0.074h * \frac{60min}{1h}$$

$$T_{I2\%} = 4.4 \text{ min}$$

- **Tiempo de descarga (T<sub>d</sub>):** El tiempo de descarga es de 1 minuto.

- **Tiempo de vuelta (vacío):**

Para pendiente de 2%

Distancia de 1112 m.

Velocidad de 20 Km/h.

$$T_{V2\%} = \frac{d}{v}$$

$$T_{V2\%} = \frac{1.112Km}{20Km/h}$$

$$T_{V2\%} = 0.0556h * \frac{60min}{1h}$$

$$T_{V2\%} = 3.3 \text{ min}$$

Para pendiente de 8%

Distancia de 703 m.

Velocidad de 15 Km/h.

$$T_{V8\%} = \frac{d}{v}$$

$$T_{V8\%} = \frac{0.703Km}{15Km/h}$$

$$T_{V8\%} = 0.0469h * \frac{60min}{1h}$$

$$T_{V8\%} = 2.8 \text{ min}$$

- **Tiempo de ciclo total:**

$$T_t = T_c + T_{I8\%} + T_{I2\%} + T_d + T_{V2\%} + T_{V8\%}$$

$$T_t = 8.5 + 4.2 + 4.4 + 1 + 3.3 + 2.8$$

$$T_t = 24.2 \text{ min}$$

- **Número de viajes por hora.**

$$N_{viajes} = \frac{60min}{T_t}$$

$$N_{viajes} = \frac{60min}{24.2min}$$

$$N_{viajes} = 2.48$$

- **Producción por hora:**

$$P_{voquete} = N_{viajes} * \text{Capacidad de tolva}$$

$$P_{voquete} = 2.48 * 15m^3$$

$$P_{voquete} = 37 m^3/h$$

#### **D. Compatibilidad de equipos**

La compatibilidad de equipos responde a la siguiente fórmula de cálculo:

$$MF = \frac{\#camiones}{\#cargadores} \times \frac{\text{tiempo de ciclo CARGADOR}}{\text{tiempo de ciclo CAMION}}$$

$$MF = \frac{2}{1} \times \frac{3min}{24.2min}$$

$$MF = 0.25$$

Esto significa que la cantera La Tuna Blanca presenta deficiencia en equipos de acarreo.

### **3.6. Estimación de costos de producción**

#### **3.6.1. Costos de maquinaria de carguío (costos horarios)**

Para la siguiente investigación se utilizó el cargador frontal CAT 950H, la misma tiene dos años de uso en las actividades de arranque y carguío realizadas por la cantera La Tuna Blanca. El precio de adquisición maquina cero kilómetros (nueva) es de 235000 dólares, la vida útil es de 6 años trabajando 2000 horas al año.

##### **a. Cálculo de la depreciación horaria**

Marca y modelo de la maquinaria = CAT 950H

Precio inicial (IT) = \$.235000

Precio inicial en soles = S/.634,500.00

Tiempo de uso = 2 años

Salvamento = 20%

$$DEPRECIACIÓN = \frac{P - S}{N}$$

$$DEPRECIACIÓN = \frac{634,500.00 - 634,500.00 * 20\%}{6}$$

$$DEPRECIACIÓN = 84600 \frac{s/.}{Año} * \frac{1 \text{ año}}{2000h}$$

$$DEPRECIACIÓN = s/.42.30 h$$

**b. Cálculo de la inversión promedio**

$$IP = \frac{IT(N + 1)}{2 * N}$$

$$IP = \frac{634,500.00(6 + 1)}{2 * 6}$$

$$IP = S/.370,125.00$$

**c. Cálculo de intereses**

La tasa anual promedio es de 15.46%, entonces:

$$I = \frac{IP * \%tasa \text{ anual}}{N^\circ \text{ horas anuales}}$$

$$I = \frac{370,125.00 * 15.46\%}{2000}$$

$$I = s/.28.61 h$$

**d. Cálculo de impuestos, seguros y garaje**

Seguros = 2.5%

Impuestos = 2.0%

Almacenaje = 1.0%

$$ISG = \frac{IP * (\sum \text{ de tasas anuales})}{N^\circ \text{ de horas anuales}}$$

$$ISG = \frac{370,125.00 * (5.5\%)}{2000}$$

$$ISG = s/.10.18 h$$

### e. Cálculo de costos de mantenimiento

Los trabajos realizados por la maquinaria de carguío son de naturaleza normales, la cual la Norma Técnica “Elementos para la determinación del costo horario de los equipos y maquinaria de sector construcción”, especifica que el costo de mantenimiento varía de 70%-90%, para el caso de estudio se tomó el valor medio de 80% de la inversión inicial del equipo, de las cuales el 25% es para mano de obra y el 75% es para repuestos.

**Tabla 25:** Costos de mantenimiento del cargador frontal CAT 950H.

COSTOS DE MANTENIMIENTO	
% de costos de mantenimiento (precio de adquisición)	80%
Porcentaje de mano de obra	25%
Porcentaje en repuestos	75%
Costos de mantenimiento	S/.507,600.00
Costos de mano de obra (h)	S/.10.58
Costos de repuestos (h)	S/.31.73
<b>TOTAL</b>	<b>S/.42.30</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

- Costos de mantenimiento (mano de obra)

$$MO = \frac{(IT * \%Tipo\ de\ trabajo) * \%mano\ de\ obra}{N^{\circ}horas\ anuales}$$

$$MO = \frac{(634,500.00 * 80\%) * 25\%}{12000}$$

$$MO = s/.10.58$$

- Costos de mantenimiento (repuestos)

$$MR = \frac{(IT * \%Tipo\ de\ trabajo) * \%repuestos}{N^{\circ}horas\ anuales}$$

$$MR = \frac{(634,500.00 * 80\%) * 75\%}{12000}$$

$$MR = s/.31.73$$

### f. Cálculo de costos de operación

En caso de los filtros, los costos equivalen al 20% de los costos en petróleo y lubricantes.

**Tabla 26:** Costos por petróleo, lubricantes y filtros del cargador frontal CAT 950H.

<b>COSTOS DE OPERACIÓN</b>			
<b>INSUMOS</b>	<b>CALIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>COSTO HORA</b>
Consumo de petróleo	6	10.19	S/.61.14
Aceite de motor	0.038	38.2	S/.1.45
Aceite de transmisión	0.027	33.96	S/.0.92
Aceite Tfa, Red	0.034	33.96	S/.1.15
Aceite dirección	0.015	30.12	S/.0.45
Grasa	0.22	4.67	S/.1.03
Refrigerante	0.002	35.01	S/.0.07
Filtros	20%	-	S/.13.24
Neumáticos	4	2664	S/.5.33
Vida útil de los neumáticos	2000	TOTAL	S/.84.78

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

### **g. Costos totales por hora**

Los costos de operación del cargador frontal CAT 950H son de s/./208.17 la hora.

**Tabla 27:** Costos de operación del cargador frontal CAT 950H.

<b>DESCRIPCIÓN DE COSTOS</b>	<b>s/h</b>
Depreciación	S/.42.30
Intereses	S/.28.61
Impuestos, seguros y garaje	S/.10.18
Costos de mantenimiento	S/.42.30
Costos de operación	S/.84.78
<b>TOTAL</b>	<b>S/.208.17</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

### **3.6.2. COSTOS DE MAQUINARIA DE ACARREO (COSTOS HORARIOS)**

Para la siguiente investigación se utilizó la maquinaria que está disponible para realizar los trabajos de carguío, los cuales son dos volquetes FAMECA de 15 m<sup>3</sup> de capacidad de tolva. El precio de adquisición maquina cero kilómetros (nueva) es de 136,000.00 dólares, la vida útil es de 6 años trabajando 2000 horas al año.

#### **a. Cálculo de la depreciación horaria**

Volquete = FAMECA

Precio inicial (IT) = \$.136,000.00

Precio inicial en soles = S/.367,200.00

Tiempo de uso = 2 años

Vida útil = 6 años

Salvamento = 20%

$$DEPRECIACIÓN = \frac{P - S}{N}$$

$$DEPRECIACIÓN = \frac{367,200.00 - 367,200.00 * 20\%}{6}$$

$$DEPRECIACIÓN = 48960 \frac{s/.}{Año} * \frac{1 \text{ año}}{2000h}$$

$$DEPRECIACIÓN = s/.24.48 h$$

**b. Cálculo de la inversión promedio**

$$IP = \frac{IT(N + 1)}{2 * N}$$

$$IP = \frac{367,200.00(6 + 1)}{2 * 6}$$

$$IP = S/.220,320.00$$

**c. Cálculo de intereses**

La tasa anual promedio es de 15.46%, entonces:

$$I = \frac{IP * \%tasa \text{ anual}}{N^\circ \text{ horas anuales}}$$

$$I = \frac{220,320.00 * 15.46\%}{2000}$$

$$I = s/.17.03 h$$

**d. Cálculo de impuestos, seguros y garaje**

Seguros = 2.5%

Impuestos = 2.0%

Almacenaje = 1.0%

$$ISG = \frac{IP * (\sum \text{ de tasas anuales})}{N^\circ \text{ de horas anuales}}$$

$$ISG = \frac{220,320.00 * (5.5\%)}{2000}$$

$$ISG = s/.6.06 h$$

### e. Cálculo de costos de mantenimiento

Los trabajos realizados por la maquinaria de acarreo son de naturaleza normales, la cual la Norma Técnica “Elementos para la determinación del costo horario de los equipos y maquinaria de sector construcción”, especifica que el costo de mantenimiento varía de 70% - 90%, para el caso de estudio se tomó el valor medio de 80% de la inversión inicial del equipo, de las cuales el 25% es para mano de obra y el 75% es para repuestos.

**Tabla 28:** Costos de mantenimiento del volquete FAMECA.

COSTOS DE MANTENIMIENTO	
% de costos de mantenimiento (precio de adquisición)	80%
Porcentaje de mano de obra	25%
Porcentaje en repuestos	75%
Costos de mantenimiento	S/.293,760.00
Costos de mano de obra (h)	S/.6.12
Costos de repuestos (h)	S/.18.36
TOTAL	S/.24.48

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

- Costos de mantenimiento (mano de obra)

$$MO = \frac{(IT * \%Tipo\ de\ trabajo) * \%mano\ de\ obra}{N^{\circ}horas\ anuales}$$
$$MO = \frac{(367,200.00 * 80\%) * 25\%}{12000}$$
$$MO = s/.6.12$$

- Costos de mantenimiento (repuestos)

$$MR = \frac{(IT * \%Tipo\ de\ trabajo) * \%repuestos}{N^{\circ}horas\ anuales}$$
$$MR = \frac{(367,200.00 * 80\%) * 75\%}{12000}$$
$$MR = s/.18.36$$

### f. Cálculo de costos de operación

En caso de los filtros, los costos equivalen al 20% de los costos en petróleo y lubricantes.

**Tabla 29:** Costos por petróleo, lubricantes y filtros del volquete FAMECA.

<b>COSTOS DE OPERACIÓN</b>			
<b>INSUMOS</b>	<b>CALIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>COSTO HORA</b>
Consumo de petróleo	6	9.5	S/.57.00
Aceite de motor	0.038	31.09	S/.1.18
Aceite de transmisión	0.027	33.96	S/.0.92
Aceite Tfa, Red	0.034	33.96	S/.1.15
Aceite dirección	0.015	38.55	S/.0.58
Grasa	0.22	4.67	S/.1.03
Refrigerante	0.002	35.01	S/.0.07
Filtros	20%	-	S/.12.39
Neumáticos	10	1900	S/.9.50
Vida útil de los neumáticos	2000	TOTAL	S/.83.81

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

### **g. Costos totales por hora**

Los costos de operación de la maquinaria de acarreo son de s/.311.73.

**Tabla 30:** Costos de operación del volquete FAMECA.

<b>DESCRIPCIÓN DE COSTO</b>	<b>s/h</b>	<b>N° VOLQUETE</b>	<b>SUB-TOTAL</b>
Depreciación	S/.24.48	2	S/.48.96
Intereses	S/.17.03	2	S/.34.06
Impuestos, Seguros y Garaje	S/.6.06	2	S/.12.12
Costos de Mantenimiento	S/.24.48	2	S/.48.96
Costos de Operación	S/.83.81	2	S/.167.63
<b>TOTAL</b>	<b>S/.155.86</b>	<b>-</b>	<b>S/.311.73</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

### **3.6.3. COSTOS DE MANO DE OBRA (COSTOS HORARIOS)**

Según el D.S. N°009-97-SA DE LOS ASEGURADOS REGULARES, en su artículo 33 (aportes) al trabajador en seguros le corresponde el 9% de la remuneración o ingresos; según el Decreto Legislativo N°713 el trabajador tiene derecho a 24 horas consecutivas de descanso que generalmente se realiza los días domingos; además el trabajador tiene derecho a descanso en los días de feriado, de igual manera hace mención a que el trabajador tiene derecho a 30 días de vacaciones anuales, todos los derechos re-escritos en el Decreto son remunerados.

Los días feriados se consideran los siguientes:

- Año nuevo (1)
- Jueves y viernes santo (2)
- Día del trabajador (1)
- San Pedro y San Pablo (1)
- Fiestas patrias (2)
- Santa Rosa De Lima (1)
- Combate de Angamos (1)
- Todos los santos (1)
- Inmaculada Concepción (1)
- Navidad (1)

Según la ley N°27735 ley que regula el otorgamiento de las gratificaciones para los trabajadores del régimen de la actividad privada por fiestas patrias y navidad, en su artículo N°1 hace mención a que el trabajador tiene derecho a 2 remuneraciones al año, que estas son igual al equivalente a la remuneración que perciba el trabajador en la oportunidad en la que corresponda otorgar el beneficio (artículo 2).

**Tabla 31:** Leyes y beneficios sociales para los trabajadores.

BENEFICIOS SOCIALES	TRABAJADOR (DÍAS )	LEYES		TOTAL
		ESSALUD	S.C.T.R.	
		9%	1.5%	
Días trabajados	300	27	4.50	331.5
Feridos	12	1.08	0.18	13.26
Domingos	52	4.68	0.78	57.46
Vacaciones	30	2.70	0.45	33.15
Gratificaciones	60	5.40	0.90	66.30
TOTAL	-	-	-	502.01

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

- Leyes y beneficios totales:

$$\left(\frac{502.01}{300}\right) - 1$$

0.673

- Leyes y beneficios sociales en (%):

67.3%

**Tabla 32:** Costos de mano de obra.

Ocupación	Sueldo Mensual	Jornal Diario	% L y B.S.	Monto	s./h
Ingeniero de minas	2500	-	67.30	4182.5	17.4
Vigilante	500	-	67.30	836.5	3.5
Operador cargador frontal	-	80	67.30	133.84	16.7
Operador camión volquete	-	60	67.30	100.38	12.5
Operador camión volquete	-	60	67.30	100.38	12.5
Operador chancadora	-	40	67.30	66.92	8.4
Operador chancadora	-	40	67.30	66.92	8.4
Obrero	-	40	67.30	66.92	8.4
Obrero	-	40	67.30	66.92	8.4
Obrero	-	40	67.30	66.92	8.4
Obrero	-	40	67.30	66.92	8.4
Obrero	-	40	67.30	66.92	8.4
Obrero	-	40	67.30	66.92	8.4
Obrero	-	40	67.30	66.92	8.4
Obrero	-	40	67.30	66.92	8.4
Obrero	-	40	67.30	66.92	8.4
TOTAL					146.4

Fuente: Elaboración propia, 2019.

### 3.6.4. Costos de planta de procesamiento (chancado)

Para el cálculo de costo de las chancadoras existentes en el proceso de chancado (3 chancadoras marca REXON), las tres tienen el mismo valor de s/9,370.00, con una vida útil de 5 años.

#### a. Cálculo de la depreciación horaria

Chancadora marca = REXON 17405

Precio inicial en soles = S/9,370.00

Vida útil = 5 años

Salvamento = 0%

$$DEPRECIACIÓN = \frac{P - S}{N}$$

$$DEPRECIACIÓN = \frac{9,370.00 - 0}{5}$$

$$DEPRECIACIÓN = 1874 \frac{s/}{Año} * \frac{1 \text{ año}}{2000h}$$

$$DEPRECIACIÓN = s/0.94 h$$

**b. Cálculo de la inversión promedio**

$$IP = \frac{IT(N + 1)}{2 * N}$$
$$IP = \frac{9,370.00(5 + 1)}{2 * 5}$$
$$IP = S/5,622.00$$

**c. Cálculo de intereses**

La tasa anual promedio es de 15.46%, entonces:

$$I = \frac{IP * \%tasa\ anual}{N^\circ\ horas\ anuales}$$
$$I = \frac{5,622.00 * 15.46\%}{2000}$$
$$I = s/0.43\ h$$

**d. Cálculo de impuestos, seguros y garaje**

Seguros = 2.5%

Impuestos = 2.0%

Almacenaje = 1.0%

$$ISG = \frac{IP * (\sum\ de\ tasas\ anuales)}{N^\circ\ de\ horas\ anuales}$$
$$ISG = \frac{5,622.00 * (5.5\%)}{2000}$$
$$ISG = s/0.15\ h$$

**e. Cálculo de costos de mantenimiento**

Los trabajos realizados por la maquinaria de Chancado son de naturaleza normales, la cual la Norma Técnica “Elementos para la determinación del costo horario de los equipos y maquinaria de sector construcción”, especifica que el costo de mantenimiento varía de 70%-90%; para el caso de tomo el valor medio de 80% de la inversión inicial del equipo, de las cuales el 25% es para mano de obra y el 75% es para repuestos.

**Tabla 33:** Costos de mantenimiento de la maquinaria de chancado.

COSTOS DE MANTENIMIENTO	
% de costos de mantenimiento (precio de adquisición)	80%
Porcentaje de mano de obra	25%
Porcentaje en repuestos	75%
Costos de mantenimiento	S/7,496.00
Costos de mano de obra (h)	S/0.19
Costos de repuestos (h)	S/0.56
<b>TOTAL</b>	<b>S/0.75</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

- Costos de mantenimiento (mano de obra)

$$MO = \frac{(IT * \%Tipo\ de\ trabajo) * \%mano\ de\ obra}{N^{\circ}horas\ anuales}$$

$$MO = \frac{(9,370.00 * 80\%) * 25\%}{10000}$$

$$MO = s/.0.19$$

- Costos de mantenimiento (repuestos)

$$MR = \frac{(IT * \%Tipo\ de\ trabajo) * \%repuestos}{N^{\circ}horas\ anuales}$$

$$MR = \frac{(9,370.00 * 80\%) * 75\%}{10000}$$

$$MR = s/.0.56$$

#### f. Cálculo de costos de operación

En caso de los filtros, los costos equivalen al 20% de los costos en petróleo y lubricantes.

**Tabla 34:** Costos por petróleo, lubricantes y filtros de la maquinaria de chancado.

COSTOS DE OPERACIÓN			
INSUMOS	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO HORA
Consumo de petróleo	1	10.19	S/10.19
Aceite de motor	0.038	38.2	S/1.45
Grasa	0.22	4.67	S/1.03
Filtros	20%	-	S/2.53
<b>TOTAL</b>			<b>S/15.20</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

### g. Costos totales por hora

Los costos de operación de las chancadoras son de s/.52.44.

*Tabla 35: Costos de operación de la maquinaria de chancado.*

DESCRIPCIÓN DE COSTO	s/h	N° Chancadoras	Sub-total
Depreciación	S/0.94	3	S/2.81
Intereses	S/0.43	3	S/1.30
Impuestos, Seguros y Garaje	S/0.15	3	S/0.46
Costos de mantenimiento	S/0.75	3	S/2.25
Costos de operación	S/15.20	3	S/45.61
<b>TOTAL</b>	<b>S/17.48</b>	<b>-</b>	<b>S/52.44</b>

Fuente: Elaboración propia, 2019.

### 3.6.5. Costos por hora de trabajo

Sumado los costos anteriores ya analizados, son 718.74 soles la hora de trabajo, como se puede apreciar en la tabla N°35.

*Tabla 36: Costos por hora de trabajo.*

TIPO	s/h
Maquinaria de carguío	S/.208.17
Maquinaria de acarreo	S/.311.73
Costos de mano de obra	S/.146.40
Costos de maquinaria de chancado	S/.52.44
<b>TOTAL</b>	<b>S/.718.74</b>

Fuente: Elaboración propia, 2019.

### 3.6.6. Determinación de los costos por m<sup>3</sup> de áridos

Los costos de producción por metro cubico de agregados serian de s/.29.95. Los costos son altos por el motivo que en las operaciones de chancado no hay mucha implementación, es decir el abastecimiento del flujo de chancado lo vienen realizando manualmente, es por eso la baja producción y los elevados costos.

*Tabla 37: Costos por metro cúbico de áridos.*

COSTOS HORA	PRODUCCIÓN HORA	COSTOS (S/m <sup>3</sup> )
S/.718.74	24	S/.29.95

Fuente: Elaboración propia, 2019.

### 3.6.7. Determinación de rentabilidad del proyecto

El proyecto tiene una utilidad de s/.196.26 hora, trabajando las 8 horas diarias se tendrá una utilidad de s/.1,570.08.

Sus utilidades mensualmente serán de S/.37,681.92 y anualmente las utilidades son aproximadamente de S/.452,183.04. Con una producción de 192 m<sup>3</sup>/día y una reserva de 13,043,570.78 m<sup>3</sup>S la cantera tendrá una vida útil de 235.9 años lo que significa utilidades de S/106,663,800.04 durante toda la vida útil de la cantera.

**Tabla 38:** Productividad y precios de agregados por chancadora.

CHANCADORA	PRODUCCIÓN				PRECIO		
	m <sup>3</sup> /h	Confitillo	½"	¾ "	Confitillo	½"	¾ "
		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	S/.30.00	S/.40.00	S/.45.00
REXON 17405	8	2	6	...	S/.60.00	S/.240.00	...
REXON 17405	8	2	6	...	S/.60.00	S/.240.00	...
REXON 17422	8	3	...	5	S/.90.00	...	S/.225.00
<b>TOTAL</b>	<b>24</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>5</b>	<b>S/.210.00</b>	<b>S/.480.00</b>	<b>S/.225.00</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

**Tabla 39:** Análisis económico de la producción de agregados.

ANÁLISIS ECONÓMICO	
Costos hora	S/.718.74
Producción-hora	24
Ingresos-hora	S/.915.00
Utilidad-hora	S/.196.26
Utilidad-diaria	S/.1,570.08
Utilidad-mensual	S/.37,681.92
Utilidad-anual	S/.452,183.04

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

**Tabla 40:** Análisis de rentabilidad del proyecto.

RESERVAS DE AGREGADOS		
m <sup>3</sup> B	Factor esponjamiento	m <sup>3</sup> S
9,661,904.28	1.35	13,043,570.78
PRODUCCIÓN Lm <sup>3</sup>		
Diaria	Mensual	Anual
192	4,608.00	55,296.00
VIDA ÚTIL		
Número de años		235.9
UTILIDAD		
Diaria	Mensual	Anual
S/.1,570.08	S/.37,681.92	S/.452,183.04
RENTABILIDAD DEL PROYECTO		
S/.106,663,800.04		

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

#### **IV. DISCUSIÓN**

Los resultados realmente confirman la hipótesis planteada, debido a que el método de extracción por bancos descendentes es un método de alta producción y de bajos costos, por otro lado, la producción proyectada es superior a la actual (de 32 m<sup>3</sup>/día a 192 m<sup>3</sup>/día) gracias a la optimización en las operaciones unitarias de carguío y transporte y en las operaciones de chancado, sin embargo un factor clave para obtener un mayor rendimiento productivo es la mecanización, por lo cual es importante implementar equipos en la planta de chancado y la adquisición de equipos de acarreo a futuro y conforme se incrementa el ritmo de producción ya que según el análisis realizado se presenta una deficiencia en la maquinaria de acarreo (MF = 0.25) y costos elevados en las operaciones de chancado (S/.29.95 por metro cúbico de agregados); también es importante brindar capacitaciones al operario y al obrero, ya que según lo mencionado por el Ing. Siccha (2019) una persona capacitada simplifica y vuelve hábil el proceso y hace más rentable sus habilidades.

Al momento de realizar el análisis geológico se pudo determinar el tipo de roca presente en el área de estudio, siendo este, una toba dacítica, la cual es un tipo de roca ígnea volcánica que según Rivera (2011) un factor principal para la aparición de la toba volcánica es que las erupciones ocurran de manera violenta en la cual el polvo, las partículas, las cenizas y el magma se asientan en la superficie y se van acumulando para luego sufrir el proceso de enfriamiento rápido. Este tipo de roca presenta una textura porosa y suave lo que lo convierte en un producto liviano y resistente, su uso principal es en la construcción, en muros portantes y en revestimientos.

Según la topografía, el área de estudio está representada por un río principal y pequeñas quebradas; presenta superficies ligeramente onduladas con pendientes que van desde 2% hasta en un 60%, esto también se evidencia en el estudio de Chalán y Monteza (2019) realizada también en la cantera La Tuna Blanca, donde indica que el área de estudio presenta cerros de material arenoso y rocas intrusivas. La topografía ha servido para dimensionar el área de estudio, se ha realizado a detalle las partes onduladas del terreno, la parte ya excavada por las actividades diarias de cantera, el área de cultivo y todo en general tomando como referencia las investigaciones realizadas por investigadores del INGEMMET y las visitas técnicas realizadas por las autoras.

Gonzales (2002) indica que controlar los riesgos de accidentes a los que se encuentran sometidos los trabajadores, equipos y maquinaria debido a la inestabilidad que presenta una labor constituye una preocupación la cual debe ser considerada en la planificación de las labores mineras. Considerando lo dicho por el autor se realizó un estudio cualitativo y cuantitativo del macizo rocoso. De acuerdo a las clasificaciones geomecánicas de RQD, RMR, SMR y GSI, la toba dacítica es un tipo de roca “Buena” y presenta condiciones de estabilidad “Estable”, esto fue corroborado en laboratorio donde se determinó la resistencia a la compresión simple de la roca, presentando un promedio de 99.25 MPa. Estos estudios fueron necesarios, ya que debido a que existen diferentes tipos de rocas cada una con sus características y propiedades físicas y mecánicas diferentes se requiere conocer el comportamiento mecánico de los mismos, para determinar el tipo de sostenimiento que se requiere para evitar la caída de roca durante las operaciones en la cantera La Tuna Blanca.

El volumen total de arcilla arenosa es de 5,033,517.03 m<sup>3</sup>B y el volumen total de áridos es de 21,011,495.58 m<sup>3</sup>B, de las cuales 9,661,904 m<sup>3</sup>B serán explotadas a partir del diseño del método de explotación propuesto, los cuales fueron calculados empleando el software minero RecMin el cual emplea el método de los perfiles para su estimación; este método fue utilizado debido a las características que presenta el yacimiento, ya que según la Sociedad nacional de minería, petróleo y energía (2011) este método se emplea en cuerpos mineralizados de desarrollo regular y homogéneos, el cual permite establecer cortes o perfiles y de esta manera determinar el volumen entre ellos.

Se concuerda lo afirmado por Herrera (2006) cuando expresa que los objetivos en el diseño de una mina debe estar contemplado en la selección del método de explotación, el dimensionamiento geométrico de la mina, la determinación del ritmo de producción anual y la secuencia de extracción; además, la selección del método de explotación debe responder a un análisis sistemático y global de los parámetros del yacimiento tales como la geometría del depósito, propiedades geomecánicas de las rocas, factores económicos, sociales y ambientales. Entonces, ¿Qué nos llevó a proponer el método de extracción por bancos descendentes? Las razones fueron el tipo de roca presente, estamos hablando de una roca de tipo toba dacítica la cual según el estudio geomecánico y los ensayos de laboratorio cumple con los requisitos de roca “Buena” y presenta las condiciones necesarias para asegurar condiciones de estabilidad durante las operaciones de extracción.

Por otro lado, la potencia del recurso es fuerte, aproximadamente de 30 metros es por ello que a diferencia de otros métodos de explotación en la cual las potencias son menores se ha elegido el método de extracción por bancos descendentes el cual permite obtener mayores condiciones de seguridad, mayor recuperación del recurso y mejores condiciones ambientales a partir de los parámetros de diseño propuesto.

Los costos de producción por metro cúbico de agregados son de S/.29.95, estos costos son elevados debido a que el abastecimiento del flujo de chancado se realiza de manera artesanal. Actualmente, la cantera La Tuna Blanca produce 32 m<sup>3</sup>/día de agregados con dos chancadoras de quijadas evidenciándose una deficiencia en el proceso de chancado. De acuerdo a las observaciones realizadas en campo, las chancadoras están habilitadas para producir como mínimo 8 m<sup>3</sup>/hora abastecidas manualmente; es decir 192 m<sup>3</sup>/día con tres chancadoras de quijadas (se ha adquirido la compra de una chancadora de quijadas); por debajo de los 6 m<sup>3</sup>/hora, según el análisis económico la cantera La Tuna Blanca no es factible económicamente. De esta manera el proyecto tendrá una utilidad hora de S/.196.26; trabajando 8 horas diarias se tendrá una utilidad de S/.1,570.08, mensual de S/.37,881.92 y anual de S/.452,183.04, por lo cual se concuerda lo mencionado por Colonio (2015) cuando indica que la viabilidad económica de un proyecto se encuentra en el volumen diario de producción y en el menor tiempo de explotación de los recursos y no solo en el menor costo de operación.

## V. CONCLUSIONES

Del análisis geológico se infiere que el área de estudio se encuentra constituido por roca volcánica (toba dacítica) ligeramente fracturada con la presencia de venillas de yeso y cuarzo. En la parte superficial contiene una capa con un espesor promedio de 10 metros de arcilla arenosa de color anaranjado rojizo, además, se observó la presencia de fuertes discontinuidades con una persistencia promedio de unos 30 metros y múltiples fracturas ocasionadas por la fuerza mecánica que se utilizaba para su extracción.

