



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“MODELAMIENTO DE LOS CUERPOS MINERALIZADOS PARA DETERMINAR EL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN EN UNA CONCESIÓN MINERA DE LA FRANJA METALOGÉNÉTICA XX, LA LIBERTAD 2019”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera de Minas

Autor:

Bach. Kimberly Nicoll Constanza Cotrina Cueva

Asesor:

Ing. Daniel Alejandro Alva Huamán

Cajamarca - Perú

2019

## **DEDICATORIA**

Dedico la presente tesis a Dios por guiar mis pasos, a mis padres por enseñarme a seguir mis sueños, por su sabiduría y sus consejos, por haberme dado la oportunidad de formarme en esta prestigiosa universidad, a mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por las oportunidades que se me presentan, a mis padres por su apoyo incondicional durante todas las etapas de mi vida. Agradezco a mi asesor de tesis el Ing. Daniel Alva por ser un gran mentor y apoyarme en esta etapa universitaria. Al Ing. Alex Marinovic, por su gran apoyo en mi formación profesional. A la Universidad Privada del Norte por brindarme una buena enseñanza. A mi familia en general, ya que siempre están alentándome a crecer personal y profesionalmente.

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>6</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>9</b>
1.1. Realidad problemática.....	9
1.2. Formulación del problema.....	18
1.3. Objetivos.....	18
1.4. Hipótesis.....	19
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....</b>	<b>20</b>
2.1. Tipo de investigación.....	20
2.2. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	20
2.3. Procedimiento.....	21
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS.....</b>	<b>22</b>
3.1. Ubicación.....	22
3.2. Vías de acceso.....	24
3.3. Orientación del Lineamiento de estructuras usando la teledetección.....	25
3.4. Determinación de las alteraciones hidrotermales usando la teledetección.....	25
3.5. Identificación de las unidades geológicas presentes en la concesión minera.....	27
3.6. Ubicación de los cuerpos mineralizados en la concesión minera.....	29
3.7. Control estructural de la mineralización.....	31
3.8. Control Litológico.....	32
3.9. Caracterización geomecánica RMR <sub>89</sub> .....	33
3.10. Tipo y modelamiento de los cuerpos mineralizados.....	34
Discusión.....	37
Conclusiones.....	39
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>40</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>42</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas de la Concesión Minera .....	22
Tabla 2. Vías de Acceso. ....	24
Tabla 3. Coordenadas de afloramiento de brechas. ....	29

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comparación de ritmos de extracción. ....	14
Figura 2 Comparación geomecánica .....	15
Figura 3. Ubicación de la concesión minera dentro de la franja metalogenética XX. ....	22
Figura 4. Ubicación de la concesión minera en el departamento de la libertad. ....	23
Figura 5. Vista satelital del relieve de la concesión minera. ....	23
Figura 6. Imagen satelital de la vía de acceso a la concesión desde el distrito de Sarin. ....	24
Figura 7. Lineamiento principal de las estructuras. ....	25
Figura 8. Lineamiento secundario de las estructuras de la concesión. ....	25
Figura 9. Alteraciones en la zona de investigación por el método de costra. ....	26
Figura 10. Tonalita con oxidación en las partes laterales del intrusivo. ....	26
Figura 11. Rocas de la Formación Chicama. ....	27
Figura 12. Areniscas cuarzosas de la formación Chimú. ....	28
Figura 13 Plano Geológico. ....	29
Figura 14. Brecha 1. ....	30
Figura 15. Brecha 2. ....	30
Figura 16. Cuerpo mineralizado con gran contenido de óxidos y minerales de cobre. ....	30
Figura 17. Sección transversal del cuerpo mineralizado 3. ....	31
Figura 18. La dirección de desplazamiento es N108. ....	32
Figura 19. Sección transversal del manto Alejandra Vista al NE. ....	34
Figura 20. Sección transversal del manto mineralizado Vista al NE. ....	34
Figura 21. Vista en planta del manto Alejandra y manto Mineralizado. ....	35
Figura 22. Vista frontal (al NW) del manto Alejandra y del manto mineralizado. ....	35
Figura 23. Vista en 3D de los mantos. ....	36
Figura 24. Afloramiento del manto mineralizado en el exterior del socavón. ....	36
Figura 25 Estrías y escalones que indican sentido y dirección de desplazamiento de falla. ....	42
Figura 26 Manto Alejandra Cortado por falla .....	42
Figura 27 Se encontró la continuidad del Manto Alejandra .....	43
Figura 28 Midiendo dirección de fallas en superficie. ....	43

Figura 29 Calizas de la Formación pucará con presencia de pirita.....	44
Figura 30 Plano de Sección Geológica.....	44
Figura 31 Formato Geomecánico .....	45

## RESUMEN

La concesión minera de la presente investigación perteneciente a la franja metalogenética XX, no cuenta con el modelamiento de los cuerpos mineralizados, para una futura extracción; Se han excavado socavones de manera empírica en donde se ha perdido la continuidad de los cuerpos mineralizados, sin saber además si estos cuerpos son del tipo de veta o manto.

La presente investigación tiene por objetivo realizar el modelamiento de los cuerpos mineralizados para determinar el método de explotación en una concesión de la franja metalogenética XX, en La Libertad 2019. Para el desarrollo de la investigación se realizó trabajo de pre-campo que consistió en determinar el lineamiento de las estructuras y las alteraciones hidrotermales de la zona de investigación mediante la teledetección procesando imágenes ASTER. La etapa de campo se realizó en 2 días de visita a la zona de estudio, donde se identificaron las diferentes formaciones geológicas, alteraciones y control estructural logrando determinar las ubicaciones de afloramientos, y formas de los cuerpos mineralizados, los cuales son de tipo manto. Se realizó una caracterización geomecánica del socavón existente y se determinó el RMR de 65 siendo este de clase II y de calidad buena. Posteriormente se trabajó en gabinete y se modeló los cuerpos mineralizados para ver su disposición en el espacio, realizando cortes transversales y vista en 3 dimensiones para poder así determinar el método de explotación el cual propongo sea mediante cámaras y pilares.

**Palabras clave:** Modelamiento, cuerpos mineralizados, explotación.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

A nivel nacional, existen muchas concesiones mineras donde las operaciones se realizan de forma artesanal, además que no cuentan con la ubicación y tampoco con un criterio adecuado para la excavación y extracción de los cuerpos mineralizados. Estos son explotados de manera empírica, solamente guiándose por el afloramiento de las vetas o mantos y en muchos casos se pierde la continuidad de estos cuerpos mineralizados debido a la falta de conocimiento del control estructural que pueden tener, como es el caso de la concesión minera de estudio.

(Tapia 2008) nos dice que el descubrimiento y desarrollo de proyectos de exploración y explotación minera, así como la ampliación de reservas por las compañías actualmente en operaciones requiere de investigaciones con conceptos y criterios claros en los controles que gobiernan cada modelo geológico y en la génesis de los yacimientos minerales.

Arribasplata (2016), en su tesis: Modelo genético del proyecto los mantos, provincia de Aconcagua – región de Valparaíso – Chile nos dice que el trabajo de cartografiado geológico muestra la existencia de un cuerpo mineralizado de geometría mantiforme con potencia variable de 2 a 5m para la zona de óxidos de cobre (crisocola – malaquita) y profundizando hacia una zona de sulfuros con desarrollo concéntrico de bornita, calcopirita y en la periferia galena – esfalerita – pirita, los que se presentan a manera de vetas y vetillas de rumbo NE-SW y E-W y como relleno de oquedades; la mineralización se encuentra confinada a un horizonte de lahares, lavas autobrechadas y vesiculares así como vinculada a la presencia del ensamblaje de alteración sílice – feldespato potásico y baritina – carbonatos (calcita – ankerita). data microscópica y de microsonda revelaron contenidos de Ag y Au (menor medida) en bornita y calcopirita, lo que define un evento mineralizante al inicio de Ag-Cu, posteriormente

enriqueciéndose en Cu con el consecuente reemplazamiento sucesivo por menas ricas en Cu. por estas características geológicas el proyecto los mantos lo definió como un depósito del tipo estratoligado volcano-sedimentario relacionado a estructuras (vetas/fallas).

Las características texturales, tipo relleno de fracturas y brechas en cuarzo blanco – gris donde el cuarzo presenta textura masiva, sin espaciamientos que hayan permitido una cristalización del mismo, el ensamble mineralógico visto en microscopio, la presencia de magnetita reemplazada, metales bases producto de una paragénesis de reemplazamiento como la calcopirita, esfalerita y galena, la mineralización de Au (trazas de Ag, Pb, Zn ), las características estructurales emplazadas en un Batolito de edad Carbonífero, así como el origen de los fluidos hidrotermales proveniente de zonas hipotermas aportadas por las nuevas pulsaciones que dieron origen a diques post batolito son muestras objetivas para determinar que este yacimiento es de clasificación Mesotermal del tipo relleno de fracturas vetiformes. Además, entender que el modelo estructural juega un factor determinante en las proyecciones y la exploración de nuevos cuerpos concluyendo que los “blancos” deben orientarse a posibles estructuras tensionales (t) y tipo riedel (R,R´) producto de la reactivación de estructuras con orientación principal dando como resultado los modelos tipo “lazos cimoides” y “lazos cimoides múltiple” Tapia (2008).

Huayanca (2008), en su informe describe en detalle el Modelamiento Geológico Estructural de la veta de oro de Candelaria del yacimiento Parcoy, y su aplicación directa en la Evaluación de reservas y recursos de dicha estructura, usando Software-Minero Geológico especializado, determina que las vetas tienen dirección NNW, paralelas a fallas regionales y vinculadas a la evolución de la Cordillera Andina del Norte del Perú. Los resultados de la evaluación de reservas y recursos de la veta

Candelaria fueron: Reservas 172,580 TM, Pot 1.54 m, 7.12 gr Au/TM. Recursos 322,803 TM, Pot 2.00 m, 7.56 gr Au/TM lo cual significó un aporte a la producción de 6 meses en reservas y 11 meses en recursos, y representan el 16% y 19% respectivamente, del total de reservas y recursos de toda la unidad minera.

