



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA DE MINAS

“INCIDENCIA DEL CÁLCULO DE RESERVAS EN
LA VIABILIDAD DE EXPLOTACIÓN DE LA
CONCESIÓN SAN JUAN, EMPRESA CALINOR
S.A.C, CAJAMARCA, 2018”

Tesis para optar el título profesional de:
Ingeniería de Minas

Autor:
Olivia Soledad Marquina Vega de Salas

Asesor:
Ing. Roberto Severino Gonzáles Yana

Cajamarca – Perú

2018

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por la Bachiller **Olivia Soledad Marquina Vega de Salas**, denominada:

**“INCIDENCIA DEL CÁLCULO DE RESERVAS EN
LA VIABILIDAD DE EXPLOTACIÓN DE LA
CONCESIÓN SAN JUAN, EMPRESA CALINOR
S.A.C, CAJAMARCA, 2018”**

Ing. Roberto Severino Gonzáles Yana

ASESOR

Ing. Rafael Napoleón Ocas Boñon

JURADO PRESIDENTE

Ing. Víctor Eduardo Álvarez León

JURADO

Ing. Daniel Alejandro Alva Huamán

JURADO

DEDICATORIA

A Dios quien ha sido mi guía, fortaleza y su bendición y amor han estado conmigo hasta el día de hoy.

A mis padres Vicente y Amelia, quienes siempre han iluminado mi camino y me enseñaron con su amor y cariño a tener temple para poder cumplir mis sueños.

A mis hermanos Santiago, Jorge, Cesar, Esther, Wilder y Edward, por su apoyo, confianza y por ser parte importante en mi vida

A mi esposo Frank, que su ayuda ha sido fundamental, ha estado conmigo incluso en los momentos más turbulentos. Este proyecto no fue fácil, pero con su amor, motivación y ayuda pude lograr culminar mi sueño.

A mis hijos Cristhoper y Solangel a ellos dedico todas las bendiciones que de parte de Dios vendrán a nuestras vidas como recompensa de tanta dedicación, tanto esfuerzo y fe en la causa misma.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento:

A la empresa CALINOR S.A.C por haber permitido realizar el desarrollo de mi tesis en esta prestigiosa entidad.

Al Ing. Roberto Severino Gonzáles Yana docente de la Universidad Privada del Norte - Cajamarca, por su asesoría y apoyo en la realización de esta Tesis.

A la Universidad Privada del Norte por su acogida, por haberme formado como la profesional que hoy en día soy y que gracias a ello se me han abierto muchas oportunidades.

Soledad Marquina Vega

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DE LA TESIS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. Realidad problemática	12
1.2. Formulación del problema.....	12
1.3. Justificación.....	13
1.4. Limitaciones	13
1.5. Objetivos	13
1.5.1. <i>Objetivo general</i>	13
1.5.2. <i>Objetivos específicos</i>	13
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	15
2.1. Antecedentes de la investigación	15
2.1.1. <i>A Nivel Internacional</i>	15
2.1.2. <i>A Nivel Nacional</i>	16
2.1.3. <i>A Nivel Local</i>	18
2.2. Definiciones conceptuales	20
2.2.1. <i>Caliza</i>	20
2.2.2. <i>Cubicación de reservas</i>	23
2.2.3. <i>Parámetros geométricos según la excavación</i>	32
2.2.4. <i>Viabilidad de explotación</i>	33
2.3. Definición de términos básicos	39
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....	42
3.1. Operacionalización de variables	42
3.1.1. <i>Hipótesis general</i>	42
3.1.2. <i>Hipótesis específicas</i>	42
3.1.3. <i>Variables</i>	42
3.1.4. <i>Operacionalización de variables</i>	43
3.2. Tipo de investigación	43
3.3. Diseño de investigación	43

3.4.	Unidad de estudio	44
3.5.	Población	44
3.6.	Muestra	44
3.7.	Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos	44
3.7.1.	<i>Técnicas</i>	44
3.7.2.	<i>Instrumentos</i>	44
CAPÍTULO 4.	RESULTADOS	46
4.1.	Ubicación	46
4.1.1.	<i>Política</i>	46
4.1.2.	<i>Geográfica</i>	46
4.2.	Accesibilidad	46
4.3.	Clima	48
4.4.	Vegetación	48
4.5.	Geología y geomecánica	49
4.5.1.	<i>Unidades menores</i>	49
4.5.2.	<i>Geología local</i>	50
4.5.3.	<i>Geomecánica</i>	51
4.5.4.	<i>GSI (Geological Strength Index)</i>	57
4.5.5.	<i>Resistencia y deformabilidad del macizo rocoso</i>	58
4.5.6.	<i>Análisis del Dips V6.008</i>	59
4.6.	Cubicación de reservas.....	60
4.6.1.	<i>Tipo de recurso a explotar</i>	60
4.6.2.	<i>Cálculo de las reservas totales</i>	61
4.7.	Operación minera.....	62
4.7.1.	<i>Ciclo del minado</i>	62
4.7.2.	<i>Extracción de top soil</i>	63
4.7.3.	<i>Extracción del mineral</i>	63
4.7.4.	<i>Carguío</i>	63
4.7.5.	<i>Trasporte interno</i>	63
4.7.6.	<i>Molienda (chancado y zaranda)</i>	63
4.7.7.	<i>Transporte</i>	64
4.7.8.	<i>Áreas de almacenamiento temporal</i>	64
4.8.	Método de minado	64
4.8.1.	<i>Parámetros y lineamientos de explotación</i>	64
4.8.2.	<i>Diseño del tajo en operaciones y explotación</i>	65
4.8.3.	<i>Parámetros del explosivo</i>	65
4.9.	Estudio económico.....	66
4.9.1.	<i>Flujo de caja (CASH FLOW)</i>	66
4.9.2.	<i>Cálculo de vida útil</i>	67
4.9.3.	<i>Flujos entrantes y salientes</i> :	67
DISCUSIÓN	69	
CONCLUSIONES	70	
RECOMENDACIONES	71	

REFERENCIAS.....	72
ANEXOS	74
ANEXO n.º 1. Matriz de consistencia.....	74
ANEXO N.º 2. Fotografías.....	75
ANEXO N.º 3. Planos.....	80
ANEXO N° 4 Hoja de Cálculo de Reserva.....	81
ANEXO N.º 5. Perfiles.....	82

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Clasificación de recursos/reservas basada en la cuantificación del error a partir de la desviación estándar kriging.....	29
Tabla 2 Ejemplo de estimación de indicadores de variable crítica.....	39
Tabla 3 Operacionalización de las Variables.....	43
Tabla 4 Coordenadas de la concesión San Juan.....	46
Tabla 5 Ubicación de la estación.....	52
Tabla 6 Medición en campo de las propiedades de las discontinuidades.....	54
Tabla 7 Clasificación de la calidad de la roca según RMR.....	56
Tabla 8 Área de los perfiles para el cálculo de las reservas totales.....	61
Tabla 9 Características técnicas del explosiva.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Iglesia San Francisco en Huancavelica.	21
Figura 2: Histograma de las varianzas kriging (Vk) en 3 poblaciones: 1) Reservas probables, 2) Reservas posibles 3) Reservas inferidas.	30
Figura 3. Cálculo del Valor Actual Neto.	35
Figura 4. Accesibilidad a la concesión San Juan.	47
Figura 5. Datos meteorológicos de la zona de estudio.	48
Figura 6. Vegetación cercana a la concesión San Juan.	49
Figura 7. Colinas de la zona.	49
Figura 8. Escarpes de la zona.	50
Figura 9. Estratos de caliza de la Formación Cajamarca a explotar.	51
Figura 10. Estación geomecánica de la concesión San Juan.	52
Figura 11. Conteo de discontinuidades para RQD.	53
Figura 12. Evaluación de discontinuidades.	54
Figura 13. Clasificación geomecánica GSI.	57
Figura 14. Diagrama de proyección estereográfica respecto al talud.	59
Figura 15. Calizas óptimas a explotar.	60
Figura 16. Medición de buzamiento.	75
Figura 17. Medición de rumbo.	75
Figura 18. Medición de persistencia de la discontinuidad.	76
Figura 19. Medición de la potencia del estrato.	76
Figura 20. Cantera San Juan.	77
Figura 21. Desmonte de la cantera San Juan.	77
Figura 22. Frente de explotación de la cantera San Juan.	78
Figura 23. Zona de desmonte 2.	78
Figura 24. Segundo frente de explotación.	79

RESUMEN

Esta tesis tiene como objetivo general determinar el nivel de incidencia del cálculo de reservas en la viabilidad de explotación de la concesión San Juan, Empresa Calinor S.A.C, Cajamarca, 2018. Para lo cual se debe determinar la influencia de la clasificación de la calidad de la roca de la concesión, definir el efecto de cubicar las reservas de la concesión y finalmente especificar el grado de incidencia del análisis de la viabilidad técnica - económica (flujo de caja) en la explotación de la concesión. El cálculo de reservas además permite hacer un planeamiento en un futuro próximo, dependiendo los intereses. Para ello se deben tener muchos aspectos en consideración como son los estratos de la minería, resoluciones dictaminadas por organismos competentes como el Ministerio de Energía y Minas o Ministerio de la Industria. El tipo de investigación es descriptiva ya que reúne un conjunto de procesos y procedimientos lógicos y prácticos que permiten identificar, el diseño de investigación es descriptivo aplicativo, ya que se van a describir las condiciones del yacimiento de roca caliza a explotar, de la cual se van a calcular reservas. Se concluyó que el método de los perfiles para el cálculo de las reservas, aunque es un método un poco tradicional, tiene buena precisión si es que se toma las distancias adecuadas, tomando en cuenta la variación de la topografía. Se logró determinar que las reservas totales de toda el área es 5 523 753.348 tn. La producción mensual en promedio es de 45,000 TM. El método de explotación en el área se estableció el banqueo por derribo, los cuales tiene como elementos constituyentes a un ángulo de talud final igual a 21°, ángulo de banco igual a 60° y un ancho de banco establecido en 7.5m. Las normas de gestión de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente se rigen a las normas y a la ley general de minería según el decreto supremo 024 EM.

Palabras clave: Cálculo de reservas, viabilidad de explotación, cantera, caliza, banqueo.

ABSTRACT

The general objective of this thesis is to determine the level of impact of the calculation of reserves on the operating viability of the San Juan concession, Calinor SAC Company, Cajamarca, 2018. For this purpose, the influence of the classification of the quality of the the concession rock, define the effect of cubing the reserves of the concession and finally specify the degree of impact of the analysis of the technical - economic feasibility (cash flow) in the exploitation of the concession. The calculation of reserves also allows planning in the near future, depending on the interests. For this, many aspects must be taken into consideration such as the mining strata, resolutions dictated by competent bodies such as the Ministry of Energy and Mines or the Ministry of Industry. The type of research is descriptive since it gathers a set of logical and practical processes and procedures that allow to identify, the research design is descriptive and applicative, since the conditions of the limestone deposit to be exploited will be described, of which they will calculate reserves. It was concluded that the method of the profiles for the calculation of the reserves, although it is a somewhat traditional method, has good precision if the appropriate distances are taken, taking into account the variation of the topography. It was determined that the total reserves of the entire area are 5 523 753.348 tn. The monthly production on average is 45,000 MT. The method of exploitation in the area was established bank by demolition, which has as constituent elements to a final slope angle equal to 21 °, bank angle equal to 60 ° and a bank width established in 7.5m. The safety, occupational health and environmental management standards are governed by the norms and the general mining law according to supreme decree 024 EM.

Key words: calculation of reserves, exploitation feasibility, quarry, limestone, banking.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La minería y la construcción son actualmente dos de los sectores que más desarrollo han tenido en el Perú como consecuencia del alto precio de los minerales en el mercado mundial y la demanda de viviendas en el mercado interno. Dentro de estas industrias destaca como materia prima principal la piedra caliza que se utiliza en diferentes industrias como la química, alimenticia, minera y de medio ambiente. (Azálgara, 2013)

La explotación de caliza en Perú ha sido una fuente sustentable de ingresos para diversos sectores de nuestra economía, siendo la más rentable aquella utilizada para la elaboración de cal y cemento. (Cámara Minera del Perú, 2017)

La estimación de reservas es una operación de alta responsabilidad que determina en gran medida el valor industrial de un yacimiento mineral. Los métodos empleados para la estimación y caracterización de los recursos minerales en yacimientos de calizas, no tienen en cuenta las características de variabilidad y correlación espacial, no tratan adecuadamente la alta variabilidad espacial presente en estos yacimientos y no utilizan procedimientos modernos para la integración de información que incorporen fuentes con distinto grado de conocimiento, por lo que no se adaptan a las complejidades de estos yacimientos. Por consiguiente, los resultados del cálculo de recursos minerales resultan inexactos y poco detallados, lo cual repercute desfavorablemente en la explotación racional de éstos. (GeoMinero, 2012)

La empresa Calinor SAC, cuenta con un mineral acorde a las necesidades de este mercado, es por esto que se propone estudiar en profundidad las reservas de caliza en la concesión San Juan y para estimar los costos e ingresos de llevar a cabo la realización de la explotación.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el nivel de incidencia del cálculo de reservas en la viabilidad de explotación de la concesión San Juan, Empresa Calinor S.A.C, Cajamarca, 2018.

1.3. Justificación

El cálculo de reservas es el procedimiento que toma gran importancia dentro de una operación minera tanto metálica como no metálica puesto depende de su cálculo la vida de la empresa, para ello hay varios métodos que han sido empleados con frecuencia, para la investigación el cálculo se realizara obteniendo perfiles a partir de las cotas presentadas en campo.

El cálculo de reservas además permite hacer un planeamiento en un futuro próximo, dependiendo los intereses. Para ello se deben tener muchos aspectos en consideración como son los estados de la minería, resoluciones dictaminadas por organismos competentes como el Ministerio de Energía y Minas o Ministerio de la Industria.

