

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



T E S I S

**Incidencias geomecánicas para profundizar y mejorar la
producción minera en la UM Santander EM Trevali S.A.**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. Andre Piero GANTO ARIAS

Asesor:

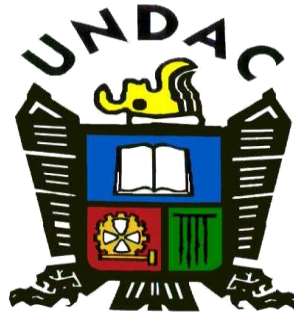
Ing. Julio César SANTIAGO RIVERA

Cerro de Pasco – Perú - 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



T E S I S

**Incidencias geomecánicas para profundizar y mejorar la
producción minera en la UM Santander EM Trevali S.A.**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Edwin Elías SANCHEZ ESPINOZA

PRESIDENTE

Mg. Joel Enrique OSCUVILCA TAPIA

MIEMBRO

Mg. Silvestre Fabián BENAVIDES CHAGUA
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
Facultad de Ingeniería de Minas
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N°065-JUIFIM-2024

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el Software Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por:

Bachiller: GANTO ARIAS, Andre Piero

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería de Minas

Tipo de trabajo:

Tesis

**“Incidencias Geomecánicas para
profundizar y mejorar la producción Minera
en la UM Santander EM Trevali” S.A.**

Asesor:

Ing. Julio César, SANTIAGO RIVERA

Índice de Similitud: 14%

Calificativo

APROBADO

Se adjunta al presente el informe y el reporte de evaluación del software similitud.

Cerro de Pasco, 16 de febrero 2024



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DANIEL
ALCIDES
CARRION
[AVANZADA]

Firmado digitalmente por AGUIRRE
ADAUTO Agustín Arturo FAU
20154605046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 16.02.2024 00:52:14 -05:00

Dr. Agustín Arturo AGUIRRE ADAUTO
JEFE DE LA UNIDAD DE INVESTIGACION DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS

C.c.
Archivo

DEDICATORIA

El presente trabajo es en memoria de mi abuelita, quien siempre me apoyó y quiso verme triunfar, agradezco a mis padres y a mi hermana por todo el apoyo que me brindan y las fuerzas que me dan para lograr más objetivos.

AGRADECIMIENTO

¡A Dios! por haber hecho posible la culminación de mis estudios universitarios.
A la plana de docentes de la Facultad de Ingeniería de Minas Escuela de Formación Profesional de Minas de la Universidad Nacional “Daniel Alcides Carrión” - Cerro de Pasco.

Al Ing. Julio César Santiago Rivera, docente de la Facultad de Ingeniería de Minas, Escuela de Formación Profesional de Minas de la Universidad Nacional “Daniel Alcides Carrión”. Por su recomendación y observación en su calidad de asesor.

RESUMEN

Haciendo una pequeña remembranza de la UM, Santander, en el año 2005 Trevali adquirió los derechos del yacimiento polimetálico Santander y en diciembre del año 2007, inició los trabajos de exploración.

En el mes de septiembre de 2010, Trevali firmó un acuerdo con la Empresa Minera Los Quenuales, subsidiaria peruana de Glencore, para el desarrollo, construcción y operación del Proyecto Santander, iniciando las operaciones de explotación en el mes de agosto del año 2012. A la fecha el yacimiento ya fue explotado hasta el Nivel 4370 y se tiene programado para el presente año explotar hasta el Nivel 4300. La explotación de los Niveles 4300, 4230, 4160 y 4090 forma parte del Proyecto de Profundización de la Mina Santander.

Como parte del desarrollo del Proyecto de Profundización de la Mina Santander, Trevali Perú S.A.C. (TREVALI), ha contratado los servicios de DCR Ingenieros S.R.L tda. (DCR), empresa especializada en realizar trabajos de mecánica de rocas y geomecánica, para llevar a cabo la respectiva revisión geomecánica, en términos de evaluar las condiciones de la roca, buscar alternativas de minado subterráneo, dimensionar sus componentes estructurales y continuar la explotación en condiciones óptimas para sostener la producción en el futuro.

En este documento, DCR pone a consideración de TREVALI el informe de los trabajos realizados y los resultados obtenidos en la “Revisión Geomecánica de la Unidad Minera Trevali (Santander) para la Profundización de la Mina”.

Palabras clave: Geomecánica, parámetro principal para el estudio de la profundización en minería subterránea.

ABSTRACT

Making a small remembrance of the UM, Santander we can say that in 2005 Trevali acquired the rights to the Santander polymetallic deposit and in December 2007, began exploration work.

In September 2010, Trevali signed an agreement with Empress miner Los Quenuales, Glencore's Peruvian subsidiary, for the development, construction, and operation of the Santander Project, starting exploitation operations in August 2012. To date, the deposit has already been exploited up to Level 4370 and it is scheduled for this year to exploit up to Level 4300. The exploitation of Levels 4300, 4230, 4160 and 4090 is part of the Santander Mine Deepening Project.

As part of the development of the Santander Mine Deepening Project, Trevali Perú S.A.C. (TREVALI), has hired the services of DCR Ingenieros S.R.L tda. (DCR), a company specialized in carrying out rock mechanics and geomechanics work, to carry out the respective geomechanical review, in terms of evaluating the conditions of the rock, seeking underground mining alternatives, dimensioning its structural components and continuing exploitation in optimal conditions to sustain production in the future.

In this document, DCR presents to TREVALI the report of the work carried out and the results obtained in the "Geomechanical Review of the Trevali Mining Unit (Santander) for the Deepening of the Mine".

Keywords: Geomechanics, main parameters for the study of deepening in underground mining.

INTRODUCCIÓN

La Unidad Minera Santander está planeando Operar la mina con altos estándares de seguridad, alto grado de productividad y mayor eficiencia de los recursos. El diseño de mina Santander debe permitir el crecimiento en amplitud y profundidad, que nos permita escalar a una producción mayor en cualquier etapa operativa.

Las condiciones termo ambientales y de estabilidad son prioritarias por tratarse de una mina subterránea, para garantizar las condiciones termo ambientales se tiene elaborado programas de construcción de chimeneas tipo Raise Borer desde la primera etapa de operación de la mina, para garantizar la estabilidad se tiene desarrollado un estudio del comportamiento geomecánico del yacimiento, el cual considera las características del macizo rocoso a tener en cuenta para el diseño, para lo cual, el estudio detallado de la geomecánica aplicada determinará definitivamente en la profundización de la mina para mejorar el sistema de minado, asimismo, incrementar la producción y mejorar la productividad en nuestra Unidad Minera de Santander - EM Trevali Corp.

ÍNDICE

| | |
|----------------|--|
| DEDICATORIA | |
| AGRADECIMIENTO | |
| RESUMEN | |
| ABSTRACT | |
| INTRODUCCIÓN | |
| ÍNDICE | |

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

| | | |
|--------|--|---|
| 1.1. | Identificación y determinación del problema..... | 1 |
| 1.2. | Delimitación de la investigación..... | 3 |
| 1.3. | Formulación del problema | 3 |
| 1.3.1. | Problema general | 3 |
| 1.3.2. | Problemas específicos | 4 |
| 1.4. | Formulación de objetivos | 4 |
| 1.4.1. | Objetivo general | 4 |
| 1.4.2. | Objetivos específicos..... | 4 |
| 1.5. | Justificación de la investigación..... | 5 |
| 1.6. | Limitaciones de la investigación | 5 |

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

| | | |
|--------|--|----|
| 2.1. | Antecedentes de estudio | 6 |
| 2.2. | Bases teóricas - científicas..... | 8 |
| 2.2.1. | Perfiles o Secciones geomecánicas..... | 8 |
| 2.2.2. | Ensayo triaxial..... | 8 |
| 2.3. | Definición de términos básicos | 9 |
| 2.3.1. | Calidad de roca RQD..... | 9 |
| 2.3.2. | Esfuerzos de pre minado | 10 |
| 2.3.3. | Evaluación de esfuerzos in situ..... | 10 |
| 2.3.4. | Limitaciones de los sistemas de clasificación..... | 11 |
| 2.4. | Formulación de hipótesis | 12 |
| 2.4.1. | Hipótesis general..... | 12 |
| 2.4.2. | Hipótesis específicas | 13 |
| 2.5. | Identificación de variables | 13 |

| | | |
|---------|--|----|
| 2.6. | Definición operacional de variables e indicadores..... | 13 |
| 2.6.1. | Profundización de labores mineras | 13 |
| 2.6.2. | Parámetros geomecánicos | 13 |
| 2.6.3. | Desprendimiento de rocas | 14 |
| 2.6.4. | Sostenimiento de labores mineras | 14 |
| 2.6.5. | Modelo Geomecánico..... | 14 |
| 2.6.6. | Base de Indicadores Geomecánicos (IGM). | 16 |
| 2.6.7. | Métodos de explotación subterránea sin y con entrada del personal: ... | 16 |
| 2.6.8. | Magnitud y geometría de las labores | 18 |
| 2.6.9. | Parámetros de Sostenimiento en excavaciones Mineros..... | 19 |
| 2.6.10. | Tipos de sostenimiento en minería subterránea | 20 |

CAPITULO III METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

| | | |
|-------|--|----|
| 3.1. | Tipo de investigación..... | 22 |
| 3.2. | Nivel de investigación..... | 22 |
| 3.3. | Métodos de investigación | 22 |
| 3.4. | Diseño de investigación | 23 |
| 3.5. | Población y muestra | 23 |
| 3.6. | Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 24 |
| 3.7. | Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación | 25 |
| 3.8. | Técnicas de procesamiento y análisis de datos..... | 25 |
| 3.9. | Tratamiento estadístico..... | 26 |
| 3.10. | Orientación ética filosófica y epistémica..... | 26 |

CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

| | | |
|----------|---|----|
| 4.1. | Descripción del trabajo de campo | 27 |
| 4.1.1. | Generalidades De La Unidad Minera Santander | 27 |
| 4.1.1.1. | Ubicación y Accesibilidad | 27 |
| 4.1.1.2. | Acceso a la Unidad Minera | 28 |
| 4.1.1.3. | Climatología Zonal..... | 28 |
| 4.1.2. | Geología General | 28 |
| 4.1.2.1. | Yacimiento del Mineral..... | 28 |
| 4.1.2.2. | Mineralización..... | 29 |
| 4.1.2.3. | Recursos Minerales de la UM Santander | 30 |

| | | |
|----------|---|----|
| 4.1.3. | Caracterización Geomecánica Del Yacimiento Minero | 30 |
| 4.1.3.1. | Discontinuidades..... | 32 |
| 4.1.3.2. | Excavaciones Maximas Y Sostenimiento | 33 |
| 4.2. | Presentación, análisis e interpretación de resultados | 35 |
| 4.2.1. | Características Generales de la Mina..... | 35 |
| 4.2.2. | Diseño de la Mina..... | 35 |
| 4.2.2.1. | Infraestructura de la Mina | 36 |
| 4.2.2.2. | Resumen de Infraestructura de Mina | 37 |
| 4.2.3. | Desarrollos | 37 |
| 4.2.4. | Preparaciones..... | 38 |
| 4.2.5. | Labores de Servicios auxiliares | 39 |
| 4.3. | Prueba De hipótesis | 41 |
| 4.3.1. | Balance de aire de Ventilación Mina..... | 41 |
| 4.3.2. | Infraestructura de seguridad..... | 43 |
| 4.3.3. | Diseño del Método de Explotación de Profundización..... | 44 |
| | Consideraciones Geomecánicas..... | 44 |
| 4.3.4. | Operaciones Unitarias | 49 |
| 4.4. | Discusión de resultados | 54 |
| 4.4.1. | Cronograma de Desarrollo y Preparaciones 2021..... | 58 |
| 4.4.2. | Cronograma de Producción 2023..... | 59 |
| 4.4.3. | Plan de Cierre de Mina..... | 59 |
| 4.4.4. | Cronograma Físico Post de Cierre de Minas..... | 60 |