El levantamiento topográfico fue realizado con estación total marca Leica lo que garantiza un mínimo de error permitiendo que los cálculos sean de mayor confianza para la planificación y el diseño de las explotaciones mineras. Para el procesamiento de los datos se empleó el software AutoCAD Civil 3D – 2018 (versión estudiantil), de acuerdo a ello se realizó el dimensionamiento de la cantera La Tuna Blanca. 267,406.94 m<sup>2</sup> equivalen a las reservas probadas, 85,630.33 m<sup>2</sup> corresponden a las reservas probables, 36,361.83 m<sup>2</sup> equivalen al área ya explotada y 610,600.9 m<sup>2</sup> está constituida por el área de cultivo.

De acuerdo con la caracterización geomecánica del macizo rocoso se obtuvieron los siguientes valores: Según la clasificación geomecánica RMR, el tipo de roca para las tres estaciones geomecánicas es de tipo II, es decir, una roca de “Buena” calidad; para la estación CTB-E-1 se obtuvo un puntaje de 64, para la estación CTB-E-2 se obtuvo un puntaje de 77 y para la estación CTB-E-3 se obtuvo un puntaje de 71. Según la clasificación geomecánica SMR el tipo de roca es de tipo II, es decir de “Buena” calidad y a su vez los clasifica en sub-clases; para la estación CTB-E-1 con un puntaje de 64.71 y la estación CTB-E-3 con puntaje de 69.42 son de sub-clase IIa y para la estación CTB-E-2 con puntaje de 77.15 es de sub-clase IIb, en este caso las tres estaciones para el SMR la calidad de la roca es “Buena” presentando una estabilidad “Estable”.

En base a los resultados obtenidos del ensayo de carga puntual, ensayo de esclerómetro y el ensayo de compresión uniaxial realizados en el laboratorio de mecánica de rocas y petrología de la facultad de Ingeniería de Minas de la universidad Cesar Vallejo-filial Chiclayo se tiene que la toba dacítica presente una resistencia promedio a la compresión simple de 99.25 MPa.

Las reservas de áridos calculadas mediante el software minero RecMin para el área de estudio son de 21,011,495.58 m<sup>3</sup>B, las cuales fueron calculadas a través del método de los perfiles, de las cuales 9,661,904 m<sup>3</sup>B serán extraídas de acuerdo al diseño de extracción por bancos descendentes, presentando una vida útil de 235.9 años, con una producción de 192 m<sup>3</sup>/diario.

El diseño de extracción propuesto es a cielo abierto en cantera por el método de bancos descendentes de esta manera se espera aprovechar la fuerza mecánica de la maquinaria de arranque. Los parámetros técnicos - operativos propuestos a la cantera La Tuna Blanca son los siguientes: Se han diseñado 13.5 bancos de extracción con una altura de banco de seguridad de 10 metros, un ancho de berma de 6.5 metros, un ángulo de talud de banco de 45° (arcilla) y 83° (áridos), así como un ángulo de talud de 31° (arcilla) y de 52° (áridos). El ángulo de pit final por el sur es de 46°, por el este es de 49° y por el oeste es de 46°.

El sistema de carguío y transporte es de tipo discontinuo con el uso de un cargador frontal CAT 950H con capacidad de cuchara de 3.3 m<sup>3</sup> y dos volquetes FAMECA con una capacidad de tolva de 15 m<sup>3</sup>; la flota fue diseñada con la cantidad de maquinaria disponible en la cantera La Tuna Blanca; sin embargo según los resultados obtenidos, las operaciones de carguío y transporte presenta una deficiencia en los equipos de acarreo (MF = 0.25).

El análisis económico establece los costos por metro cúbico de áridos los cuales equivalen a S/.29.95. En cuanto a la rentabilidad del proyecto, este tiene una utilidad-hora de S/.196.26; trabajando las 8 horas diarias se obtendrá una utilidad de S/.1,570.08 y una utilidad mensual de S/.37,681.92 con 24 días de trabajo al mes, lo cual se obtiene una utilidad anual de S/.452,183.04. Con una producción de 192 m<sup>3</sup>/día y una reserva de 13,043,570.78 m<sup>3</sup>S la cantera La Tuna Blanca tendrá una vida útil de 235.9 años lo que significa utilidades de S/106,663,800.04 durante toda la vida útil de la cantera.

## **VI. RECOMENDACIONES**

### **Las recomendaciones están dirigidas a los empresarios de la cantera La Tuna Blanca:**

Implementar el diseño de extracción propuesto debido a que se han tomado en cuenta parámetros técnicos, operativos y económicos para su diseño los cuales se ajustan a la geometría que presenta el macizo rocoso de la cantera La Tuna Blanca.

Implementar equipos en la planta de procesamiento, debido a que el abastecimiento del flujo de chancado se realiza de manera artesanal generando baja producción, de este modo se logrará mecanizar el proceso, logrando optimizar las operaciones y maximizar las utilidades de la cantera La Tuna Blanca.

Implementar un plan de cierre para la cantera La Tuna Blanca de tal manera que se recupere las condiciones ambientales iniciales a través de la revegetación y generando áreas de sembríos en beneficio de la comunidad campesina de Santa Cruz.

Implementar los equipos de protección personal a los trabajadores y operarios para disminuir los riesgos y enfermedades ocupacionales, así como la debida señalización de las diferentes áreas de la cantera La Tuna Blanca.

Realizar capacitaciones de manera periódica en manejo de equipos y maquinaria existente en la cantera La Tuna Blanca para evitar costos elevados por accidentes laborales o ineficiencia a la hora del manejo de los equipos y maquinaria.

Realizar el mantenimiento continuo de los equipos y maquinaria existentes en la cantera La Tuna Blanca, con la finalidad de evitar tiempos muertos en la producción y mejorar su rendimiento operativo.

Realizar un análisis económico a detalle para determinar los costos horarios y el estado en que se encuentran las maquinarias y los equipos de la cantera La Tuna Blanca, de tal manera que se lleve un registro detallado de todas las actividades de operación.

Se recomienda a los futuros investigadores y empresarios de la cantera La Tuna Blanca realizar estudios de estabilidad de taludes teniendo en cuenta el diseño de extracción de la presente investigación con fines de seguridad.

## REFERENCIAS

1. ALCÁNTARA GARCÍA, Dante Alfredo. Apuntes de topografía. 2<sup>a</sup> ed. México: Universidad Autónoma Metropolitana, 1999. 190 pp.  
ISBN: 970 – 654 – 444 – 5  
Disponible en: <http://hdl.handle.net/11191/391>
2. ALVARADO CLAVIJO, Nelson Javier. Gestión en la productividad de agregados para pavimentos, caso Quinoa – San Francisco Tramo I. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad Ricardo Palma, facultad de ingeniería, 2013. 151 pp.  
Disponible en: <http://cybertesis.urp.edu.pe/handle/urp/425>
3. ALVEAR, Christian [et al.]. Diseño y análisis económico de la explotación a cielo abierto de un yacimiento de caliza. Tesis (Ingeniero de Minas). Guayaquil: Escuela Superior Politécnica Del Litoral, facultad de ingeniería en ciencias de la tierra, 2011. 8 pp.  
Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/17132>
4. ÁVILA MUÑOZ, Carlos Arturo y TOBO SIACHOQUE, Rafael Andrés. Diseño del método de explotación a cielo abierto para la mina El Diamante, dentro del contrato en virtud del aporte N°. 00904-15 en el municipio de Tibasosa, vereda La Carrera. Tesis (Ingeniero de Minas). Colombia: Universidad Pedagógica Y Tecnológica De Colombia, facultad seccional Sogamoso, 2014. 85 pp.  
Disponible en: <https://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/1515>
5. BENITO CUBA, Omar Alfredo y HUAMÁN MENDOZA, Iván Carlos. Optimización y modernización en el proceso de obtención de arena de sílice para incrementar la producción en la cantera Santa Rosa 94 – C.C. Llocllapampa. Tesis (Ingeniero de Minas). Huancayo: Universidad Nacional Del Centro Del Perú, facultad de ingeniería de minas, 2014. 221 pp.  
Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1335>
6. BERMEO CHIRIBOGA, Erika Belén. Planeación minera para el diseño de explotación de la cantera de libre aprovechamiento de lastre “Cochapamba” código 10000164 del GAD Municipal del cantón Cuenca. Tesis (Ingeniero de Minas). Ecuador: Universidad Del Azuay, facultad de ciencia y tecnología, 2017. 165 pp.  
Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/7421>

7. BIENIAWSKI, Z. Engineering rock mass classifications: A complete manual for engineers and geologists and mining, civil, and petroleum engineering. John Wiley & Sons. Inc. Canada.
8. CASTRO HURTADO, Bryam Alejandro. Propuesta de implementación de plan de minado en la cantera de Dolomita Jajahuasi 2001 de la comunidad campesina Llocllapampa – provincia de Jauja. Tesis (Ingeniero de Minas). Huancayo: Universidad Nacional Del Centro Del Perú, facultad de ingeniería de minas, 2015. 140 pp.  
Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1343>
9. CASTRO ROJAS, Cristian Jhonnatan. Cubicación de reservas de agregados para determinar la vida útil en la cantera La Viña Cayaltí – Chiclayo. Tesis (Ingeniero de minas). Chiclayo: Universidad César Vallejo, facultad de ingeniería, 2018. 179 pp.  
Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/30050>
10. CHUQUIMIA BUSTILLOS, Ruth Eliana. En silencio se mueve la explotación de áridos en La Paz [En línea]. Periódico Digital ERBOL-beta 2: La Paz: 30 de enero de 2018. (En sección economía). [Fecha de consulta: 30 de noviembre del 2018].  
Disponible en:  
[https://erbol.com.bo/noticia/economia/30012018/en\\_silencio\\_se\\_mueve\\_la\\_explotacion\\_de\\_aridos\\_en\\_la\\_paz](https://erbol.com.bo/noticia/economia/30012018/en_silencio_se_mueve_la_explotacion_de_aridos_en_la_paz)
11. Constitución Política Del Perú De 1993 (Artículo 67 y 68), Lima, Perú, 29 de diciembre de 1993.
12. COOK, John. The geomechanics. Oilfield Review [En línea]. Enero 2016, volumen 28, N° 1. [Fecha de consulta: 30 de noviembre del 2018].  
Disponible en: [https://www.slb.com/resources/oilfield\\_review.aspx](https://www.slb.com/resources/oilfield_review.aspx)
13. CORNEJO BELTRAN, Jorge Luis. Optimización en la producción de agregados de construcción – unidad minera no metálica Jesús De Nazaret. Tesis (Ingeniero de Minas). Arequipa: Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa, facultad de geología, geofísica y minas, 2015. 143 pp.  
Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/172>

- 14.** CUENA MANYA, Edwin Javier. Diseño de explotación de las calizas existentes en el yacimiento “Isimanchi”. Tesis (Ingeniero de Minas). Quito: Universidad Central Del Ecuador, facultad de ingeniería en geología, minas, petróleos y ambiental, 2015. 266 pp.  
Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/6593>
- 15.** Decreto legislativo que establece disposiciones para el proceso de formalización de las actividades de pequeña minería y minería artesanal (D.L. N° 1105), emitido por el diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 19 de abril de 2012.
- 16.** Gobierno intervino cinco canteras ilegales de material de construcción en San Bartolo [En línea]. Periódico Gestión. 23 de mayo de 2014. [Fecha de consulta: 30 de noviembre de 2018].  
Disponible en: <https://gestion.pe/economia/gobierno-intervino-cinco-canteras-ilegales-material-construccion-san-bartolo-61023>
- 17.** GONZÁLES DE VALLEJO, Luis. Ingeniería geológica. Madrid: Universidad Complutense De Madrid, 2002, 738 pp.  
ISBN: 84 – 205 – 3104 - 9
- 18.** HERRERA HERBERT, Juan. Diseño de explotaciones de cantera. Madrid: Universidad Politécnica De Madrid, 2007. 41 pp.  
ID: 21839  
Disponible en: <http://oa.upm.es/21839/>
- 19.** HERRERA HERBERT, Juan. Métodos de minería a cielo abierto. Madrid: Universidad Politécnica De Madrid, 2006. 199 pp.  
ID: 10675  
Disponible en: <http://oa.upm.es/10675/>
- 20.** HERRERA PANCHI, Christian Alejandro. Diseño del sistema de explotación de materiales de construcción existentes en la cantera “MINA 2”, ubicada en la parroquia Cangahua, cantón Cayambe, provincia de Pichincha. Tesis (Ingeniero de Minas). Quito: Universidad Central Del Ecuador, facultad de ingeniería en geología, minas, petróleos y ambiental, 2016. 155 pp.  
Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/6488>

- 21.** JISKANI, IZHAR. Surface Mine Design. China: China University of Mining and Technology, 2017.  
Disponible en: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.12675.55843>
- 22.** JORC, 2012. Australasian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves (The Jorc Code) [online]. The Joint Ore Reserves Committee of the Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Australian Institute of Geoscientists and Minerals Council of Australia.  
Available from: <http://www.jorc.org/>
- 23.** JUNTA DE ANDALUCIA, consejería de educación, cultura y deporte [Mensaje en un blog]. Cádiz: García, Ángeles [Fecha de consulta: 30 de noviembre de 2018].  
Disponible en: <http://laclasedeangeles.blogspot.com/p/matematicas.html>
- 24.** LUQUE TAYA, Juan Carlos. Estudio de factibilidad en un proyecto de explotación de rocas y minerales industriales en una Mina de Perlita. Tesis (Ingeniero de Minas). Arequipa: Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa, facultad de geología, geofísica y minas, 2017. 111 pp.  
Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3439>
- 25.** Manual normas “ASTM” sobre propiedades mecánicas de la roca.
- 26.** MINISTERIO de Energía y Minas. Explotación de materiales de construcción: Canteras y materiales de arrastre. Colombia, 2013.  
Recuperado de: <https://www.minminas.gov.co/publicaciones-en-linea>
- 27.** Norte de Cali está acosado por explotación de canteras [En línea]. El país: Cali, 09 de julio de 2015. [Fecha de consulta: 30 de noviembre de 2018]  
Disponible en: <https://www.elpais.com.co/cali/norte-de-esta-acosado-por-explotacion-de-canteras.html>
- 28.** PANTOJA Mayta, Luis Arturo. El método de explotación tajo abierto y la productividad en Castrovirreyna Compañía Minera – U.P. San Genaro. Tesis (Ingeniero de Minas). Huancayo: Universidad Nacional Del Centro Del Perú, facultad de ingeniería de minas, 2013. 108 pp.  
Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1332>

- 29.** PIÉROLA VERA, Demetrio. Optimización del plan de minado de cantera de caliza La Unión distrito de Baños del Inca – Cajamarca 2015. Tesis (Ingeniero de Minas). Puno: Universidad Nacional Del Altiplano, facultad de ingeniería de minas, 2017. 189 pp.  
Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/5634>
- 30.** Reglamento de seguridad y salud ocupacional (D.S. N° 024 – 2016 – EM), emitido por el diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 26 de julio del 2016.
- 31.** Reglamento para la protección ambiental en la actividad minero – metalúrgica (D.S. N° 016 – 93 – EM), Lima, Perú, 28 de abril de 1993.
- 32.** Revista mundo minero. El buen momento de los materiales [En línea]. Colombia: GBS grupo editorial, 2016 [Fecha de consulta: 30 de noviembre de 2018]  
ISSN: 2248 – 4485  
Disponible en: <http://mundominero.com.co/el-buen-momento-de-los-materiales/>
- 33.** RIVADENEIRA ORTEGA, Jéssica Johana. Explotación de caliza a cielo abierto de la concesión minera “Gretha Piedad”. Tesis (Ingeniero en Geología y Minas). Ecuador: Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, facultad de recursos naturales, 2015. 136 pp.  
Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4906>
- 34.** RIVERA MANTILLA, Hugo. Geología general. 3° ed. Lima: Universidad Mayor De San Marcos, 2011, 250 pp.  
ISBN: 978 – 612 – 4005 – 63 – 6
- 35.** DOS SANTOS, Ronaldo. Exploitation Phase & Methods Of Mining, 2016.  
Disponible en: <https://ronaldocrdossantos.wordpress.com/2016/07/17/mining-projects-exploitation-phase-methods-of-mining/>
- 36.** SÁNCHEZ G. Naliesky N. Propuesta de un plan de explotación quinquenal 2016 – 2021 de cantera de arcilla La Cabrera de la empresa C.A. Fábrica Nacional de Cementos S.A.C.A. Municipio Tomás Lander, estado Miranda. Tesis (Ingeniero de Minas). Venezuela: Universidad Central De Venezuela, 2016. 136 pp.  
Disponible en: <http://saber.ucv.ve/handle/123456789/15442>

- 37. SÁNCHEZ MARTÍNEZ, Marcos.** Diseño de un nuevo sistema de explotación y laminación de rocas dimensionables del ejido de Chapantongo, HGO. Tesis (Ingeniero de Minas y Metalurgista). México: Universidad Nacional Autónoma De México, 2015.  
Disponible en:  
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/5677>
- 38. SIERRA NONTIEN, Diana Cristina.** Diseño y planeamiento minero para la Cantera de Muro de la Dos propiedad de Cementos Argos en el municipio de Nare – Antioquia. Tesis (Ingeniero de Minas). Colombia: Universidad Pedagógica Y Tecnológica De Colombia, facultad sede seccional Sogamoso, 2017. 102 pp.  
Disponible en: <https://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/2245>
- 39. Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía (2011).** Informe quincenal de la SNMPE. Lima, 2011.  
Disponible en: <https://www.snmpe.org.pe/>
- 40. SOSA, H.** Tecnología de explotación de minerales por el método de cielo abierto. Ecuador, 1989.
- 41. SOTO MESTANZA, Marco Antonio y CHÁVEZ RODRÍGUEZ, Miguel Ángel.** Estudio de factibilidad técnica económica de explotación de mármol, para optimizar la rentabilidad económica en la concesión minera cantera San Rita 2010, Cajamarca 2016. Tesis (Ingeniero de Minas). Cajamarca: Universidad Privada Del Norte, 2016. 126 pp.  
Disponible en: <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/10693>
- 42. TAYPE MATAMOROS, Edgar Abel.** Diseño de explotación de cantera para agregados, distrito de Huayucachi. Tesis (Ingeniero Civil). Huancayo: Huancayo: Universidad Nacional Del Centro Del Perú, facultad de ingeniería civil, 2015. 250 pp.  
Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/4107>
- 43. Texto Único Ordenada De La Ley General De Minería (D.S. N° 014-92-EM),** Lima, Perú, 02 de junio de 1992.
- 44. YÁNEZ RAMOS, Duval Abraham.** Proyecto integrador “diseño de explotación de la cantera Pacatón”, ubicada en la parroquia San Sebastián, cantón Chimbo, provincia de Bolívar. Tesis (Ingeniero de Minas). Quito: Universidad Central Del Ecuador, facultad de ingeniería en geología, minas, petróleos y ambiental, 2016. 128 pp.  
Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/14322>

# **ANEXOS**



**MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR BANCOS DESCENDENTES PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE AGREGADOS EN LA CANTERA LA TUNA BLANCA, SANTA CRUZ - CAJAMARCA**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	VARIABLE INDEPENDIENTE	TÍTULO	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS
Evaluación de yacimientos minerales.	Método de extracción por bancos descendentes.	Método de extracción por bancos descendentes para optimizar la producción de agregados en la Cantera La Tuna Blanca, Santa Cruz – Cajamarca.	Proponer el método de extracción por bancos descendentes para optimizar la producción de agregados en la Cantera La Tuna Blanca, Santa Cruz – Cajamarca.	Con el método de extracción por bancos descendentes se puede optimizar la producción de agregados en la Cantera La Tuna Blanca, Santa Cruz – Cajamarca.
	VARIABLE DEPENDIENTE	PROBLEMA	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN
	Producción de agregados.	¿De qué manera se puede optimizar la producción de agregados en la Cantera La Tuna Blanca, Santa Cruz – Cajamarca?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Analizar la geología regional y local para la caracterización geológica del área de estudio.</li> <li>- Realizar el levantamiento topográfico del área de producción de la cantera La Tuna Blanca.</li> <li>- Caracterizar el macizo rocoso utilizando herramientas geomecánicas de RQD, RMR, GSI y SMR.</li> <li>- Estimar las reservas utilizando el software minero RecMin.</li> <li>- Diseñar la secuencia de extracción de los agregados de la cantera La Tuna Blanca.</li> </ul> Estimar los costos de producción de los agregados.	No Experimental de tipo Descriptivo Propositivo.

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.



**MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR BANCOS DESCENDENTES PARA OPTIMIZAR LA  
PRODUCCIÓN DE AGREGADOS EN LA CANTERA LA TUNA BLANCA, SANTA CRUZ -  
CAJAMARCA**

Chiclayo, 01 de septiembre del 2018

Sr. (Srta.)

**Huamán Vera Janet, Quispe Santa Cruz Balmercy Coyani**

Estudiantes del noveno ciclo – Escuela de ingeniería de minas – UCV Chiclayo.

Presente.

Referencia: Solicitud de fecha 22 de octubre del 2018.

Sea la presente para hacerles llegar el saludo especial de la empresa que represento, deseando los mejores parabienes en el desarrollo de la estructura curricular en la Universidad César Vallejo.

En esta oportunidad, luego de ser consultado el documento que se indica, me es grato comunicarles que hemos decidido, otorgarle la autorización de ingreso a nuestra empresa “Cantera La Tuna Blanca S.A.C.”, ingreso que deberá ser controlado con la presentación de sus documentos de identidad, a fin de tomar conocimiento de los días que efectuará los estudios que indica, solicitando en este extremo, que una vez culminada la necesidad de estudio, nos haga llegar una copia del mismo, adjuntando las conclusiones arribadas.

Atentamente.

.....  
**Cotrina Romero Milagro Del Pilar**

**GERENTE**

**“Cantera La Tuna Blanca S.A.C.”**



**MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR BANCOS DESCENDENTES PARA OPTIMIZAR LA  
PRODUCCIÓN DE AGREGADOS EN LA CANTERA LA TUNA BLANCA, SANTA CRUZ -  
CAJAMARCA**

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Los docentes y especialistas que suscriben el documento son: El MBA. Gonzales Torres Jorge Omar con D.N.I. N° 43703713 de la especialidad de: Planificación y Gestión de proyectos en minería. MSc. Alvarado Castillo Wilder con D.N.I. N° 17531294 con especialidad en: Licenciado en estadística. Mg. Salazar Cabrejos Rosa Eliana con D.N.I. N° 41661370 de la especialidad de: Metodología de la investigación científica. Dan conformidad a los instrumentos: Guía de observación, guía de análisis documental y la guía de entrevista que a continuación se presentan y que fueron sometidas a una evaluación y validación, con la finalidad de que sean aplicados por las estudiantes responsables Huamán Vera Janet y Quispe Santa Cruz Balmercy Coyani, en la investigación titulada “MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR BANCOS DESCENDENTES PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE AGREGADOS EN LA CANTERA LA TUNA BLANCA, SANTA CRUZ - CAJAMARCA”

Dejamos evidencia de lo evaluado firmando el presente documento para los fines que sean necesarios.

Chiclayo, 03 de mayo de 2019

Atentamente:

MBA. Gonzales Torres  
Jorge Omar  
D.N.I. N° 43703713

MSc. Alvarado Castillo  
Wilder  
D.N.I. N° 17531294

Mg. Salazar Cabrejos  
Rosa Eliana  
D.N.I. N° 41661370

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>	<b>ANEXO 4: GEOLOGÍA REGIONAL Y LOCAL DEL ÁREA DE ESTUDIO</b>
<b>MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR BANCOS DESCENDENTES PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE AGREGADOS EN LA CANTERA LA TUNA BLANCA, SANTA CRUZ - CAJAMARCA</b>	

**OBJETIVO:** Analizar la geología regional y local para la caracterización geológica del área de estudio.

<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN</b>	
<b>GEOLOGÍA REGIONAL</b>	
<b>Unidad estratigráfica</b>	<b>Símbolo</b>
Dep. Aluvial Reciente	Qr-al
Volc. Huambos	Ts-vh
Volc. Llama	Ti-vll
Gpo. Pulluicana	Km-p
<b>GEOLOGÍA LOCAL</b>	
<b>Unidad estratigráfica</b>	<b>Símbolo</b>
Dep. Aluvial Reciente	Qr-al
Volc. Huambos	Ts-vh

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR BANCOS DESCENDENTES PARA OPTIMIZAR LA  
PRODUCCIÓN DE AGREGADOS EN LA CANTERA LA TUNA BLANCA, SANTA CRUZ -  
CAJAMARCA

**OBJETIVO:** Realizar el levantamiento topográfico del área de producción de la cantera La Tuna Blanca.

GUÍA DE OBSERVACIÓN					
Nº	Norte	Este	Cota	Descripción	Croquis
1	9269107.69	724835.824	1870	TERR	
2	9268909.88	724863.514	1955	TERR	
3	9268761.69	724848.174	1955	TERR	
4	9268792.85	724966.861	1965	TERR	
5	9268836.2	725157.837	1955	TERR	
6	9268867.15	725044.582	1960	TERR	
7	9268779.38	725192.71	1950	TERR	
8	9268676.14	725214.968	1965	TERR	
9	9268849.23	725473.456	1925	TERR	
10	9268894.46	725458.212	1910	TERR	
11	9268800.03	725081.929	1965	TERR	
12	9268676.57	724830.474	1950	TERR	
13	9268604.67	724771.589	1950	TERR	
14	9268758.17	724747.082	1950	TERR	
15	9268676.11	724956.09	1960	TERR	
16	9268782.08	724967.427	1965	TERR	
17	9268698.46	725128.111	1970	TERR	
18	9268610.19	725256.434	1975	TERR	
19	9268666.12	725322.411	1970	TERR	
20	9268716.19	725409.419	1960	TERR	
21	9268694.89	725260.698	1960	TERR	
22	9268741.39	725304.296	1950	TERR	
23	9268780.41	725323.696	1940	TERR	
24	9268796.88	725336.677	1935	TERR	
25	9268815.91	725336.677	1935	TERR	
26	9268848.71	725346.794	1920	TERR	
27	9268884.88	725346.794	1920	TERR	
28	9268915.87	725352.591	1890	TERR	
29	9268945.17	725360.895	1875	TERR	
30	9268981.22	725363.335	1860	TERR	
31	9268716.19	725409.419	1960	TERR	
32	9268794.64	725440.489	1945	TERR	
33	9268837.25	725480.909	1930	TERR	
34	9268887.91	725492.391	1910	TERR	

35	9268942.8	725486.312	1890	TERR
36	9268980.97	725484.578	1865	TERR
37	9268670.54	725540.429	1950	TERR
38	9268716.88	725549.168	1935	TERR
39	9268758.48	725577.18	1925	TERR
40	9268826.61	725553.827	1910	TERR
41	9268883.1	725600.556	1865	TERR
42	9268911.32	725591.744	1860	TERR
43	9268742.41	725114.543	1965	TERR
44	9268742.12	725152.903	1960	TERR
45	9268779.38	725192.71	1950	TERR
46	9268862.82	725213.824	1945	TERR
47	9268871.13	725244.884	1935	TERR
48	9268862.43	725289.72	1920	TERR
49	9268891.52	725304.326	1905	TERR
50	9268909.59	725303.909	1895	TERR
51	9268928.94	725311.749	1885	TERR
52	9268939.76	725312.338	1880	TERR
53	9268950.94	725310.947	1875	TERR
54	9268957.34	725331.05	1870	TERR
55	9268926.56	725167.543	1925	TERR
56	9268943.36	725215.42	1905	TERR
57	9268955.48	725219.825	1895	TERR
58	9268961.64	725238.91	1890	TERR
59	9268972.09	725246.069	1879.843	TERR
60	9268877.2	724900.889	1960	TERR
61	9268918.07	724912.267	1950	TERR
62	9268938.84	724944.011	1935	TERR
63	9268959.43	724953.236	1920	TERR
64	9268984.98	724957.79	1900	TERR
65	9269001.77	724975.301	1885	TERR
66	9269015.49	724987.196	1874.29	TERR
67	9268996.76	725089.288	1878.747	TERR
68	9268987.67	725058.092	1890	TERR
69	9268975.16	725039.03	1900	TERR
70	9268961.47	725017.445	1910	TERR
71	9268945.33	725004.614	1925	TERR
72	9268912.63	725035.682	1945	TERR
73	9268932.4	725074.403	1925	TERR
74	9268937.77	725091.439	1920	TERR
75	9268962.35	725127.785	1895	TERR
76	9268980.31	725154.522	1884.777	TERR
77	9268907.42	724860.741	1955	TERR
78	9268966.08	724801.702	1950	TERR
79	9268987.63	724757.299	1950	TERR
80	9269132.22	724852.374	1855	TERR
81	9269115.83	724840.826	1865	TERR