(Valenzuela 2018) nos dice en su estudio que se presenta un sistema de fallamiento longitudinal NW-SE, de rumbo sub-paralelo y/o paralelo a las vetas, que originan ensanchamientos (cabalgamiento), acuñaamientos y discontinuidad local de las estructuras mineralizadas, muchos de estos son ND (Falla NW-2), ID (Falla Sistema Chilcas), con desplazamientos desde centímetros a varios metros. Presenta otro sistema de fallamiento N-S (Diagonales- Transversales), las cuales son de rumbo N a N-W y alto buzamiento al W, son fallas que se presentan muchas veces agrupadas en bloque como la Falla Los Loros, Falla Chilcas y Falla Sistema Chilcas. Presenta un sistema de fracturamiento local, en forma paralela al sistema de fallas.

Vivallo & Henríquez (1998), Las rocas volcánicas basáltico-andesíticas de la Formación La Negra (*ca.* 180 Ma) y las rocas plutónicas (160-140 Ma) de composición gábrica a granítica, que las intruyen, hospedan depósitos de Cu con contenidos variables de Ag, Au y Fe. Los yacimientos estratoligados de Cu±Ag, que incluyen tanto depósitos estratiformes como chimeneas de brechas se hospedan preferentemente en la secuencia volcánica, mientras que los yacimientos vetiformes de Cu-Fe-Au (calcopirita-magnetita-actinolita) se restringen a los cuerpos intrusivos. Las relaciones espaciales y temporales entre ambos tipos de depósitos sugieren un origen hidrotermal común, genéticamente relacionado con los granitoides del Jurásico Medio a Superior.

Alva y Rodríguez (2018), realizaron el modelamiento geológico para el cálculo de recursos mineros de la veta murciélagos de la mina Paredones; concluyeron que la elaboración del modelo geológico estimado a través de los planos en Minesight 9.5,

ha permitido determinar los recursos mineros de la veta murciélago. La veta presenta una potencia promedio de 0.60 m y se expande por tramos en forma creciente (embolsonadas), para luego reducirse evidenciando formaciones típicas de vetas del tipo rosario. En el nivel 4 la veta tiene una profundidad de 200 metros y en el nivel 5 la profundidad es de 500 m. El rumbo es N 34° O y su buzamiento de 73 ° N. Se determinó los recursos mineros del nivel 4 y 5 de la veta murciélago, partiendo de la estimación de la ley ponderada, dando valores de 5.11% de Pb, 7.01% de Zn y 224.17 g/TM de Ag. Con estos datos se realizó la estimación del tonelaje de Pb, Zn y Ag en las 87 400.36 TM de mineral de recurso minero. En Pb se tiene 4 465.40 TM, en Zn se tiene 6 123.41 TM y en Ag se tiene 629 920.09 onzas.

(Camprubí et. al 2017) Modelo de formación de los yacimientos estratoligados de Cu en lechos rojos de Las Vigas (Chihuahua, México), nos mencionan que los yacimientos estratoligados de cobre se encuentran sistemáticamente alojados en rocas siliciclásticas de las formaciones Las Vigas, San Marcos y Huizachal. Los yacimientos del área de Las Vigas, Chihuahua, se alojan en la cima de la Formación Las Vigas del Valanginiano-Hauteriviano, sobreyacida de forma concordante por yesos y calizas de la Formación La Virgen del Barremiano. Los minerales metálicos hipogénicos en el yacimiento son calcopirita, bornita, pirita, esfalerita y galena, junto con cuarzo y calcita, y se encuentra mayoritariamente como diseminaciones. Notablemente, parte de las mineralizaciones se encuentra reemplazando troncos de árboles fósiles (de tamaño métrico) con la misma mineralogía que los mantos. Los datos que presentaron indican que los fluidos mineralizantes en Las Vigas son salmueras de cuenca con escaso aporte meteórico, que experimentaron convección en el interior de la serie siliciclástica por diferencias de densidad al disolver evaporitas de la Formación La Virgen. La abundancia de materia orgánica en la Formación Las Vigas pudo facilitar

la precipitación mineral por medio de reducción del sulfato —la presencia de mineralización de Cu junto con silicificación en troncos de árbol fósiles apoya dicha interpretación. Por todo ello, se adscribe el yacimiento de Las Vigas genéricamente al conjunto de depósitos cupríferos epigenéticos en series de lechos rojos en los márgenes de cuencas marinas, o depósitos tipo Kupferschiefer.

(Tacza 2015) menciona que esta década quedo registrado como un periodo de grandes contrastes, por un lado su intento de consolidación operativa, financiera y societaria de sus minas expresado en el creciente conocimiento geológico de la región, sus ingresos anuales cada año va cayendo no solo por el precio de la plata, uno de sus principales minerales, sino la baja producción de mineral, se plantea determinar si el empleo del método de explotación de cámaras por subniveles con taladros largos en paralelo en vetas angostas reducirá los actuales costos de minado.

La teledetección tiene como sinónimos a percepción remota y a sensoramiento remoto. Sensoramiento remoto es la ciencia y el arte de obtener información acerca de un objeto, área o fenómeno, a través del análisis de datos adquiridos por un dispositivo que no está en contacto con el objeto, área o fenómeno de interés. (Lillesand & Kieffer, 1994)

Díaz, (2012) en su estudio llamado “Análisis de los sistemas Landsat ETM+ y Terra Aster como método de prospección de yacimientos epitermales. El caso de depósito aurífero de Rodalquilar, Almería, España”. Utilizó diferentes técnicas de teledetección remota para analizar imágenes de Terra ASTER en el complejo de caldera de Rodalquilar, Almería, España. El análisis de estas imágenes muestra diversas áreas de intensa alteración. La resolución espectral más alta dentro de la región infrarroja de onda corta (SWIR) de la imagen ASTER permite una mayor diferenciación de las zonas de alteración casi concéntricas dominadas por diferentes asociaciones minerales.

El conocimiento de los términos de referencia actualizados de una mina es sumamente importante a la hora de escoger un método de explotación, donde se debe conocer las principales características e indicadores de cada método de explotación. Se sabe que existen ciertas variables distinguibles para cada método de explotación que llegan a ser determinantes para su proceso de extracción. Se sabe que la calidad del macizo rocoso, representado por su RMR, es una variable condicionante para el método de arranque, evidenciando un claro escalonado. Por otro lado, el ritmo de explotación para algunos sistemas es otra variable importante al momento de distinguir los procedimientos o tentativas intrínsecas que ostenten los inversionistas, incluyendo el carácter de su masividad. Otra variable rescatable es la evaluación final del índice de productividad en función de los equipos de transporte (cantidad de equipos/tph), siendo una relación creciente en función de las distintas técnicas, un dato no menor si se busca evaluar diseños a distintas velocidades de explotación. Con respecto a la ventilación, se necesita un mayor requerimiento por ritmo de explotación para los métodos más selectivos donde la infraestructura es menor (Calderón,2011, p. 36).

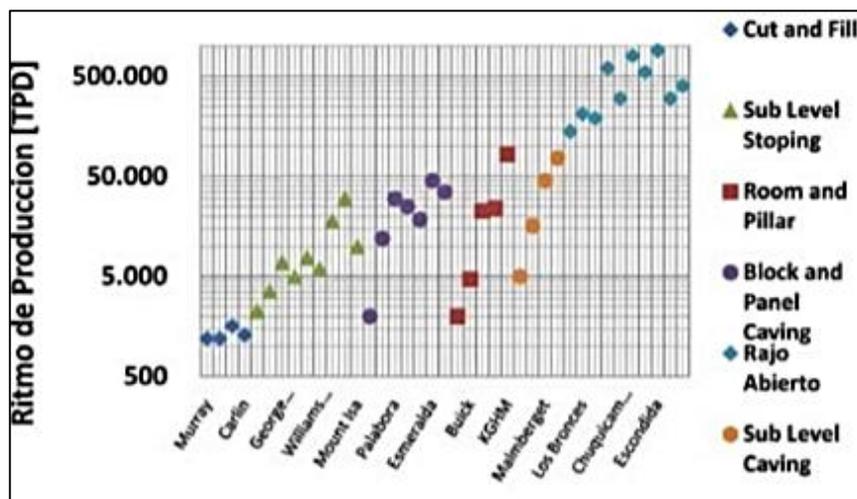


Figura 1. Comparación de ritmos de extracción.

Del grafico (semi-logarítmico) se puede observar una clara tendencia de ritmos de extracción según métodos de explotación. Esta tendencia se puede relacionar con la

selectividad de cada método, es decir, mientras menor es el ritmo consecuentemente se tiene que el método es más selectivo. El caso más transversal ocurre con Room & Pillar, ya que existe faenas con ritmos de extracción muy altos y otros más bajos, incluso similar al Cut & Fill. Por otro lado, del grupo compuesto de por los métodos SLS, R&P y Block & Panel Caving no se tiene una diferencia clara en cuanto a ritmos de extracción, por lo tanto, no es un parámetro que puede caracterizar cada uno de estos métodos, sin embargo, los métodos que se aprecian en los extremos son condicionantes de su ritmo de explotación.