1.4. Limitaciones

- Restricciones en el acceso a ciertas partes por desconfianza de los pobladores.
- De índole económico ya que se podría profundizar en los estudios a realizar así mismo utilizar otros métodos.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar el nivel de incidencia del cálculo de reservas en la viabilidad de explotación de la concesión San Juan, Empresa Calinor S.A.C, Cajamarca, 2018.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar la influencia de la clasificación de la calidad de roca de la concesión San Juan en la cubicación de reservas.
- Determinar la cubicación de las reservas de la concesión San Juan, en la viabilidad de su explotación.

- Especificar el nivel de incidencia del análisis de la viabilidad técnica - económica en la explotación de la concesión San Juan, Empresa Calinor S.A.C., Cajamarca, 2018.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. A Nivel Internacional

- En México, en la Universidad Nacional Autónoma de México, en la facultad de Ingeniería, Toledo (2015), presentó su tesis para obtener el título de ingeniero de minas y metalurgista, titulado: “*Desarrollo del Proceso de Planeación, Ejecución y Control dentro del Área de Planeación Minera la Ciénega de Fresnillo PLC*”, se concluyó que la planeación a mediano plazo realiza simulaciones de la manera en que el yacimiento se explotará, para ello se apoya del software Data Mine y se realiza una simulación del corte del rebaje realizando un rectángulo del ultimo corte (cielo del rebaje) y a lo largo del rebaje, se considera 2.7 metros o 2.0 metros dependiendo si el rebaje se mina con jumbo o con máquina de pierna, en este caso sería 2.7 metros lo de la barra del jumbo de 14 pies. Las reservas probadas son de 6´940, 211 toneladas con una ley de 2.10 gr/ton de oro, 125 gr. /ton de plata, 0.04 % de plomo, 0.01 de zinc y un valor de mineral de 140 dólares /tonelada Las reservas probables son de 19´768, 186 toneladas con una ley promedio de 1.57 gr. /ton de oro, 148 gr. /ton de plata, 0.04 % plomo, 0.01 % de zinc y un valor de mineral de 123 dólares/tonelada Teniendo un total de reservas de 26´708, 397 toneladas con una ley de 1.71 gr. /ton de oro, 143 gr. /ton de plata, 0.04 % de plomo, 0.06 % de zinc y un valor de mineral de 128 dólares por tonelada tumbado y procesada con una dilución planeada de 15.2%.
- En Chile, Santiago, en la Universidad Nacional de Chile, en la facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Galo (2013), presentó su tesis para obtener el grado de magister en minería, titulado: “*Modelo de Costos para la Valorización de Planes Mineros*”, se concluyó que se verifica así la importancia de la etapa de diseño minero, siendo aquí donde se definirá el vector de costo que tendrá el plan de producción. Es fundamental poder tener los mejores diseños mineros ya que estos impactarán directamente en el valor del costo, este varía en el tiempo en cerca de un 20% respecto

del valor medio usado en un principio, es fundamental revisar esta estimación para entender así el beneficio esperado del negocio. Dentro de una mina operativa las combinaciones de rampas-destinos implican existencia de sistemas de transporte con modelos de costos propios, que pueden ser utilizados para posteriores diseños de fases con el fin de minimizar el costo de mina asociado a transporte, que en la mina en estudio es aproximadamente el 45% del costo mina total. De las valorizaciones realizadas se puede observar cómo cambia el tamaño de las fases y no la secuencia de las fases.

- En Venezuela, Caracas, en la Universidad Central de Venezuela, López (2013), presentó su tesis para obtener el título de ingeniero de minas, titulado: “*Diseño de un Método de Explotación para la Mina Colombia, CVG Minerven, El Callao, Estado Bolívar*”, se concluyó que el aprovechamiento de los recursos del Bolsón se realizará por el método PostPillar Stopping, mediante subniveles en los cuales se construirán galerías de producción para la extracción de mineral. Los subniveles se construirán en cámaras de 5 metros de alto dejando 10 metros de separación entre pilares que se encargan de soportar el techo. Esta separación es suficiente para la operación de los equipos. También se realizarán chimeneas de ventilación y de traspaso de mineral, así como una rampa de comunicación entre los niveles 5 y 6 la cual también servirá para acceso a las reservas de los subniveles superiores. Las reservas recuperables se estiman en 414.871ton y debido a la dilución durante la explotación el tenor promedio será 31,6 gr/ton. Se plantea la extensión de la infraestructura para el suministro de servicios en la zona, la colocación de 2 ventiladores auxiliares en el diseño de la zona a intervenir.

2.1.2. A Nivel Nacional

- En Lima, Perú, en la Universidad Nacional de Ingeniería. En la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica, Cabrera (2015), presentó su tesis para optar el título profesional de ingeniero de minas, titulada: “*Planificación Minera en Mina Pucamarca de Minsur S.A.*”, se concluyó

que, el valor de las reservas de la Mina Pucamarca con la nueva planificación incremento de 178 millones de dólares en el año 2012 a 235 millones de dólares, una vida útil de 10 años contados a partir del 2013 con una producción diaria de 17,500 toneladas por día de mineral, la relación desmonte mineral es de 0,32 con una producción anual promedio de 80,000 Oz de oro. Sin aumentar el perfil de equipos actuales es posible incrementar el movimiento de material anual hasta 11 Mt por año, esto será analizado en base a los permisos que se requieran, pero principalmente a la disponibilidad del recurso hídrico para el proceso de lixiviación. Actualmente la producción tiene un ritmo de producción de 17,500 toneladas por día de mineral; los resultados operativos indicarían una alta probabilidad de lograr una producción de 21,000 toneladas diarias de mineral.

- En Huancayo, Perú, en la Universidad Nacional del Centro del Perú. En la Facultad de Ingeniería de Minas, Castro (2015), presento su tesis para optar el título profesional de ingeniero de minas, titulada: "*Propuesta de Implementación de Plan de Minado en La Cantera de Dolomita "Jajahuasi 2001"*" de la Comunidad Campesina Llocllapampa – Provincia De Jauja", se concluyó que, la implementación de un plan de minado en la cantera de Dolomita es factible debido a que el cálculo de reservas hecho en la investigación arroja que se tiene 22'363 470.51 TM de mineral entre las reservas probadas y probables, lo que representa una vida de mina de 65 años, al ritmo de producción propuesto, esto fue calculado mediante un levantamiento topográfico con la estación total R2 Plus 500 que nos permite tener todos los puntos a detalle, y con ayuda del software MineSight se modeló y cubicó el yacimiento. La inversión económica del proyecto que está representada por el 30% de inversión propia (453,747.70 \$) y el 70% de financiamiento bancario (1'058,744.63 \$), fue garantizada por la Junta Directiva de la empresa comunal y de la comunidad misma que afirman que la inversión propia es alcanzable por convenios y fondos internos. La recuperación del capital invertido se dará en el segundo año de iniciadas las operaciones, el crédito bancario será cancelado al tercer año de las operaciones, las utilidades netas anuales desde el cuarto año de operaciones serán 1'867,684.36 \$, cumpliendo

con las obligaciones laborales como los beneficios al 100%, impuesto a la renta, utilidades a los trabajadores, todos estos aspectos garantizan la factibilidad de implementar de un plan de minado.

- En Arequipa - Perú, en la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. En la Facultad de Geología, Geofísica y Minas, Luque (2017), presentó su tesis para optar el título profesional de ingeniero de minas, titulada: “*Estudio de Factibilidad en un Proyecto de Explotación de Rocas y Minerales Industriales en una Mina de Perlita*”, se concluyó que el precio se mantiene en ascenso año tras año, durante los últimos 6 años, lo que nos da relativa confianza a mediano y corto plazo, no habrá caídas estrepitosas en el precio de este mineral. Los equipos a utilizar y las compras de los mismos se realizarán de acuerdo a las necesidades reales y adicionales de la operación, de esta manera, optimizar los costos. El método de explotación seleccionado es canteras en ladera, es de fácil explotación y costo bajo, el desmonte puede precipitarse al barranco ahorrando costos en transporte. De acuerdo a los indicadores en los 2 casos, es favorable la inversión, pero como era de esperar en la evaluación financiera los beneficios son mayores. Los parámetros utilizados en la presente tesis son cercanos a la realidad y pueden ser mejoradas o cambiadas, para el mejor desempeño de los indicadores. Finalmente pudo concluir que el proyecto es viable y atractivo para invertir, un rubro que poco se conoce y aprovecha en nuestro país minero, comparando con otros proyectos a cielo abierto, no se requiere de grandes cantidades de inversión, esto puede servir como guía para posteriores trabajos.

2.1.3. A Nivel Local

- En Cajamarca - Perú, en la Universidad Nacional del Altiplano. En la Facultad de Ingeniería de Minas, Piérola (2017), presentó su tesis para optar el título profesional de ingeniero de minas, titulada: “*Optimización del Plan de Minado de Cantera de Caliza La Unión Distrito de Baños del Inca – Cajamarca*”, se concluyó que los resultados de la caracterización de macizo rocoso de calizas demuestran un RMR 57 es una roca de calidad regular con una densidad en banco de 2.51 TM/m³, con una

potencia del estrato de 4.00 m a 5.00m aproximadamente, las reservas minerales de cantera de caliza La Unión distrito Baños del Inca - Cajamarca es 855 972.00 TM, los resultados de la voladura son de 65 m³ de roca fragmentada o roca suelta diaria, el sistema de transporte es en volquetes Dodge 800 de 6 cubos como pequeño productor minero con carencia de un plan de minado adecuado, la producción diaria se ha adecuado a la capacidad 30 TM/día de calcinación de los dos hornos con una capacidad operativa de 50 % ,con esta producción diaria se logra una ganancia de US \$ 10 468.67 mensuales.

- En Cajamarca - Perú, en la Universidad Alas Peruanas. En la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Guevara (2017), presentó su tesis para optar el título profesional de ingeniero de minas, titulada: “*Propuestas de un Plan de Minado para Mejorar la Productividad en la Cantera El Gavilán, al Sur de la Ciudad de Cajamarca, 2017*”. El presente trabajo de investigación propone un plan de minado para mejorar la productividad en la cantera El Gavilán, ubicado al sur este de la ciudad de Cajamarca, 2017. Ejecutado desde el 15 de enero al 15 de abril del 2017. En el cual se logró proponer la mejora del plan de minado en la cantera El Gavilán, al sur este de la ciudad de Cajamarca, el cual permite incrementar la productividad de la cantera en un 22% durante el año 2007 (11%) y el año 2017 (33%). Así como también se identificó los factores que contribuyen positivamente son la dureza de la roca: RQD (59% y 66%) y la obtención de materia prima de buena y regular calidad (RMR); por lo que los factores que afectan negativamente a la productividad de la cantera son el alto porcentaje de fracturamiento y la presencia de factores ambientales. Localizando el nivel de productividad antes de proponer el plan de minado en la cantera El Gavilán, era de 2097.6\$/día y el nivel de productividad después de proponer el plan de minado en la cantera El Gavilán, es de 2718 \$/día; esto implica que la productividad se incrementó en un 621\$/día.
- En Cajamarca - Perú, en la Universidad Privada del Norte. En la Facultad de Ingeniería, Alarcón y Salazar (2016), presentaron su tesis para optar el título profesional de ingeniero de minas, titulada: “Evaluación

Económica para Explotación de Arcillas Tipo Caolinita en la Concesión Minera Rumicucho, Centro Poblado Huayrapongo, Distrito de Llacanora, Provincia y Departamento de Cajamarca, 2016”, se concluyó que las arcillas se encuentran emplazadas estratigráficamente en la formación Carhuaz, caserío Huayrapongo. Se ha determinado la cantidad de minerales dentro de las muestras de caolinita, donde los más representativos son cuarzo, illita, montmorionita, caolinita, hematita y escasas cantidades de calcita. Estos resultados fueron emitidos por la empresa INGECONSULT & LAB S.R.L. Las reservas mineras calculadas mediante el método de inverso a la distancia son 194 970.98 TM. La evaluación mediante CASH FLOW tenemos un tiempo de vida de 20.31 y un Pay Back de 1.06 por tanto el proyecto es viable. El precio del mercado es de 35 soles la tonelada puesto en cantera, su utilización es la cerámica, la concesión RUMICUCHO establecerá vínculos mercantiles con la empresa COMACSA CIA MINERA AGREGADOS CALCAREOS S.A.

2.2. Definiciones conceptuales

2.2.1. Caliza

La caliza es una roca sedimentaria compuesta mayoritariamente por carbonato de calcio (CaCO_3), generalmente calcita, aunque frecuentemente presenta trazas de magnesita (MgCO_3) y otros carbonatos. También puede contener pequeñas cantidades de minerales como arcilla, hematita, siderita, cuarzo, etc., que modifican (a veces sensiblemente) el color y el grado de coherencia de la roca. El carácter prácticamente monomineral de las calizas permite reconocerlas fácilmente gracias a dos características físicas y químicas fundamentales de la calcita: es menos dura que el cobre (su dureza en la escala de Mohs es de 3) y reacciona con efervescencia en presencia de ácidos tales como el ácido clorhídrico.

En el ámbito de las rocas industriales o de áridos para construcción recibe también el nombre de piedra caliza. Junto a las dolomías y las margas, las calizas forman parte de lo que se conocen como rocas carbonáticas o calcáreas.

Si se calcina (se lleva a alta temperatura), la caliza da lugar a cal (óxido de calcio impuro, CaO).

- **Propiedades de la Caliza**

- Resistencia: La resistencia de la caliza a la compresión y al aplastamiento oscila entre 98,4 y 583,5 kg/cm².
- Densidad: La caliza rica en calcio tiene una densidad entre 2,65 a 2,75 kg/dm³.
- Color: La coloración de las calizas ricas en calcio es blanco cuando son puras, pero cambia de color entre el gris y el negro a consecuencia de las impurezas carbonosas que contienen.
- Otras características: Absorción de agua: 2 a 8% en peso.
- Desgaste al rozamiento: 30 a 40 cm³, y al chorro de arena de 7 a 10 cm³.