82	9269092.89	724824.65	1880	TERR
83	9269063.31	724811.932	1905	TERR
84	9269019.19	724868.308	1910	TERR
85	9269066.4	724867.315	1885	TERR
86	9269084.55	724882.675	1870	TERR
87	9269109.62	724893.94	1855	TERR
88	9269140.44	724899.908	1846.363	TERR
89	9269169.18	724774.553	1842.06	TERR
90	9269110.59	724764.788	1875	TERR
91	9269077.47	724753.936	1900	TERR
92	9269037.45	724753.936	1900	TERR
93	9269004.1	724753.936	1900	TERR
94	9269001.72	724668.032	1945	TERR
95	9269046.56	724690.326	1925	TERR
96	9269100.3	724694.979	1890	TERR
97	9269129.56	724733.019	1865	TERR
98	9269168.67	724729.903	1842.142	TERR
99	9269002.16	725360.584	1840	TERR
100	9268978.97	725347.223	1840	TERR
101	9268973.04	725322.349	1840	TERR
102	9268980.44	725290.006	1840	TERR
103	9268985.92	725272.738	1840	TERR
104	9268991.13	725260.403	1840	TERR
105	9268997.98	725237.928	1840	TERR
106	9268997.98	725218.467	1840	TERR
107	9268997.98	725189.825	1840	TERR
108	9269002.91	725158.44	1840	TERR
109	9269006.75	725125.001	1840	TERR
110	9269012.78	725100.881	1840	TERR
111	9269022.1	725064.701	1840	TERR
112	9269022.1	725035.372	1840	TERR
113	9269029.64	725003.696	1840	TERR
114	9269039.54	724969.794	1840	TERR
115	9269068.49	724927.512	1840	TERR
116	9269082.75	724913.259	1840	TERR
117	9269116.46	724903.94	1840	TERR
118	9269138.66	724909.696	1840	TERR
119	9268992.34	725529.928	1848.158	CARR
120	9269005.53	725521.214	1845.413	CARR
121	9269012.59	725492.98	1845.139	CARR
122	9269026.67	725467.024	1843.476	CARR
123	9269024.64	725403.973	1846.479	CARR
124	9269025.09	725377.26	1840.752	CARR
125	9269020.95	725370.059	1840	CARR
126	9269031.79	725367.584	1839.974	CARR
127	9269039.41	725363.198	1839.974	CARR
128	9269048.8	725350.959	1839.984	CARR



129	9269054.58	725332.003	1839.996	CARR
130	9269061.39	725304.609	1840	CARR
131	9269073.52	725253.875	1840	CARR
132	9269085.19	725192.838	1839.988	CARR
133	9269088.85	725176.629	1840	CARR
134	9269092.09	725151.146	1840	CARR
135	9269093.35	725127.774	1840	CARR
136	9269091.94	725107.078	1840	CARR
137	9269091.94	725093.421	1840	CARR
138	9269093.49	725085.255	1840	CARR
139	9269101.39	725072.662	1839.974	CARR
140	9269112.5	725055.125	1840	CARR
141	9269129.96	725031.19	1840	CARR
142	9269129.96	725031.19	1840	CARR
143	9269135.9	725012.327	1840	CARR
144	9269134.75	724990.642	1840	CARR
145	9269137	724974.592	1840	CARR
146	9269140.1	724956.852	1840	CARR
147	9269144.04	724937.141	1840	CARR
148	9269155.24	724912.182	1839.974	CARR
149	9269166.97	724890.465	1837.208	CARR
150	9269178.62	724870.06	1833.891	CARR
151	9269185.98	724849.816	1831.919	CARR
152	9269190.64	724828.731	1831.173	CARR
153	9269192.61	724813.525	1828.978	CARR
154	9269189.94	724796.349	1828.978	CARR
155	9269185.71	724778.75	1829.527	CARR
156	9269185.99	724767.909	1830.075	CARR
157	9269185.15	724753.83	1828.978	CARR
158	9269185.15	724739.891	1828.978	CARR
159	9269188.38	724725.325	1828.952	CARR
160	9269192.97	724711.165	1826.208	CARR
161	9268734.88	725770.293	1871.268	CARR
162	9268744.99	725759.148	1869.226	CARR
163	9268756.47	725750.7	1868.171	CARR
164	9268770.43	725740.101	1865.918	CARR
165	9268781.21	725727.391	1864.51	CARR
166	9268792.02	725710.495	1862.283	CARR
167	9268661.25	725659.501	1925	TERR
168	9268755.85	725610.586	1915	TERR
169	9268759.88	725631.858	1905	TERR
170	9268681.94	725720.732	1895	TERR
171	9268732.61	725741.347	1875	TERR
172	9268793.94	725665.79	1870	TERR
173	9268758.48	725577.18	1925	TERR
174	9268717.84	725604.447	1925	TERR
175	9268764.1	725480.989	1945	TERR



176	9268804.25	725468.453	1940	TERR
177	9268665.15	725457.196	1965	TERR
178	9268741.15	725435.953	1955	TERR
179	9268758.48	725577.18	1925	TERR
180	9268821.02	725594.642	1890	TERR
181	9268808.04	725586.548	1900	TERR
182	9268841.34	725623.062	1865	TERR
183	9268842.61	725638.772	1860	TERR
184	9268793.94	725665.79	1870	TERR
185	9268749.55	725698.083	1880	TERR
186	9268773.52	725705.758	1870.611	TERR
187	9268716.09	725653.443	1910	TERR
188	9268754.99	725626.672	1910	TERR
189	9268717.84	725604.447	1925	TERR
190	9268758.48	725577.18	1925	TERR
191	9268636.7	725744.482	1910	TERR
192	9268672.64	725697.398	1905	TERR
193	9268681.94	725720.732	1895	TERR
194	9268654.79	725622.5	1940	TERR
195	9268911.32	725591.744	1860	TERR
196	9268682.82	724829.972	1950	TERR
197	9268604.67	724771.589	1950	TERR
198	9268604.67	724883.785	1955	TERR
199	9268604.67	724915.729	1960	TERR
200	9268604.67	724946.187	1965	TERR
201	9268604.67	724989.491	1970	TERR
202	9268604.67	725039.466	1975	TERR
203	9268782.08	724967.427	1965	TERR
204	9268718.89	725032.242	1965	TERR
205	9268692.83	725090.677	1970	TERR
206	9268673.37	725182.552	1970	TERR
207	9268689.06	724829.47	1950	TERR
208	9268742.7	724769.917	1950	TERR
209	9268836.41	724860.252	1955	TERR
210	9268905.86	724659.633	1950	TERR
211	9268944.33	724688.84	1950	TERR
212	9268695.64	725109.394	1970	TERR
213	9268802.72	725037.049	1965	TERR
214	9268867.15	725044.582	1960	TERR
215	9268888.62	725013.801	1955	TERR
216	9268918.07	724912.267	1950	TERR
217	9268966.08	724801.702	1950	TERR



Fuente: Elaboración propia, 2019.

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>	<b>ANEXO 6: CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO DE LA CANTERA LA TUNA BLANCA</b>		
	<b>MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR BANCOS DESCENDENTES PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE AGREGADOS EN LA CANTERA LA TUNA BLANCA, SANTA CRUZ - CAJAMARCA</b>		

**OBJETIVO:** Caracterizar el macizo rocoso utilizando herramientas geomecánicas de RQD, RMR, SMR, y GSI.

GUÍA DE OBSERVACIÓN					
ÍNDICE DE CALIDAD DE LA ROCA - RQD					
<b>ESTACIÓN: CTB – E -1</b>		<b>E: 725208</b>	<b>N: 9269052</b>	<b>Z: 1900</b>	
<b>D. DEERE</b>		<b>PLAMSTROM</b>		<b>PRIEST AND HUDSON</b>	
RQD		$J_v$	RQD	$\lambda$	RQD
				6	87.81 %
				4	93.84%
				7	84.42%
				3	96.31%
				5	90.98 %
				7	84.42%
				3	96.31%
				4	93.84%
				8	80.88 %
			6	87.81 %	
		Promedio		Promedio	89.66%
TIPO DE ROCA SEGÚN EL RQD					
<b>RQD</b>	100-90	90-75	75-50	50-25	25-0
<b>TIPO DE ROCA</b>	Muy buena	Buena	Mediana	Mala	Muy mala
<b>OBSERVACIONES Y FOTOGRAFÍAS:</b> Solo se han tomado en cuenta las discontinuidades y fracturas predominantes.					
					
FÓRMULAS DE CÁLCULO					
	D. DEERE	PLAMSTROM		PRIEST AND HUDSON	
	$RQD = \frac{\sum L_i}{L} \times 100$	$RQD = 115 - 3.3J_v$		$RQD = 100e^{-0.1\lambda}(0.1\lambda + 1)$	

**CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI - RMR**

ESTACIÓN: <b>CTB - E - 1</b>											E: <b>725208</b>			N: <b>9269052</b>			Z: <b>1900</b>			PNT
R M R	1	Resistencia de la matriz rocosa (MPa)	Ensayo de carga puntual	>10	10-4	4-2	2-1	Compresión simple (MPa)			12									
			Compresión simple	>250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1	<1										
	Puntuación			15	12	7	4	2	1	0	17									
	RQD (%)			90-100	75-90	50-75	25-50	<25												
	Puntuación			20	17	13	6	3			8									
	Separación entre diaclasas (m)			>2	0.6-2	0.2-0.6	0.06-0.2	<0.06												
	Puntuación.			20	15	10	8	5												
	4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	<1m	1-3m	3-10m	10-20m	>20m			1									
			Puntuación	6	4	2	1	0												
			Abertura	nada	<0.1mm	0.1-1mm	1-5mm	>5mm			0									
			Puntuación	6	5	3	1	0												
			Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave			5									
			Puntuación	6	5	3	1	0												
			Relleno	Ninguno	Relleno duro <5mm	Relleno duro >5mm	Relleno blando <5mm	Relleno blando >5mm			0									
			Puntuación	6	4	2	2	0												
	Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	descompuesta			6											
	Puntuación	6	5	3	1	0														
	5	Agua freática	Caudal por 10 m de túnel	Nulo	<10L/Min	10-25L/Min	25-125L/Min	>125 L/Min			15									
			Relación: presión de agua/ tensión principal mayor	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5												
			Estado general	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo												
Puntuación			15	10	7	4	0													
<b>VALOR TOTAL DEL RMR (SUMA DE LOS VALORES DE 1-5)</b>											<b>64</b>									

TIPO DE ROCA SEGÚN EL RMR							
RMR	100-81	80-61	60-51	50-41	40-31	30-21	20-0
CLASE	I	II	IIIa	IIIb	IVa	IVb	V
DESCRIPCIÓN	Muy Buena	Buena	Regular A	Regular B	Mala A	Mala B	Muy mala

TIPO ESTRUCTURA	ORIENTACION		ESPACIA MIENTO	RELLENO	
	RUMB, BUZ	D.BUZ		TIPO	ESPESOR
Discont	S30°E, 83°SW	230°	3m	Arcilla	2.5 cm
Discont	N50°W, 88°NE	40°	3m	Arcilla	3 cm
Discont	N76°W, 86°NE	14°	0.25m	Yeso	3 cm



AYUDA PARA LAS OBSERVACIONES DE CAMPO		
GRADO	INDICE DE RESISTENCIA IDENTIFICACION DE CAMPO	RANGO.RESIS COMP. MPa
R1	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desconcha con una cuchilla	1-5
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpes firmes del martillo (de punta)	5-25
R3	No se ralla ni desconcha con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo	25-50
R4	La muestra se rompe con más de un golpe del martillo	50-100
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100-250
R6	Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo	>250
GRADO	ÍNDICE DE ALTERACIÓN-DESCRIPCIÓN	
I SANA	Ningún signo de alteración en el material rocoso. Quizás ligeramente decoloración sobre superficies de discontinuidades principales	
II LIGERA	La decoloración indica alteración del material rocoso y superficie de discontinuidades. El material rocoso decolorado extremadamente es más débil que en su condición sana	
III MODERADA	Menos de la mitad de la matriz rocosa está descompuesta y/o desintegrado a un suelo, la roca sana o decolorada se presenta como un marco continuo o como núcleo rocoso	
IV MUY ALTERADA	Más de la mitas de la matriz rocosa está descompuesta y/o desintegrada a un suelo, la roca sana o decolorada se presenta como un núcleo rocoso	
V DESCOMPUESTA	Todo el material rocoso está descompuesto y/o desintegrado a suelo. La estructura original de la masa rocosa aún se conserva intacta.	

ÍNDICE DE RESISTENCIA GEOLÓGICA - GSI

ESTACIÓN: CTB - E - 1

E: 725208

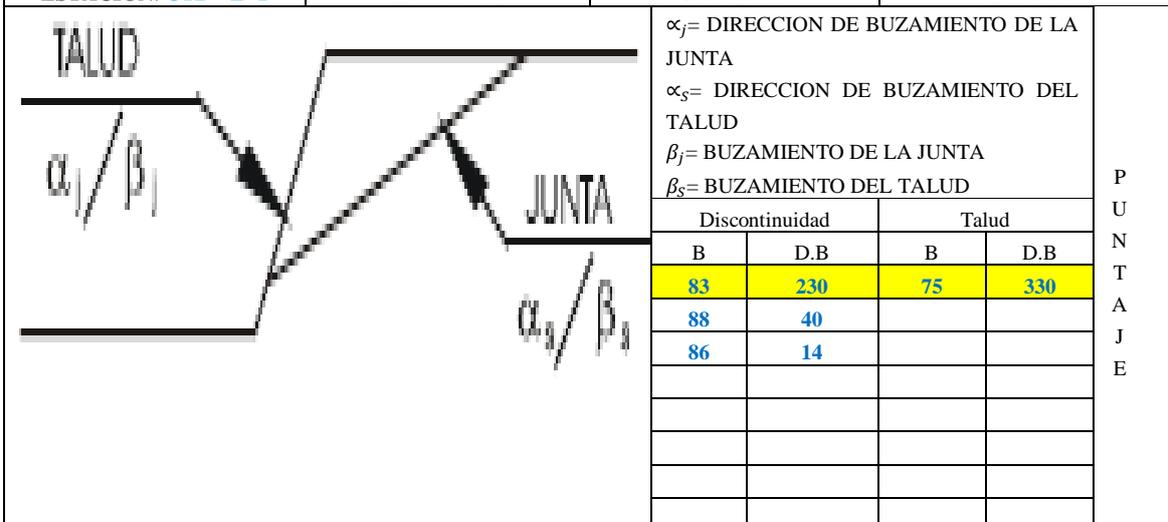
N: 9269052

Z: 1900

<b>ÍNDICE DE RESISTENCIA GEOLÓGICA MACIZOS ROCOSOS FRACTURADOS</b> (Marinos & Hoek (2000))  Estime el valor típico de <i>GSI</i> considerando el tipo de roca, la estructura del macizo rocoso, y la condición de las discontinuidades.  NO trate de ser demasiado preciso. De hecho, el considerar $33 \leq GSI \leq 37$ es más realista que considerar $GSI = 35$ . Note que esta tabla NO es aplicable a problemas con control estructural. Si hay estructuras desfavorablemente orientadas, ellas controlarán el comportamiento del macizo rocoso.  En aquellos casos en que la resistencia al corte de las estructuras podría ser afectada por la humedad, deberá considerarse la eventual presencia de agua. Esto puede hacerse "desplazando hacia la derecha" el rango estimado para <i>GSI</i> .  La presión del agua no se considera al evaluar el rango de <i>GSI</i> , ya que la misma se incorpora posteriormente en los análisis geotécnicos, los que se desarrollan considerando esfuerzos efectivos.		CONDICIÓN DE LAS ESTRUCTURAS				
ESTRUCTURA DEL MACIZO		MUY BUENA Muy rugosas, cajas frescas o no interperforadas	BUENA rugosas, cajas ligeramente interperforadas y algo oxidadas.	REGULAR Lisas, cajas moderadamente interperforadas y algo oxidadas	MALA Pulidas, cajas metaforizadas, con pátinas o con rellenos y/o fragmentos angulosos	MUY MALA Pulidas, cajas muy metaforizadas, con pátinas o con rellenos de arcillas blancas
		DISMINUYE LA CALIDAD →				
<b>INTACTA o MASIVA</b> Probetas de roca intacta. Macizos masivos o con pocas y muy espaciadas estructuras.	90			N/A	N/A	
<b>BLOCOSA</b> Macizos con 3 sets de estructuras, que definen bloques cúbicos, bien trabados entre sí.	80			50	40	
<b>MUY BLOCOSA</b> Macizos con 4 sets de estructuras, o más, que definen bloques angulosos y trabados, pero que están parcialmente perturbados.	70				30	
<b>BLOCOSA VETEADA</b> Macizos plegados y con bloques angulosos formados por la intersección de muchas estructuras. Los planos de estratificación y/o esquistosidad son persistentes.	60				20	
<b>DESINTEGRADA</b> Macizo fuertemente fracturado, con una mezcla de bloques angulosos y redondeados, pobremente trabados.					10	
<b>LAMINADA / CIZALLADA</b> Macizo con planos débiles (cizalle y/o esquistosidad), muy poco espaciados entre sí y que no definen bloques.		N/A	N/A			
	DISMINUYE TRABAZON ENTRE BLOQUES ↓					

**CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA PARA TALUDS - SMR**

ESTACIÓN: **CTB - E -1**      E: **725208**      N: **9269052**      Z: **1900**



P  
U  
N  
T  
A  
J  
E

RMR							64	
Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable		
F <sub>1</sub>	T	$ \alpha_j - \alpha_s $	>30°	30°-20°	20°-10°	10°-5°	<5°	0.0002
	P	$ \alpha_j - \alpha_s - 180 $						
Puntuación		0.15	0.40	0.70	0.85	1		
F <sub>2</sub>	$\beta_j$		<20°	20°-30°	30°-35°	35°-45°	>45°	1.15
	Puntuación	P	0.15	0.40	0.70	0.85	1	
T		1	1	1	1	1	1	
F <sub>3</sub>	P	$\beta_j - \beta_s$	>10°	10°-0°	0°	0-(-10°)	<-10°	-6
	T	$\beta_j + \beta_s$	<110°	110°-120°	>120°	...	...	
Puntuación.		0	-6	-25	-50	-60		
F <sub>4</sub>	Método		Talud natural	Precorte	Voladura suave	Voladura o excavación mecánica	Voladura deficiente	0
	Puntuación		+15	+10	+8	0	-8	

**Valor final de la clasificación geomecánica de taludes SMR**      **59.15**

Calidad de roca según el SMR	CLASE	V		IV		III		II		I	
	ROCA	Muy mala		Mala		Regular		Buena		Muy buena	
	SMR	0-20		21-40		41-60		61-80		81-100	
Clase de estabilidad según el SMR	CLASE N°	Vb	Va	IVb	IVa	IIIb	IIIa	IIb	IIa	Ib	Ia
	Descripción	Muy mala		Mala		Normal		Buena		Muy buena	
	estabilidad	Totalmente inestable		Inestable		Parcialmente inestable		Estable		Totalmente estable	
	Roturas	Grandes roturas por planos continuos o por la masa		Juntas o grandes cuñas		Algunas juntas o muchas cuñas		Algunos bloques		Ninguna	
	sostenimiento	Re excavación		Importantes		Sistemáticos		Ocasiones		Ninguno	

$$F_1 = (1 - \text{sen}|\alpha_j - \alpha_s|)^2$$

$$F_2 = \text{Tg}^2(\beta_j)$$

F<sub>3</sub> = (SE MANTIENEN LOS VALORES PROPUESTOS POR BIENIAWSKI, 1976 / 79)  
 F<sub>4</sub> = VALORES EMPÍRICOS ESTABLECIDOS PARA CADA MÉTODO DE EXCAVACIÓN

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA PARA TALUDS - SMR											
ESTACIÓN: CTB - E -1			E: 725208			N: 9269052			Z: 1900		
					$\alpha_j$ = DIRECCION DE BUZAMIENTO DE LA JUNTA $\alpha_s$ = DIRECCION DE BUZAMIENTO DEL TALUD $\beta_j$ = BUZAMIENTO DE LA JUNTA $\beta_s$ = BUZAMIENTO DEL TALUD					P U N T A J E	
					Discontinuidad		Talud				
					B	D.B	B	D.B			
					83	230	75	330			
					88	40					
					86	14					
<b>RMR</b>										<b>64</b>	
<b>SMR</b>	<b>Caso</b>		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable				
	<b>F<sub>1</sub></b>	T	$ \alpha_j - \alpha_s $	>30°	30°-20°	20°-10°	10°-5°	<5°	<b>3.76</b>		
		P	$ \alpha_j - \alpha_s - 180 $								
	Puntuación		0.15	0.40	0.70	0.85	1				
	<b>F<sub>2</sub></b>	$\beta_j$		<20°	20°-30°	30°-35°	35°-45°	>45°	<b>0.07</b>		
		Puntuación	P	0.15	0.40	0.70	0.85	1			
			T	1	1	1	1	1			
	<b>F<sub>3</sub></b>	P	$\beta_j - \beta_s$	>10°	10°-0°	0°	0-(-10°)	<-10°	<b>0</b>		
		T	$\beta_j + \beta_s$	<110°	110°-120°	>120°	...	...			
		Puntuación.		0	-6	-25	-50	-60			
<b>F<sub>4</sub></b>	Método		Talud natural	Precorte	Voladura suave	Voladura o excavación mecánica	Voladura deficiente	<b>0</b>			
	Puntuación		+15	+10	+8	0	-8				
<b>Valor final de la clasificación geomecánica de taludes SMR</b>										<b>67.83</b>	
<b>Calidad de roca según el SMR</b>	CLASE	V		IV		III		II		I	
	ROCA	Muy mala		Mala		Regular		Buena		Muy buena	
	SMR	0-20		21-40		41-60		61-80		81-100	
<b>Clase de estabilidad según el SMR</b>	CLASE N°	Vb	Va	IVb	IVa	IIIb	IIIa	IIb	IIa	Ib	Ia
	Descripción	Muy mala		Mala		Normal		Buena		Muy buena	
	estabilidad	Totalmente inestable		Inestable		Parcialmente inestable		Estable		Totalmente estable	
	Roturas	Grandes roturas por planos continuos o por la masa		Juntas o grandes cuñas		Algunas juntas o muchas cuñas		Algunos bloques		Ninguna	
	sostenimiento	Re excavación		Importantes		Sistemáticos		Ocasiones		Ninguno	
$F_1 = (1 - \text{sen} \alpha_j - \alpha_s )^2$ $F_2 = \text{Tg}^2(\beta_j)$ <p>F<sub>3</sub>= (SE MANTIENEN LOS VALORES PROPUESTOS POR BIENIAWSKI, 1976 / 79)            F<sub>4</sub>= VALORES EMPÍRICOS ESTABLECIDOS PARA CADA MÉTODO DE EXCAVACIÓN</p>											

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA PARA TALUDS - SMR											
ESTACIÓN: <b>CTB - E -1</b>		E: <b>725208</b>		N: <b>9269052</b>		Z: <b>1900</b>					
	$\alpha_j =$ DIRECCION DE BUZAMIENTO DE LA JUNTA $\alpha_s =$ DIRECCION DE BUZAMIENTO DEL TALUD $\beta_j =$ BUZAMIENTO DE LA JUNTA $\beta_s =$ BUZAMIENTO DEL TALUD		P U N T A J E	Discontinuidad		Talud					
	B	D.B		B	D.B						
	83	230		75	330						
	88	40									
	86	14									
RMR									64		
S M R	Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable				
	F <sub>1</sub>	T	$ \alpha_j - \alpha_s $	>30°	30°-20°	20°-10°	10°-5°	<5°	2.87		
		P	$ \alpha_j - \alpha_s - 180 $								
	Puntuación		0.15	0.40	0.70	0.85	1				
	F <sub>2</sub>	$\beta_j$		<20°	20°-30°	30°-35°	35°-45°	>45°	0.29		
		Puntuación	P	0.15	0.40	0.70	0.85	1			
	T		1	1	1	1	1				
	F <sub>3</sub>	P	$\beta_j - \beta_s$	>10°	10°-0°	0°	0-(-10°)	<-10°	0		
		T	$\beta_j + \beta_s$	<110°	110°-120°	>120°	...	...			
	Puntuación.		0	-6	-25	-50	-60				
F <sub>4</sub>	Método		Talud natural	Precorte	Voladura suave	Voladura o excavación mecánica	Voladura deficiente	0			
	Puntuación		+15	+10	+8	0	-8				
Valor final de la clasificación geomecánica de taludes SMR									67.16		
Calidad de roca según el SMR	CLASE	V		IV		III		II		I	
	ROCA	Muy mala		Mala		Regular		Buena		Muy buena	
	SMR	0-20		21-40		41-60		61-80		81-100	
Clase de estabilidad según el SMR	CLASE N°	Vb	Va	IVb	IVa	IIIb	IIIa	IIb	IIa	Ib	Ia
	Descripción	Muy mala		Mala		Normal		Buena		Muy buena	
	estabilidad	Totalmente inestable		Inestable		Parcialmente inestable		Estable		Totalmente estable	
	Roturas	Grandes roturas por planos continuos o por la masa		Juntas o grandes cuñas		Algunas juntas o muchas cuñas		Algunos bloques		Ninguna	
	sostenimiento	Re excavación		Importantes		Sistemáticos		Ocasiones		Ninguno	
$F_1 = (1 - \text{sen} \alpha_j - \alpha_s )^2$ $F_2 = \text{Tg}^2(\beta_j)$ <p>F<sub>3</sub> = (SE MANTIENEN LOS VALORES PROPUESTOS POR BIENIAWSKI, 1976 / 79)            F<sub>4</sub> = VALORES EMPÍRICOS ESTABLECIDOS PARA CADA MÉTODO DE EXCAVACIÓN</p>											

Fuente: Elaboración propia, 2019.

GUÍA DE OBSERVACIÓN					
ÍNDICE DE CALIDAD DE LA ROCA - RQD					
ESTACIÓN: <b>CTB – E -2</b>		E: <b>725208</b>		N: <b>9269013</b>	
				Z: <b>1881</b>	
D. DEERE		PLAMSTROM		PRIEST AND HUDSON	
RQD		$J_v$	RQD	$\lambda$	RQD
				3	96.31 %
				2	98.25 %
				2	98.25 %
				3	96.31 %
				1	99.53 %
				2	98.25 %
				2	98.25 %
				3	96.31 %
			<b>Promedio</b>		<b>Promedio</b>
TIPO DE ROCA SEGÚN EL RQD					
RQD	100-90	90-75	75-50	50-25	25-0
TIPO DE ROCA	Muy buena	Buena	Mediana	Mala	Muy mala
<b>OBSERVACIONES Y FOTOGRAFÍAS: Contiene mayormente relleno blando de material yeso y algunas discontinuidades limpias.</b>					
					
FÓRMULAS DE CÁLCULO					
D. DEERE		PLAMSTROM		PRIEST AND HUDSON	
$RQD = \frac{\sum L_i}{L} \times 100$		$RQD = 115 - 3.3J_v$		$RQD = 100e^{-0.1\lambda}(0.1\lambda + 1)$	

**CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI - RMR**

ESTACIÓN: <b>CTB - E - 2</b>		E: <b>725208</b>		N: <b>9269013</b>			Z: <b>1881</b>			PNT	
R M R	1	Resistencia de la matriz rocosa (MPa)	Ensayo de carga puntual	>10	10-4	4-2	2-1	Compresión simple (MPa)			12
			Compresión simple	>250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1	<1	
	Puntuación			15	12	7	4	2	1	0	20
	RQD (%)			90-100	75-90	50-75	25-50	<25			
	Puntuación			20	17	13	6	3			
	3	Separación entre diaclasas (m)		>2	0.6-2	0.2-0.6	0.06-0.2	<0.06			10
		Puntuación.			20	15	10	8			
	4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	<1m	1-3m	3-10m	10-20m	>20m			2
			Puntuación	6	4	2	1	0			
			Abertura	nada	<0.1mm	0.1-1mm	1-5mm	>5mm			1
			Puntuación	6	5	3	1	0			
			Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave			5
			Puntuación	6	5	3	1	0			
			Relleno	Ninguno	Relleno duro <5mm	Relleno duro >5mm	Relleno blando <5mm	Relleno blando >5mm			6
			Puntuación	6	4	2	2	0			
			Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	descompuesta			6
			Puntuación	6	5	3	1	0			
	5	Agua freática	Caudal por 10 m de túnel	Nulo	<10L/Min	10-25L/Min	25-125L/Min	>125 L/Min			15
			Relación: presión de agua/ tensión principal mayor	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			
			Estado general	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo			
Puntuación			15	10	7	4	0				
<b>VALOR TOTAL DEL RMR (SUMA DE LOS VALORES DE 1-5)</b>							<b>77</b>				

TIPO DE ROCA SEGÚN EL RMR							
RMR	100-81	80-61	60-51	50-41	40-31	30-21	20-0
CLASE	I	II	IIIa	IIIb	IVa	IVb	V
DESCRIPCIÓN	Muy Buena	Buena	Regular A	Regular B	Mala A	Mala B	Muy mala

TIPO ESTRUCTURA	ORIENTACION		ESPACIA MIENTO	RELLENO	
	RUMB, BUZ	D.BUZ		TIPO	ESPESOR
Discont.	N10°W, 83°NE	80°	0.6 m	Limpia	2mm
Discont.	S85°W, 81°NW	355°	2 m	Limpia	2mm



AYUDA PARA LAS OBSERVACIONES DE CAMPO		
GRADO	INDICE DE RESISTENCIA IDENTIFICACION DE CAMPO	RANGO.RESIS COMP. MPa
R1	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desconcha con una cuchilla	1-5
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpes firmes del martillo (de punta)	5-25
R3	No se ralla ni desconcha con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo	25-50
R4	La muestra se rompe con más de un golpe del martillo	50-100
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100-250
R6	Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo	>250
GRADO	ÍNDICE DE ALTERACIÓN-DESCRIPCIÓN	
I SANA	Ningún signo de alteración en el material rocoso. Quizás ligeramente decoloración sobre superficies de discontinuidades principales	
II LIGERA	La decoloración indica alteración del material rocoso y superficie de discontinuidades. El material rocoso descolorido extremadamente es más débil que en su condición sana	
III MODERADA	Menos de la mitad de la matriz rocosa está descompuesta y/o desintegrado a un suelo, la roca sana o descolorada se presenta como un marco continuo o como núcleo rocoso	
IV MUY ALTERADA	Más de la mitas de la matriz rocosa está descompuesta y/o desintegrada a un suelo, la roca sana o descolorada se presenta como un núcleo rocoso	
V DESCOMPUESTA	Todo el material rocoso está descompuesto y/o desintegrado a suelo. La estructura original de la masa rocosa aún se conserva intacta.	

