

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Aplicación de parámetros técnicos de Nicholas
para la elección del método de minado Mina
Yuraocsha - Ulcumayo**

Bryan Sebastian Rojas Poma

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

“APLICACIÓN DE PARAMETROS TECNICOS DE NICHOLAS PARA LA ELECCIÓN DEL MÉTODO DE MINADO MINA YURAOCSHA – ULCUMAYO”

INFORME DE ORIGINALIDAD

26%

INDICE DE SIMILITUD

26%

FUENTES DE INTERNET

%

PUBLICACIONES

%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	docplayer.es Fuente de Internet	3%
2	www.coursehero.com Fuente de Internet	2%
3	www.scribd.com Fuente de Internet	2%
4	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	2%
5	idoc.pub Fuente de Internet	1%
6	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	1library.co Fuente de Internet	1%
8	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%

9	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	1 %
10	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	1 %
11	www.grafiati.com Fuente de Internet	1 %
12	kupdf.net Fuente de Internet	1 %
13	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	1 %
14	s48eb3e6ebabe5db6.jimcontent.com Fuente de Internet	1 %
15	fr.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
16	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.ana.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
18	coek.info Fuente de Internet	<1 %
19	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
20	revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

21	www.repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
22	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
23	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
24	cybertesis.uni.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
25	documents.mx Fuente de Internet	<1 %
26	www.sgm.gob.mx Fuente de Internet	<1 %
27	bdigital.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
28	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
29	es.wikipedia.org Fuente de Internet	<1 %
30	repositorio.utn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
31	issuu.com Fuente de Internet	<1 %
32	repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

33	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
34	delphoslab.cl Fuente de Internet	<1 %
35	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
36	informatica.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
37	www.minem.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
38	www-wds.worldbank.org Fuente de Internet	<1 %
39	dspace.unl.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
40	documentop.com Fuente de Internet	<1 %
41	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
42	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
43	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
44	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

45	dokumen.site Fuente de Internet	<1 %
46	www.dufoa.nl Fuente de Internet	<1 %
47	repositorio.udes.edu.co Fuente de Internet	<1 %
48	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
49	fdocuments.es Fuente de Internet	<1 %
50	repositorio.unica.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
51	repositorio.upagu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
52	bibliotecas.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
53	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
54	www.praktijkblik.nl Fuente de Internet	<1 %
55	catalogobiblioteca.ingemmet.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
56	repositorio.uladech.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

57	www.equilibrium.com.pe Fuente de Internet	<1 %
58	doku.pub Fuente de Internet	<1 %
59	repositorio.pucp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
60	repositorio.unajma.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
61	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
62	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
63	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	<1 %
64	chac0maniaa.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
65	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
66	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
67	repositorio.ingemmet.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
68	repositorio.udaff.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

69

repositorioslatinoamericanos.uchile.cl

Fuente de Internet

<1 %

70

tesis.unap.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a mi alma mater: universidad Continental de Huancayo y a los docentes de la Escuela Profesional Académica de Ingeniería de Minas por las enseñanzas obtenidas y prepararnos para los retos de la vida

Expresar mi sincero agradecimiento al Mg. Julio Fredy Porras Mayta, por su confianza y paciencia en el asesoramiento y enseñanzas impartidas durante el desarrollo de la tesis

Bach. Rojas Poma Bryan Sebastián

DEDICATORIA

Dedico con todo corazón mi tesis a mi madre: Ana Ines Poma Veli, pues sin ella no lo había logrado, con sus palabras de aliento siempre me impulsaba a seguir mis metas.

Por eso te doy mi trabajo en ofrenda por tu paciencia y amor madre mía, te amo.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN	xii
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	14
1.1 Planteamiento y formulación del problema	14
1.1.1 Problema general	15
1.1.2 Problemas específicos.....	15
1.2 Objetivos	15
1.2.1 Objetivo general	15
1.2.2 Objetivos específicos.....	15
1.3 Justificación.....	15
1.3.1 Justificación práctica	15
1.3.2 Justificación metodológica.....	15
1.4 Delimitación del problema.....	16
1.4.1 Delimitación espacial.....	16
1.4.2 Delimitación temporal	16
1.4.3 Delimitación económica.....	16
1.5 Hipótesis y variables.....	16
1.5.1 Hipótesis general.....	16
1.5.2 Hipótesis específicas.....	16
1.5.3 Variables	18
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	19
2.1 Antecedentes del problema	19
2.2 Bases teóricas	24
2.2.1 La mecánica de rocas en la minería subterránea	24
2.2.2 Selección del método de explotación.....	27
2.2.3 Método de minado según Nicholas.....	31

2.2.4 Metodología de Nicholas:	31
2.2.5 Parámetros a tener en cuenta:	32
2.2.6 Geometría del yacimiento	32
2.2.7 Características geotécnicas del yacimiento	33
2.2.8 Tablas de valoración de Nicholas:	34
2.3 Definición de términos básicos	38
CAPÍTULO III METODOLOGIA.....	41
3.1 Método, tipo o alcance de la investigación.....	41
3.1.1 Método general.....	41
3.1.2 Tipo de investigación	41
3.1.3 Nivel de investigación	41
3.1.4 Diseño de investigación.....	41
3.1.5 Población y muestra	42
3.2 Materiales y métodos.....	42
3.2.1 Técnicas de recolección de datos.....	42
3.2.2 Instrumentos de recolección de datos	42
3.2.3 Técnicas de procesamiento de datos	42
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
4.1 Datos generales	43
4.1.1 Ubicación y acceso.....	43
4.1.2 Geografía	45
4.1.3 Región natural	45
4.1.4 Hidrografía.....	46
4.1.5 Clima y vegetación	47
4.1.6 Geomorfología.....	47
4.1.7 Estratigrafía	49
4.1.8 Geología estructural	50
4.1.9 Geología económica.....	53
4.2 Evaluación de datos geomecánicos del macizo rocoso	54
4.2.1 Cálculo de la resistencia a compresión uniaxial.....	54
4.2.2 Cálculo del RQD.....	59
4.2.3 Cálculo de la rugosidad	61
4.2.4 Resistencia de la roca intacta	67
4.2.5 Evaluación geomecánica	69

4.3 Discusión de resultados.....	80
CONCLUSIONES	82
RECOMENDACIONES	83
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	84
ANEXOS.....	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sistemas tecnológicos más empleados	30
Tabla 2. Relación de yacimiento forma y potencia	34
Tabla 3. Relación de yacimiento orientación y distribución de leyes	34
Tabla 4. Condiciones geotécnicas del mineral – Competencia roca intacta	35
Tabla 5. Condiciones geotécnicas del mineral – espaciamiento resistencia estructura	35
Tabla 6. Condiciones geotécnicas de la pared colgante.....	36
Tabla 7. Condiciones geotécnicas de la pared pendiente	37
Tabla 8. Factores de peso.....	38
Tabla 9. Ruta vial a la unidad minera Yuraocsha	43
Tabla 10. Número de rebotes muestra N°1	54
Tabla 11. Número de rebotes muestra N°2	55
Tabla 12. Número de rebotes muestra N°3	56
Tabla 13. Número de rebotes muestra N°4	56
Tabla 14. Número de rebotes muestra N°1	56
Tabla 15. Número de rebotes muestra N°2	57
Tabla 16. Número de rebotes muestra N°3	58
Tabla 17. Número de rebotes muestra N°4	58
Tabla 18. RQD en función # Fracturas/ml	59
Tabla 19. Profundidad de rugosidad/longitud del perfil muestra N°1	61
Tabla 20. Profundidad de rugosidad/longitud del perfil muestra N°2	63
Tabla 21. Profundidad de rugosidad/longitud del perfil muestra N°3	64
Tabla 22. Profundidad de rugosidad/longitud del perfil muestra N°4	64
Tabla 23. Profundidad de rugosidad/longitud del perfil muestra N° 1	64
Tabla 24. Profundidad de rugosidad/longitud del perfil muestra N°2	66
Tabla 25. Profundidad de rugosidad/longitud del perfil muestra N°3	67
Tabla 26. Profundidad de rugosidad/longitud del perfil muestra N°4	67
Tabla 27. Parámetros de muestreo de las cajas de la veta	69
Tabla 28. Valoración del macizo rocoso (R.M.R.) Parte de veta (mineral).....	70
Tabla 29. Parámetros de muestreo cajas	71
Tabla 30. Valoración del macizo rocoso (R.M.R.) Parte de las cajas	72

Tabla 31. Parámetros del yacimiento (forma general, ancho y distribución de leyes del yacimiento)	75
Tabla 32. Parámetros del mineral (competencia macizo rocoso, espaciamiento de fracturas y condición de estructuras)	76
Tabla 33. Parámetros de la pared colgante (competencia macizo rocoso, espaciamiento de fracturas y condición de estructuras)	77
Tabla 34. Parámetros de la pared pendiente (competencia macizo rocoso, espaciamiento de fracturas y condición de estructuras)	78
Tabla 35. Parámetros para el ranking para la selección del método de explotación (yacimiento, mineral, pared colgante y pared yacente)	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Consideraciones para elección del método de explotación	29
Figura 2. Parámetros son considerados en la metodología.....	31
Figura 3. Mapa de ubicación de la zona de acceso.....	44
Figura 4. Relieve cordillerano conformado por el nevado Tarata, al pie de la laguna Jaico (hoja de Ulcumayo)	48
Figura 5. Vista panorámica de la ladera cordillerana con topografía accidentada en la quebrada Shacsatambo (hoja de Ulcumayo), al fondo el nevado Yanacocha	48
Figura 6. Vista del complejo Maraynioc que aflora en el C° Goshia Cruz costado del río Cullus (Ulcumayo)	50
Figura 7. Falla de Ulcumayo que pone en contacto al complejo Maraynioc con el grupo Pucará, próximo al caserío Yupac Marca (Ulcumayo)	53
Figura 8. Ábaco para determinar la resistencia a compresión uniaxial	55
Figura 9. Ábaco para determinar la resistencia a compresión uniaxial	57
Figura 10. Correlación RDQ/espaciamiento de discontinuidades	60
Figura 11. Ábaco de rugosidad: profundidad de rugosidad/longitud del perfil...	62
Figura 12. Ábaco de rugosidad: profundidad de rugosidad/longitud del perfil...	63
Figura 13. Ábaco de rugosidad: profundidad de rugosidad/longitud del perfil...	65
Figura 14. Ábaco de rugosidad: profundidad de rugosidad/longitud del perfil...	66
Figura 15. Ábaco para el cálculo de la razón de esfuerzos	68

RESUMEN

La investigación se planteó como problema general: ¿en qué medida la aplicación de los parámetros técnicos de Nicholas influye en la elección del método de minado, unidad minera Yuraocsha – Ulcumayo - 2022? El objetivo general fue: establecer en qué medida la aplicación de los parámetros técnicos de Nicholas influye en la elección del método de minado, unidad minera Yuraocsha – Ulcumayo – 2022 y la hipótesis general fue: la aplicación de los parámetros técnicos de Nicholas como son la geometría, del yacimiento y las condiciones geotecnia influye para la elección del método de minado, unidad minera Yuraocsha – Ulcumayo – 2022.

El método general empleado en la investigación fue el científico, tipo aplicada, nivel explicativo, diseño no experimental, la población y muestra estuvo conformada por los tajeos que se apresuraran en nivel principal de la unidad mina Yuraocsha – Ulcumayo – 2022.

Producto de la investigación se concluye que: se verificó que la aplicación de los parámetros técnicos de Nicholas influye en la elección del método de minado, para el caso unidad minera Yuraocsha – el método propuesto fue el *cut and fill stoping*, resaltando que los resultados de los parámetros analizados para el ranking fueron: yacimiento = 15, mineral = 6, pared colgante = 4.8 y pared yacente = 3.8 haciendo una puntuación total de 29.60.

Palabras clave: parámetros técnicos de Nicholas, elección del método de minado

ABSTRACT

The research was raised as a general problem: To what extent does the application of Nicholas technical parameters influence the choice of the mining method, mining unit Yuraocsha - Ulcumayo - 2022?, whose general objective was: To establish to what extent the application of Nicholas's technical parameters influence the choice of the mining method, Yuraocsha mining unit - Ulcumayo - 2022 and the general hypothesis was: The application of Nicholas's technical parameters such as geometry, deposit and geotechnical conditions influences the choice of the mining method, Yuraocsha mining unit - Ulcumayo - 2022.

The general method used in the investigation was the scientific, applied type, explanatory level, non-experimental design, the population and sample was made up of the pits that rushed to the main level of the Yuraocsha - Ulcumayo - 2022 mine unit.

As a result of the investigation, it is concluded that: It was verified that the application of Nicholas's technical parameters influences the choice of the mining method, in the case of the Yuraocsha mining unit - the proposed method was Cut and Fill Stopping, highlighting that the results of the parameters analyzed for the ranking were: deposit = 15, ore = 6, hanging wall = 4.8 and recumbent wall = 3.8, making a total score of 29.60.

Keywords: Nicholas technical parameters, choice of mining method

INTRODUCCIÓN

La presente investigación, que lleva por título: «Aplicación de parámetros técnicos de Nicholas para la elección del método de minado mina Yuraocsha – Ulcumayo», se inició a partir de los principales problemas que enfrenta la mina respecto a los métodos de explotación de tajos que están relacionados a la falta o insuficientes estudios técnicos basados en análisis analíticos, lo que repercute en una mala elección al momento de tomar decisiones, como es sabido, esta elección va a repercutir en el grado de recuperación de los minerales, los mismos que tienen relación directa con los precios y rentabilidad que se generan hacia la empresa que es la razón para su existencia.

Los problemas que se evidencian en la unidad minera son las paralizaciones que se tiene en el proceso de explotación de los tajos, baja recuperación del mineral debido a la dilución, desprendimientos de material tanto de los hastiales del techo.

La presente investigación pretende analizar los diferentes factores que influyen para la determinación del método de explotación que cumpla las expectativas de la máxima recuperación.

La investigación está estructurada en cuatro capítulos cuyos contenidos son los siguientes:

En el capítulo I, se encuentra el Planteamiento del estudio, en el cual se detalla el planteamiento y formulación del problema citando el problema general y específico, del mismo modo se da a conocer el objetivo general y específico, posteriormente se expone la justificación práctica y metodológica; para finalizar este capítulo se exponen la hipótesis general, específica y las variables de esta investigación.

El capítulo II titulado Marco teórico en el que dan a conocer los antecedentes nacionales e internacionales, de igual manera las bases teóricas y para finalizar se redacta la definición de términos básicos de la investigación.

El capítulo III, titulado Metodología está referida para la metodología de la investigación, resaltando el método general, tipo, nivel, diseño, población y muestra, así como las técnicas e instrumentos de recolección de datos.

El capítulo IV corresponde a Resultados y discusión, en esta se dan a conocer los datos que se obtuvieron de la investigación.

En la parte final se formulan las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos

Bach: Rojas Poma Bryan Sebastian

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

Los principales problemas que enfrenta la mina respecto a los métodos de explotación de tajos están relacionados a la falta o insuficientes estudios técnicos basados en análisis analíticos lo que repercute en una mala elección al momento de tomar decisiones, como es sabido, esta elección influirá en el grado de recuperación de los minerales, los mismos que tienen relación directa con los precios y rentabilidad que se generan hacia la empresa que es la razón para su existencia.

Los problemas que se evidencian en la unidad minera son las paralizaciones que se tiene en el proceso de explotación de los tajos, baja recuperación del mineral debido a la dilución, desprendimientos de material tanto de los hastiales del techo.

La presente investigación pretende analizar los diferentes factores que influyen para la determinación del método de explotación que cumpla las expectativas de la máxima recuperación, en tal sentido se hace necesario la investigación con la finalidad de determinar las causas que generan dichos problemas.

1.1.1 Problema general

¿En qué medida la aplicación de los parámetros técnicos de Nicholas influye en la elección del método de minado, unidad minera Yuraocsha – Ulcumayo - 2022?

1.1.2 Problemas específicos

- a) ¿Cuál es el resultado de la evaluación de las características de la geometría del yacimiento para la elección del método de minado?

- b) ¿Cuál es el resultado de la evaluación de las características geotécnicas para la elección del método de minado?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Establecer en qué medida la aplicación de los parámetros técnicos de Nicholas influye en la elección del método de minado, unidad minera Yuraocsha – Ulcumayo – 2022.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Determinar las características de la geometría del yacimiento para la elección del método de minado.

- b) Establecer las características geotécnicas para la elección del método de minado.

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación práctica

Con el desarrollo de la investigación se proporcionará datos con la finalidad de establecer de forma segura la elección del método de explotación que permita la máxima recuperación del mineral.

1.3.2 Justificación metodológica

Para el desarrollo de la presente tesis, el investigador creará instrumentos y metodologías propias para la recolección de datos de campo, estas metodologías podrán ser empleadas para otras investigaciones que presenten un similar enfoque.

1.4 Delimitación del problema

1.4.1 Delimitación espacial

La presente investigación se desarrolló en:

- ✓ Región: Junín
- ✓ Provincia: Ulcumayo
- ✓ Distrito de Ulcumayo
- ✓ Paraje: Yuraocsha

1.4.2 Delimitación temporal

La investigación se desarrolló entre los meses de febrero a agosto del año en curso.

1.4.3 Delimitación económica

Los gastos que se incurran con la finalidad de desarrollar la investigación serán cubiertos en su totalidad por el bachiller sustentante.

1.5 Hipótesis y variables

1.5.1 Hipótesis general

La aplicación de los parámetros técnicos de Nicholas como son la geometría, del yacimiento y las condiciones geotecnia influye para la elección del método de minado, unidad minera Yuraocsha – Ulcumayo – 2022

1.5.2 Hipótesis específicas

- a) Las características de la geometría del yacimiento determinando la forma general y potencia influyen para la elección del método de minado.

- b) Las características geotécnicas del proyecto mediante la determinación de la competencia de la roca intacta y la veta, influye en la elección del método de minado.

1.5.3 Variables

a) Variable independiente

X1: Parámetros técnicos de Nicholas

- **Indicadores:**

- ✓ Características de la geometría del yacimiento
- ✓ Características geotécnicas del proyecto

b) Variable dependiente

Y1: Método de minado

- **Indicadores:**

- ✓ Volumen de mineral
- ✓ Dilución

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

- a) Tesis titulada: «*Selección de métodos de explotación para vetas angostas*» (1). El objetivo general fue desarrollar un modelo de selección de métodos de explotación para vetas angostas en base a propiedades geotécnicas, estado tensional in situ y características geométricas del yacimiento. La selección del método de explotación se realizará entre *sublevel stoping* y *sublevel caving*, como solución a los métodos de explotación por relleno aplicados en vetas angostas, que resultan ser más costosos (1).

Los objetivos específicos son:

- ✓ Definir los parámetros geotécnicos y de diseño que sean favorables en la selección de los métodos Sublevel Stopping y Sublevel Caving para su aplicación en yacimientos de vetas angostas (1).

- ✓ Crear una herramienta de comparación para los métodos Sublevel Stopping y Sublevel Caving aplicado en yacimientos de vetas angostas, en base a condiciones económicas como la recuperación, dilución y ritmo de producción (1).

Sus conclusiones fueron:

- ✓ De acuerdo con el análisis realizado en el capítulo anterior, se definen las condiciones de aplicación de los métodos Sublevel Stoping y Sublevel Caving, para la explotación de vetas angostas (1).
- ✓ El método *sublevel stoping* es aplicable preferentemente por sobre el método *sublevel caving* bajo las siguientes condiciones (1).

Geometría del Yacimiento (Altura x Corrida x Potencia)	Inclinación	Q' de Barton Modificado
Forma 1: 500x80x10 (m)	60°	7,5
Forma 1: 500x80x10 (m)	60°	10,0
Forma 1: 500x80x10 (m)	90°	5,0
Forma 1: 500x80x10 (m)	90°	7,5
Forma 1: 500x80x10 (m)	90°	10,0
Forma 2: 350x350x10 (m)	60°	10,0
Forma 2: 350x350x10 (m)	90°	10,0

Tabla 48: Condiciones preferentes Sublevel Stoping

- ✓ El método *sublevel caving* es aplicable preferentemente por sobre el método *sublevel stoping* bajo las siguientes condiciones (1).

Geometría del Yacimiento (Altura x Corrida x Potencia)	Inclinación	Q' de Barton Modificado
Forma 2: 350x350x10 (m)	60°	5,0
Forma 3: 500x500x10 (m)	60°	5,0
Forma 3: 500x500x10 (m)	60°	7,5
Forma 3: 500x500x10 (m)	60°	10,0
Forma 3: 500x500x10 (m)	90°	5,0
Forma 3: 500x500x10 (m)	90°	7,5

Tabla 49: Condiciones preferentes Sublevel Caving

- ✓ Luego, las condiciones en que no existe preferencia por alguno de los métodos en estudio se presentan a continuación (1).

Geometría del Yacimiento (Altura x Corrida x Potencia)	Inclinación	Q' de Barton Modificado
Forma 1: 500x80x10 (m)	60°	5,0
Forma 2: 350x350x10 (m)	60°	7,5
Forma 2: 350x350x10 (m)	90°	5,0
Forma 2: 350x350x10 (m)	90°	7,5
Forma 3: 500x500x10 (m)	90°	10,0

Tabla 50: Condiciones indiferentes para Sublevel Stoping y Sublevel Caving

- ✓ Debido a que hay incertidumbre en la selección del método de explotación para las condiciones presentadas anteriormente, se debe utilizar la herramienta de evaluación. De este modo, la selección queda definida a través de un resultado económico (1).
 - ✓ El hecho de encontrar condiciones de aplicación similares para los métodos *sublevel stoping* y *sublevel caving* en vetas angostas, contradice en parte el modelo de selección de Nicholas, que descarta por completo la utilización del método *sublevel caving* en vetas angostas, debido a que no considera la variante longitudinal (1).
 - ✓ Finalmente, para obtener más condiciones donde exista incertidumbre para seleccionar el método de explotación, se recomienda extender el estudio para inclinaciones de 70° y 80°; y valores intermedios de calidad de macizo Q' entre 5,0 y 10,0 (1).
- b) Tesis titulada: «*Selección del método de minado a fin de optimizar la producción de la veta Juanita Unidad Minera Fénix-Excavaciones de Piques S.A.C*» (2). El objetivo general de la investigación fue realizar la selección del método de minado a fin de optimizar la producción de la veta Juanita Unidad Minera Fénix – Excavaciones de Piques S. A. C. (2).

Los objetivos específicos fueron:

- ✓ Determinar el programa de inversión operativa en las labores de desarrollo, preparación y explotación con la selección del método de minado a fin de optimizar la producción de la veta Juanita Unidad Minera Fénix – Excavaciones de Piques S.A.C. (2).
- ✓ Diseñar el método minado de seleccionado, en función a parámetros geológicos, geomecánicas y económicos (2).

Sus conclusiones fueron:

- ✓ La evaluación técnica económica se realizó para tres métodos de minado propuesto por Nicholas: *cut and fill*, *bench and fill* y *sublevel stoping* (2).

- ✓ Las reservas minables calculadas para los tres métodos de minado propuestos de *bench and fill*, *sublevel stoping* y *cut and fill* fueron de 121,737.00, 110,347.00 y 123,039.00 toneladas en la veta Juanita (2).
- ✓ Los NSR de los métodos de minado propuestos Bench and Fill, Sublevel Stoping y Cut and Fill fueron de 104, 101 y 109 US \$/t (2).
- ✓ Los costos unitarios de los métodos de minado propuestos *bench and fill*, *sublevel stoping* y *cut and fill* fueron de 110, 110 y 91 US\$/t (2).
- ✓ El método de minado elegido en la evaluación técnica económica en la veta Juanita fue el de *cut and fill*, consiguiendo una utilidad bruta de \$ 2 millones (2).
- ✓ Las leyes de mineral mejorarán cuando se intercepte a la mineralización mixta de calcopirita y bornita, mejorando las leyes medias entre 3.5 a 4.5 % y posteriormente pasar a una zona de sulfuros masivos (2).
- ✓ El plan de producción proyectado en el método de minado seleccionado *cut and fill* durante 12 meses, generó ingresos en escenarios de ley de Cu equivalente de 2.68 y 3.81 % de 981,000 \$ y 1,395000 \$" (2).
- ✓ Los costos generados en ambos escenarios de Cu equivalente de 2.68 y 3.81 % fueron de 870,544.15 \$ y 948,775.85 \$ respectivamente (2).
- ✓ El flujo de caja del plan de producción proyectado generó un VAN de 66,397.86 \$ y una TIR de 15 % considerando una tasa de descuento de 10 % y un CAPEX de 200,000 \$ (2).
- ✓ La alternativa seleccionada permitirá el incremento de la productividad en el plan de producción de la veta Juanita en la Unidad Minera Fénix, controlando el incremento de los costos operacionales en labores de profundización subterránea, cumpliendo el plan de avance de labores de desarrollo y preparación (2).

c) Tesis titulada: «*Geomecánica aplicada a la selección del método de explotación de la zona Cruz de Oro - compañía minera Cori Puno S.A.C. – 2018*» (3). El objetivo general de la investigación fue determinar la aplicación de la geomecánica en la selección del método de explotación de la zona Cruz de Oro – Compañía Minera Cori Puno S.A.C. – 2018”. (3)

Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- ✓ Determinar la caracterización del macizo rocoso para la selección del método de explotación en la zona Cruz de Oro de la Compañía Minera Cori – Puno (3).

- ✓ Determinar los procedimientos para el método de explotación en la zona Cruz de Oro de la Compañía Minera Cori – Puno (3).

Producto de su investigación concluye que:

- ✓ De la aplicación de la geomecánica en la zona de Cruz de Oro se determinó que el método de explotación es taladros largos con pilares corridos (3).

- ✓ Del estudio geo mecánico de la zona Cruz de Oro y su entorno físico se concluye que el macizo rocoso según el sistema de valoración RMR89, el lugar de estudio está emplazado en su mayoría en tipo de roca Regular (IIIA, IIIB), y en zonas puntuales de Mala a Muy mala (3).

- ✓ Según el arreglo estructural se ha determinado cuatro familias principales los cuales son: SIS 1, 30/71; SIS 2, 78/57; SIS 3, 88/331y SIS 4, 35/298. Estos son formadores de bloques, cuñas y lajas en corona y hastiales respectivamente (3).

- ✓ De la selección de método de minado según Nicholas, se concluye considerando los parámetros del yacimiento y las propiedades geomecánicas de las cajas y mineral en tres métodos (Ver Tabla N° 09 Cuadro de resumen para calificación del método). Considerándose lo óptimo el método de

Cámaras y pilares fusionado con taladros largos y pilares corridos con taladros potencia de 16.0 metros del manto.

- ✓ Las dimensiones de la cámara y pilar corrido se han determinado según Lunder Pakalnis (1997). Los cuales se tienen una recuperación de mineral de 64% con un factor de seguridad de 1.53 el cual es estable para el pilar. Las dimensiones recomendadas son 9.0 metros de cámara y 5.0 metros de pilar corrido ver (Tabla N°19) (3).
- ✓ Del dimensionamiento geo mecánico para la explotación empleando la técnica del “Método gráfico de estabilidad” se tiene que las dimensiones máximas de los tajeos en la zona Cruz de Oro serán de 9.0 metros de cámara, 5.0 metros de pilar corrido con altura después de minado de 16.0 metros y 90.0 metros a lo largo (3).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 La mecánica de rocas en la minería subterránea

a) Elección del método de explotación

El control del terreno es una de las consideraciones más importante para seleccionar la forma de explotar un criadero, por lo que debe ser también un aspecto primordial en cualquier estudio de método de explotación que se realice. Cada yacimiento, por sus características geológicas consiste en una combinación diferente de factores de los cuales se derivan unos determinados comportamientos del terreno al extraer el mineral (4 pág. 11).

Los tipos de control del macizo rocoso que deben considerarse varían desde el mantenimiento rígido del terreno mediante pilares, pasando por diferentes grados de cierre de los hastiales y de descenso del techo, hasta el hundimiento completo de la masa mineral y del estéril suprayacente. Estos tres tipos están representados por los Grupos A, B y C respectivamente, cada uno de los cuales forma el núcleo de un círculo mayor en el interior del cual se agrupan los métodos satélites. El círculo central, más amplio, se solapa con el superior e inferior, delimitando zonas de transición en las que son tolerables ciertos compromisos con los principios básicos que dichos círculos representan, y además encierra

otros dos círculos: el primero divide las técnicas de sostenimiento en relleno y soportes Individuales y el segundo representa la explotación por frente largo. El círculo inferior también comprende otro círculo, con objeto de distinguir entre el hundimiento de la masa mineral y el de los terrenos suprayacentes (4 pág. 12).

La influencia de la potencia del criadero se indica mediante divisiones fuera de los círculos. Se denomina yacimientos estrechos a aquellos cuya anchura no sobrepasa de los 10 m. ya que es el máximo que suele sostenerse mediante entibación. La noción de criadero ni ancho ni estrecho se ha introducido para agrupar los métodos de cámaras y pilares, y realces con almacenamiento, que son prácticamente independientes de la potencia de la explotación. Los llamados métodos para criaderos generalmente potentes son apropiados para grandes espesores, pero esto no quiere decir que los métodos de relleno, por ejemplo, no pueden emplearse en yacimientos estrechos. Criaderos invariablemente potentes son aquellos que se explotan por métodos como los de hundimiento, que requieren grandes espesores (normalmente más de 30 m) (4 pág. 12).

La escala de energía de deformación acumulada que se muestra a la derecha de la figura es de gran interés, pues en ella se incluye la aportación de la mecánica de rocas. En el grupo A, en el que tanto los anchos de las cámaras como las cargas sobre los pilares son pequeños, la energía de deformación está controlada. En la zona de transición y en la de recuperación de pilares, se produce un aumento de presión en éstos, debido a la mayor profundidad y extensión de la mina, y a la reducción del área de los pilares, que puede dar lugar a la rotura gradual o súbita de algunos de ellos. Ambas son zonas de concentración de energía elástica y por tal motivo, cuando se trata de rocas resistentes, existe el riesgo de que se produzcan "explosiones de roca". La rotura progresiva del terreno es la característica principal de los métodos que se han ubicado entre el centro del círculo medio y la parte baja del inferior. En ellos, si la rotura del terreno sigue normalmente su curso, al extraer el mineral la energía de deformación va disminuyendo (4 pág. 12).

b) Diseño de estructuras subterráneas

Cuando se diseña una nueva estructura subterránea en roca o se evalúa la estabilidad de una ya existente, se deben determinar los aspectos siguientes: (4 pág. 12).

- ✓ Tensiones y deformaciones que se producen en la estructura como resultado de las fuerzas externas e internas. (4 pág. 12).
- ✓ Capacidad de la estructura para resistir estas tensiones y deformaciones. El límite de esta capacidad se estima generalmente por la tensión necesaria para producir la rotura de la estructura, aunque algunas veces la deformación excesiva puede también constituir una limitación (4 pág. 12).

Diseñar una estructura en roca es, por lo general, difícil. Una de las principales dificultades proviene de que las rocas se hallan sometidas a tensiones desconocidas, debidas principalmente al peso del recubrimiento y a las fuerzas tectónicas. Aunque el estado tensional de la corteza terrestre podría estimarse suponiendo que es debido solamente al peso de los terrenos suprayacentes, las medidas efectuadas muestran que las estimaciones realizadas sobre esta base suelen ser completamente erróneas (4 pág. 12).

La dificultad en obtener una información sobre las propiedades mecánicas del macizo rocoso antes de la apertura de la cavidad es otro inconveniente. Los materiales de construcción pueden producirse de acuerdo con unas especificaciones determinadas, y las estructuras convencionales diseñarse para utilizar, dichos materiales; sin embargo, el diseño de estructuras subterráneas se ve dificultado por la escasez de información acerca del comportamiento y propiedades del macizo rocoso (4 pág. 12).

El tercer problema surge al tratar de calcular las tensiones y deformaciones en diferentes partes de la estructura, ya que, a medida que la forma de las cavidades se hace más compleja, o el macizo rocoso más heterogéneo, la estructura resulta difícil de tratar matemáticamente, y es preciso recurrir a modelos numéricos y medidas *in situ* (4 pág. 12).

Las bases de diseño en minería subterránea son casi opuestas a las utilizadas en la ingeniería civil (4 pág. 12).

Consideraciones económicas suelen hacer necesario extraer el mayor porcentaje posible del criadero, por lo que el tamaño y número de pilares, machones, u otros soportes estructurales abandonados, se reducen al mínimo. Las minas tienen una vida corta comparada con la de las estructuras convencionales y este aspecto, junto con las ventajas económicas que reporta operar con coeficientes mínimos de seguridad, son dos facetas del diseño exclusivamente mineras. Por fortuna, el desarrollo de una mina es normalmente tan lento que suele haber numerosas oportunidades para experimentar, y modificar el proyecto de acuerdo con los resultados obtenidos (4 pág. 12).

En el diseño inicial de una mina además de la Mecánica de Rocas debe utilizarse la experiencia, sobre todo si ésta ha sido adquirida en estructuras equivalentes, rocas similares y profundidades comparables a las de la mina que se trata de diseñar. Más adelante, conforme se van recogiendo datos sobre las propiedades del macizo rocoso y sobre el campo tensional, las hipótesis de partida deben reconsiderar y el diseño modificarse en consecuencia. No hay otra alternativa para proyectar minas, aunque en algunos casos se ha conseguido realizar buenos proyectos abriendo cámaras experimentales, galerías y pozos, para obtener información geológica, mejores muestras para los ensayos de determinación de las propiedades mecánicas de las rocas, y medidas del campo natural de tensiones en el macizo rocoso. La evaluación de la estabilidad de estructuras rocosas existentes presenta menos dificultades, ya que, al tener acceso a la mina, pueden realizarse las observaciones y medidas que aconseja la naturaleza del problema (4 pág. 13).

2.2.2 Selección del método de explotación

a) Factores determinantes en la elección del método de explotación

- **Geometría del yacimiento**

- ✓ Forma (masiva, tabular, filoniana, etc.)
- ✓ Potencia y buzamiento
- ✓ Tamaño
- ✓ Regularidad (4 pág. 14)

- **Aspectos geotécnicos**

- ✓ Resistencia (mena, techo y muro)
- ✓ Fracturación (intensidad y tipo de fracturación)
- ✓ Campo tensional in-situ (profundidad)
- ✓ Comportamiento tenso-deformacional (4 pág. 14)

- **Aspectos económicos**

- ✓ Leyes de la mena
- ✓ Valor unitario de la mena
- ✓ Productividad y ritmo de explotación (4 pág. 14)

- **Seguridad y medio ambiente**

- ✓ Aspectos de seguridad
- ✓ Impacto ambiental (paisaje, subsidencia, aguas etc.)
- ✓ Impacto social (4 pág. 14)

b) Tipos de métodos de explotación subterráneos

- **Autoportantes**

- ✓ Cámaras y pilares (Room/Stope and Pillar)
- ✓ Cámaras almacén (Shrinkage Stopping)
- ✓ Cámaras por subniveles (Sublevel Stopping) (4 pág. 15)

- **Con sostenimiento artificial**

- **Corte y relleno (Cut and Fill)**

- **Por hundimiento**

- ✓ Hundimiento por bloques (Block Caving)
- ✓ Hundimiento por subniveles (Sublevel Caving)
- ✓ Tajo largo (Long Wall)
- ✓ Tajo corto (Short Wall)
- ✓ Posteo
- ✓ Entibaciones mecanizadas (carbón) (4 pág. 15)

- **Arranque**

- ✓ Por gravedad (hundimiento controlado)
- ✓ Perforación y voladura
- ✓ Arranque mecánico (rozadoras, perforadoras, etc. (4 pág. 15).)

- **Carga y desescombrado del frente**

- ✓ Sistemas discontinuos (cargadoras)
- ✓ Sistemas continuos (transportadores continuos) (4 pág. 15)

- **Transportes en interior**

- ✓ Sistemas discontinuos (L.H.D., camiones)
- ✓ Sistemas continuos (transportadores de banda, panzers) (4 pág. 15)

- **Extracción**

- ✓ Pozos de extracción
- ✓ Planos inclinados para transporte por banda
- ✓ Rampas para camión (4 pág. 15)

c) Selección del método de explotación

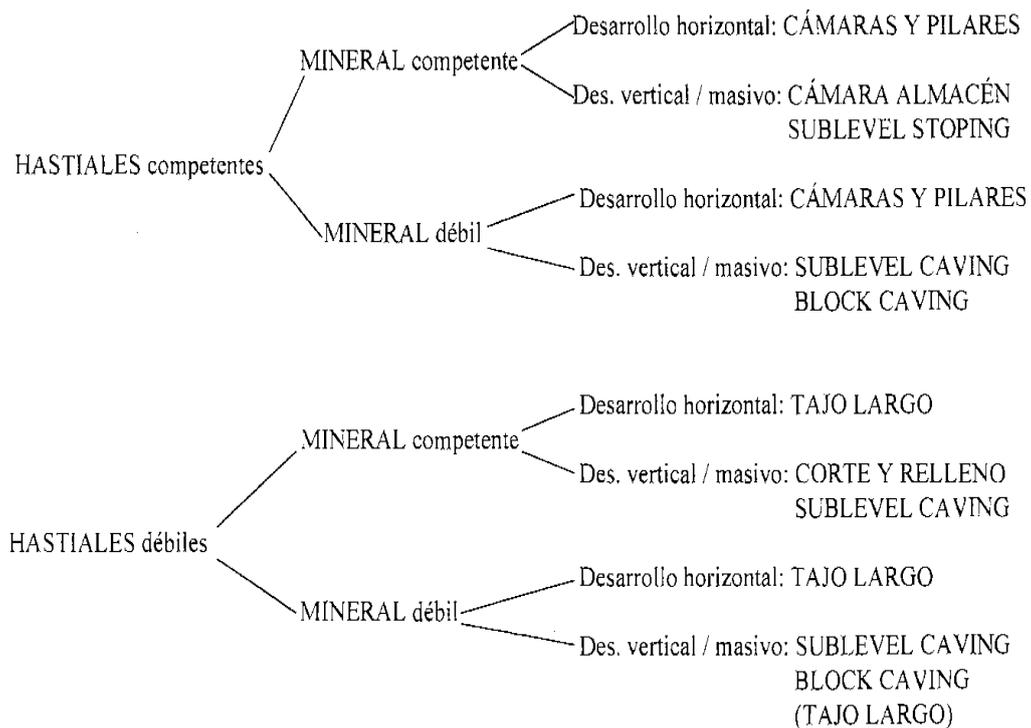


Figura 1. Consideraciones para elección del método de explotación

d) Sistemas de explotación

- **Sostenimiento y fortificación**

- ✓ Cuadros (madera o acero)
- ✓ Bulones y pernos
- ✓ Rellenos
- ✓ Sistemas hidráulicos (4 pág. 15)

- **Servicios**

- ✓ Ventilación
- ✓ Desagüe, etc. (4 pág. 15)

e) Sistemas tecnológicos más empleados

Tabla 1. *Sistemas tecnológicos más empleados*

	Cámaras y pilares	Cámaras por subniveles	Corte y relleno	Hundimiento
Sostenimiento de cámaras				
• Rellenos	Rec. Pilares	Rec. Pilares	X	
• Bulones	X		X	
• Cables cementados	X	X	X	
Arranque				
• Gravedad				X
• Perforación – voladura	X	X	X	X
• Arranque mecánico	X			
Carga en el frente				
• Sistemas continuos	X			
• Cargadores	X			
• Scooptrams (LHD)	X	X	X	X
Transporte				
• Scooptrams (LHD)	X	X	X	X
• Camiones	X	X	X	X
• Transporte continuo (cintas)	X			
Extracción	Todos	Todos	Todos	Todos
Servicios	Todos	Todos	Todos	Todos

2.2.3 Método de minado según Nicholas

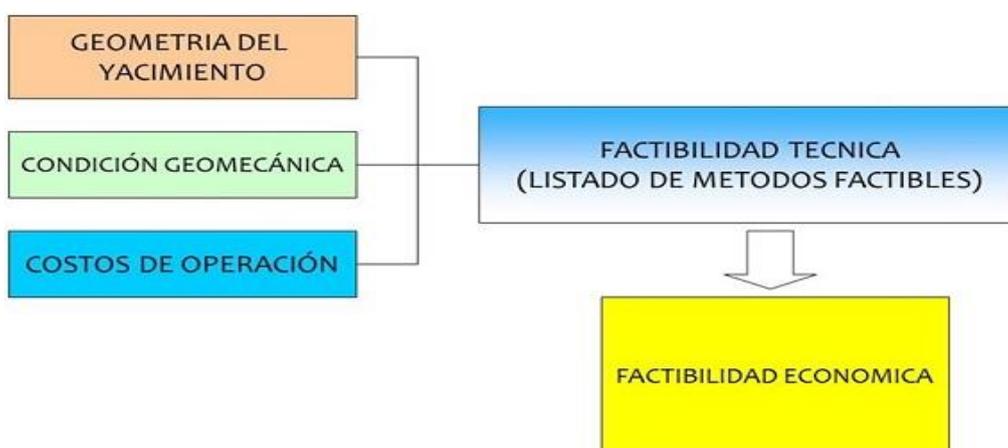
En el presente artículo se revisará la secuencia lógica de los parámetros a tener en cuenta para la elección de un método de minado. Algunos parámetros para tener en cuenta son:

- ✓ Las condiciones del terreno de la caja piso (Foot Wall), caja techo (Hanging Wall) y mineral.
- ✓ Las características físicas y geológicas del yacimiento.
- ✓ Minería y de capital costos.
- ✓ Ritmo de extracción de minería.
- ✓ Consideraciones ambientales.
- ✓ Disponibilidad y costo de mano de obra.

Para ello existen varios autores que han elaborado metodologías para seleccionar el mejor método de minado como:

- ✓ Boshkov and Wright (1973)
- ✓ Hartman (1987)
- ✓ Morrison (1976)
- ✓ Laubscher (1981)
- ✓ Nicholas (1981)

2.2.4 Metodología de Nicholas:



Referencia: NICHOLAS (1981)

Figura 2. Parámetros son considerados en la metodología

2.2.5 Parámetros a tener en cuenta:

a) Geometría del yacimiento

- ✓ Descripción de la geometría del yacimiento
- ✓ Descripción de la potencia del yacimiento
- ✓ Descripción de la inclinación del yacimiento
- ✓ Descripción de la profundidad del yacimiento
- ✓ Descripción de la distribución de leyes en el yacimiento

b) Características geotécnicas del proyecto

- ✓ Resistencia de la roca intacta
- ✓ Número de estructuras
- ✓ Condición de las estructuras

c) Costos de operación

2.2.6 Geometría del yacimiento

a) Descripción de la geometría del yacimiento

- ✓ Yacimiento equidimensional o masivo: dimensiones similares en todas las direcciones.
- ✓ Yacimiento tabular o elongado: dos direcciones son predominantes.
- ✓ Yacimiento Irregular: dimensiones del yacimiento varían en distancias cortas.

b) Descripción de la potencia del yacimiento

- ✓ Baja potencia : 0 - 10 m
- ✓ Potencia Intermedia: 10 - 30 m
- ✓ Potente : 30 -100 m
- ✓ Muy potente : > 100 m

c) Descripción de la inclinación del yacimiento

- ✓ Horizontal : 0 - 20°
- ✓ Intermedio : 20°- 55°
- ✓ Vertical : > 55°

d) Descripción de la profundidad del yacimiento

- ✓ Esfuerzo vertical : $sv = 0.027 \cdot H$
- ✓ $H =$ profundidad (m)

e) Descripción de la distribución de leyes en el yacimiento

- ✓ Uniforme : leyes diseminadas en el yacimiento.
- ✓ Gradacional: existen distintas leyes que gradualmente cambian en el espacio.
- ✓ Errática : existen bolsones de ley sin un claro patrón.

2.2.7 Características geotécnicas del yacimiento

Se caracteriza el mineral, pared colgante y pared yacente.

a) Resistencia de la roca intacta

- ✓ Poco competente : $UCS/sv \leq 8$
- ✓ Competencia intermedia: $8 < UCS/sv \leq 15$
- ✓ Competencia alta : $UCS/sv > 15$

b) Numero de estructuras

- ✓ Muy fracturado : $ff/m: > 16$ ff/m
- ✓ Fracturado : $ff/m: 10-16$ ff/m
- ✓ Poco fracturado : $ff/m: 3 - 10$ ff/m
- ✓ Muy poco fracturado: $ff/m: > 3$ ff/m

c) Condición de las estructuras

- ✓ Poco competente: estructuras sin relleno o con relleno con una resistencia menor a la roca intacta.
- ✓ Competente: estructuras sin relleno con superficie rugosa.
- ✓ Muy competente: estructuras con relleno de mayor resistencia que la roca intacta

2.2.8 Tablas de valoración de Nicholas:

a) Tipo de yacimiento

Tabla 2. Relación de yacimiento forma y potencia

Yacimiento Método explotación	Forma general yacimiento			Potencia del yacimiento			
	Masiva	Tabula/platy	Irregular	Baja	Intermedia	Alta	Muy alta
Rajo abierto	3	2	3	2	3	4	4
Block caving	4	2	0	- 49	0	2	4
Sublevel stoping	2	2	1	1	2	4	3
Sublevel caving	3	4	1	- 49	0	4	3
Long wall mining	- 49	4	- 49	4	0	- 49	- 49
Room and pillar	0	4	2	4	2	- 49	- 49
Shrinkage stoping	2	2	1	1	1	2	4
Cut and fill stoping	0	4	2	4	4	0	0
Top slicing	3	1	0	- 49	0	3	4
Square set	0	2	4	4	4	4	1

Tabla 3. Relación de yacimiento orientación y distribución de leyes

Mineral Método explotación	Orientación			Distribución de las leyes		
	Horizontal	Intermedia	Vertical	Uniforme	Gradacional	Errático
Rajo abierto	3	3	4	3	3	3
Block caving	3	2	4	4	2	0
Sublevel stoping	2	1	4	3	3	1
Sublevel caving	1	1	4	4	2	0
Long wall mining	4	0	-49	4	2	0
Room and pillar	4	1	0	3	3	3
Shrinkage stoping	2	1	4	3	2	1
Cut and fill stoping	0	3	4	3	3	3
Top slicing	4	1	2	4	2	0
Square set	2	3	3	3	3	3

Rating (Yacimiento) = Forma + Potencia + Orientación + Distribución

b) Condiciones geotécnicas

- **Condiciones geotécnicas del mineral**

Tabla 4. Condiciones geotécnicas del mineral – Competencia roca intacta

Condición mineral	Competencia roca intacta		
	Baja	Mediana	Alta
Método explotación			
Rajo abierto	3	4	4
Block caving	4	1	1
Sublevel stoping	-49	3	4
Sublevel caving	0	3	3
Long wall mining	4	1	0
Room and pillar	0	3	4
Shrinkage stoping	1	3	4
Cut and fill stoping	3	2	2
Top slicing	2	3	3
Square set	4	1	1

- **Condiciones geotécnicas del mineral (estructuras)**

Tabla 5. Condiciones geotécnicas del mineral – espaciamento resistencia estructura

Condiciones minerales	Espaciamento fracturas				Resistencia estructuras			
	Método explotación	Muy cercanos	Poco espaciada	Espaciadas	Muy espaciadas	Baja	Mediana	Alta
Rajo abierto		2	3	4	4	2	3	4
Block caving		4	4	3	0	4	3	0
Sublevel stoping		0	0	1	4	0	2	4
Sublevel caving		0	2	4	4	0	2	2
Long wall mining		4	4	0	0	4	3	0
Room and pillar		0	1	2	4	0	2	4
Shrinkage stoping		0	1	3	4	0	2	4
Cut and fill stoping		3	3	2	2	3	3	2
Top slicing		1	1	2	4	1	2	4
Square set		4	4	2	1	4	3	2

- **Condiciones geotécnicas de la pared colgante**

Tabla 6. Condiciones geotécnicas de la pared colgante

Pared colgante	Competencia roca intacta			Espaciamiento de fracturas				Resistencia estructuras		
	Baja	Mediana	Alta	Muy cercana	Poco espaciada	Espaciada	Muy espaciada	Baja	Mediana	Alta
Rajo abierto	3	4	4	2	3	4	4	2	3	4
Block caving	4	2	1	3	4	3	0	4	2	0
Sublevel stoping	-49	3	4	-49	0	1	4	0	2	4
Sublevel caving	3	2	1	3	4	3	1	4	2	0
Long wall mining	4	2	0	4	4	3	0	4	2	0
Room and pillar	0	3	4	0	1	2	4	0	2	4
Shrinkage stoping	4	2	1	4	4	3	0	4	2	0
Cut and fill stoping	3	2	2	3	3	2	2	4	3	2
Top slicing	4	2	1	3	3	3	0	4	2	0
Square set	3	2	2	3	3	2	2	4	3	2

- **Condiciones geotécnicas de la pared pendiente**

Tabla 7. Condiciones geotécnicas de la pared pendiente

Pared colgante	Competencia roca intacta			Espaciamiento de fracturas			Resistencia estructuras			
	Método explotación	Baja	Mediana	Alta	Muy cercana	Poco espaciada	Espaciada	Muy espaciada	Baja	Mediana
Rajo abierto	3	4	4	2	3	4	4	2	3	4
Block caving	2	3	3	1	3	3	3	1	3	3
Sublevel stoping	0	2	4	0	0	2	4	0	1	4
Sublevel caving	0	2	4	0	1	3	4	0	2	4
Long wall mining	2	3	3	1	2	4	3	1	3	3
Room and pillar	0	2	4	0	1	3	3	0	3	3
Shrinkage stoping	2	3	3	2	3	3	2	2	2	3
Cut and fill stoping	4	2	2	4	4	2	2	4	4	2
Top slicing	2	3	3	1	3	3	3	1	2	3
Square set	4	2	2	4	4	2	2	4	4	2

- **Rating métodos**

Tabla 8. Factores de peso

Factores de peso
Geometría yacimiento = 1
Condiciones geomecánicas mineral = 0.75
Condiciones geomecánicas pared colgante = 0.60
Condiciones geomecánicas pared yacente = 0.38

$$\text{Ranking} = A * k1 + B * k2 + C * k3 + D * k4$$

2.3 Definición de términos básicos

- **Socavón**

Galería de acceso desde el exterior horizontal con pendiente de drenaje (4 pág. 7).

- **Rampa**

Acceso inclinado (4 pág. 7).

- **Chimenea**

Pocillo de conexión entre dos galerías, para ventilación, paso de mineral o personal (4 pág. 7).

- **Pozo**

Excavación vertical o de fuerte inclinación para extracción o acceso principal (4 pág. 7).

- **Nivel**

Galería o grupo de galerías con acceso directo desde el pozo ó rampa de entrada a mina (4 pág. 7).

- **Subnivel**

Galería desde la que se ejecutan labores de arranque y / o carga a una cota determinada (4 pág. 7).

- **Barreno o tiro**
Taladro perforado para voladura (4 pág. 7).
- **Mena**
Mineral con contenidos valiosos para su venta y transformación (4 pág. 7).
- **Entibación**
Sistema o técnica de sostenimiento de huecos mineros (4 pág. 7).
- **Potencia**
Espesor de la mineralización (4 pág. 7).
- **Buzamiento**
Ángulo que el depósito que forma con la horizontal (4 pág. 7).
- **Fracturación**
Intensidad, frecuencia y forma de presentarse las separaciones entre planos de mineral (4 pág. 7).
- **Dilución**
Porcentaje de estéril o marginal que se extrae con el mineral (4 pág. 7).
- **Selectividad**
Proceso de separación del mineral entre las intercalaciones de estéril y / o marginales (4 pág. 7).
- **Piso**
Límite físico inferior de un hueco o cámara (4 pág. 7).
- **Pilar barrera**
Macizo de protección en los laterales de una cámara (4 pág. 7).

- **Relevo**

Utilizado para designar un turno de trabajo (4 pág. 8).

- **Retacar**

Incorporar a la pega de dinamita introducida dentro del barreno un taco de arcilla para hacer presión en la pega (4 pág. 8).

- **Rozadora**

Máquina que se utiliza en capas verticales para arrancar el carbón (4 pág. 8).

- **Tajo**

Expresión utilizada para designar el lugar de trabajo asignado (4 pág. 8).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Método, tipo o alcance de la investigación

3.1.1 Método general

El método general de la investigación es el científico, ya que su finalidad es interpretar hechos para buscar el camino y encontrar la solución al problema planteado.

3.1.2 Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada, debido a que en una primera instancia se aplican los conocimientos de la investigación básica para solucionar el problema de la elección del método de explotación.

3.1.3 Nivel de investigación

El nivel de investigación es explicativo, el propósito consiste en explicar los resultados de la evaluación de los parámetros técnicos para la elección del método de explotación en forma segura y cumpliendo el aporte de tonelaje programado por la compañía.

3.1.4 Diseño de investigación

El trabajo de investigación es no experimental y de corte longitudinal, debido que la variable independiente será manipulada para encontrar el efecto en la variable dependiente del problema para la explotación del tajo.

3.1.5 Población y muestra

- **Población**

La población está conformada por los tajeos del nivel principal de la unidad mina Yuraocsha – Ulcumayo – 2022.

- **Muestra**

La muestra censal está conformada por los tajeos del nivel principal de la unidad mina Yuraocsha – Ulcumayo - 2022.

3.2 Materiales y métodos

3.2.1 Técnicas de recolección de datos

- ✓ Observación
- ✓ Encuesta
- ✓ Entrevista
- ✓ Revisión bibliográfica

3.2.2 Instrumentos de recolección de datos

- ✓ Ficha de observación experimental
- ✓ Encuesta focalizada
- ✓ Entrevista personalizada
- ✓ Manuales, normas reglamentos, libros, revistas especializadas, artículos científicos.

3.2.3 Técnicas de procesamiento de datos

- ✓ Excel
- ✓ Word

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Datos generales

4.1.1 Ubicación y acceso

- **Ubicación**

La unidad minera Yuraocsha está ubicada en:

- ✓ **Coordenadas geográficas:**

Latitud sur 10°00' – 11°00'

Longitud oeste 75°00' – 76°00'

El área abarca una extensión aproximada de 12,000 km².

- **Acceso**

El acceso al área estudiada se logra de manera parcial siguiendo la principal red vial del centro del país denominada carretera Central, que parte desde la ciudad de Lima

Tabla 9. Ruta vial a la unidad minera Yuraocsha

Ruta	km	Vía	Horas
Lima - Carhuamayo	261	Asfaltada	5,0
Carhuamayo - Acopalca	37	Asfaltada	1.0
Acopalca - Anexo Los Andes	4	Trocha	0,5
Anexo Los Andes - Yuraocsha	4	Trocha	0,5

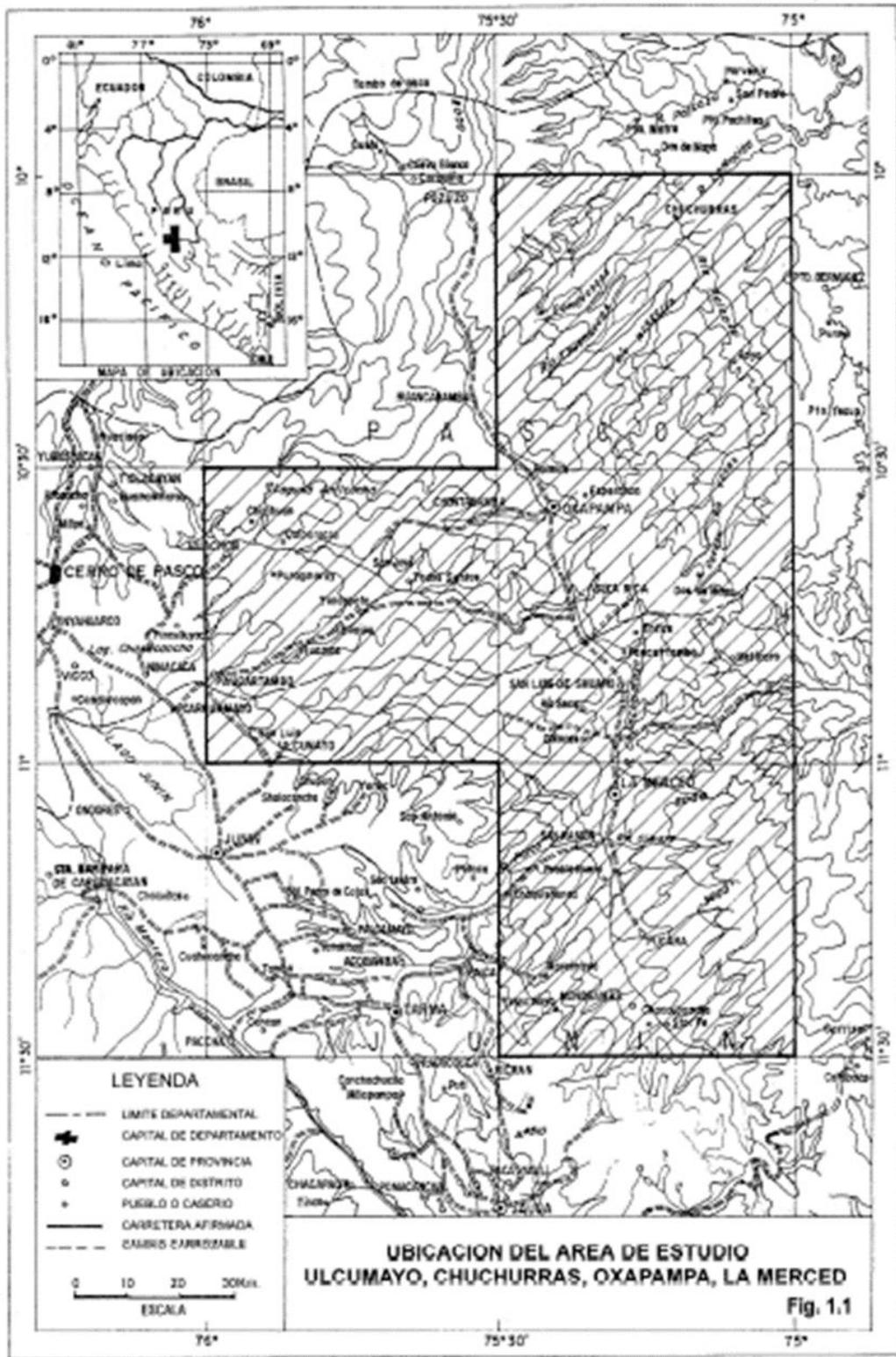


Figura 3. Mapa de ubicación de la zona de acceso (5 pág. 4)

4.1.2 Geografía

Abarca la esquina SO de la hoja de Ulcumayo correspondiendo a las partes más orientales de este accidente geográfico que se encuentra desarrollada entre las cordilleras occidental y oriental. Presenta un relieve plano a ondulado (superficie Puna), con presencia de pequeñas colinas. Sus desniveles se encuentran desde los 4,000 m s. n. m. hasta los 4,400 m s. n. m. (5 pág. 9)

Comprende una franja continua con dirección NO -SE. En esta unidad geográfica se dan las máximas altitudes conformadas por los nevados Huaguruncho (5,304 m s. n. m.), Tarata (5,723 m s. n. m.), Yanacocha (5,138 m s. n. m.), Añilcocha (5,073 m s. n. m.) y Ulcumayo (4,800 m s. n. m.). Su topografía es accidentada y agreste, con valles encañonados cuya escorrentía erosiona continuamente las laderas cordilleranas. Se encuentra la montaña Yanachaga, formando parte del remanente de una cordillera antigua. (5 pág. 9)

- **Valles**

Conformado por surco SO depresiones que han sido desarrollados por riachuelos y ríos caudalosos que atraviesan la cordillera oriental y se dirigen hacia la faja subandina para drenar sus aguas en la vertiente amazónica. Se reconocen valles "longitudinales" (Tulumayo, curso inferior del río Paucartambo, Santa Cruz, Chorobamba, Palcazu) y "transversales" (Perene, Paucartambo, Ulcumayo, Huachón,) tomando como base la orientación general de la cordillera de los Andes. Los principales valles con intensa actividad agrícola son el Paucartambo, Ulcumayo, Tulumayo, Chorobamba, Chanchamayo, Palcazu y Perene. (5 pág. 9)

4.1.3 Región natural

- **Distribución**

Se la reconoce mayoritariamente en la hoja de Ulcumayo al pie de los nevados Huaguruncho, Tarata, Hualgashjanca, y en la divisoria de aguas de los ríos Huachón Quiparacra, Paucartambo y Ulcumayo. (5 pág. 10)

- **Relieve**

Conforma las laderas cordilleranas, cuya topografía es accidentada y escarpada; sobre ella se ubican un sinnúmero de lagunas que conforman la principal fuente de suministro de recursos hídricos. (5 pág. 15)

- **Flora**

Compuesta por gramíneas y musgos". (5 pág. 15)

- **Fauna**

La conforman los auquénidos. (5 pág. 15)

4.1.4 Hidrografía

La red hidrográfica que discurre en el cuadrángulo de Ulcumayo forma parte de las cuencas hidrográficas del río Perene, el que conforman al sistema hidrográfico de la cuenca del Amazonas. (5 pág. 17)

- **Cuenca del río Perene**

La cuenca del río Perene está constituida por varias subcuencas que abarca la mayor parte de los cuadrángulos de Ulcumayo, Oxapampa y La Merced. Entre las principales subcuencas tenemos: (5 pág. 20)

- ✓ **Río Paucartambo**

Tiene sus nacientes en el flanco occidental de los nevados de Huaguruncho, Tarata, etc. y lagunas como Huangush, Pachapata, Luychococha, Chalhua, Jaico, etc. Sus aguas discurren sobre el relieve cordillerano, llegando a fluir con pendiente pronunciada por la ladera cordillerana para formar posteriormente el río Huachón que recorre con dirección este - oeste y desemboca en el río Quiparacra. Este río confluye con el Paucartambo, desembocando este último sus aguas en el río Perene (5 pág. 20)

- ✓ **Río Ulcumayo**

El río Ulcumayo tiene sus nacientes en la parte SO del cuadrángulo de Ulcumayo correspondientes a las lagunas: Garbanzo Cancha, Yanacocha, Ahauscancha, Pucacocha, Cimacocha, etc., que parte del distrito del mismo

nombre siguiendo una dirección de oeste a este. Tiene pendiente pronunciada las que forma caídas de agua y valles simétricos encañonados con intensa erosión de fondo.” (5 pág. 20)

4.1.5 Clima y vegetación

La variación de la altitud y la configuración morfológica del área estudiada, originan climas variables con diversidad de temperaturas medias anuales. Las temperaturas más bajas se producen en el área de nevados (Ulcumayo) con temperaturas menores de 0°C. (5 pág. 21)

- **Clima**

De acuerdo con la clasificación climática realizada por W. Koopen, los tipos de climas que se reconocen dentro del área tenemos:(5 pág. 21)

Clima de nieve perpetua de alta montaña (EFH), con temperatura media inferior a 0°C todos los meses del año, como los que se registran en los nevados de Huaguruncho, Tarata, Añilcocha, Yanacocha, etc. Económicamente es importante, dado que controla la formación de lagunas, pantanos y glaciares, que influyen en la generación de recursos hídricos como un factor de almacenamiento de agua y regulador del caudal; generando irrigación y energía para las regiones andinas. (5 pág. 21)

Clima de tundra seca de alta montaña (ETH) con temperatura media del mes más cálido superior a 0° C. Este tipo principal de clima se encuentra en las partes altas adyacentes a las zonas de nevados y montañas. Este tipo de clima es reconocido en el cuadrángulo de Ulcumayo. (5 pág. 21)

4.1.6 Geomorfología

En el área materia del presente estudio se han diferenciado las siguientes unidades geomorfológicas tomando como base los criterios geográficos y morfo-estructurales. (5 pág. 27)

- **Relieve cordillerano**

Morfología que se halla distribuida en la cordillera oriental; ubicada en la parte oeste del cuadrángulo de Ulcumayo con una extensión aproximada de 1,200 km² y hacia los vértices SO y SE del cuadrángulo de La Merced, abarcando un área aproximada de 750 km². (5 pág. 27)

Sus altitudes se encuentran comprendidas sobre los 4,000 m s. n. m., llegando hasta los 5,723 m en el área de los nevados. La característica principal de esta unidad es presentar una morfología bastante abrupta afectada por una intensa erosión glaciaria, con presencia de lagunas y valles glaciales cuyo fondo amplio es en forma de U; sobre la cual se acumulan depósitos morrénicos y glaciofluviales. (5 pág. 27)



Figura 4. Relieve cordillerano conformado por el nevado Tarata, al pie de la laguna Jaico (hoja de Ulcumayo) (5 pág. 29)



Figura 5. Vista panorámica de la ladera cordillerana con topografía accidentada en la quebrada Shacsatambo (hoja de Ulcumayo), al fondo el nevado Yanacocha (5 pág. 29)

4.1.7 Estratigrafía

La secuencia lito estratigráfica que aflora en el área estudiada es una de las más representativas para describir las unidades lito estratigráficas que conforman la cordillera oriental y la faja subandina. (5 pág. 43)

En el presente estudio se ha cartografiado y descrito las unidades antes mencionadas; tomando como base la nomenclatura estratigráfica empleada por la Carta Geológica Nacional, fundamentada en la Guía estratigráfica internacional (1982), el Código estratigráfico de Norteamérica (1983) y otras variantes de clasificación lito estratigráfica.” (5 pág. 43)

La unidad más antigua que aflora en el área corresponde al complejo metamórfico de Maraynioc; constituido por micaesquistos y gneis que se han formado durante el Neoproterozoico. Sobre el complejo metamórfico se encuentran las pizarras con graptofauna de la formación Contaya (Ordoviciano), y las filitas, pizarras y cuarcitas del grupo Excélsior (Siluro-Devoniano). El Paleozoico Superior se encuentra representado por la secuencia continental del grupo Ambo y las rocas elásticas – carbonatadas de los grupos Tarma y Copacabana. Las molasas del grupo Mitu pasan en transición gradacional a calizas y dolomías del grupo Pucará. (5 pág. 43)

La cobertura sedimentaria Mesozoica se inicia con la secuencia carbonatada del grupo Pucará que se ha sedimentado durante el Noriano a Pliensbachiano; la cual infrayacen a rocas continentales de la formación Sarayaquillo. El paso de las areniscas arcósicas de la formación Sarayaquillo a las areniscas cuarzosas del grupo Oriente (Cretáceo Inferior) corresponde también a una transición gradacional. Sobre la secuencia silíceo-elástica sobreyace las calizas de la formación Chonta (Cretáceo Inferior-Superior), encontrándose cubierta por las areniscas de la formación Vivían”. (5 pág. 43)

- **Complejo de Maraynioc**

Corresponden a las rocas más antiguas que afloran en el área estudiada, constituidas por esquistos, micaesquistos y en menor proporción gneis, anfíbolitas y migmatitas las cuales forman parte de un gran complejo estructural,

inicialmente descritas por Harrison, J. V. (1951) y Heim, A. (1956) llamándola Complejo de Comas. Posteriormente, Paredes, J. (1972) y Megard, F. (1973) la consideran como rocas pre-Ordoviciano. (5 pág. 45)

El complejo Maraynioc corresponde a un macizo estructural que se encuentra a manera de una franja continua con dirección NO-SE, encontrándose afectada y limitada por fallas normales (fallamientos en bloques). (5 pág. 45)



Figura 6. Vista del complejo Maraynioc que aflora en el C° Goshia Cruz costado del río Cullus (Ulcumayo) (5 pág. 47)

4.1.8 Geología estructural

En el área estudiada se reconocen estructuras regionales que se han desarrollado por eventos tectónicos polifásicos desde tiempos del Neoproterozoico hasta el Cuaternario; radicando su importancia en haber configurado la paleogeografía antigua y haber controlado la sedimentación especialmente durante el Mesozoico; debido a los fallamientos en bloques y deformación del sustrato. (5 pág. 123)

Basándose en la asociación de las características morfo-tectónicas y litoestratigráficas, se les ha agrupado en zonas estructurales resumiendo sus principales controles que han influido en su evolución. (5 pág. 123)

- **Bloque Maraynioc**

Forma parte del núcleo de la cordillera oriental abarcando la parte occidental de los cuadrángulos de Ulcumayo y La Merced corresponde a un bloque metamórfico levantado, individualizado por fallamientos regionales con desplazamiento vertical e intrusiones de plutonista permo-triásicas. Dentro del bloque aflora un anticlinorio con rumbo NO - SE, encontrándose constituido por el complejo de Maraynioc, la formación Contaya y el grupo Excélsior; presentando metamorfismo regional de moderado a bajo, habiéndose formado micaesquistos, filitas, pizarras y cuarcitas con foliación y esquistosidad polidireccional. (5 pág. 124)

En el cuadrángulo de Ulcumayo, el bloque metamórfico se encuentra como un sustrato preexistente sobre el cual sobreyace en discordancia rocas paleozoicas. A través del río Ulcumayo, el complejo Metamórfico se pone en contacto con las calizas del grupo Pucará por una falla normal con desplazamiento vertical y rumbo NO-SE. Hacia la esquina SO de la hoja de La Merced, el bloque metamórfico se encuentra limitado por intrusiones correspondientes a la granodiorita de Tarma y al granito de Sucllamachay. (5 pág. 124)

- **Bloque Paucartambo**

Comprende el relieve cordillerano de la hoja de Ulcumayo y las laderas de los ríos Palea, Pusagno, Paucartambo, Ulcumayo y Chontabamba. (5 pág. 124)

Corresponde a una agrupación de rocas plutónicas que se han emplazado a lo largo de la cordillera oriental formando plutones de contornos irregulares; encontrándose afectados por fallamientos de longitud kilométrica y con desplazamiento de alto ángulo, que siguen la tendencia de la dirección andina (NNO-SSE) presentando ligeras inflexiones. (5 pág. 124)

El macizo intrusivo conformado por la granodiorita de Tarma ha condicionado la paleogeografía para la sedimentación de las calizas del grupo Pucará, controlado, además, por la subsidencia asimétrica que en ella se producía. (5 pág. 124)

- **Fallas**

Se reconocen dos sistemas de fallamientos regionales; la primera de tipo "longitudinal" (paralelo al eje andino) y la segunda de tipo "transversal" (oblicuó al eje andino). (5 pág. 131)

Las fallas del sistema longitudinal son de recorrido plurikilométrico, siguiendo una dirección preferencial NNO-SSE. Se comportan durante su recorrido como fallas normales y/o inversas; delimitando bloques (levantados y hundidos) con desplazamiento vertical y ocasionando acortamiento de la corteza terrestre; afectando mayormente en la cobertura sedimentaria. (5 pág. 131)

Se encuentran menos desarrolladas las fallas "transversales", agrupándose en el sistema NE-SO, que desplazan el primer sistema de fallamiento. (5 pág. 131)

Las principales fallas que se describen en el área estudiada corresponden a las de alcance regional y que han influido en la evolución morfotectónica de la cordillera de los Andes. (5 pág. 131)

- **Falla Ulcumayo**

Se ubica siguiendo el curso del río Ulcumayo, prolongándose hacia las hojas de Tarma y Cerro de Paseo con una dirección NO-SE. (5 pág. 131)

Se describe como una falla normal con desplazamiento vertical que pone en contacto al complejo de Maraynioc (Neoproterozoico) con el grupo Pucará (Triásico-Jurásico), relación observada en el cerro Tactapata, próximo al caserío de Yupac Marca. En la quebrada Pitaracha se pone en evidencia por el desplazamiento que ha ocasionado al grupo Mitu, habiéndola puesto en contacto con las calizas del grupo Pucará". (5 pág. 132)

- **Falla Paucartambo**

Recorre diagonalmente la hoja de Ulcumayo con rumbo N 25° O, desplazando el bloque Paucartambo en posición subvertical, afectando a rocas graníticas. Al NO de Huachón ha ocasionado el descenso del Grupo Pucará, que se pone en

contacto con el bloque metamórfico de Maraynioc. El trazo de la falla en el cuadrángulo de Paucartambo tiene una longitud superior a los 40 km. (5 pág. 132)

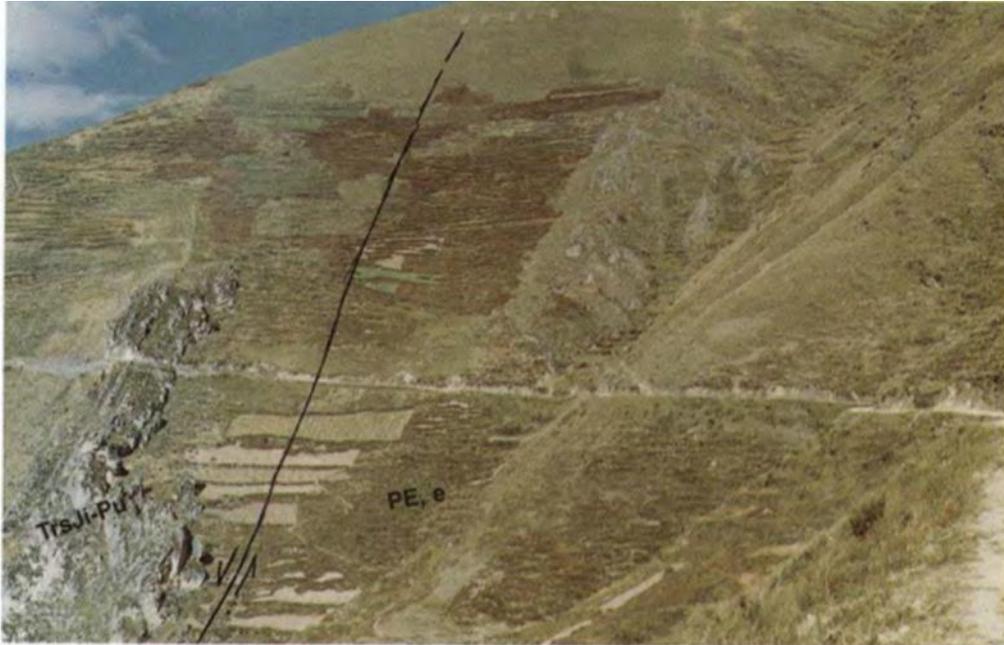


Figura 7. Falla de Ulcumayo que pone en contacto al complejo Maraynioc con el grupo Pucará, próximo al caserío Yupac Marca (Ulcumayo)

4.1.9 Geología económica

Dentro del área de estudio existen yacimientos metálicos y no metálicos, destacando preponderantemente el yacimiento de Zn-Pb de San Vicente. (5 pág. 141)

Estos depósitos metálicos observados en el área de estudio y considerando el tipo de génesis y ensambles mineralógicos, pueden clasificarse en: (5 pág. 141)

- Depósitos tipo Mississippi Valley, con mineralización de Zn-Pb, asociados al grupo Pucará. (5 pág. 141)
- Depósitos tipo skarn, formados por el reemplazamiento de intrusivos en rocas carbonatadas del grupo Copacabana, con mineralización de Cu-Pb-Zn. (5 pág. 141)

Depósitos de relleno de fractura, mayormente vetiformes, emplazados en las granodioritas paleozoicas y en las calizas del grupo Pucará con mineralización de Cu-Pb-Zn. (5 pág. 141)

La mayoría de los depósitos metálicos en el área de estudio se distribuyen en el flanco subandino oriental de los Andes del Perú central.” (5 pág. 141)

La intensificación de las exploraciones de yacimientos tipo Mississippi Valley ha permitido determinar el modelo de exploración, y establecer los principales controles de litofacies y reconstrucción de paleoambientes sedimentarios, constituyendo ambos, una guía para ubicar zonas potenciales que contengan o alberguen sulfuros de Zn-Pb. (5 pág. 141)

4.2 Evaluación de datos geomecánicos del macizo rocoso

4.2.1 Cálculo de la resistencia a compresión uniaxial

a) Evaluación de la fuerza de compresión unidimensional para las cajas de la veta (Martillo de Schmidt)

- Muestra N°1

Tabla 10. *Número de rebotes muestra N°1*

35	33	34
36	32	34
35	36	33

Datos para el cálculo de la resistencia a la compresión uniaxial

- ✓ Promedio de rebotes = 34.22 ~ 34
- ✓ Dirección de golpe = horizontal
- ✓ Densidad de la roca = 2.7 t/m³

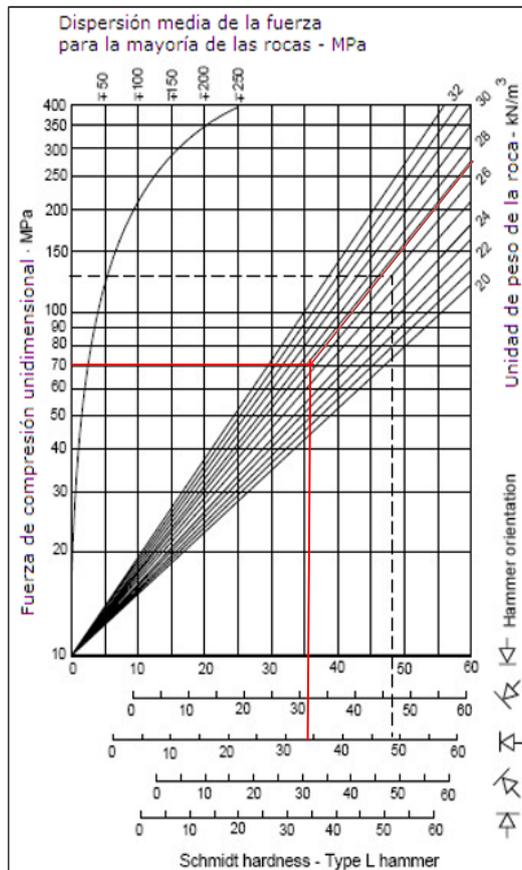


Figura 8. Ábaco para determinar la resistencia a compresión uniaxial

Fuerza de compresión unidimensional 70 MPa

- **Muestra N°2**

Tabla 11. Número de rebotes muestra N°2

37	35	35
33	35	34
32	33	32

- ✓ Promedio de rebotes = 34.00 ~ 34
- ✓ Dirección de golpe = horizontal
- ✓ Densidad de la roca = 2.7 t/m³

Aplicando el mismo procedimiento se determinó fuerza de compresión unidimensional 70 MPa para la muestra 2

- **Muestra N°3**

Tabla 12. Número de rebotes muestra N°3

36	34	35
35	35	33
33	34	32

✓ Promedio de rebotes = 34.11 ~ 34

✓ Dirección de golpe = horizontal

✓ Densidad de la roca = 2.7 t/m³

Aplicando el mismo procedimiento se determinó fuerza de compresión unidimensional 70 MPa para la muestra 3

- **Muestra N°4**

Tabla 13. Número de rebotes muestra N°4

37	36	35
36	35	35
32	32	32

✓ Promedio de rebotes = 34.11 ~ 34

✓ Dirección de golpe = horizontal

✓ Densidad de la roca = 2.7 t/m³

Aplicando el mismo procedimiento se determinó fuerza de compresión unidimensional 70 MPa para la muestra 3

b) Evaluación de la fuerza de compresión unidimensional en veta (Martillo de Schmidt)

- **Muestra N°1**

Tabla 14. Número de rebotes muestra N°1

39	37	38
38	36	39
39	38	39

Datos para el cálculo de la resistencia a la compresión uniaxial

- ✓ Promedio de rebotes = 38.11 ~ 38
- ✓ Dirección de golpe = vertical hacia arriba
- ✓ Densidad de la roca = 3.0 t/m³

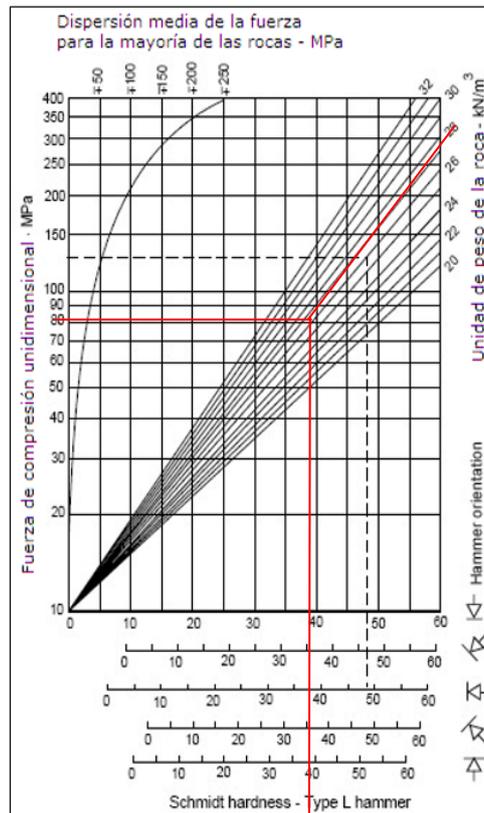


Figura 9. Ábaco para determinar la resistencia a compresión uniaxial

Fuerza de compresión unidimensional 96 MPa

• **Muestra N°2**

Tabla 15. Número de rebotes muestra N°2

39	38	39
39	37	38
39	38	39

- ✓ Promedio de rebotes = 38.44 ~ 38
- ✓ Dirección de golpe = vertical hacia arriba
- ✓ Densidad de la roca = 3.0 t/m³

Aplicando el mismo procedimiento se determinó fuerza de compresión unidimensional 96 MPa para la muestra 2

- **Muestra N°3**

Tabla 16. Número de rebotes muestra N°3

37	39	39
38	39*	39
37	38	39

- ✓ Promedio de rebotes = 38.33 ~ 38
- ✓ Dirección de golpe = Vertical hacia arriba
- ✓ Densidad de la roca = 3.0 t/m³

Aplicando el mismo procedimiento se determinó fuerza de compresión unidimensional 96 MPa para la muestra 3

- **Muestra N°4**

Tabla 17. Número de rebotes muestra N°4

38	38	39
38	39*	39
38	38	39

- ✓ Promedio de rebotes = 38.44 ~ 38
- ✓ Dirección de golpe = Horizontal
- ✓ Densidad de la roca = 3.0 t/m³

Aplicando el mismo procedimiento se determinó fuerza de compresión unidimensional 96 MPa para la muestra 4

4.2.2 Cálculo del RQD

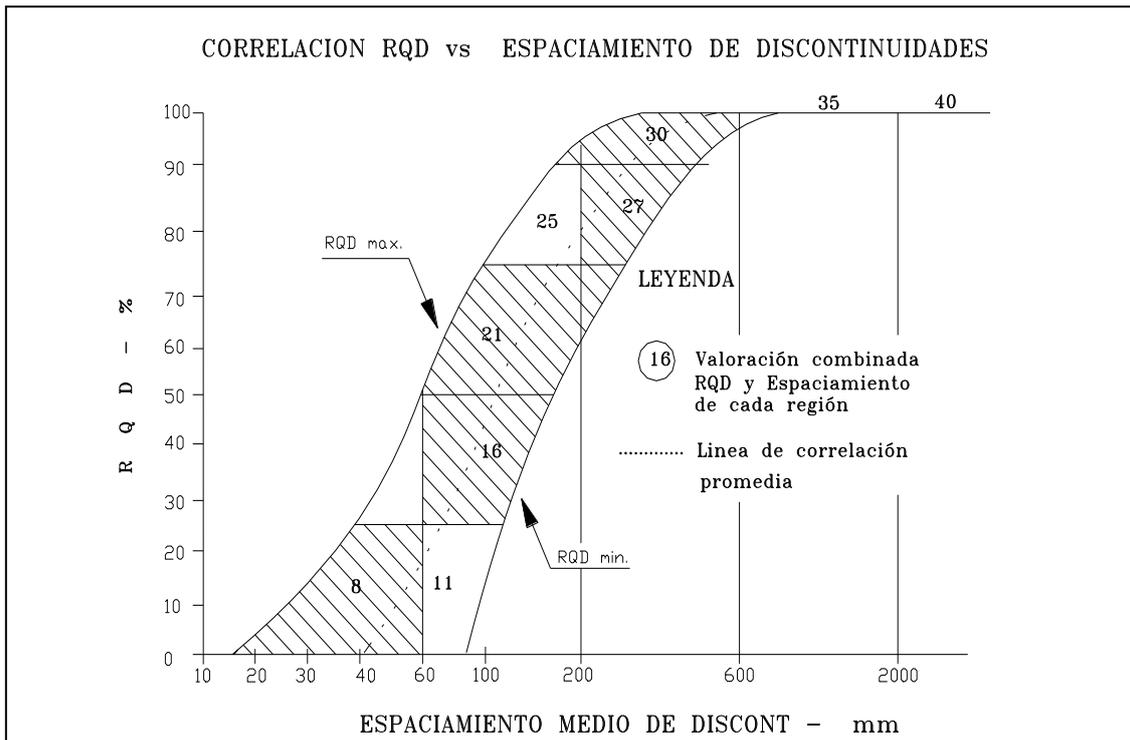
- Método de muestreo lineal

✓ Fórmula:

$$\text{RQD} = 100e^{-0.1\lambda} \times ((0.1\lambda) + 1) \text{ Priest y Hudson, 1976}$$

Tabla 18. RQD en función # Fracturas/ml

# Fracturas/ml	RQD
1	99.5
2	98.3
3	96.3
4	93.9
5	91.0
6	87.8
7	84.4
8	80.9
9	77.3
10	73.6
11	69.9
12	66.3
13	62.7
14	59.2
15	55.8
16	52.5
17	49.4
18	46.3
19	43.4
20	40.6



a) RQD para las cajas de la veta

• **Muestra N° 1**

✓ # Fracturas/ml= 15

✓ RQD = 56

• **Muestra N° 2**

✓ # Fracturas/ml= 16

✓ RQD = 53

• **Muestra N° 3**

✓ # Fracturas/ml= 17

✓ RQD = 50

• **Muestra N° 4**

✓ # Fracturas/ml= 15

✓ RQD = 56

b) RQD para la veta (mineral)

- **Muestra N° 1**

✓ # Fracturas/ml= 9

✓ RQD = 77

- **Muestra N° 2**

✓ # Fracturas/ml= 10

✓ RQD = 74

- **Muestra N° 3**

✓ # Fracturas/ml= 8

✓ RQD = 81

- **Muestra N° 3**

✓ # Fracturas/ml= 11

✓ RQD = 70

4.2.3 Cálculo de la rugosidad

a) Rugosidad de las cajas de la veta

- **Muestra N°1**

Tabla 19. *Profundidad de rugosidad/longitud del perfil muestra N°1*

Profundidad del perfil fractura (mm)	Longitud de muestreo fractura (m)
15	0.3
17	0.3
16	0.3
18	0.3
14	0.1
Total	1.3

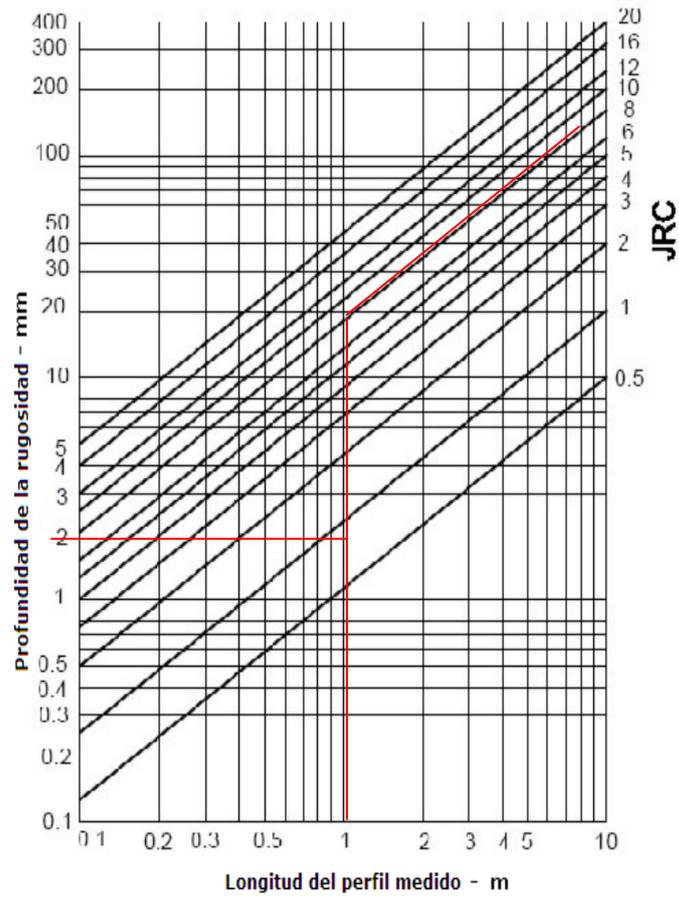


Figura 11. Ábaco de rugosidade: profundidad de rugosidad/longitud del perfil

- ✓ Profundidad del perfil fractura (mm) = 18
- ✓ Longitud de muestreo fractura (m) = 1.3
- ✓ JRC = 6

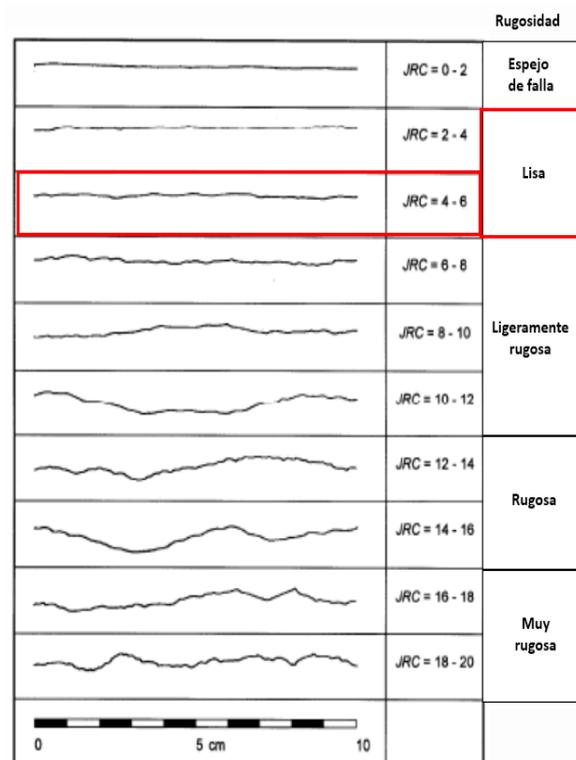


Figura 12. Ábaco de rugosidad: profundidad de rugosidad/longitud del perfil

✓ Rugosidad = Lisa

• **Muestra N°2**

Tabla 20. Profundidad de rugosidad/longitud del perfil muestra N°2

Profundidad del perfil fractura (mm)	Longitud de muestreo fractura (m)
14	0.3
15	0.3
16	0.3
16	0.3
15	0.2
Total	1.4

Aplicando el mismo procedimiento se determinó la rugosidad

✓ Profundidad del perfil fractura (mm) = 16

✓ Longitud de muestreo fractura (m) = 1.4

✓ JRC = 5

✓ Rugosidad = lisa

- **Muestra N°3**

Tabla 21. Profundidad de rugosidad/longitud del perfil muestra N°3

Profundidad del perfil fractura (mm)	Longitud de muestreo fractura (m)
17	0.3
11	0.3
17	0.3
15	0.3
Total	1.2

Aplicando el mismo procedimiento se determinó la rugosidad

- ✓ Profundidad del perfil fractura (mm) = 17
- ✓ Longitud de muestreo fractura (m) = 1.2
- ✓ JRC = 5.8
- ✓ Rugosidad = lisa

- **Muestra N°4**

Tabla 22. Profundidad de rugosidad/longitud del perfil muestra N°4

Profundidad del perfil fractura (mm)	Longitud de muestreo fractura (m)
12	0.3
11	0.3
16	0.3
12	0.3
18	0.1
Total	1.3

b) Rugosidad de la veta

- **Muestra N°1**

Tabla 23. Profundidad de rugosidad/longitud del perfil muestra N° 1

Profundidad del perfil fractura (mm)	Longitud de muestreo fractura (m)
12	0.3
11	0.3
10	0.3
12	0.3
13	0.3
11	0.3
10	0.3
12	0.2
Total	2.3

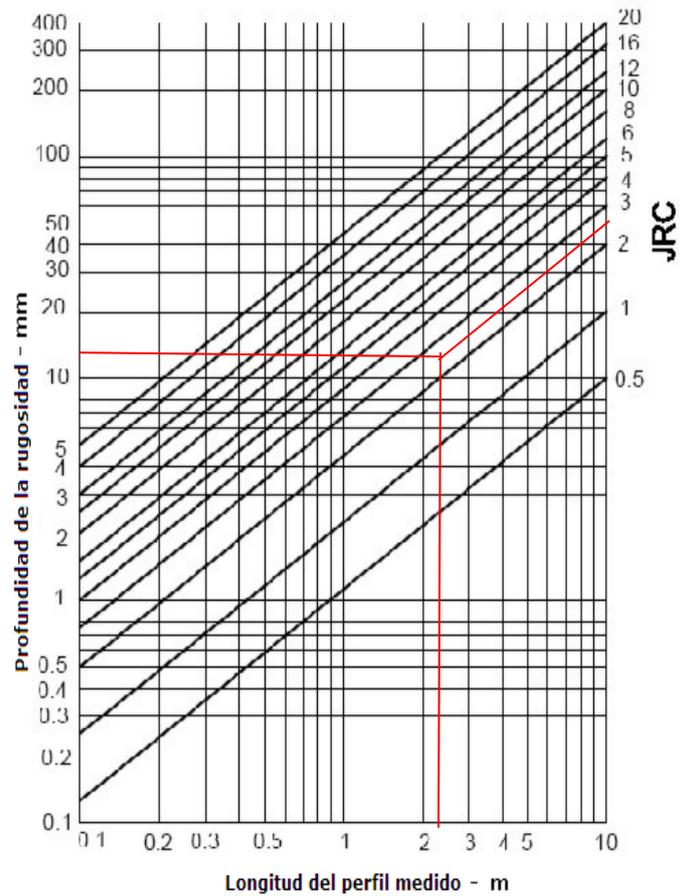


Figura 13. Ábaco de rugosidad: profundidad de rugosidad/longitud del perfil

- ✓ Profundidad del perfil fractura (mm) = 13
- ✓ Longitud de muestreo fractura (m) = 2.3
- ✓ JRC = 2.5

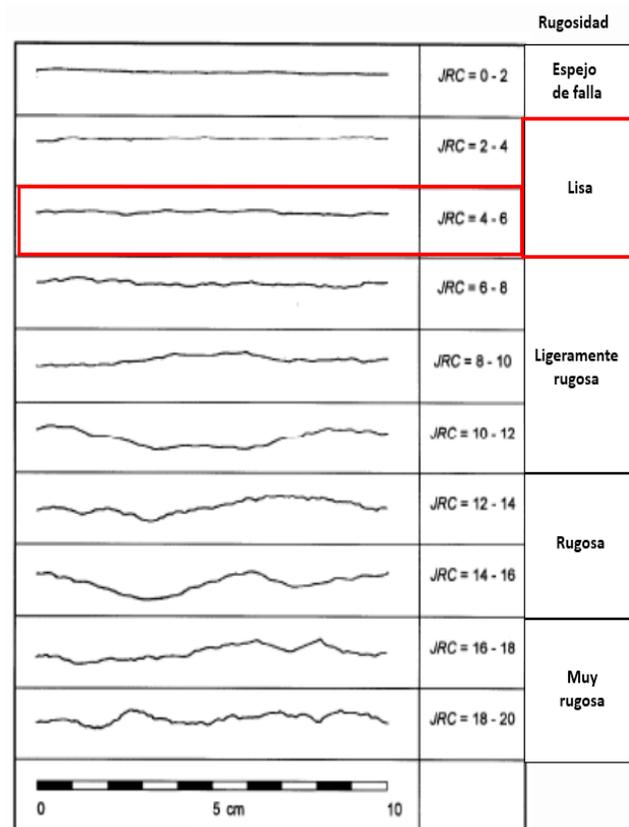


Figura 14. Ábaco de rugosidad: profundidad de rugosidad/longitud del perfil

✓ Rugosidad = lisa

• **Muestra N°2**

Tabla 24. Profundidad de rugosidad/longitud del perfil muestra N°2

Profundidad del perfil fractura (mm)	Longitud de muestreo fractura (m)
13	0.3
11	0.3
14	0.3
14	0.3
12	0.3
11	0.3
Total	1.8

Aplicando el mismo procedimiento se determinó la rugosidad

✓ Profundidad del perfil fractura (mm) = 14

✓ Longitud de muestreo fractura (m) = 1.8

✓ JRC = 3.8

✓ Rugosidad = lisa

- **Muestra N°3**

Tabla 25. Profundidad de rugosidad/longitud del perfil muestra N°3

Profundidad del perfil fractura (mm)	Longitud de muestreo fractura (m)
15	0.3
16	0.3
14	0.3
15	0.3
13	0.3
14	0.2
Total	1.7

Aplicando el mismo procedimiento se determinó la rugosidad

- ✓ Profundidad del perfil fractura (mm) = 16
- ✓ Longitud de muestreo fractura (m) = 1.7
- ✓ JRC = 4.5
- ✓ Rugosidad = lisa

- **Muestra N°4**

Tabla 26. Profundidad de rugosidad/longitud del perfil muestra N°4

Profundidad del perfil fractura (mm)	Longitud de muestreo fractura (m)
18	0.3
17	0.3
15	0.3
11	0.3
9	0.3
Total	1.5

Aplicando el mismo procedimiento se determinó la rugosidad

- ✓ Profundidad del perfil fractura (mm) = 15
- ✓ Longitud de muestreo fractura (m) = 1.8
- ✓ JRC = 5
- ✓ Rugosidad = lisa

4.2.4 Resistencia de la roca intacta

a) Cálculo del esfuerzo vertical

Fórmula: $sv = 0.027 \cdot H$

Datos

- ✓ Densidad = 2.7 t/m³
- ✓ Profundidad = 150 m
- ✓ sv = 2.7 t/m³ * 150 m
- ✓ sv = 405 t/m²
- ✓ sv = 4,035 MPa

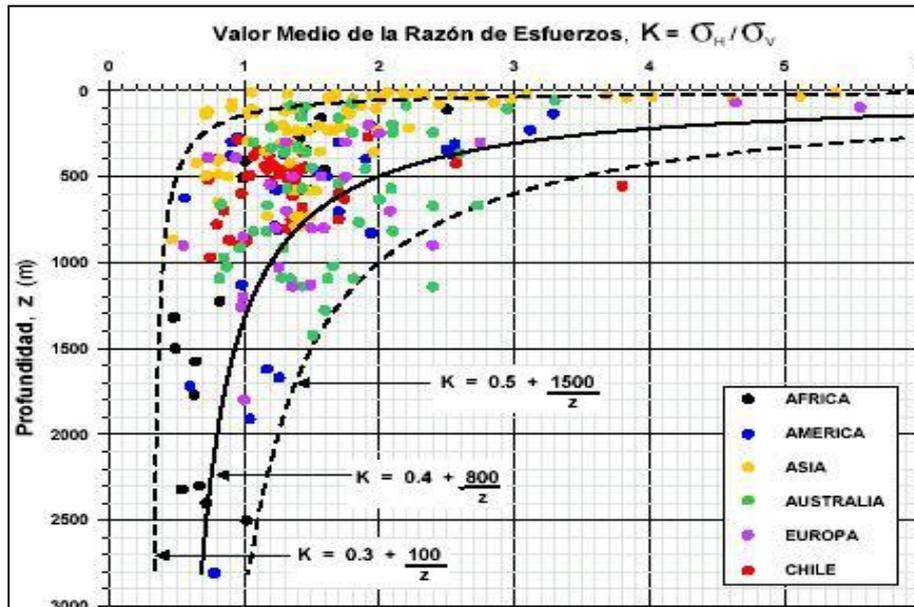


Figura 15. Ábaco para el cálculo de la razón de esfuerzos

b) Cálculo del esfuerzo horizontal

$$k = 0.3 + \frac{100}{z}$$

$$k = 0.3 + \frac{100}{150}$$

$$k = 0.3 + 0.67$$

$$k = 0.97$$

Fórmula = sh = sv * k

Datos

- ✓ k = 0.97
- ✓ sv = 4.035 MPa

Reemplazando valores

- ✓ sh = 4.035 MPa * 0.97

✓ $sh = 3.91 \text{ MPa}$

c) Cálculo de la resistencia de la roca intacta

Fórmula = UCS/sv

Datos

✓ $UCS = 70 \text{ MPa}$

✓ $sv = 4.035 \text{ MPa}$

Reemplazando valores

✓ UCS/sv

✓ $70 \text{ MPa}/4.035 \text{ MPa} = 17.35$ (Competencia alta: $UCS/sv > 15$)

4.2.5 Evaluación geomecánica

b) Determinación de los parámetros de las cajas de la veta

Tabla 27. *Parámetros de muestreo de las cajas de la veta*

Parámetros	Muestreo				Promedio
	1er	2do	3er	4to	
R. Comp. Uniaxial (MPa)	70	70	70	70	70
RQD %	56	53	50	56	53.00
Espaciamiento (m)	0.16	0.17	0.14	0.15	0.16
Persistencia (m)	1.3	1.4	1.2	1.3	1.30
Apertura (mm)	4	5	5	5	4.75
Rugosidad	Lisa	Lisa	Lisa	Lisa	Lisa
Relleno	Limpio	Limpio	Limpio	Limpio	Limpio
Intemperización	Ligera alteración	Ligera alteración	Ligera alteración	Ligera alteración	Ligera alteración
Agua subterránea	Mojado	Mojado	Mojado	Mojado	Mojado
Ajuste por orientación					
Rumbo	N35°E	N35°E	N35°E	N35°E	N35°E
Buzamiento	70°	70°	71°	69°	70°
Avance = Perpendicular al rumbo y con el buzamiento					

Tabla 28. Valoración del macizo rocoso (R.M.R.) Parte de veta (mineral)

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)							
CLASIFICACION DE BIENIASWSKI (1989)							
PARAMETRO	RANGO DE VALORES						VALORACION
	VALOR ESTIMADO						
R. COMPRE. UNIAXIAL (Mpa)	>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)		7
R. A CARGA PUNTUAL (Mpa)	>10 (15)	4 -10 (12)	2 - 4 (7)	1 - 2 (4)			
RQD %	90-100 (20)	75-90 (17)	50-75 (13)	25-50 (8)	<25 (3)		13
ESPACIAMIENTO (m)	>2 (20)	0,6-2 (15)	0.2-0.6 (10)	0.06-0.2 (8)	< 0.06 (5)		8
CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	<1m long. (6)	1-3 m Long. (4)	3-10m (2)	10-20 m (1)	> 20 m (0)	4
	APERTURA	Cerrada (6)	<0.1mm apert. (5)	0.1-1.0mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	1
	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	1
	RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5mm (4)	Duro> 5mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	6
	INTEMPERIZACIÓN	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod.Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	5
AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)		7
AJUSTE POR ORIENTACION	Muy Favorb. (0)	Favorable (-2)	Regular (-5)	Desfavorable (-10)	Muy Desfav (-12)		0
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 6) =							52
CLASE DE MACIZO ROCOSO							52
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0		
DESCRIPCION	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA		

Puntuación = 52

Descripción = III regular

RMR = 41 - 60

c) Datos muestreo cajas

Tabla 29. Parámetros de muestreo cajas

Parámetros	Muestreo				Promedio
	1er	2do	3er	4to	
R. Comp. Uniaxial (MPa)	96	96	96	96	96
RQD %	77	74	81	70	75.50
Espaciamiento (m)	0.15	0.19	0.18	0.17	0.17
Persistencia (m)	2.3	1.8	1.7	1.5	1.82
Apertura (mm)	2	2	3	4	2.75
Rugosidad	Lisa	Lisa	Lisa	Lisa	Lisa
Relleno	Limpio	Limpio	Limpio	Limpio	Limpio
Intemperización	Ligera alteración	Ligera alteración	Ligera alteración	Ligera alteración	Ligera alteración
Agua subterránea	Mojado	Mojado	Mojado	Mojado	Mojado
Ajuste por orientación					
Rumbo	N35°E	N35°E	N35°E	N35°E	N35°E
Buzamiento	70°	70°	71°	69°	70°
Avance = Perpendicular con el buzamiento					

Tabla 30. Valoración del macizo rocoso (R.M.R.) Parte de las cajas

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)							
CLASIFICACION DE BIENIASWSKI (1989)							
PARAMETRO	RANGO DE VALORES						VALORACION
	VALOR ESTIMADO						
R. COMPRE. UNIAXIAL (Mpa)	>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)		7
R. A CARGA PUNTUAL (Mpa)	>10 (15)	4 -10 (12)	2 - 4 (7)	1 - 2 (4)			
RQD %	90-100 (20)	75-90 (17)	50-75 (13)	25-50 (8)	<25 (3)		17
ESPACIAMIENTO (m)	>2 (20)	0,6-2 (15)	0.2-0.6 (10)	0.06-0.2 (8)	< 0.06 (5)		8
CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	<1m long. (6)	1-3 m Long. (4)	3-10m (2)	10-20 m (1)	> 20 m (0)	4
	APERTURA	Cerrada (6)	<0.1mm apert. (5)	0.1-1.0mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	1
	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	1
	RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5mm (4)	Duro> 5mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	6
	INTEMPERIZACIÓN	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod.Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	5
AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)		7
AJUSTE POR ORIENTACION	Muy Favorb. (0)	Favorable (-2)	Regular (-5)	Desfavorable (-10)	Muy Desfav (-12)		0
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 6) =							56
CLASE DE MACIZO ROCOSO							56
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0		
DESCRIPCION	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA		

Puntuación = 56

Descripción = III regular

RMR = 41 - 60

d) Evaluación de parámetros para elección del método de explotación según Nicholas

▪ **Yacimiento**

- ✓ Mineral = Oro (Au)
- ✓ Ley = 43 gr / t (Au)
- ✓ Recuperación 85%
- ✓ Ancho de veta = 0.80 m (Baja potencia)
- ✓ Forma general del yacimiento = Vetas tabulares
- ✓ Orientación = 70° (Vertical : > 55°)
- ✓ Distribución de las leyes = Errática

▪ **Características geotécnicas mineral**

- ✓ UCS = 96 MPa
- ✓ Profundidad = 150 m
- ✓ P.E. = 3.0 t/m³
- ✓ RQD = 75.50%
- ✓ Espaciamiento = 9.5 ff/m (Poco fracturado ff/m: 3 - 10 ff/m)
- ✓ Condición estructuras = Competencia alta
- ✓ Superficie = Lisa

▪ **Características geotécnicas pared colgante (Hanging Wall)**

- ✓ UCS = 70 MPa
- ✓ Encampane = 150 m
- ✓ P.E. = 2.7 t/m³
- ✓ RQD = 53 %
- ✓ Espaciamiento: 16 ff/m (Fracturado: ff/m: 10-16 ff/m)
- ✓ Condición estructuras: Competencia alta
- ✓ Superficie = Lisa

▪ **Características geotécnicas pared pendiente (Foot Wall)**

- ✓ UCS = 70 MPa
- ✓ Encampane = 150 m
- ✓ P.E. = 2.7 t/m³
- ✓ RQD = 53 %

- ✓ Espaciamiento: 16 ff/m (Fracturado: ff/m: 10-16 ff/m)
- ✓ Condición estructuras: Competencia alta
- ✓ Superficie = Lisa

e) Evaluación de parámetros para la elección del método de explotación

• Yacimiento

Tabla 31. Parámetros del yacimiento (forma general, ancho y distribución de leyes del yacimiento)

Yacimiento	Forma general yacimiento			Ancho del yacimiento				Orientación			Distribución de leyes			Total
	Metodo de explotación	Masivo	Tabular/Platy	Irregular	Angosto	Intermedio	Ancho	Muy ancho	Horizontal	Intermedio	Vertical	Uniforme	Gradacional	
Rajo Abierto	3	2	3	2	3	4	4	3	3	4	3	3	3	11
Block Caving	4	2	0	-49	0	2	4	3	2	4	4	2	0	-43
Sublevel Stopping	2	2	1	1	2	4	3	2	1	4	3	3	1	8
Sublevel Cavin	3	4	1	-49	0	4	3	1	1	4	4	2	0	-41
Longwall mining	-49	4	-49	4	0	-49	-49	4	0	-49	4	2	0	-41
Room and Pillar	0	4	2	4	2	-49	-49	4	1	0	3	3	3	11
Shrinkage Stopping	2	2	1	1	1	2	4	2	1	4	3	2	1	8
Cut and Fill Stopping	0	4	2	4	4	0	0	0	3	4	3	3	3	15
Top Slicing	3	3	0	-49	0	3	4	4	1	2	4	2	0	-44
Square Set	0	2	4	4	4	4	1	2	3	3	3	3	3	12
k = 1														

- Mineral

Tabla 32. Parámetros del mineral (competencia macizo rocoso, espaciamiento de fracturas y condición de estructuras)

Mineral	Competencia macizo			Espaciamiento de fracturas				Condición estructuras			Total
	Baja	Mediana	Alta	Muy cercana	Poco espaciada	Espaciada	Muy espaciada	Baja	Mediana	Alta	
Rajo Abierto	3	4	4	2	3	4	4	2	3	4	7.50
Block Caving	4	1	1	4	4	3	0	4	3	0	6.00
Sublevel Stoping	-49	3	4	0	0	1	4	0	2	4	-33.75
Sublevel Cavin	0	3	3	0	2	4	4	0	2	2	3.00
Longwall mining	4	1	0	4	4	0	0	4	3	0	6.00
Room and Pillar	0	3	4	0	1	2	4	0	2	4	3.75
Shrinkage Stoping	1	3	4	0	1	3	4	0	2	4	4.50
Cut and Fill Stoping	3	2	2	3	3	2	2	3	3	2	6.00
Top Slicing	2	3	3	1	1	2	4	1	2	4	5.25
Square Set	4	1	1	4	4	2	1	4	3	2	7.50
k = 0,75											

- Pared colgante

Tabla 33. Parámetros de la pared colgante (competencia macizo rocoso, espaciamiento de fracturas y condición de estructuras)

Pared colgante	Competencia macizo			Espaciamiento fracturas				Condición estructuras			Total
	Baja	Mediana	Alta	Muy cercana	Poco espaciada	Espaciada	Muy espaciada	Baja	Mediana	Alta	
Rajo Abierto	3	4	4	2	3	4	4	2	3	4	5.40
Block Caving	4	2	1	3	4	3	0	4	2	0	4.20
Sublevel Stoping	-49	3	4	-49	0	1	4	0	2	4	-56.40
Sublevel Cavin	3	2	1	3	4	3	1	4	2	0	3.60
Longwall mining	4	2	0	4	4	3	0	4	2	0	4.80
Room and Pillar	0	3	4	0	1	2	4	0	2	4	2.40
Shrinkage Stoping	4	2	1	4	4	3	0	4	2	0	4.80
Cut and Fill Stoping	3	2	2	3	3	2	2	4	3	2	4.80
Top Slicing	4	2	1	3	3	3	0	4	2	0	4.20
Square Set	3	2	2	3	3	2	2	4	3	2	4.80
k = 0,6											

- Pared pendiente

Tabla 34. *Parámetros de la pared pendiente (competencia macizo rocoso, espaciamiento de fracturas y condición de estructuras)*

Pared pendiente	Competencia macizo			Espaciamiento de fracturas				Condición estructuras			Total
	Metodo explotación	Baja	Mediana	Alta	Muy cercana	Poco espaciada	Espaciada	Muy espaciada	Baja	Mediana	
Rajo Abierto	3	4	4	2	3	4	4	2	3	4	3.42
Block Caving	2	3	3	1	3	3	3	1	3	3	2.28
Sublevel Stoping	0	2	4	0	0	2	4	0	1	4	1.52
Sublevel Cavin	0	2	4	0	1	3	4	0	2	4	1.52
Longwall mining	2	3	3	1	2	4	3	1	3	3	2.28
Room and Pillar	0	2	4	0	1	3	3	0	3	3	1.14
Shrinkage Stoping	2	3	3	2	3	3	2	2	2	3	2.66
Cut and Fill Stoping	4	2	2	4	4	2	2	4	4	2	3.80
Top Slicing	2	3	3	1	3	3	3	1	2	3	2.28
Square Set	4	2	2	4	4	2	2	4	4	2	3.80
k = 0,38											

- Ranking para la selección del método de explotación

Tabla 35. *Parámetros para el ranking para la selección del método de explotación (yacimiento, mineral, pared colgante y pared yacente)*

Metodo explotación	Yacimiento	Mineral	Colgante	Yacente	Total	Ranking
Rajo Abierto	11.00	7.50	5.40	3.42	27.32	3°
Block Caving	-43.00	6.00	4.20	2.28	-30.52	
Sublevel Stopping	8.00	-33.75	-56.40	1.52	-80.63	
Sublevel Cavin	-41.00	3.00	3.60	1.52	-32.88	
Longwall mining	-41.00	6.00	4.80	2.28	-27.92	
Room and Pillar	11.00	3.75	2.40	1.14	18.29	5°
Shrinkage Stopping	8.00	4.50	4.80	2.66	19.96	4°
Cut and Fill Stopping	15.00	6.00	4.80	3.80	29.60	1°
Top Slicing	-44.00	5.25	4.20	2.28	-32.27	
Square Set	12.00	7.50	4.80	3.80	28.10	2°

- ✓ Cut and Fill Stopping = Primer lugar (si aplica por las condiciones analizadas)
- ✓ Square Set = Segundo lugar (No aplica por el excesivo uso de madera)
- ✓ Rajo abierto = Tercer lugar (No aplica a vetas)

4.3 Discusión de resultados

H1: Las características de la geometría del yacimiento determinando la forma general y potencia influyen para la elección del método de minado

Según Morales (3) en su investigación sobre «Geomecánica aplicada a la selección del método de explotación de la zona Cruz de Oro - compañía minera Cori Puno S.A.C. – 2018»; en una de sus conclusiones afirma que:

De la selección de método de minado según Nicholas, se concluye considerando los parámetros del yacimiento y las propiedades geomecánicas de las cajas y mineral en tres métodos (Ver Tabla N°09 cuadro de resumen para calificación del método). Considerándose lo óptimo el método de cámaras y pilares fusionado con taladros largos y pilares corridos con taladros potencia de 16.0 metros del manto.

Respecto a esta hipótesis la investigación concluyo que: se determinó que la evaluación de las características de la geometría del yacimiento de acuerdo a la forma general del yacimiento es tabular, el ancho del yacimiento es angosto, el buzamiento de la estructura está clasificada como vertical y por último respecto a la distribución de las leyes es errática; todos estos resultados influyeron en la elección del método de minado.

De ambas investigaciones podemos establecer que el método de Nicholas es de mucha utilidad para poder elegir un método de explotación técnicamente.

H2: Las características geotécnicas del proyecto mediante la determinación de la competencia de la roca intacta y la veta, influye en la elección del método de minado.

Según Morales (3) en su investigación sobre «Geomecánica aplicada a la selección del método de explotación de la zona Cruz de Oro - compañía minera Cori Puno S.A.C. – 2018»

De la selección de método de minado según Nicholas, se concluye considerando los parámetros del yacimiento y las propiedades geomecánicas de las cajas y mineral en tres métodos (Ver Tabla N° 09 cuadro de resumen para calificación del método). Considerándose lo óptimo el método de Cámaras y pilares fusionado con taladros largos y pilares corridos con taladros potencia de 16.0 metros del manto.

Respecto a esta hipótesis la investigación concluyo que: se comprobó que las características geotécnicas del yacimiento como son mineral, pared colgante y pared pendiente se estableció que la competencia macizo rocoso es baja, respecto al espaciamiento de fracturas se encuentra en la categoría muy cercana y finalmente la condición de estructuras es alta; influyeron en la elección del método de minado.

De ambas investigaciones podemos establecer que el método de Nicholas es de mucha utilidad para poder elegir un método de explotación técnicamente.

CONCLUSIONES

1. Se verificó que la aplicación de los parámetros técnicos de Nicholas influye en la elección del método de minado, para el caso unidad minera Yuraocsha – el método propuesto fue el *cut and fill stoping*, resaltando que los resultados de los parámetros analizados para el ranking fueron: yacimiento = 15, mineral = 6, pared colgante = 4.8 y pared yacente = 3.8 haciendo una puntuación total de 29.60.
2. Se determinó que evaluación de las características de la geometría del yacimiento de acuerdo a la forma general del yacimiento es tabular, el ancho del yacimiento es angosto, el buzamiento de la estructura está clasificada como vertical y por último respecto a la distribución de las leyes es errática; todos estos resultados influyeron en la elección del método de minado.
3. Se comprobó que las características geotécnicas del yacimiento como son mineral, pared colgante y pared pendiente se estableció que la competencia macizo rocoso es baja, respecto al espaciamiento de fracturas se encuentra en la categoría muy cercana y finalmente la condición de estructuras es alta; influyeron en la elección del método de minado.

RECOMENDACIONES

1. Habiendo comprobado que la aplicación de los parámetros técnicos de Nicholas influye en la elección del método de minado, se recomienda su aplicación tomando en consideración el tipo de yacimiento y costos.
2. Luego de comprobar que las características de la geometría del yacimiento considerando los datos de ingreso influyeron en la elección del método de minado, se recomienda su aplicación cuando en yacimientos donde se tenga evidencias de su forma y geometría del yacimiento.
3. Habiendo verificado que las características geotécnicas del yacimiento influyeron en la elección del método de minado, se recomienda realizar pruebas de en laboratorio para poder corroborar fehacientemente los resultados.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. MURUAGA, Sebastián. Selección de métodos de explotación para vetas angostas. Memoria (Título de Ingeniero Civil de Minas). Santiago de Chile : Universidad de Chile, 2016, 127 pp.
2. CHOCCELAHUA, Franklin. Selección del método de minado a fin de optimizar la producción de la veta Juanita unidad minera Fénix-Excavaciones de Piques S.A.C. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo - Perú : Universidad Continental, 2020, 115 pp.
3. MORALES, Lenin. Geomecánica aplicada a la selección del método de explotación de la zona Cruz de Oro compañía minera CORI Puno S.A.C. - 2018. Huaraz - Perú :Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo , 2019, 109 pp.
4. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE MINAS. *Diseño de explotaciones e infraestructuras mineras subterráneas*. Madrid- España : s.n., 2007.
5. LEÓN, Walter, MONGE, Robert Y CHACÓN, Néstor. *Geología de los cuadrangulos de Chuchuras, Ulcumayo, Oxapampa y la Merced*. [En línea] INGEMMET - Lima, Perú, 1996. [Fecha de consulta: 12 de noviembre del 2022] <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/201#files>

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de consistencia

	Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable
General	¿En qué medida la aplicación de los parámetros técnicos de Nicholas influye en la elección del método de minado, unidad minera Yuraocsha – Ulcumayo - 2022?	Establecer en qué medida la aplicación de los parámetros técnicos de Nicholas influye en la elección del método de minado, unidad minera Yuraocsha – Ulcumayo – 2022	La aplicación de los parámetros técnicos de Nicholas como son la geometría, del yacimiento y las condiciones geotecnia influye para la elección del método de minado, unidad minera Yuraocsha – Ulcumayo – 2022	Independiente Parámetros técnicos de Nicholas
Específicos	a) ¿Cuál es el resultado de la evaluación de las características de la geometría del yacimiento para la elección del método de minado?	a) Determinar las características de la geometría del yacimiento para la elección del método de minado.	a) Las características de la geometría del yacimiento determinando la forma general y potencia influyen para la elección del método de minado.	Dependiente Métodos de minado
	b) ¿Cuál es el resultado de la evaluación de las características geotécnicas para la elección del método de minado?	b) Establecer las características geotécnicas para la elección del método de minado.	b) Las características geotécnicas del proyecto mediante la determinación de la competencia de la roca intacta y la veta, influye en la elección del método de minado.	
Variable	Concepto	Dimensión	Indicador	
Independiente Parámetros técnicos de Nicholas	Son metodologías simples que permiten descartar métodos no viables de aplicar en el yacimiento, ya sea por la forma de mineralización o las propiedades mecánicas de la roca mineralizada o estéril.	Geometría del yacimiento Características geotécnicas del proyecto	m Mpa,	
Dependiente Métodos de minado	Los métodos de minado deben ser elaborados con base en la geología estructural y en la mecánica de rocas prevaleciendo el concepto fundamental de estabilidad en las obras. Los rasgos y características de los depósitos minerales fueron creados antes, durante o después de que la mineralización tuvo lugar	Volumen de mineral Dilución	m ³ %	

Anexo 2

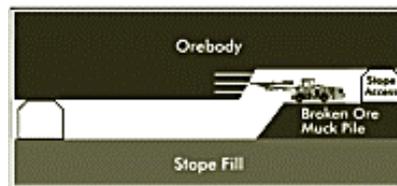
Descripción para su aplicación del método corte y relleno ascendente (Cut and fill stopes)

➤ Definición

Se entiende por corte y relleno los métodos de explotación subterráneos en los que una simple excavación o pasada se completa con el relleno antes de la realización de la siguiente pasada. (4 pág. 96)

En este método el mineral se arranca en rebanadas sucesivas horizontales o inclinadas trabajando en sentido ascendente desde la galería de base, como en las cámaras almacén. Sin embargo, el mineral se saca a medida que se arranca y el hueco que se produce al sacar el mineral se rellena con estériles siguiendo al frente a una distancia mayor o menor según los casos, o bien, sólo se empieza el relleno cuando se completa el arranque de una rebanada. Entre el relleno y la corona virgen del mineral se deja un hueco suficiente para que se pueda trabajar sobre el relleno en la perforación de la rebanada siguiente sin dificultades. (4 pág. 96)

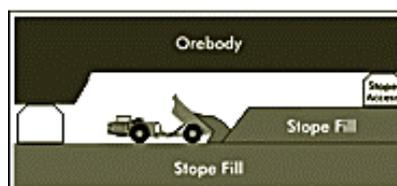
Este ciclo repetido de perforación, voladura, carga y relleno es lo característico del método. (4 pág. 97)



DRILLING & BLASTING



MUCKING OUT



BACK FILLING

En este sentido las cámaras resultantes de voladuras por cráter que se rellenan rutinariamente en algunas minas no pueden considerarse comprendidas en el método de corte y relleno. Este método se usa en depósitos filonianos con buzamientos pronunciados y en yacimientos grandes de forma irregular. Sin embargo, también se usa con cierta intensidad en los yacimientos de oro surafricanos con buzamientos pequeños. (4 pág. 97)

El relleno sirve, en primer lugar, para sostener las paredes o hastiales de la cámara. En minas pequeñas el relleno puede proceder de los estériles producidos por el arranque de la cámara o por las labores preparatorias generales de la mina y, en caso necesario, de labores especiales realizadas con este fin. En trabajos mineros de más importancia el relleno se compone arena, grava o estériles del lavadero desludados. (4 pág. 97)

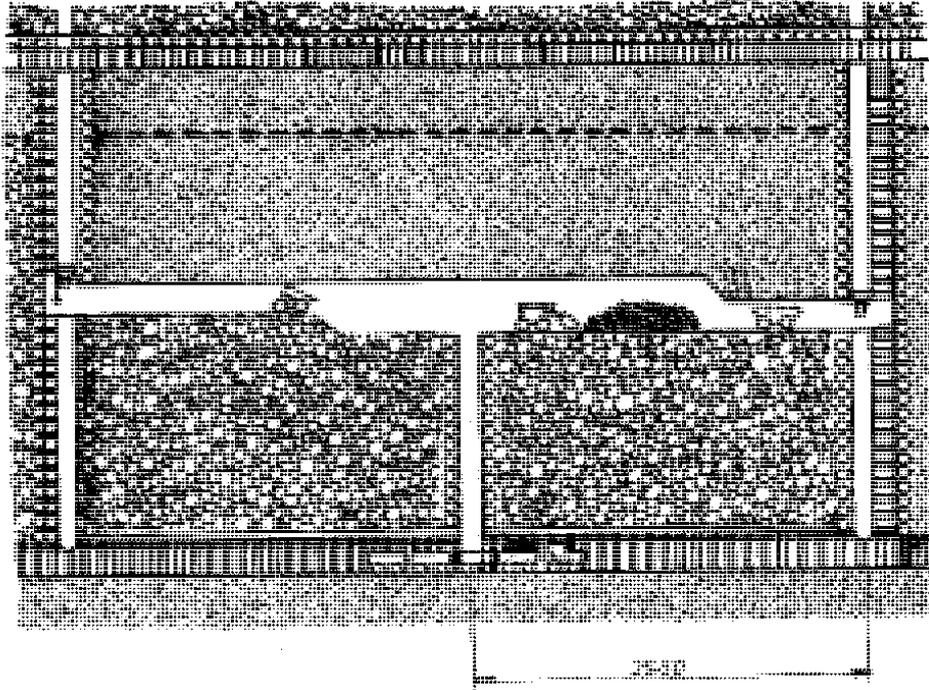
Para evitar desprendimientos de rocas en zonas falsas localizadas, se emplean castilletes, estemples y bulones como complemento del relleno. (4 pág. 97)

Este método es uno de los más extendidos en la minería metálica moderna y se considera como una alternativa del método de subniveles, que se prefiere cuando puede emplearse por las características resistentes de los hastiales y del mineral. (4 pág. 97)

Los mismos equipos de perforación pueden emplearse con el corte y relleno y en los subniveles. Incluso puede proyectarse un método de corte y relleno y si, al ponerlo en práctica, se comprueba que las propiedades de resistencia del macizo rocoso del criadero son buenas, se puede cambiar el método a subniveles. (4 pág. 97)

El corte y relleno es el método de explotación más flexible de todos, ya que puede aplicarse a casi todo tipo de criaderos; la utilización de esterones de tejidos apropiados, que sirven para recubrir los pilares y contener el relleno, o bien el empleo de una ligera dosis de cemento para que el relleno fragüe, permiten estabilizar éste y consiguen la recuperación del mineral de los pilares.

Si la mineralización es arrosariada o desigual, pueden agruparse económicamente las zonas pobres y ricas diseñando las cámaras adecuadamente, con lo que puede realizarse una explotación selectiva. El relleno evita los hundimientos de grandes proporciones al iniciar explotaciones debajo de pisos ya arrancados. La disposición de los coladeros, piqueras y chimeneas de ventilación, permite contar siempre con pasos suficientes, si alguno se interrumpiera por cualquier circunstancia. (4 pág. 98)



En criaderos tabulares de fuerte pendiente y potencia pequeña o media, el mineral se arranca en dirección, montando cámaras longitudinales y con la anchura de la caja. Según la corrida del criadero, las cámaras pueden ser del mismo largo que éste o limitarse por medio de pilares de separación, que disminuyen el vano descubierto de los hastiales. Cámaras de más de 20 m de anchura sólo son posibles con coronas de mineral muy resistente. Si el criadero es más ancho, se preparan las cámaras como labores de través, con el eje mayor normal a los hastiales. (4 pág. 98)

El corte y relleno se emplea en criaderos irregulares de minerales ricos, con ramificaciones que penetran en el macizo rocoso que lo encaja. En estos casos será preciso franquear la roca del hastial para conseguir las secciones precisas. La roca arrancada se deja dentro de la explotación como relleno de la rebanad. (4 pág. 98)

Estas rebanadas con relleno se llaman algunas veces mecanizadas, cuando se utilizan en ellas cargadoras L.H.D. (que cargan, transportan y descargan) con propulsión Diesel o de aire comprimido para la carga del mineral arrancado. (4 pág. 98)

Para preparar las cámaras en este método, se parte de la galería de transporte general, situada a unos 12 m - 15 m del fondo de la futura cámara; desde un recorte de esta galería se practica una rampa de acceso, que alcanzará al fondo de la cámara a la altura antes indicada, cortando entonces el criadero con un recorte de techo a muro, en lo que será el centro de la cámara. Alcanzado el muro, se sube una chimenea en mineral que enlaza la cámara con la planta de cabeza del piso superior- Esta chimenea servirá para el servicio general y tendrá suficiente sección para ello; irá provista de escalas y mecanizada con un cabrestante para las maniobras de los equipos. También sirve como entrada de aire a la cámara, y la salida de aire se realiza por los dos extremos de la misma, por dos chimeneas de menor sección que se preparan en estos puntos y también al muro del criadero. (4 pág. 99)

Los coladeros pueden dejarse entre el relleno o prepararlos al muro, separados unos 8 m a 10 m del mineral, para mayor seguridad. La ventaja principal del acceso con chimenea es que la preparación de la explotación es barata y rápida, y se puede empezar a producir muy pronto. Por contra, presenta el inconveniente de que es difícil sacar piezas grandes por chimenea, ya que las unidades grandes del equipo, como cargadoras y jumbos, quedan encerradas en la cámara. Por ello, los trabajos de preparación y mantenimiento deben realizarse dentro de la misma cámara en condiciones poco apropiadas. En caso de avería grave, no queda otra solución que desarmar la máquina y sacarla por la chimenea de servicio a los talleres. (4 pág. 99)

Tampoco pueden variarse estos equipos de una cámara a otra y han de tener su capacidad adaptada a la producción de una sola cámara. (4 pág. 99)

La práctica minera varía de una mina a otra, pero comúnmente se emplean barrenos ascendentes en las voladuras, perforados con jumbos de uno, dos o

tres brazos. Los esquemas tienen 1,8 m de piedra y 1,2 m de espaciado. Se emplea ANFO, salvo que haya agua, lo que obliga a emplear explosivo gelatinoso. (4 pág. 99)

El control de los esquemas de perforación es riguroso y además se debe pagar en función de la eficacia de la voladura. (4 pág. 99)

La experiencia indica que se consiguen mejores resultados con barrenos inclinados de 10° a 30° con la vertical e inclinados en dirección del avance. Así se consigue una granulometría que facilita la carga, pues el mineral entra mejor en la cargadora. (4 pág. 99)

La altura media de rebanada es de 3 m a 4 m, los bloques grandes se taquean a medida que se presentan. (4 pág. 99)

Una cámara grande puede dividirse en varias conectadas entre sí como secciones de trabajo y de este modo, pueden producirse más toneladas en una misma voladura. (4 pág. 99)

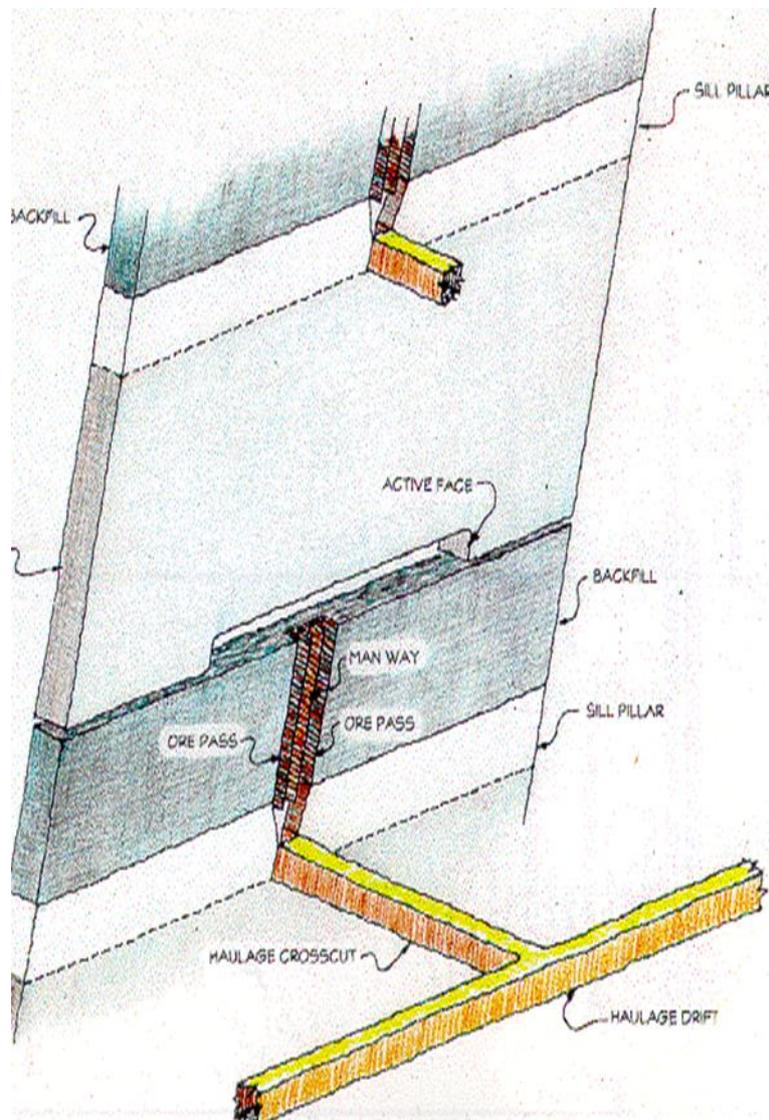
La experiencia demuestra que es mejor arrancar desde los extremos de la cámara hacia el centro, salvo que la disposición de los planos de crucero de la masa mineral exigieran hacerlo en una dirección. (4 pág. 99)

El trabajo empieza con la perforación y voladura, seguida de la carga de modo que los jumbos seguidos de las cargadoras, no queden encerrados por el montón de mineral arrancado; el relleno se coloca según las necesidades a medida que avanza el arranque. Si la resistencia de mineral y hastiales lo permite, se puede arrancar toda la rebanada y rellenarse de una sola vez. (4 pág. 99)

El aire para la ventilación debe entrar por la planta inferior de la mina; cuando se dejan coladeros entre el relleno, el aire penetra por ellos, con lo que se presenta el problema de que, al secarse el relleno, el aire arrastra muchos polvos, y también que el mineral volado puede tapar esos pasos. (4 pág. 99)

Por ello es mejor que el aire entre por la rampa de acceso a la chimenea central y salga por las dos chimeneas perforadas en el mineral en los extremos de la cámara. (4 pág. 99)

Corte y relleno



Para evitar las pérdidas y dilución del mineral por relleno, se puede lanzar una capa de cemento y arena de pocos centímetros sobre la superficie de relleno. Pero siempre penetran en él algunos trozos de mineral que habrá que recuperar, pudiendo aceptar un 5 por ciento de pérdida de mineral en el relleno. Mineros experimentados pueden rebajar estas cifras. (4 pág. 101)

Los coladeros y pasos se protegen con brocales o barreras, para evitar accidentes, y se retiran al dar las voladuras. Según las características geotécnicas del mineral, se puede bulonar la corona con bulones largos cuando el macizo se aproxima a sus últimos realces; estos bulones se mezclan después con la masa mineral volada, lo que ocasiona inconvenientes en la carga y molienda. Algunas minas tienen que colocar bulones en corona como medida rutinaria de seguridad. (4 pág. 101)

En el corte y relleno, con arranque por barrenos verticales se necesita unas dimensiones de hueco descubierto que, si la corona o los hastiales son demasiado débiles, pueden no soportarlos. En estos casos podrá emplearse la voladura con barrenos horizontales y el avance en una sola dirección. (4 pág. 101)

Los barrenos horizontales pueden emplearse también para seguir los apófisis o salientes de criaderos irregulares con ley alta. En todo caso, la producción baja, y con ella el rendimiento por hombre y relevo. (4 pág. 101)

El relleno de una cámara de barrenos horizontales no puede completarse hasta que se ha terminado de arrancar la rebanada; entonces se saca la maquinaria y se rellena la cámara hasta la corona. El aire de ventilación pasará por el hueco entre corona y relleno, producido por las irregularidades de la corona y el asiento del relleno; en algún caso habrá que forzar la ventilación con tuberías. (4 pág. 101)

➤ **Las ventajas del método de rebanadas rellenas son**

- Sus costos por preparación son menores que los de las Cámaras Almacén, subniveles y barrenos largos. (4 pág. 102)
- Pueden dar producción rápidamente. (4 pág. 102)
- El mineral sale a medida que se arranca y con ello el capital inmovilizado es menor y se evitan los problemas de oxidación y fuegos. (4 pág. 102)
- Se necesita poca mano de obra. (4 pág. 102)
- La vigilancia es fácil por estar el trabajo muy concentrado. (4 pág. 102)

- La seguridad es grande, sólo se trabaja en zonas que no han tenido tiempo de meteorizarse. (4 pág. 102)
- La ventilación es sencilla. (4 pág. 102)
- Hay poca dilución del mineral. (4 pág. 102)
- El taqueo puede hacerse en la cámara, evitando atascos en los coladeros. (4 pág. 102)
- La estabilidad en la cámara y en el conjunto de la mina es grande, gracias al relleno. (4 pág. 102)
- Permite la colocación de estériles del lavadero. (4 pág. 102)

➤ **Por el contrario, los inconvenientes son**

- La producción por cámara es irregular, por lo que hay que arrancar varias para compensar. (4 pág. 102)
- Se necesita un buen suministro de tierras para relleno. (4 pág. 102)
- Esto resulta caro, llegando al 50 por ciento del costo total. (4 pág. 102)
- Los finos residuales del tratamiento de estériles ocasionan problemas de estabilidad de escombreras. (4 pág. 102)

➤ **Preparación**

- Niveles de transporte con galerías en mineral o en estéril si aquél fuera poco consistente, los hastiales irregulares o la ley poco uniforme. (4 pág. 102)
- Chimeneas para mineral, relleno, ventilación o acceso entre niveles. (4 pág. 102)
- Rampas para acceso a los tajos de equipos mecanizados (jumbos, LHD, etc.). (4 pág. 102)
- Inicio del corte con galería en dirección, 6-8m encima de la de transporte (pilar de base) si ésta fuera en mineral. (4 pág. 102)

➤ **Sistema**

- **PERFORACIÓN + VOLADURA + CARGA + TRANSPORTE + RELLENO**
Martillo manual, Scraper, Tren, Mecánico, Jumbo, LHD, Camión, Neumático – Hidráulico. (4 pág. 102)

➤ **Variantes**

• **Ascendente: Relleno al piso:**

- ✓ Corte en realce con barrenos H/V.
- ✓ Avance en calles con relleno lateral.
- ✓ Con pilares para grandes potencias.

• **Descendente**

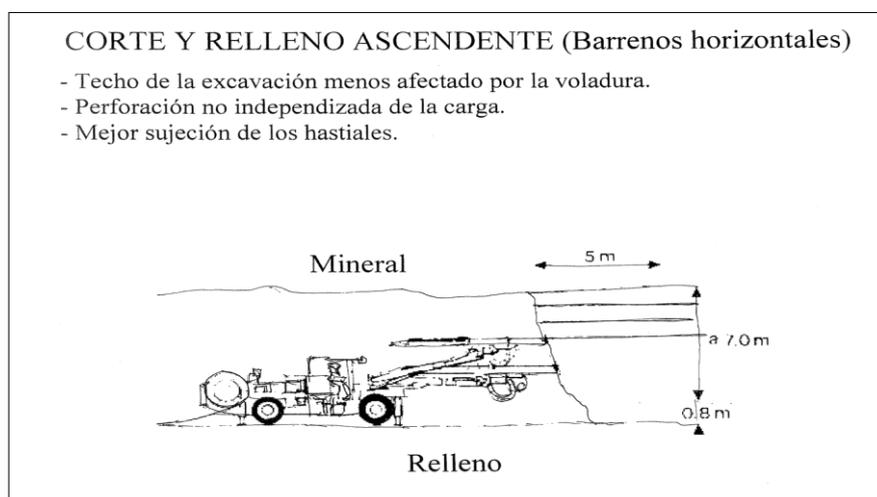
- ✓ Relleno cementado al techo
- ✓ Corte con barrenos H/V. (4 pág. 102)

➤ **Aplicaciones**

- ✓ “Yacimiento tabular (irregularidades y discontinuidades son admisibles)”.
- ✓ “De pequeña potencia (< 30m), gran extensión y alta ley (uniforme o variable > explotación selectiva)”. (4 pág. 102)
- ✓ “Buzamiento > 45°. Más horizontales posible si los coladeros son de una pendiente superior al ángulo de reposo (más labores en estéril)”. (4 pág. 102)
- ✓ “Mineral moderadamente firme. hastiales débiles”. (4 pág. 102)

➤ **Explotación**

- ✓ “Similar a "cámara almacén", pero las cámaras se rellenan con material suelto o cementado”. (4 pág. 102)
- ✓ “Las Cámaras más largas (60-600m) permiten la mecanización”. (4 pág. 102)
- ✓ “Pilares laterales, de base y corona si se requieren”. (4 pág. 102)



CORTE Y RELLENO ASCENDENTE (Barrenos verticales)

- Techo de la excavación más afectado por las voladuras → saneo.
- Peor sujeción de los hastiales → más dilución.
- Perforación independiente de la carga.