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| CUADRO N°1: Interpretación de valores de RQD (Deere, 1964) | 10 |
| CUADRO N°2: Criterio empírico para estimar la deformación mecánica del macizo rocoso..... | 12 |
| CUADRO N°3: Tipos de excavaciones mineras subterráneas | 16 |
| CUADRO N°4: Software geomecánico – Métodos numéricos | 18 |
| CUADRO N°5: Diseño empírico del sostenimiento (Barton)..... | 20 |
| CUADRO N°6: Operacionalización de variables e indicadores | 21 |
| CUADRO N°7: Resumen de Recursos por categoría Mina Santander abril 2020 | 30 |
| CUADRO N°8: Máximas aberturas permisibles. | 33 |
| CUADRO N°9: Mínimas dimensiones de tajeos | 34 |
| Cuadro N°10: Caracterización geomecánica del macizo rocoso | 34 |
| CUADRO N° 11: Resumen de la infraestructura de mina | 37 |
| CUADRO N°12: Balance del aire de ventilación de la UM Santander..... | 41 |
| CUADRO N°13: Resumen de Caracterización del Macizo Rcoso | 45 |
| CUADRO N°14: Dimensionamiento de tajeos Para Profundización mina | 46 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico N° 1: Datos de evaluación geomecánica..... | 2 |
| Gráfico N° 2: Perfil geomecánico típico para uso minero | 8 |
| Gráfico N°3: Examen típico de rotura de rocas comportamiento triaxial. | 9 |
| Gráfico N°4: Módulos de Elasticidad (Eh)..... | 11 |
| Gráfico N°5: Modelo geomecánico para uso minero..... | 15 |
| Gráfico N°6: Falla y estructural del macizo rocoso..... | 15 |
| Gráfico N°7: Diseño aproximado de Parkalnis..... | 17 |
| Gráfico N°8: Tipos de estabilidad por el tipo de excavación en explotación minera. | 19 |
| Gráfica N°9: Vista esquemática de los cuerpos: MN-MC-MS,..... | 24 |
| Gráfica N°10: Ensayos de Compresión Simple, ANTES Y DESPUES..... | 25 |
| Gráfica N°11: Plano de ubicación de la Mina Santander | 27 |
| Gráfica N°12: Mapa Geológico Santander..... | 29 |
| Gráfica N°13: Zonificación geomecánica de MN, MC y MS en un perfil longitudinal | 31 |
| Gráfica N°14: Diagrama de roseta del compósito de discontinuidades..... | 32 |
| Gráfica N°15: Sostenimiento con barras helicoidales | 33 |
| Gráfica N°16: Plano longitudinal de Infraestructura de Mina | 36 |
| Gráfica N° 17: Plano de desarrollos de mina | 38 |
| Gráfica N° 18: Plano de preparación de tajo, subniveles, By Pass, Ch slot..... | 39 |
| Gráfica N° 19: Plano de Pozas de bombeo Nvl 4370 MC..... | 40 |
| Gráfica N°20: Plano de Chimenea de servicio 4320. | 40 |
| Gráfica N° 21: Plano Isométrico de ventila..... | 42 |
| Gráfica N° 22: Plano refugio minero Nvl 4370 y comedor Nvl 4510. | 43 |
| Gráfica N° 23: Diseño estándar de Explotación | 47 |
| Gráfica N° 24: Plano de secuencia miento de minado 2019 – 2020 | 48 |
| Gráfica N° 25: Equipo de perforación Simba S7D..... | 50 |
| Gráfica N°26: Diagrama del Sistema de Acarreo | 52 |
| Gráfica N° 27: Diagrama del Sistema de Transporte | 53 |

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

La Unidad Minera Trevali, Santander, presenta ciertas deficiencias en cuanto al desarrollo de la profundización respecto a la caracterización geomecánica de la estructura geológica, lo que muchas veces dificulta cumplir con el planeamiento del minado subterráneo, es por ello que la empresa minera Trevali Perú Corp., ha encargado el estudio y la “Revisión Geomecánica de la Unidad Minera Santander EM. Trevali., para la Profundización de la Mina”, con el fin de evaluar las condiciones de la roca, buscar alternativas de minado subterráneo, dimensionar sus componentes estructurales y continuar la explotación en condiciones óptimas para sostener la producción en el futuro.

Para cumplir con el objetivo de este trabajo, fue necesario primero inspeccionar la mina Santander, con el fin de realizar observaciones de campo, y luego llevar a cabo trabajos en gabinete. En una primera etapa el estudio estuvo orientado al desarrollo de la información básica necesaria para evaluar los factores geológicos, geomecánicos y del minado que controlan la estabilidad de las excavaciones, y estimar así los datos de entrada para los análisis de diseño. En una segunda etapa, se integró la información obtenida durante la primera

etapa mencionada, con el fin de evaluar las condiciones de estabilidad de las excavaciones subterráneas asociadas con el minado.

En base al desarrollo de la información básica se ha definido el modelo geomecánico de la mina Santander, caracterizándose de manera detallada a la masa rocosa asociada a los cuerpos mineralizados: Magistral Norte, Magistral Centro y Magistral Sur; desde el punto de vista litológico, estructural y calidad.

Como parte de la evaluación de las condiciones de estabilidad, se realizaron un número de análisis, con datos de entrada establecidos durante el desarrollo de la información básica, lo cual condujo a dar las recomendaciones correspondientes a diferentes aspectos del control de la estabilidad de las excavaciones asociadas al minado.

Finalmente se han brindado opiniones respecto a la serie de aspectos planteados por TREVALI en los términos de referencia elaborados para el presente servicio, relacionados a la revisión geomecánica y a la secuencia de minado. Toda esta información deberá ser tomada en cuenta por los ingenieros que estarán a cargo del Planeamiento y Diseño del minado subterráneo de la profundización de Magistral Norte, Centro y Sur. Siguiendo el formato adjunto.

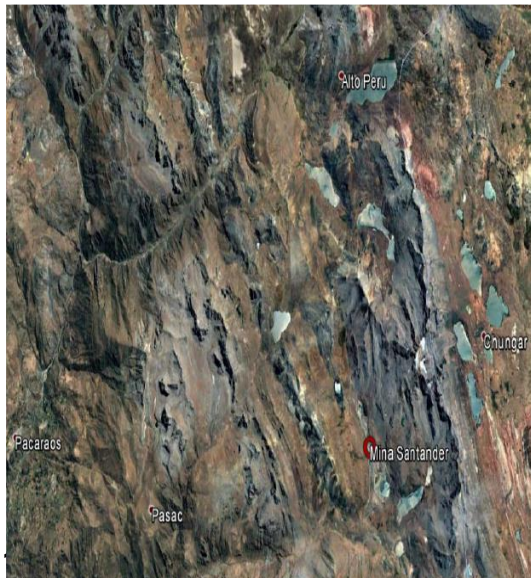
Gráfico N° 1: Datos de evaluación geomecánica

| PARAMETRO | | VALORES | | | | | | | | | | VALORACION | | | | |
|-----------|--|---------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|-------|-------|-------|
| UNIDAD | DESCRIPCION | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | |
| ROCCAS | RESISTENCIA COMPRESIVA (MPa) | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 | 4500 | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
| | | 8000 | 8500 | 9000 | 9500 | 10000 | 10500 | 11000 | 11500 | 12000 | 12500 | 13000 | 13500 | 14000 | 14500 | 15000 |
| ROCCAS | RESISTENCIA TRACCION (MPa) | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 |
| | | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 | 1500 |
| ROCCAS | RESISTENCIA CORTANTE (MPa) | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 |
| | | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 | 1500 |
| ROCCAS | RESISTENCIA A LA TRACCION EN TENDIDO (MPa) | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 |
| | | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 | 1500 |
| ROCCAS | RESISTENCIA A LA TRACCION EN PERPENDICULAR (MPa) | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 |
| | | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 | 1500 |
| ROCCAS | RESISTENCIA A LA TRACCION EN ANGULO (MPa) | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 |
| | | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 | 1500 |
| ROCCAS | RESISTENCIA A LA TRACCION EN ANGULO EN TENDIDO (MPa) | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 |
| | | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 | 1500 |
| ROCCAS | RESISTENCIA A LA TRACCION EN ANGULO EN PERPENDICULAR (MPa) | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 |
| | | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 | 1500 |
| ROCCAS | RESISTENCIA A LA TRACCION EN ANGULO EN ANGULO (MPa) | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 |
| | | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 | 1500 |
| ROCCAS | RESISTENCIA A LA TRACCION EN ANGULO EN ANGULO EN TENDIDO (MPa) | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 |
| | | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 | 1500 |
| ROCCAS | RESISTENCIA A LA TRACCION EN ANGULO EN ANGULO EN PERPENDICULAR (MPa) | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 |
| | | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 | 1500 |
| ROCCAS | RESISTENCIA A LA TRACCION EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO (MPa) | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 |
| | | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 | 1500 |
| ROCCAS | RESISTENCIA A LA TRACCION EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN TENDIDO (MPa) | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 |
| | | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 | 1500 |
| ROCCAS | RESISTENCIA A LA TRACCION EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN PERPENDICULAR (MPa) | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 |
| | | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 | 1500 |
| ROCCAS | RESISTENCIA A LA TRACCION EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO (MPa) | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 |
| | | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 | 1500 |
| ROCCAS | RESISTENCIA A LA TRACCION EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN TENDIDO (MPa) | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 |
| | | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 | 1500 |
| ROCCAS | RESISTENCIA A LA TRACCION EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN PERPENDICULAR (MPa) | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 |
| | | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 | 1500 |
| ROCCAS | RESISTENCIA A LA TRACCION EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO (MPa) | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 |
| | | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 | 1500 |
| ROCCAS | RESISTENCIA A LA TRACCION EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN TENDIDO (MPa) | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 |
| | | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 | 1500 |
| ROCCAS | RESISTENCIA A LA TRACCION EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN PERPENDICULAR (MPa) | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 |
| | | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 | 1500 |
| ROCCAS | RESISTENCIA A LA TRACCION EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO (MPa) | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 |
| | | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 | 1500 |
| ROCCAS | RESISTENCIA A LA TRACCION EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN TENDIDO (MPa) | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 |
| | | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 | 1500 |
| ROCCAS | RESISTENCIA A LA TRACCION EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN PERPENDICULAR (MPa) | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 |
| | | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 | 1500 |
| ROCCAS | RESISTENCIA A LA TRACCION EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO (MPa) | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 |
| | | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 | 1500 |
| ROCCAS | RESISTENCIA A LA TRACCION EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN TENDIDO (MPa) | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 |
| | | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 | 1500 |
| ROCCAS | RESISTENCIA A LA TRACCION EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN PERPENDICULAR (MPa) | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 |
| | | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 | 1500 |
| ROCCAS | RESISTENCIA A LA TRACCION EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO (MPa) | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 |
| | | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 | 1500 |
| ROCCAS | RESISTENCIA A LA TRACCION EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN TENDIDO (MPa) | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 |
| | | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 | 1500 |
| ROCCAS | RESISTENCIA A LA TRACCION EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN PERPENDICULAR (MPa) | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 |
| | | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 | 1500 |
| ROCCAS | RESISTENCIA A LA TRACCION EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO (MPa) | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 |
| | | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 | 1500 |
| ROCCAS | RESISTENCIA A LA TRACCION EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN TENDIDO (MPa) | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 |
| | | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 | 1500 |
| ROCCAS | RESISTENCIA A LA TRACCION EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN PERPENDICULAR (MPa) | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 |
| | | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 | 1500 |
| ROCCAS | RESISTENCIA A LA TRACCION EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO (MPa) | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 |
| | | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 | 1500 |
| ROCCAS | RESISTENCIA A LA TRACCION EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN ANGULO EN TENDIDO (MPa) | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 |
| | | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 | 1500 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

1.2. Delimitación de la Investigación

1.2.1. Delimitación espacial

El estudio se desarrolla en la Empresa Mina Santander, Trevali Corp.; que se encuentra Ubicado en el Departamento de Pasco, Región Pasco.



El proyecto se ha programado para un tiempo definido de ocho meses, de agosto a abril del 2022.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿El estudio geomecánico, ayudará al desarrollo planificado de la profundización y mejorar la producción en la unidad Minera Santander - Minera Trevali Corp.?

1.3.2. Problemas específicos

- a. ¿El estudio geomecánico, implementará programas en el planeamiento de las operaciones unitarias para mejorar la producción minera en la mina Santander – Minera Trevali Corp.?
- b. ¿El estudio geomecánico brindará la mejora en el sistema de sostenimiento de labores explotadas asegurando una explotación continua en la mina Santander-Minera Trevali Corp.?
- c. ¿El estudio geomecánico brindará notablemente en la estabilidad y garantizará el sistema de seguridad en el trabajo del personal y equipos en la Minera Santander – Minera Trevali Corp.?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

La implementación de los Modelos Geomecánicos, ayudarán al planeamiento del minado para la profundización y el incremento de la producción mediante labores subterráneas, en la Mina-Santander Minera Trevali. Corp.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Predecir posibles impactos de caída de rocas controlando las interacciones de las operaciones del minado continuo para la profundización y el incremento de la producción en la mina Santander – U.M. Trevali Corp.
- b. Mejorar el sostenimiento de las labores y el avance normal de la explotación continua de los recursos mineros en la mina Santander – U.M. Trevali Corp.
- c. Mantener las condiciones estables de las labores brindará la seguridad y salud ocupacional del personal y los equipos en la mina Santander – U.M. Trevali Corp.

1.5. Justificación de la investigación

El estudio geomecánico, estará justificado porque aporta un planeamiento del regular manteniendo los estándares de incremento de la producción con la profundización de las labores en toda la infraestructura de la unidad minera, aportando aspectos teóricos y prácticos en el desarrollo de la minería subterránea en la minería regional y nacional.

Desde el punto de vista teórico, construir modelos geomecánicos que permitirá seguir la secuencia de minado en la profundización continua, permitiendo obtener el incremento planeado en la producción minera.