ÍNDICE DE RESISTENCIA GEOLÓGICA - GSI

ESTACIÓN: CTB - E -2

E:725208

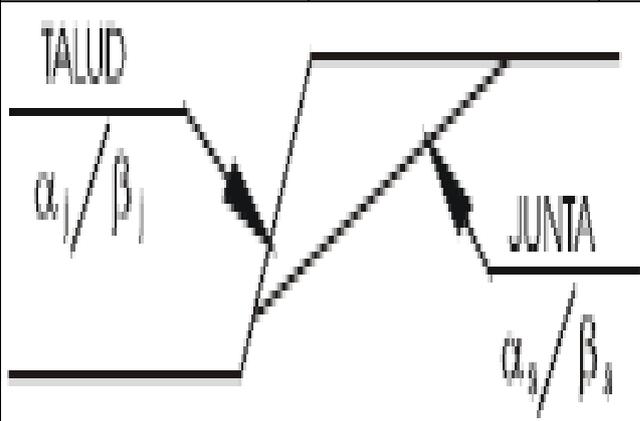
N:9269013

Z:1881

<b>ÍNDICE DE RESISTENCIA GEOLÓGICA MACIZOS ROCOSOS FRACTURADOS</b> (Marinos & Hoek (2000)) Estime el valor típico de GSI considerando el tipo de roca, la estructura del macizo rocoso, y la condición de las discontinuidades. NO trate de ser demasiado preciso. De hecho, el considerar $33 \leq GSI \leq 37$ es más realista que considerar $GSI = 35$ . Note que esta tabla NO es aplicable a problemas con control estructural. Si hay estructuras desfavorablemente orientadas, ellas controlarán el comportamiento del macizo rocoso. En aquellos casos en que la resistencia al corte de las estructuras podría ser afectada por la humedad, deberá considerarse la eventual presencia de agua. Esto puede hacerse "desplazando hacia la derecha" el rango estimado para GSI. La presión del agua no se considera al evaluar el rango de GSI; ya que la misma se incorpora posteriormente en los análisis geotécnicos, los que se desarrollan considerando esfuerzos efectivos.		CONDICIÓN DE LAS ESTRUCTURAS				
ESTRUCTURA DEL MACIZO		MUY BUENA Muy rugosas, cajas frescas o no intemperizadas	BUENA Rugosas, cajas ligeramente intemperizadas y algo oxidadas.	REGULAR Lisas, cajas moderadamente intemperizadas y algo oxidadas	MALA Pulidas, cajas metaoxidadas, con péritinas o con rellenos y/o fragmentos angulosos	MUY MALA Pulidas, cajas muy meteorizadas, con péritinas o con rellenos de arcilla blanda
		DISMINUYE LA CALIDAD →				
 <b>INTACTA o MASIVA</b> Probetas de roca intacta. Macizos masivos o con pocas y muy espaciadas estructuras.	90			N/A	N/A	
 <b>BLOCOSA</b> Macizos con 3 sets de estructuras, que definen bloques cúbicos, bien trabados entre sí.	80			50	40	
 <b>MUY BLOCOSA</b> Macizos con 4 sets de estructuras, o más, que definen bloques angulosos y trabados, pero que están parcialmente perturbados.	70				30	
 <b>BLOCOSA VETEADA</b> Macizos plegados y con bloques angulosos formados por la intersección de muchas estructuras. Los planos de estratificación y/o esquistosidad son persistentes.	60				20	
 <b>DESINTEGRADA</b> Macizo fuertemente fracturado, con una mezcla de bloques angulosos y redondeados, pobremente trabados.					10	
 <b>LAMINADA / CIZALLADA</b> Macizo con planos débiles (cizalle y/o esquistosidad), muy poco espaciados entre sí y que no definen bloques.	N/A	N/A				

**CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA PARA TALUDS - SMR**

ESTACIÓN: **CTB - E - 2**      E:**725208**      N:**9269013**      Z:**1881**



$\alpha_j$ = DIRECCION DE BUZAMIENTO DE LA JUNTA  
 $\alpha_s$ = DIRECCION DE BUZAMIENTO DEL TALUD  
 $\beta_j$ = BUZAMIENTO DE LA JUNTA  
 $\beta_s$ = BUZAMIENTO DEL TALUD

Discontinuidad		Talud	
B	D.B	B	D.B
<b>83</b>	<b>80</b>	<b>79</b>	<b>350</b>
<b>81</b>	<b>355</b>		

P  
U  
N  
T  
A  
J  
E

**RMR**      **77**

Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable		
<b>F<sub>1</sub></b>	T	$ \alpha_j - \alpha_s $	>30°	30°-20°	20°-10°	10°-5°	<5°	<b>4</b>
	P	$ \alpha_j - \alpha_s - 180 $						
Puntuación		0.15	0.40	0.70	0.85	1		
<b>F<sub>2</sub></b>	$\beta_j$		<20°	20°-30°	30°-35°	35°-45°	>45°	<b>1.15</b>
	Puntuación	P	0.15	0.40	0.70	0.85	1	
		T	1	1	1	1	1	
<b>F<sub>3</sub></b>	P	$\beta_j - \beta_s$	>10°	10°-0°	0°	0-(-10°)	<-10°	<b>-6</b>
	T	$\beta_j + \beta_s$	<110°	110°-120°	>120°	...	...	
	Puntuación.		0	-6	-25	-50	-60	
<b>F<sub>4</sub></b>	Método		Talud natural	Precorte	Voladura suave	Voladura o excavación mecánica	Voladura deficiente	<b>0</b>
	Puntuación		+15	+10	+8	0	-8	

**Valor final de la clasificación geomecánica de taludes SMR**      **76.15**

Calidad de roca según el SMR	CLASE	V		IV		III		II		I	
	ROCA	Muy mala		Mala		Regular		Buena		Muy buena	
	SMR	0-20		21-40		41-60		61-80		81-100	
Clase de estabilidad según el SMR	CLASE N°	Vb	Va	IVb	IVa	IIIb	IIIa	IIb	IIa	Ib	Ia
	Descripción	Muy mala		Mala		Normal		Buena		Muy buena	
	estabilidad	Totalmente inestable		Inestable		Parcialmente inestable		Estable		Totalmente estable	
	Roturas	Grandes roturas por planos continuos o por la masa		Juntas o grandes cuñas		Algunas juntas o muchas cuñas		Algunos bloques		Ninguna	
	sostenimiento	Re excavación		Importantes		Sistemáticos		Ocasiones		Ninguno	

$$F_1 = (1 - \text{sen}|\alpha_j - \alpha_s|)^2$$

$$F_2 = \text{Tg}^2(\beta_j)$$

F<sub>3</sub> = (SE MANTIENEN LOS VALORES PROPUESTOS POR BIENIAWSKI, 1976 / 79)  
 F<sub>4</sub> = VALORES EMPÍRICOS ESTABLECIDOS PARA CADA MÉTODO DE EXCAVACIÓN

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA PARA TALUDS - SMR											
ESTACIÓN: CTB - E -2		E:725208		N:9269013		Z:1881					
				$\alpha_j$ = DIRECCION DE BUZAMIENTO DE LA JUNTA $\alpha_s$ = DIRECCION DE BUZAMIENTO DEL TALUD $\beta_j$ = BUZAMIENTO DE LA JUNTA $\beta_s$ = BUZAMIENTO DEL TALUD				P U N T A J E			
				Discontinuidad		Talud					
B	D.B	B	D.B								
83	80	79	350								
81	355										
RMR								77			
Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable					
F <sub>1</sub>	T	$ \alpha_j - \alpha_s $	>30°	30°-20°	20°-10°	10°-5°	<5°	0.83			
	P	$ \alpha_j - \alpha_s - 180 $									
Puntuación		0.15	0.40	0.70	0.85	1					
F <sub>2</sub>	$\beta_j$		<20°	20°-30°	30°-35°	35°-45°	>45°	6.31			
	Puntuación	P	0.15	0.40	0.70	0.85	1				
F <sub>3</sub>	T	1	1	1	1	1					
	P	$\beta_j - \beta_s$	>10°	10°-0°	0°	0-(-10°)	<-10°	-6			
	T	$\beta_j + \beta_s$	<110°	110°-120°	>120°	...	...				
Puntuación.		0	-6	-25	-50	-60					
F <sub>4</sub>	Método		Talud natural	Precorte	Voladura suave	Voladura o excavación mecánica	Voladura deficiente	0			
	Puntuación		+15	+10	+8	0	-8				
Valor final de la clasificación geomecánica de taludes SMR								78.14			
Calidad de roca según el SMR	CLASE	V		IV		III		II		I	
	ROCA	Muy mala		Mala		Regular		Buena		Muy buena	
	SMR	0-20		21-40		41-60		61-80		81-100	
Clase de estabilidad según el SMR	CLASE N°	Vb	Va	IVb	IVa	IIIb	IIIa	IIb	IIa	Ib	Ia
	Descripción	Muy mala		Mala		Normal		Buena		Muy buena	
	estabilidad	Totalmente inestable		Inestable		Parcialmente inestable		Estable		Totalmente estable	
	Roturas	Grandes roturas por planos continuos o por la masa		Juntas o grandes cuñas		Algunas juntas o muchas cuñas		Algunos bloques		Ninguna	
	sostenimiento	Re excavación		Importantes		Sistemáticos		Ocasiones		Ninguno	
$F_1 = (1 - \text{sen} \alpha_j - \alpha_s )^2$ $F_2 = Tg^2(\beta_j)$ <p>F<sub>3</sub> = (SE MANTIENEN LOS VALORES PROPUESTOS POR BIENIAWSKI, 1976 / 79)            F<sub>4</sub> = VALORES EMPÍRICOS ESTABLECIDOS PARA CADA MÉTODO DE EXCAVACIÓN</p>											

Fuente: Elaboración propia, 2019.

GUÍA DE OBSERVACIÓN					
ÍNDICE DE CALIDAD DE LA ROCA - RQD					
ESTACIÓN: <b>CTB – E -3</b>		E: <b>725313</b>		N: <b>9268981</b>	Z: <b>1885</b>
D. DEERE		PLAMSTROM		PRIEST AND HUDSON	
RQD		$J_v$	RQD	$\lambda$	RQD
				4	93.84 %
				5	90.98 %
				5	90.98 %
				4	93.84 %
				3	96.31 %
				4	93.84 %
			Promedio		Promedio
TIPO DE ROCA SEGÚN EL RQD					
RQD	100-90	90-75	75-50	50-25	25-0
TIPO DE ROCA	Muy buena	Buena	Mediana	Mala	Muy mala
OBSERVACIONES Y FOTOGRAFÍAS: La roca contiene venillas de cuarzo y el relleno de las discontinuidades es mayormente blando de tipo yeso.					
					
FÓRMULAS DE CÁLCULO					
D. DEERE		PLAMSTROM		PRIEST AND HUDSON	
$RQD = \frac{\sum L_i}{L} \times 100$		$RQD = 115 - 3.3J_v$		$RQD = 100e^{-0.1\lambda}(0.1\lambda + 1)$	

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR											
ESTACIÓN: CTB – E -3		E: 725313			N: 9268981			Z: 1885			PNT
R M R	1	Resistencia de la matriz rocosa (MPa)	Ensayo de carga puntual	>10	10-4	4-2	2-1	Compresión simple (MPa)			12
			Compresión simple	>250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1	<1	
			Puntuación	15	12	7	4	2	1	0	
	2		RQD (%)	90-100	75-90	50-75	25-50	<25			20
			Puntuación	20	17	13	6	3			
	3		Separación entre diaclasas (m)	>2	0.6-2	0.2-0.6	0.06-0.2	<0.06			8
			Puntuación.	20	15	10	8	5			
	4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	<1m	1-3m	3-10m	10-20m	>20m			2
			Puntuación	6	4	2	1	0			
			Abertura	nada	<0.1mm	0.1-1mm	1-5mm	>5mm			3
			Puntuación	6	5	3	1	0			
			Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave			3
			Puntuación	6	5	3	1	0			
			Relleno	Ninguno	Relleno duro <5mm	Relleno duro >5mm	Relleno blando <5mm	Relleno blando >5mm			2
			Puntuación	6	4	2	2	0			
	Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	descompuesta			6		
		Puntuación	6	5	3	1	0				
	5	Agua freática	Caudal por 10 m de túnel	Nulo	<10L/Min	10-25L/Min	25-125L/Min	>125 L/Min			15
			Relación: presión de agua/ tensión principal mayor	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			
			Estado general	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo			
Puntuación			15	10	7	4	0				
<b>VALOR TOTAL DEL RMR (SUMA DE LOS VALORES DE 1-5)</b>							<b>71</b>				
<b>TIPO DE ROCA SEGÚN EL RMR</b>											
RMR	100-81	80-61	60-51	50-41	40-31	30-21	20-0				
CLASE	I	II	IIIa	IIIb	IVa	IVb	V				
DESCRIPCIÓN	Muy Buena	Buena	Regular A	Regular B	Mala A	Mala B	Muy mala				
<b>TIPO ESTRUCTURA</b>	<b>ORIENTACION</b>		<b>ESPACIA MIENTO</b>	<b>RELLENO</b>							
<b>Discont.</b>	<b>RUMB, BUZ</b>	<b>D.BUZ</b>	<b>TIPO</b>	<b>ESPESOR</b>							
	N15°W, 84°SW	255°	0.3 m	Yeso	1 mm						
<b>AYUDA PARA LAS OBSERVACIONES DE CAMPO</b>											
<b>GRADO</b>	<b>INDICE DE RESISTENCIA IDENTIFICACION DE CAMPO</b>					<b>RANGO.RESIS COMP. MPa</b>					
R1	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desconcha con una cuchilla					1-5					
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpes firmes del martillo (de punta)					5-25					
R3	No se ralla ni desconcha con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo					25-50					
R4	La muestra se rompe con más de un golpe del martillo					50-100					
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra					100-250					
R6	Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo					>250					
<b>GRADO</b>	<b>ÍNDICE DE ALTERACIÓN-DESCRIPCIÓN</b>										
I SANA	Ningún signo de alteración en el material rocoso. Quizás ligeramente decoloración sobre superficies de discontinuidades principales										
II LIGERA	La decoloración indica alteración del material rocoso y superficie de discontinuidades. El material rocoso descolorido extremadamente es más débil que en su condición sana										
III MODERADA	Menos de la mitad de la matriz rocosa está descompuesta y/o desintegrado a un suelo, la roca sana o descolorada se presenta como un marco continuo o como núcleo rocoso										
IV MUY ALTERADA	Más de la mitas de la matriz rocosa está descompuesta y/o desintegrada a un suelo, la roca sana o descolorada se presenta como un núcleo rocoso										
V DESCOMPUESTA	Todo el material rocoso está descompuesto y/o desintegrado a suelo. La estructura original de la masa rocosa aún se conserva intacta.										

# ÍNDICE DE RESISTENCIA GEOLÓGICA - GSI

ESTACIÓN: CTB - E -3

E:725313

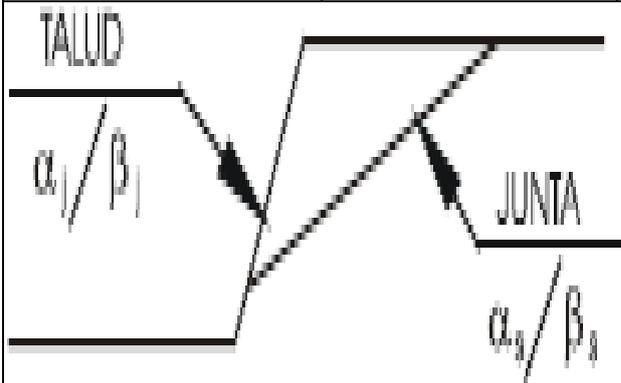
N:9268981

Z:1885

<b>ÍNDICE DE RESISTENCIA GEOLÓGICA MACIZOS ROCOSOS FRACTURADOS</b> (Marinos & Hoek (2000))  Estime el valor típico de <i>GSI</i> considerando el tipo de roca, la estructura del macizo rocoso, y la condición de las discontinuidades.  NO trate de ser demasiado preciso. De hecho, el considerar $33 \leq GSI \leq 37$ es más realista que considerar $GSI = 35$ . <u>Note que esta tabla NO es aplicable a problemas con control estructural.</u> Si hay estructuras desfavorablemente orientadas, ellas controlarán el comportamiento del macizo rocoso.  En aquellos casos en que la resistencia al corte de las estructuras podría ser afectada por la humedad, deberá considerarse la eventual presencia de agua. Esto puede hacerse "desplazando hacia la derecha" el rango estimado para <i>GSI</i> .  La presión del agua no se considera al evaluar el rango de <i>GSI</i> ; ya que la misma se incorpora posteriormente en los análisis geotécnicos, los que se desarrollen considerando esfuerzos efectivos.	<b>CONDICIÓN DE LAS ESTRUCTURAS</b>				
	<b>MUY BUENA</b> Muy rugosas, cajas frescas o no intemperizadas	<b>BUENA</b> Rugosas, cajas ligeramente intemperizadas y algo oxidadas.	<b>REGULAR</b> Lisas, cajas moderadamente intemperizadas y algo oxidadas	<b>MALA</b> Pulidas, cajas meteorizadas, con péñinas o con rellenos y/o fragmentos angulosos	<b>MUY MALA</b> Pulidas, cajas muy meteorizadas, con péñinas o con rellenos de arcilla blanda
<b>ESTRUCTURA DEL MACIZO</b>	<input type="checkbox"/> DISMINUYE LA CALIDAD <span style="font-size: 2em;">➔</span>				
<b>INTACTA o MASIVA</b> Pruebas de roca intacta. Macizos masivos o con pocas y muy espaciadas estructuras.	90	80	70	60	N/A
<b>BLOCOSA</b> Macizos con 3 sets de estructuras, que definen bloques cúbicos, bien trabados entre sí.	80	70	60	50	40
<b>MUY BLOCOSA</b> Macizos con 4 sets de estructuras, o más, que definen bloques angulosos y trabados, pero que están parcialmente perturbados.	70	60	50	40	30
<b>BLOCOSA VETEADA</b> Macizos plegados y con bloques angulosos formados por la intersección de muchas estructuras. Los planos de estratificación y/o esquistosidad son persistentes.	60	50	40	30	20
<b>DESINTEGRADA</b> Macizo fuertemente fracturado, con una mezcla de bloques angulosos y redondeados, pobremente trabados.	50	40	30	20	10
<b>LAMINADA / CIZALLADA</b> Macizo con planos débiles (cizalle y/o esquistosidad), muy poco espaciados entre sí y que no definen bloques.	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>ESTRUCTURA DEL MACIZO</b>	<input type="checkbox"/> DISMINUYE LA CALIDAD <span style="font-size: 2em;">➔</span>				

**CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA PARA TALUDS - SMR**

ESTACIÓN: **CTB - E -3**      **E:725313**      **N:9268981**      **Z:1885**



$\alpha_j$ = DIRECCION DE BUZAMIENTO DE LA JUNTA  
 $\alpha_s$ = DIRECCION DE BUZAMIENTO DEL TALUD  
 $\beta_j$ = BUZAMIENTO DE LA JUNTA  
 $\beta_s$ = BUZAMIENTO DEL TALUD

Discontinuidad		Talud	
B	D.B	B	D.B
84	255	82	8

P  
U  
N  
T  
A  
J  
E

**RMR**      **71**

Caso	Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable		
							T
P	$ \alpha_j - \alpha_s - 180 $						
Puntuación		0.15	0.40	0.70	0.85	1	0.73
F <sub>2</sub>	$\beta_j$	$<20^\circ$	$20^\circ - 30^\circ$	$30^\circ - 35^\circ$	$35^\circ - 45^\circ$	$>45^\circ$	
Puntuación	P	0.15	0.40	0.70	0.85	1	-6
	T	1	1	1	1	1	
F <sub>3</sub>	P	$\beta_j - \beta_s$	$>10^\circ$	$10^\circ - 0^\circ$	$0^\circ$	$0 - (-10^\circ)$	$<-10^\circ$
	T	$\beta_j + \beta_s$	$<110^\circ$	$110^\circ - 120^\circ$	$>120^\circ$	...	...
Puntuación.		0	-6	-25	-50	-60	0
F <sub>4</sub>	Método	Talud natural	Precorte	Voladura suave	Voladura o excavación mecánica	Voladura deficiente	
Puntuación		+15	+10	+8	0	-8	

**Valor final de la clasificación geomecánica de taludes SMR**      **69.42**

Calidad de roca según el SMR	CLASE	V		IV		III		II		I	
	ROCA	Muy mala		Mala		Regular		Buena		Muy buena	
	SMR	0-20		21-40		41-60		61-80		81-100	
Clase de estabilidad según el SMR	CLASE N°	Vb	Va	IVb	IVa	IIIb	IIIa	IIb	IIa	Ib	Ia
	Descripción	Muy mala		Mala		Normal		Buena		Muy buena	
	estabilidad	Totalmente inestable		Inestable		Parcialmente inestable		Estable		Totalmente estable	
	Roturas	Grandes roturas por planos continuos o por la masa		Juntas o grandes cuñas		Algunas juntas o muchas cuñas		Algunos bloques		Ninguna	
	sostenimiento	Re excavación		Importantes		Sistemáticos		Ocasiones		Ninguno	

$$F_1 = (1 - \text{sen}|\alpha_j - \alpha_s|)^2$$

$$F_2 = \text{Tg}^2(\beta_j)$$

F<sub>3</sub> = (SE MANTIENEN LOS VALORES PROPUESTOS POR BIENIAWSKI, 1976 / 79)  
 F<sub>4</sub> = VALORES EMPÍRICOS ESTABLECIDOS PARA CADA MÉTODO DE EXCAVACIÓN

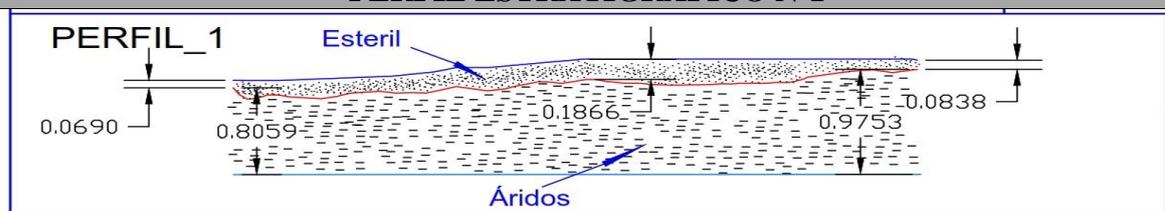
Fuente: Elaboración propia, 2019.

GUÍA DE OBSERVACIÓN					
ENSAYO DE ESCLERÓMETRO					
Tipo de roca	Densidad (KN/m <sup>3</sup> )	Nº	Índice de rebote		
Toba	24.9 KN/m <sup>3</sup>	1	47.5		
		2	48.0		
		3	40.0		
		4	41.0		
		5	48.0		
		6	45.7		
		7	44.9		
		8	46.7		
		9	47.5		
		10	50.5		
ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE					
Tipo de roca	Nº	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (KN)
Toba	1	5.4 cm	13.5 cm	22.89 cm <sup>2</sup>	218.376 KN
ENSAYO DE CARGA PUNTUAL					
Tipo de roca	Nº	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Carga de ruptura (KN)	Is (MN/m <sup>2</sup> )
Toba	1	5.4 cm.	5.4 cm.	11.038 KN	3.8 MN/m <sup>2</sup>
DENSIDAD IN SITU DE LOS ÁRIDOS					
Tipo de roca	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Masa (gr)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	
Toba	5.4 cm.	13.5 cm.	783.6 gr.	309.18 cm <sup>3</sup>	
DENSIDAD SUELTA DE LOS ÁRIDOS					
Tipo de roca	Peso del recipiente (gr)	Peso del recipiente + áridos (gr)	Volumen del recipiente (cm <sup>3</sup> )		
Toba	905 gr.	4450 gr.	2519.966 cm <sup>3</sup> .		

Fuente: Elaboración propia, 2019.

**MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR BANCOS DESCENDENTES PARA OPTIMIZAR LA  
PRODUCCIÓN DE AGREGADOS EN LA CANTERA LA TUNA BLANCA, SANTA CRUZ -  
CAJAMARCA**

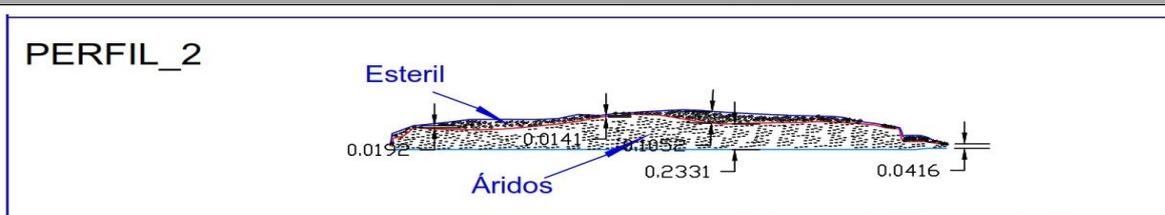
**OBJETIVO:** Estimar las reservas utilizando el software minero RecMin.

**GUÍA DE OBSERVACIÓN**
**PERFIL ESTRATIGRÁFICO N°1**

**ESPESOR PROMEDIO DEL ESTRATO DE ARCILLA ARENOSA**

$L_{\text{plano}}$ (mm)	$L_{\text{plano}}$ (m)	Escala	$L_{\text{terreno}}$ (m)	PROMEDIO
0.0690	0.0000690	1:125000	8.6	14.14 m
0.1866	0.0001866	1:125000	23.3	
0.0838	0.0000838	1:125000	10.5	

**ESPESOR PROMEDIO DEL ESTRATO DE ÁRIDOS**

$L_{\text{plano}}$ (mm)	$L_{\text{plano}}$ (m)	Escala	$L_{\text{terreno}}$ (m)	PROMEDIO
0.8059	0.0008059	1:125000	100.7	109.9 m
0.9753	0.0009753	1:125000	121.9	
0.8564	0.0008564	1:125000	107.1	

**PERFIL ESTRATIGRÁFICO N°2**

**ESPESOR PROMEDIO DEL ESTRATO DE ARCILLA ARENOSA**

$L_{\text{plano}}$ (mm)	$L_{\text{plano}}$ (m)	Escala	$L_{\text{terreno}}$ (m)	PROMEDIO
0.0192	0.0000192	1:125000	2.4	5.8 m
0.0141	0.0000141	1:125000	1.8	
0.1052	0.0001052	1:125000	13.2	

**ESPESOR PROMEDIO DEL ESTRATO DE ÁRIDOS**

$L_{\text{plano}}$ (mm)	$L_{\text{plano}}$ (m)	Escala	$L_{\text{terreno}}$ (m)	PROMEDIO
0.2331	0.0002331	1:125000	29.1	30.7 m
0.3186	0.0003186	1:125000	39.8	
0.1846	0.0001846	1:125000	23.1	

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>	<b>ANEXO 8: DISEÑO DEL MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR BANCOS DESCENDENTES DE LA CANTERA LA TUNA BLANCA</b>
	<b>MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR BANCOS DESCENDENTES PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE AGREGADOS EN LA CANTERA LA TUNA BLANCA, SANTA CRUZ - CAJAMARCA</b>

**OBJETIVO:** Diseñar la secuencia de extracción de los agregados de la cantera La Tuna Blanca.

<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN</b>							
<b>GEOLOGÍA</b>							
Tipo de roca				Toba dacítica			
<b>TOPOGRAFÍA</b>							
<b>COORDENADAS UTM</b>							
Vértice	Este			Norte			
1	724744			9268637			
2	724744			9269637			
3	725744			9269637			
4	725744			9268637			
<b>DIMENSIONAMIENTO</b>							
Tipo de área				Área (m <sup>2</sup> )			
Reservas probadas				267406.94			
Reservas probables				85630.33			
Área explotada				36361.83			
Área de cultivo				610600.9			
<b>GEOMECAÁNICA</b>							
ESTACIÓN	RMR			SMR			
	Puntaje	Clase	Descripción	Puntaje	Clase	Subclase	Descripción
CTB – E – 1	64	II	Buena	64.71	II	IIa	Buena
CTB – E – 2	77	II	Buena	77.15	II	IIb	Buena
CTB – E – 3	71	II	Buena	69.42	III	IIa	Buena
<b>MECÁNICA DE ROCAS</b>							
<b>ENSAYOS DE LABORATORIO</b>							
Ensayo de compresión simple			Ensayo de esclerómetro		Ensayo de carga puntual		
95.352 MPa			115 MPa		87.4 MPa		
<b>VOLUMEN DE RESERVAS</b>							
Estéril				5033517.03 m <sup>3</sup>			
Áridos				21011495.58 m <sup>3</sup>			
<b>PRODUCCIÓN DIARIA</b>							
48 m <sup>3</sup> /día							

<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA MAQUINARIA DE CARGUÍO Y TRANSPORTE</b>				
<b>MAQUINARIA DE CARGUÍO</b>				
Equipo		Cargador frontal		
Modelo		950 H		
Marca		Caterpillar		
Longitud total máxima (m)		7.99 m		
Altura total máxima (m)		5.44 m		
Ancho total máxima (m)		2,78 m		
Capacidad de cuchara (m <sup>3</sup> )		3.3 m <sup>3</sup>		
<b>MAQUINARIA DE TRANSPORTE</b>				
Equipo		Volquete		
Marca		FAMECA		
Longitud total máxima (mm)		7,050 mm		
Altura total máxima (mm)		3,180 mm		
Ancho total máxima (mm)		2,500 mm		
Capacidad de balde (m <sup>3</sup> )		15 m <sup>3</sup>		
<b>CICLO DE LA MAQUINARIA DE CARGUÍO (CARGADOR FRONTAL CAT 950H)</b>				
Levante cargado		6.2 seg		
Descarga		1.3 seg		
Descenso libre		2.5 seg		
Cargar cucharón		3.1 seg		
Ida		8 seg		
Vuelta		9.2 seg		
Total		30.3 seg.		
Tiempo de arranque				
Toba		Arcilla arenosa		
5.5 min		2.5 min		
<b>CICLO DE LA MAQUINARIA DE TRANSPORTE (VOLQUETE FAMECA)</b>				
<b>FRENTE DE EXPLOTACIÓN - BOTADERO</b>				
Tiempo de carga		6.5 min		
Tiempo de descarga		1 min		
Velocidad		Longitud		
Pendiente a favor del movimiento	Pendiente contra del movimiento	Longitud	Pendiente	Longitud total
10 km/h	15 km/h	703 m	8%	2015 m
15 km/h	20 km/h	1312 m	2%	
<b>FRENTE DE EXPLOTACIÓN - CHANCADO</b>				
Tiempo de carga		8.5 min		
Tiempo de descarga		1 min		
Velocidad		Longitud		
Pendiente favor del movimiento	Pendiente contra del movimiento	Longitud	Pendiente	Longitud total
10 km/h	15 km/h	703 m	8%	1815 m
15 km/h	20 km/h	1112 m	2%	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>	<b>ANEXO 9: ESTIMACIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LA CANTERA LA TUNA BLANCA</b>
	<b>MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR BANCOS DESCENDENTES PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE AGREGADOS EN LA CANTERA LA TUNA BLANCA, SANTA CRUZ - CAJAMARCA</b>