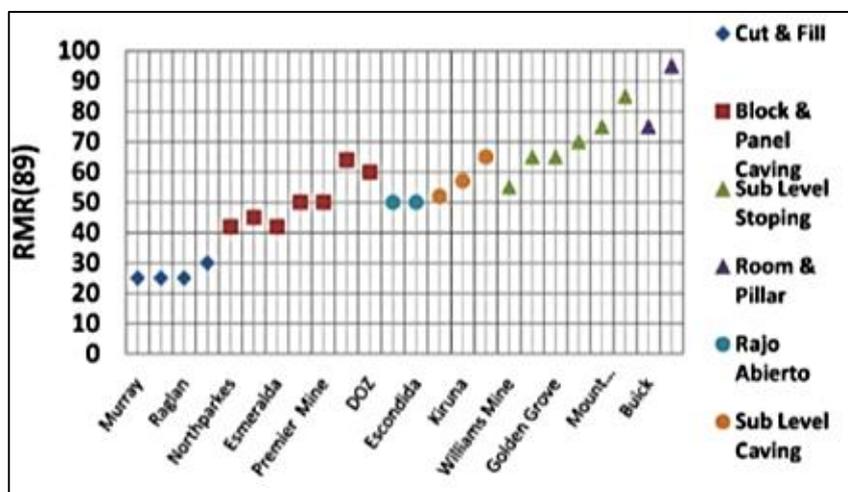


Figura 2 Comparación geomecánica

Las franjas metalogenéticas representan épocas de mineralización que se extienden a lo largo de sistemas de fallas regionales y litologías que han favorecido la mineralización de depósitos minerales. De esta manera, Quispe et al. (2008) definió 23 franjas metalogenéticas.

La franja XX es la franja de pórfidos de Cu-Mo (Au), skarns de Pb-Zn-Cu (Ag) y depósitos polimetálicos relacionados con intrusiones del Mioceno Se ubica en la Cordillera Occidental del Norte y centro del Perú (5°-12°). Esta franja está controlada por el sistema de fallas y cabalgamientos NO-SE de los sistemas Chonta y Punre-Canchis-Magistral, este último conforma la faja corrida y plegada del Marañón

(MTFB). Esta franja presenta tres eventos magmáticos relacionados con la mineralización, estimados en 22-20 Ma, 18-13 Ma y 10-5 Ma. Los eventos magmáticos están manifestados por el emplazamiento de stocks intrusivos calcoalcalinos dioríticos a granodioríticos. El primer evento de 22-20 Ma se asocia con los depósitos tipo pórfido de Cu-Mo de Michiquillay y Aurora Patricia. El segundo evento de 18-13 Ma contiene mineralizaciones tipo pórfido de Cu-Mo y Cu-Au, que algunas veces desarrolla skarns y cuerpos de reemplazamiento de Pb-Zn-Ag, en el contacto con rocas carbonatadas del Cretácico, como Chungar, Iscay Cruz. Los pórfidos de Cu-Mo (18-13 Ma) están relacionados con intrusiones intermedias a ácidas, tal como El Galeno, La Granja, Magistral. Mientras que los pórfidos de Cu-Au están asociados con intrusiones básicas a intermedias. El tercer evento magmático de 10-5 genera depósitos tipo pórfido Cu-Mo (Au), como Río Blanco al norte, y Toromocho y Puy al centro. Los intrusivos de 10-5 Ma controlados por el dominio de las fallas del sistema Chonta, Churín, San Mateo y de la MTFB, en contacto con rocas calcáreas del Cretácico ( $9^{\circ}$ - $12^{\circ}30'$ ), presentan skarns y cuerpos de reemplazamiento de Cu-Zn y Pb-Zn-Ag, como Antamina, Huanzalá, Pachapaqui, Raura, Ucchuchacua, Huarón, Yauricocha y otros. Igualmente, generan vetas y cuerpos de reemplazamiento de Pb-Zn-Ag, similares a Yauliyacu, Casapalca, Morococha, Mina Solitaria y San Cristóbal, este último con una edad ~6 Ma. INGEMMET (2009).

Los yacimientos tipo estratoligados, conocidos comúnmente como mantos, pueden ser a su vez estratificados si son exactamente concordantes a los estratos y no estratificados si no existe esta concordancia, pero que el eje mayor del cuerpo mineralizado es paralelo a los estratos. La ocurrencia de estos yacimientos está ligada a las formaciones calcáreas (horizontes calcáreos del Copacabana, Pucaró, Santa, Carhuaz inferior, Pariahuanca, Chúlec, Pariatambo, Chaucha, Jumasha, horizonte

calcáreo de la Formación Casapalca), esporádicamente se hallan en areniscas y limolitas del Grupo Mitu. Con relación a su origen, los criterios están divididos; unos los consideran como epigenéticos, otros como singenéticos, o singenéticos con removilización, Tumialán (2003).

Desde el punto de vista estructural, son conocidas en el Perú las estructuras mineralizadas tipo manto, cuya terminología acordada en el III Congreso Peruano de Geología, es el de yacimientos tipo estratoligado, estos a su vez pueden ser, estratificados, si la mineralización es totalmente concordante con los estratos y no estratificados, si no cumplen dicha condición, pero que el eje mayor del cuerpo mineralizado es paralelo a los estratos, inclusive si fueran de aspecto brechoso.

Clásicamente, en la literatura común, los mantos se formaron por reemplazamiento de un horizonte favorable a la mineralización, considerándolos por lo tanto como epigenéticos y que estos horizontes favorables son por lo general calcáreos. La escuela de Heildeberg encabezada por el Dr. C. Amstutz inició una revisión de estos mantos, considerando que su formación fue al mismo tiempo que las rocas encajonantes, de origen sedimentario, asumiendo la teoría singenética de su origen.

Los yacimientos estratoligados de Cu corresponden a cuerpos subhorizontales tipo manto o a cuerpos de brecha y veta con mineralización importante de sulfuros de cobre. En algunos casos la roca huésped puede corresponder a calizas, areniscas marinas y lutitas lacustres. La mineralización ocurre principalmente en lavas andesíticas porfiríticas y brechas, rellenando fracturas. En caso de roca huésped calcárea y areniscas, la mineralización de sulfuros está asociada con abundancia de material orgánico (bitumen), donde los sulfuros se dan en forma finamente diseminada o en fracturas. Estos yacimientos ocurren en cuencas tectónicas o sedimentarias de subsidencia a lo largo de cinturones volcánicos calcoalcalinos en corteza continental

(arco volcánico continental), en la periferia de batolitos emplazados en las secuencias volcánicas, INGEMMET (2011).

En tal sentido la exploración de los cuerpos mineralizados como es el caso de la concesión minera ubicada en la franja XX, involucra conocimiento, experiencia y técnicas en la adquisición de datos de campo y el procesamiento del mismo con el fin de lograr una interpretación geológica-minera, y consecuentemente el resultado positivo se plasma en un modelo que permita aplicarse a nuevos “blancos” de exploración. Por tal motivo esta investigación busca aprovechar el conocimiento geológico minero para poder modelar los cuerpos mineralizados para proponer un método de explotación adecuado.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es el modelamiento de los cuerpos mineralizados para proponer el método de explotación en una concesión minera de la franja metalogenética XX, La Libertad 2019?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Realizar el modelamiento de los cuerpos mineralizados para proponer el método de explotación en una concesión minera de la franja metalogenética XX, La Libertad 2019.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

Determinar la orientación de los lineamientos de estructuras haciendo uso de la teledetección.

Determinar las alteraciones hidrotermales de la concesión minera haciendo uso de la teledetección.

Identificar las unidades geológicas presentes en la concesión minera.

Determinar qué tipos de cuerpos mineralizados se presentan en una concesión minera de la franja metalogenética XX, La Libertad.

Estimar la clase y calidad del macizo rocoso con el RMR de Bieniawski.

Construir el plano de modelamiento de los cuerpos mineralizados de una concesión minera de la franja metalogenética XX, La Libertad.

Proponer el método de explotación de los cuerpos mineralizados de una concesión minera de la franja metalogenética XX, La Libertad.

#### **1.4. Hipótesis**

##### **1.4.1. Hipótesis general**

Al realizar el modelamiento de los cuerpos mineralizados se podrá determinar el método de explotación en una concesión minera de la franja metalogenética XX, La Libertad 2019.

##### **1.4.2. Hipótesis específicas**

Mediante la teledetección se determinarán los lineamientos de las estructuras.

Usando la teledetección se determinarán las alteraciones hidrotermales presentes en la concesión minera.

Con el reconocimiento en campo se identificarán que unidades geológicas están presentes en una concesión minera de la franja metalogenética XX, La Libertad.

Con los datos de orientación e inclinación, se podrá determinar los tipos de cuerpos mineralizados que existen en una concesión minera de la franja metalogenética XX, La Libertad.

Con el método RMR de Bieniawski se podrá determinar la clase y calidad del macizo rocoso.

Con los datos de campo se podrá construir el plano de modelamiento de los cuerpos mineralizados y proponer un método de explotación adecuado para la concesión minera de la franja metalogenética XX, La Libertad.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo Aplicada. Este tipo de investigación hace uso de los conocimientos o teorías de investigación básica para resolver un problema existente, tiene por objetivo resolver un determinado problema o planteamiento específico, enfocándose en la búsqueda y consolidación del conocimiento para su aplicación y, por ende, para el enriquecimiento del desarrollo cultural y científico. (Crai, 2018).

El diseño de la investigación es No Experimental Descriptivo, Correlacional, porque no se controla la variable independiente, dado que el estudio se basa en analizar eventos ya ocurridos de manera natural. (Link Metodología 2).

El método de análisis es de carácter descriptivo correlacional porque describe las formaciones geológicas de la zona de investigación, en que roca se encuentran los cuerpos mineralizados, que tipo y forma tienen estos cuerpos, cuál es su dirección e inclinación, todo esto para poder reorientar las excavaciones.

### 2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

La población son todos los cuerpos mineralizados de la franja metalogenética XX.