Asimismo, en su aporte teórico, permitirá mantener aproximaciones del avance diario y un planeamiento de las operaciones unitarias en el minado selectivo y racional controlando las áreas potenciales de perturbaciones geológicas. En cuanto a su aporte técnico nos permitirá extender este modelo geomecánico a otras labores dentro de la infraestructura de la mina y adecuarse a otras unidades mineras que se interesen en la profundización y el incremento de su producción adecuando a sus características geológicas propias.

Asimismo, desde el punto de vista práctico, permitirá diseñar un sistema de gestión de sostenimiento y seguridad mediano y largo plazo prediciendo confiabilidad en el sistema de gestión de seguridad en las operaciones de minado.

En lo que respecta al medio ambiente, el aporte será mejorar las condiciones de laborales de acuerdo a los estándares de seguridad en minería, de acuerdo con el DS:023-2015 MEM. En la mina Santander – U.M. Trevali Corp.

1.6. Limitaciones de la investigación

En cuanto se refiere a las limitaciones de la Investigación, no se han presentado ninguna, salvo el factor de capacitación especializado de los colaboradores en el área para la prestación de servicios para el desarrollo del estudio.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Los antecedentes que nos servirán como sustento de nuestro proyecto, por su importancia experimental nacionales e internacionales son los siguientes.

2.1.1. Antecedentes Nacionales:

- a. DCR Ingenieros S.R. Indica; en su informe (2010) indica:

“Evaluación Geomecánica del Minado Subterráneo – Proyecto de Profundización y Ampliación de la Producción de Mina Cerro Lindo” Informe preparado para Compañía Minera Milpo S.A.A. noviembre 2010. En ella se resalta que para conservar la estabilidad de los tajos se han trabajado tajeos de sección amplias y varias longitudes, que trazados en los gráficos de estabilidad modificado esta recae en una región estable para labores de secciones para el caso del OB 2: H: 30m. W: 15m. L: 40m para el caso del OB 5: H: 30m. W: 18m. L: 35m” (DCR 2010)

- b. Cueva J. G., & Arana, J. A. (2019). Nos dice que en informe técnico:

“*Caracterización geomecánica en minería subterránea: Una revisión de la literatura científica.* El objetivo de esta investigación fue analizar los estudios teóricos sobre la caracterización geomecánica en minería

subterránea, entre los años 2013-2019; para ello se usaron las bases de datos Redalyc, Scielo y repositorios de universidades nacionales e internacionales”. (pág. 46)

- c. Guerra, y Santiago (1982), analiza en su trabajo de tesis dice:

“Optimización de estándares en las operaciones de perforación y voladura en el Crucero NW 4 nivel 1800 y en el Tajo 8000 nivel 1837 en una empresa minera subterránea de la Libertad” cuyo objetivo es el análisis técnico comparativo de K’ps vigente con los diseño de mallas, propuestos con los objetivos de realizar un análisis técnico comparativo de los K’ps con el método vigente y el método de diseño de malla propuesto, con los que se han obtenido resultados siguientes: método empírico se tiene un costo de 404.03 DSA/día., método propuesto se tiene un costo de 362.26 DSA/día; obteniéndose una reducción de 41.77 DSA/día. Concluyendo en la optimización de costos operativos (Publicado 1982)

2.1.2. Antecedentes Internacionales

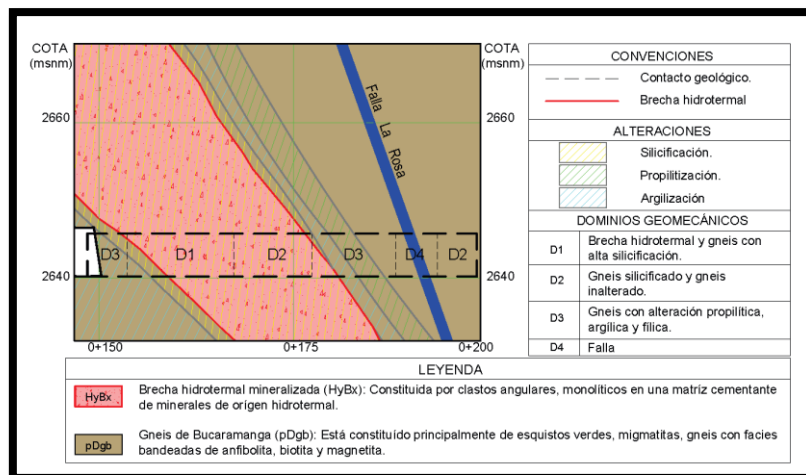
- a. Quezada F., Jorge, Carolina Andrea, (2018), departamento de Ciencias de la Tierra - Tesis de Pregrado en sus conclusiones dice: “Se hace necesario identificar un método efectivo y sencillo, que otorgue parámetros básicos para la determinación de la estabilidad de la roca. En este contexto, se ha realizado una caracterización geomecánica mediante el método Q de Barton de una faena subterránea ubicada en el sector de Tambillos, Región de Coquimbo, denominada Mina Los Pequeños”. (2018).
- b. Dr., Humberto Chirif, 2023, El Programa de **Geomecánica Aplicada a las Operaciones Mineras**, En su ponencia, indica “La caracterización geomecánica se utiliza con el fin de controlar la estabilidad de rocas, estableciendo tipos de sostenimiento en las diferentes labores mineras y garantizando la estabilidad de la masa rocosa, con el fin de brindar una operación segura y de calidad” (México 2023).

2.2. Bases teóricas - científicas

2.2.1. Perfiles o Secciones geomecánicas

El objetivo del seccionamiento es mostrar de forma sencilla los esquemas de variación para interpretar el comportamiento del macizo de la zona referenciada, estas serán utilizadas para realizar zonificar el comportamiento geomecánico que nos indicarán el comportamiento y la aplicación homogénea de las características del macizo rocoso con la ayuda del software Phases2, que nos ayudan a recomendar y comentar sobre la estabilidad de las excavaciones subterráneas y esquematizar las secciones dl minado.

Gráfico N° 2: Perfil geomecánico típico para uso minero

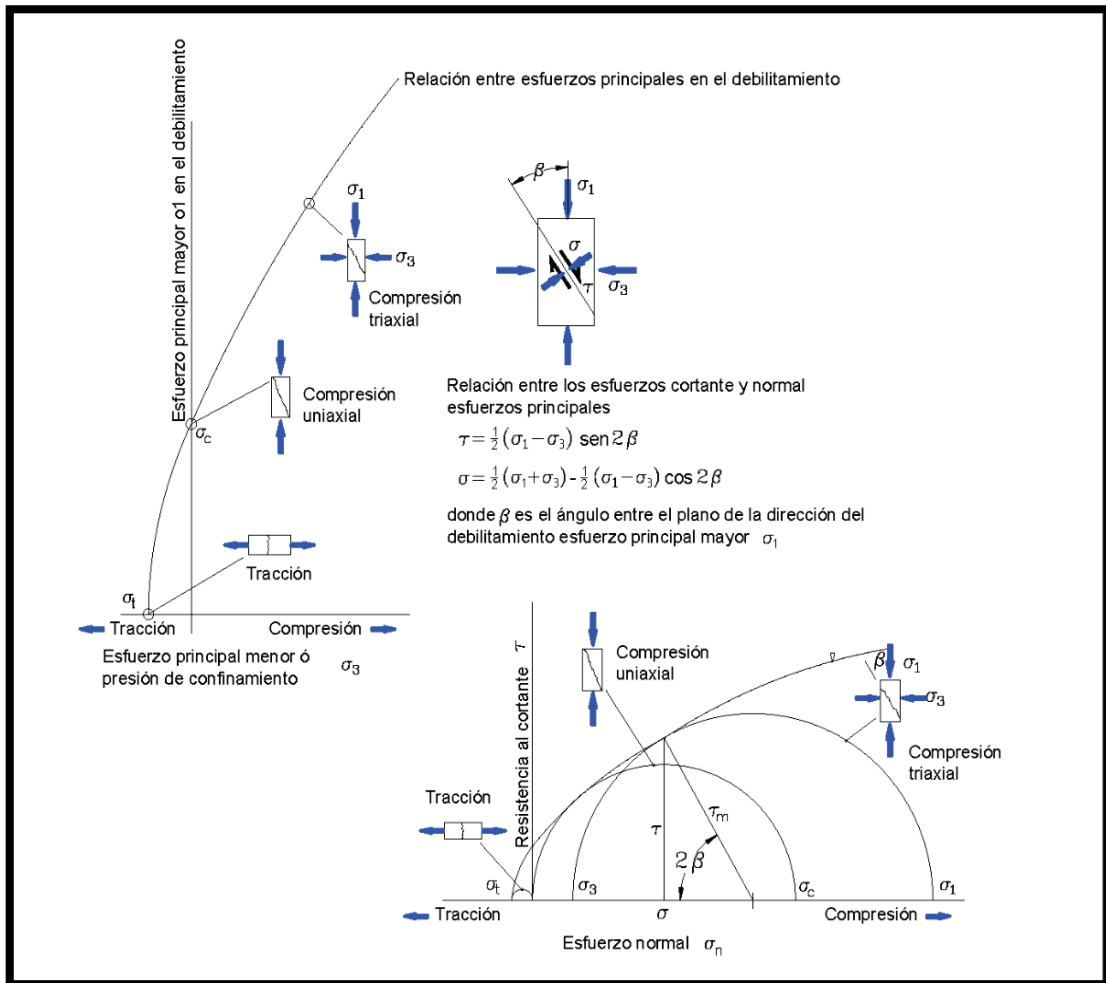


Fuente: Oficina técnica Osinergmin

2.2.2. Ensayo triaxial

Este método permite determinar la resistencia a la compresión de una muestra llamada testigo, al cual se le aplica una carga axial continua, en un laboratorio especializado que nos brinda los esfuerzos de confinamiento que se experimenta en las rocas insitu. El ensayo triaxial, analiza los esfuerzos principales y radiales, con las que construimos las curvas envolventes de esfuerzos y a partir de ellos determinamos las características de la roca como es la constante y el esfuerzo de rotura de roca intacta (criterio de falla de Hoek & Brown).

Gráfico N°3: Examen típico de rotura de rocas comportamiento triaxial.



Fuente: Olalla Sopena (1991).

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Calidad de roca RQD

El índice de calidad de roca RQD, indica el porcentaje de competencia del macizo rocoso, es un indicador importante de la geomecánica que aproxima que del 100% roca competente a un 0%, roca menos competente. El RQD, para trabajos geomecánicos indica la frecuencia de presencia de fracturas de orden natural que se presentan en el macizo en una dirección elegida, en resumen, se interpreta del siguiente modo “si la frecuencia de fracturas aumenta, el valor de RQD disminuye” (Deere 1964).

CUADRO N°1: Interpretación de valores de RQD (Deere, 1964)

| Indice de calidad de roca | Valor del RQD |
|---------------------------|---------------|
| MUY POBRE | 0-25 |
| POBRE | 25-50 |
| REGULAR | 50-75 |
| BUENA | 75-90 |
| EXCELENTE | 90-100 |

Fuente: Deere (1964)

2.3.2. Esfuerzos de pre minado

Según Pantaleón, H, Carbajal C. (2017) En su tesis “Evaluación Geomecánica Para el Dimensionado, Secuencia de Minado y Relleno de Tajeos de una Mina Subterránea, define al esfuerzo de pre minado como: Los esfuerzos de pre minado se refieren a la presión del macizo rocoso encerrado en el volumen de roca alrededor del yacimiento antes de la explotación” (pág. 86).

En el laboreo minero, es muy importante conocer estos esfuerzos, para evaluar y controlar la energía interna de la roca, de manera que se pueda controlar incidentes y riesgos de inestabilidad de rocas de esta forma evitar accidentes y peligros fallas en el macizo rocoso por ello es fundamental evaluar estos esfuerzos en el pre minado.

2.3.3. Evaluación de esfuerzos in situ

Sheorey (1994) en su investigación desarrolló un modelo de esfuerzos, que nos permite aproximar el valor del esfuerzo horizontal relacionado con el esfuerzo vertical el valor de la ratio (k) del esfuerzo horizontal con respecto al esfuerzo vertical. Este modelo es la siguiente:

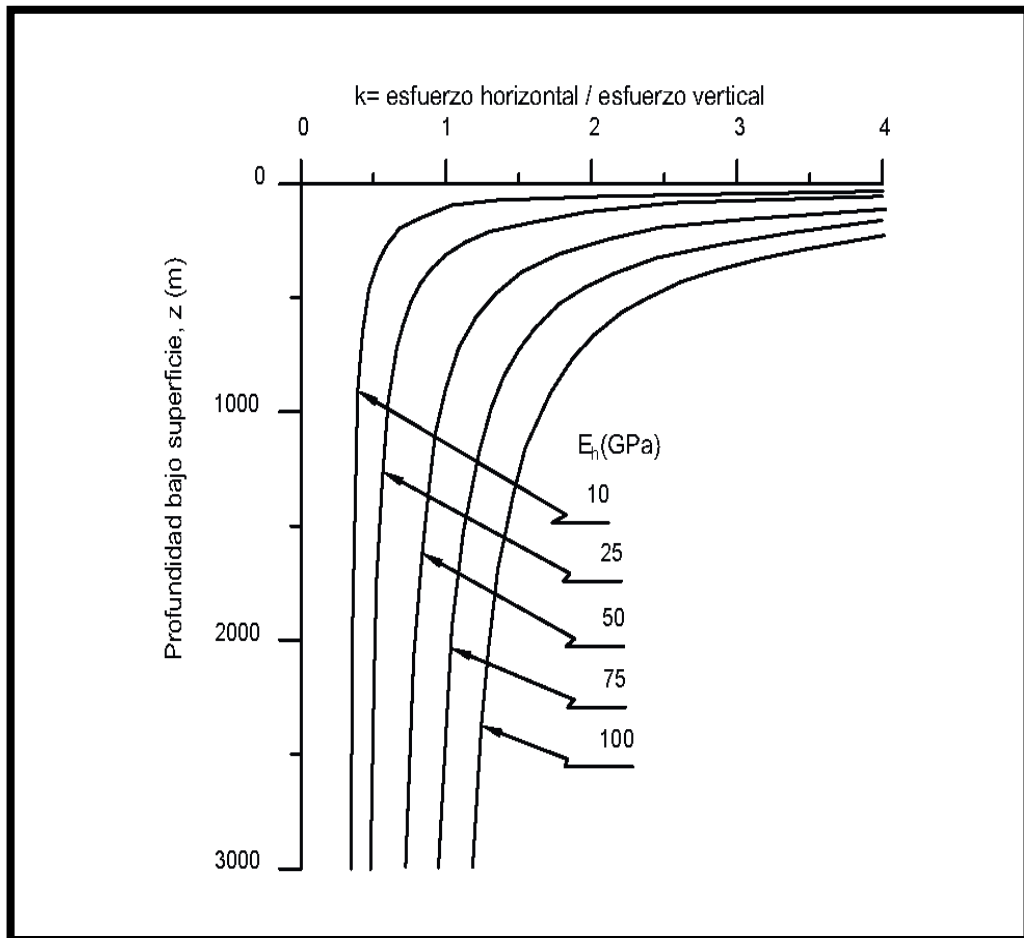
$$k = 0,25 + 7Eh(0,001 + 1/z)$$

Donde:

- z = Altura de la labor subterránea respecto a un punto de superficie.
- E_h = Módulo de elasticidad promedio en GPa de la roca.

Gráficamente, se representa mediante curvas donde se determina el módulo de elasticidad en relación a “ k ” y profundidad “ z ” (pág. 69)

Gráfico N°4: Módulos de Elasticidad (E_h)



Fuente: Sheotey (1994)

2.3.4. Limitaciones de los sistemas de clasificación

Brady B.H.G. Brown E.T. (1993), nos indica en su estudio, que Estas limitaciones han sido abordadas con un mayor detalle por: Define que las clasificaciones geomecánicas forman parte de una aproximación empírica, con las cuales hay que ser cuidadoso, puesto que las soluciones que se obtienen son

estimadas. Es necesario reconocer que los sistemas de clasificaciones tienen limitaciones. (Amazon.com).

CUADRO N°2: Criterio empírico para estimar la deformación mecánica del macizo rocoso.

| Criterio | Aplicación | Observaciones |
|---|---|--|
| $E_{rm} = 2 * RMR - 100$ <p>(Bieniawski, 1978)</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Válido para macizos rocosos de buena calidad, RMR > 50-55. • No válido para macizos rocosos de baja calidad. | <ul style="list-style-type: none"> - No tienen en cuenta los datos de laboratorio. |
| $E_{rm} = 10^{\frac{(RMR-10)}{40}}$ <p>(Serafim y Pereira, 1983)</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Para macizos rocosos de calidad media a baja (10 < RMR < 50). • Especialmente válido para el rango de 1 < E < 10 GPa. • Para macizos rocosos de calidad baja a muy baja se sobreestima el valor de E. | <ul style="list-style-type: none"> - E no es función del valor de σ_{cl} ni de E_i. |
| $E_{rm} = \left(1 - \frac{D}{2}\right) * \sqrt{\frac{\sigma_{cl}}{100}} * 10^{\frac{GSI-10}{40}}$ <p>(Hoek, 2002)</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Válido para macizos rocosos débiles o blandos de calidad baja a muy baja y matriz rocosa con σ_{cl} < 100 MPa. • Para σ_{cl} > 100 MPa la ecuación se reduce a: $E_{rm} = \left(1 - \frac{D}{2}\right) * 10^{\frac{GSI-10}{40}}$ | <ul style="list-style-type: none"> - E es función del valor de σ_{cl}. |
| $E_{rm} = E_i * \left(0.02 + \frac{1 - \frac{D}{2}}{1 + e^{\frac{60+15D-GSI}{11}}}\right)$ <p>(Hoek & Diederichs, 2009)</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Si no se cuentan con valores de E_i, este puede ser estimado usando la siguiente ecuación: $E_i = MR * \sigma_{cl}$ | <ul style="list-style-type: none"> - E es función del valor de E_i. |

Fuente: A.; Broch, E. (2006), Bieniawski R. (2011).

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Incide la geomecánica en el proceso de profundización de la mina y mejora la producción minera en la EM-Santander de la EM Trevali Corp. S.A.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a. La profundización de las labores mineras está sujeto a parámetros geomecánicos en la EM -Santander de la UM Trevali Corp. S.A.
- b. Incide la geomecánica en mejorar la seguridad y la salud operacional en la EM-Santander de la UM Trevali Corp.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variables para la hipótesis general

- **Variable Dependiente:**
Profundización de la Mina
- **Variable Dependiente:**
Parámetros geomecánicos

2.5.2. Variables para la hipótesis específica

- **Variable Dependiente:**
Desprendimiento de rocas
- **Variable Independiente:**
Tipos de sostenimiento de labores mineras

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

2.6.1. Profundización de labores mineras

Se denomina así, al desarrollo y preparaciones realizadas dentro de la infraestructura subterránea para ampliar la producción y cumplir el planeamiento minero para satisfacer necesidades de producción, mejorar las condiciones ambientales, y mejorar los estándares de seguridad operacional de producción para mejorar la productividad y rentabilidad de la unidad minera Santander.

2.6.2. Parámetros geomecánicos

El parámetro o modelo geomecánico es un indicador que nos presenta y también suministra una idea de los mecanismos para el análisis de la existencia

o la erupción en las fallas, la permeabilidad de fracturas, arenamiento y mecanismos de agotamiento que permiten una optimización en la predicción y la producción anomalías y reduce el riesgo económico durante la explotación de minas subterráneas.

2.6.3. Desprendimiento de rocas

El desprendimiento de rocas durante el desarrollo del minado para explotación minera, constituye un problema por la repentina caída de rocas que se encuentran sueltas en el techo y de las paredes del avance de las labores de minado, consecuentemente este fenómeno puede ocasionar incidentes y accidentes de leves a graves, la mayoría de las ocasiones, estos problemas son causados por una falta de sostenimiento o inadecuada preparación del tipo de sostenimiento de la roca.

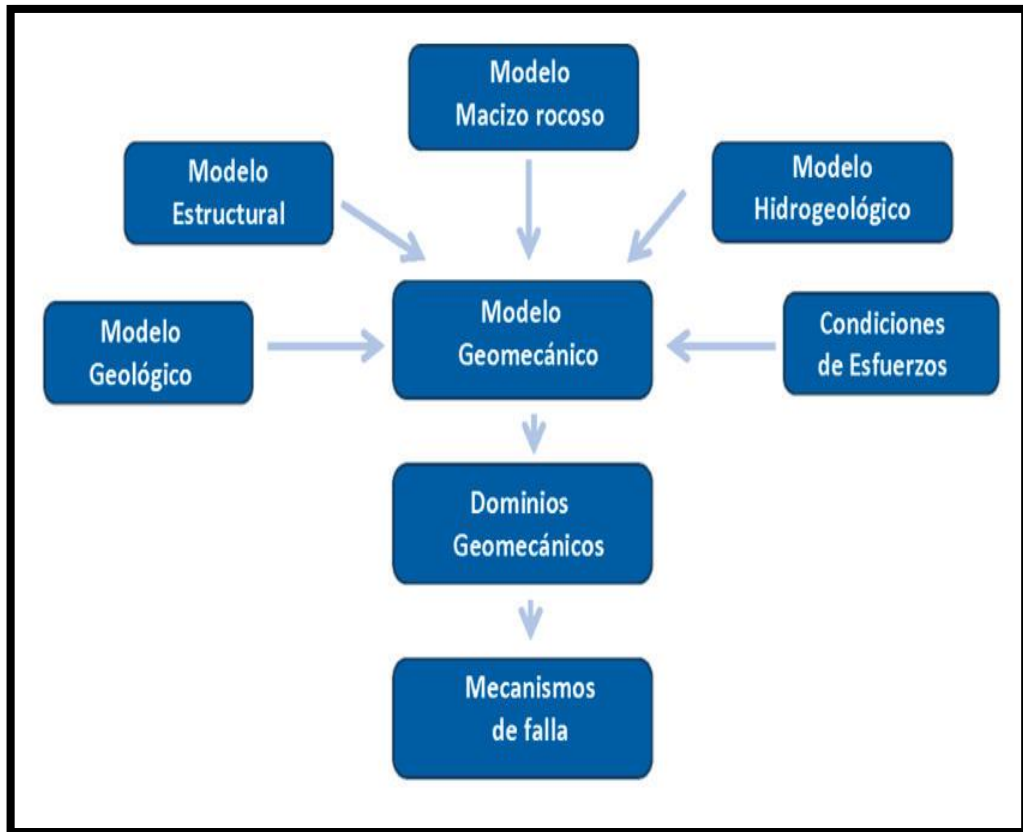
2.6.4. Sostenimiento de labores mineras

Es una actividad que se realiza en toda explotación minera, el sostenimiento de las labores es un trabajo especializado para prevenir accidentes minimizando los riesgos existentes durante la explotación y el desarrollo minero, adicionalmente produce un alto costo.

2.6.5. Modelo Geomecánico

Según JIFI (2018), Un modelo geomecánico es la base fundamental dentro del proceso de minado y el diseño de labores subterráneas” considerando todas las alternativas y variabilidad del minado en sus métodos de explotación, tomando en cuenta la geometría y el dimensionamiento de las excavaciones y su entorno con las cuales pretendemos brindar un soporte en el diseño de la labor y de las estructuras circundantes, para ello se debe tener en cuenta modelos geomecánicos que son cinco de suma importancia para el laboreo minero.

Gráfico N°5: Modelo geomecánico para uso minero



Fuente; Osinergmin

Gráfico N°6: Falla y estructural del macizo rocoso.

| | Masivo (RMR>75) | Moderadamente fracturada (50>RMR<75) | Altamente fracturada (RMR<50) |
|----------------------------------|--|--|--|
| Esfuerzos in situ bajos | Respuesta elástica lineal | Deslizamiento o caída de bloques y cuñas | Desplazamiento de bloques de la superficie de la excavación |
| Esfuerzos in situ intermedios | Falla rígida adyacente al contorno de la excavación | Falla rígida localizada de roca intacta y movimiento de bloques | Falla rígida de roca intacta y desplazamiento a lo largo de las discontinuidades |
| Esfuerzos in situ altos | Falla rígida alrededor de la excavación | Falla rígida de roca intacta alrededor de la excavación y movimiento de bloques | Roca deformable, comportamiento plástico |

Fuente: Modelo modificado de Lorig (2009)

2.6.6. Base de Indicadores Geomecánicos (IGM).

El sistema de minado subterráneo debe contemplar factores principales de seguridad, medio ambiente y responsabilidad social. antes de la implantación de un diseño y método de explotación, estas deben cumplir con los criterios geomecánicos específicos de diseño, durante el desarrollo de las operaciones y cierre de minas, por ello debe considerar los Indicadores geomecánicos de importancia como:

Criterios geomecánicos para el diseño, excavación minera, Factor de seguridad y/o probabilidad de falla, Área de influencia, mantenimiento, entre otros.

2.6.7. Métodos de explotación subterránea sin y con entrada del personal:

Se debe tener en cuenta los siguientes métodos de laboreo de minas:

- Tajeos abiertos (*Open stoping*).
- Tajeos por subniveles (*Sub level stoping*).
- Hundimiento por subniveles (*Sub level caving*).
- Hundimiento de bloques (*Block caving*).

Métodos con entrada de personal

Debe considerar tareas propias del método tales como:

- Almacenamiento provisional (*Shrinkage*).
- Corte y relleno (*Cut and fill*).
- Cámaras y pilares (*Room and pillars*).