**OBJETIVO:** Estimar los costos de producción de los agregados.

<b>GUÍA DE ENTREVISTA</b>		
<b>COSTOS DE LA MAQUINARIA DE CARGUÍO</b>		
<b>DATOS TÉCNICOS</b>		
Precio de adquisición		\$235,000.00
Vida útil (años)		6
Horas año		2000 (en horas)
Precio de adquisición actual		S/634,500.00
Valor de rescate		20.00%
Tasa anual		15.46%
Seguros		2.50%
Impuestos		2.00%
Garaje		1.00%
<b>COSTOS DE MANTENIMIENTO</b>		
% de costos de mantenimiento (precio de adquisición)		80%
Porcentaje de mano de obra		25%
Porcentaje en repuestos		75%
<b>COSTO DE OPERACIÓN</b>		
<b>Insumos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>
Consumo de petróleo	6	10.19
Aceite de motor	0.038	38.2
Aceite de transmisión	0.027	33.96
Aceite Tfa, Red	0.034	33.96
Aceite dirección	0.015	30.12
Grasa	0.22	4.67
Refrigerante	0.002	35.01
Filtros	20%	-
Neumáticos	4	2664
<b>COSTOS DE LA MAQUINARIA DE TRANSPORTE</b>		
<b>DATOS TÉCNICOS</b>		
Precio de adquisición		\$136,000.00
Vida útil (años)		6
Horas año		2000 (en horas)
Precio de adquisición actual		S/367,200.00
Valor de rescate		20.00%
Tasa anual		15.46%
Seguros		2.50%
Impuestos		2.00%
Garaje		1.00%
<b>COSTOS DE MANTENIMIENTO</b>		
% de costos de mantenimiento (precio de adquisición)		80%

Porcentaje de mano de obra		25%
Porcentaje en repuestos		75%
<b>COSTOS DE OPERACIÓN</b>		
<b>Insumos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>
Consumo de petróleo	6	9.5
Aceite de motor	0.038	31.09
Aceite de transmisión	0.027	33.96
Aceite Tfa, Red	0.034	33.96
Aceite dirección	0.015	38.55
Grasa	0.22	4.67
Refrigerante	0.002	35.01
Filtros	20%	-
Neumáticos	10	1900
<b>COSTOS DE PLANTA DE PROCESAMIENTO (CHANCADO)</b>		
<b>DATOS TÉCNICOS</b>		
Vida útil (años)	5	
Horas año	2000 (en horas)	
Precio de adquisición actual	S/9,370.00	
Valor de rescate	0.00%	
Tasa anual	15.46%	
Seguros	2.50%	
Impuestos	2.00%	
Garaje	1.00%	
<b>COSTOS DE MANTENIMIENTO</b>		
% de costos de mantenimiento (precio de adquisición)	80%	
Porcentaje de mano de obra	25%	
Porcentaje en repuestos	75%	
<b>COSTOS DE OPERACIÓN</b>		
<b>Insumos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>
Consumo de petróleo	1	10.19
Aceite de motor	0.038	38.2
Grasa	0.22	4.67
Filtros	20%	-
<b>COSTOS DE MANO DE OBRA</b>		
<b>Ocupación</b>	<b>Sueldo mensual</b>	<b>Jornal diario</b>
Ingeniero de minas	S/. 2,500.00	-
Vigilante	S/. 500.00	-
Operador cargador frontal		S/. 80.00
Operador volquete		S/. 60.00
Operador volquete		S/. 60.00
Operador chancadora		S/. 40.00
Operador chancadora		S/. 40.00
Obrero		S/. 40.00

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR BANCOS DESCENDENTES PARA OPTIMIZAR LA  
PRODUCCIÓN DE AGREGADOS EN LA CANTERA LA TUNA BLANCA, SANTA CRUZ -  
CAJAMARCA

## VOLÚMEN DE ESTÉRIL

VOLÚMEN DE ESTÉRIL				
<b>Coordenadas este:</b>				
			<b>Mínimo = 4746.73</b>	<b>Máximo = 5448.76</b>
<b>Coordenadas norte:</b>				
			<b>Mínimo = 8633.62</b>	<b>Máximo = 9134.11</b>
<b>Coordenadas Z:</b>				
			<b>Mínimo = 1843.36</b>	<b>Máximo = 1975</b>
Sección	Área	Paso	Parcial	Total
4,746.73	9210.77			
4,756.73	11,039.62	10	101,251.95	101,251.95
4,766.73	12,503.72	10	117,716.70	218,968.65
4,776.73	12,851.08	10	126,774.00	345,742.65
4,786.73	12,269.76	10	125,604.20	471,346.85
4,796.73	11,801.67	10	120,357.15	591,704.00
4,806.73	11,704.49	10	117,530.80	709,234.80
4,816.73	11,802.51	10	117,535.00	826,769.80
4,826.73	11,872.92	10	118,377.15	945,146.95
4,836.73	11,816.38	10	118,446.50	1,063,593.45
4,846.73	11,535.94	10	116,761.60	1,180,355.05
4,856.73	11,411.56	10	114,737.50	1,295,092.55
4,866.73	11,485.30	10	114,484.30	1,409,576.85
4,876.73	11,534.51	10	115,099.05	1,524,675.90
4,886.73	11,440.88	10	114,876.95	1,639,552.85
4,896.73	11,550.22	10	114,955.50	1,754,508.35
4,906.73	11,482.82	10	115,165.20	1,869,673.55
4,916.73	11,215.77	10	113,492.95	1,983,166.50
4,926.73	10,982.04	10	110,989.05	2,094,155.55
4,936.73	10,378.64	10	106,803.40	2,200,958.95
4,946.73	9,403.38	10	98,910.10	2,299,869.05
4,956.73	8,354.62	10	88,790.00	2,388,659.05
4,966.73	7,824.53	10	80,895.75	2,469,554.80
4,976.73	7,824.53	10	78,245.30	2,547,800.10
4,986.73	7,824.53	10	78,245.30	2,626,045.40
4,996.73	7,824.53	10	78,245.30	2,704,290.70
5,006.73	7,824.53	10	78,245.30	2,782,536.00
5,016.73	7,824.53	10	78,245.30	2,860,781.30
5,026.73	7,824.53	10	78,245.30	2,939,026.60

5,036.73	7,824.53	10	78,245.30	3,017,271.90
5,046.73	7,824.53	10	78,245.30	3,095,517.20
5,056.73	7,824.53	10	78,245.30	3,173,762.50
5,066.73	6,806.36	10	73,154.45	3,246,916.95
5,076.73	5,788.19	10	62,972.75	3,309,889.70
5,086.73	6,229.40	10	60,087.95	3,369,977.65
5,096.73	6,832.23	10	65,308.15	3,435,285.80
5,106.73	7,386.48	10	71,093.55	3,506,379.35
5,116.73	7,588.76	10	74,876.20	3,581,255.55
5,126.73	7,534.48	10	75,616.20	3,656,871.75
5,136.73	7,429.67	10	74,820.75	3,731,692.50
5,146.73	7,093.32	10	72,614.95	3,804,307.45
5,156.73	6,761.71	10	69,275.15	3,873,582.60
5,166.73	6,405.85	10	65,837.80	3,939,420.40
5,176.73	5,929.27	10	61,675.60	4,001,096.00
5,186.73	5,654.32	10	57,917.95	4,059,013.95
5,196.73	5,572.26	10	56,132.90	4,115,146.85
5,206.73	5,582.24	10	55,772.50	4,170,919.35
5,216.73	5,606.98	10	55,946.10	4,226,865.45
5,226.73	5,488.64	10	55,478.10	4,282,343.55
5,236.73	5,293.99	10	53,913.15	4,336,256.70
5,246.73	5,085.90	10	51,899.45	4,388,156.15
5,256.73	4,738.05	10	49,119.75	4,437,275.90
5,266.73	4,301.60	10	45,198.25	4,482,474.15
5,276.73	3,522.63	10	39,121.15	4,521,595.30
5,286.73	2,861.80	10	31,922.15	4,553,517.45
5,296.73	2,396.26	10	26,290.30	4,579,807.75
5,306.73	2,142.13	10	22,691.95	4,602,499.70
5,316.73	1,977.36	10	20,597.45	4,623,097.15
5,326.73	1,980.14	10	19,787.50	4,642,884.65
5,336.73	2,309.36	10	21,447.50	4,664,332.15
5,346.73	2,938.98	10	26,241.70	4,690,573.85
5,356.73	3,352.06	10	31,455.20	4,722,029.05
5,366.73	3,551.99	10	34,520.25	4,756,549.30
5,376.73	3,676.69	10	36,143.40	4,792,692.70
5,386.73	3,958.70	10	38,176.95	4,830,869.65
5,396.73	3,970.10	10	39,644.00	4,870,513.65
5,406.73	3,947.21	10	39,586.55	4,910,100.20
5,416.73	3,880.42	10	39,138.15	4,949,238.35
5,426.73	3,686.57	10	37,834.95	4,987,073.30
5,436.73	2,534.00	10	31,102.85	5,018,176.15
5,446.73	435.6	10	14,848.00	5,033,024.15
5,448.76	50	2.03	492.88	5,033,517.03
<b>TOTAL</b>				<b>5,033,517.03 m<sup>3</sup>B</b>

<b>VOLUMEN DE AGREGADOS</b>				
<b>Coordenadas este:</b>				
		<b>Mínimo = 4748.65</b>	<b>Máximo = 5449.19</b>	
<b>Coordenadas norte:</b>				
		<b>Mínimo = 8633.62</b>	<b>Máximo = 9142.5</b>	
<b>Coordenadas Z:</b>				
		<b>Mínimo = 1839.95</b>	<b>Máximo = 1963.76</b>	
<b>Sección</b>	<b>Área</b>	<b>Paso</b>	<b>Parcial</b>	<b>Total</b>
4,748.65	30378.93			
4,758.65	29,565.69	10	299,723.10	299,723.10
4,768.65	29,756.58	10	296,611.35	596,334.45
4,778.65	30,559.91	10	301,582.45	897,916.90
4,788.65	31,935.30	10	312,476.05	1,210,392.95
4,798.65	32,892.93	10	324,141.15	1,534,534.10
4,808.65	33,384.59	10	331,387.60	1,865,921.70
4,818.65	33,561.95	10	334,732.70	2,200,654.40
4,828.65	33,779.55	10	336,707.50	2,537,361.90
4,838.65	34,045.77	10	339,126.60	2,876,488.50
4,848.65	34,429.00	10	342,373.85	3,218,862.35
4,858.65	34,539.02	10	344,840.10	3,563,702.45
4,868.65	34,424.17	10	344,815.95	3,908,518.40
4,878.65	34,204.89	10	343,145.30	4,251,663.70
4,888.65	33,928.82	10	340,668.55	4,592,332.25
4,898.65	33,401.63	10	336,652.25	4,928,984.50
4,908.65	32,605.66	10	330,036.45	5,259,020.95
4,918.65	31,809.69	10	322,076.75	5,581,097.70
4,928.65	31,591.42	10	317,005.55	5,898,103.25
4,938.65	31,925.79	10	317,586.05	6,215,689.30
4,948.65	32,629.26	10	322,775.25	6,538,464.55
4,958.65	33,368.31	10	329,987.85	6,868,452.40
4,968.65	33,691.59	10	335,299.50	7,203,751.90
4,978.65	33,868.59	10	337,800.90	7,541,552.80
4,988.65	33,878.58	10	338,735.85	7,880,288.65
4,998.65	34,015.13	10	339,468.55	8,219,757.20
5,008.65	34,340.79	10	341,779.60	8,561,536.80
5,018.65	34,519.50	10	344,301.45	8,905,838.25
5,028.65	34,784.15	10	346,518.25	9,252,356.50
5,038.65	35,098.59	10	349,413.70	9,601,770.20
5,048.65	35,258.13	10	351,783.60	9,953,553.80
5,058.65	35,243.65	10	352,508.90	10,306,062.70
5,068.65	35,277.68	10	352,606.65	10,658,669.35
5,078.65	34,666.61	10	349,721.45	11,008,390.80
5,088.65	33,917.10	10	342,918.55	11,351,309.35
5,098.65	33,019.22	10	334,681.60	11,685,990.95

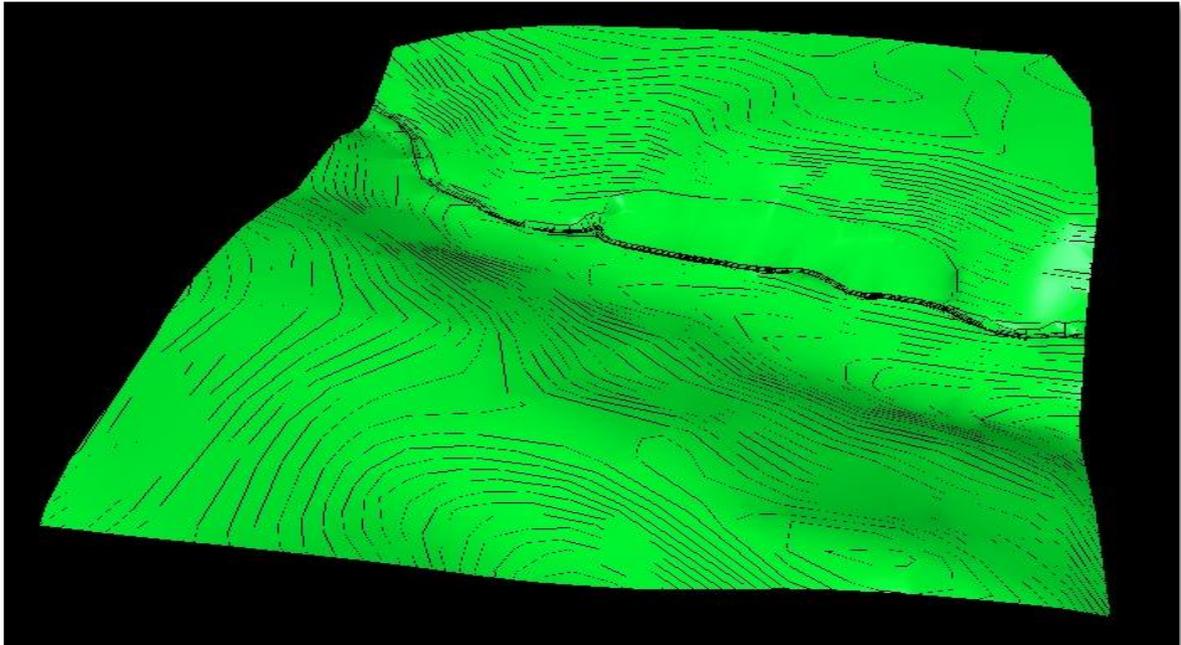
5,108.65	32,131.31	10	325,752.65	12,011,743.60
5,118.65	31,647.42	10	318,893.65	12,330,637.25
5,128.65	31,271.43	10	314,594.25	12,645,231.50
5,138.65	31,028.48	10	311,499.55	12,956,731.05
5,148.65	31,032.25	10	310,303.65	13,267,034.70
5,158.65	31,033.32	10	310,327.85	13,577,362.55
5,168.65	31,005.05	10	310,191.85	13,887,554.40
5,178.65	30,977.02	10	309,910.35	14,197,464.75
5,188.65	30,705.29	10	308,411.55	14,505,876.30
5,198.65	30,206.16	10	304,557.25	14,810,433.55
5,208.65	29,597.45	10	299,018.05	15,109,451.60
5,218.65	29,078.19	10	293,378.20	15,402,829.80
5,228.65	28,660.85	10	288,695.20	15,691,525.00
5,238.65	28,301.34	10	284,810.95	15,976,335.95
5,248.65	27,983.85	10	281,425.95	16,257,761.90
5,258.65	27,701.97	10	278,429.10	16,536,191.00
5,268.65	27,512.79	10	276,073.80	16,812,264.80
5,278.65	27,711.97	10	276,123.80	17,088,388.60
5,288.65	27,746.65	10	277,293.10	17,365,681.70
5,298.65	27,748.67	10	277,476.60	17,643,158.30
5,308.65	27,674.39	10	277,115.30	17,920,273.60
5,318.65	27,585.71	10	276,300.50	18,196,574.10
5,328.65	27,373.87	10	274,797.90	18,471,372.00
5,338.65	27,002.59	10	271,882.30	18,743,254.30
5,348.65	26,549.04	10	267,758.15	19,011,012.45
5,358.65	26,451.38	10	265,002.10	19,276,014.55
5,368.65	26,717.29	10	265,843.35	19,541,857.90
5,378.65	26,220.55	10	264,689.20	19,806,547.10
5,388.65	24,704.37	10	254,624.60	20,061,171.70
5,398.65	22,858.15	10	237,812.60	20,298,984.30
5,408.65	20,755.87	10	218,070.10	20,517,054.40
5,418.65	17,747.21	10	192,515.40	20,709,569.80
5,428.65	13,466.23	10	156,067.20	20,865,637.00
5,438.65	7,730.03	10	105,981.30	20,971,618.30
5,448.65	232.34	10	39,811.85	21,011,430.15
5,449.19	10	0.54	65.43	21,011,495.58
<b>TOTAL</b>				<b>21,011,495.58</b> <b>m<sup>3</sup>B</b>

Fuente: Elaboración propia, 2019.

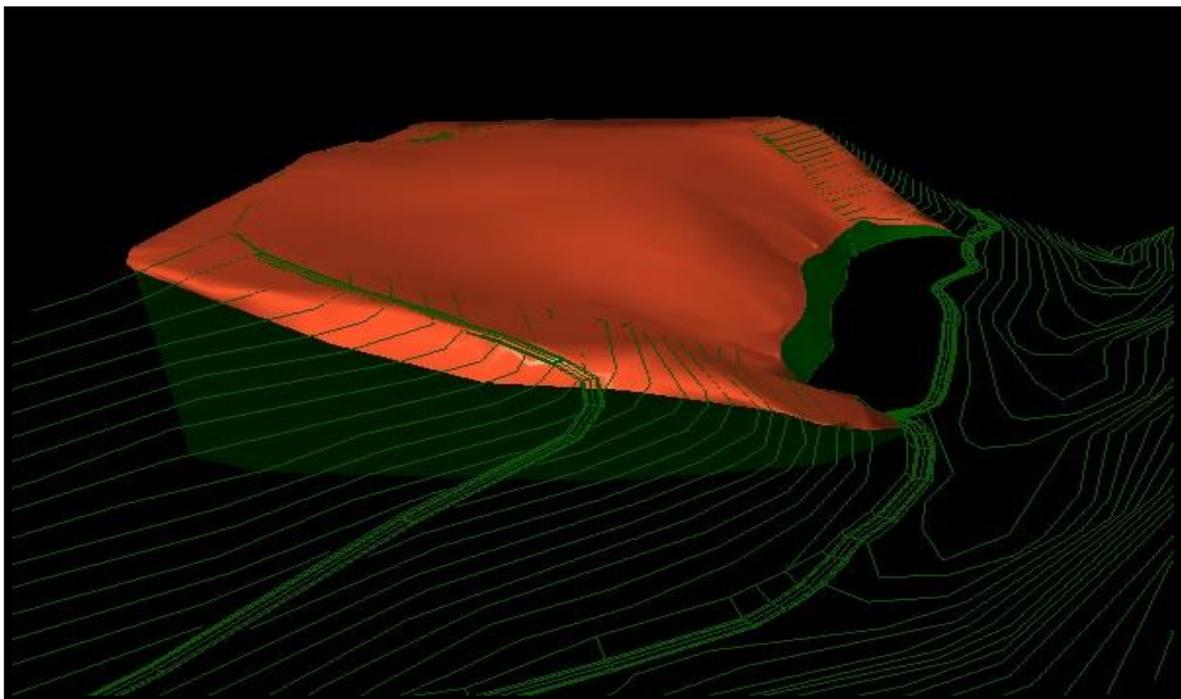


MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR BANCOS DESCENDENTES PARA OPTIMIZAR LA  
PRODUCCIÓN DE AGREGADOS EN LA CANTERA LA TUNA BLANCA, SANTA CRUZ -  
CAJAMARCA

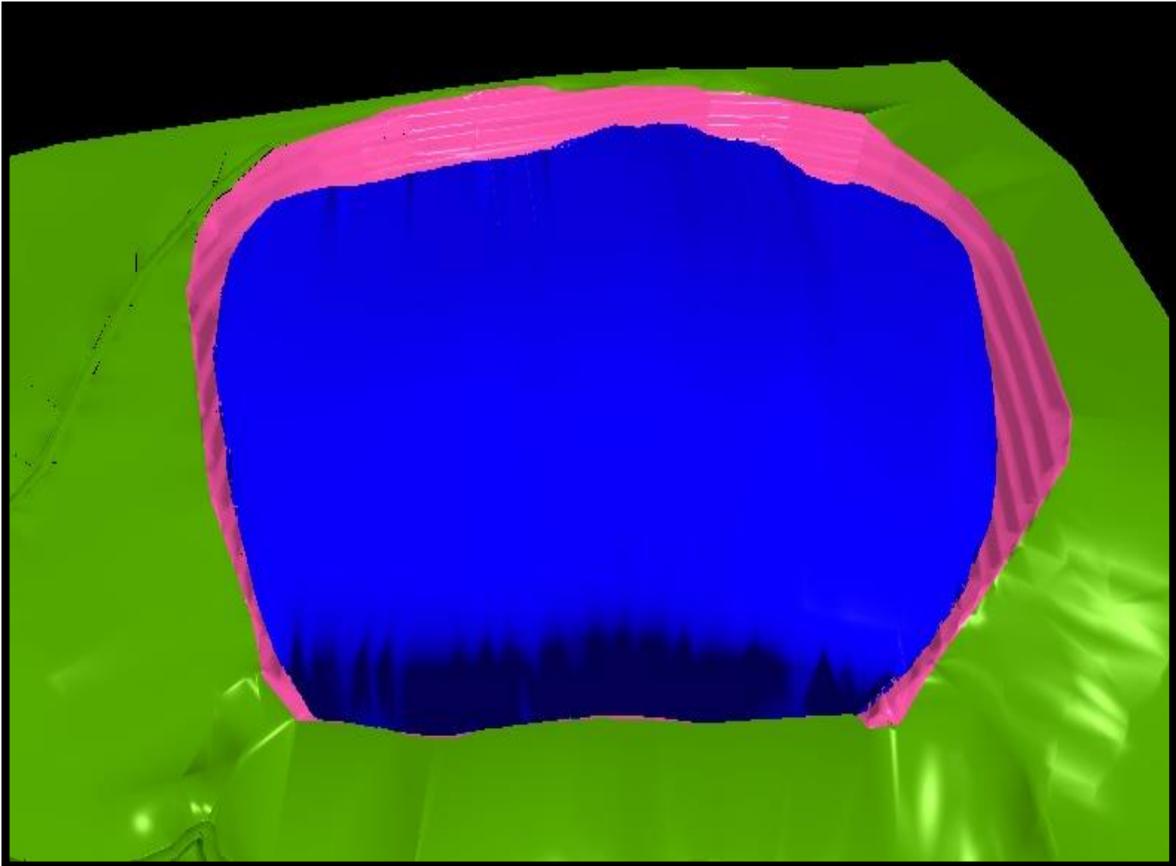
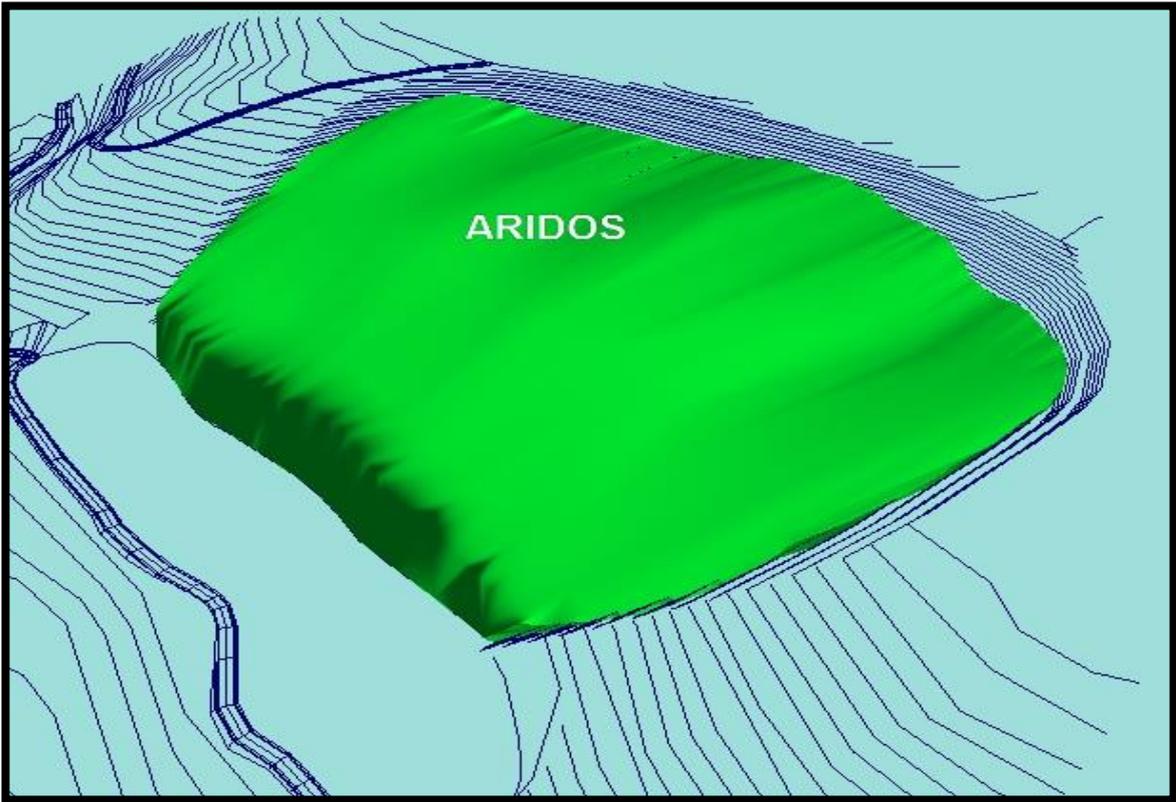
TERRENO NATURAL