La muestra son los cuerpos mineralizados de una concesión minera de la de la franja metalogenética XX, en el distrito de Sarín, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad.

### 2.2. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

#### 2.2.1. Técnicas utilizadas

- Observación directa
- Análisis documental
- Análisis de los datos

#### 2.2.2. Instrumentos

- Ficha de observación
- Fichas de resumen
- Software Minesight

## **2.3. Procedimiento**

### **2.3.1. Etapa pre-campo:**

Se recopiló la información geológica general de la zona de investigación utilizando como fuente principal la página web del INGEMMET, se realizó un trabajo de teledetección procesando imágenes ASTER para determinar el lineamiento de posibles fallas y estructuras. Se confeccionó el plano topográfico para cartografiar el terreno de la concesión minera.

### **2.3.2. Etapa de campo:**

Se visitó la zona de investigación para corroborar la información geológica. Como materiales se utilizó, plano topográfico, GPS, para determinar la ubicación de los cuerpos mineralizados, brújula, para determinar la dirección, inclinación, dirección de la inclinación de los cuerpos mineralizados, picota, para medir la resistencia de la roca intacta y extraer muestras, lupa, para reconocer los minerales presentes en las rocas y rayador para determinar la dureza de las muestras de roca, formatos geomecánicos para determinar la calidad del macizo rocos.

### **2.3.3. Etapa de gabinete:**

Recogida la información de campo se elaboró el plano geológico de la concesión minera. Se elaboró las secciones donde se muestra la forma y disposición en el espacio de los cuerpos mineralizados respecto a las excavaciones realizadas por los dueños y se propuso extraer el mineral mediante el método de cámaras y pilares.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1. Ubicación

La concesión minera metálica se encuentra ubicada en el distrito de Sarín, provincia de Sánchez Carrión, departamento La Libertad, dentro de la carta nacional Cajamarca (16 – H) zona 18 Sur. Comprendiendo una extensión de quinientas (500) Hectáreas.

La concesión minera se encuentra dentro de la franja metalogénica XX, franja de pórfidos de Cu-Mo (Au), skarns de Pb-Zn-Cu (Ag) y depósitos polimetálicos relacionados con intrusiones del Mioceno Se ubica en la Cordillera Occidental del Norte y centro del Perú (5°-12°).

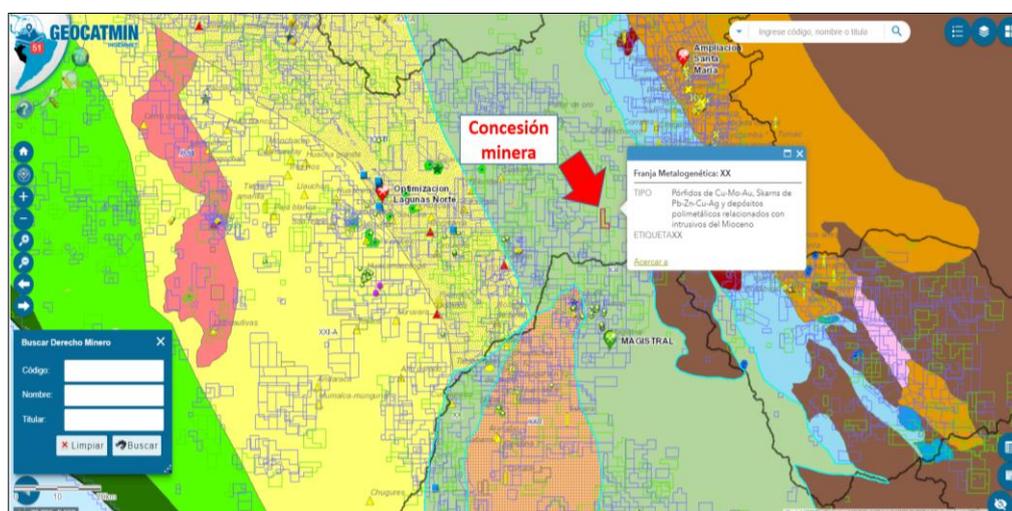


Figura 3. Ubicación de la concesión minera dentro de la franja metalogénica XX.

Geográficamente la concesión se ubica en un área conformada por micro cuencas afluentes al Río Sactibamba, en una zona de topografía compleja, con altitudes entre 3800 m.s.n.m. y 4200 m.s.n.m.

Coordenadas en UTM, de los vértices que conforman la Concesión Minera.

Tabla 1. *Coordenadas de la Concesión Minera.*

VÉRTICE	Coordenadas UTM WGS84		ÁREA
	Norte	Este	
1	9,117,635.23	191,774.67	<b>500 Ha</b>
2	9,117,635.24	192,774.67	
3	9,114,635.20	192,774.66	

4	9,114,635.21	193,774.66
5	9,113,635.20	193,774.65
6	9,113,635.18	191,774.66

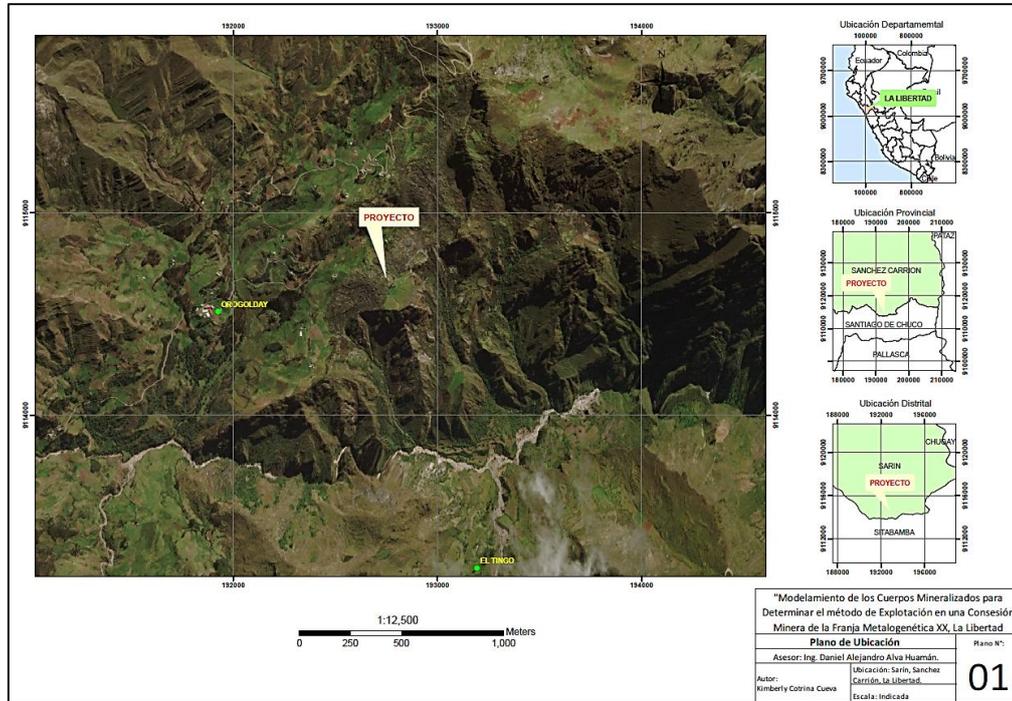


Figura 4. Ubicación de la concesión minera en el departamento de la libertad.

En la zona de investigación presenta un territorio accidentado y de fuertes pendientes con elevaciones de 3000 a 4200 m.s.n.m. La figura muestra el relieve con una vista el Este.



Figura 5. Vista satelital del relieve de la concesión minera.

### 3.2. Vías de acceso

Para el acceso a la concesión y al área efectiva de explotación, desde la ciudad de Cajamarca, se sigue la ruta Cajamarca – Huamachuco, y luego la ruta con dirección al distrito de Sarín, provincia de Sánchez Carrión., el tiempo aproximado desde el centro de Huamachuco es de 4 horas.

Tabla 2. *Vías de Acceso.*

TRAMO	DISTANCIA (Km)	TIEMPO (Horas/min)	TIPO DE VÍA
Cajamarca -Cajabamba	123 km	3 horas	Carretera asfaltada
Cajabamba-Huamachuco	52 Km	1 h 50 min	Carretera afirmada
Huamachuco - Sarín	44.3 km	1h 51min	Carretera afirmada
Sarín - Orogolday	40.1 km	1h 41min	Trocha

Fuente: Elaboración propia

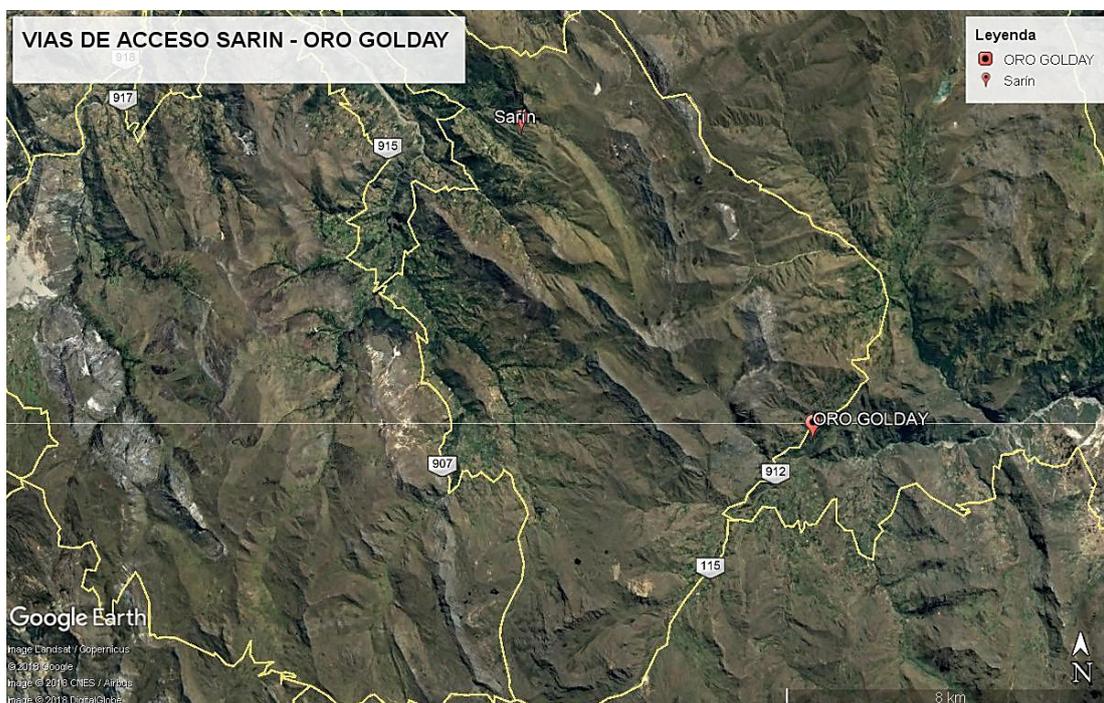


Figura 6. Imagen satelital de la vía de acceso a la concesión desde el distrito de Sarín.  
Fuente: Google earth.

### 3.3. Orientación del Lineamiento de estructuras usando la teledetección

En la figura 7 se muestran los puntos de color verde, los vértices de la concesión minera, en color rojo se aprecian los principales lineamientos de las estructuras presentes en la concesión minera, las cuales tienen una orientación Noroeste – Sureste, propios de la orientación andina (Plano 3). Mientras que en la figura 8 se observa la segunda orientación principal las cuales tienen un lineamiento con una orientación Este – Oeste (Plano 4).

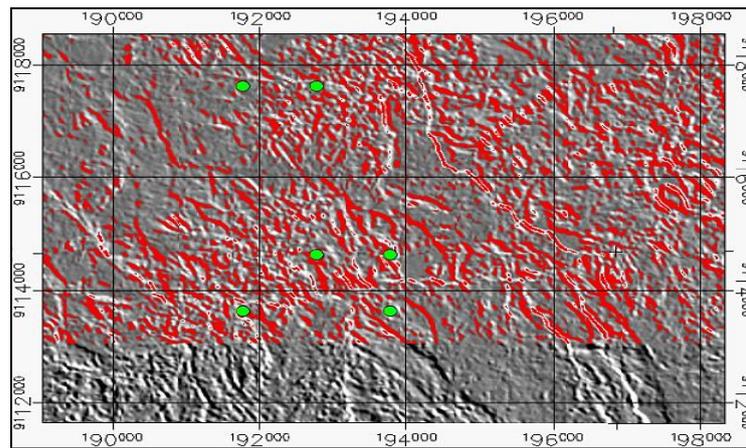


Figura 7. Lineamiento principal de las estructuras.

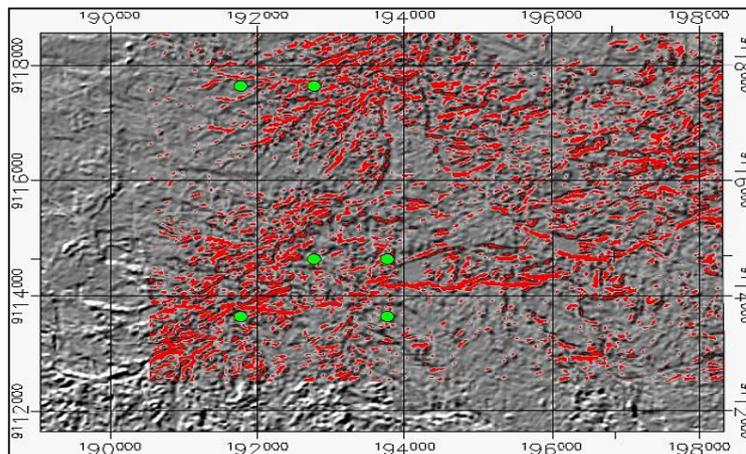


Figura 8. Lineamiento secundario de las estructuras de la concesión.

### 3.4. Determinación de las alteraciones hidrotermales usando la teledetección

Mediante la teledetección podemos identificar las alteraciones en la zona por el método de crosta, donde posiblemente se está emplazando las mineralizaciones asociadas a los diferentes minerales, los colores: amarillos: óxidos asociados a oxidación

probablemente stock de Qz. azules y cianes: probablemente ensambles qz, alunita y arcillas de alteración (espectro de nontronita).

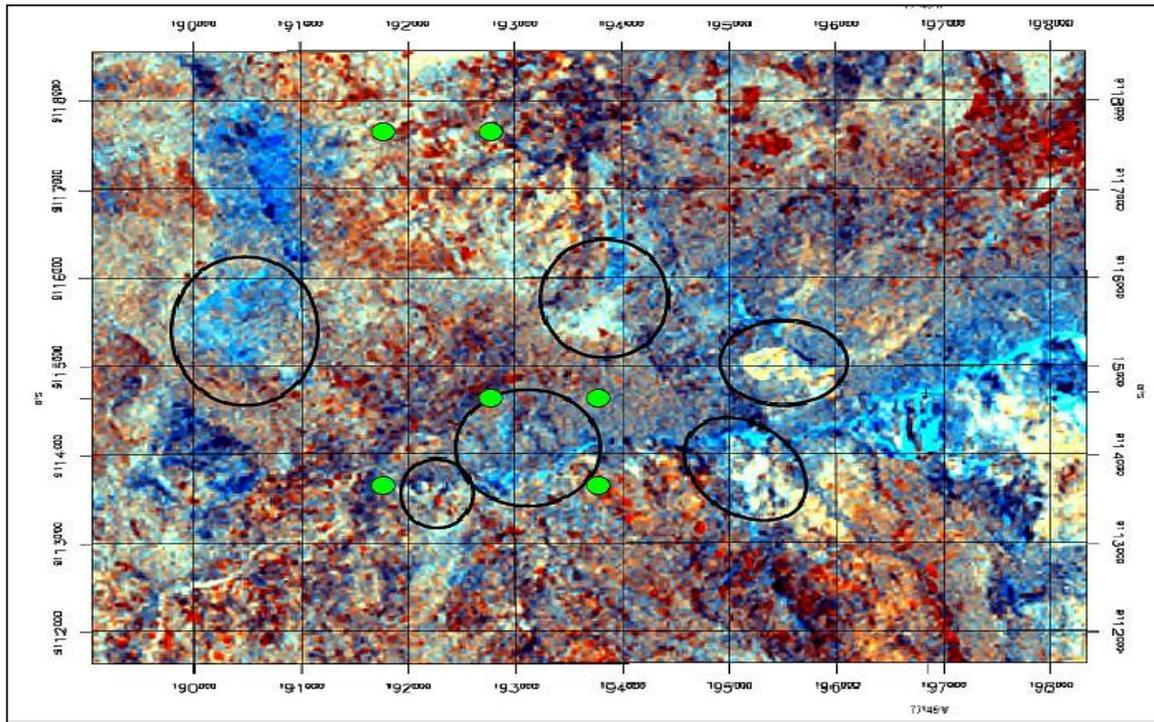


Figura 9. Alteraciones en la zona de investigación por el método de crosta.

### 3.4.1. Alteraciones en socavones antiguos

En la zona de estudio, en el extremo noreste se encuentra un intrusivo (tonalita) de un color gris claro y grano fino, cerca al intrusivo se observa areniscas cuarzosas de grano medio con diseminaciones de pirita.



Figura 10. Tonalita con oxidación en las partes laterales del intrusivo.

### 3.5. Identificación de las unidades geológicas presentes en la concesión minera

La geología de la concesión minera está conformada por rocas del Jurásico Superior y Cretácico Inferior, siendo las más representativa la formación Chicama y Chimú, Además se encontraron afloramientos de rocas Calizas del grupo Pucará.

#### 3.5.1. Formación Chicama (Js - chic)

Debido a los disturbios tectónicos de la formación Chicama no se ha podido medir una sección representativa, de clásticos finos de colores oscuros,

La formación se caracteriza por una alta proporción de lutitas negras, blandas y laminadas, que contienen comúnmente nódulos hasta de 15 cm. de diámetro por lo general con núcleo de pirita de grano fino. En las lutitas quedan intercaladas capas delgadas de arenisca parda. En la figura 11 se puede apreciar que hay un desplazamiento que separa los bloques de lutita negra. Esta falla tiene una orientación NW-SE, la cual corresponde al lineamiento principal determinado mediante la teledetección.



*Figura 11.* Rocas de la Formación Chicama.

### 3.5.2. Formación chimú (Ki-chim)

Se presenta como una secuencia de cuarcitas blancas a pardas, en bancos medianos a gruesos, con intercalaciones delgadas de lutita negra. La estratificación cruzada es muy común en las cuarcitas, y la mayor parte de los ejemplos indican corrientes que provenían del N y E. En la zona de investigación consiste en una alternancia de areniscas cuarzosas y lutitas en la parte inferior y de una potente secuencia de cuarcitas blancas, en bancos gruesos, en la parte superior. Las areniscas generalmente son de grano mediano a grueso.

Según la clasificación de Pettijohn (1957) la roca es una ortocuarcita. El cuarzo ocurre en granos subredondeados a redondeados, cementados por cuarzo autógeno que ha crecido en continuidad óptica y cristalográfica con los granos sedimentarios. El cuarzo autógeno ha rellenado los intersticios, hasta formar una roca compacta y dura que carece de porosidad. Es importante anotar que la cuarcita se debe netamente a procesos sedimentarios, es decir no hubo acciones de metamorfismo, hecho que está probado por la presencia de lutitas blandas tanto encima como debajo de la formación. En la figura 12 podemos observar que estas areniscas han sufrido una gran deformación y gran fracturamiento debido a los grandes esfuerzos producidos por el tectonismo.



*Figura 12.* Areniscas cuarzosas de la formación Chimú.



En la brecha 1 existe la presencia de gran contenido de óxidos con contenido de oro.



*Figura 14.* Brecha 1.

La brecha 2 también presenta gran contenido de óxidos con contenido de oro.



*Figura 15.* Brecha 2.

El afloramiento del tercer cuerpo mineralizado presenta oxidación y sulfatos de cobre, el cual pierde continuidad hacia la superficie donde se encontró.



*Figura 16.* Cuerpo mineralizado con gran contenido de óxidos y minerales de cobre.

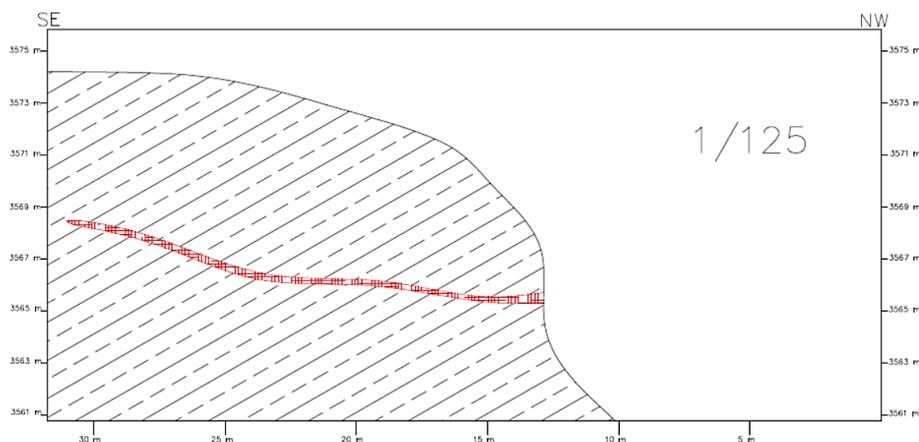


Figura 17. Sección transversal del cuerpo mineralizado 3.

### 3.7. Control estructural de la mineralización

Las estructuras principales que afectan a la concesión minera de la franja metalogenética XX son las zonas de falla asociado con los pliegues que presentan numerosas fallas inversas.

La identificación e interpretación de rasgos morfoestructurales en imágenes de satélite, en conjunto con el levantamiento y análisis de datos en campo (diaclasas, estrías, y escalones), así como el análisis estructural en el área de influencia, permitieron realizar un análisis cinemático de las superficies de falla, establecer el campo de esfuerzos que rige en esta zona e inferir un modelo estructural, que explica el patrón entre la mineralización y deformación de los cuerpos mineralizados.

Dentro del marco tectónico local, los indicadores cinemáticos y la orientación de estructuras de la región están estrechamente relacionados con los rasgos tectónicos principales del sistema tectónico andino con dirección NW-SE y E-O. En el socavón 1 que presenta el área de estudio se caracteriza por presentar estratificaciones con un azimuth promedio de N134° y buzamiento de 35° con dirección SW, estas estructuras presentan una serie de deformaciones debido a que se encuentran cerca de una zona de fallamiento, por estas razones se pudo observar varias estructuras de superficie de falla con presencia de indicadores cinemáticos (estrías y escalones) bien definidos los cuales indican la dirección (estrías) y movimiento (escalones) de los bloques, interpretando las direcciones de desplazamiento. El

enriquecimiento de estas estructuras se ha emplazado en forma de manto, debido a que la mineralización es posterior a la formación de estratos y anterior a la deformación de estructuras producto del fallamiento cercano.

En el primer socavón construido de manera empírica se identificó dos cuerpos mineralizados principales (“manto Alejandra” y “Segundo manto”), que son paralelas a la estratificación que presenta el lugar. La dirección de la galería está en función del “manto Alejandra”, este manto no presenta una secuencia uniforme a causa de las deformaciones que han sufrido las estructuras, originándose desniveles, por esta razón los trabajadores que seguían la “Veta Alejandra” perdían su continuación y estaban trabajando por encima de esta veta, lo que se interpreta que el bloque piso bajo 65 cm.



Figura 18. La dirección de desplazamiento es N108.

### 3.8. Control Litológico

Dentro de las areniscas cuarzosas de los socavones se presentan cuerpos brechificados con presencia de óxidos que se encuentran cerca de la superficie. La mineralización se encuentra principalmente en brechas caracterizadas por una importante variación en la composición y abundancia relativa de clastos, matriz y cemento, así como el tamaño de clastos.

El análisis textural de las brechas mineralizadas de estos socavones sugiere esencialmente de origen tectónico, en donde los fluidos mineralizantes aprovecharon las discontinuidades de la falla inversa, mineralizando las areniscas cuarzosas que presenta la zona.

### 3.9. Caracterización geomecánica RMR<sub>89</sub>

PARAMETRO		ESTIMACION Y ESCALA DE VALORES							
1	Resistencia de la roca sana	Carga puntual MPa⇒	> 10	4 - 10	2 - 4	1 - 2	Únicamente Compresión Simple		
		Kg/cm <sup>2</sup> (aprox)⇒	100	40 - 100	20 - 40	10 - 20			
	Compr. Simple MPa⇒	> 250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	5-25	1-5	< 1	
		Kg/cm <sup>2</sup> (aprox)⇒	>2 500	1 000-2 500	500 - 1 000	250 - 500	50-250	10-50	<10
Valoración		15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD %	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	< 25			
	Valoración	20	17	13	8	3			
3	Separación de discontinuidades	> 2 m	0,6 - 2 m	0,2 - 0,6 m	0,06 - 0,2 m	< 0,06 m			
	Valoración	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades (ver guía especial)	Muy rugosas. Discontinuas. Sin separaciones. Borde sano y duro.	Ligeramente rugosas. Abertura < 1 mm. Bordes duros	Ligeramente rugosas. Abertura < 1mm. Bordes blandos	Espejo de falla o con relleno < 5 mm o abiertas 1 - 5 mm. Diaclasas continuas	Relleno blando > 5 mm o abertura > 5 mm Diaclasa Continua			
		Valoración	30	25	20	10	0		
5	Presencia de agua	Caudal por 10 m de túnel	Nulo	< 10 L/min	10 - 25 L/min	25 - 125 L/min	> 125 L/min		
		Relación entre la presión de agua y la mayor del terreno $\sigma_w / \sigma_1$	0	0 - 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,5	> 0,5		
	Estado general	Seco	Ligeramente Húmedo	Húmedo	Goteando	Fluyendo			
	Valoración	15	10	7	4	0			
Corrección por orientación de las discontinuidades (ver guía especial)									
6	Dirección y Buzamiento		Muy favorable	Favorable	Medio o regular	Desfavorable	Muy desfavorable		
	Valoración para	Túneles	0	- 2	- 5	- 10	- 12		
		Cimentación	0	- 2	- 7	- 15	- 25		
Taludes		0	- 5	- 25	- 50	- 60			

El RMR Básico es de 67 siendo una roca de clase II y de calidad Buena.

Por ajuste de orientación de discontinuidades el RMR es 65.

### 3.10. Tipo y modelamiento de los cuerpos mineralizados

La figura 19 muestra la sección transversal del primer cuerpo mineralizado el cual ha sido definido como manto Alejandra con una inclinación de  $23^{\circ}$ NW. De la misma manera en la figura 20 la sección transversal del segundo cuerpo mineralizado definido como manto mineralizado con inclinación de  $27^{\circ}$ NW.

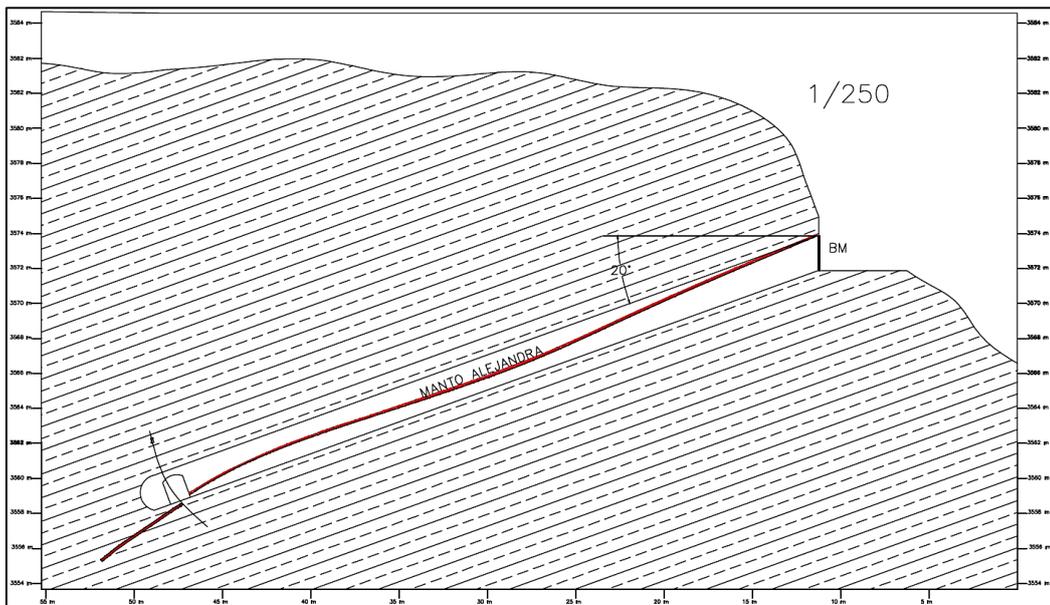


Figura 19. Sección transversal del manto Alejandra Vista al NE.