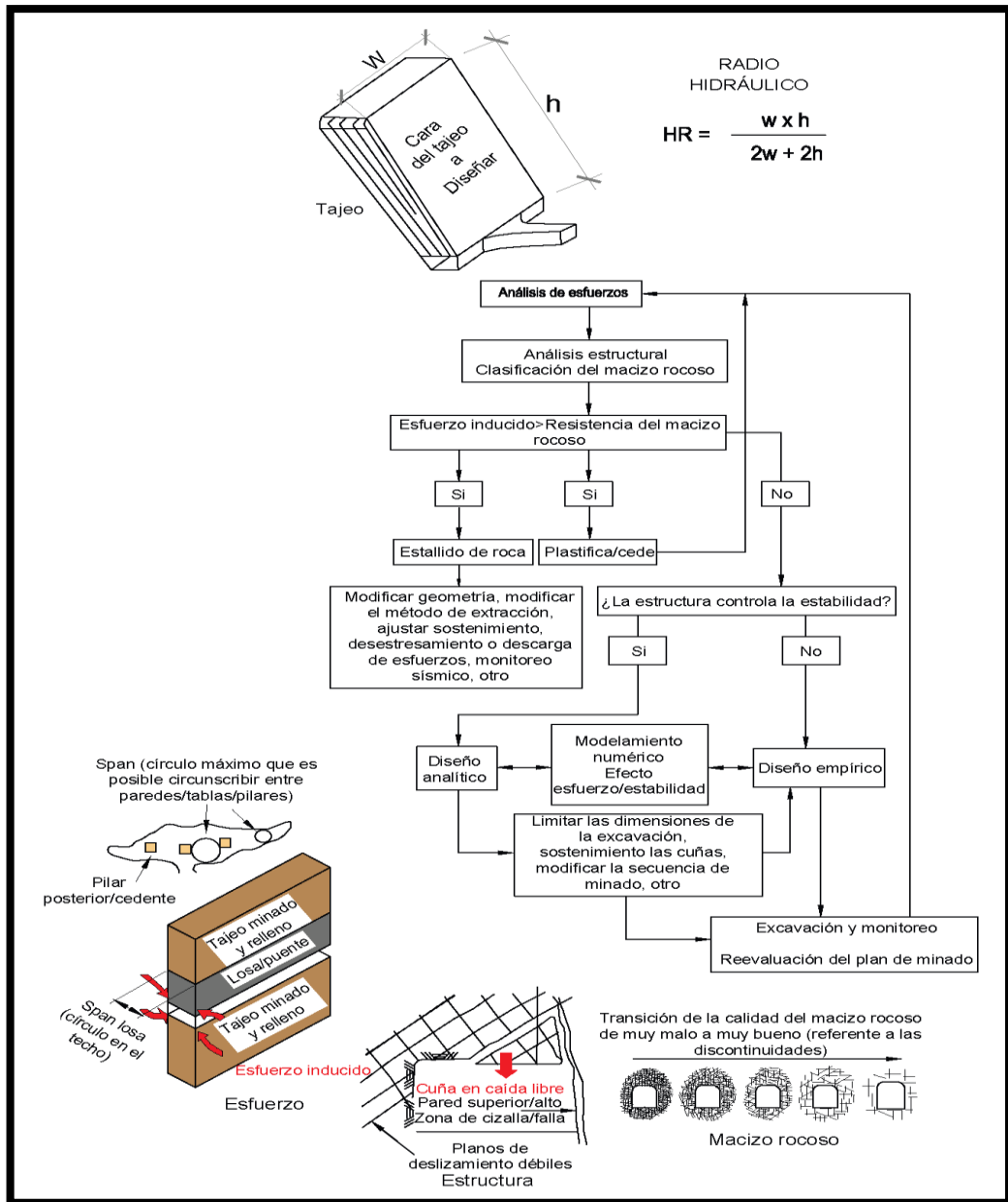
CUADRO N°3: Tipos de excavaciones mineras subterráneas

| Excavaciones mineras permanentes | Excavaciones mineras temporales |
|---------------------------------------|---|
| Rampas principales | Tajeos de explotación |
| Rampas | Galerías |
| Bypass | Subnivel de acceso |
| Chimeneas principales de ventilación | Crucero de acceso a tajeo local |
| Chimeneas principales de servicios | Crucero de extracción |
| Chimeneas <i>ore pass</i> principales | Cruceros de servicios (agua, aire, relleno, etc.) |
| Inclinados | Chimeneas o Slots de producción |
| Desarrollos del nivel principal | Chimeneas de ventilación de tajeos |
| Rutas de escape | Chimeneas de servicios de tajeos |
| Refugios | Chimeneas <i>ore pass</i> de tajeos, etc. |

Fuente; *Métodos de explotación subterránea B. Stoces.*

Asimismo, debemos tener en consideración el tipo de labores que se preparan que pueden ser permanentes o temporales, el diseño empírico para lo que recurriremos al criterio de “Parkalnis” que se muestra en el cuadro No.7. (2014),

Gráfico N°7: Diseño aproximado de Parkalnis.



Fuente: Diseño geomecánico de Parkalnis (2014)

O también podemos recurrir a métodos actuales como son los métodos numéricos basado en software aplicado a la geomecánica en minería.

CUADRO N°4: Software geomecánico – Métodos numéricos

| Métodos | | Software | Recomendaciones de uso |
|---|---|----------------------------------|---|
| Métodos Continuos | Elementos Finitos (FEM) | PHASE2 (RS2), RS3, ABAQUS, ANSYS | Recomendado en geometrías complejas no homogéneas y materiales con geometrías no lineales. Óptimo para análisis a escala global y local. |
| | Diferencias Finitas (FDM) | FLAC, FLAC3D | En las zonas de mayor interés o riesgo geotécnico, la malla a utilizar debe ser más fina y cada elemento debe contener por lo menos 6 nodos. |
| | Elementos de Borde (BEM) | MAP3D | Método recomendado para modelar procesos de fracturamiento en roca. Recomendado principalmente para materiales de comportamiento lineal y homogéneos. Recomendado para analizar estabilidad a escala global o cuando el sistema presenta reducidos grados de libertad (Jing, 2003) |
| Métodos Discontinuos | Elementos Discretos (DEM) | UDEC, 3DEC, PFC, PFC3D | Recomendado para analizar inestabilidades con control estructural, análisis de fallas, caving, entre otros. Su uso es ideal cuando se requiera analizar movimientos de bloques de roca independientes Ideal para analizar deslizamientos, separaciones de elementos y grandes deformaciones que puedan ocurrir en el modelo. |
| | Redes de Fracturas Discretas (DFN) | FracMan, DFN. | Su uso tiene cada vez mayor aceptación ya que puede ser incluido en el FEM, BEM, DEM o métodos híbridos. Recomendado cuando se requiera analizar el fracturamiento de la roca. |
| Modelos Híbridos – Continuos / Discontinuos | Híbrido FEM/BEM Híbrido BEM/DEM Híbrido FEM/DEM | ELFEN | Su uso es recomendado cuando la escala que se quiere analizar involucra grandes sectores, donde el uso de FDM o FEM no es eficiente en términos de tiempo de solución. En el uso de modelos híbridos DEM/BEM se recomienda referirse a lo establecido por Lorig and Brady (1982, 1984, 1986) y Lemos (1987). |

Fuente: Brown (1987).

2.6.8. Magnitud y geometría de las labores

En de suma importancia para el análisis geomecánico respecto a la sección y la forma geométrica de las excavaciones, ya que la masividad y fragilidad de la estructura rocosa van a definir la sección y el tamaño de la labor, y la forma que se debe planificar para orientar los esfuerzos circundantes de la labor a fin de conseguir la estabilidad.

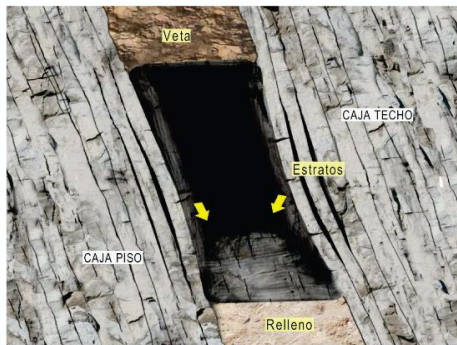
Gráfico N°8: Tipos de estabilidad por el tipo de excavación en explotación minera.



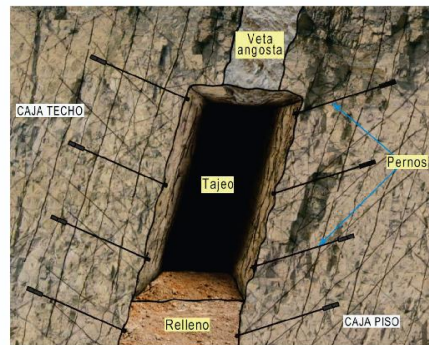
La forma em arco de las excavaciones favorece la estabilidad



Formas esquinadas desfavorecen la estabilidad



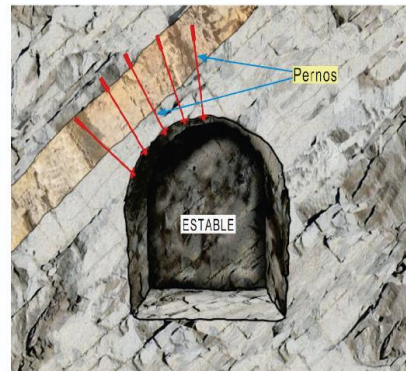
Separación o despegue de los estratos empinados o subverticales, pandeo y caída hacia el vacío minado.



Avance paralelo al sistema de discontinuidades. Condición desfavorable.



Acomodo de la excavación a los rasgos estructurales



Sostenimiento necesario para favorecer la estabilidad

Fuente: Osinergmin

2.6.9. Parámetros de Sostenimiento en excavaciones Mineros

Para el diseño de las excavaciones mineras recurrimos algunas veces al diseño empírico de Barton que nos indican parámetros de diseño como se muestra en la figura:

CUADRO N°5: Diseño empírico del sostenimiento (Barton)

| CONCEPTO | TECHO | HASTIAL |
|-----------------------|-------------------|-------------------|
| Índice de Barton | Q=0.4 | Qw=2.5, Q=1.25 |
| ESR | 1.6 | 1.6 |
| Dimensión equivalente | A/ESR= 4.5/1.6 =3 | A/ESR= 4.5/1.6 =3 |
| Lesr=1 | 2.2 | 2.2 |
| Longitud de perno | 1.6 x 2.2 =3.5m | 1.6 x 2.2 =3.5m |
| Espaciamiento perno | 1.55m | 1.7m |
| Espesor Shotcrete | 6-9 cm | 5-6 cm |
| Clase sostenimiento | Clase 4 | Clase 3 |

Fuente: Barton

2.6.10. Tipos de sostenimiento en minería subterránea

Dentro de la diversidad que existen de tipos de sostenimiento en el laboreo de minas subterráneas estas pueden ser instaladas independientemente o en forma combinada de manera que se usará siempre el tipo que brinde mayor y mejor estabilidad de las rocas en las excavaciones.

CUADRO N°6: Operacionalización de variables e indicadores

| Operacionalización de variables e indicadores | | | | |
|--|---|---|---|---|
| OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES E INDICADORES | | | | |
| VARIABLE | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIÓN | INDICADORES |
| <p>. 2.4 Variable identificada.</p> <p>2.4.1 V. para la hipótesis general</p> <p>- Variable Dependiente: Profundización de la Mina</p> <p>- Variable dependiente: Parámetros geomecánico</p> <p>2.4.2 V. hipótesis específicas</p> <p>- Variable Dependiente: Desprendimiento de rocas</p> <p>- Variable independiente; Tipos de sostenimiento de labores mineras</p> | <p>. Profundización de labores mineras Se denomina así, al desarrollo y preparaciones realizadas dentro de la infraestructura subterránea para ampliar la producción y cumplir el planeamiento minero</p> <p>. Parámetros geomecánicos El parámetro o modelo geomecánico es un indicador que nos presenta y suministra una idea de los mecanismos para el análisis de influencias perturbaciones en las rocas</p> <p>. Desprendimiento de rocas El desprendimiento de rocas durante el desarrollo de la explotación minera es un problema de seguridad en minería.</p> <p>. Sostenimiento de labores mineras Es una actividad que se realiza en toda explotación minera, el sostenimiento de las labores es un trabajo.</p> | <p>Criterios de Diseño Geomecánica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Excavación minera • Factor de seguridad. • Entorno de influencia • Mapeo, instrumentación y monitoreo. • Pautas geomecánicas para el cierre de minas • Mantenimiento y monitoreo. | <ul style="list-style-type: none"> • Modelo geológico • Modelo estructural • Modelo de macizo rocoso • Modelo hidrogeológico • Modelo de esfuerzos | <ul style="list-style-type: none"> • Configuración geométrica (dimensiones y forma) • Disposición y orientación (profundidad, buzamiento y rumbo) • Tamaño (masivo, tabular o veta) • Características geomecánicas (mineral y roca encajonante) • Distribución de ley (uniforme, variable, irregular) • Aspectos ambientales (efectos en la calidad de agua subterránea, cambios en la topografía, hundimiento, subsidencia, etc.). |

Fuente: Propia

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Nuestra Investigación es del tipo de analítico también conocida como práctica por el manejo de datos de campo con el objetivo de obtener más información sobre el macizo rocoso y sus reacciones durante la explotación y profundización de labores propias de la explotación minera con el único fin de establecer un proceso continuo de explotación minera.

3.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación es aplicado, porque se orienta a profundizar y ampliar la producción minera siguiendo un plan de minado, en las tres zonas Magistral Norte, Magistral Centro Y Magistral Ser, de la mina Santander. S.A.

3.3. Métodos de investigación

Nuestra Investigación se enfoca y hace uso de los métodos de investigación científico en base a los métodos inductivo – deductivo de porque parte de la hipótesis principal para obtener los resultados y conclusiones particulares que serán base para llegar a lo general. (B. Tamayo 2003)

3.4. Diseño de investigación

Para el diseño de nuestro estudio se ha un diseño práctico no experimental porque no vamos a manipular las variables de estudio, sino recogeremos información y observaremos el proceso de sistema definido de información del macizo rocoso. Se ha realizado un mapeo geomecánico en las labores existentes.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Los resultados de la clasificación geomecánica de la población de masa rocosa han indicado en la Unidad Minera los cuerpos mineralizados que presentan calidades de masas rocas desde Mala B (IVB – RMR 21-30) hasta calidad Buena (II – RMR > 61). La calidad que se tiene en mayor presencia es la calidad Regular A (IIIA – RMR 51-60) seguido de la calidad Regular B (IIIB – RMR 41-50) y Buena (II). En menor presencia se tiene las calidades Mala A (IVA – RMR 31-40) y Mala B (IVB). En los planos de zonificación se puede observar estos aspectos. La calidad inferior está asociada a las fallas como es el caso de la Falla Magistral y la Falla Santander

3.5.2. Muestra

Los tres cuerpos en conjunto abarcan una extensión longitudinal de 813 m y una profundidad total de 527 m. Para aplicar el B&F la mina ha sido dividida en niveles de 70 m. de altura a partir del Nivel 4580. Estos niveles son:

- Nivel 4580
- Nivel 4510
- Nivel 4440
- Nivel 4370
- Nivel 4300
- Nivel 4230
- Nivel 4160

➤ Nivel 4090

El cuerpo mineral en cada nivel es subdividido por 4 subniveles de 4.0 m de altura, 3 bancos mineralizados de 14.5 m de altura, con un puente de seguridad de 10.5 m de altura, que servirá como protección para el nivel principal explotado y relleno respectivamente, según la secuencia del minado.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

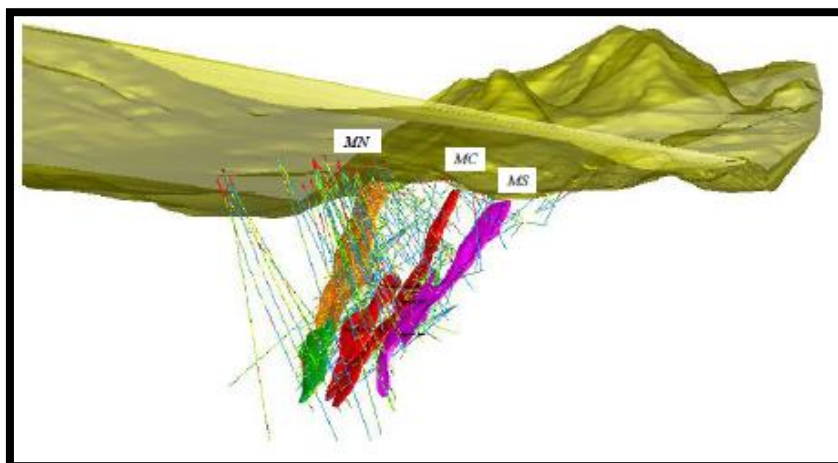
Para obtener los datos tendremos como técnicas la observación, mapeo geomecánico y planos y datos topográficos la recopilación documental e interpretación de datos.

3.6.2. Instrumentos

En total se realizaron 16 estaciones de medición de las cuales 10 estaciones fueron realizadas en Magistral Norte (MN), 4 en Magistral Centro (MC) y 2 en Magistral Sur (MS). Durante el mapeo geomecánico de las superficies rocosas también se registraron las discontinuidades principales, las mismas que fueron interpretadas en el análisis estructural que se detalla más adelante.

La información geotécnica obtenida de los sondajes fue proporcionada por TREVALI y los datos fueron registrados por el personal de la mina Santander. Parte de esta data de sondajes fue utilizada en el estudio anterior de DCR. Que sirven de soporte para el desarrollo del proyecto.

Gráfica N°9: Vista esquemática de los cuerpos: MN-MC-MS,



Gráfica N°10: Ensayos de Compresión Simple, ANTES Y DESPUES



Fuente: Elaboración propia

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

Habiendo reunido toda la información de campo, así como de los archivos, comenzaremos a procesar los datos obtenidos de las muestras escogidas para poder generar resultados y sacar las conclusiones especialmente con fin de poder superar los problemas de inestabilidad potencial de la masa rocosa, debido a la mala calidad de la misma, o a las mayores potencias o bajos buzamientos de los cuerpos o proximidad del minado a la gran falla Santander, se han propuesto las siguientes alternativas de métodos de minado: “corte y relleno ascendente” (Overhand Cut & Fill Mining – OC&FM), “galerías y relleno” (Drift & Fill – D&F), “corte y relleno con pilares” o lo que es lo mismo “cámaras y pilares con relleno” (Post Room & Pillar Mining – PR&PM) y “subniveles ascendentes con relleno cementado” (SARC). Los parámetros de diseño de estos métodos de minado que serán planificado y diseño de minas.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento de los datos obtenidos utilizamos el software Microsoft Excel, Phase 2, DIPS y para el análisis de datos hacemos uso de los anexos de RMR y GSI.

3.9. Tratamiento estadístico

En los estudios se utilizarán programas especializados de Excel, para la tabulación de datos e interpretar los resultados respectivamente mediante los modelos geomecánicos existentes que garantizan el tratamiento de la información para la toma de decisiones respectivamente.

3.10. Orientación ética, filosófica y epistémica

Nuestro proyecto se orienta conservando valores éticos, donde se utilizarán la verdad de los datos e información con la veracidad que corresponde y el nivel que exige estos tipos de investigación, con honestidad, responsabilidad, respeto por los demás, la propiedad ajena.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción Del Trabajo De Campo

4.1.1. Generalidades De La Unidad Minera Santander

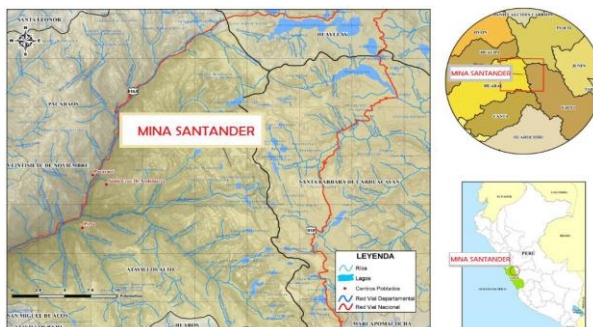
4.1.1.1. Ubicación y Accesibilidad

La unidad Minera Santander está ubicada en el departamento de Lima, provincia de Huaral, Distrito de Santa Cruz de Andamarca, a 5 km al Noreste, del poblado de baños, al NW Mina Santander, con una distancia de 1.5 km. Mina que fue explotada por los años 1992.

Santander se encuentra definido topográficamente por las coordenadas UTM (WGS 84):

- 8'762,301 – N, 333,948 - E
- 4,550 msnm - 4,750 msnm. Aproximadamente.

Gráfica N°11: Plano de ubicación de la Mina Santander



4.1.1.2. Acceso a la Unidad Minera

El acceso principal es de Lima a Huaral, aproximadamente 90 Km. Se presentan rutas alternas como se muestra en figura adjunta; para el acceso a la empresa minera se tiene el siguiente cuadro:

| | |
|--|-----------|
| Lima – Canta – UM. Santander | 200.00 km |
| Lima – Huaral – UM. Santander | 200.00 km |
| Lima – Oroya – Shelvi – Huayllay – UM. Santander | 350.00 km |

Fuente: Minera Santander

4.1.1.3. Climatología Zonal

El aspecto climático de la Unidad característico de la zona sierra central está compuesta de dos estaciones definidas; De sequía entre los meses de mayo a septiembre, otra de período de lluvias desde octubre hasta abril, acentuándose en los meses de enero a marzo, temporadas de heladas en los meses de junio a agosto, con temperaturas de 5° C a 17° C en el día y de – 12° C, por las noches.

4.1.2. Geología General

4.1.2.1. Yacimiento del Mineral

El yacimiento Magistral está compuesto por tres cuerpos mineralizados se encuentran alineados en forma discontinua con rumbo N 28° W, compuesta de la siguiente forma:

- Magistral Sur, con una longitud de 200 metros.
- Magistral Centro, con una longitud de 80 metros
- Magistral Norte; con una longitud de 200 metros

La mineralización recurrente del yacimiento Magistral es intrusiva en rocas carbonatadas de reemplazamiento del mineral en fracturas en skarn conteniendo minerales de Zn, Pb, Ag, Fe.

4.1.2.2. Mineralización

El yacimiento de Magistral se emplaza en la formación Chulec principalmente, con mineralización discontinua en forma de mantos paralelos al Rumbo de los estratos y a la falla Magistral.

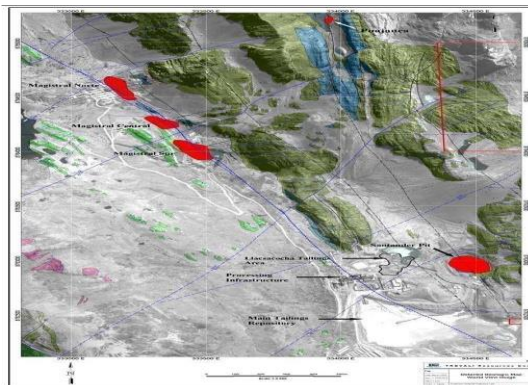
Las perforaciones de prospección realizad por la Empresa, mediante perforaciones diamantinas han identificado tres cuerpos mineralizados en forma discontinua, denominados para su identificación geológica como Magistral Norte, Magistral Centro y Magistral Sur, separados entre ellos por una longitud de 250 metros, y 400 metros. El componente principal de contenido metálico es: Zn, Pb, Ag, Fe; Varían unos de otros en cantidades.

En Magistral Sur, Tiene una potencia Promedio de 11.60 metros, se observan valores erráticos de galena, pero la presencia de Esfalerita es considerable.

En Magistral Centro, Contiene esfalerita considerable como mineral principal, con presencia de plata y plomo, abarca una potencia promedio de 16,80 metros.

En Magistral Norte, La característica principal es la presencia muy fuerte de galena en forma diseminada, medianamente presencia de plomo y plata, y baja presencia de fierro de potencia promedio de 14.98 metros.

Gráfica N°12: Mapa Geológico Santander



Fuente: Dirección de Planeamiento UM Santander.

4.1.2.3. Recursos Minerales de la UM Santander

De forma general, se han reportado los recursos basado en el modelo de secciones topográficas, sondajes diamantinos y contorneado de del cuerpo mineral y con el modelo Wireframe, se ha construido un modelo geométrico para cada zona mineralizada que se reporta en la tabla siguiente.

CUADRO N°7: Resumen de Recursos por categoría Mina Santander abril 2020

| PANEL | Magistral Norte | | Oyon | | Magistral Centro Norte | | Magistral Centro | | Cuerpo Fatima | | Magistral Sur | | Total Potencia (m) | Total Tonnes |
|----------------------|-----------------|----------------|--------------|----------------|------------------------|----------------|------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|----------------|--------------------|------------------|
| | Potencia (m) | Tonnes | Potencia (m) | Tonnes | Potencia (m) | Tonnes | Potencia (m) | Tonnes | Potencia (m) | Tonnes | Potencia (m) | Tonnes | | |
| 4370 | 3.98 | 11,929 | | | 2.54 | 42,911 | 3.05 | 7,200 | | | | | | |
| Total 4370 | 3.98 | 11929 | 0 | 0 | 2.54 | 42911 | 3.05 | 7200 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.88 | 62,040 |
| 4300 | 3.44 | 55,751 | 5.77 | 71,445 | 2.02 | 68,956 | 10.75 | 312,162 | 8.11 | 78,242 | 5.69 | 205,439 | | |
| Total 4300 | 3.44 | 55751 | 5.77 | 71445 | 2.02 | 68956 | 10.75 | 312162 | 8.11 | 78242 | 5.69 | 205439 | 7.46 | 791,995 |
| 4230 | 1.67 | 32,449 | 10.15 | 193,241 | 4.88 | 95,060 | 12.55 | 415,238 | | | 8.97 | 281,151 | | |
| Total 4230 | 1.67 | 32449 | 10.15 | 193241 | 4.88 | 95060 | 12.55 | 415238 | 0 | 0 | 8.97 | 281151 | 10.04 | 1,017,139 |
| 4160 | 1.14 | 5,208 | 10.62 | 79,078 | 4.02 | 34,533 | 9.77 | 208,040 | | | 8.42 | 85,930 | | |
| Total 4160 | 1.14 | 5208 | 10.62 | 79078 | 4.02 | 34533 | 9.77 | 208040 | 0 | 0 | 8.42 | 85930 | 9.06 | 412,789 |
| 4090 | | | | | | | 6.68 | 1,028 | | | 4.56 | 1,149 | | |
| Total 4090 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6.68 | 1028 | 0 | 0 | 4.56 | 1149 | 5.56 | 2,177 |
| Total General | 2.84 | 105,337 | 9.34 | 343,764 | 3.52 | 241,460 | 11.26 | 943,668 | 8.11 | 78,242 | 7.7 | 573,669 | 8.77 | 2,286,140 |

Fuente; Dirección de Planeamiento UM Santander

4.1.3. Caracterización Geomecánica Del Yacimiento Minero

Para los fines del proyecto se han analizado las características geomecánicas principales que describimos a continuación

Magistral Norte

El mineral, con las siguientes características, la calidad de la roca se encuentra entre Regular B - IIIB a Regular A - IIIA.

La caja piso, la calidad del macizo rocoso es de Regular B – IIIB, en la caja inmediata y calidad Regular A - IIIA en la caja más distante.

La caja techo, con característica de calidad de roca:

- Mala A - IVA cerca de la falla magistral
- Regular B - IIIB en la caja inmediata y
- Regular A - IIIA en el centro de las areniscas de la Familia Oyón.

Magistral Centro

El mineral, la competencia de la roca es Regular A - IIIA y en forma local Regular B - IIIB.

La caja piso, presenta una calidad de roca de Regular A – IIIA.

La caja techo, constituida por una calidad de roca de Regular A - IIIA en cajas inmediatas, asimismo, Regular B – IIIB cerca de la falla magistral.

Magistral Sur

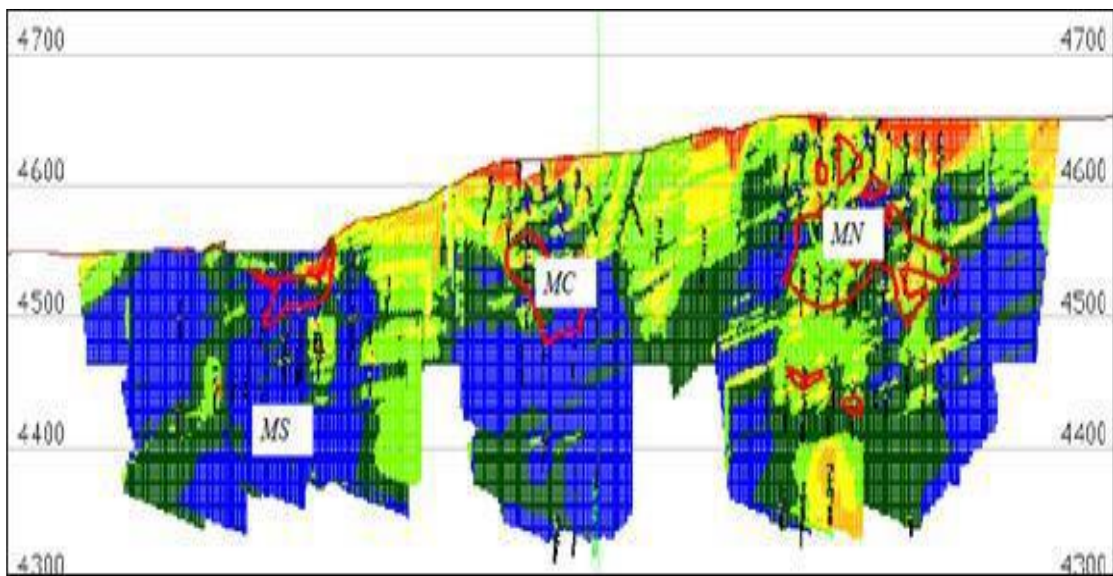
El mineral; presenta una calidad de roca de Regular A - IIIA y de forma local, Regular B - IIIB.

La caja piso; presenta calidad de roca Regular A – IIIA.


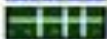
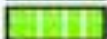



La caja techo; la competencia de la roca es Regular A - IIIA en la caja y Regular B - IIIB en la falla magistral.

Gráfica N°13: Zonificación geomecánica de MN, MC y MS en un perfil

longitudinal



Fuente: Dirección de Planeamiento UM Santander

| CALIDAD DE ROCA | | RMR | |
|---|----------------|---------------|-------------|
|  | Roca Buena | II | (> 60) |
|  | Roca Regular A | III Δ | (51 - 60) |
|  | Roca Regular B | III \square | (41 - 50) |
|  | Roca Mala A | IV Δ | (31 - 40) |
|  | Roca Mala B | IV \square | (21 - 30) |
|  | Roca Muy Mala | V | (< 21) |

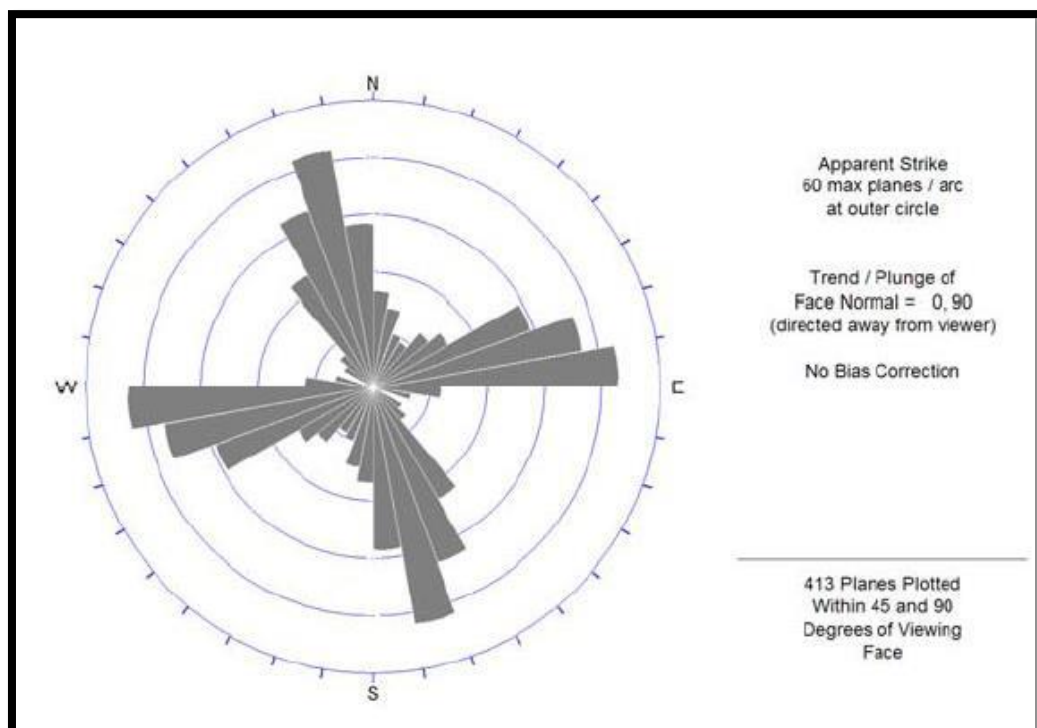
Fuente: Dirección de Planeamiento UM Santander

4.1.3.1. Discontinuidades

En los tres cuerpos de yacimiento Magistral hemos identificado 3 sistemas de discontinuidades con características propias:

- Buzamiento profundo, minado desfavorable
- Muy fallada con alto buzamiento, desfavorable para el avance del minado
- Presenta menores fallas, y gran buzamiento.

Gráfica N°14: Diagrama de roseta del compósito de discontinuidades



Fuente; proyecto profundización UM Santander.

4.1.3.2. Excavaciones Maximias Y Sostenimiento

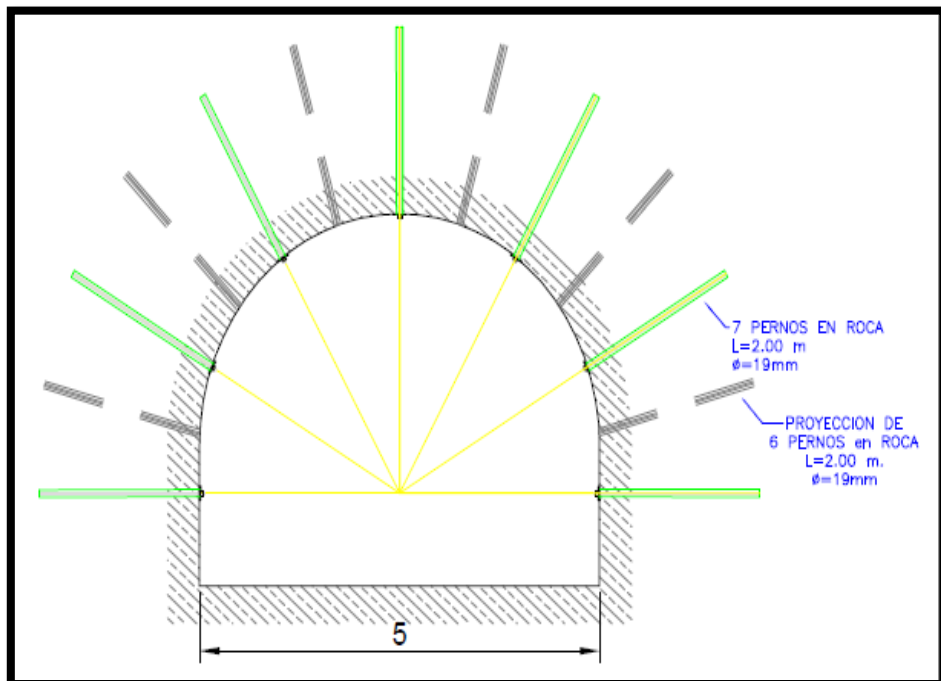
El cuadro adjunto resume las máximas aberturas que se puedan dar en el minado, para utilizar sostenimiento sistemático, pero si las aberturas son mayores a las mostradas debemos diseñar sostenimiento permanente, en estos casos se debe emplear sostenimiento integral. Como mallas, pernos, shotcrete reforzado de acuerdo al tipo de roca.

CUADRO N°8: Máximas aberturas permisibles.

| RMR | Tipo de Roca | Abertura Máxima(m) | Tiempo de exposición |
|---------|--------------|--------------------|----------------------|
| >60 | II | 8.1 | 1 año – 2 años |
| 51 – 60 | III – A | 5.2 | 5 meses a 10 meses |
| 41 – 50 | III – B | 3.3 | 1 mes – 5 meses |

Fuente: Proyecto profundización UM Santander

Gráfica N°15: Sostenimiento con barras helicoidales



Fuente: Proyecto Profundización UM Santander

Del mismo modo debemos tener en cuenta el dimensionamiento de los tajeos cuyo patrón lo mostramos en el cuadro No. 3, adjunto.

CUADRO N°9: Mínimas dimensiones de tajeos

| Área | Ancho | Altura | Longitud | Condición de estabilidad |
|------|-------|--------|----------|-------------------------------------|
| MN | 20 | 20 | 54 | Estable con sostenimiento ocasional |
| MC | 20 | 20 | 42 | Estable con sostenimiento ocasional |
| MS | 20 | 20 | 37 | Estable con sostenimiento ocasional |

Fuente: Proyecto profundización UM Santander

Consecuentemente, la Caracterización del macizo rocoso del mapeo de campo en Santander, el ajuste por orientación de las discontinuidades principales será de moderado a desfavorable:

Cuadro N°10: Caracterización geomecánica del macizo rocoso

| Características del Macizo Rocosó | Areniscas Oyon | Calizas Chulec | Calizas Pariatambo | Mineral Magistral Centro | Mineral Magistral Norte |
|-----------------------------------|------------------|----------------|--------------------|--------------------------|-------------------------|
| RC | 100-250 Mpa | 50-100 Mpa | 25-50 Mpa | 100-250 Mpa | 25-100 Mpa |
| RQD | 75-90% | 50-75% | 25-75% | 50-75% | 25-75% |
| Espaciamiento | 200-600mm | 60-200mm | <60mm-200mm | 200-200mm | 60-200mm |
| Persistencia | 10-20m | 10-20m | 10-20m | 10-20m | 10-20m |
| Apertura | 0.1-1.0mm | 0.1-1.0mm | 0.1-1.0mm | 0.1-1.0mm | 0.1-5.0mm |
| Rugosidad | liger Rug-Rugoso | Liso-liger Rug | Liso-liger Rug | liger Rug-Rugoso | liger Rug-Rugoso |
| Relleno | Blando<5mm | Blando<5mm | Blando<5mm | Blando<5mm | Blando<5mm |
| Alteración | Ligeramente | Ligeramente | Ligeramente | Ligeramente | Moderadamente |
| Agua Subterránea | Humedo - goteo | Humedo - goteo | Humedo - goteo | Humedo - goteo | Humedo - goteo |

Fuente: Proyecto Profundización UM Santander

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Características Generales de la Mina

La UM, Santander, conformada por 3 cuerpos: Magistral Norte, Magistral Centro y Magistral Sur. Tiene la galería 4580 con una longitud de laboreo de 708 m, labor antigua con dimensiones mínimas, menores a las proyectadas en el presente planeamiento, también se tiene parte del cuerpo Magistral Centro explotado antiguamente desde el Nvl. 4580 y en dicho cuerpo se tiene una chimenea que comunica a superficie, que servirá como chimenea de extracción de aire viciado en la primera etapa de desarrollos y preparaciones de la mina. En el cuerpo Magistral Sur se tiene explotado la parte superficial por el método de Tajo Abierto hasta el Nivel 4525 aproximadamente. Los cuerpos tienen una profundidad aproximada de 300 metros y estas están separadas longitudinalmente por zonas estériles, por lo tanto, no se tiene continuidad de mineralización. La infraestructura de la mina estará construida en calizas de la caja piso, por presentar mejor calidad el macizo rocoso.