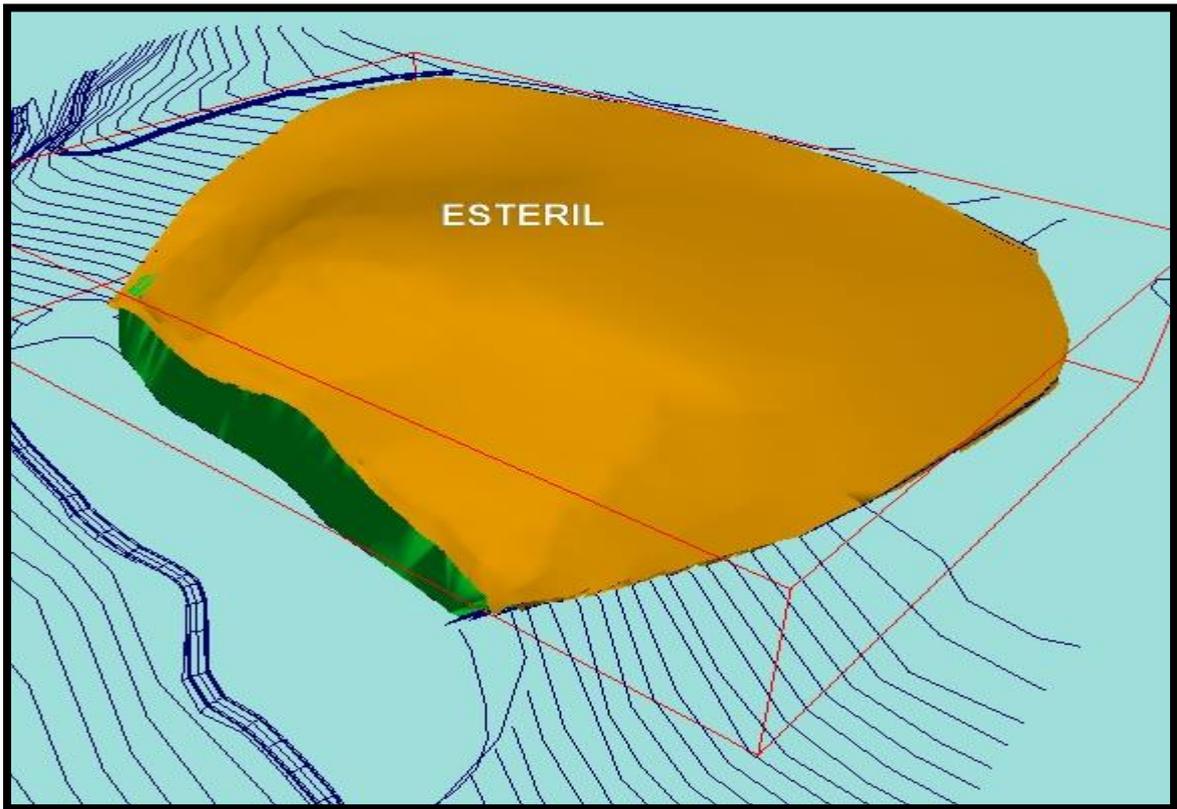
MODELO GEOLÓGICO



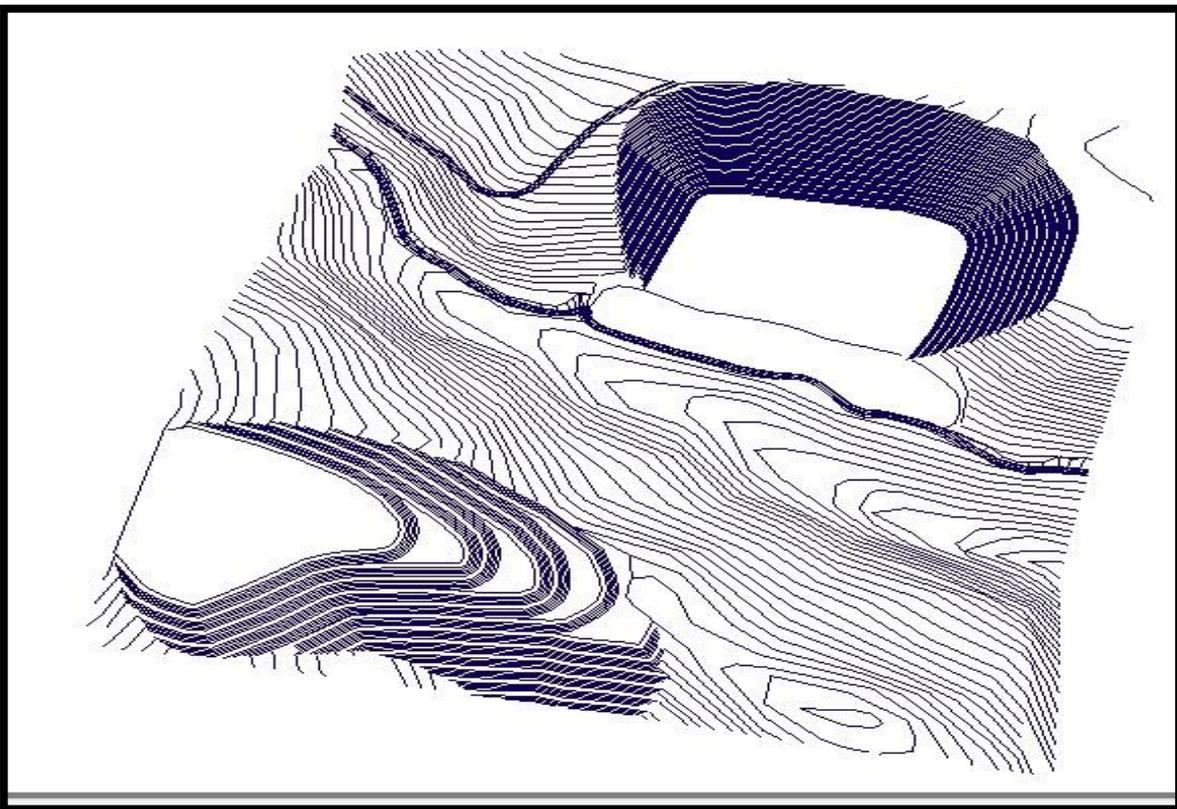
## VISTA DE LOS ÁRIDOS



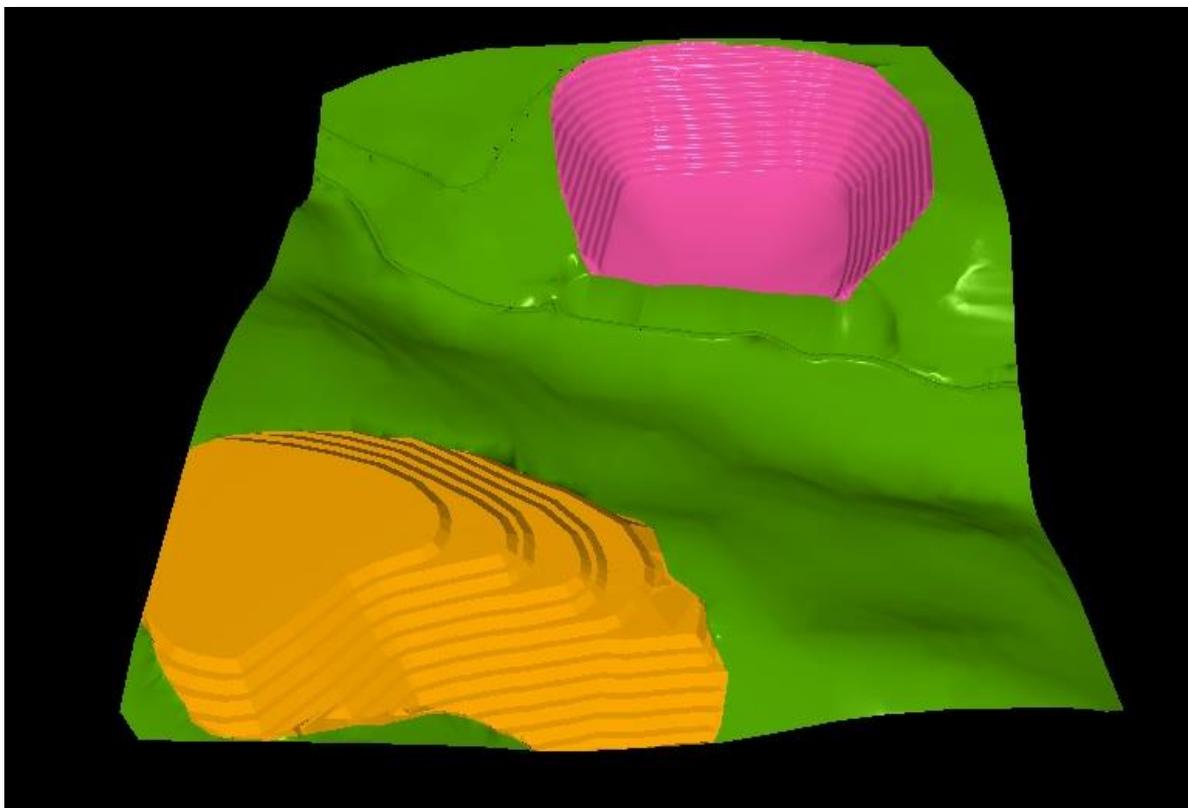
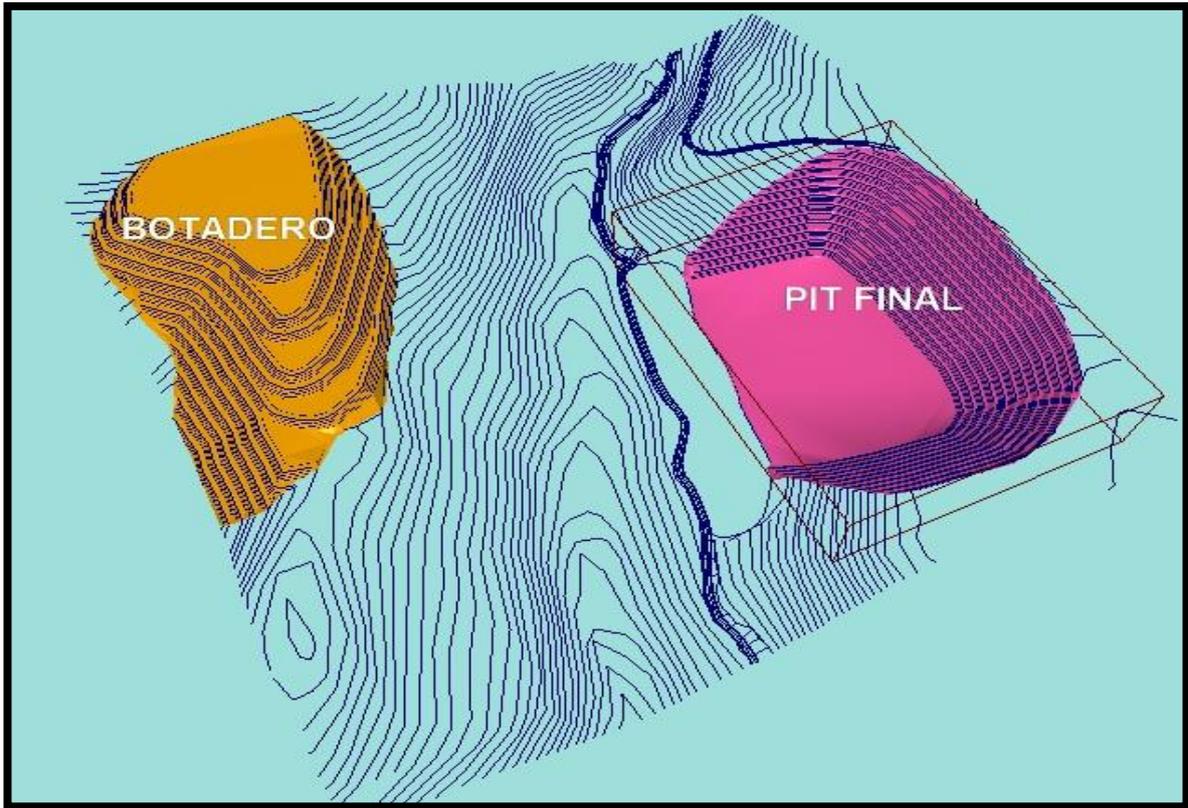
### VISTA DEL ESTÉRIL



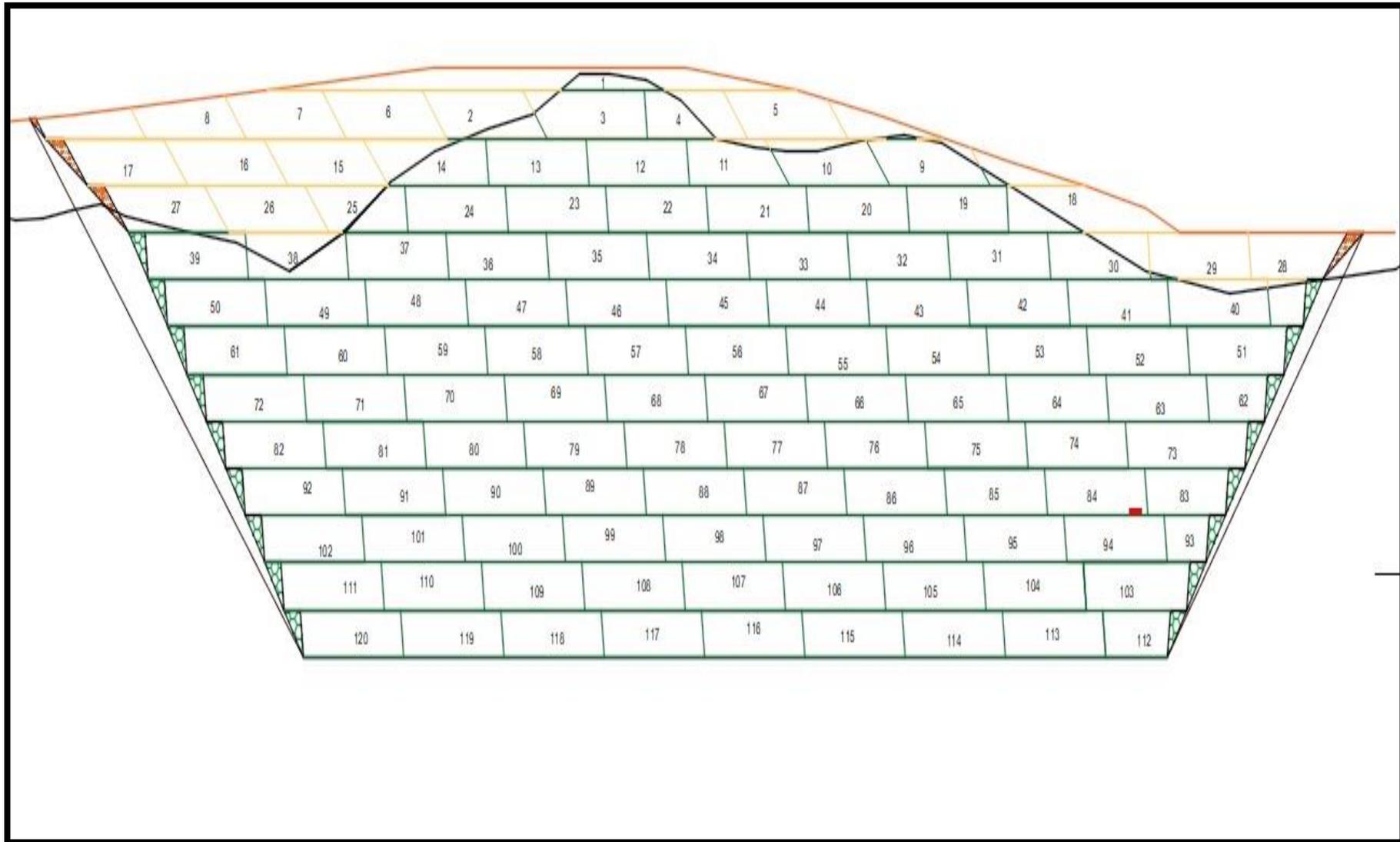
### TOPOGRAFÍA FINAL



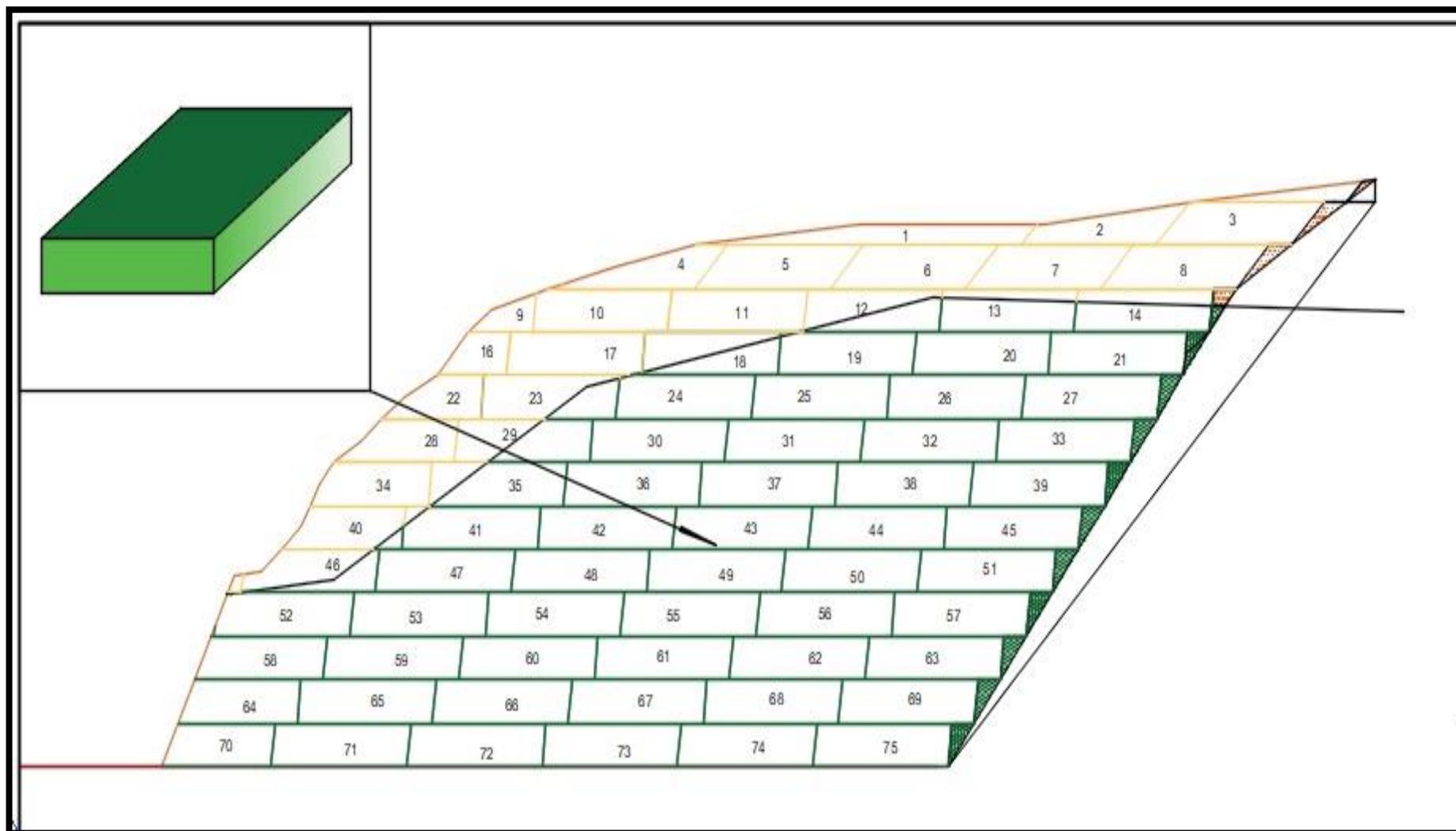
## DISEÑO FINAL



### SECUENCIA DE EXTRACCIÓN – VISTA FRONTAL



## SECUENCIA DE EXTRACCIÓN - VISTA PERFIL



MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR BANCOS DESCENDENTES PARA OPTIMIZAR LA  
PRODUCCIÓN DE AGREGADOS EN LA CANTERA LA TUNA BLANCA, SANTA CRUZ -  
CAJAMARCA

## VOLÚMEN TOTAL

## Coordenadas Este:

Mínimo = 4822.02

Máximo = 5372.08

## Coordenadas Norte:

Mínimo = 8643.89

Máximo = 9040.4

## Coordenadas Z:

Mínimo = 1840

Máximo = 1975

Sección	Área	Paso	Parcial	Total
4,822.02	50			
4,827.02	535.85	5	1464.625	1464.625
4,832.02	1314.78	5	4626.575	6091.2
4,837.02	2225	5	8849.45	14940.65
4,842.02	3395.22	5	14050.55	28991.2
4,847.02	4,396.31	5	19478.825	48470.025
4,852.02	5,574.21	5	24926.3	73396.325
4,857.02	6,727.44	5	30754.125	104150.45
4,862.02	8,086.48	5	37034.8	141185.25
4,867.02	9,315.62	5	43505.25	184690.5
4,872.02	10,695.60	5	50028.05	234718.55
4,877.02	12,037.45	5	56832.625	291551.175
4,882.02	13,379.29	5	63541.85	355093.025
4,887.02	13,379.29	5	66896.45	421989.475
4,892.02	13,379.29	5	66896.45	488885.925
4,897.02	13,379.29	5	66896.45	555782.375
4,902.02	16,707.09	5	75215.95	630998.325
4,907.02	20,034.89	5	91854.95	722853.275
4,912.02	21,332.66	5	103418.875	826272.15
4,917.02	22,630.43	5	109907.725	936179.875
4,922.02	22,630.43	5	113152.15	1049332.025
4,927.02	22,630.43	5	113152.15	1162484.175
4,932.02	22,630.43	5	113152.15	1275636.325
4,937.02	22,630.43	5	113152.15	1388788.475
4,942.02	22,630.43	5	113152.15	1501940.625

4,947.02	26,220.11	5	122126.35	1624066.975
4,952.02	29,809.78	5	140074.725	1764141.7
4,957.02	30,220.77	5	150076.375	1914218.075
4,962.02	30,566.84	5	151969.025	2066187.1
4,967.02	30,566.84	5	152834.2	2219021.3
4,972.02	30,566.84	5	152834.2	2371855.5
4,977.02	30,566.84	5	152834.2	2524689.7
4,982.02	30,566.84	5	152834.2	2677523.9
4,987.02	30,875.64	5	153606.2	2831130.1
4,992.02	31,184.44	5	155150.2	2986280.3
4,997.02	31,239.04	5	156058.7	3142339
5,002.02	31,280.59	5	156299.075	3298638.075
5,007.02	31,322.14	5	156506.825	3455144.9
5,012.02	31,311.76	5	156584.75	3611729.65
5,017.02	31,301.38	5	156532.85	3768262.5
5,022.02	31,301.38	5	156506.9	3924769.4
5,027.02	31,301.38	5	156506.9	4081276.3
5,032.02	31,212.40	5	156284.45	4237560.75
5,037.02	31,123.42	5	155839.55	4393400.3
5,042.02	31,123.42	5	155617.1	4549017.4
5,047.02	31,123.42	5	155617.1	4704634.5
5,052.02	31,123.42	5	155617.1	4860251.6
5,057.02	31,123.42	5	155617.1	5015868.7
5,062.02	31,123.42	5	155617.1	5171485.8
5,067.02	31,123.42	5	155617.1	5327102.9
5,072.02	30,833.22	5	154891.6	5481994.5
5,077.02	30,543.03	5	153440.625	5635435.125
5,082.02	30,427.89	5	152427.3	5787862.425
5,087.02	30,298.40	5	151815.725	5939678.15
5,092.02	30,156.35	5	151136.875	6090815.025
5,097.02	30,005.01	5	150403.4	6241218.425
5,102.02	29,842.78	5	149619.475	6390837.9
5,107.02	29,692.28	5	148837.65	6539675.55
5,112.02	29,535.79	5	148070.175	6687745.725
5,117.02	29,368.41	5	147260.5	6835006.225
5,122.02	29,187.85	5	146390.65	6981396.875
5,127.02	28,992.80	5	145451.625	7126848.5
5,132.02	28,810.35	5	144507.875	7271356.375
5,137.02	28,618.53	5	143572.2	7414928.575
5,142.02	28,413.08	5	142579.025	7557507.6
5,147.02	28,216.16	5	141573.1	7699080.7
5,152.02	28,028.94	5	140612.75	7839693.45
5,157.02	27,837.17	5	139665.275	7979358.725
5,162.02	27,634.28	5	138678.625	8118037.35

5,167.02	27,414.57	5	137622.125	8255659.475
5,172.02	27,414.57	5	137072.85	8392732.325
5,177.02	27,414.57	5	137072.85	8529805.175
5,182.02	27,414.57	5	137072.85	8666878.025
5,187.02	27,414.57	5	137072.85	8803950.875
5,192.02	27,414.57	5	137072.85	8941023.725
5,197.02	27,414.57	5	137072.85	9078096.575
5,202.02	27,414.57	5	137072.85	9215169.425
5,207.02	27,414.57	5	137072.85	9352242.275
5,212.02	27,414.57	5	137072.85	9489315.125
5,217.02	27,414.57	5	137072.85	9626387.975
5,222.02	27,414.57	5	137072.85	9763460.825
5,227.02	27,414.57	5	137072.85	9900533.675
5,232.02	27,414.57	5	137072.85	10037606.53
5,237.02	27,414.57	5	137072.85	10174679.38
5,242.02	27,414.57	5	137072.85	10311752.23
5,247.02	27,414.57	5	137072.85	10448825.08
5,252.02	27,414.57	5	137072.85	10585897.93
5,257.02	27,414.57	5	137072.85	10722970.78
5,262.02	27,414.57	5	137072.85	10860043.63
5,267.02	27,414.57	5	137072.85	10997116.48
5,272.02	27,414.57	5	137072.85	11134189.33
5,277.02	27,414.57	5	137072.85	11271262.18
5,282.02	27,414.57	5	137072.85	11408335.03
5,287.02	27,414.57	5	137072.85	11545407.88
5,292.02	27,414.57	5	137072.85	11682480.73
5,297.02	27,414.57	5	137072.85	11819553.58
5,302.02	27,414.57	5	137072.85	11956626.43
5,307.02	27,414.57	5	137072.85	12093699.28
5,312.02	27,414.57	5	137072.85	12230772.13
5,317.02	27,414.57	5	137072.85	12367844.98
5,322.02	27,414.57	5	137072.85	12504917.83
5,327.02	27,414.57	5	137072.85	12641990.68
5,332.02	27,414.57	5	137072.85	12779063.53
5,337.02	27,414.57	5	137072.85	12916136.38
5,342.02	27,414.57	5	137072.85	13053209.23
5,347.02	27,414.57	5	137072.85	13190282.08
5,352.02	27,414.57	5	137072.85	13327354.93
5,357.02	27,414.57	5	137072.85	13464427.78
5,362.02	27,414.57	5	137072.85	13601500.63
5,367.02	27,414.57	5	137072.85	13738573.48
5,372.02	13,707.29	5	102804.65	13841378.13
5,372.08	1	0.06	411.2487	13841789.37
<b>TOTAL</b>				<b>13,841,789.37 m<sup>3</sup>B</b>

## VOLUMEN DE ÁRIDOS

**Coordenadas este:**

**Mínimo = 4842.02**

**Máximo = 5360.64**

**Coordenadas norte:**

**Mínimo = 8666.01**

**Máximo = 9033.81**

**Coordenadas Z:**

**Mínimo = 1840**

**Máximo = 1963.76**

<b>Sección</b>	<b>Área</b>	<b>Paso</b>	<b>Parcial</b>	<b>Total</b>
4,842.07	60.2			
4,847.07	374.71	5	1087.275	1087.275
4,852.07	919.42	5	3235.325	4322.6
4,857.07	1442.76	5	5905.45	10228.05
4,862.07	2188.48	5	9078.1	19306.15
4,867.07	2964.83	5	12883.275	32189.425
4,872.07	3887.38	5	17130.525	49319.95
4,877.07	4804.24	5	21729.05	71049
4,882.07	5854.57	5	26647.025	97696.025
4,887.07	6945.29	5	31999.65	129695.675
4,892.07	7978.38	5	37309.175	167004.85
4,897.07	8984.82	5	42408	209412.85
4,902.07	10038.73	5	47558.875	256971.725
4,907.07	11048.02	5	52716.875	309688.6
4,912.07	12164.42	5	58031.1	367719.7
4,917.07	13302.37	5	63666.975	431386.675
4,922.07	14515.24	5	69544.025	500930.7
4,927.07	15854.51	5	75924.375	576855.075
4,932.07	17184.61	5	82597.8	659452.875
4,937.07	18503.86	5	89221.175	748674.05
4,942.07	19707.4	5	95528.15	844202.2
4,947.07	20705.58	5	101032.45	945234.65
4,952.07	21708.28	5	106034.65	1051269.3
4,957.07	22542.32	5	110626.5	1161895.8
4,962.07	23131.93	5	114185.625	1276081.43
4,967.07	23667.02	5	116997.375	1393078.8
4,972.07	24012.96	5	119199.95	1512278.75
4,977.07	24365.82	5	120946.95	1633225.7
4,982.07	24436.5	5	122005.8	1755231.5
4,987.07	24575.74	5	122530.6	1877762.1
4,992.07	24696.13	5	123179.675	2000941.78
4,997.07	24882.58	5	123946.775	2124888.55
5,002.07	25099.65	5	124955.575	2249844.13
5,007.07	25254.96	5	125886.525	2375730.65

5,012.07	25415.58	5	126676.35	2502407
5,017.07	25417.23	5	127082.025	2629489.03
5,022.07	25560.17	5	127443.5	2756932.53
5,027.07	25591.5	5	127879.175	2884811.7
5,032.07	25576.23	5	127919.325	3012731.03
5,037.07	25678.34	5	128136.425	3140867.45
5,042.07	25876.23	5	128886.425	3269753.88
5,047.07	25876.23	5	129381.15	3399135.03
5,052.07	25897.45	5	129434.2	3528569.23
5,057.07	25786.43	5	129209.7	3657778.93
5,062.07	25435.87	5	128055.75	3785834.68
5,067.07	25,663.14	5	127747.525	3913582.2
5,072.07	25,453.88	5	127792.55	4041374.75
5,077.07	25,105.64	5	126398.8	4167773.55
5,082.07	24,793.40	5	124747.6	4292521.15
5,087.07	24,449.84	5	123108.1	4415629.25
5,092.07	24,062.65	5	121281.225	4536910.48
5,097.07	23,657.62	5	119300.675	4656211.15
5,102.07	23,282.00	5	117349.05	4773560.2
5,107.07	22,894.66	5	115441.65	4889001.85
5,112.07	22,590.03	5	113711.725	5002713.58
5,117.07	22,404.76	5	112486.975	5115200.55
5,122.07	22,253.85	5	111646.525	5226847.08
5,127.07	22,103.17	5	110892.55	5337739.63
5,132.07	21,946.56	5	110124.325	5447863.95
5,137.07	21,885.45	5	109580.025	5557443.98
5,142.07	21,852.33	5	109344.45	5666788.43
5,147.07	21,884.91	5	109343.1	5776131.53
5,152.07	21,884.91	5	109424.55	5885556.08
5,157.07	21,884.91	5	109424.55	5994980.63
5,162.07	21,884.91	5	109424.55	6104405.18
5,167.07	21,892.13	5	109442.6	6213847.78
5,172.07	21,899.34	5	109478.675	6323326.45
5,177.07	21,833.96	5	109333.25	6432659.7
5,182.07	21,768.59	5	109006.375	6541666.08
5,187.07	21,768.59	5	108842.95	6650509.03
5,192.07	21,768.59	5	108842.95	6759351.98
5,197.07	21,768.59	5	108842.95	6868194.93
5,202.07	21,768.59	5	108842.95	6977037.88
5,207.07	21,768.59	5	108842.95	7085880.83
5,212.07	21,768.59	5	108842.95	7194723.78
5,217.07	21,768.59	5	108842.95	7303566.73
5,222.07	21,768.59	5	108842.95	7412409.68
5,227.07	21,768.59	5	108842.95	7521252.63

5,232.07	21,768.59	5	108842.95	7630095.58
5,237.07	21,768.59	5	108842.95	7738938.53
5,242.07	21,768.59	5	108842.95	7847781.48
5,247.07	21,768.59	5	108842.95	7956624.43
5,252.07	21,768.59	5	108842.95	8065467.38
5,257.07	21,768.59	5	108842.95	8174310.33
5,262.07	21,768.59	5	108842.95	8283153.28
5,267.07	21,768.59	5	108842.95	8391996.23
5,272.07	21,768.59	5	108842.95	8500839.18
5,277.07	21,768.59	5	108842.95	8609682.13
5,282.07	21,768.59	5	108842.95	8718525.08
5,287.07	18,279.48	5	100120.175	8818645.25
5,292.07	14,790.38	5	82674.65	8901319.9
5,297.07	13,835.11	5	71563.725	8972883.63
5,302.07	12,638.21	5	66183.3	9039066.93
5,307.07	11,337.25	5	59938.65	9099005.58
5,312.07	11,337.25	5	56686.25	9155691.83
5,317.07	11,337.25	5	56686.25	9212378.08
5,322.07	11,337.25	5	56686.25	9269064.33
5,327.07	11,337.25	5	56686.25	9325750.58
5,332.07	11,337.25	5	56686.25	9382436.83
5,337.07	11,337.25	5	56686.25	9439123.08
5,342.07	11,337.25	5	56686.25	9495809.33
5,347.07	11,337.25	5	56686.25	9552495.58
5,352.07	11,337.25	5	56686.25	9609181.83
5,357.07	5,668.63	5	42514.7	9651696.53
5,360.64	50	3.57	10207.7546	9661904.28
<b>TOTAL</b>				<b>9,661,904.3</b> <b>m<sup>3</sup>B</b>
<b>REPORTE DE VOLÚMENES</b>				
Estéril		4179885.094 m <sup>3</sup> B		
Áridos		9661904.28 m <sup>3</sup> B		
Total		13841789.37 m <sup>3</sup> B		

Fuente: Elaboración propia, 2019.



**MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR BANCOS DESCENDENTES PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE AGREGADOS EN LA CANTERA LA TUNA BLANCA, SANTA CRUZ - CAJAMARCA**

<b>COSTOS DE LA MAQUINARIA DE CARGUÍO (COSTOS HORARIOS)</b>			
<b>DATOS TÉCNICOS</b>		<b>Tipo de cambio</b>	<b>Dólar 2019</b>
Precio de adquisición	\$235,000.00	2.7	3.37
Vida útil (años)	6	12000	
Horas año	2000 (en horas)		
Precio de adquisición actual	S/634,500.00		
Valor de rescate	20.00%		
Tasa anual	15.46%		
Seguros	2.50%		
Impuestos	2.00%		
Garaje	1.00%		
Depreciación (s/h)	S/42.30		
PITAD	58.33%		
IP	S/370,125.00		
Intereses	S/28.61		
Impuestos, seguro, garaje	S/10.18		
<b>COSTOS DE MANTENIMIENTO</b>			
Trabajo normal		80%	
Porcentaje de mano de obra		25%	
Porcentaje en repuestos		75%	
Costos de mantenimiento		S/507,600.00	
Costos de mano de obra		S/10.58	
Costos de repuestos		S/31.73	
Total		S/42.30	
<b>COSTOS DE OPERACIÓN</b>			
<b>Insumos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Costo hora</b>
Consumo de petróleo	6	10.19	S/61.14
Aceite de motor	0.038	38.2	S/1.45
Aceite de transmisión	0.027	33.96	S/0.92
Aceite Tfa, Red	0.034	33.96	S/1.15
Aceite dirección	0.015	30.12	S/0.45
Grasa	0.22	4.67	S/1.03
Refrigerante	0.002	35.01	S/0.07
Filtros	20%	-	S/13.24
Neumáticos	4	2664	S/5.33
Vida útil de los neumáticos	2000	Total	S/84.78
<b>DESCRIPCIÓN DEL COSTO</b>		<b>s/h</b>	
Depreciación		S/42.30	
Intereses		S/28.61	
Impuestos, seguros y garaje		S/10.18	
Costos de mantenimiento		S/42.30	
Costos de operación		S/84.78	
<b>TOTAL</b>		<b>S/208.17</b>	

<b>COSTOS DE LA MAQUINARIA DE ACARREO (COSTOS HORARIOS)</b>			
<b>DATOS TÉCNICOS</b>		<b>Tipo de cambio</b>	<b>Dólar 2019</b>
Precio de adquisición	\$136,000.00	2.7	3.37
Vida útil (años)	6	12000	
Horas año	2000 (en horas)		
Precio de adquisición actual	S/367,200.00		
Valor de rescate	20.00%		
Tasa anual	15.46%		
Seguros	2.50%		
Impuestos	2.00%		
Garaje	1.00%		
Depreciación (s/h)	S/24.48		
PITAD	58.33%		
IP	S/220,320.00		
Intereses	S/17.03		
Impuestos, seguro, garaje	S/6.06		
<b>COSTOS DE MANTENIMIENTO</b>			
Trabajo normal		80%	
Porcentaje de mano de obra		25%	
Porcentaje en repuestos		75%	
Costos de mantenimiento		S/293,760.00	
Costos de mano de obra		S/6.12	
Costos de repuestos		S/18.36	
Total		S/24.48	
<b>COSTOS DE OPERACIÓN</b>			
<b>Insumos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Costo hora</b>
Consumo de petróleo	6	9.5	S/57.00
Aceite de motor	0.038	31.09	S/1.18
Aceite de transmisión	0.027	33.96	S/0.92
Aceite Tfa, Red	0.034	33.96	S/1.15
Aceite dirección	0.015	38.55	S/0.58
Grasa	0.22	4.67	S/1.03
Refrigerante	0.002	35.01	S/0.07
Filtros	20%	-	S/12.39
Neumáticos	10	1900	S/9.50
Vida útil de los neumáticos	2000	Total	S/83.81
<b>DESCRIPCIÓN DEL COSTO</b>	<b>s/h</b>	<b>Nº volquete</b>	<b>sub-total</b>
Depreciación	S/24.48	2	S/48.96
Intereses	S/17.03	2	S/34.06
Impuestos, seguros y garaje	S/6.06	2	S/12.12
Costos de mantenimiento	S/24.48	2	S/48.96
Costos de operación	S/83.81	2	S/167.63
<b>TOTAL</b>	<b>S/155.86</b>	-	<b>S/311.73</b>
<b>COSTOS DE PLANTA DE PROCESAMIENTO (CHANCADO)</b>			
<b>DATOS TÉCNICOS</b>			
Vida útil (años)	5	10000	
Horas año	2000 (en horas)		
Precio de adquisición actual	S/9,370.00		
Valor de rescate	0.00%		

Tasa anual	15.46%				
Seguros	2.50%				
Impuestos	2.00%				
Garaje	1.00%				
Depreciación (s/h)	S/0.94				
PITAD	60.00%				
IP	S/5,622.00				
Intereses	S/0.43				
Impuestos, seguro, garaje	S/0.15				
<b>COSTOS DE MANTENIMIENTO</b>					
Trabajo normal	80%				
Porcentaje de mano de obra	25%				
Porcentaje en repuestos	75%				
Costos de mantenimiento	S/7,496.00				
Costos de mano de obra	S/0.19				
Costos de repuestos	S/0.56				
Total	S/0.75				
<b>COSTOS DE OPERACIÓN</b>					
<b>Insumos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Costo hora</b>		
Consumo de petróleo	1	10.19	S/10.19		
Aceite de motor	0.038	38.2	S/1.45		
Grasa	0.22	4.67	S/1.03		
Filtros	20%	-	S/2.53		
Total			S/15.20		
<b>DESCRIPCIÓN DEL COSTO</b>	<b>s/h</b>	<b>Nº chancadoras</b>	<b>sub-total</b>		
Depreciación	S/0.94	3	S/2.81		
Intereses	S/0.43	3	S/1.30		
Impuestos, seguros y garaje	S/0.15	3	S/0.46		
Costos de mantenimiento	S/0.75	3	S/2.25		
Costos de operación	S/15.20	3	S/45.61		
<b>TOTAL</b>	<b>S/17.48</b>	<b>-</b>	<b>52.44</b>		
<b>COSTOS DE MANO DE OBRA (COSTOS HORARIOS)</b>					
<b>Ocupación</b>	<b>Sueldo mensual</b>	<b>Jornal diario</b>	<b>% L y B.S.</b>	<b>Monto</b>	<b>s/h</b>
Ingeniero de minas	S/. 2,500.00	-	67.3	S/. 4,182.50	S/. 17.40
Vigilante	S/. 500.00	-	67.3	S/. 836.50	S/. 3.50
Operador cargador frontal		S/. 80.00	67.3	S/. 133.84	S/. 16.70
Operador volquete		S/. 60.00	67.3	S/. 100.38	S/. 12.50
Operador volquete		S/. 60.00	67.3	S/. 100.38	S/. 12.50
Operador chancadora		S/. 40.00	67.3	S/. 66.92	S/. 8.40
Operador chancadora		S/. 40.00	67.3	S/. 66.92	S/. 8.40
Obrero		S/. 40.00	67.3	S/. 66.92	S/. 8.40
Obrero		S/. 40.00	67.3	S/. 66.92	S/. 8.40
Obrero		S/. 40.00	67.3	S/. 66.92	S/. 8.40
Obrero		S/. 40.00	67.3	S/. 66.92	S/. 8.40
Obrero		S/. 40.00	67.3	S/. 66.92	S/. 8.40
Obrero		S/. 40.00	67.3	S/. 66.92	S/. 8.40
Obrero		S/. 40.00	67.3	S/. 66.92	S/. 8.40
Obrero		S/. 40.00	67.3	S/. 66.92	S/. 8.40
Obrero		S/. 40.00	67.3	S/. 66.92	S/. 8.40
Obrero		S/. 40.00	67.3	S/. 66.92	S/. 8.40

<b>TOTAL</b>							<b>S/. 146.40</b>
<b>COSTOS HORA</b>							
<b>TIPO</b>					<b>s/h</b>		
Maquinaria de carguío					S/208.17		
Maquinaria de acarreo					S/311.73		
Costos de mano de obra					S/146.40		
Costos de maquinaria de chancado					S/52.44		
<b>TOTAL</b>					<b>S/718.74</b>		
<b>ANÁLISIS DE CHANCADO</b>							
<b>CHANCADORA</b>	<b>PRODUCCIÓN</b>				<b>PRECIO</b>		
	<b>m<sup>3</sup>/h</b>	<b>Confitillo</b>	<b>½"</b>	<b>¾"</b>	<b>Confitillo</b>	<b>½"</b>	<b>¾"</b>
		<b>m<sup>3</sup></b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>S/30.00</b>	<b>S/40.00</b>	<b>S/45.00</b>
REXON 17405	8	2	6	...	S/30.00	S/40.00	S/45.00
REXON 17405	8	2	6	...	S/60.00	S/240.00	...
REXON 17422	8	3	...	5	S/90.00	...	S/225.00
<b>TOTAL</b>	<b>24</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>5</b>	<b>S/210.00</b>	<b>S/480.00</b>	<b>S/225.00</b>
<b>ANÁLISIS ECONÓMICO</b>							
Costos hora					S/718.74		
Producción hora					24		
Costos s/m3					S/29.95		
Ingresos hora					S/915.00		
Utilidad hora					S/196.26		
Utilidad diaria					S/1,570.08		
Utilidad mensual					S/37,681.92		
Utilidad anual					S/452,183.04		
<b>RENTABILIDAD DEL PROYECTO</b>							
<b>RESERVAS DE AGREGADOS</b>							
<b>m<sup>3</sup>B</b>		<b>Factor de esponjamiento</b>			<b>m<sup>3</sup>S</b>		
9,661,904.28		1.35			13,043,570.78		
<b>PRODUCCIÓN Lm<sup>3</sup></b>							
<b>Diario</b>		<b>Mensual</b>			<b>Anual</b>		
192		4,608.00			55,296.00		
<b>VIDA ÚTIL</b>							
<b>Número de años</b>					235.9		
<b>UTILIDAD</b>							
<b>Diario</b>		<b>Mensual</b>			<b>Anual</b>		
S/1,570.08		S/37,681.92			S/452,183.04		
<b>RENTABILIDAD DEL PROYECTO</b>							
<b>S/106,663,800.04</b>							

Fuente: Elaboración propia, 2019.



MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR BANCOS DESCENDENTES PARA OPTIMIZAR LA  
PRODUCCIÓN DE AGREGADOS EN LA CANTERA LA TUNA BLANCA, SANTA CRUZ -  
CAJAMARCA



*Figura 1: Vista del área de extracción actual*



*Figura 2: Herramientas artesanales empleadas para las operaciones.*



*Figura 3: Maquinaria de carguío – cargador frontal CAT 950H.*



*Figura 4: Maquinaria de transporte – volquete FAMECA.*



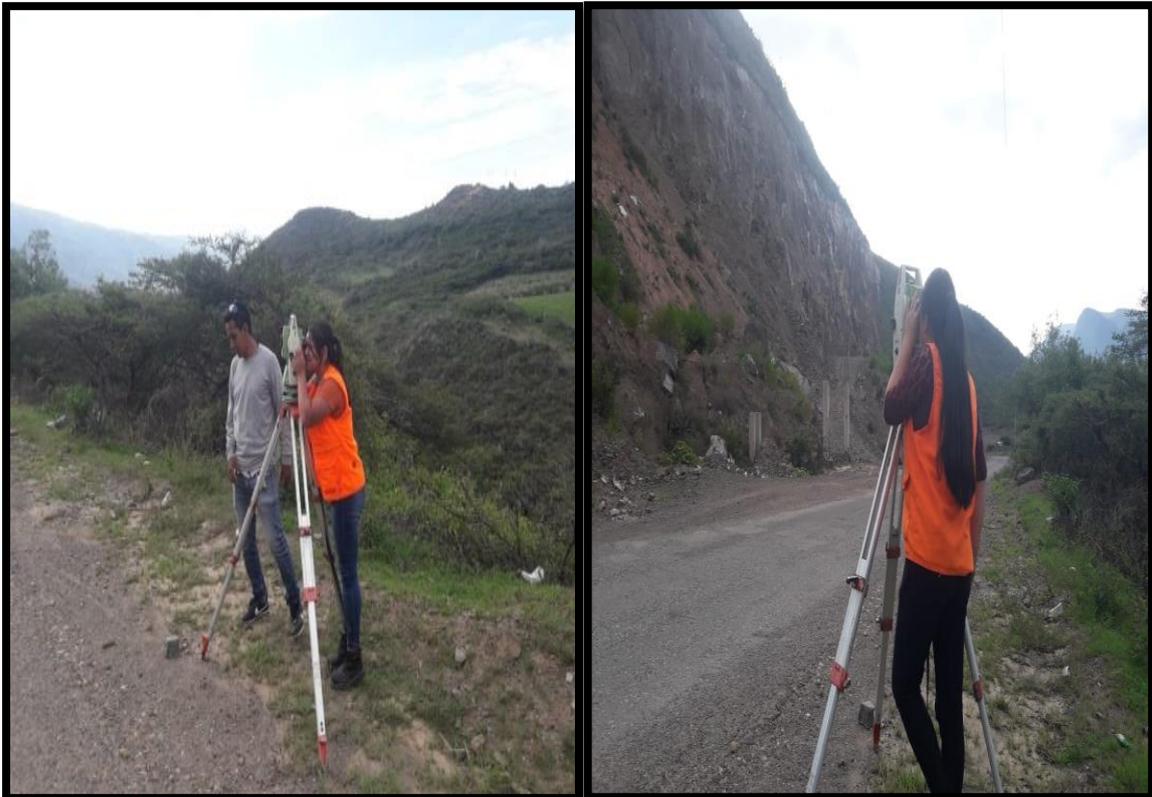
*Figura 5: Planta de procesamiento – chancadora REXON.*



*Figura 6: Área de carguío del agregado.*



*Figura 7: Orografía del área de estudio.*



*Figura 8: Estación total marca LEICA.*



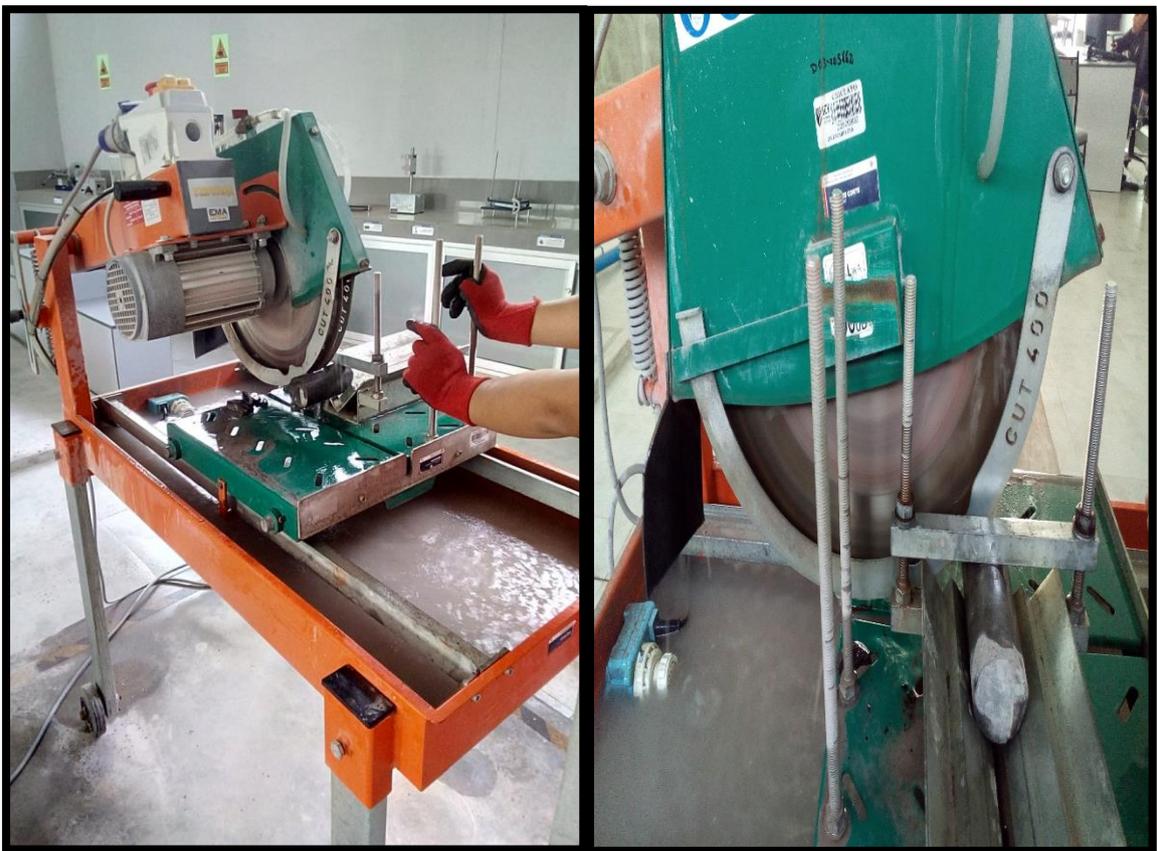
*Figura 9: Prisma y bastón porta prisma.*



*Figura 10: Levantamiento topográfico.*



*Figura 11: Máquina saca testigo de núcleo.*



*Figura 12: Cortadora de muestra portátil.*



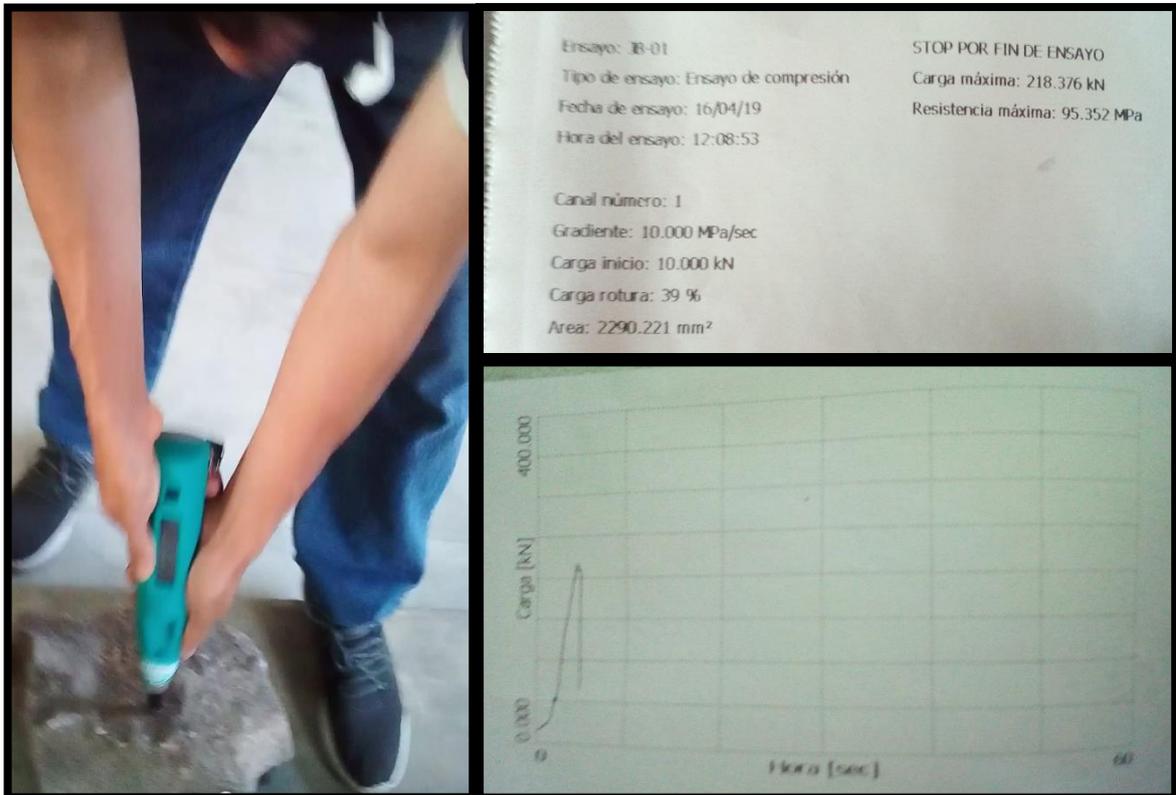
*Figura 13: Testigos de roca (toba dacítica).*



*Figura 14: Equipo de compresión uniaxial.*



**Figura 15.** Carga puntual.

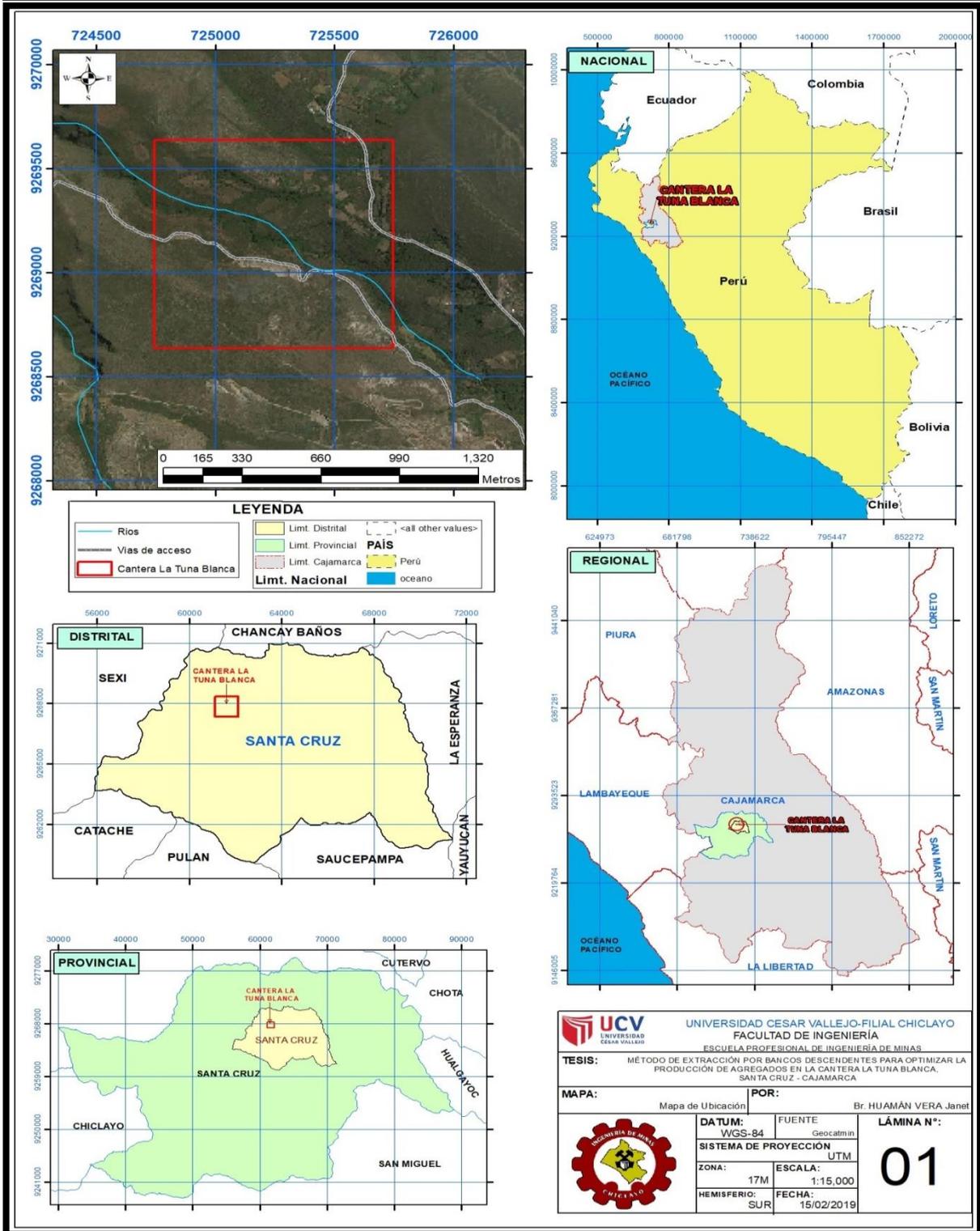


**Figura 16:** Esclerómetro para rocas.

**Figura 17:** Resultado del ensayo a compresión simple.

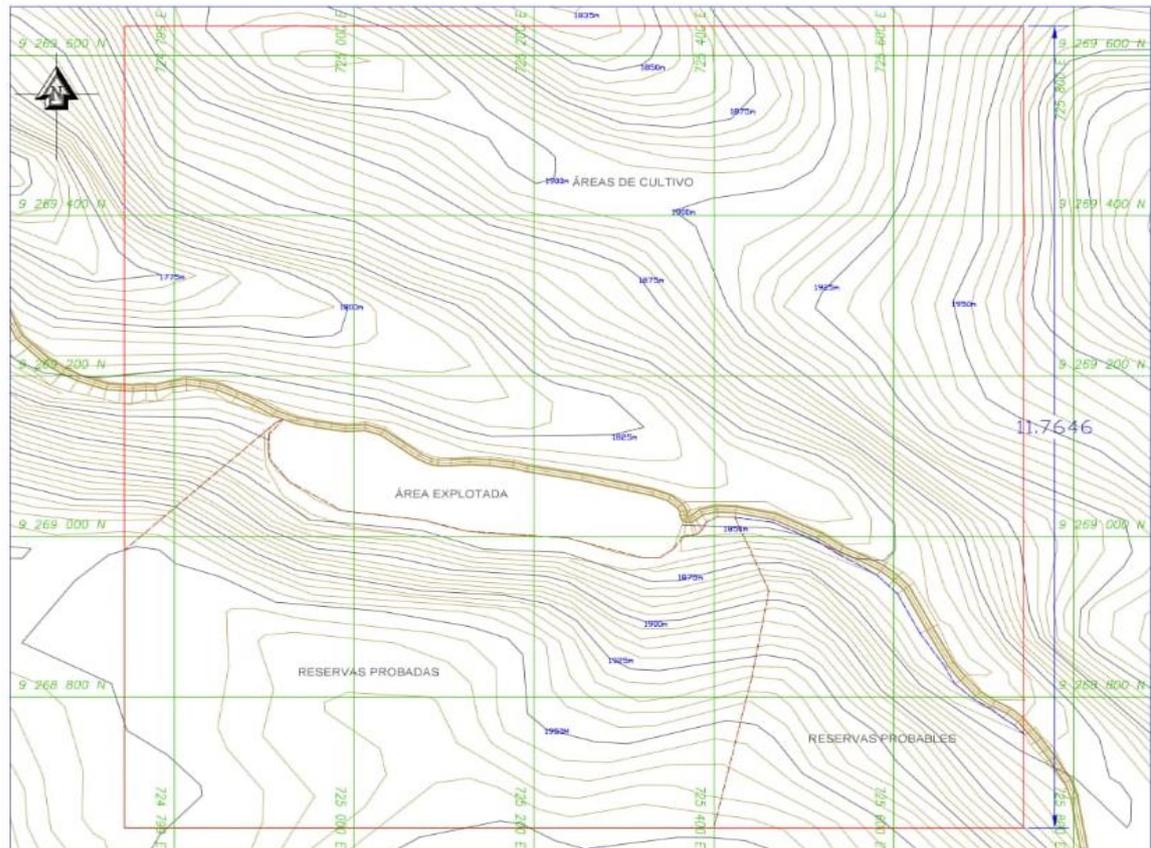


MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR BANCOS DESCENDENTES PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE AGREGADOS EN LA CANTERA LA TUNA BLANCA, SANTA CRUZ - CAJAMARCA





MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR BANCOS DESCENDENTES PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE AGREGADOS EN LA CANTERA LA TUNA BLANCA, SANTA CRUZ - CAJAMARCA”



DESCRIPCIÓN DEL AREA		
TIPO DE ÁREA	AREA m2	TOTAL
RESERVAS PROBADAS	267406.94	1000000
RESERVAS PROBABLES	85630.33	
ÁREA EXPLOTADA	36361.83	
ÁREA DE CULTIVO	610600.9	