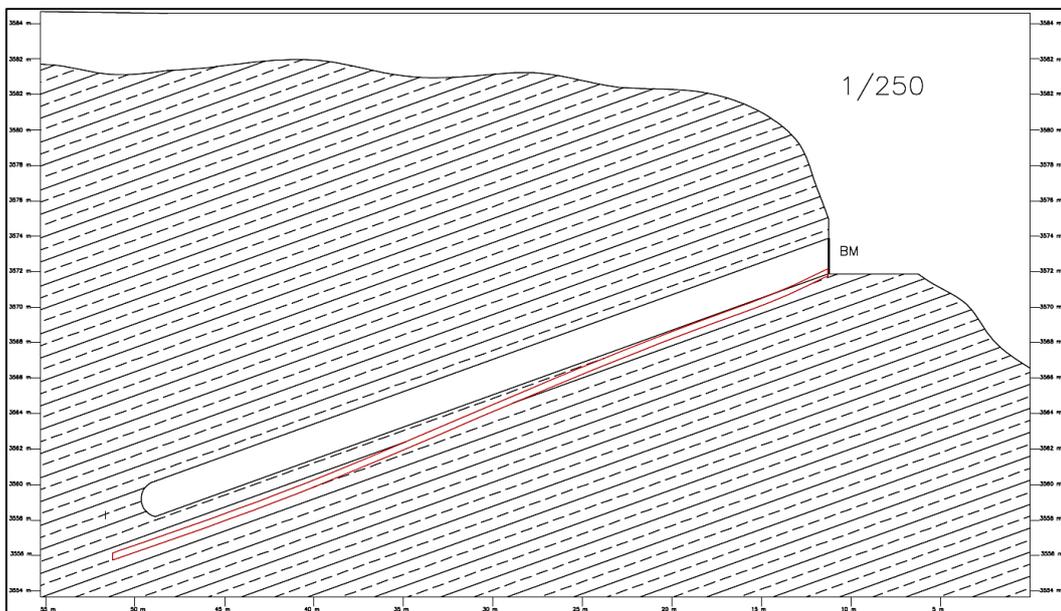


Figura 20. Sección transversal del manto mineralizado Vista al NE.

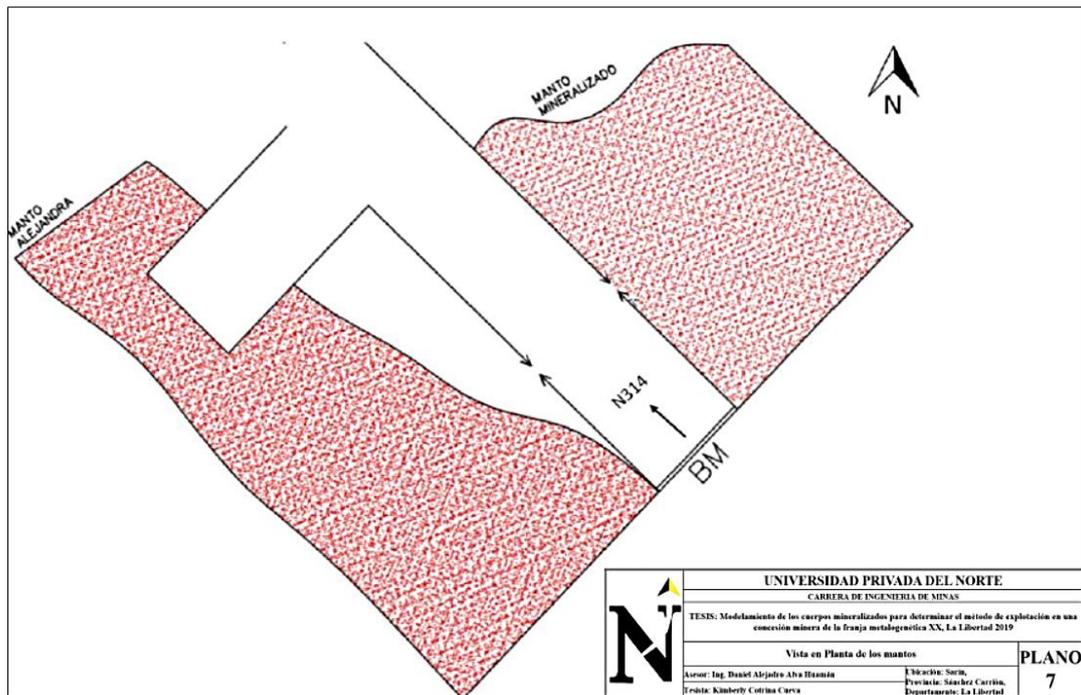


Figura 21. Vista en planta del manto Alejandra y manto Mineralizado.

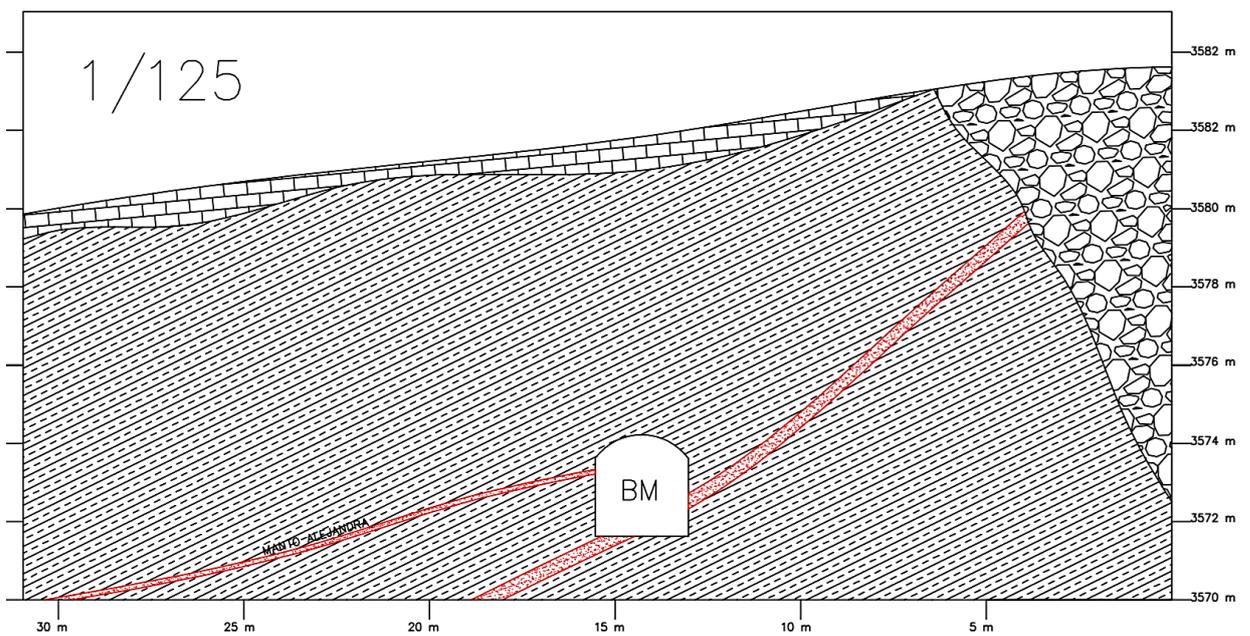


Figura 22. Vista frontal (al NW) del manto Alejandra y del manto mineralizado.

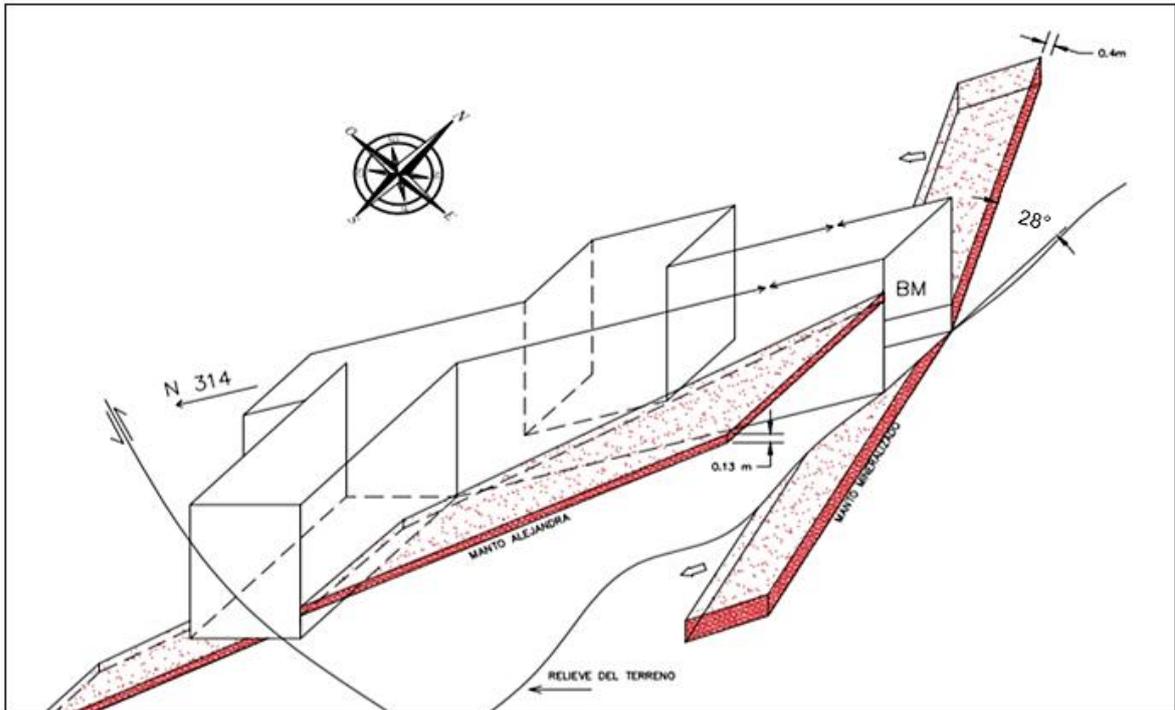


Figura 23. Vista en 3D de los mantos.