- **Usos de la caliza**

Desde que el hombre se hizo sedentario comenzó a utilizar la caliza y otras rocas calcáreas para construir sus casas, a medida que ha transcurrido el tiempo y hasta nuestros días ha sido utilizada para tal fin, siendo de gran importancia en este ramo de la construcción, tal como se muestra en la figura 1 de la iglesia San Francisco en Huancavelica construida con adoquines de caliza (Carrero, 2013).



Figura 1: Iglesia San Francisco en Huancavelica.

Fuente: (Carrero, 2013).

La caliza y sus derivados tienen múltiples usos industriales debido a sus características químicas compuestas mayormente por calcita (CaCO_3).

Dentro de las principales aplicaciones tenemos:

- **Subsector construcción**

La roca caliza se utiliza en el subsector construcción para la fabricación de cemento como materia prima elemental. Además, la cal también se usa en la estabilización de suelos y en mampostería como material de recubrimiento en paredes, pisos, techos y en la elaboración de morteros.

- **Subsector químico**

En la industria química, la cal es el segundo material de importancia después del ácido sulfúrico y se utiliza en las siguientes aplicaciones: como materia prima en la producción de insecticidas y fungicidas. Como agente absorbente y portador del calcio en muchos blanqueadores secos. Como base en la producción de la mayoría de sales inorgánicas basadas en el calcio y el magnesio. Es utilizado en la elaboración del etileno glicol (anticongelante permanente). Es utilizado en el proceso de refinamiento del petróleo como un agente neutralizador de impurezas sulfúricas. Es utilizado en el proceso de fabricación de pigmentos para pinturas.

Como reactivo en el proceso de digestión de la madera para la obtención de la pulpa en la fabricación del papel. Como precipitados de sólidos disueltos en las aguas en el proceso de acabado de textiles de algodón. Participa en el proceso de curtido del cuero.

- **Subsector alimenticio**

En el subsector alimenticio la cal se utiliza en las siguientes aplicaciones:

participa en la producción de azúcar proveniente de la remolacha o la caña. Para neutralizar o reducir la acidez en la crema previo a la pasteurización en la elaboración de la leche y la mantequilla. Para

elaborar el fosfato monocálcico utilizado para fabricar polvo de hornear. Como agente reductor de la corrosión que se daría en los equipos de las industrias fruteras, neutralizando los ácidos cítricos que producen los desperdicios de las frutas.

- **Subsector Medio Ambiente**

En el subsector medio ambiente la cal se utiliza en las siguientes aplicaciones:

Como principal material químico para tratamientos de agua, elimina la dureza.

Como un agente ácido neutralizador, en numerosos tipos de industrias que requieren más que un simple tratamiento mecánico o bioquímico para un buen tratamiento de los desperdicios que generan. Como material sanitario para evitar la putrefacción generada por heces fecales, fosas sépticas, animales en descomposición, tratamientos de desechos municipales. En la purificación del aire, debido a que esta desulfura los gases que salen de las plantas industriales de carbón como también aquellos gases que salen de las plantas donde se quema mucho aceite sulfúrico.

2.2.2. Cubicación de reservas

Por estimación de recursos entendemos la determinación de la cantidad de materia prima contenida en un yacimiento o en una de sus partes. La mayoría de los recursos y reservas se calculan en toneladas métricas, solo la de los metales preciosos (oro, plata y platino) se calculan en kilogramos, los diamantes en quilates y las reservas de gas natural, arena, piedras para la construcción, agua subterráneas, se estiman en metros cúbicos. Esta cuantificación formal de las materias primas minerales estimada por procedimientos empíricos o teóricos se denomina Inventario Mineral. Este a su vez se expresa en términos de recurso y reservas (Vega, 2013).

La estimación de recursos es un fin de cada etapa de los trabajos de prospección y exploración de yacimientos minerales y este proceso continua durante la explotación del depósito. Todos los trabajos de exploración de un

yacimiento contribuyen ante todo a la estimación de las materias primas minerales.

La estimación de recursos/reservas se considera un proceso continuo que se inicia con la exploración y recopilación de la información seguida de la interpretación geológica y la estimación de recursos. Posteriormente se consideran los factores modificadores (mineros, metalúrgicos, ambientales, legales etc.) y se arriba al estimado de reservas. Durante las operaciones de la mina los estimados previamente calculados son modificados por los resultados del control de ley y los estudios de reconciliación. En estos apuntes se hace mayor hincapié en la estimación de los recursos (Vega, 2013).

Estos trabajos tienen como objetivo fundamental la mejor estimación de la ley y el tonelaje de los bloques de un cuerpo mineral así como determinar los errores probables de la estimación con cierto nivel de confianza. La relevancia de las estimaciones depende de la calidad, cantidad y distribución espacial de las muestras y el grado de continuidad de la mineralización.

La cantidad de reservas de un yacimiento, como uno de los factores principales que determinan su viabilidad económica, posee una gran influencia en la vida útil del yacimiento, su producción anual y la decisión final de construir la empresa minera. Los distintos métodos de estimación de recursos que se emplean en la actualidad son definidos por los principios de interpretación empleados y las técnicas de interpolación espacial. Así tenemos los métodos clásicos de cálculos desarrollados y utilizados desde los principios de la minería hasta nuestros días, que se basan en procedimientos manuales y donde los principales parámetros son estimados a partir de la media aritmética y la media ponderada. Por otra parte, los métodos asistidos por computadoras que incluyen el método de ponderación por el inverso de la distancia y los geoestadísticos y que se fundamentan en procedimientos matemáticos de interpolación definidos a partir de información espacial y estadística presente en los datos. Estos métodos surgieron con el desarrollo de las computadoras (Vega, 2013).

a. Sistemas y criterios de clasificación de recursos y reservas.

El éxito de cualquier negocio minero depende directamente de la calidad de las estimaciones de los recursos y reservas realizadas a partir de la información generada durante las campañas de exploración.

Este cálculo, como cualquier estimación basada en un número limitado de muestras está sujeto a variaciones o errores respecto al valor real. De aquí precisamente surge la necesidad de establecer clasificaciones de recursos que indican los riesgos de las estimaciones realizadas (Vega, 2013).

Los principales sistemas de clasificación que se emplean hoy en el mundo se fundamentan en la confianza geológica y en la viabilidad económica. Todos los esquemas de clasificación hacen uso del grado de confiabilidad o certidumbre como factor discriminante entre las distintas clases, entre tanto ninguno de esos sistemas muestra claramente como calcular el error asociado con cada estimación. Un elemento que complica aún más el proceso de categorización es la imposibilidad de cuantificar el error cometido en la creación del modelo geológico del yacimiento. Producto de las dificultades encontradas en cuantificar el error de estimación, los sistemas de clasificación se apoyan más en aspectos cualitativos que en medidas reales de la dispersión de los valores obtenidos. Dado este elemento de subjetividad es que se introduce en la mayoría de los sistemas de clasificación el concepto de persona competente (código JORC) (Vega, 2013).

Los principales métodos a través de los cuales los recursos minerales pueden ser categorizados se dividen en 2 grupos: (1) Criterios tradicionales o clásicos, (2) Criterios geoestadísticos (Vega, 2013).

- Métodos tradicionales de categorización

Los métodos tradicionales de categorización hacen uso de los siguientes criterios.

Continuidad geológica: La clasificación de recursos y reservas minerales depende en primer lugar de la comprensión de la génesis del yacimiento y de la valoración de la continuidad geológica del volumen mineralizado. Aquí es muy importante establecer la continuidad física o geometría de la mineralización o de las estructuras controladoras. La continuidad física o geométrica no es fácilmente cuantificable. Para establecer este tipo de continuidad es necesario interpretar los datos disponibles y establecer el modelo geológico del yacimiento sobre la base del conocimiento existente y la experiencia previa obtenida en depósitos similares (Vega, 2013).

Densidad de la red de exploración (grado de estudio): Para las distintas categorías se recomienda un determinado espaciamiento de la red de exploración lo cual está en función del tipo de yacimiento. Las redes para cada categoría se argumentan sobre la base de la experiencia (principio de analogía) en otros yacimientos similares (Vega, 2013).

Interpolación contra extrapolación: Los bloques cuyos valores han sido estimados por interpolación o sea están localizados dentro de la red de muestreo son clasificados en categorías más confiables que los localizados más allá de la última línea de pozos (extrapolados). La mayoría de los sistemas de clasificación exige no incluir bloques extrapolados en la clase de recursos medidos (Vega, 2013).

Consideraciones tecnológicas: incluye determinados aspectos que pueden ser utilizados para discriminar o rechazar un recurso en una categoría dada. Como ejemplo se puede citar la presencia de elementos perjudiciales que impiden la buena recuperación o hacen extremadamente cara la extracción del componente útil durante el proceso de beneficio (Vega, 2013).

Calidad de los datos: La recuperación del testigo, el volumen de las muestras, la forma en que fueron tomadas y el método de

perforación influyen directamente sobre la calidad de los datos. Los sectores donde existen problemas de representatividad o confiabilidad de los análisis deben ser excluidos de la categoría de recurso medido (Vega, 2013).

- **Criterios geoestadísticos de categorización**

Yamamoto, 1991 considera que los esquemas de clasificación de reservas basados en medidas reales de la dispersión son más confiables pues reflejan, sobre todo, la cantidad y la calidad de la información empleada para evaluar las reservas. Estos esquemas fueron denominados genéricamente clasificaciones geoestadísticas pues se basan en la varianza Kriging.

En este sentido, se recomienda la Geoestadística como procedimiento válido y confiable en la mayoría de los sistemas de clasificación, convirtiéndose en un estándar en la estimación de recursos minerales.

El código propuesto por la ONU, por ejemplo, propone el uso de la Geoestadística para clasificar los recursos pues permite de forma rápida y sin ambigüedad identificar las categorías de recursos y reservas minerales (UN-ECE, 1996). Algunos de los principales criterios geoestadísticos que han sido empleados o propuestos para la clasificación de recursos se explican a continuación.

Alcance del variograma

El variograma permite cuantificar la continuidad o nivel de correlación entre las muestras que se localizan en una zona mineralizada dada. El grado de esa correlación ha sido frecuentemente utilizado para clasificar los recursos y reservas. Existen 3 clases de clasificación (Vega, 2013):

- Bloques en el área muestreada ubicados dentro del radio de influencia definido por el alcance del variograma.

- Bloques en el área muestreada ubicados más allá del radio de influencia definido por el alcance del variograma.
- Bloques dentro del yacimiento ubicados a una distancia grande de los pozos (incluyendo los bloques extrapolados).

Típicamente se han empleado 2 enfoques para clasificar los recursos usando el variograma.

El primero se basa en la subdivisión arbitraria del alcance observado. Ejemplo, todos los bloques estimados con un número mínimo de muestras y ubicados dentro de un determinado radio de influencia podrían ser clasificados como recursos medidos mientras que todos los bloques estimados con cierto número mínimo de muestras y localizados más allá del radio de influencia serían clasificados como indicados.

En el segundo enfoque las categorías de recursos están basadas en los valores de la meseta. Por ejemplo, los bloques comprendidos dentro de un alcance del variograma correspondiente a $2/3$ del valor de la meseta pueden ser clasificados como medidos, el resto son indicados (Vega, 2013).

- **Varianza Kriging**

El kriging permite obtener, además de la estimación del valor de un bloque, una indicación de la precisión local a través de la varianza kriging (V_k). Desde el inicio del desarrollo del Kriging la V_k ha sido empleada para determinar los intervalos de confianza de las estimaciones. Para esto es necesario asumir que esta se ajusta a un modelo normal o lognormal. Sin embargo, en la práctica es raro que los errores de estimación se subordinen a estos modelos de distribución (Vega, 2013).

Como para el cálculo de la varianza kriging se emplea solamente la configuración de las muestras en el espacio y no sus valores locales, esta no debe ser interpretada como una medida de la variabilidad

local. Por otra parte como V_k es calculado a partir del variograma medio del yacimiento no es solo un índice de la disposición espacial de las muestras sino también caracteriza las varianzas medias globales permitiendo la discriminación entre las clases o categorías de recursos (Vega, 2013).

Tabla 1

Clasificación de recursos/reservas basada en la cuantificación del error a partir de la desviación estándar kriging.

Autores	Probada	Probable	Posible	Inferida
Diehl & David (1982)	Error: +- 10% Conf.: >80%	Error: +- 20% Conf.: >60-80%	Error: +- 40% Conf.: >40-60%	Error: +- 60% Conf.: >20-40%
Wellmer (1983)	Error: +- 10% Conf.: >90%	Error: +- 20% Conf.: >90%	Error: +- 30% Conf.: >90%	Error: +- 50% Conf.: >90%

Fuente: (Vega, 2013).

El método propuesto por Diehl y David (1982) se basa en definir niveles de confianza y de precisión (error): la precisión se expresa en función de la desviación estándar kriging y el valor estimado kriging (Vega, 2013).

$$\text{Precisión} = ((k \times 100 \times Z_{1-0}) / t_{ki})$$

Donde:

K - Es la desviación estándar kriging

t_{ki} - Valor del bloque estimado por kriging

Z_{1-0} - Valor de la variable estandarizada distribuida normalmente con un nivel de confianza (1- 0)

Si se fija la precisión en 10 % (reservas probadas) entonces se puede determinar la razón (k/ t_{ki}) que divide las reservas probadas de las probables (Vega, 2013).

$$10 = ((k \times 100 \times Z_{0.82}) / t_{ki})$$

$$(k / t_{ki}) = 10 / (100 \times 1.282) = 0.078$$

Es bueno señalar que no existe consenso internacional sobre los niveles de confianza y precisión que deben tener las distintas categorías de reservas.

El segundo método para categorizar los recursos se basa en la construcción de la función de densidad de probabilidades o el histograma de las varianzas kriging. El histograma se examina para detectar evidencias de poblaciones complejas que pueden representar 3 poblaciones superpuestas (probable, posible e inferida) (Vega, 2013).