COORDENADAS DE LA CONCESIÓN MINERA		
PUNTO	ESTE	NORTE
1	724744	9268637
2	724744	9269637
3	725744	9269637
4	725744	9268637

LEYENDA	
	Concesión de la cantera La Tuna Blanca
	Curvas mayores
	Cuvas menores
	Límite de las reservas probadas
	Límite de las reservas probables



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO-FILIAL CHICLAYO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

TESIS: MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR BANCOS DESCENDENTES PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE AGREGADOS EN LA CANTERA LA TUNA BLANCA, SANTA CRUZ-CAJAMARCA

PLANO: PLANO TOPOGRÁFICO DE LA CANTERA LA TUNA BLANCA

ELABORADO POR: Br. QUISPE SANTA CRUZ Balmoroy Coyari

DATUM Y SISTEMA DE PROYECCIÓN: WGS-84 UTM

ZONA Y HEMISFERIO: 17M SUR

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

ESCALA: 1:85.000

FECHA: 17/02/2019

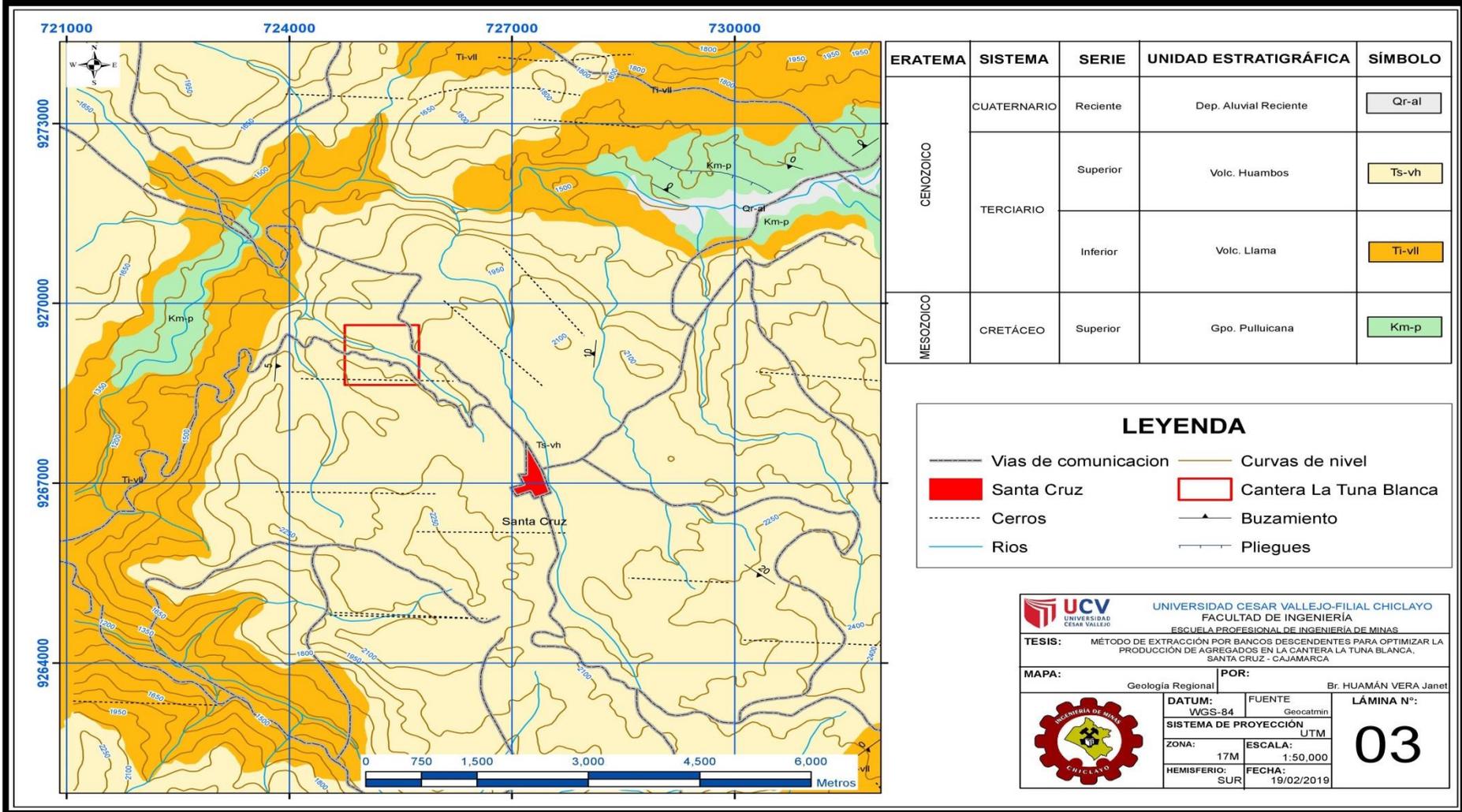


LÁMINA N°:

02

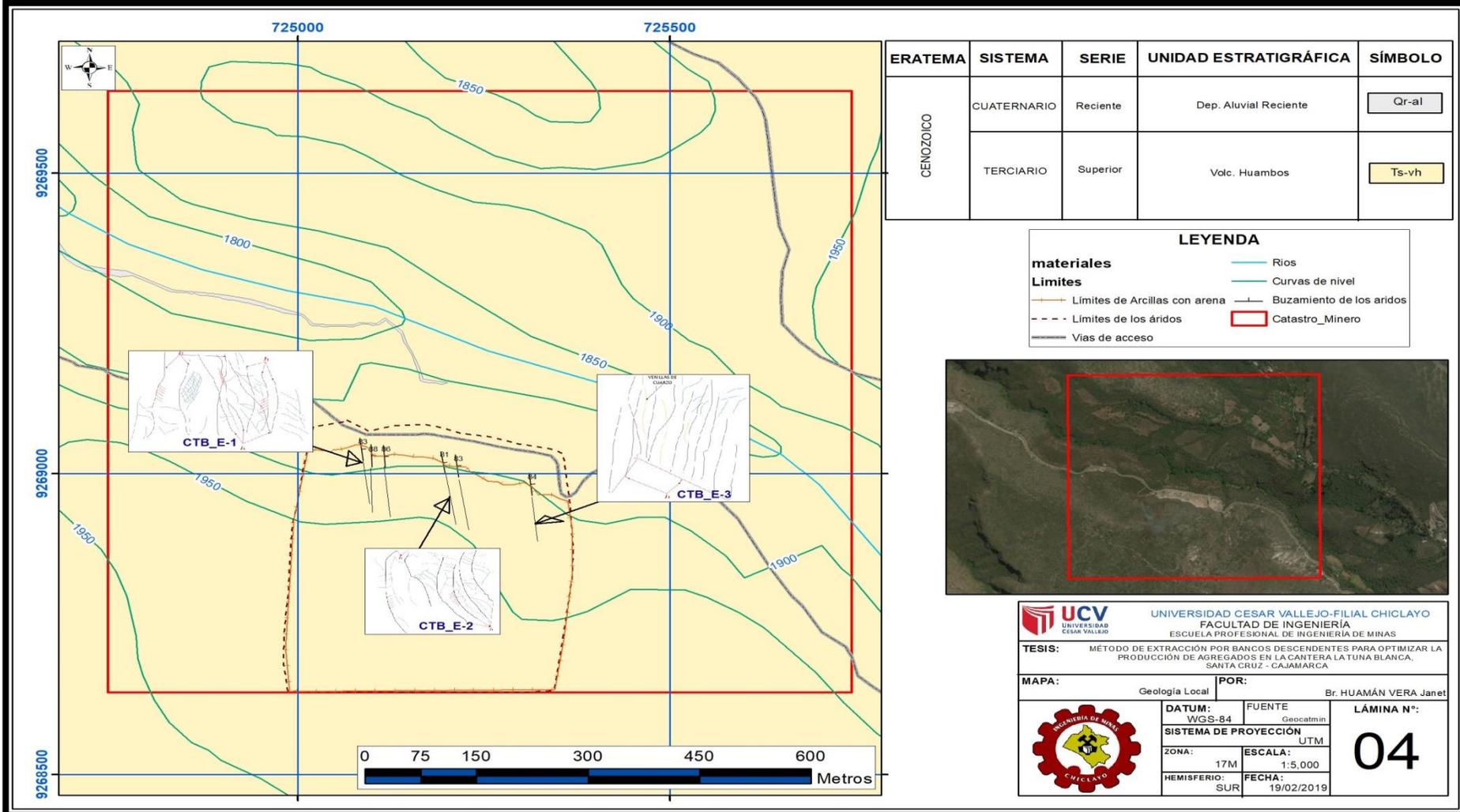


MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR BANCOS DESCENDENTES PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE AGREGADOS EN LA CANTERA LA TUNA BLANCA, SANTA CRUZ - CAJAMARCA





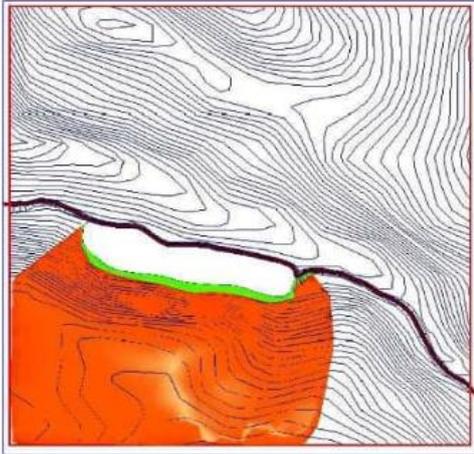
MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR BANCOS DESCENDENTES PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE AGREGADOS EN LA CANTERA LA TUNA BLANCA, SANTA CRUZ - CAJAMARCA



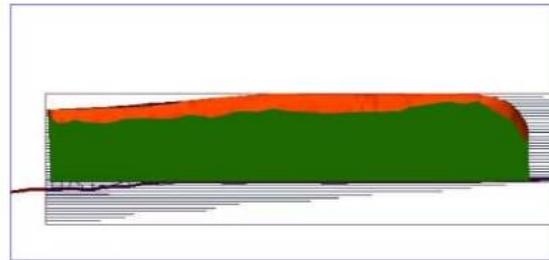


MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR BANCOS DESCENDENTES PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE AGREGADOS EN LA CANTERA LA TUNA BLANCA, SANTA CRUZ - CAJAMARCA

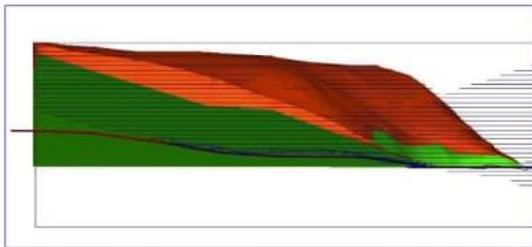
Vista NE



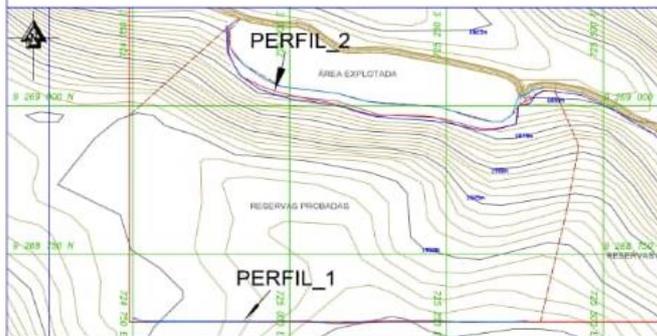
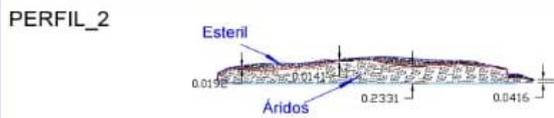
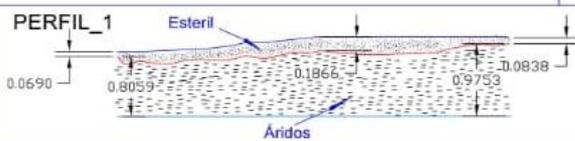
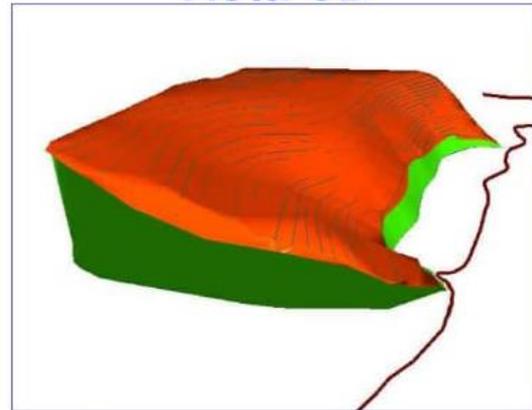
Vista ZE



Vista ZN



Vista 3D



UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO-FILIAL CHICLAYO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

TESIS: MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR BANCOS DESCENDENTES PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE AGREGADOS EN LA CANTERA LA TUNA BLANCA, SANTA CRUZ-CAJAMARCA

PLANO: MODELO GEOLÓGICO DEL ÁREA DE ESTUDIO

ELABORADO POR: Br. QUISPE SANTA CRUZ Balmorcey Coyari

DATUM Y SISTEMA DE PROYECCIÓN: WGS-84 UTM

ZONA Y HEMISFERIO: 17M SUR

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

ESCALA: 1:125,000

FECHA: 17/02/2019

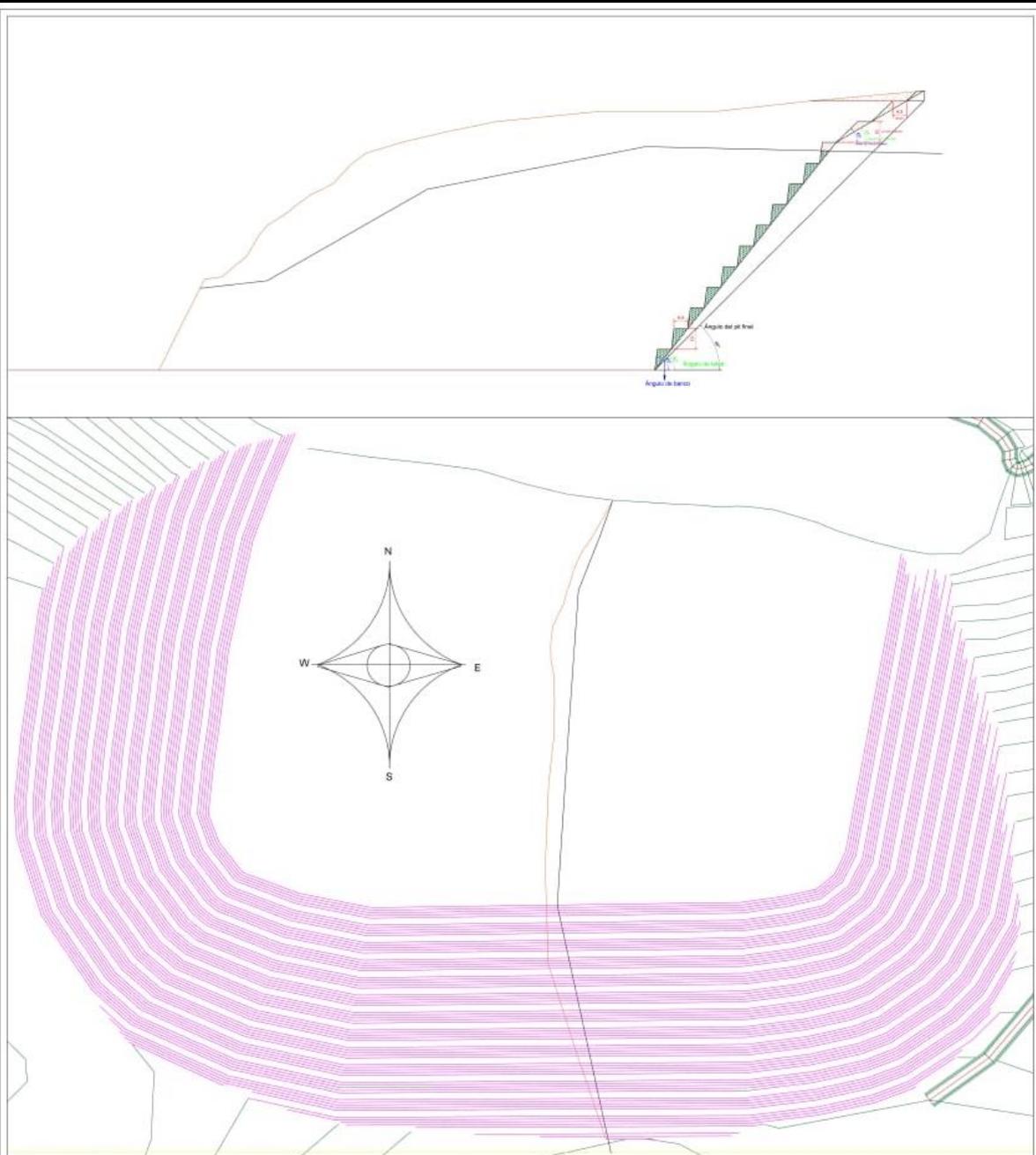


LÁMINA N°:

05



MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR BANCOS DESCENDENTES PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE AGREGADOS EN LA CANTERA LA TUNA BLANCA, SANTA CRUZ - CAJAMARCA



UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO-FILIAL CHICLAYO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

TESIS: MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR BANCOS DESCENDENTES PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE AGREGADOS EN LA CANTERA LA TUNA BLANCA, SANTA CRUZ CAJAMARCA

PLANO: Geometría de diseño (Sur)      POR: Br. HUAMÁN VERA Janet

FUENTE: Elaboración propia

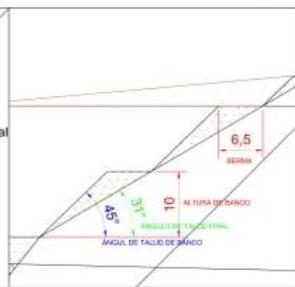
FECHA: 24/05/2019      ESCALA: 1:1000

DATUM: WGS-84      SISTEMA DE PROYECCIÓN: UTM

ZONA: 17M      HEMISFERIO: SUR

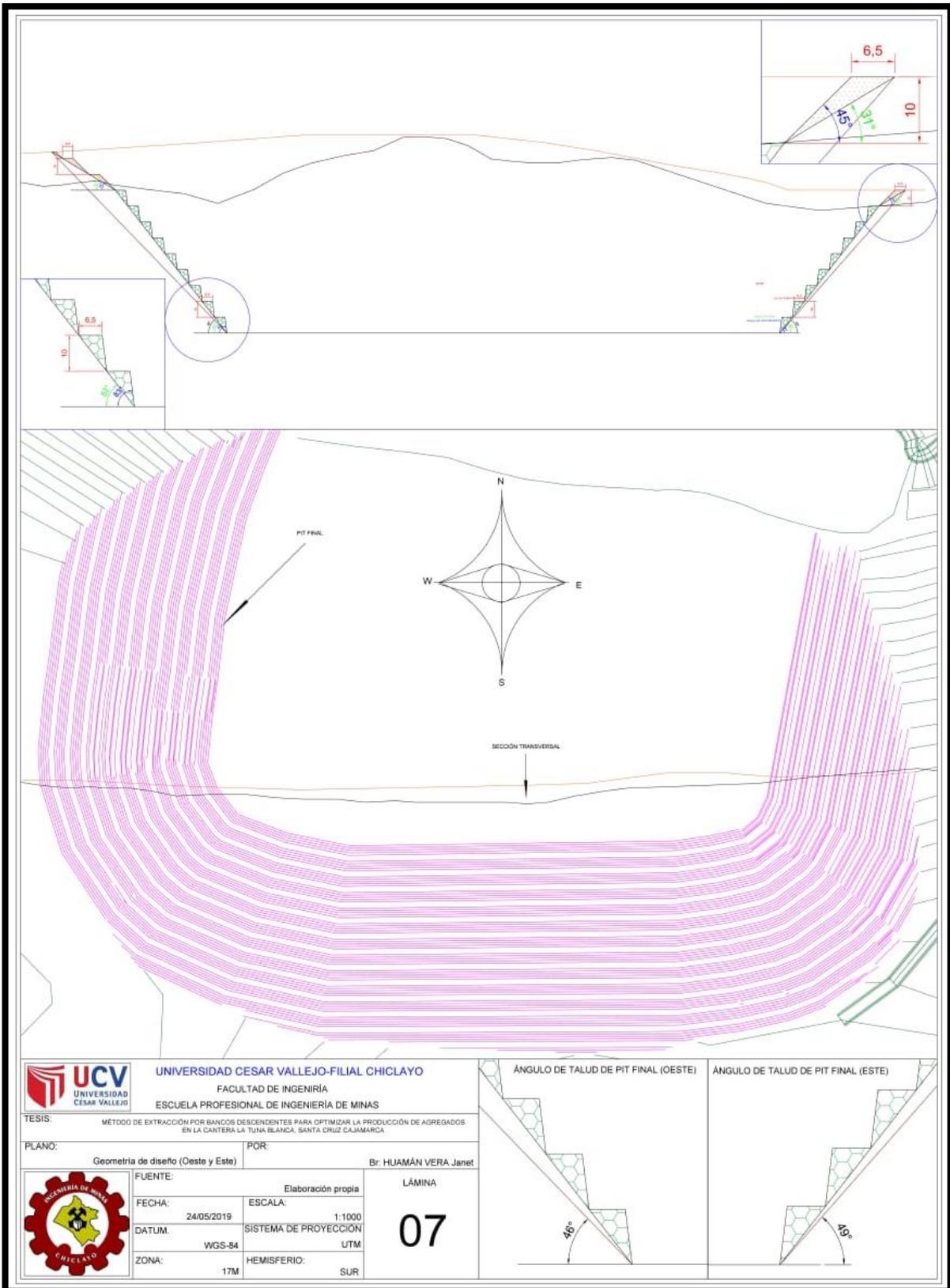
LÁMINA

06



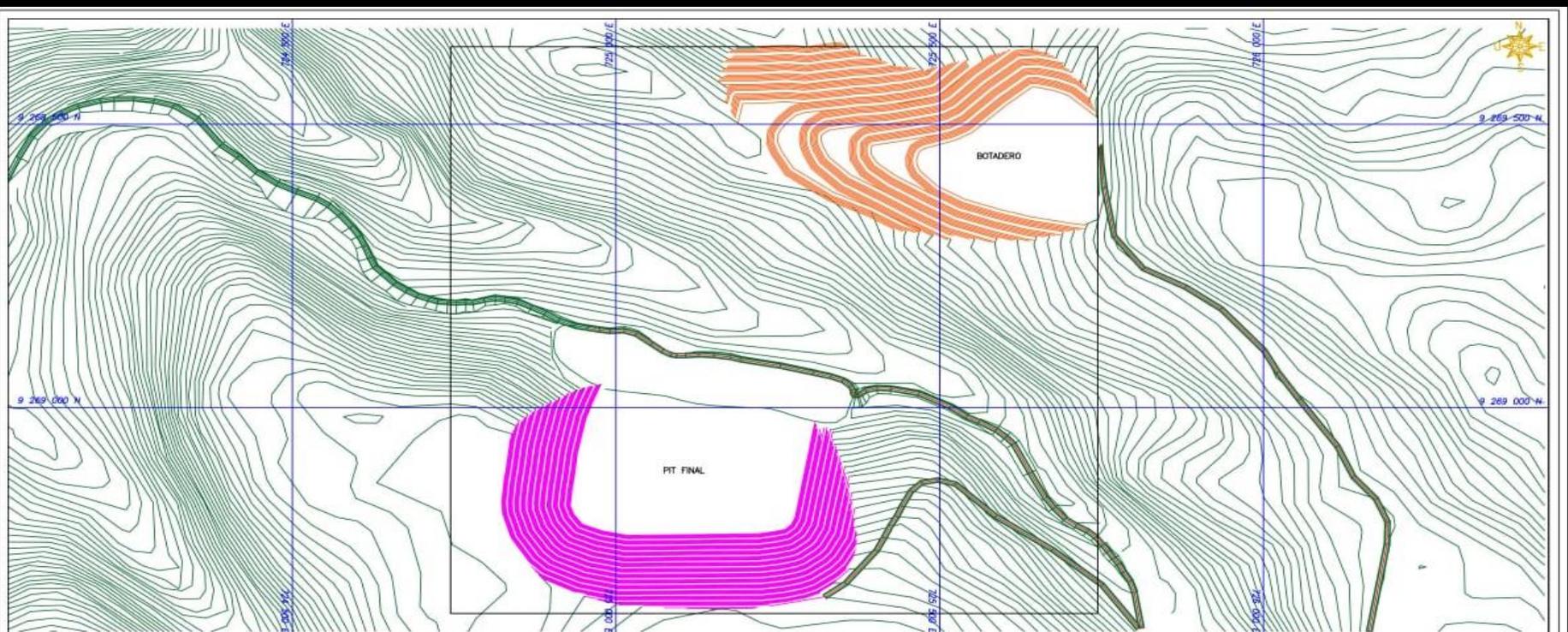


MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR BANCOS DESCENDENTES PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE AGREGADOS EN LA CANTERA LA TUNA BLANCA, SANTA CRUZ - CAJAMARCA





MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR BANCOS DESCENDENTES PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE AGREGADOS EN LA CANTERA LA TUNA BLANCA, SANTA CRUZ - CAJAMARCA



DESTINO	RUTA	MATERIAL		CAPACIDAD
		ESTÉRIL	ÁRIDOS	
BOTADERO	2015 m	4179885.094 Bm3	-----	5100009.00 m3
CHANCADO	1815 m	-----	9661904.28 Bm3	-----

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO-FILIAL CHICLAYO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS		LÁMINA  <h1>08</h1>
TESIS: MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR BANCOS DESCENDENTES PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE AGREGADOS EN LA CANTERA LA TUNA BLANCA, SANTA CRUZ CAJAMARCA.		
PLANO: Topografía final de la explotación	POR: Br- QUISPE SANTA CRUZ Balmercy coyani	
FUENTE: Elaboración propia	ESCALA: 1:2500	
FECHA: 24/05/2019	SISTEMA DE PROYECCIÓN: UTM	
DATUM: WGS-84	HEMISFERIO: SUR	
ZONA: 17M		

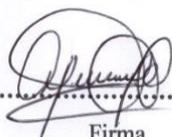
## Acta de aprobación de originalidad de tesis

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS</b>	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	--	---

Yo, Aguinaga Vásquez Silvia Josefina, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería de Minas de la Universidad César Vallejo - Chiclayo, revisor (a) de la tesis titulada “MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR BANCOS DESCENDENTES PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE AGREGADOS EN LA CANTERA LA TUNA BLANCA, SANTA CRUZ - CAJAMARCA”, de las estudiantes: Huamán Vera Janet y Quispe Santa Cruz Balmercy Coyani, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 14% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha: Chiclayo, 31 de octubre del 2019.



Firma

Mg. Aguinaga Vásquez Silvia Josefina

DNI: 16790469

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	-----------------------	--------	---------------------------------

## Reporte de Turnitin

Método de extracción por bancos descendentes para optimizar la producción de agregados en la Cantera La Tuna Blanca, Santa Cruz - Cajamarca

### INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

10%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

2%

2

docplayer.es

Fuente de Internet

1%

3

repositorio.uncp.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

repositorio.uptc.edu.co

Fuente de Internet

1%

6

Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru

Trabajo del estudiante

1%

7

Submitted to Escuela Superior Politécnica del Litoral

Trabajo del estudiante

1%

## Autorización de publicación de tesis en Repositorio Institucional UCV

	<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV</b>	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 07 Fecha : 31-03-2017 Página : 1 de 1
---	--	---

Yo Huamán Vera Janet, identificado con DNI N.º 76176317 egresada de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas de la Universidad César Vallejo, autorizo (x), No autorizo ( ) la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado: MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR BANCOS DESCENDENTES PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE AGREGADOS EN LA CANTERA LA TUNA BLANCA, SANTA CRUZ – CAJAMARCA, en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33.

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

.....

  
 \_\_\_\_\_  
 FIRMA

DNI: 76176317

FECHA: 29 de octubre del 2019

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE          TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b> <b>UCV</b>	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 07 Fecha : 31-03-2017 Página : 1 de 1
--	---	---

Yo Balmercy Coyani Quispe Santa Cruz, identificado con DNI N.º 70029973 egresada de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas de la Universidad César Vallejo, autorizo (x), No autorizo ( ) la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado: MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR BANCOS DESCENDENTES PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE AGREGADOS EN LA CANTERA LA TUNA BLANCA, SANTA CRUZ – CAJAMARCA, en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33.

Fundamentación en caso de no autorización:

.....  
 .....  
 .....  
 .....



\_\_\_\_\_  
 FIRMA

DNI: 70029973

FECHA: 29 de octubre del 2019

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

## Autorización de la versión final del trabajo de investigación



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

### AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN  
DE

E.P. Ingeniería De Minas

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

Huamán Vera Janet

INFORME TITULADO:

Método de extracción por bancos descendentes para optimizar  
la producción de agregados en la Cantera La Tuna Blanca,  
Santa Cruz - Cajamarca.

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniera De Minas

SUSTENTADO EN FECHA: 25 de octubre del 2019

NOTA O MENCIÓN: Aprobado por Excedencia

  
FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL COORDINADOR DE ESCUELA PROFESIONAL DE:

E.P. INGENIERÍA DE MINAS

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

QUISPE SANTA CRUZ BALMERCY COYANI

INFORME TITULADO:

Método de EXTRACCIÓN POR Bancos Descendentes para OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN de Agregados EN LA CANTERA LA TUNA BLANCA, SANTA CRUZ - CAJAMARCA

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERA DE MINAS

SUSTENTADO EN FECHA: 25 de Octubre del 2019

NOTA O MENCIÓN: Aprobado por Excelencia



FIRMA DEL COORDINADOR DE ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS