

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería de Minas

“PROPUESTA DEL MÉTODO DE MINADO EN
FUNCIÓN A LAS CARACTERÍSTICAS
GEOMECÁNICAS EN LA VETA COLORADA,
CAJAMARCA - HUALGAYOC 2019”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de minas

Autor:

Jean Arnold Belloso Gomez
Alex Diego Cardenas Gallardo

Asesor:

Ing. Mg. Oscar Arturo Vasquez Mendoza

Cajamarca - Perú

2020

DEDICATORIA

Esta investigación esta dedica a Dios por prestarnos la vida y la salud, que permitió culminar una etapa más de nuestras vidas. A nuestros familiares, amigos y docentes, que siempre con su apoyo incondicional y sus palabras de aliento nos ayudaron a terminar esta etapa, por habernos motivados a seguir adelante, sobre todo ayudarnos a vencer obstáculos y que estuvieron en todo momento, gracias a quienes estuvieron en esos precisos momentos.

Arnold Belloso & Alex Cardenas

AGRADECIMIENTO

Porque siempre cada paso que damos es gracias a Dios, por ello agradecemos a nuestro Padre Celestial, porque nos permite vivir y tener salud. Agradecemos también al ser más maravilloso que puede existir, nuestras madres, que nos dieron la vida, nos apoyan y motivan siempre a lograr nuestras metas para ser cada día mejores personas; Además, agradecemos a todos los Docentes que nos guiaron durante el camino de nuestra vida Universitaria, por inculcarnos valores, aprendizajes y transmitirnos su experiencia a través de anécdotas e historias laborales que nos motivaron y alentaron a seguir siempre adelante con el objetivo de lograr ser profesionales de éxito. Especialmente agradecemos al Ing. Oscar Arturo Vasquez Mendoza que nos asesoró e hizo posible el desarrollo de este trabajo de investigación.

Arnold Belloso & Alex Cardenas

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Realidad problemática.....	11
1.2. Formulación del problema.....	15
1.3. Objetivos	15
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	15
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	16
1.4. Hipótesis.....	16
1.4.1. <i>Hipótesis general</i>	16
1.4.2. <i>Hipótesis específicas</i>	16
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	18
2.1. Tipo de investigación	18
2.2. Población y muestra	19
2.2.1. <i>Población</i>	19
2.2.2. <i>Muestra</i>	19
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	19
2.3.1. <i>Técnicas para recolección de datos:</i>	19
2.3.2. <i>Instrumentos de recolección:</i>	19

2.3.3.	<i>Análisis de datos</i>	20
2.4.	Procedimiento	20
CAPÍTULO III. RESULTADOS		27
3.1.	Ubicación de la veta colorada.....	27
3.2.	Accesibilidad	27
3.3.	Geología Regional	29
3.4.	Geología Local.....	31
3.5.	Mineralogía del yacimiento	34
3.6.	Geología de la Veta Colorada.....	35
3.7.	Características de la veta	36
3.8.	Cálculo de reservas	38
3.8.1.	<i>Reservas Probadas</i>	38
3.8.2.	<i>Reservas Probables</i>	38
3.9.	Caracterización geomecánica de la veta colorada.	40
3.9.1.	<i>Competencia de la roca intacta:</i>	40
3.9.2.	<i>El Número De Fracturas O Discontinuidades Por Metro Lineal.</i>	41
3.9.3.	<i>Resistencia de las discontinuidades</i>	42
3.9.4.	<i>Cálculo Del Índice RQD de Roca adyacente (Rock Quality Designation)</i> 42	
3.9.5.	<i>Clasificación RMR de roca adyacente (Bieniawski, 1973 Y 1979)</i>	43
3.10.	Elección de método de minado.....	46
3.10.1.	<i>Procedimientos de Selección del método de minado</i>	46
3.10.2.	<i>Método numérico de Nicholas (1981)</i>	46

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	52
4.1. Discusión	52
4.2. Conclusiones.....	53
CAPÍTULO V. REFERENCIAS	55
CAPÍTULO VI. ANEXOS.....	57
<i>ANEXO N°1. Realización de su ciclo de minado en la veta Colorada.</i>	57
<i>ANEXOS N° 2. Acarreo de mineral con carretillas y carro minero.</i>	59
<i>ANEXOS N° 3. Buzamiento de veta colorada</i>	60
<i>ANEXOS N° 4. Determinación de rugosidad del macizo rocoso</i>	61
<i>ANEXOS N° 5. Determinación de resistencia del macizo rocoso con martillo de Schmidt</i>	62
<i>ANEXOS N° 6. Ensayos de carga puntual</i>	63
<i>ANEXOS N° 7. Localización de bocamina con GPS</i>	64
<i>ANEXOS N° 8. Nv 3650 – Veta Colorada.</i>	65
<i>ANEXOS N° 9 Vista en planta. Nv 3650 – Veta Colorada</i>	66
<i>ANEXOS N° 10 Sección Transversal – Veta Colorada</i>	67

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Clasificación De Los Métodos Mineros En Función De La Geometría Y Distribución De Leyes De La Veta.....</i>	21
<i>Tabla 2 Características Geomecánicas</i>	22
<i>Tabla 3 Clasificación De Los Métodos Mineros Atendiendo A Las Características Geomecánicas De La Roca, Zona Del Mineral.....</i>	23
<i>Tabla 4 Clasificación De Los Métodos Mineros Atendiendo A Las Características Geomecánicas Zona Del Techo.....</i>	24
<i>Tabla 5 Clasificación De Los Métodos Mineros Atendiendo A Las Características Geomecánicas Zona De La Caja.....</i>	25
<i>Tabla 6 Accesibilidad hacia la veta "Colorada.....</i>	27
<i>Tabla 7 Potencia de la veta "Colorada"</i>	37
<i>Tabla 8 Inclinación de la veta "Colorada".....</i>	37
<i>Tabla 9 Reservas probadas desde la TV1-TV4.....</i>	38
<i>Tabla 10 Reservas probadas desde la TV 5-TV 13.....</i>	38
<i>Tabla 11 Reservas probables desde la TV 1-TV 4.....</i>	39
<i>Tabla 12 Reservas probables desde la TV 5-TV 13.....</i>	39
<i>Tabla 13 Competencia de la roca.....</i>	40
<i>Tabla 14 competencia de la roca intacta – Veta Colorada (Nv 3650).....</i>	40
<i>Tabla 15 Espaciamiento entre fracturas.....</i>	41
<i>Tabla 16 Espaciamiento entre fracturas – Veta Colorada (Nv 3650).....</i>	41
<i>Tabla 17 Clasificación de la resistencia de las discontinuidades.....</i>	42
<i>Tabla 18 Resistencia de las discontinuidades – Veta Colorada (Nv 3650).....</i>	42
<i>Tabla 19 Clasificación RQD (%).....</i>	43

Tabla 20 <i>Rock Mass Rating (Bieniawski – 1989). Parámetros de Clasificación</i>	44
Tabla 21 <i>Corrección por orientación de diaclasas</i>	45
Tabla 22 <i>Índice de calidad RMR</i>	45
Tabla 23 <i>Clasificación de los métodos mineros en función de la geometría y distribución de leyes de la veta</i>	47
Tabla 24 <i>Clasificación de los métodos mineros atendiendo a las características geomecánicas de la roca, zona del mineral</i>	48
Tabla 25 <i>Clasificación de los métodos mineros atendiendo a las características geomecánicas de la roca, zona del techo</i>	49
Tabla 26 <i>Clasificación de los métodos mineros atendiendo a las características geomecánicas de la roca, zona de la caja</i>	50
Tabla 27 <i>Elección de método óptimo de minado para las características geomecánicas de la veta colorada</i>	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Accesibilidad hacia la veta colorada.....	28
Figura 2. Geología Regional.....	30
Figura 3. Columna Estratigráfica del distrito de Hualgayoc	32
Figura 4. Geología Local.....	34
Figura 5. Geología de la veta colorada.....	36
Figura 6. Carguío de mineral en carretillas antes de usar el carro minero.....	59
Figura 7. Descargue de mineral con Carrito Minero.	59
Figura 8. Buzamiento de la veta la Colorada.	60
Figura 9. Medición de la rugosidad del macizo con el Peine de Barton.....	61
Figura 10. Prueba de resistencia del macizo con el Martillo de Schmidt lado caja.	62
Figura 11. Prueba de resistencia del macizo con el Martillo de Schmidt techo.....	62
Figura 12. Ensayo de carga puntual a las muestras del mineral.	63
Figura 13. Ensayo de carga puntual.	63
Figura 14. Toma de su punto GPS de bocamina.	64
Figura 15. Con el Perforista (Porfirio Muñoz) de turno día – Nv 3650 Veta Colorada.	65
Figura 16. Vista en planta – Nv 3650.	66
Figura 17. Seccion transversal – Veta Colorada.....	67

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, titulado “Propuesta del método de minado en función a las características geomecánicas en la veta Colorada, Cajamarca – Hualgayoc 2019”. Ubicada en distrito y provincia de Hualgayoc a 3350 – 3700 m.s.n.m, el cual tiene por objetivo; Proponer el método de minado para la explotación de la veta colorada Cajamarca – Hualgayoc 2019. Se desarrolló una investigación del tipo no experimental, de carácter transversal y de un nivel descriptivo, teniendo en cuenta su geometría de la veta y distribución de leyes; se determinó las características geomecánicas (veta, techo y caja), para luego ser analizado por el método numérico de Nicholas (1981). La investigación se inició con la recolección bibliográfico del método numérico, para posterior ir a campo (veta “Colorada”), en dicho lugar se determinaron las características geomecánicas, se extrajeron muestras del mineral, caja techo y hastiales; para luego ser analizados en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte, con la finalidad de ver su resistencia.

Se concluyó que mediante el método de Nicholas y las características geomecánicas que presenta la veta colorada, este debe ser explotada por el método Corte y Relleno que es el que mejor se adecua a las condiciones del terreno y se opta como segunda opción el método de entibación con marcos.

Palabras clave: Método de minado, caracterización del macizo rocoso, método número de Nicholas (1981), geometría de la veta, método Corte y relleno.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La veta colorada ubicada en el departamento de Cajamarca es un cuerpo mineralizado polimetálico. Durante años se viene explotando dicho mineral de manera convencional, utilizando para ello el uso de carretillas y herramientas artesanales, sin embargo, no cuentan con un método de explotación específico, ante esto nace la problemática de determinar cuál es el método apropiado que se adecue a las características de forma y geomecánica de la veta colorada.

En la época de la revolución industrial a fines del siglo XIX cambió radicalmente la escala de trabajo en espacios subterráneos, donde se logra desarrollar la explotación minera a un volumen y ritmo jamás antes visto por la humanidad. (Tapia, 2019).

La clasificación de los métodos de minado adoptados por la mayoría de las agencias de minería en el mundo, han sido elaboradas con base en la geología estructural y la mecánica de rocas. El mejor método de minado dependerá de las características geológicas del terreno, mismas que determinaran el tamaño del área que se va a minar con los respaldos (o paredes) que mejor se auto soporten durante la remoción del mineral, de la naturaleza y tamaño de los soportes que se requieren y del tipo de estructura de soporte que se necesite. (López, 1994)

Seleccionar un método de minería siempre se considera como uno de los más importantes y desafiantes etapas en las operaciones mineras porque la precisión de elegir el proceso afecta enormemente su potencial económico y cualquier error en la

toma de decisiones impone algo irreparable de financiar a los propietarios. Debido a las complejidades e incertidumbres inherentes a la geología y parámetros geotécnicos involucrados, es imposible utilizar siempre un método de extracción para la extracción de todo tipo de recursos minerales. Además, todos los modelos presentados no proporcionan un modelo de extracción integral único para elegir debido a las ventajas y desventajas inherentes en su base. El primer método de extracción cuantitativa fue presentado en 1981 por Nicholas. Este método sigue siendo la base de la mayoría de los trabajos de investigación. (Dehghani, Siami, & Haghi, 2017)

Nicholas (1981) sugirió el primer enfoque numérico para la selección del método de minería. Esta metodología califica diferentes métodos de extracción basados en la clasificación de parámetros de entrada específicos. Se selecciona el método de minería con el resultado de suma más alta. Nicholas ha sugerido que implican la ponderación de varias categorías, como la de la geometría del mineral, características de las paredes Colgante y yacente. (Bogdanovic, Nikolic, & Ilic, 2012)

Mendiola (2017) menciona que Hoy en día para abrir una mina o para cambiar el método de explotación es de suma importancia ejecutar un proceso de selección del método de explotación mediante un análisis sistemático, global y específico del yacimiento. Los factores que tienen un mayor peso en la primera etapa de elección son:

- Geometría del yacimiento.
- Distribución de leyes.
- Propiedades geomecánicas del mineral y de las cajas.

Guerreo (2017), en su tesis titulada: “Geomecánica para la selección del método de explotación de la veta almiranta de la compañía minera Quiruvilca S.A. 2017”. Tuvo como objetivo determinar la geomecánica para la selección del método de explotación de la Veta Almiranta en la Compañía Minera Quiruvilca S.A. La muestra considerada fue la veta Almiranta. Se concluyó que, de acuerdo con la geometría, potencia, inclinación, profundidad a la que se encuentra el yacimiento, distribución de leyes y las características geotécnicas del mineral y las paredes (Colgante y Yacente) que presenta la veta Almiranta y su entorno el método “Cut and Fill Stopping” (puntaje 28.25, segundo en la tabla de puntuación), es favorable para la explotación de la veta Almiranta.

Cabello (2008), en su tesis titulada: “Selección del método de Explotación Para la Veta Piedad en la Mina Catalina Huanca, Ayacucho”. Tuvo como objetivo seleccionar el método de minado óptimo desde el punto de vista técnico y económico para la explotación de la veta Piedad. Se concluyó que en función a la clasificación geomecánica, la clasificación geológica, las características geométricas y las condiciones hidrogeológicas que presenta la veta Piedad y su entorno físico los métodos Corte & almacenamiento provisional y Corte & relleno Ascendente, son técnicamente aplicables para la explotación de la veta Piedad.

Huayta (2015), en su tesis, titulada: "Selección y análisis del método de explotación para el minado del manto intermedio en la U.M. Pachapaqui - Cía. Minera ICM Pachapaqui S.A.C". Tuvo como objetivo seleccionar un método de explotación óptimo para el minado del Manto Intermedio en la U.M. Pachapaqui. La muestra

estuvo conformada por la zona de mantos de la Unidad Minera Pachapaqui concretamente en el Manto Intermedio. Se concluyó que de acuerdo con el Procedimiento Numérico de Selección se obtuvo el Corte y Relleno como método de minado preliminar para el Manto Intermedio; pero, en base al estudio geomecánica realizado y a otras variables de interés se optó por el método de explotación de Banqueo y Relleno que combina el Corte y Relleno Ascendente con la aplicación de taladros largos, teniendo una mayor productividad y producción con más seguridad.

Aguilar & Izquierdo (2016), en su tesis titulada: "Caracterización De La Mineralogía En La Veta Murciélago En La Mina Paredones, Provincia De San Pablo, Región Cajamarca". Tuvo como objetivo caracterizar el emplazamiento mineralógico en la veta Murciélago de la mina Paredones. Se contempló como unidad de estudio 220 metros de la veta Murciélago en la mina Paredones. Se concluyó que el método de explotación a usar en la veta Murciélago es por Corte y Relleno de acuerdo con las características físicas y mineralógicas de la veta.

Zenteno (2017), en su tesis titulada: "Explotación de la veta prometida mediante el método de corte y relleno ascendente selectivo unidad minera santa filomena empresa minera Sotrami S.A.". Tuvo como objetivo la explotación de la veta Prometida mediante el método de Corte y Relleno Ascendente Selectivo en la empresa minera SOTRAMI S.A. Se consideró como muestra la Veta Prometida que es parte de la concesión minera Santa Filomena. Se concluyó que, de acuerdo con el análisis de selección de métodos de explotación, el yacimiento de la mina Santa Filomena será explotado mediante el método de corte y relleno ascendente. El método de

almacenamiento provisional resulta como una segunda alternativa se descarta por costos que son más elevados.

Villalta (2018), en su tesis titulada: “Aplicación del método de explotación por taladros largos en veta virginia de la unidad San Cristobal de la compañía minera Volcan S.A.A.” Tuvo como objetivo determinar las características geomecánicas del macizo rocoso y la geometría del depósito mineral para la aplicación del método de explotación por taladros largos en veta Virginia de la Unidad San Cristóbal de la Compañía Minera Volcan S.A.A. La muestra está constituida por las características de las discontinuidades del macizo rocoso del nivel 920-1020, subnivel 308 -1, 308-2. Se concluyó que los resultados obtenidos son favorables para aplicar el método de explotación por taladros largos en veta Virginia de la compañía minera Volcan S.A.A., con RMR de la roca encajonante 47, y RMR de la mena 41, tipo de roca III de calidad media o regular evaluados en siete subniveles; con geometría del depósito mineral irregular con potencia promedio de la veta de 3,017 m con variaciones significativas, que tiende a incrementar la potencia a medida que se va profundizando.

1.2. Formulación del problema

¿Qué método de explotación se adecua mejor a las características geomecánicas de la veta colorada, Cajamarca – Hualgayoc 2019?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Proponer el método de minado para la explotación de la veta colorada Cajamarca – Hualgayoc 2019.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar las formaciones geológicas tanto regional y local en la zona de estudio.
- Determinar las características geomecánicas en el nivel 3650 de la veta la Colorada, Cajamarca – Hualgayoc 2019.
- Determinar la calidad del macizo rocoso adyacente a la veta colorada en el Nv 3650, Cajamarca – Hualgayoc 2019.
- Determinar el método de minado apropiado para la explotación de la veta Colorada mediante el método numérico de Nicholas.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

El método de minado corte y relleno determinado a través del método numérico de Nicholas, es el más adecuado para las características geomecánicas de la veta colorada Cajamarca – Hualgayoc 2019.

1.4.2. Hipótesis específicas

- Se logró determinar el tipo de formación que se encuentra en la geología regional y local de la zona de estudio.
- Determinando las características geomecánicas de competencia de la roca, espaciamiento entre fractura y discontinuidades del nivel 3650 nos permitirá conocer las condiciones a las que está expuesta el cuerpo mineralizado de la veta colorada, Cajamarca – Hualgayoc.

- Determinando la calidad del macizo rocoso nos permitirá conocer el tipo de masa rocosa adyacente al cuerpo mineralizado de la veta colorada, Cajamarca – Hualgayoc.
- El método numérico planteado por Nicholas nos permitirá seleccionar un método de explotación apropiado para las condiciones geomecánicas de la veta colorada Cajamarca - Hualgayoc 2019

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

(Hernández Sampieri, 2014). Específica a las investigaciones No Experimental de la siguiente manera:

a) Longitudinales

- Por su propósito, ya que analizan cambios a través del tiempo.
- Por su tipo, son investigaciones de diseños de tendencias, etc.

b) Transversales

- Por sus características, a través de una recolección de datos en un único momento.
- Por su tipo. Pueden ser: exploratorios, etc.

En las Investigaciones “No Experimentales” se observan situaciones ya existentes (no provocadas intencionalmente en la investigación). Además, se determinó es del Carácter Transversal, ya que estas tienen por características, que el investigador recolecte información (datos) en un determinado momento, para luego identificar variables y analizar su correlación. Para finalizar es de Nivel Descriptivo, ya que se estudió la variable identificada, utilizando el diseño estratificado para la contrastación de la hipótesis. En resumen, la presente es del **Tipo No Experimental, de Carácter transversal y de Nivel Descriptivo.**

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

La veta la “Colorada”, en la concesión Alfa – J

2.2.2. Muestra

300 metros en la veta “Colorada” en el nivel 3650.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Técnicas para recolección de datos:

- **Observación directa:**

Se recolectó datos propios de la mina asimismo se pudo visualizar el problema de que aún no tiene un método de minado específico para la explotación, entre otras.

- **Análisis documental:**

Se recopiló y analizó la información en tesis, papers, bibliografías, antecedentes, reportes de datos de la empresa, artículos, etc.

- **Trabajo campo:**

Se realizó la caracterización geomecánica de la veta en el nivel 3650, toma de datos, con el cual se propuso el método de minado.

- **Trabajo en gabinete:**

Procesamiento de datos.

2.3.2. Instrumentos de recolección:

- Tablas de recolección de datos de Nicholas (1981)

- Formato de recolección de datos de Rock Mass Rating (Bieniawski – 1989).
- Formato para el Índice RQD (Rock Quality Designation)
- Tomas fotográficas
- Guías

2.3.3. Análisis de datos

Se realizó el procesamiento de datos con ayuda de softwares, Microsoft Office Excel, Microsoft office Word

2.4. Procedimiento

- a) Revisión bibliografía del método número de Nicholas (1981), se elaboraron los formatos y material para la recolección de datos y muestras.
- b) Se elaboró una tabla 1, referente a la geometría de la veta y distribución de leyes en la cual podemos determinar:
 - Forma de la veta, caracterizada por: Equidimensional o masivo, tabular y/o irregular.
 - Potencia de Mineral si es: Estrecho, intermedio, potente y muy potente.
 - Inclinación de la veta: Tumbada, intermedia y/o inclinada.

Distribución de leyes: uniforme, Gradual o diseminado y Errático

Tabla 1

Clasificación De Los Métodos Mineros En Función De La Geometría Y Distribución De Leyes De La Veta

MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN	FORMA DE LA VETA				POTENCIA DEL MINERAL			INCLINACIÓN			DISTRIBUCION DE LEYES		
	Masiva	Tabular	Irregular	Estrecho	Intermedio	Potente	Muy potente	Tumbado	Intermedio	Inclinado	Uniforme	Gradual	Errático
Cielo abierto	3	2	3	2	3	4	4	3	3	4	3	3	3
Hundimiento de bloques	4	2	0	-49	0	2	4	3	2	4	4	2	0
Cámaras por subniveles	2	2	1	1	2	4	3	2	1	4	3	3	1
Hundimiento por subniveles	3	4	1	-49	0	4	4	1	1	4	4	2	0
Tajeo largo	-49	4	-49	4	0	-49	-49	4	0	-49	4	2	0
Cámaras y pilares	0	4	2	4	2	-49	-49	4	1	0	3	3	3
Cámaras almacén	2	2	1	1	2	4	3	2	1	4	3	2	1
Corte y relleno	0	4	2	4	4	0	0	0	3	4	3	3	3
Fajas descendentes	3	3	0	-49	0	3	4	4	1	2	4	2	0
Entibación con marcos	0	2	4	4	4	1	1	2	3	3	3	3	3

Fuente: (Nicholas, 1981)

c) Se elaboró una tabla 2, en la cual se podrá determinar las características geomecánicas del macizo rocoso:

- Resistencia de la matriz rocosa (resistencia a compresión simple (MPa) / presión del recubrimiento (MPa): pequeña, media y alta.
- Espaciamiento entre Fracturas: muy pequeño, pequeño, grande y muy grande.
- Resistencia de las discontinuidades: pequeña, media y grande.

Tabla 2

Características Geomecánicas

Resistencia a Compresión Simple (MPa)/ Presión del Recubrimiento (MPa)		RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA			Resistencia de las Discontinuidades	
		Fracturas (f/m)		RDQ (%)		
Pequeña	< 8	Muy Fracturado:	> 16	0 - 20	Pequeña	Discontinuidades limpias con una superficie suave o con materiales de relleno blando.
Media	8 – 15	Fracturado:	10 - 16	20 - 40		
		Poco Fracturado:	3 - 10	40 - 70	Media	Discontinuidades limpias con una superficie suave
Alta	> 15	Muy poco Fracturado:	< 3	70 - 100	Alta	Discontinuidades rellenas con un material de resistencia igual o mayor que la roca intacta

Fuente: (Priest y Hudson, 1993)

d) Se elaboró una tabla 3, para la clasificación de los métodos mineros atendiendo a las características geomecánicas de la roca. Zona del mineral. en la que consiste en la clasificación de los métodos mineros en función de la geometría y distribución de leyes del yacimiento, en la se asignaron valores numéricos según (Nicholas, 1981) para cada método de explotación: En la cual consiste en lo siguiente:

- Resistencia de las rocas.
- Espaciamiento entre fracturas.
- Resistencia de las discontinuidades.

Tabla 3

Clasificación De Los Métodos Mineros Atendiendo A Las Características Geomecánicas De La Roca, Zona Del Mineral

MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN	RESISTENCIA DE LAS ROCAS			ESPACIAMIENTO ENTRE FACTURAS				RESISTENCIA DE LAS DISCONTINUIDADES		
	Pequeña	Media	Alta	Muy pequeño	Pequeño	Grande	Muy grande	Pequeña	Media	Grande
Cielo abierto	3	4	4	2	3	4	4	2	3	4
Hundimiento de bloques	4	1	1	4	4	3	0	4	3	0
Cámaras por subniveles	-49	3	4	0	0	1	4	0	2	4
Hundimiento por subniveles	0	3	3	0	2	4	4	0	2	2
Tajeo largo	4	1	0	4	4	0	0	4	3	0
Cámaras y pilares	0	3	4	0	1	2	4	0	2	4
Cámaras almacén	1	3	4	0	1	3	4	0	2	4
Corte y relleno	3	2	2	3	3	2	2	3	3	2
Fajas descendentes	2	3	3	1	1	2	4	1	2	4
Entibación con marcos	4	1	1	4	4	2	1	4	3	2

Fuente: (Nicholas, 1981)

e) Para la clasificación de los métodos mineros atendiendo a las características geomecánicas de la roca. Zona del techo, se elaboró la tabla 4 que comprende:

- Resistencia de las rocas.
- Espaciamiento entre fracturas.
- Resistencia de las discontinuidades.

Tabla 4

Clasificación De Los Métodos Mineros Atendiendo A Las Características Geomecánicas Zona Del Techo

3. MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN	RESISTENCIA DE LAS ROCAS				ESPACIAMIENTO ENTRE FACTURAS			RESISTENCIA DE LAS DISCONTINUIDADES		
	Pequeña	Media	Alta	Muy pequeño	Pequeño	Grande	Muy grande	Pequeña	Media	Grande
Cielo abierto	3	4	4	2	3	4	4	2	3	4
Hundimiento de bloques	4	2	1	3	4	3	0	4	2	0
Cámaras por subniveles	-49	3	4	-49	0	1	4	0	2	4
Hundimiento por subniveles	3	2	1	3	4	3	1	4	2	0
Tajeo largo	4	2	0	4	4	3	0	4	2	0
Cámaras y pilares	0	3	4	0	1	2	4	0	2	4
Cámaras almacén	4	2	1	4	4	3	0	4	2	0
Corte y relleno	3	2	2	3	3	2	2	4	3	2
Fajas descendentes	4	2	1	3	3	3	0	4	2	0
Entibación con marcos	3	2	2	3	3	2	2	4	3	2

Fuente: (Nicholas, 1981)

f) Para la clasificación de los métodos mineros atendiendo a las características geomecánicas de la roca. Zona de la caja, se elaboró la tabla 5 que comprende:

- Resistencia de las rocas.
- Espaciamiento entre fracturas.
- Resistencia de las discontinuidades.

Tabla 5

Clasificación De Los Métodos Mineros Atendiendo A Las Características Geomecánicas Zona De La Caja

4. MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN	RESISTENCIA DE LAS ROCAS				ESPACIAMIENTO ENTRE FACTURAS			RESISTENCIA DE LAS DISCONTINUIDADES		
	Pequeña	Media	Alta	Muy pequeño	Pequeño	Grande	Muy grande	Pequeña	Media	Grande
Cielo abierto	3	4	4	2	3	4	4	2	3	4
Hundimiento de bloques	2	3	3	1	3	3	3	1	3	3
Cámaras por subniveles	0	2	4	0	0	2	4	0	1	4
Hundimiento por subniveles	0	2	4	0	1	3	4	0	2	4
Tajeo largo	2	3	3	1	2	4	3	1	3	3
Cámaras y pilares	0	2	4	0	1	3	3	0	3	3
Cámaras almacén	2	3	3	2	3	3	2	2	2	3
Corte y relleno	4	2	2	4	4	2	2	4	4	2
Fajas descendentes	2	3	3	1	3	3	3	1	2	3
Entibación con marcos	4	2	2	4	4	2	2	4	4	2

Fuente: (Nicholas, 1981)

- g)** Toma de datos en campo para la determinación de las características geomecánicas de la veta colorada en el Nv 3650, según los formatos de Bieniawski – 1989
- h)** Determinación del RQD y RMR de la roca adyacente a la veta colorada en el nivel 3650.
- i)** Determinación y análisis de los resultados de obtenidos de la caracterización geomecánica del Nv 3650 de la veta colorada.
- j)** Aplicación de los criterios del método de Nicholas (1981) para la determinación del método de minado adecuado a las características de la veta colorada.
- k)** Selección de método de minado.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Ubicación de la veta colorada

La VETA “COLORADA”, está ubicado a 1.5 km. Al noroeste del depósito de “Cerro Corona” entre los 3350 – 3700 m.s.n.m, en la zona norte de la cordillera de los andes del Perú, Geopolíticamente pertenece a la provincia y distrito de Hualgayoc, departamento de Cajamarca y a una distancia de 961.7 km de la ciudad de Lima.

3.2. Accesibilidad

El acceso hacia la VETA “COLORADA”, existen vuelos comerciales desde la ciudad de Lima hacia Cajamarca, luego siguiendo por la carretera Cajamarca hacia la provincia y distrito político de Hualgayoc.

Tabla 6
Accesibilidad hacia la veta "Colorada"

Ruta	Distancia km	Vía Terrestre	Vía Aérea
Lima – Cajamarca	859.7	14 h 26 min Vía Asfaltada	1 h 20 m
Cajamarca – Hualgayoc	90	2 horas Vía Asfaltada por tramos
Hualgayoc – Veta Colorada	12	30 minutos Carretera Afirmada

Fuente: Datos tomados en campo.

Accesibilidad hacia la veta colorada, para acceder es necesario pasar por 3 rutas que básicamente engloba la ruta Lima – Cajamarca, Cajamarca – Hualgayoc y finalmente el tramo Hualgayoc – Veta Colorada.

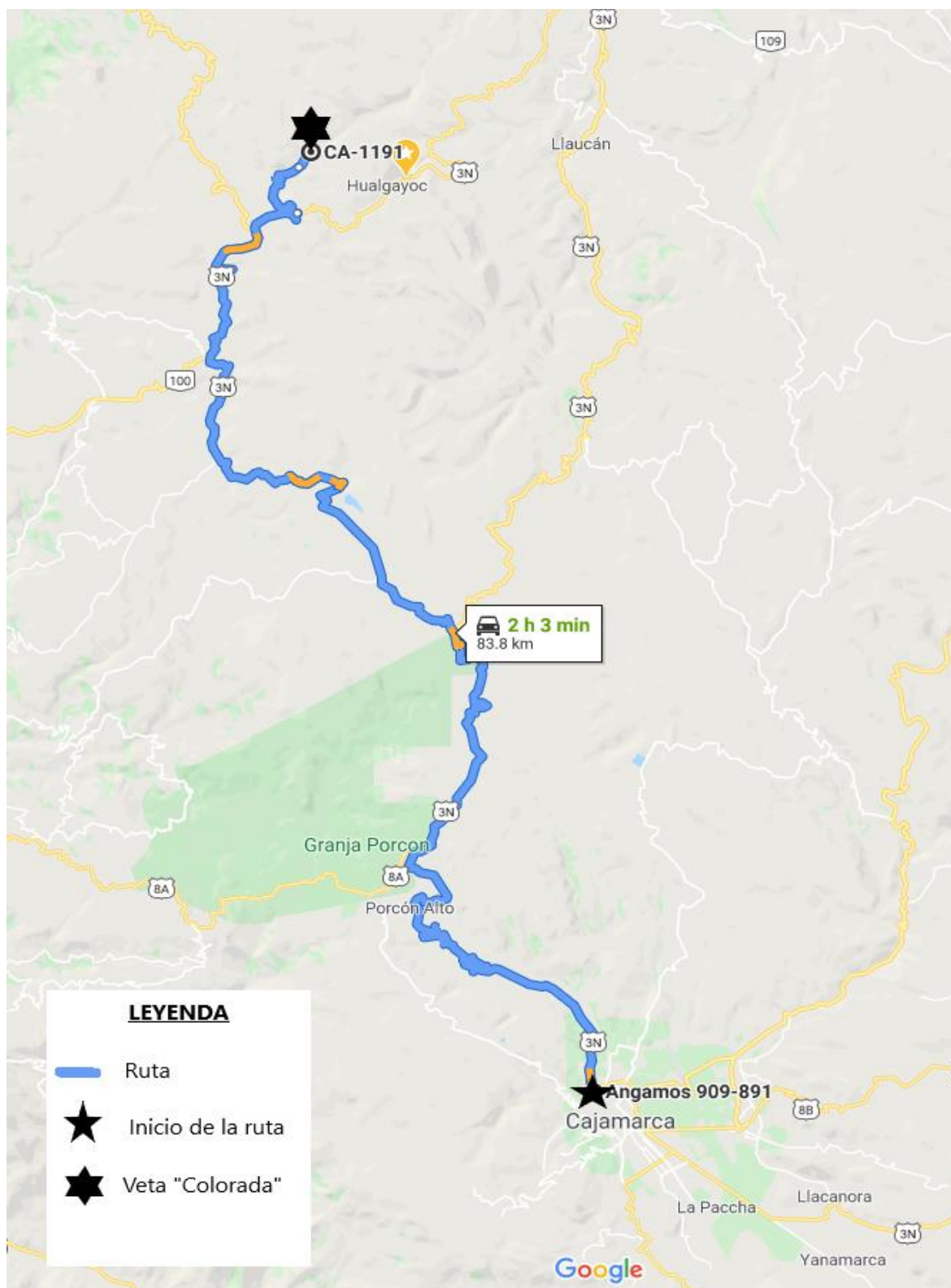


Figura 1. Accesibilidad hacia la veta colorada

Fuente: Datos Tomados en campo.

3.3. Geología Regional

Geológicamente el distrito de Hualgayoc está situado en un terreno volcánico de edad terciaria que se extiende desde Cajamarca hasta la frontera con Ecuador, 225 millas al Noroeste. Las rocas del basamento consisten en una gruesa pila de calcáreos limosos, intercalados con limosas calcáreas menores, esquistos y areniscas de edad cretácica medio. Las rocas volcánicas se han plegado sobre los ejes de tendencias noreste e invadidas por un batolito de grano grueso de composición de diorita de cuarzo. Eventos intrusivos posteriores han supuesto la intrusión de diorita de grano medio en las poblaciones de pórfido de diorita de cuarzo y flujos de riolita asociados a todas las manifestaciones anteriores. Los diques de diorita representan las fases finales de la actividad ígnea. (Rennie & Wallis, 2005)

3.3.1. Estratigrafía

En el contexto geológico regional el área de estudio se encuentra ubicada en la secuencia sedimentaria Mesozoica (Cretáceo Inferior) y secuencia volcánica y pulsos de intrusión cenozoico del norte del Perú, Sillitoe (citado por Roncal, 2011) dice que la distribución estratigráfica en un ambiente de actividad magmática – hidrotermal es parte de las variables que intervienen para la formación de depósitos minerales. La permeabilidad (primaria y secundaria) y la composición de la roca hospedante determinan el tipo de reacción de los fluidos hidrotermales, Meniert (citado por Roncal, 2011) piensa que el contacto metasomático entre rocas sedimentarias e intrusivas y/o volcánicas presentan condiciones favorables para la formación de depósitos minerales. (Figueroa Gomez, 2017)

3.3.2. Rocas Ígneas

Para la región las rocas ígneas emplazadas en el Cenozoico son de composición calco – alcalina (Davis, 2012; Soler y Bohomme, 1990). En el Distrito Minero de Hualgayoc, los intrusivos presentan en su mayoría textura porfiríticas, diferenciándose granodioritas, dioritas y dacitas, mientras que las volcánicas presentan de textura afanítica con cristales desarrollados de biotitas y horblendas, se distinguen riolitas y andesitas. (Rennie & Wallis, 2005)

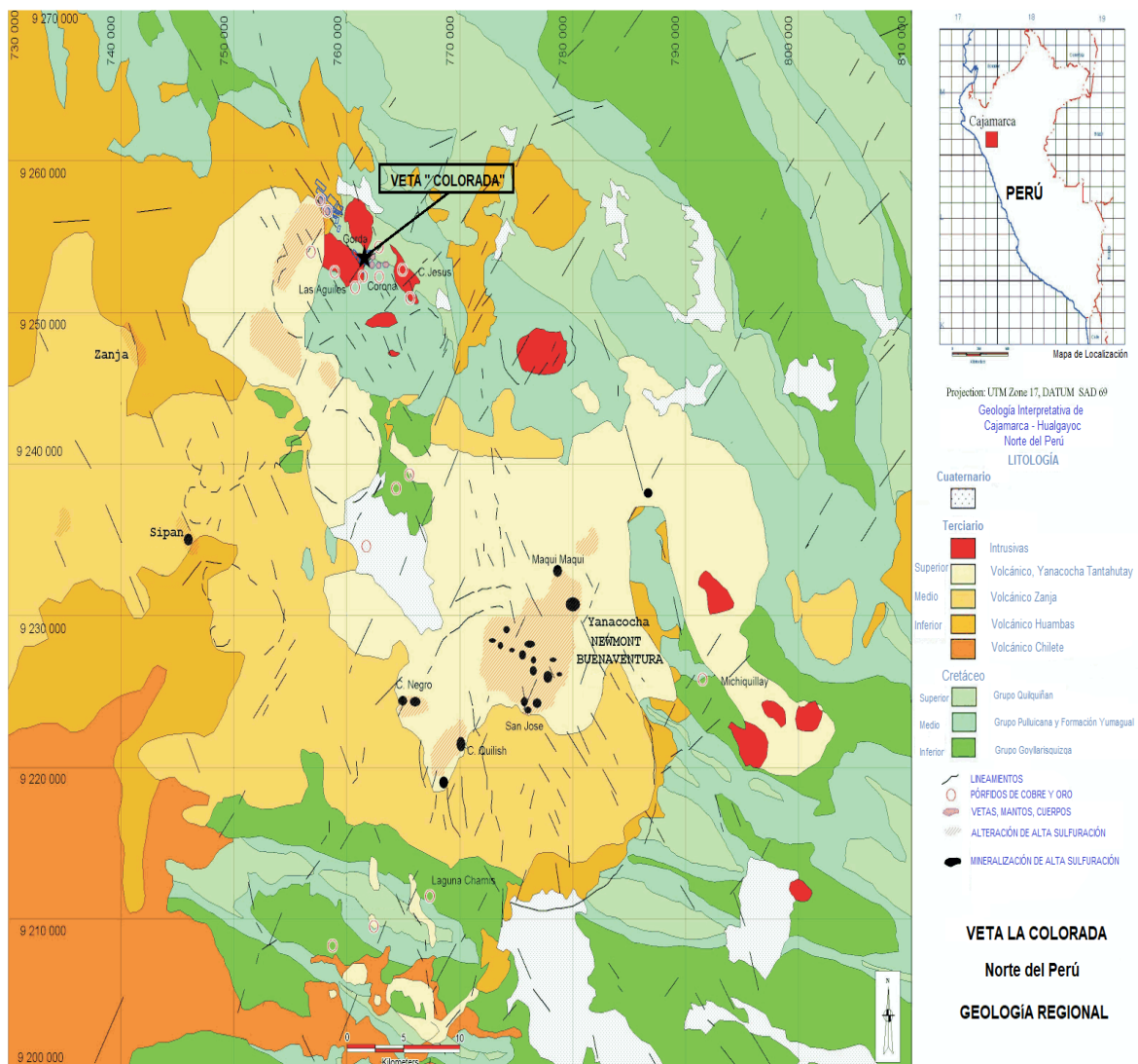


Figura 2. Geología Regional

Fuente: (Rennie & Wallis, 2005)

3.4. Geología Local

3.4.1. Estratigrafía

La distribución estratigráfica del Distrito Minero de Hualgayoc, está representada por sedimentos clásticos y calcáreos de la edad mesozoica, Cretáceo inferior 135 – 91 Ma, que tuvo su inicio en la regresión marina de inicios del Valanginiano con depositación de la mayor secuencia clástica del Grupo Goyllarisquizga y una prolongada transgresión marina a inicios del Aptiano con depositación de sedimentos calcáreos de cuencas someras y profundas representados por las Formaciones Inca, Chúlec, Pariatambo y Yumagual. Las rocas que afloran en el depósito pertenecen a las secuencias calcáreas cretácicas de las formaciones Chúlec y Pariatambo. Las calizas bituminosas de la formación Pariatambo se observan desde la parte media hacia el techo. Hacia el sur y norte del depósito, la secuencia sedimentaria es instruida por la diorítica del stock de cerro corona. (Figuroa Gomez, 2017)

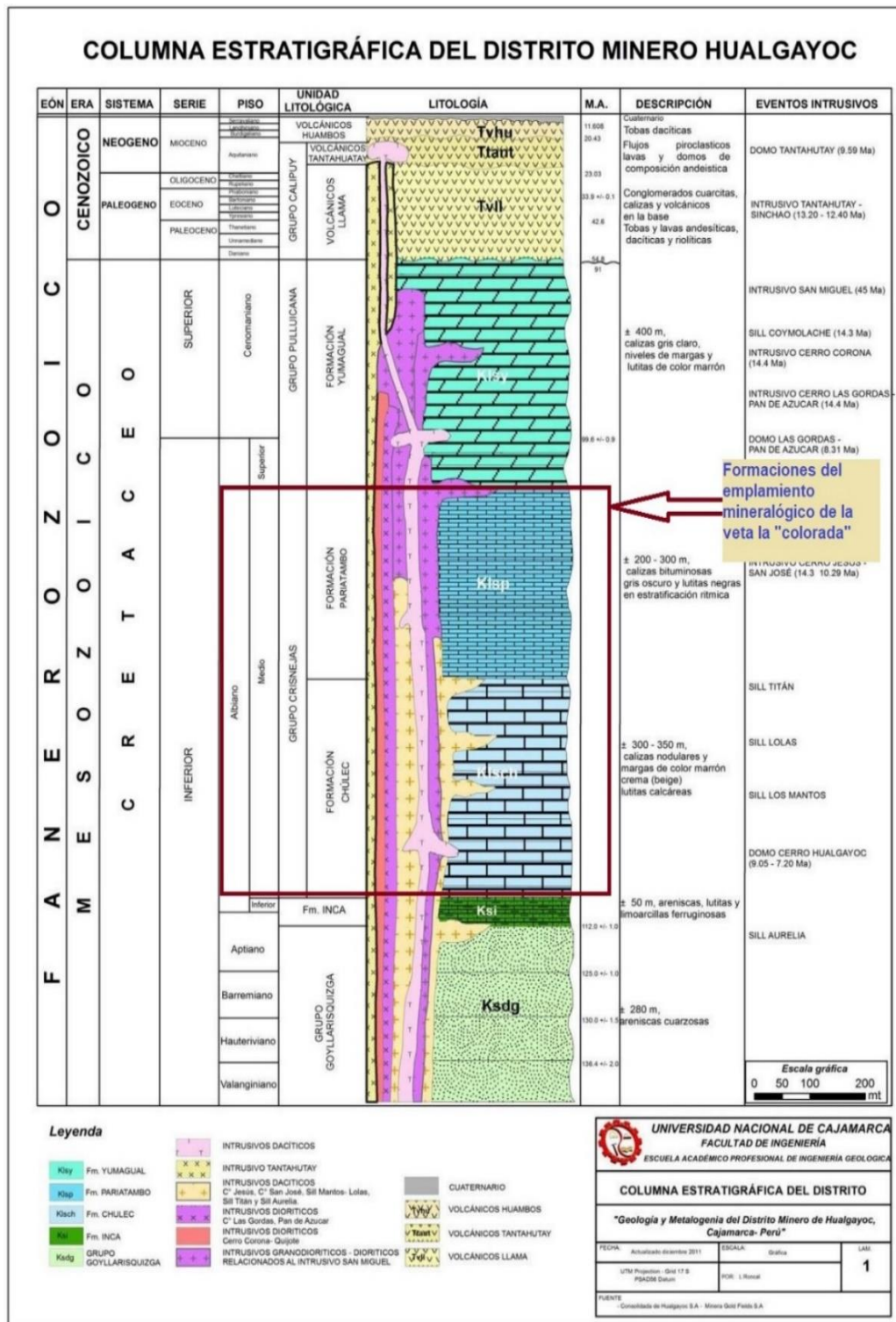


Figura 3. Columna Estratigráfica del distrito de Hualgayoc

Fuente: (Figueroa Gomez, 2017) Ubicación estratigráfica de las estructuras geológicas del Yacimiento Minero Colorada, a partir de la columna estratigráfica del Distrito Minero Hualgayoc (Modificada de Canchaya, 1999).

3.3.1. Rocas Ígneas

En el Distrito Minero de Hualgayoc, se distinguen diferentes eventos de la intrusión, relacionada a la intensa actividad magmática que tuvo lugar en el Paleógeno – Neógeno. Las dataciones radiométricas realizadas en el distrito indican que la actividad magmática inicio en el Paleoceno – Eoceno con la deposición de los volcánicos Calipuy (54.8 Ma) y el emplazamiento del stock intrusivo San Miguel (45 Ma). Los intrusivos del Distrito Minero de Hualgayoc se emplazan en forma de Stock, Sill y Diques, ahora en el tema de las rocas volcánicas estas se encuentran cubierto extensas áreas constituido por tobas y lavas, y emplazamiento de domos. Las dataciones realizadas en las rocas intrusivas y volcánicas muestran diferentes pulsos de intrusión y vulcanismo, ligados a eventos tectónicos de la orogenia andina. Las ocurrencias de intrusiones y vulcanismo en el distrito de Hualgayoc están relacionadas con la actividad volcánica de la región. (Rennie & Wallis, 2005)

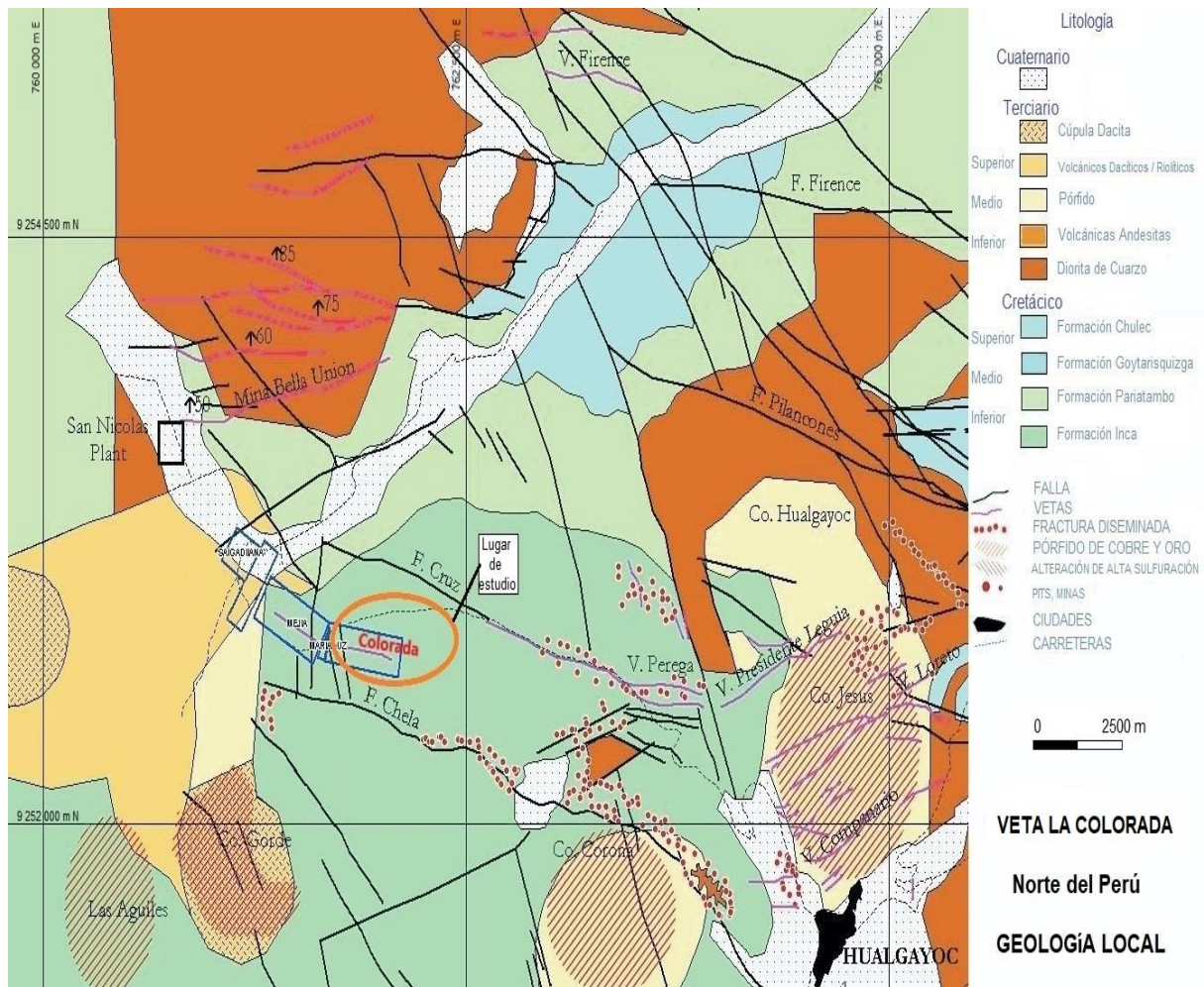


Figura 4. Geología Local.

Fuente: (Rennie & Wallis, 2005)

3.5. Mineralogía del yacimiento

Según el Plan de minado de la empresa, el Mapeo geológico y procesamiento de datos recopilados en campo para realizar la digitalización de tajeos (07-08-09-10-11-12), labores en avance (estocadas de relleno, estocadas de exploración, frentes de labores). Muestreo de diferentes frentes de trabajo, exploración, cambio mineralógico – litológico y donde se hace necesario el conocimiento de leyes para trabajos de explotación. (Cía. Minera San Nicolás)

3.5.1. Descripción mineralógica de los tajeos 07-08-09-10-11-12

La mineralización está controlada por las estructuras de la falla Colorada, que permite el ascenso de los fluidos y se extiende a lo largo de las rocas favorables cuya permeabilidad fue incrementar por cizallamiento y/o la porosidad en la estructura interna de la roca en este caso, calizas de la Formación Chúlec y Formación Pariatambo. La mineralización principal está controlada por la denominada (Veta Colorada). Hacia el techo de la veta se han reconocido dos mantos de emplazamiento, emplazados en calizas de la formación Chúlec. La veta Colorada, presenta una textura brechada con clastos de calizas descalcificadas y calizas silicificadas en una matriz compuesta por sulfuros masivos: oropimente, rejalgar, tetraedrita, marcasita, proustita; los sulfuros que predominan son pirita, enargita, pirargirita y silicatos (cuarzo). Los mantos son de componentes de sulfuros masivos, predominantemente se encuentra pirita, esfalerita y galena. Los minerales mena presente en los tajeos de extracción son: Minerales de cobre: enargita, covelita, tetraedrita, Minerales de plata: pirargirita, proustita. Los minerales ganga encontrados en los diferentes tajeos y frentes de labores son pirita, arsenopirita, marcasita, galena, esfalerita, dickita, oropimente, rejalgar y óxidos (goethita, hematita, limonita). (Cía. Minera San Nicolás)

3.6. Geología de la Veta Colorada

El yacimiento veta Colorada, Ubicada en el distrito minero de Hualgayoc, está representada por la secuencia de rocas sedimentarias clásticas y calcáreas del Cretáceo Inferior (Chúlec, Pariatambo y Volcánico San Nicolas), que fueron afectados por los

eventos compresivos de la orogenia andina (Fase Peruana, Inca, Quechua I y Quechua II) generando pliegues y fallas de orientación andina NW – SE.

La mayor ocurrencia del depósito mineral Colorada, aparentemente, está ligado a la reactivación magmática post fase Quechua II (17 Ma). Este evento reactivo las fallas existentes (Falla Hualgayoc, Tingo y Tumbacucho) y durante el régimen extensional tuvieron lugar múltiples pulsos de intrusión, vulcanismo y de actividad hidrotermal. Durante este periodo se desarrollaron los depósitos. (Cía Minera San Nicolas)

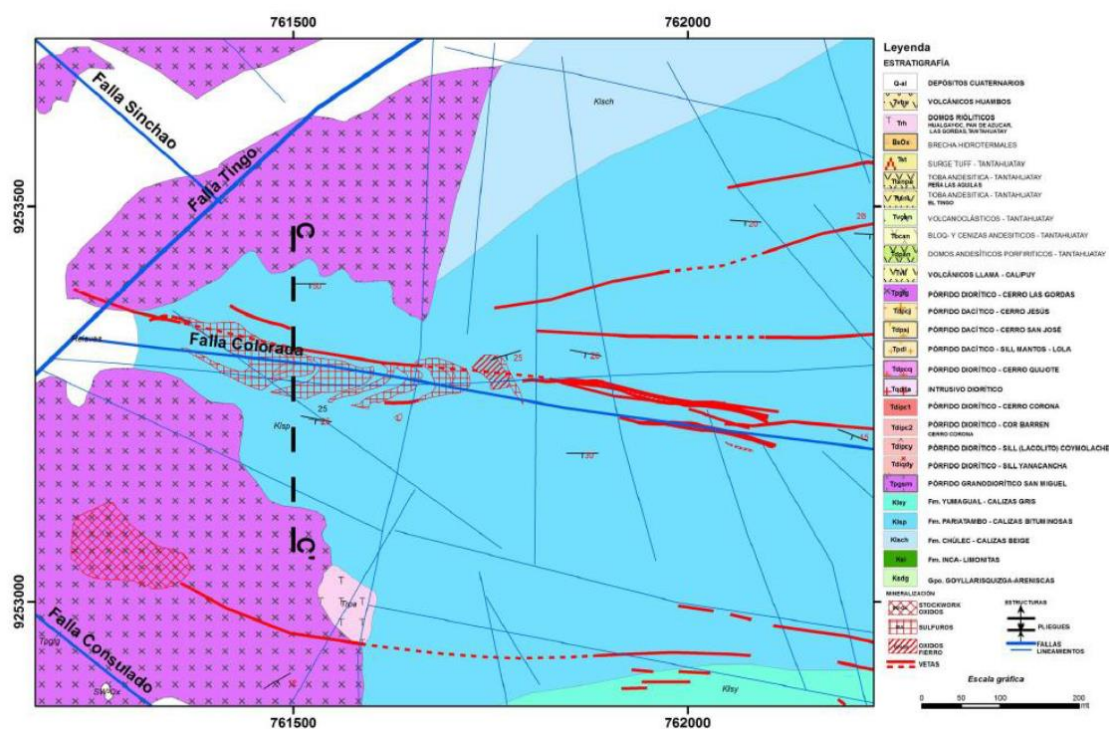


Figura 5. Geología de la veta colorada.

Fuente: (Cía. Minera San Nicolas)

3.7. Características de la veta

3.7.1. Geometría de la veta

Se trata de una veta tabular, pues las dimensiones tienen varios intervalos de grosor, las cuales no exceden usualmente 100 m.

3.7.2. Potencia de la veta:

De acuerdo con el sondaje diamantino realizado en la etapa de exploración por anteriores empresas mineras se determinó la potencia en 15 metros (Potencia Intermedio).

Tabla 7
Potencia de la veta "Colorada"

	Estrecho	Intermedio	Potente	Muy potente
Potencia del mineral	< 10 m	10 - 30 m	30 - 100 m	> 100 m

Fuente: Datos tomados en campo

La clasificación característica de la veta colorada, esta viene a tener una potencia Intermedia.

3.7.3. Inclinación de la veta:

Las vetas son subverticales, con una orientación oeste noreste con una inclinación variable sobre los 60 - 70° hacia al sur.

Tabla 8
Inclinación de la veta "Colorada"

	Tumbado	Intermedio	Inclinado
Inclinación	< 20°	20 - 55 °	> 55°

Fuente: Datos tomados en campo

3.7.4. Profundidad de la veta:

La veta colorada presenta una extensión de 800 m.

3.7.5. Distribución de leyes en la veta

La distribución de las leyes en la veta es Gradual pues existen distintas leyes que gradualmente cambian en el espacio. Las leyes promedio varían entre 1.61 - 2.36

gr/ton de Oro; 158.8 - 165 gr/ton de Plata; 0.50 a 0.68 % de Cobre; 0.89 – 1.02 % de Plomo y 0.85 – 0.96% de Zinc.

3.8. Cálculo de reservas

3.8.1. Reservas Probadas

Para el cálculo de las reservas probadas se analizó la data de 10 300 metros de aire reversa y contramuestras en donde para determinar la profundidad de tajeo se está realizando la CH – 8S a superficie, el cual tiene un avance de 25 m en dirección vertical.

Tabla 9
Reservas probadas desde la TV1-TV4

Ancho promedio de veta	Profundidad de tajeo	Longitud de tajeo	Peso volumétrico del mineral
4.5 m	10 m	82 m	4.05 TM/m ³
TONELAJE TOTAL			14944.5 TM

Fuente: (Cía. Minera San Nicolas)

Las reservas probadas entre las ventanas TV 1 y TV-05, son de 14944.5 TM

Tabla 10
Reservas probadas desde la TV 5-TV 13

Ancho promedio de veta	Profundidad de tajeo	Longitud de tajeo	Peso volumétrico del mineral
4.5 m	25 m	300 m	4.05 TM/m ³
TONELAJE TOTAL			136687.5 TM

Fuente: (Cía. Minera San Nicolas)

Las reservas probadas entre las ventanas TV 05 y TV-13, son de 136687.5 TM.

El total de las reservas Probadas es de: **151 632.00 TM.**

3.8.2. Reservas Probables

Para este cálculo de reservas puede variar puesto a que no se tiene la data exacta sobre la profundidad de la veta. Se estimó hasta la cota 3700 m.s.n.m, basándose

en perfiles hechos por ingenieros que anteriormente trabajaron. En el tramo 1 (TV-1 a TV-4), puede variar menos por la profundidad de tajeo puesto que se encuentra cerca de superficie con presencia de óxidos.

Tabla 11
Reservas probables desde la TV 1-TV 4

Ancho promedio de veta	Profundidad de tajeo	Longitud de tajeo	Peso volumétrico del mineral
4.5 m	8 m	82 m	4.05 TM/m ³
TONELAJE TOTAL			11955.6 TM

Fuente: (Cía. Minera San Nicolas)

Las reservas probables entre las ventanas TV 01 y TV-04, es de 11955.6 TM

Tabla 12
Reservas probables desde la TV 5-TV 13

Ancho promedio de veta	Profundidad de tajeo	Longitud de tajeo	Peso volumétrico del mineral
4.5 m	40 m	300 m	4.05 TM/m ³
TONELAJE TOTAL			218700. TM

Fuente: (Cía. Minera San Nicolas)

Las reservas probables entre las ventanas TV 05 y TV-13, es de 218700.00 TM.

El total de reservas probable es de **230 655.60 TM.**

3.9. Caracterización geomecánica de la veta colorada.

3.9.1. Competencia de la roca intacta:

Arteaga (1991) clasifica la resistencia de la roca en 3 niveles:

Pequeña, media y alta. Tal como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 13

Competencia de la roca

Resistencia a Compresión Simple (MPa)/ Presión del Recubrimiento (MPa)	
Pequeña	< 8
Media	8 - 15
Alta	> 15

Fuente: (Arteaga, 1991)

Acontinuacion se muestran los resultados obtenidos y clasificados en base a la tabla antes adjunta:

Tabla 14

competencia de la roca intacta – Veta Colorada (Nv 3650)

Descripción	Mpa	Clasificación
Caja	54.01	Alta
Techo	30.86	Alta
Mineral	0.62	Pequeña

Fuente: Datos Tomados en campo

Tal como se aprecia en la tabla N° 14 las condiciones de la roca caja y techo de la veta colorada se clasifico como Alta. Por otro lado, la zona de mineral se clasifico con una competencia de roca intacta Pequeña.

3.9.2. El Número De Fracturas O Discontinuidades Por Metro Lineal.

Arteaga (1991) clasifica espaciamiento entre fracturas en 4 criterios. Los cuales se muestran en la tabla adjunta:

Tabla 15
Espaciamiento entre fracturas

	Fracturas (f/m)	RDQ (%)
Muy pequeño	> 16	0 - 20
Pequeño	10 - 16	20 - 40
Grande	3 - 10	40 - 70
Muy grande	< 3	70 - 100

Fuente: (Arteaga, 1991)

Acontinuacion se muestran los resultados obtenidos y clasificados en base a la tabla antes adjunta:

Tabla 16
Espaciamiento entre fracturas – Veta Colorada (Nv 3650)

Descripción	f/m	Clasificación
Caja	10	Pequeño
Techo	12	Pequeño
Mineral	15	Pequeño

Fuente: Datos Tomados en campo

Los resultados obtenidos muestran una roca caja, techo y mineral con un espaciamiento entre fracturas pequeño.

3.9.3. Resistencia de las discontinuidades

Según (Rodríguez, 2016) La Resistencia de las discontinuidades se clasifica en:

Tabla 17

Clasificación de la resistencia de las discontinuidades

Resistencia de las Discontinuidades	
Pequeña	Discontinuidades limpias con una superficie suave o con materiales de relleno blando.
Media	Discontinuidades limpias con una superficie rugosa.
Alta	Discontinuidades rellenas con un material de resistencia igual o mayor que la roca intacta.

Fuente: (Rodríguez, 2016)

A continuación, se muestra los resultados obtenidos en campo:

Tabla 18

Resistencia de las discontinuidades – Veta Colorada (Nv 3650)

Descripción	Clasificación
Caja	Pequeña
Techo	Pequeña
Mineral	Media

Fuente: Datos Tomados en campo

Tal como se muestra en la tabla adjuntada la resistencia de las discontinuidades para la caja y techo es pequeña, mientras que en la zona de mineral esta clasificación es de media.

3.9.4. Cálculo Del Índice RQD de Roca adyacente (Rock Quality Designation)

Según (Priest y Hudson, 1993) comprende el cálculo del RQD en función al número de fisuras por metro, determinada por la siguiente ecuación:

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

Dónde: λ = Nro. De Fisuras / Espacio.

Para nuestro caso de investigación:

$$\lambda = 10$$

$$RQD = 100e^{-0.1(10)} * (0.1(10) + 1)$$

$$RQD = 73.6 \approx 74\%$$

Tabla 19
Clasificación RQD (%)

CLASE	CALIDAD	RQD (%)
I	Muy Mala	< 25
II	Mala	25 - 50
III	Aceptable	50 – 75
IV	Buena	75 – 90
V	Muy Buena	90 – 100

Fuente: (Priest y Hudson, 1993)

Se obtuvo un RQD de 74 % lo cual la clasifica en roca con calidad Buena y/o clase III.

3.9.5. Clasificación RMR de roca adyacente (Bieniawski, 1973 Y 1979)

Parámetros geomecánicos considerados:

- a) Resistencia uniaxial de la matriz rocosa
- b) Grado de fracturamiento del macizo: Determinación de RQD.
- c) Espaciado de las discontinuidades: separación entre diaclasas (m).
- d) Condiciones de las discontinuidades: rugosidad, continuidad, relleno, bordes.
- e) Condiciones hidrogeológicas: caudal, presión de agua, humedad

Tabla 20

Rock Mass Rating (Bieniawski – 1989). Parámetros de Clasificación

A. PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN Y SUS VALORACIONES									
Parámetro			Rango de valores						
1	Resistencia del material de la roca intacta	Índice de resistencia bajo carga puntual	> 10 Mpa	4 - 10 Mpa	2 - 4 Mpa	1 - 2 Mpa	Para este bajo rango, es preferible un ensayo de compresión uniaxial		
		Resistencia a la compresión simple	> 250 Mpa	100 - 250 Mpa	50 - 100 Mpa	25 - 50 Mpa	5 - 25 Mpa	1 - 5 Mpa	< 1 Mpa
	Puntuación	15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD Calidad del testigo de perforación		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%		
	Puntuación		20	17	13	8	3		
3	Espaciado entre discontinuidades		> 2 m	0.6 - 2 m	200 - 600 mm	60 - 200 mm	< 60 mm		
	Puntuación		20	15	10	8	5		
4	Condición de las discontinuidades (ver E)		Superficies muy rugosas Discontinuas No hay separación Paredes intactas	Superficies ligeramente rugosas Separación < 1 mm Paredes ligeramente meteorizadas	Superficies ligeramente rugosas Separación < 1 mm Paredes altamente meteorizadas	Superficies pulidas o relleno de falla < 5mm de espesor o separación 1 - 5mm Continuas	Relleno de falla suave > 5mm de espesor o separación > 5mm Continuas		
	Puntuación		30	25	20	10	0		
5	Agua Subterránea	Afluencia por 10 m de longitud de túnel (l/m)	Ninguna	< 10	10 - 25	25-125	> 125		
		(Presión de agua en las juntas) / (σ principal mayor)	0	< 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Condiciones generales	Completamente seco	Húmedo	Mojado	Goteando	Fluyendo		
	Puntuación		15	10	7	4	0		

f) Corrección por la orientación de las diaclasas:

En el siguiente cuadro se muestra la orientación de las discontinuidades respecto a la excavación. En el cual se determinó una corrección de -5 para la veta colorada.

Tabla 21

Corrección por orientación de diaclasas.

B. AJUSTE DE LA PUNTUACIÓN PARA LA ORIENTACIÓN DE DISCONTINUIDADES (VER F)						
Orientaciones de rumbo y buzamiento		Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable
Puntuaciones	Túneles y minas	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-

Fuente: (Kirkman, 1979)

g) Obtención del índice de calidad RMR.

Con estos valores y haciendo la valorización de la Masa Rocosa RMR (Rock Mass Rating) según (Bieniawski, 1976), sería:

$$\text{RMR} = 15 + 13 + 8 + 10 + 7 - 5 = 48$$

Clasifica a la Roca como de **clase III, Roca Regular.**

Tabla 22

Índice de calidad RMR

C. CLASES DE MACIZOS ROCOSOS DETERMINADOS A PARTIR DE LA PUNTUACIÓN TOTAL					
Valoración	100 ← 81	80 ← 61	60 ← 41	40 ← 21	<21
Categoría	I	II	III	IV	V
Descripción	Roca muy buena	Roca buena	Roca regular	Roca mala	Roca muy mala

Fuente: (Kirkman, 1979)

3.10. Elección de método de minado.

3.10.1. Procedimientos de Selección del método de minado

Para la selección del método de minado considerando las características geomecánicas en la veta colorada se consideró la aplicación de método numérico de Nicholas.

3.10.2. Método numérico de Nicholas (1981)

El método de Nicholas asigna una escala de valores para cada método de explotación de acuerdo con la información característica de la veta, la información geotécnica del Macizo Rocosó y del Cuerpo Mineralizado, posteriormente el método totaliza los valores y le asigna un factor, arrojando valores totalizados, que determina de acuerdo con la puntuación más alta, la gama de posibilidades métodos de minado a elegir. En el caso de la veta “Colorada” se ha realizado la aplicación del método de Nicholas, considerando solamente procedimientos de explotación subterráneo debido a las características y reservas potenciales de la veta. (Arteaga Rodruiguez, 1991)

Tabla 23

Clasificación de los métodos mineros en función de la geometría y distribución de leyes de la veta

1. MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN	FORMA DEL YACIMIENTO			POTENCIA DEL MINERAL				INCLINACIÓN			DISTRIBUCION DE LEYES			Σ DE VALORES
	Masiva	Tabular	Irregular	Estrecho	Intermedio	Potente	Muy potente	Tumbado	Intermedio	Inclinado	Uniforme	Gradual	Errático	
Cielo abierto	3	2	3	2	3	4	4	3	3	4	3	3	3	12
Hundimiento de bloques	4	2	0	-49	0	2	4	3	2	4	4	2	0	8
Cámaras por subniveles	2	2	1	1	2	4	3	2	1	4	3	3	1	11
Hundimiento por subniveles	3	4	1	-49	0	4	4	1	1	4	4	2	0	10
Tajeo largo	-49	4	-49	4	0	-49	-49	4	0	-49	4	2	0	-43
Cámaras y pilares	0	4	2	4	2	-49	-49	4	1	0	3	3	3	9
Cámaras almacén	2	2	1	1	2	4	3	2	1	4	3	2	1	10
Corte y relleno	0	4	2	4	4	0	0	0	3	4	3	3	3	15
Fajas descendentes	3	3	0	-49	0	3	4	4	1	2	4	2	0	7
Entibación con marcos	0	2	4	4	4	1	1	2	3	3	3	3	3	12

Fuente: Datos Tomados en campo

Tabla 24

Clasificación de los métodos mineros atendiendo a las características geomecánicas de la roca, zona del mineral.

2. MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN	RESISTENCIA DE LAS ROCAS			ESPACIAMIENTO ENTRE FACTURAS				RESISTENCIA DE LAS DISCONTINUIDADES			Σ DE VALORES
	Pequeña	Media	Alta	Muy pequeño	Pequeño	Grande	Muy grande	Pequeña	Media	Grande	
Cielo abierto	3	4	4	2	3	4	4	2	3	4	9
Hundimiento de bloques	4	1	1	4	4	3	0	4	3	0	11
Cámaras por subniveles	-49	3	4	0	0	1	4	0	2	4	-47
Hundimiento por subniveles	0	3	3	0	2	4	4	0	2	2	4
Tajeo largo	4	1	0	4	4	0	0	4	3	0	11
Cámaras y pilares	0	3	4	0	1	2	4	0	2	4	3
Cámaras almacén	1	3	4	0	1	3	4	0	2	4	4
Corte y relleno	3	2	2	3	3	2	2	3	3	2	9
Fajas descendentes	2	3	3	1	1	2	4	1	2	4	5
Entibación con marcos	4	1	1	4	4	2	1	4	3	2	11

Fuente: Datos tomados en campo

Tabla 25

Clasificación de los métodos mineros atendiendo a las características geomecánicas de la roca, zona del techo.

3. MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN	RESISTENCIA DE LAS ROCAS			ESPACIAMIENTO ENTRE FACTURAS				RESISTENCIA DE LAS DISCONTINUIDADES			Σ DE VALORES
	Pequeña	Media	Alta	Muy pequeño	Pequeño	Grande	Muy grande	Pequeña	Media	Grande	
Cielo abierto	3	4	4	2	3	4	4	2	3	4	9
Hundimiento de bloques	4	2	1	3	4	3	0	4	2	0	9
Cámaras por subniveles	-49	3	4	-49	0	1	4	0	2	4	4
Hundimiento por subniveles	3	2	1	3	4	3	1	4	2	0	9
Tajeo largo	4	2	0	4	4	3	0	4	2	0	8
Cámaras y pilares	0	3	4	0	1	2	4	0	2	4	5
Cámaras almacén	4	2	1	4	4	3	0	4	2	0	9
Corte y relleno	3	2	2	3	3	2	2	4	3	2	9
Fajas descendentes	4	2	1	3	3	3	0	4	2	0	8
Entibación con marcos	3	2	2	3	3	2	2	4	3	2	9

Fuente: Datos tomados en campo

Tabla 26

Clasificación de los métodos mineros atendiendo a las características geomecánicas de la roca, zona de la caja.

4. MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN	RESISTENCIA DE LAS ROCAS			ESPACIAMIENTO ENTRE FACTURAS				RESISTENCIA DE LAS DISCONTINUIDADES			Σ DE VALORES
	Pequeña	Media	Alta	Muy pequeño	Pequeño	Grande	Muy grande	Pequeña	Media	Grande	
Cielo abierto	3	4	4	2	3	4	4	2	3	4	9
Hundimiento de bloques	2	3	3	1	3	3	3	1	3	3	7
Cámaras por subniveles	0	2	4	0	0	2	4	0	1	4	4
Hundimiento por subniveles	0	2	4	0	1	3	4	0	2	4	5
Tajeo largo	2	3	3	1	2	4	3	1	3	3	6
Cámaras y pilares	0	2	4	0	1	3	3	0	3	3	5
Cámaras almacén	2	3	3	2	3	3	2	2	2	3	8
Corte y relleno	4	2	2	4	4	2	2	4	4	2	10
Fajas descendentes	2	3	3	1	3	3	3	1	2	3	7
Entibación con marcos	4	2	2	4	4	2	2	4	4	2	10

Fuente: Datos tomados en campo

Tabla 27

Elección de método óptimo de minado para las características geomecánicas de la veta colorada

5. MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN	GEOMETRÍA DISTRIBUCIÓN DE LEYES	CARACTERÍSTICAS GEOMECAMICAS DE LAS ROCAS				TOTAL
		MINERAL	TECHO	MURO	SUBTOTAL	
Cielo abierto	12	9	9	9	27	39
Hundimiento de bloques	8	11	9	7	27	35
Cámaras por subniveles	11	-47	4	4	-39	-28
Hundimiento por subniveles	10	4	9	5	18	28
Tajeo largo	-43	11	8	6	25	-18
Cámaras y pilares	9	3	5	5	13	22
Cámaras almacén	10	4	9	8	21	31
Corte y relleno	15	9	9	10	28	43
Fajas descendentes	7	5	8	7	20	27
Entibación con marcos	12	11	9	10	30	42

Fuente: Datos tomado en campo

De acuerdo con los resultados obtenidos, el método con mayor valor positivo es el de Minado por Corte y Relleno, sin embargo, como segunda opción se propone el método de Entibación con marcos.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

- La condición de competencia de la roca caja presentan un mayor valor respecto a las resistencias de las muestras de roca techo y mineral, la resistencia de roca intacta promedio es de 54.01 Mpa, 30.86 Mpa y 0.62 Mpa respectivamente.
- El promedio obtenido de espaciamiento entre discontinuidades presentes en la roca caja, techo y mineral fueron ligeramente variables, en donde se clasifico como pequeño la distancia entre discontinuidades al obtenerse valores promedios de 10 fracturas por metro lineal para la roca caja, asimismo para la roca techo presenta un promedio de 12 facturas por metro lineal, mientras en el mineral obtuvo un valor promedio de 15 fallas por metro lineal.
- La resistencia de las discontinuidades presentes en la zona de caja y techo son de pequeña resistente mientras, en la zona mineralizada presenta resistencia media en las discontinuidades presentes.
- La matriz rocosa circundante a la veta colorada se clasifico con un valor de RMR (rock mass rating) de 48 o roca de clase III.
- En la investigación se demostró que las características geomecánicas del yacimiento de la veta colorada. Sirvieron como base para la selección del método de explotación corte y relleno aplicando el procedimiento numérico de Nicholas, como segunda opción se obtuvo el método por entibación de marcos. Sin embargo, se debe de realizar la evaluación económica del método seleccionado Corte y Relleno para la explotación de la veta colorada, Cajamarca – Hualgayoc 2019.

4.2. Conclusiones

- A través del análisis documental de la geología de la zona se concluyó que la geología regional se encuentra sobre terreno volcánico de edad terciaria, las cuales se han plegado sobre ejes de tendencia noreste e invadida por un batolito de grano grueso de composición de diorita de cuarzo. Además, que la geología local se encuentra ubicada en la secuencia sedimentaria Mesozoica (Cretáceo Inferior) y secuencia volcánica y pulso de intrusión cenozoico del norte del Perú, estratigráficamente pertenece a las secuencias calcáreas cretácicas de las formaciones Chúlec y Pariatambo.
- Se determinó que de la roca caja presenta una competencia de 54.01 Mpa y la roca Techo 30.86 Mpa lo cual está clasificado con una competencia Alta. Sin embargo, la zona de mineral presento una competencia de roca intacta promedio de 0.62 Mpa lo cual está considerada con una clasificación pequeña o baja. Además, se determinó que el espaciamiento entre discontinuidades de la caja, techo y mineral es de 10, 12 y 15 f/m por lo cual se clasificó como pequeño el espacio entre fracturas. En cuanto a la resistencia de las discontinuidades se concluyó que tanto la roca caja y techo presentan pequeña resistencia, mientras que en la zona mineralizada presenta una resistencia media de las discontinuidades.
- Se determinó que la roca adyacente a la veta colorada posee una calidad (RQD) de 74 % lo cual está clasificada como roca de calidad aceptable y/o clase III. Con el valor de RQD se determinó el RMR con un valor de 48 o clase III (Roca Regular).
- Se concluyó que mediante el método de Nicholas y las características geomecánicas que presenta la veta colorada, este debe ser explotada por el

método Corte y Relleno que es el que mejor se adecua a las condiciones del terreno y se opta como segunda opción el método de entibación con marcos.

CAPÍTULO V. REFERENCIAS

- Aguilar, L., & Izquierdo, L. (2016). *Caracterización de la mineralogía en la veta murciélagos en la mina paredones, Provincia de san Pablo, Región Cajamarca*. Cajamarca.
- Arteaga Rodríguez, R. (1991). *Manual De Evaluación Técnico - Económica De Proyectos Mineros De Inversión*. Madrid: ITGE.
- Bogdanovic, D., Nikolic, D., & Ilic, I. (2012). Mining method selection by integrated AHP and PROMETHEE method. *Anais Da Academia Brasileira De Ciencias*, 219-233.
- Cabello, N. (2008). *Selección del método de explotación para la veta piedad en la mina Catalina Huanca, Ayacucho*. Lima.
- Cía Minera San Nicolas. (s.f.). *Geología del yacimiento y calculo de reservas*.
- De la Cruz, E., Álvarez, Á., Rodríguez V, C., Huamaní, A., de la Cruz, L., & Lázaro, V. (2013). Métodos de explotación en la mediana minería del Perú. *Revista Del Instituto De Investigación De La Facultad De Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica Y Geográfica*. 125-134.
- Dehghani, H., Siami, A., & Haghi, P. (2017). A new model for mining method selection based on grey and TODIM. *Journal of Mining & Environment*, 49-60.
- Figueroa Gomez, R. H. (2017). *"Diseño Del Sistema De Limpieza Para Mejorar La Producción En La Compañía San Nicolas - Unidad Colorada Año 2014"*. Huaraz - Perú: Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas.
- Guerreo, C. (2017). *Geomecánica para la selección del método de explotación de la veta Almiranta de la compañía minera Quiruvilca S.A. – 2017*. Huaraz.
- Hernández Sampieri, R. (2014). Metodología de la Investigación. En R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado, & L. Pilar Baptista, *Metodología de la Investigación*. México: Mexicana.

- Huayta, C. (2015). *Selección y análisis del método de explotación para el minado del manto intermedio en la U.M. Pachapaqui - CÍA. Minera ICM Pachapaqui S.A.C. Ayacucho.*
- Kirkman, R. (1979). *Optimization of Mining Engineering Design in Mineral Valuation.* The American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum.
- López, V. (1994). *Manual para la selección de métodos de explotación de minas.* Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Mendiola, V. (2017). *Criterios de diseño para la toma de decisiones en la evaluación de alternativas de minado en empresas mineras de la región central del Perú.* Huancayo.
- Nicholas, D. (1981). *Method Selection - A Numerical Approach.* En Nicholas. New York.
- Priest y Hudson. (1993). *Discontinuity Analysis for Rock Engineering.* London: Springer Science & Business Media, 1993.
- Rennie, D. W., & Wallis, C. S. (2005). *Technical report on the San Nicolas project, Peru.* Toronto: Vancouver BC.
- Rodríguez, G. (12 de 02 de 2016). *Centro Geotecnico Internacional.* Obtenido de CGI: <https://centrogeotecnico.com/blog-geotecnia-geomecanica/seleccion-del-metodo-de-minado-segun-nicholas.html>
- Tapia, A. (DICIEMBRE de 2019). *BSG Institute conocimiento para crecer.* Obtenido de <https://bsginstitute.com/bs-campus/blog/metodos-de-explotacion-subterranea-1135>
- Villalta, R. (2018). *Aplicación del método de explotación por taladros largos en Veta Virginia de la unidad San Cristobal de la Compañía minera Volcan S.A.A. Puno.*
- Zenteno, N. (2017). *Explotación de la veta prometida mediante el método de corte y relleno ascendente selectivo unidad minera santa filomena empresa minera sotrami S.A. Arequipa.*

CAPÍTULO VI. ANEXOS

ANEXO N°1. Realización de su ciclo de minado en la veta Colorada.

Perforación:

- Se propone el uso de una perforadora de tipo Jack leg RNP, utilizando barrenos cónicos de 7/8” x 2, 4, 6,8 pies de longitud, Shen Yang modelo YT 29 A hidráulico consume (De la Cruz, y otros, 2013) de aire 80 psi una longitud de perforación 8 pies con un diámetro de 45 mm con mínimo de 3 guidores, que contribuyan a uniformizar el paralelismo de los taladros perforados.

Voladura:

- Se propone el uso de dinamitas gelatinosas ya que, por su alto poder rompedor y su gran resistencia a la presencia de agua, lo hace idóneo para obtener una buena fragmentación de rocas.

Sostenimiento.

- La calidad de la roca ofrece una buena resistencia lo cual hace referencia al minado sin sostenimiento, sin embargo, se propone reforzar las secciones con cuadros de madera para secciones donde no se garantice la estabilidad de la roca.

Limpieza y acarreo.

- Para abastecer la producción actual se propone la implementación de un Winche Eléctrico de arrastre de 10 Hp con capacidad de 1.5 TM de minera por ciclo.
- Enmaderado de los echaderos y camino.
- Se hace colocando puntales sistemáticos en línea de 7” y 8” de diámetro en sección de 1.50 x 2.40 m, bloqueado de caja a caja en una distancia de 1.35 metros de puntual a puntual para posteriormente entablarlas y limitarlas para el relleno detrítico.

- Luego se procede a colocar el entablado de 2" x 8" x 3" sobre los puntales de línea; para tolvas se utiliza de 8"

Relleno.

- Se propone la utilización de material estéril proveniente de otras galerías, cruceros u otras labores que cumplan la función de relleno y asimismo la función de piso para el avance del frente de explotación.

Ventilación.

- La ventilación en el proyecto es natural, artesanal. Cuenta con el apoyo de ventiladores de 10.000 CFM, ventiladores Pitón ubicadas en zonas estratégicas, el aire ingresa por bocaninas, arrastrando gases, polvos hacia las chimenas que constituyen el conducto de salida a superficie.

ANEXOS N° 2. Acarreo de mineral con carretillas y carro minero



Figura 6. Carguío de mineral en carretillas antes de usar el carro minero.



Figura 7. Descargue de mineral con Carrito Minero.

ANEXOS N° 3. Buzamiento de veta colorada



Figura 8. Buzamiento de la veta la Colorada.

ANEXOS N° 4. Determinación de rugosidad del macizo rocoso



Figura 9. Medición de la rugosidad del macizo con el Peine de Barton.

ANEXOS N° 5. Determinación de resistencia del macizo rocoso con martillo de Schmidt



Figura 10. Prueba de resistencia del macizo con el Martillo de Schmidt lado caja.

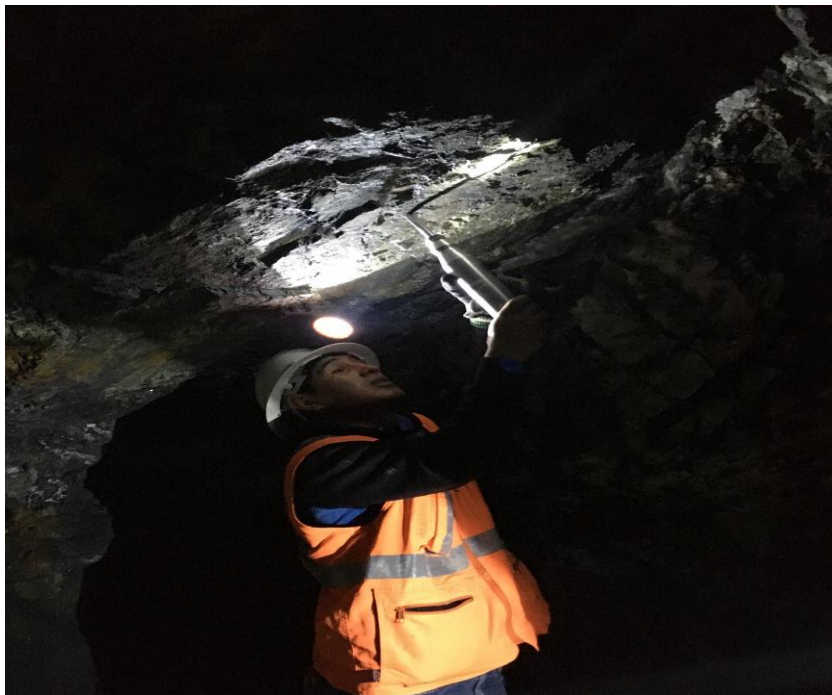


Figura 11. Prueba de resistencia del macizo con el Martillo de Schmidt techo.

ANEXOS N° 6. Ensayos de carga puntual



Figura 12. Ensayo de carga puntual a las muestras del mineral.



Figura 13. Ensayo de carga puntual.

ANEXOS N° 7. Localización de bocamina con GPS



Figura 14. Toma de su punto GPS de bocamina.

ANEXOS N° 8. Nv 3650 – Veta Colorada



Figura 15. Con el Perforista (Porfirio Muñoz) de turno día – Nv 3650 Veta Colorada.

ANEXOS N° 9 Vista en planta. Nv 3650 – Veta Colorada

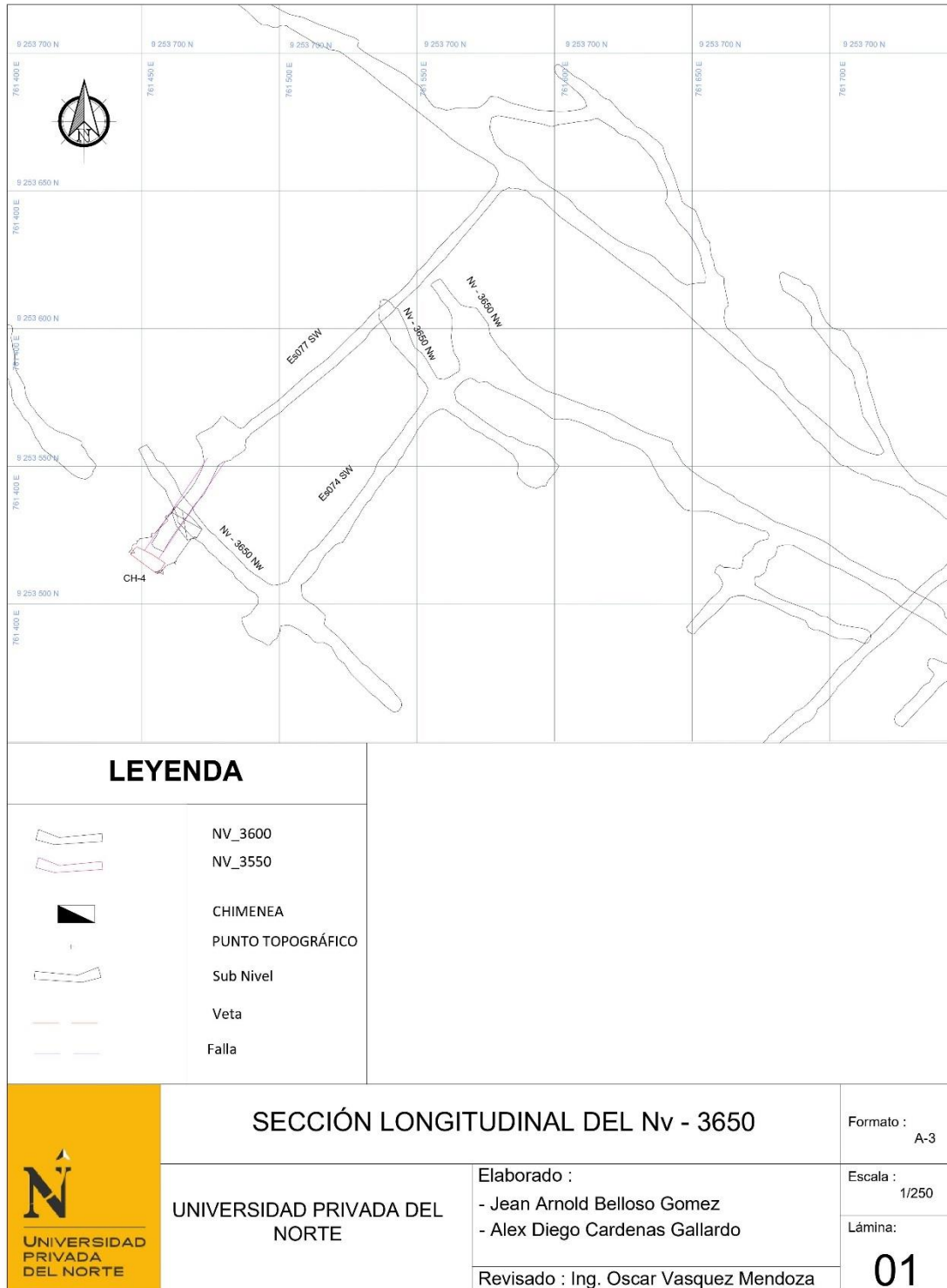


Figura 16. Vista en planta – Nv 3650.

Fuente: Datos tomados en campo

ANEXOS N° 10 Sección Transversal – Veta Colorada

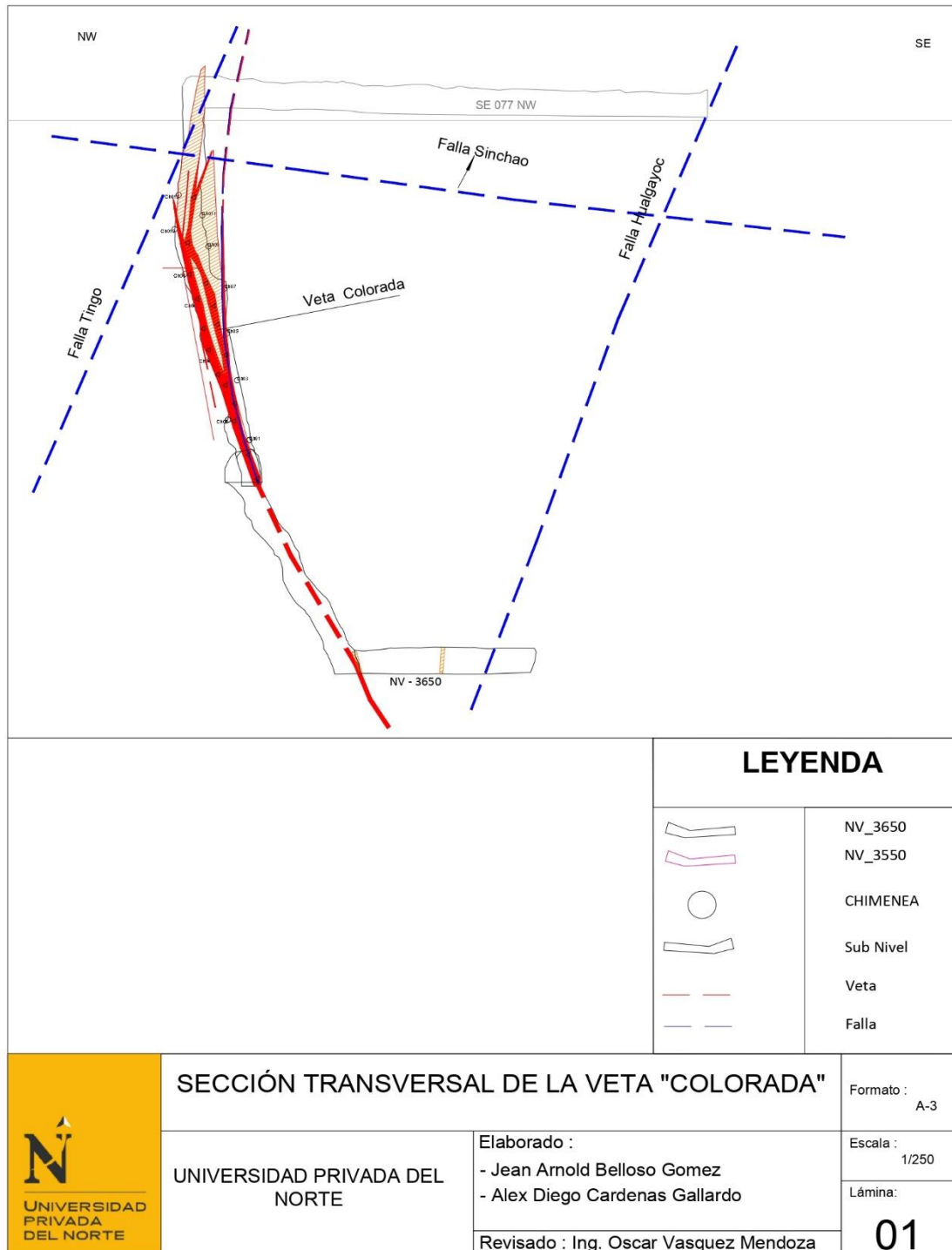


Figura 17. Sección transversal – Veta Colorada.

Fuente: Datos tomados en campo