Figura 24. Afloramiento del manto mineralizado en el exterior del socavón.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### Discusión

Arribasplata (2016), por las características geológicas el proyecto los mantos lo definió como un depósito del tipo estratoligado volcano-sedimentario relacionado a estructuras (vetas/fallas), de forma similar en la investigación se determinó que los cuerpos mineralizados corresponden a mantos en dentro de roca arenisca de la formación Chicama.

Durante la extracción empírica los mineros de la concesión perdieron la continuidad del manto mineralizado, con el trabajo de campo se pudo corroborar que el manto fue cortado por una falla esto se corrobora con el trabajo de Tapia (2008) donde nos dice que se debe entender que el modelo estructural juega un factor determinante en las proyecciones y la exploración de nuevos cuerpos concluyendo que los “blancos” deben orientarse a posibles estructuras tensionales (t) y tipo riedel (R,R') producto de la reactivación de estructuras con orientación principal dando como resultado los modelos tipo “lazos cimoides” y “lazos cimoides múltiple”.

Huayanca (2008), determina que las vetas tienen dirección NNW, paralelas a fallas regionales y vinculadas a la evolución de la Cordillera Andina del Norte del Perú. En este trabajo gracias a la teledetección usando el software Envi, se determinó que las estructuras principales tienen orientación Andina y las estructuras secundarias tienen orientación E-W.

(Valenzuela 2018) determina la presencia de un sistema de fallamiento longitudinal NW-SE, de rumbo sub-paralelo y/o paralelo a las vetas, que originan ensanchamientos (cabalgamiento), acuñaamientos y discontinuidad local de las estructuras mineralizadas, muchos de estos son ND (Falla NW-2), ID (Falla Sistema Chilcas), con desplazamientos desde centímetros a varios metros. De igual forma en la presente investigación el manto Alejandra Presento un desplazamiento de 65 cm. Por lo cual los mineros estaban excavando por encima del cuerpo perdiendo su continuidad.

Con calderón (2011) se corrobora que el conocimiento de los términos de referencia actualizados de una mina es sumamente importante a la hora de escoger un método de explotación, donde se debe conocer las principales características e indicadores de cada método de explotación. Se sabe que existen ciertas variables distinguibles para cada método de explotación que llegan a ser determinantes para su proceso de extracción. La calidad del macizo rocoso, representado por su RMR, es una variable condicionante para el método de arranque. En la investigación se calculó un RMR de 67 el cual representa un macizo de buena calidad ideal para una extracción con el método Cámaras y pilares.

## Conclusiones

Con el modelamiento de los cuerpos mineralizados se propone que el método de explotación en una concesión minera de la franja metalogenética XX deber realizarse mediante cámaras y pilares.

Con la teledetección se determinó que las orientaciones de lineamientos de las estructuras son SE-NO propia de la orientación andina y E-W como segunda orientación. (Plano 3 y 4). Además, se identificaron alteraciones de óxidos asociados a oxidación probablemente stock de Qz. Ensamblajes qz, alunita y arcillas de alteración (espectro de nontronita).

Las unidades geológicas presentes dentro de la concesión minera son la Formación Chicama, Formación Chimú y Formación Criznejas.

Los afloramientos de los cuerpos mineralizados se encuentran en las coordenadas

Los cuerpos mineralizados de la concesión minera de la franja metalogenética XX, La Libertad son brechas y mantos.

El manto “Alejandra” tiene una dirección de N223°, inclinado 23°NW.

El manto “mineralizado” tiene una dirección de N227°, inclinado 27°NW

El modelamiento de los cuerpos mineralizados se presenta en los planos 12, 13, 14.

## REFERENCIAS

Arribasplata D. (2016). modelo genético del proyecto los mantos, provincia de Aconcagua - región de Valparaíso – Chile.

BUSTILLO y LOPEZ C. (1997). *Manual de evaluación y diseño DE EXPLOTACIONES MINERAS*. Editorial: Entorno Gráfico S.L. Madrid, 705 pp.

Calderón J. (2011) “Análisis de los Parámetros de Referencia a la Hora de escoger un Método”. Revista Minerale N° 270, Instituto de Ingenieros de Minas de Chile, Santiago de Chile, 2011.

Camprubí A. (2017). Modelo de formación de los yacimientos estratoligados de Cu en lechos rojos de Las Vigas (Chihuahua, México). Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana.

CISNEROS, J. (2003) *diseño de explotación a cielo abierto*. Asociación de ingenieros de minas del Ecuador.

[www.aimecuador.org/...pdf/Diseño\\_%20de\\_%20explot\\_CA.pdf](http://www.aimecuador.org/...pdf/Diseño_%20de_%20explot_CA.pdf). Archivo pdf. Capturado diciembre 2007. 58 pp.

DELGADO J. (2007) *apuntes del curso planificación de minas*, Maestría internacional Ing. de Minas, Universidad de Antofagasta, 491 pp.

ESTEVEZ, E (*evaluación geólogo-económica de yacimientos minerales*).

SVS. INGENIEROS S.A.C. “Estudio Geomecánico del Método de Minado de las Vetas Poder y Trabajo: Castrovirreyna Compañía Minera S.A. Unidad Minera San Genaro”.2010.

INGEMMET (2009). Mapa metalogenético del Perú 2009.

Huayanca

Tapia Paul. “Estudio Geológico de Caudalosa Grande de Castrovirreyna Compañía Minera S.A. 2014”. Informe interno de CCMSA, 2014.

Tapia M. (2008). Formulación de un modelo geológico-estructural, en el sistema de vetas de la franja oeste del yacimiento minero de Parcoy, Consorcio Minero Horizonte. Universidad Nacional de San Marcos. Lima

Ponzoni, E. (1980) Metalogenia del Perú. Inst. Geol. Min. Met., Lima, 68 p.

Vargas Zoila. (2009). La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. Educación, vol. 33, núm. 1, pp. 155-165. Universidad de Costa Rica San Pedro, Montes de Oca, Costa Rica.

Informe de las franjas metalogenéticas y áreas potenciales de la región Cajamarca.

INGEMMET. Dirección de Recursos Minerales y Energéticos.

<http://metodologia02.blogspot.com/p/operacionalizacion-de-variables.html>

Vivallo, Waldo, & Henríquez, Fernando. (1998). Génesis común de los yacimientos estratoligados y vetiformes de cobre del Jurásico Medio a Superior en la Cordillera de la Costa, Región de Antofagasta, Chile. *Revista geológica de Chile*, 25(2), 199-228. <https://dx.doi.org/10.4067/S0716-02081998000200006>

Tumialán, P.H. 2001 - Yacimientos tipo manto singenético o epigenético. *Revista Minas de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica de la Universidad Nacional de Ingeniería*, p, 12-25, (Resumen).

## ANEXOS



*Figura 25* Estrías y escalones que indican sentido y dirección de desplazamiento de falla



*Figura 26* Manto Alejandra Cortado por falla



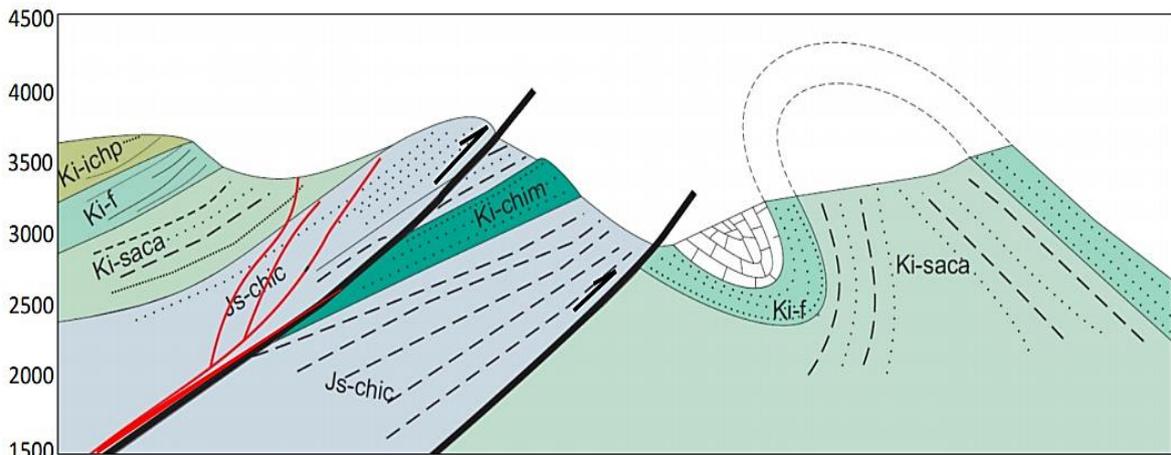
*Figura 27* Se encontró la continuidad del Manto Alejandra



*Figura 28* Midiendo dirección de fallas en superficie



Figura 29 Calizas de la Formación pucará con presencia de pirita.



	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>		<b>PLANO</b>
	CARRERA DE INGENIERIA DE MINAS		
TESIS: Modelamiento de los cuerpos mineralizados para determinar el método de explotación en una concesión minera de la franja metalogénica XX, La Libertad 2019			
SECCIÓN GEOLÓGICA			<b>10</b>
Asesor: Ing. Daniel Alejandro Alva Huamán	Ubicación: Surin,		
Resista: Kimberly Cotina Cueva	Provincia: Sánchez Carrión, Departamento: La Libertad		

Figura 30 Plano de Sección Geológica