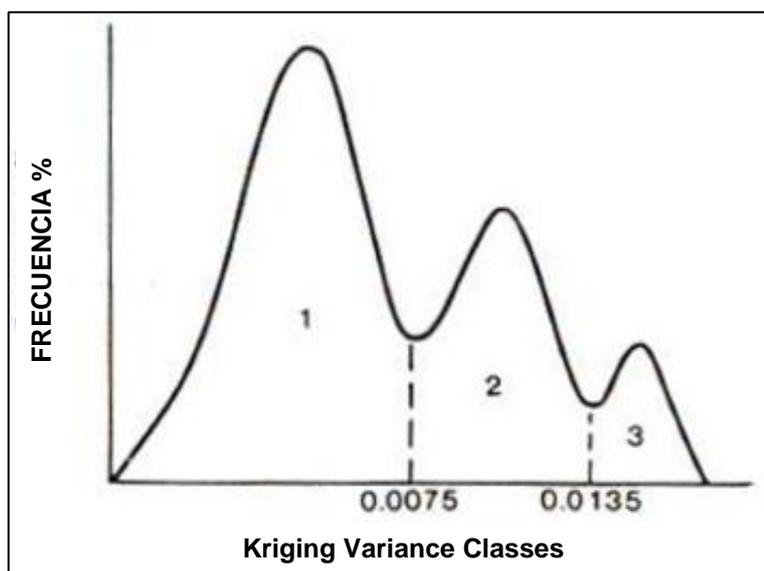


Figura 2: Histograma de las varianzas kriging (V_k) en 3 poblaciones: 1) Reservas probables, 2) Reservas posibles 3) Reservas inferidas.
Fuente: (Vega, 2013).

b. Métodos clásicos de estimación de reservas

Los métodos clásicos, desarrollados y empleados desde los mismos comienzos de la minería, se basan fundamentalmente en los principios de interpretación de las variables entre dos puntos contiguos de muestreo, lo que determina la construcción de los bloques geométricos a los que se le asignan las leyes medias para la estimación de recursos (Vega, 2013).

Los principios de interpretación de estos métodos son los siguientes:

- El principio de los cambios graduales presupone que los valores de una variable (espesor, ley, etc.) varían gradual y continuamente a lo largo de la línea recta que une 2 puntos de muestreo contiguos (Vega, 2013).
- El principio de vecinos más cercanos admite que el valor de la variable de interés en un punto no muestreado es igual al valor de la variable en el punto más próximo (Vega, 2013).
- El último de los principios permite la extrapolación de los valores conocidos en los puntos de muestreo a puntos o zonas alejadas sobre la base del conocimiento geológico o por analogía con yacimientos similares (Vega, 2013).

Todos estos principios de interpretación son utilizados para la subdivisión del yacimiento mineral en bloques o sectores, los cuales son evaluados individualmente y posteriormente integrados para determinar los recursos totales del yacimiento (Vega, 2013).

Los métodos clásicos o tradicionales han soportado el paso del tiempo, pero están siendo superados progresivamente por los métodos geoestadísticos. Estos métodos son aun aplicables en muchas situaciones, donde incluso pueden arrojar resultados superiores. Siempre es necesario realizar una valoración crítica del empleo de la geoestadística antes de desechar completamente las técnicas tradicionales. El uso de las técnicas kriging está supeditado a la existencia de una red de exploración que permita la generación de los modelos matemáticos que describen la continuidad espacial de la mineralización del yacimiento que se evalúa. Cuando no existe suficiente información de exploración o la variabilidad es extrema se deben emplear los métodos geométricos o tradicionales (Vega, 2013).

Los métodos clásicos de estimación más conocidos son:

- Método del promedio aritmético o bloques análogos

- Método de los bloques geológicos
- Método de los bloques de explotación
- Método de los polígonos
- Método de las isolíneas.
- Método de los perfiles

2.2.3. Parámetros geométricos según la excavación

Los parámetros geométricos principales que configuran el diseño de las excavaciones corresponden a los siguientes (Azálgara, 2013):

- Banco: es el módulo o escalón comprendido entre dos niveles que constituyen la rebanada que se explota de estéril y/o mineral, y que es objeto de excavación desde un punto del espacio hasta una posición final preestablecida.
- Altura de banco: es la distancia vertical entre dos niveles o, lo que es hasta la parte más alta o cabeza del mismo.
- Talud de banco: es el ángulo delimitado entre la horizontal y la línea de máxima pendiente de la cara del banco.
- Talud de trabajo: es el ángulo determinado por los pies de los bancos entre los cuales se encuentra alguno de los tajos o plataformas de trabajo. Es, en consecuencia, una pendiente provisional de la excavación.
- Límites finales de la explotación: son aquellas situaciones espaciales hasta las que se realizan las excavaciones. El límite vertical determina el fondo final de la explotación y los límites laterales los taludes finales de la misma.
- Talud final de explotación: es el ángulo del talud estable delimitado por la horizontal y la línea que une el pie del banco inferior y la cabeza del superior.

- Bermas: son aquellas plataformas horizontales existentes en los límites de la excavación sobre los taludes finales, que coadyuvan a mejorar la estabilidad de un talud y las condiciones de seguridad frente a deslizamientos o caídas de piedras.

2.2.4. Viabilidad de explotación

a. Viabilidad del Proyecto

Antes de realizar una Evaluación detallada del Proyecto, se tiene que establecer primero si el Proyecto es viable en los siguientes aspectos (León, 2015):

- Comercial: El mercado debe valorar el metal a producir y estar dispuesto a pagar un precio adecuado por ello.
- Técnica: Se debe contar con la Tecnología, Recursos y condiciones.
- Organizacional: Se requiere de Know How y capacidad administrativa.
- Legal: No debe haber restricciones legales que lo impidan.
- Ambiental: Los posibles impactos ambientales negativos deben ser controlables
- Económica-Financiera: Los ingresos deben ser mayores que los costos. Es necesaria la capacidad para acceder a los recursos financieros. Se debe realizar una evaluación económico financiero del proyecto previa revisión de los flujos de caja y realización de análisis de sensibilidad que justifique su ejecución.
- Ética: El proyecto debe ser acorde con la declaración de ética de la empresa.

- Emocional: El Proyecto debe ser motivador para la empresa. Una forma de saberlo es si los directores o funcionarios de alta dirección compran para sí acciones de la compañía en volúmenes importantes.
- Social: Debe cumplirse con los intereses de las comunidades y grupos de Interés y asegurar un desarrollo sostenible que conjugue los aspectos sociales, ambientales y económicos.

b. Enfoques de evaluación de proyectos mineros

En los Proyectos mineros debe hacerse 2 tipos de evaluación:

- Evaluación Privada: Realizada desde la perspectiva del dueño del Proyecto. Incluye la evaluación de los aspectos económicos y financieros.
- Evaluación Social: Realiza desde la perspectiva de la Sociedad en su conjunto. Se analiza el costo/beneficio social y el Costo Efectividad.

c. Criterios de evaluación económico financieros

- Valor actual neto (VAN)

El valor actual neto representa el cambio en el nivel de riqueza que un inversionista o empresa obtiene al realizar una determinada inversión. Es el valor actualizado el Presente de los beneficios menos el valor actualizado de los costos y menos el monto de la Inversión. (León, 2015)

Gracias a este concepto se pueden tomar decisiones en el presente basados en lo que esperamos en el futuro. Estos flujos son estimados y tienen un factor de incertidumbre por lo que es probable que los flujos que realmente se reciben sean otros. De ahí la importancia de los análisis de sensibilidad.

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{B_i - C_i}{(1+k)^i}$$

Donde,

I_0 : Inversiones del Proyecto,

B_i : Ingresos por Venta de Mineral Proyectados,

C_i : Costos y Gastos Proyectados,

n : Vida de la Mina,

K : Tasa de descuento

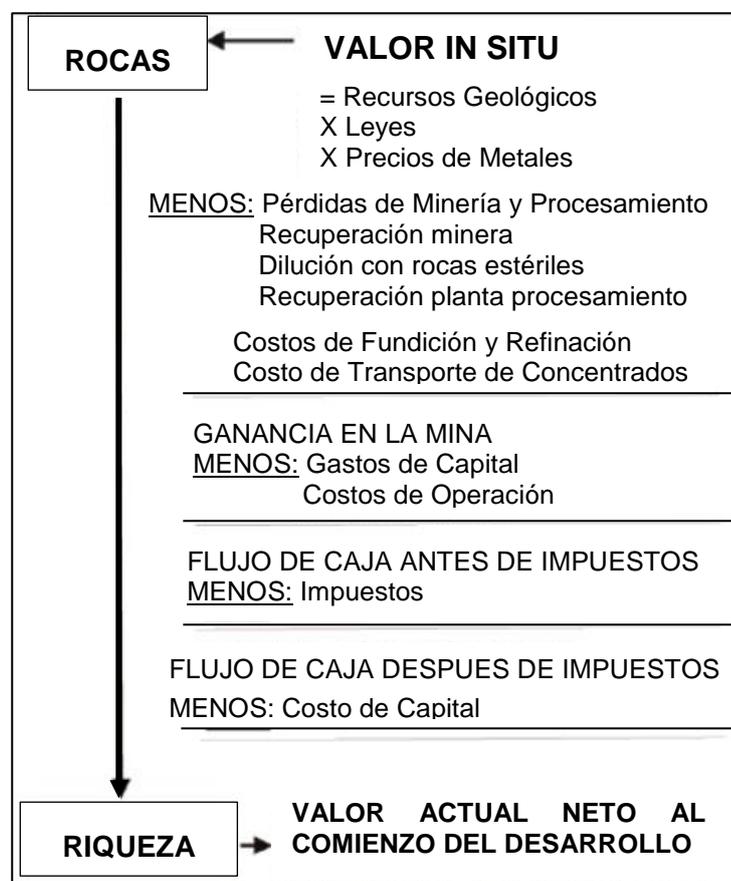


Figura 3. Cálculo del Valor Actual Neto.

Fuente: Husillos (2013).

- **Tasa interna de retorno (TIR)**

La Tasa interna de retorno representa la rentabilidad anual que genera el Proyecto sobre la inversión efectuada durante el horizonte de evaluación establecido. Se determina cuando existe una igualdad entre el valor actualizado de los beneficios. La TIR es la tasa de

descuento que hace que el VAN = 0, El proyecto será rentable si la TIR > k, DONDE k es la tasa de descuento mínima. (León, 2015)

- **Periodo de recuperación o payback**

Representa el tiempo en años que demora el Proyecto en recuperar la inversión realizada a la tasa requerida.

Bajo este criterio, el mejor proyecto, es aquel en que se recupera la inversión más rápido. Sin embargo no es un buen criterio, debido a que no toma en cuenta los resultados posteriores al periodo de recuperación de la inversión del proyecto seleccionado. (León, 2015)

- **Coefficiente Beneficio/Costo**

Coefficiente Beneficio/Costo (Valor actualizado de los beneficios/Valor actualizado de los costos). El Proyecto es rentable si la relación Beneficio/Costo > 1 El índice beneficio costo sólo debe utilizarse cuando se requiere determinar si un proyecto se debe realizar o no. Este indicador no es recomendable para comparar proyectos porque su magnitud absoluta puede ser engañosa. A este coeficiente también se le llama Índice de Rentabilidad o Ratio de Valor Actual (RVA) cuando mide la relación: Valor Actual Neto/Inversión. (León, 2015)

d. Riesgos en los proyectos mineros

Un análisis de riesgos adecuado permite definir medidas de control que lo hacen más predecible y aseguran una gestión más exitosa de la empresa. El riesgo puede ser cuantificado considerando la probabilidad que ocurra y la consecuencia que provoca. (Luna, 2015)

El riesgo puede ser clasificado como Riesgo Actual después de detectado y Riesgo Residual cuando se adoptan medidas de mitigación para disminuir la probabilidad y/o consecuencia. El Riesgo puede controlarse parcialmente con la Contratación de Seguros. Existen Riesgos asegurables como Situaciones de incendio, robos, accidentes. Debe considerarse si los propietarios del proyecto están dispuestos a pagarlo

por evitarlo: Si está dispuesto a pagarlo, se incluye la prima del seguro entre los costos del proyecto, con lo cual el riesgo lo asume la empresa aseguradora. Si no está dispuesto a pagar, el riesgo lo asume el mismo propietario. (Luna, 2015)

- **Riesgo asociado con la finalización de la obra:** Existe el riesgo de no culminar la obra en los tiempos establecidos, fuera del presupuesto definido o con alteraciones como consecuencia de dificultades laborales, sociales o técnicas. (Cruz, 2016)
- **Riesgo asociado con las reservas y/o recursos:** Las condiciones en el terreno a veces presenta desafíos insalvables, resultando las reservas menores a las originalmente estimadas. (Cruz, 2016)
- **Riesgo operativo:** Riesgos asociados al incremento de los costos o factores que afectan la cantidad o calidad del producto minero. (Cruz, 2016)
- **Riesgos metalúrgicos:** Cuando el proceso metalúrgico no funciona o no es económicamente factible. (Cruz, 2016)
- **Riesgo comercial:** Riesgo asociado a la solvencia del comprador y su capacidad de pago. (Cruz, 2016)
- **Riesgos generados en la construcción:** Estos son los riesgos de las dificultades técnicas en la Construcción del Proyecto o en la estabilidad física del terreno para ubicación de las facilidades. (Cruz, 2016)

e. **Análisis de sensibilidad**

Consiste en determinar el efecto que tendrían sobre el valor del proyecto (VAN, TIR, Payback), los cambios (respecto al valor más probable) en uno o más de los valores estimados de las variables del proyecto. Busca cuantificar y visualizar la sensibilidad de un proyecto frente a variaciones de las variables relevantes e inciertas, partiendo de una situación base o

esperada. Se determina las variables más significativas e inciertas, entre ellos (GeoMinero, 2012):

- Precio del metal
- Costos de producción
- Tasa de descuento
- Recuperación

Se generan valores optimistas y pesimistas de las variables inciertas. Los análisis de sensibilidad permiten identificar aquellas variables que tienen mayor impacto en el resultado. Existen análisis unidimensionales y multidimensionales:

- Análisis de sensibilidad unidimensionales: Se obtienen modificando una variable, manteniendo las demás constantes. (GeoMinero, 2012)
- Análisis de sensibilidad multidimensionales: Examina los efectos que sobre un criterio económico tiene el cambio simultáneo de dos o más variables significativas. (GeoMinero, 2012)

Para elegir las variables con las cuales se realizará el análisis de sensibilidad, es útil determinar previamente cuáles son las más críticas para el proyecto.

f. **Determinación de las Variables Críticas**

Para cada una de las variables que incidan en el VAN se estima lo siguiente:

- **Elasticidad del VAN respecto a cada variable Y**

$$E = \frac{\Delta VAN / VAN}{\Delta Y / Y}$$

Ejemplo:

$$Si E = \frac{\Delta VAN / VAN}{\Delta I / I} = -3$$

Donde:

E: Elasticidad,

I: Inversión

El Valor -3 indica que, si la Inversión aumenta 1%, el VAN disminuye en -3%.

- **Rango de variación o variabilidad de esa variable Y**

Se puede medir la variabilidad de una variable en términos porcentuales y por coeficiente de variación (desviación estándar/media). Es necesario elegir rangos de variación razonable para cada variable, acordes con la información disponible. (Husillos, 2013)

- **Indicador de variable crítica:**

Es el porcentaje total de variación de una variable una vez definida la elasticidad y la variabilidad de una determinada variable.

Tabla 2

Ejemplo de estimación de indicadores de variable crítica.

VARIABLE	ELASTICIDAD	RANGO DE VARIACIÓN	INDICADOR DE VARIABLE CRÍTICA	ORDEN
Inversión Total	3	0.02%	-0.06%	5
Costos Fijos	-2.5	5%	-12.5%	4
Costos Variables	-4.2	6%	-25.2%	3
Precio Metal	4	8%	32%	2
Producción	5	10%	50%	1

Nota: % (porcentaje)

Fuente: Husillos, 2013.

2.3. Definición de términos básicos

- **Cantera:** Es el término genérico que se utiliza para referirse a las explotaciones de rocas industriales, ornamentales y de materiales de construcción. Constituyen, con mucho, el sector más importante en cuanto a número, ya que desde muy

antiguo se han venido explotando para la extracción y abastecimiento de materias primas con uso final en la construcción y en obras de infraestructura (Trigueros, 2013).

- **Caliza**

La caliza es una roca sedimentaria compuesta mayoritariamente por carbonato de calcio (CaCO_3), generalmente calcita, aunque frecuentemente presenta trazas de

- magnesita (MgCO_3) y otros carbonatos. Las calizas podemos reconocerlas fácilmente gracias a dos características físicas y químicas fundamentales de la calcita: es menos dura que el cobre (su dureza en la escala de Mohs es de 3) y reacciona con efervescencia en presencia de ácidos tales como el ácido clorhídrico. (Klein, 1998).

- **Extracción.**

Se desmonta el área a trabajar y se lleva a cabo el descapote, posteriormente se barrena aplicando el plan de minado diseñado, se realiza la carga de explosivos y se procede a la voladura primaria, moneo, tumba y rezagado, carga y acarreo a planta de trituración. (León, 2015)

- **Cubicación de reservas:** Consiste en establecer de forma numérica los principales parámetros de la explotación: Tonelaje (o volumen) del material explotable, Ley media, Ley de corte, Valor económico total de estas reservas, Curvas tonelajes vs ley. (Azálgara, 2013)

- **Estudio de Factibilidad:** Sirve para recopilar datos relevantes sobre el desarrollo de un proyecto y en base a ello tomar la mejor decisión, si procede su estudio, desarrollo o implementación. (Azálgara, 2013)

- **Explotación minera:** Es el conjunto de las actividades socioeconómicas que se llevan a cabo para obtener recursos de una mina (un yacimiento de minerales). (Carrero, 2013)

- **Inversión:** Es el capital, para la infraestructura (que puede incluir una planta de fundición, un puerto de embarque o conectividad ferroviaria propia), tecnología de punta, altos recursos monetarios para garantizar la seguridad y la salud

ocupacional de los trabajadores, altos niveles de productividad, posee maquinarias de gran envergadura, la alternativa de explotar yacimientos de gran magnitud y establecer vínculos interindustriales a nivel internacional, entre otros. (León, 2015)

- **Reservas Mineras:** Son la porción del recursos medido o indicado económicamente extraíble la cual incluye factores geológicos, metalúrgicos, geotécnicos, medioambientales, sociales y gubernamentales. El cálculo de reservas busca entregar el potencial económico que pueden tener los recursos mineros dando origen a diseños mineros que sustentan el plan minero a partir del cual es calculado el flujo de caja del proyecto. (Meres, 2014)
- **Yacimiento:** Un yacimiento, definido de forma simple es un cuerpo geológico constituido por una mineralización cuya explotación es económicamente rentable, hay por tanto dos aspectos a considerar: la geología y la economía. (BUSTILLO, M.; López Jimeno, C., 1996)
- **VANE:** Es un indicador financiero que sirve para determinar la viabilidad de un proyecto. Si tras medir los flujos de los futuros ingresos y egresos y descontar la inversión inicial queda alguna ganancia, el proyecto es viable.
- **Viabilidad de explotación:** Estudio en el cual se recopila la información geológico minera obtenida desde el reconocimiento hasta la exploración detallada, se evalúa la calidad técnica y la viabilidad económica del proyecto de explotación minera. Este estudio permite verificar todas las informaciones geológicas, técnicas, ambientales, jurídicas y económicas relativas al proyecto, lleva a la toma de decisiones en materia de inversiones y constituye un documento aceptable por los bancos para las gestiones de financiación de un proyecto. (Carrero, 2013)

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1. Operacionalización de variables

3.1.1. Hipótesis general

Si se determinan las reservas de caliza, se definirá la viabilidad de explotación de la concesión San Juan, Empresa Calinor S.A.C, Cajamarca, 2018.

3.1.2. Hipótesis específicas

- Si se determinan la clasificación de la calidad de roca de la concesión San Juan se lograrán cubicar de reservas.
- Si se cubican las reservas de la concesión San Juan, se determinarán la viabilidad de su explotación.
- Si se realiza el análisis de viabilidad técnica - económica de la concesión San Juan, la Empresa Calinor S.A.C. iniciará su explotación, Cajamarca, 2018.

3.1.3. Variables

- Independiente: Cálculo de reservas.
- Dependiente: Viabilidad de explotación.

3.1.4. Operacionalización de variables

Tabla 3
Operacionalización de las Variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADOR
Cubicación de reservas	Es aquella porción del recurso indicado, eventualmente medido, económicamente extraíble. Esta Reserva incluye el material diluyente, y pérdidas de explotación. Se incluyen estudios de factibilidad, mineros, metalúrgicos, ambientales, económicos.	Geomecánica	RQD
			RMR
		Vida útil	Producción mensual (ton)
			Reservas de mineral
Viabilidad de explotación	Es la verificación de todas las informaciones geológicas, técnicas, ambientales, jurídicas y económicas relativas al proyecto, lleva a la toma de decisiones en materia de inversiones y constituye un documento aceptable por los bancos para las gestiones de financiación de un proyecto.	Descripción del proyecto, monto de la inversión, estados financieros e indicadores financieros.	Volumen de estéril
			Tamaño del proyecto (t)
			Inversión (US\$)
			Flujo de Caja
			TIRE (%)

Fuente: Elaboración propia, 2018.

3.2. Tipo de investigación

La investigación descriptiva reúne un conjunto de procesos y procedimientos lógicos y prácticos que permiten identificar, las características de las variables y plantear una relación de causa y efecto que existe entre las variables.

Es del nivel de descriptivo establece el grado de relación o asociación existente entre la cubicación de reservas y la viabilidad de explotación. (Sabino, 1996)

3.3. Diseño de investigación

El diseño de investigación es descriptivo aplicativo, ya que se van a describir las condiciones del yacimiento de roca caliza a explotar, del cual se van a calcular reservas (Sabino, 1996).

3.4. Unidad de estudio

La roca caliza presente en la concesión minera San Juan.

3.5. Población

Concesión minera no metálica San Juan, de la Empresa Calinor S.A.C.

3.6. Muestra

10 hectáreas compradas por la empresa Calinor SAC, para el inicio de su explotación.

3.7. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

3.7.1. Técnicas

- Análisis bibliográfico
Esta técnica se realiza en gabinete, es previa a la toma de datos, y en esta etapa se determina el tema de investigación y se investiga en base a ella.
- La técnica de campo
Se realiza el acopio de información necesaria para cubicar las reservas de calizas y a su vez se recolectarán los datos necesarios para la implementación de un plan de minado.
- La técnica de gabinete
Se analizará y procesará los datos obtenidos en campo y a su vez se elaborará el informe final.

3.7.2. Instrumentos

De acuerdo a las técnicas antes mencionadas se utilizaron los siguientes instrumentos de investigación:

- Tablas para la clasificación de la roca según Bieniawski, Hoek y Brown,

- Modelo de libreta de campo: Nos permitirá trasladar los datos obtenidos en cada estación de campo, para posteriormente plasmarlos dentro de la investigación.
- Modelo de hoja de cálculo: Para determinar datos estadísticos de reservas, producción y otros.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

4.1. Ubicación

4.1.1. Política

Políticamente el proyecto se encuentra ubicado en el departamento de Cajamarca, provincia de Cajamarca, distrito San Juan.

4.1.2. Geográfica

La investigación se encuentra ubicada con las Coordenadas de Unidad Técnica de Medida (UTM) DATUM WGS-84, zona 17S.

Tabla 4

Coordenadas de la concesión San Juan.

CUADRÍCULA		
VÉRTICE	ESTE	NORTE
1	777743.61	9194637.62
2	777743.61	9193637.62
3	775743.64	9193637.62
4	775743.64	9192637.62
5	774743.65	9192637.62
6	774743.66	9194637.62

Fuente: Elaboración propia, 2018.

4.2. Accesibilidad

A la zona se puede acceder de por la carretera Ciudad de Dios - Cajamarca en el Km 138.

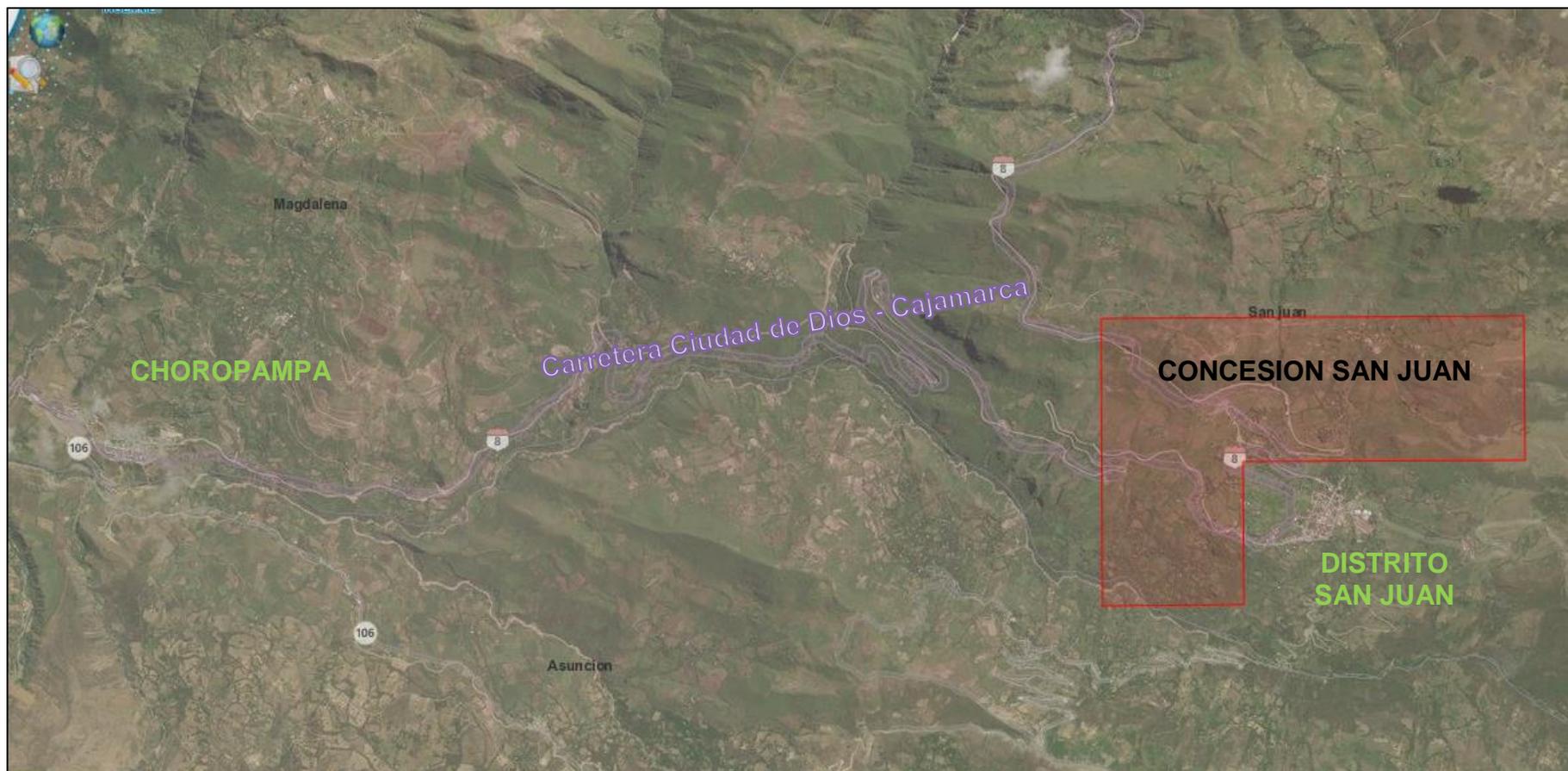


Figura 4. Accesibilidad a la concesión San Juan.
Fuente: Elaboración propia, 2018.

4.3. Clima

El clima de la zona de investigación es seco, templado y soleado como en la mayoría de lugares en Cajamarca.

- Temperatura: entre 18,7°C y 20,4°C.
- Humedad: entre 44% y 55%
- Precipitación: 0,9mm.
- Dirección y velocidad del viento: entre 1,4 y 3,3 nudos.

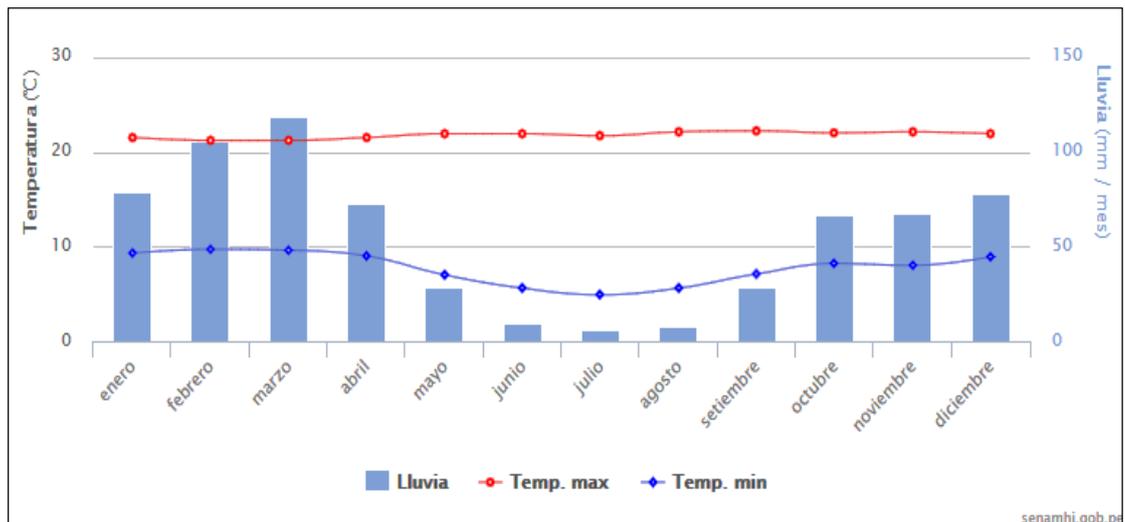


Figura 5. Datos meteorológicos de la zona de estudio.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

4.4. Vegetación

La vegetación de la zona estudiada es abundante y variada está controlada por el clima, terreno y la población, presenta vegetación como árboles de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), sauces (*Salix alba*), pinos (*Pinus patula*), capulí (*Prunus salicifolia*), maguey (*Agave salmiana*) y pastizales propios de la zona.



Figura 6. Vegetación cercana a la concesión San Juan.
Fuente: Elaboración propia, 2018.

4.5. Geología y geomecánica

4.5.1. Unidades menores

4.5.1.1. Colinas

En la zona de estudio podemos encontrar terrenos con una pendiente ligeramente suave (28°), dicha zona tiene una topografía poco accidentada, pero con procesos geológicos y geomorfológicos de escorrentía superficial.



Figura 7. Colinas de la zona.

4.5.1.2. Escarpe

En la zona de trabajo encontramos terrenos con pendientes y topografía muy abrupta (70°), que pueden superar el 50 % y se encuentran expuestas a una erosión bastante fuerte.



Figura 8. Escarpes de la zona.

4.5.2. Geología local

El proyecto San Juan corresponde a la Formación Cajamarca a las secuencias calcáreas del cretáceo superior destacando su homogeneidad litológica y ocurrencia en bancos gruesos y duros, cuyos afloramientos exhiben una topografía kárstica con fuertes pendientes. Su espesor varía entre los 600 y 700 metros. Esta formación presenta calizas compactas, de color gris, es notorio en algunas partes encontrar morfología kárstica esta formación abarca la mayor parte del área de trabajo, sobre esta formación se realizará la explotación de cal, debido al índice de pureza que presenta la caliza. Los estratos presentan un dip y dip direction de 56 y 210 respectivamente.



Figura 9. Estratos de caliza de la Formación Cajamarca a explotar.

4.5.3. Geomecánica

4.5.3.1. Clasificación geomecánica de Bieniawski 1989

Se realizó la clasificación en la siguiente estación en la que se trabajó en campo.

ESTACIÓN



Figura 10. Estación geomecánica de la concesión San Juan.

Tabla 5

Ubicación de la estación.

FORMACIÓN	CAJAMARCA	
COORDENADAS UTM (WGS 84)	NORTE	9 193 877
	ESTE	775 758
	COTA	2367

4.5.3.2. Resistencia a la compresión uniaxial de la roca

GRADO	DESCRIPCIÓN	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	RANGO APROX. MPA
R1	Roca muy débil	Desmenuzable bajo golpes firmes con la punta de un martillo de geólogo, puede desconcharse con una navaja.	1.0– 5.0
R2	Roca débil	Puede desconcharse con dificultad con una navaja, se puede hacer marcas poco profundas golpeando firmemente con el martillo de geólogo.	5.0 – 25

R3	Roca medianamente dura	No se puede rayar o desconchar con una navaja, las muestras se pueden romper con un golpe firme del martillo de geólogo.	25 – 50
R4	Roca fuerte	Se requiere más de un golpe con el martillo de geólogo para romper la muestra.	50 – 100
R5	Roca muy fuerte	Se requieren varios golpes con el martillo de geólogo para romper la muestra.	100 – 250
R6	Roca extremadamente resistente	Solo se puede romper esquirlas de la muestra con el martillo de geólogo.	250

Fuente: Elaboración propia, 2018.

4.5.3.3. Índice de calidad de la roca (RQD)

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

$$\lambda = N^{\circ} \text{ de discontinuidades/ m.}$$

Cálculo de RQD

$$\lambda = 9.6$$

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

$$RQD = 75.04$$



Figura 11. Conteo de discontinuidades para RQD.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

4.5.3.4. Características de las discontinuidades

Tabla 6

Medición en campo de las propiedades de las discontinuidades.

PARÁMETROS	TIPO DE DISCONTINUIDAD		
	ESTRATO	DISC 1	DISC 2
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAXIAL	70 MPa	70 MPa	70 MPa
ORIENTACIÓN (D/DD)	40/210	75/101	72/182
ESPACIADO (m)	0.70	0.60	0.40
PERSISTENCIA (m)	18	1.20	0.78
ABERTURA (mm)	5	6	5
RUGOSIDAD	Lig. Rugoso	Lig. Rugoso	Lig. rugoso
RELLENO	Arcilla	Arcilla	Arcilla
METEORIZACIÓN	Moderadamente alterado	Moderadamente alterado	Moderadamente alterado
AGUA	Seco	Seco	Seco

Fuente: Elaboración propia, 2018.

TALUD	D	76
	DD	348



Figura 12. Evaluación de discontinuidades.

4.5.3.5. Clasificación del macizo rocoso RMR – Bieniawski, 89

1	Resistencia de la matriz rocosa (MPa)	Ensayo de carga puntual	> 10	10 – 4	4 – 2	2 - 1	Compresión simple (MPa)		
		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		
	Puntuación		20	17	13	6	3		
3	Espaciamiento		> 2 m	0.6 - 2 m	0.2 - 0.6 m	0.06-0,2 m	< 0.06 m		
	Puntuación		20	15	10	8	5		
4	Estado de las discontinuidades	Persistencia	< 1 m	1 – 3 m	3 - 10 m	10–20 m	> 20 m		
		Puntuación	6	4	2	1	0		
		Abertura	Nada	< 0.1 mm	0.1 – 1 mm	1 – 5 mm	> 5 mm		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Rugosidad	Muy Rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm		
		Puntuación	6	4	2	2	0		
		Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
5	Agua freática	Caudal por 10 m de túnel	Nulo	< 10 l/min	10 –25 l/min	25 – 125 l/min	> 125 l/min		
		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		

RMR = 7+17+10+4+0+3+2+3+15= 61

Fuente: (Gonzales de Vallejo, 2002)

Tabla 7

Clasificación de la calidad de la roca según RMR.

CLASE	RMR	CALIDAD DE LA ROCA
I	81 - 100	Muy buena
II	61 – 80	Buena
III	41 – 60	Regular
IV	21 – 40	Mala
V	0 – 20	Muy mala

Fuente: (Gonzales de Vallejo, 2002).

4.5.4. GSI (Geological Strength Index)

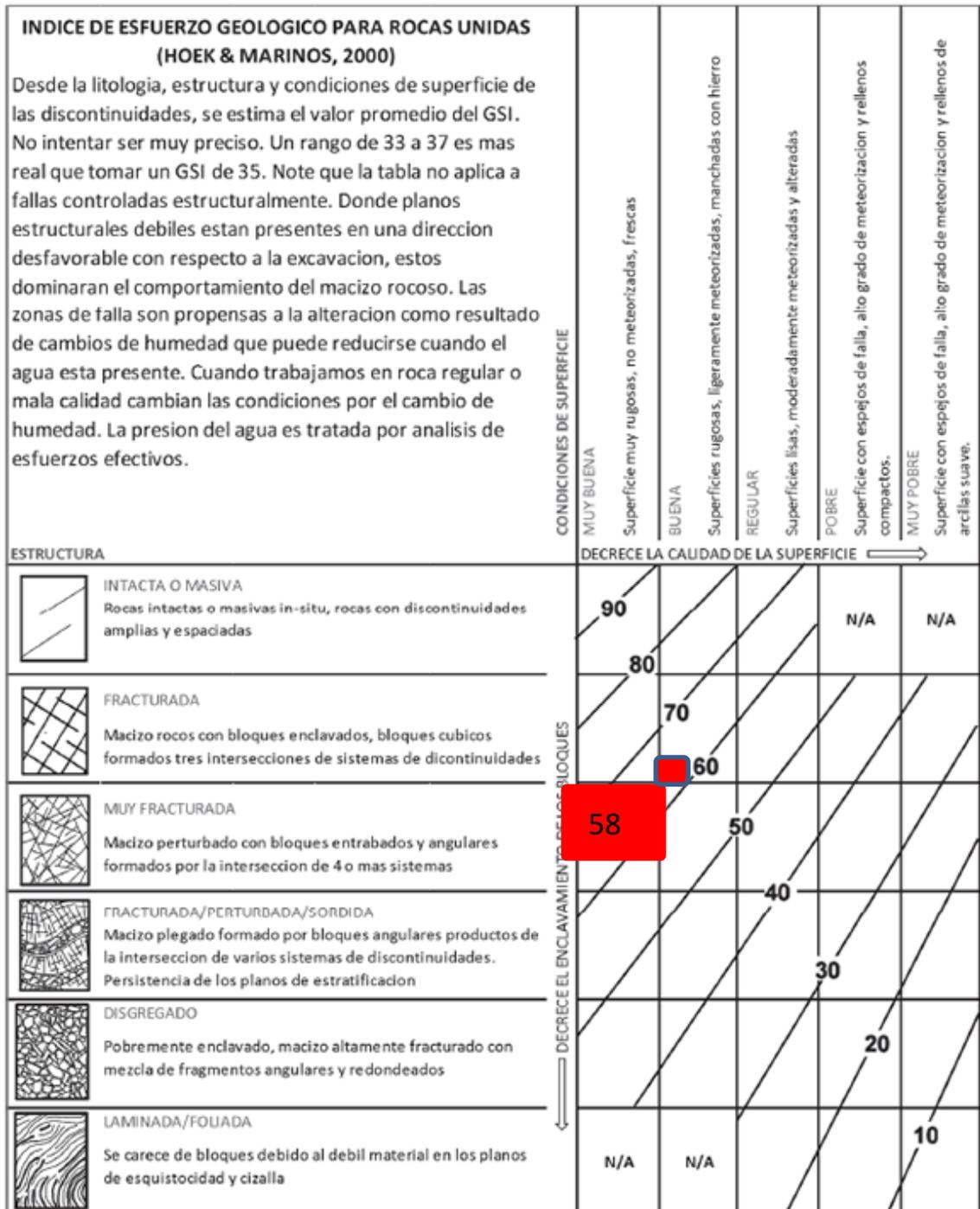
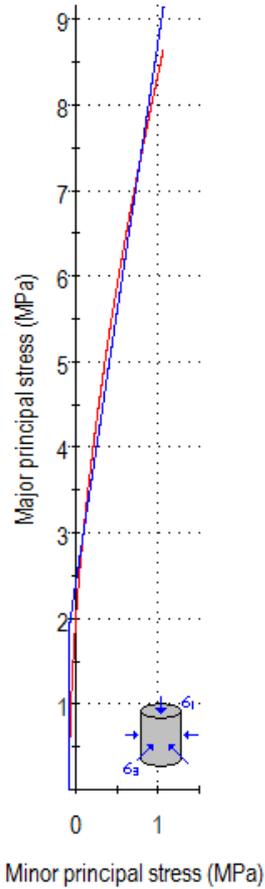


Figura 13: Clasificación geomecánica GSI.
Fuente: (Gonzales de Vallejo, 2002).

4.5.5. Resistencia y deformabilidad del macizo rocoso

Analysis of Rock/Soil Strength using RocData



Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 70 MPa
 GSI = 48 m_i = 9 Disturbance factor = 0.5
 intact modulus (E_i) = 63000 MPa
 modulus ratio (MR) = 900

Hoek-Brown Criterion

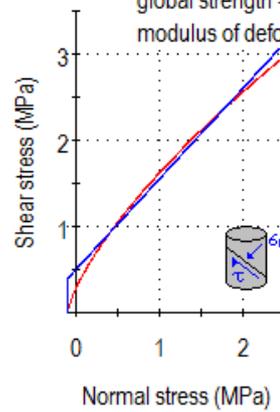
m_b = 0.757 s = 0.0010 a = 0.507

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.491 MPa friction angle = 46.55 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.090 MPa
 uniaxial compressive strength = 2.088 MPa
 global strength = 8.014 MPa
 modulus of deformation = 8120.87 MPa



4.5.6. Análisis del Dips V6.008

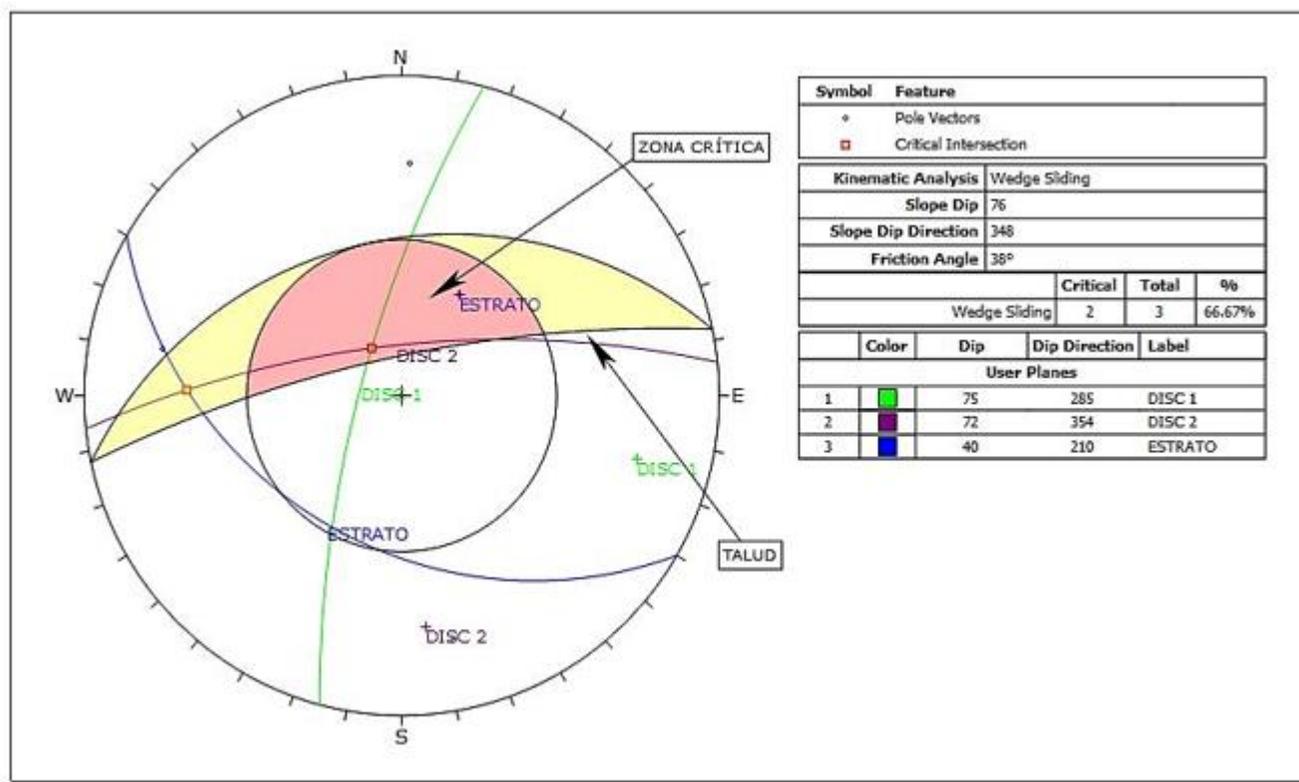


Figura 14. Diagrama de proyección estereográfica respecto al talud.

Nota: El diagrama de proyección estereográfica respecto al talud, ángulo de fricción indica dos roturas en cuña una formada por la disc. 2 y la disc. 1 con probabilidad de caída y la otra por la disc. 2 y el estrato.

4.6. Cubicación de reservas

4.6.1. Tipo de recurso a explotar

El recurso que existe en la investigación es roca caliza, de la formación Cajamarca, que por lo general presentan altos índices de pureza, justificando económicamente su explotación.

El principal elemento extraído de este tipo de roca es el CaCO_3 o como su principal componente que es el (CaO), llamado también cal viva y que es comercializado para diferentes industrias, entre ellas, la industria minera en el mercado local.



Figura 15. Calizas óptimas a explotar.
Fuente: Elaboración propia, 2018.

4.6.2. Cálculo de las reservas totales

El cálculo de las reservas totales se elaboró usando el método de los perfiles, para el cual fue necesario la elaboración de 14 perfiles, describiéndose el cálculo de las reservas a continuación.

Área de los perfiles.

Tabla 8
Área de los perfiles para el cálculo de las reservas totales.

PERFIL	ÁREA	
S_A	2349.11	m ²
S_B	37704.46	m ²
S_C	1621.43	m ²
S_D	3170.54	m ²
S_E	3866.96	m ²
S_F	4459.07	m ²
S_G	3891.96	m ²
S_H	5964.29	m ²
S_I	6359.82	m ²
S_J	3324.11	m ²
S_K	736.61	m ²
S_L	6690.18	m ²
S_M	6873.21	m ²
S_N	5085.71	m ²

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cálculo del volumen

$V_1 = (S_A + S_B) * d_1 / 2 =$	500669.64	m ³
$V_2 = (S_B + S_C) * d_2 / 2 =$	491573.66	m ³
$V_3 = (S_C + S_D) * d_3 / 2 =$	59899.55	m ³
$V_4 = (S_D + S_E) * d_4 / 2 =$	87968.75	m ³
$V_5 = (S_E + S_F) * d_5 / 2 =$	104075.45	m ³
$V_6 = (S_F + S_G) * d_6 / 2 =$	104387.95	m ³
$V_7 = (S_G + S_H) * d_7 / 2 =$	123203.13	m ³
$V_8 = (S_H + S_I) * d_8 / 2 =$	154051.34	m ³
$V_9 = (S_I + S_J) * d_9 / 2 =$	121049.11	m ³
$V_{10} = (S_J + S_K) * d_{10} / 2 =$	50758.93	m ³
$V_{11} = (S_K + S_L) * d_{11} / 2 =$	92834.82	m ³
$V_{12} = (S_L + S_M) * d_{12} / 2 =$	169542.41	m ³
$V_{13} = (S_M + S_N) * d_{13} / 2 =$	149486.61	m ³
$V_T = \sum_{i=1}^{128} V_i =$	2 209 501.34	m ³

Cálculo del tonelaje

$$T_n = V_T * \rho_{\text{Caliza}} = 2\,209\,501.34 \text{ m}^3 * 2.5 \text{ tn/m}^3 = 5\,523\,753.348 \text{ tn}$$

4.7. Operación minera

4.7.1. Ciclo del minado

En el ciclo de minado se contemplan todas las actividades que se han de realizar en la etapa de operación. La finalidad de analizar el ciclo de minado es la de establecer los procedimientos de trabajo seguro (PETS).

De acuerdo al modelo geológico, modelo geomecánico, ambientales y de seguridad, el desarrollo del ciclo de minado consiste en las siguientes partes:

- Limpieza del material cuaternario o topsoil.
- Perforación y voladura para remover los estratos de caliza.
- Trabajo de la retroexcavadora con su accesorio denominado para efectuar cortes de ladera por desplome, en caso se necesite.

- Perforación y voladura secundaria para reducir el tamaño de los bloques.

4.7.2. Extracción de top soil

Limpieza de material cuaternario que presenta la superficie del área, la cual se procederá con maquinaria mecanizada, mediante el método de desbroce de cobertura vegetal, dejando libre la superficie de roca para comenzar la explotación.

4.7.3. Extracción del mineral

El trabajo se basará en un esquema de producción continua donde la excavación se hará mediante operaciones manuales y operaciones apoyadas con maquinaria los cuales removerán el material para proceder posteriormente a su carguío y transporte.

En el trabajo de excavación es fundamental determinar la productividad del personal, estableciendo la relación entre la producción por hora y los costos directos e indirectos vinculados con la excavación. Como parte de este proceso también cabe incluir las tareas de acarreo del material en los casos de que se trate de mineral no económico.

4.7.4. Carguío

Se evaluarán los equipos a ser utilizados en la operación.

4.7.5. Transporte interno

El producto triturado se cargará a un camión volquete y se transportará directamente al horno para su posterior calcinación.

4.7.6. Molienda (chancado y zaranda)

Luego de la excavación y carguío, el material pasa a una molienda y selección granulométrica, para posteriormente obtener el óxido de calcio al momento de su tratamiento.

4.7.7. Transporte

El transporte del producto será evaluado para su posterior comercialización a la industria.

4.7.8. Áreas de almacenamiento temporal

El área de almacenamiento provincial se encuentra ubicado a unos 100m aproximadamente de la obra, este almacén tiene un área aproximada de 200 m², donde se almacena el óxido de calcio en costales.

4.8. Método de minado

La explotación de la caliza se realizará por el método de tajo abierto, tipo cantera, utilizando bancos de explotación debido a la topografía del área de trabajo, también por el afloramiento muy superficial de esta roca.

El método de minado de la calera se realizará mediante tajos de corte, cada corte corresponde al avance mensual programado. Los bancos se realizarán de 3.7 m de altura, con ancho de plataforma de 7.5 m. Estos datos se obtienen de la geomecánica, además de la estabilidad geotécnica que necesitan los tajos. Se iniciará retirando el material estéril (top soil), luego se realizará la perforación de manera descendente, empezando a extraer la parte superior del tajo, hacia abajo, según la programación, se justifica este método descendente debido a la topografía del área de explotación.

La perforación se realizará a partir de la cota de 2960, a partir de esta cota se realizará la voladura de manera descendente, generando bancos de 3.7m de altura con ancho de plataforma de 7.5 m.

4.8.1. Parámetros y lineamientos de explotación

La calera, cuenta con un área donde se va a realizar la extracción de materia prima, la cual fue estudiada para determinar los parámetros que definen el método de explotación, datos de geomecánica, de topografía e hidrología

fueron trabajados para justificar el método de explotación.

Los parámetros de explotación fueron determinados en base al estudio de estabilidad de taludes realizados el presente año, determinando los siguientes resultados.

PARÁMETROS	
Ángulo de Banco	60°
Ángulo de Talud	21°
Ancho de Plataforma	7.5 m
Altura de Banco	3.7 m
Cara de Banco	4.3 m

4.8.2. Diseño del tajo en operaciones y explotación

El tajo de extracción se realizará de acuerdo a la planificación estimada para el año 2018, por lo cual se ha calculado como se ve en los apartados posteriores, los parámetros que definen nuestro tajo de trabajo, respetando la normativa peruana sobre diseño de labores mineras del DS 055 - 2010 EM.

Cara de Talud: 4.3m

Ancho de Banco: 7.5m

Angulo de talud: 60°

Angulo de talud final: 21°

Altura de Banco: 3.7m

Malla de perforación: 25 x 5

4.8.3. Parámetros del explosivo

El explosivo a utilizar será el EXAMON P, el cual consiste en nitrato de amonio y diésel en proporciones establecidas para simular un ANFO.

Tabla 9
Características técnicas del explosiva.

Especificaciones Técnicas	Unidades	Examon P
Densidad	g/cm ³	0.82 +- 3%
Velocidad de detonación*	m/s	3 200 +- 200
Presión de detonación**	Kbar	55
Energía **	KJ/kg	3 700
RWS**	%	110
RBS**	%	114
Resistencia al agua		Nula
Categoría de humos		2 da

* Confinado en tubo de acero de 38 mm de diámetro.

** Calculadas con programa de simulación TERMODET.

4.9. Estudio económico

Se ha evaluado mediante el código NIIF aprobado en 2012.

El objetivo de esta NIIF es especificar la información financiera relativa a la exploración y evaluación de recursos minerales.

Para la evaluación de la empresa Calinor SAC se consideró desembolsos relacionados con la explotación neta.

Mediante la extracción de caliza, se demostrará la factibilidad técnica y la viabilidad comercial de la extracción.

4.9.1. Flujo de caja (CASH FLOW)

La minería no metálica cuenta con costos más baratos que la minería metálica.

La empresa minera Calinor SAC solo explotará Caliza, el transporte correrá por cuenta del comprador.

Por tanto, consideramos:

4.9.2. Cálculo de vida útil:

La vida útil de nuestra cantera está determinada de acuerdo al consumo de los agregados. Un estudio de mercado determinará este consumo promedio mensual y en qué sectores se usará dicho agregado.

$$\text{Vida Útil} = \frac{\text{Reservas}}{\text{Producción anual}}$$

$$\text{Vida Útil en años} = \frac{5\,523\,753.348\text{TM}}{45000\text{TM/año}} = 122.7 \text{ años}$$

Reservas : 5 523 753.348 TM(Potencia Neta Total)

Consumo anual: 45 000TM

Vida Útil: 122.7 años (Sin considerar recargas periódicas).

Por tanto, la concesión minera San Juan tiene una vida útil de 122.7 años, produciendo 3 750 TM mensuales de Caliza.

El precio de caliza por tonelada es de 200 soles en cantera (según la empresa Calinor S.A.C).

4.9.3. Flujos entrantes y salientes:

Si el tonelaje es de 5 523 753.348 Tm y el precio de la tonelada en cantera es de 200 soles. Implica un ingreso de S/.1 104 750 670 soles, en los 122.7 años de explotación.

Los flujos salientes son:

- Mano de obra.
- Electricidad
- Consumo de combustible
- Perforación
- Excavadora

Considerando que el castigo es 30% y la recuperación 70%.

Según el estudio financiero realizado por la empresa Calinor SAC el costo de operación es de 71.32 soles por tonelada.

Para las 5523753.348 a 71.32 soles, mi flujo saliente es de S/. 3286607243
soles en los 122.7 años.

$$\text{Cash Flow} = \text{Flujos entrantes} - \text{Flujos salientes}$$

$$\text{CASH FLOW (Flujo de Caja)} = 5523753.348 - 3286607243$$

$$\text{CASH FLOW} = \text{S/. 2 314 353.34 Soles}$$

DISCUSIÓN

Tal como afirma, Piérola en su tesis: “*Optimización del Plan de Minado de Cantera de Caliza La Unión Distrito de Baños del Inca – Cajamarca*”, para lo cual es necesario contar con el cálculo de reservas, se concluyó que los resultados de la caracterización de macizo rocoso de calizas demuestran un RMR 57 es una roca de calidad regular con una densidad en banco de 2.51 TM/m^3 , con una potencia del estrato de 4.00 m a 5.00m aproximadamente, las reservas minerales de cantera de caliza La Unión distrito Baños del Inca - Cajamarca es 46082546.88 TM, los resultados de la voladura son de 65 m^3 de roca fragmentada o roca suelta diaria.

Esta tesis se correlaciona con el antecedente mostrado ya que, en primer lugar, el recurso a explotar es el mismo, roca caliza, con fines de generación de óxido de calcio, se usó la misma metodología, con la cual se pudo calcular las reservas y asimismo se diseñó un pequeño plan de minado introductorio.

CONCLUSIONES

- El cálculo de reservas de la concesión San Juan, de la Empresa Calinor S.A.C, define un resultado positivo para la explotación de rocas calizas, por lo tanto, es la empresa puede iniciar la etapa inversión.
- Se realizó la clasificación de la calidad de roca de la concesión San Juan mediante el método de Bienawski 89, obteniendo un RMR 61 (roca buena), el RQD = 75.04, con estos resultados se determinó que el método de explotación en el área debe ser por banqueo por derribo, los cuales tiene como elementos constituyentes a un ángulo de talud final igual a 21°, ángulo de banco igual a 60° y un ancho de banco establecido en 7.5 m.
- Se realizó la cubicación de reservas mediante el método de los perfiles que, aunque es un método un poco tradicional, tiene buena precisión si es que se toma las distancias adecuadas, tomando en cuenta la variación de la topografía. Se logró determinar las reservas totales de toda el área es 5 523 753.348 tn.
- Con el análisis de la viabilidad técnica - económica se determinó que para las 5 523 753.348 TM de reservas, con un consumo anual de 45 000TM se obtiene una vida útil de 122.7 años (Sin considerar recargas periódicas). Por tanto, el cash flow es igual a S/. 2 314 353.34 Soles, considerando que el castigo es 30% y la recuperación 70%. La explotación de la concesión San Juan, Empresa Calinor S.A.C. es viable.

RECOMENDACIONES

- Realizar ensayos de laboratorio para determinar la calidad de la roca y determinar de acuerdo su calidad un zonamiento para su explotación.
- Realizar un estudio de mercado, así como también llevar a cabo un análisis de calidad de óxido de calcio en comparación con otras compañías de similar producción en las localidades aledañas.
- Realizar un estudio técnico – Económico para determinar el rendimiento de este proyecto tanto en la actualidad y a largo plazo.

REFERENCIAS

- Azálgara, M. (2013). *Estudio de Factibilidad para la Implementación de un Programa de Mantenimiento de Fajas Transportadoras en Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.* Piura.
- Cámara Minera del Perú. (2017). *Proyectos Mineros de Inversión: Evaluación Técnico - Económica. Perú Minero*, 18-56.
- Carrero, R. (2013). *Caracterización Geológica y Cálculo de Volumen de Calizas en una Zona Ubicada al Norte de San Sebastián de los Reyes, Edo Aragua.* 30-35. Caracas, Venezuela. Recuperado el 17 de Mayo de 2017, de http://bibliogeo.ing.ucv.ve/cgi-win/be_alex.cgi?Documento=T041500
- Cruz, H. (2016). *Estudio de Factibilidad de la Explotación de la Cantera Caimital en el Municipio de Turbaco (Bolívar).* Bogotá.
- GeoMinero. (2012). *Manual de Evaluación Técnico - Económica de Proyectos Mineros de Inversión.* Madrid.
- Husillos, R. (2013). *Proyectos Mineros y Energéticos.* España.
- León, G. (2015). *Análisis de Inversión y Rentabilidad de un Proyecto Aurífero a Nivel de Estudio de Factibilidad.* Lima.
- Luna, J. (2015). *Análisis Económico Financiero de Proyectos Mineros de Inversión - Evaluación del Proyecto Corani.* Luna.
- Meres, I. (2014). *Evaluación de Riesgos Asociados a Proyectos de Inversión Minera: Caso Mina Cuprosa.* Lima.
- Sabino, C. (1996). *El proceso de investigación.* Buenos Aires, Argentina: Lumen – Humanitas. Obtenido de <https://metodoinvestigacion.files.wordpress.com>

Trigueros, E. (2013). Parámetros de Viabilidad para la Explotación de Mármol y Calizas Marmóreas Mediante Métodos de Explotación Subterráneos. *Tesis profesional*, 62-85. España. Recuperado el 15 de Mayo de 2017, de <http://www.tdx.cat/handle/10803/51995>

Vega, A. (2013). Cálculo de Reservas de la Veta "Paraíso" Mina Paraíso – Distrito Ponce Enríquez. *Tesis profesional*, 25-30. Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral. Recuperado el 20 de Mayo de 2017, de http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/title/calculo-reservas-veta-paraiso.

ANEXOS

ANEXO n.º 1. Matriz de consistencia

TÍTULO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVO DE LA INVESTIGACION	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	VARIABLES	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN
Incidencia del cálculo de reservas en la viabilidad de explotación de la concesión San Juan, empresa Calinor s.a.c, Cajamarca, 2018	Formulación del problema: ¿Cuál es el nivel de incidencia del cálculo de reservas en la viabilidad de explotación de la concesión San Juan, Empresa Calinor S.A.C, Cajamarca, 2018?	Objetivo general: Determinar el nivel de incidencia del cálculo de reservas en la viabilidad de explotación de la concesión San Juan, Empresa Calinor S.A.C, Cajamarca, 2018.	Hipótesis general: Si se determinan las reservas de caliza en la viabilidad de explotación de la concesión San Juan, Empresa Calinor S.A.C, Cajamarca, 2018.	Independiente: Cálculo de reservas. Dependiente: Viabilidad de explotación.	Tipo de investigación La investigación descriptiva reúne un conjunto de procesos y procedimientos lógicos y prácticos que permiten identificar, las características de las variables y plantear una relación de causa y efecto que existe entre las variables. Es del nivel de descriptivo establece el grado de relación o asociación existente entre la cubicación de reservas y la viabilidad de explotación. (Sabino, 1996) Población Concesión minera no metálica San Juan, de la Empresa Calinor S.A.C. Muestra 10 hectáreas compradas por la empresa Calinor SAC, para el inicio de su explotación. Técnicas - Análisis bibliográfico - La técnica de campo - La técnica de gabinete Instrumentos - Fichas de descripción macroscópica de la roca. - Modelo de libreta de campo. - Modelo de hoja de cálculo.
Problemas secundarios: - Determinar los parámetros geológicos y geomecánicos de la concesión San Juan para la cubicación de reservas. - Cubicar las reservas de la concesión San Juan, para la viabilidad de su explotación. - Realizar el análisis de viabilidad técnica - económica de la concesión San Juan, Empresa Calinor S.A.C., Cajamarca, 2018.		Objetivos específicos: - Determinar la influencia de los parámetros geológicos y geomecánicos de la concesión San Juan en la cubicación de reservas. - Definir el efecto de cubicar las reservas de la concesión San Juan, en la viabilidad de su explotación. - Especificar el grado de incidencia del análisis de la viabilidad técnica - económica en la explotación de la concesión San Juan, Empresa Calinor S.A.C., Cajamarca, 2018.	Hipótesis secundarias: - Si se determinan los parámetros geológicos y geomecánicos de la concesión San Juan se lograrán cubicar de reservas. - Si se cubican las reservas de la concesión San Juan, se determinarán la viabilidad de su explotación. - Si se realiza el análisis de viabilidad técnica - económica de la concesión San Juan, la Empresa Calinor S.A.C. iniciará su explotación, Cajamarca, 2018.	INDICADORES	

ANEXO N.º 2. Fotografías



Figura 16. Medición de buzamiento.



Figura 17. Medición de rumbo.



Figura 18. Medición de persistencia de la discontinuidad.



Figura 19. Medición de la potencia del estrato.



Figura 20. Cantera San Juan.



Figura 21. Desmonte de la cantera San Juan.



Figura 22. Frente de explotación de la cantera San Juan.

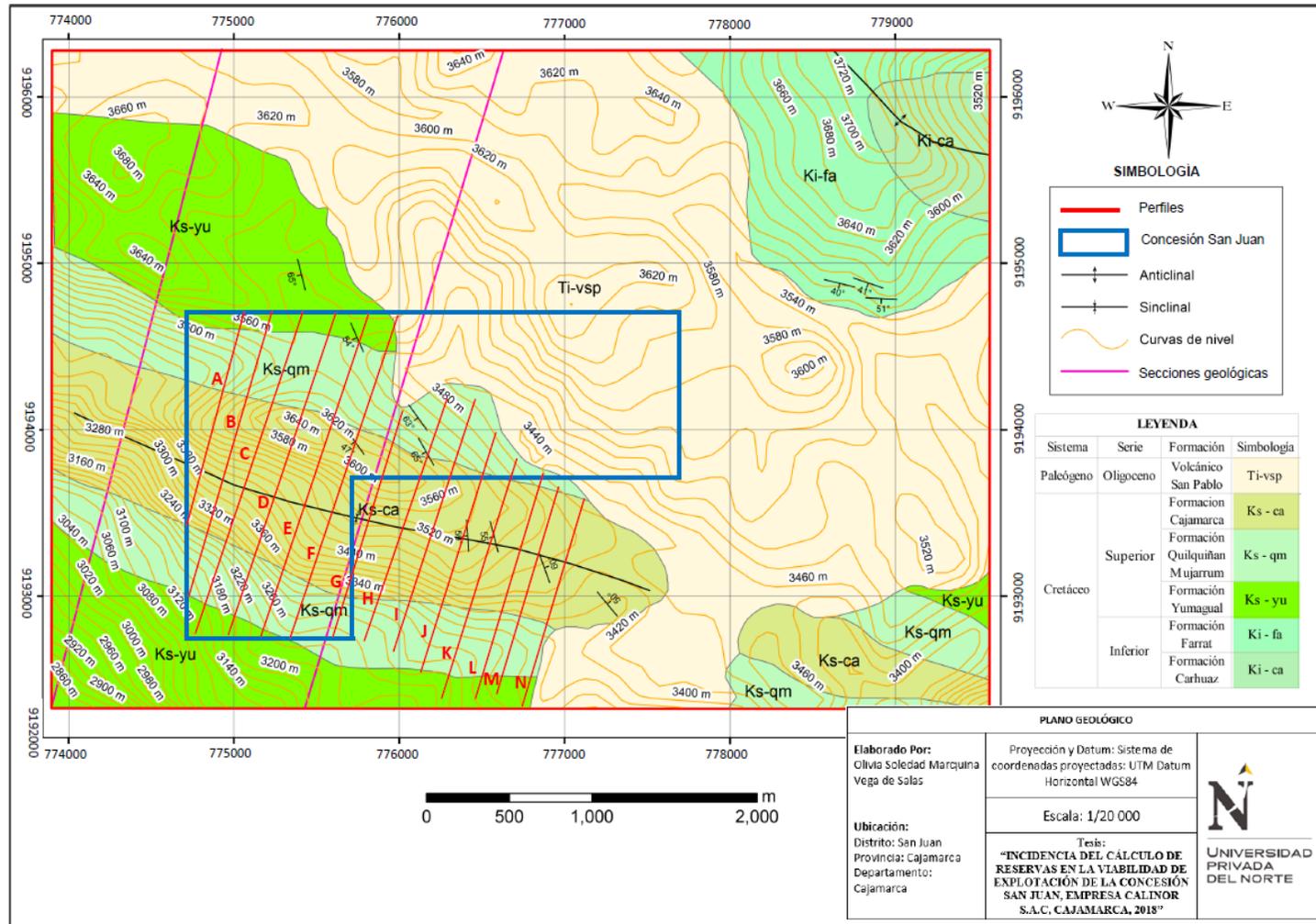


Figura 23. Zona de desmonte 2.



Figura 24. Segundo frente de explotación.

ANEXO N.º 3. Planos



ANEXO N° 4 Hoja de Cálculo de Reserva

PERFIL	ÁREA					
S _A	2349.11	m ²		$V_1 = (S_A + S_B) * d_1 / 2 =$		500669.64 m ³
S _B	37704.46	m ²		$V_2 = (S_B + S_C) * d_2 / 2 =$		491573.66 m ³
S _C	1621.43	m ²		$V_3 = (S_C + S_D) * d_3 / 2 =$		59899.55 m ³
S _D	3170.54	m ²		$V_4 = (S_D + S_E) * d_4 / 2 =$		87968.75 m ³
S _E	3866.96	m ²		$V_5 = (S_E + S_F) * d_5 / 2 =$		104075.45 m ³
S _F	4459.07	m ²		$V_6 = (S_F + S_G) * d_6 / 2 =$		104387.95 m ³
S _G	3891.96	m ²		$V_7 = (S_G + S_H) * d_7 / 2 =$		123203.13 m ³
S _H	5964.29	m ²		$V_8 = (S_H + S_I) * d_8 / 2 =$		154051.34 m ³
S _I	6359.82	m ²		$V_9 = (S_I + S_J) * d_9 / 2 =$		121049.11 m ³
S _J	3324.11	m ²		$V_{10} = (S_J + S_K) * d_5 / 2 =$		50758.93 m ³
S _K	736.61	m ²		$V_{11} = (S_K + S_L) * d_6 / 2 =$		92834.82 m ³
S _L	6690.18	m ²		$V_{12} = (S_L + S_M) * d_7 / 2 =$		169542.41 m ³
S _M	6873.21	m ²		$V_{13} = (S_M + S_N) * d_8 / 2 =$		149486.61 m ³
S _N	5085.71	m ²		$VT = \sum_{i=1}^{10} V_i =$		2209501.34 m ³
	92097.46429					
				tonelaje= $Vt * 2.5 \text{tn/m}^3$		5523753.348
				Precio x tn de caliza	S/:	200
				Entrantes = tn total * precio		1104750670
				tn producido x año =		45000
				Salientes (gastos)= 71.32x tn		3209400
CASH FLOW (Flujo de Caja) =5523753.348 -3286607243						2314353.348

ANEXO N.º 5. Perfiles