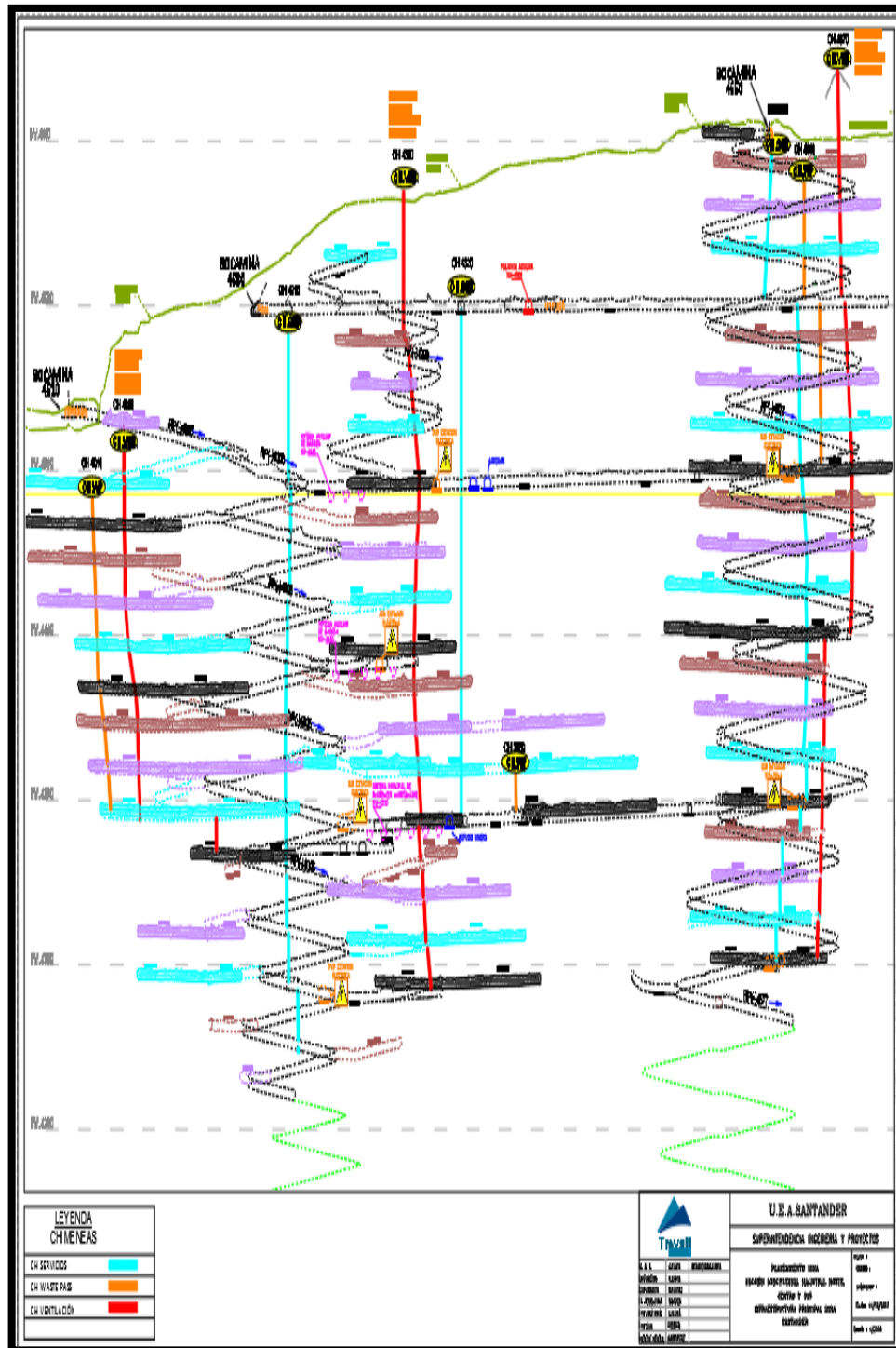
4.2.2. Diseño de la Mina

Para efectos del desarrollo del proyecto de profundización del minado y incrementar la producción, El diseño contempla principalmente aspectos de seguridad, operatividad y productividad La construcción de la infraestructura de la mina considera como aspectos principales la Seguridad, Operatividad y Productividad. En los tres cuerpos mineralizados MN, MC, MS, teniendo en cuenta que al inicio de la operación se construye 3 rampas para cada cuerpo de sección 5.0 x 4.0 m, además se tiene chimeneas principales para la ventilación, chimeneas auxiliares de servicios (energía, agua, aire comprimido) según va profundizando en función a la información geológica varia la ubicación de la rampa y otros accesos.

4.2.2.1. Infraestructura de la Mina

Para garantizar la operatividad, seguridad y productividad de la mina, se tiene planeado desarrollar y construir la siguiente infraestructura.

Gráfica N°16: Plano longitudinal de Infraestructura de Mina



Fuente: Propia del Proyecto profundización UM Santander

4.2.2.2. Resumen de Infraestructura de Mina

CUADRO N° 11: Resumen de la infraestructura de mina

| Desarrollos primarios |
|---|
| Desarrollo de 03 bocaminas BM4630, BM4540 y BM 4580. |
| Desarrollo de 03 rampas principales para acceso a los 03 cuerpos (Rp. 4577 acceso a MN, Rp 4290 acceso a MC y Rp4005 acceso a MS) |
| Construcción de refugios de paso del personal cada 50m. |
| Construcción de 1 refugio de emergencia, ubicado en el Nv. 4370, 01 comedor en el Nv4510. |
| Construcción y adecuación de la chimenea principal de servicios y ruta de emergencia desde el Nv. 4580 hasta el Nv. 4300 y proyectándose. |
| Construcción de 01 cámaras de bombeo permanente en el Nv4370 y auxiliares de operación. Nv. 4300, Nv. 4230 (proyecto 2018) |
| Preparaciones |
| Preparación de By Pass por caja piso como acceso principal |
| Preparación de cruceros (ventanas) para acceso a subniveles |
| Preparación de subniveles |

Fuente: Propia

4.2.3. Desarrollos

Para el proyecto en la UM, La **Rampa 4577**, se construye en caliza de la caja piso, de sección 5 x 4 metros, con gradiente promedio de 12 %, longitudinalmente está en el cuerpo Magistral Norte., la que servirá para el acceso al Cuerpo Magistral Norte, desde donde se iniciará la construcción de los By Pass, de preparación para acceso a dicho cuerpo, su inicio está proyectado desde superficie, llegando a profundizar 420 metros proyectado para alcanzar 3.6 kilómetros en todo lo largo de su longitud.

Rampa 4005

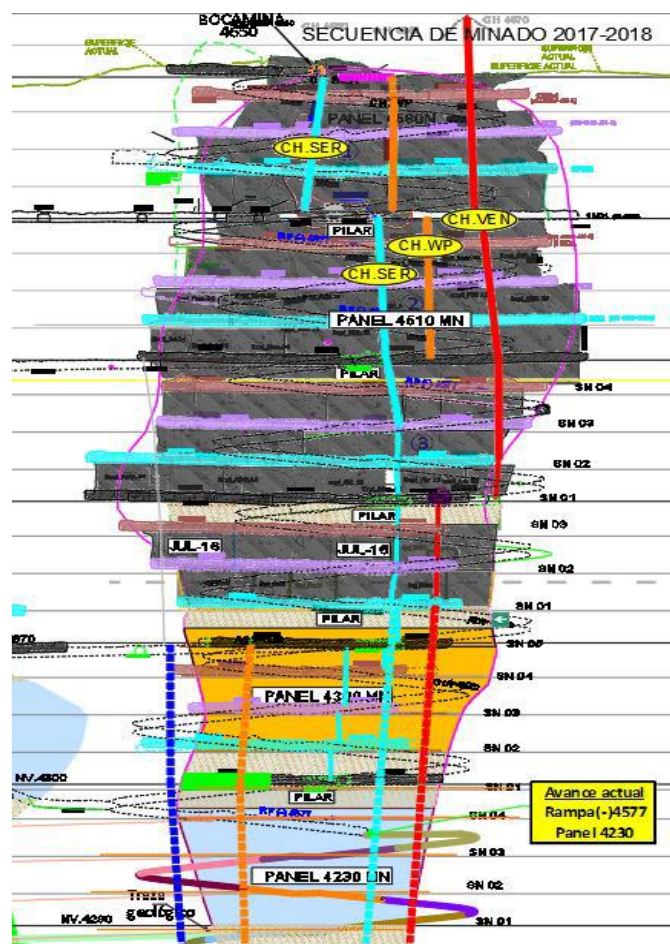
Labor que se construye sobre caliza acentuada en la caja piso, de sección 5 m. x 4 m. espiralmente, gradiente de 12 %, su longitud unirá el cuerpo Magistral Centro y el cuerpo Magistral Sur y sirve para el acceso a estos dos cuerpos, de esta rampa se construirá los By pass para la preparación de minado específicamente en el nivel 4510, con una profundidad promedio de 280 metros, siendo su proyección propuesta de 2.4 Km.

4.2.4. Preparaciones

El By Pass, se construye sobre calizas de la caja piso, con sección de 4.0 m x 3.5m., con gradiente máxima de 2%. Se inicia en la rampa de acceso a los cuerpos cortando a lo largo de su longitud de extremos a extremo del cuerpo, teniendo en cuenta que a partir de esta labor se diseñan y construyen las ventanas de acceso al cuerpo a ser explotado del mineral en esta zona.

Ventanas para acceso a Sub Niveles, Inicialmente estas están construidas en calizas que secuencialmente estas se construirán el en cuerpo mineral, tendrán una sección de 4 metros x 3.5 metros, su función principal es de acceso a los cuerpos mineralizados y delimitar el cuerpo para facilitar entrada y explotación programada de los tajos.

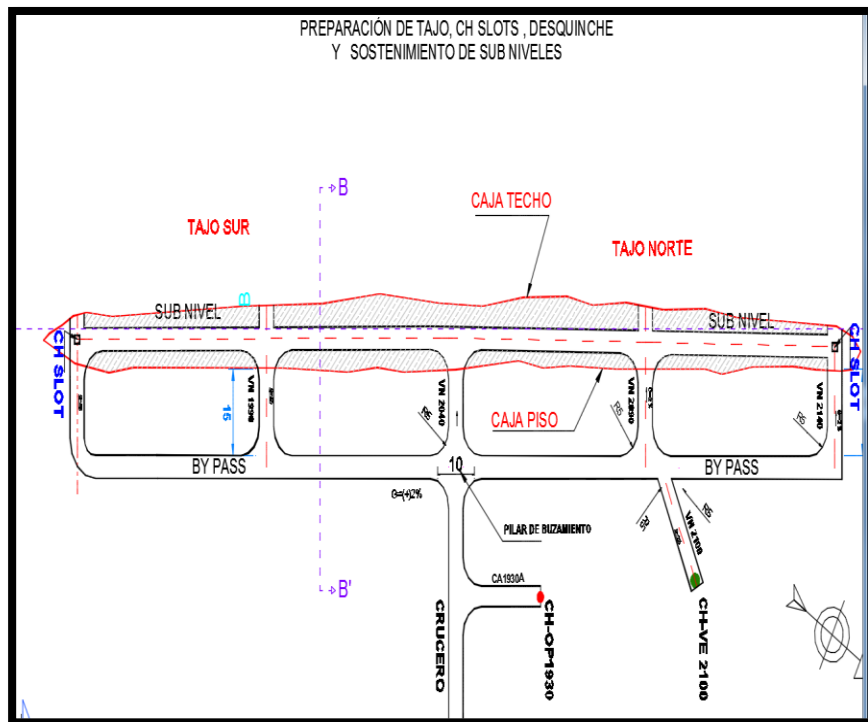
Gráfica N° 17: Plano de desarrollos de mina



Fuente; Proyecto de profundización UM-Santander

Sub Niveles, Estas labores son construidas en mineral tienen una sección de 4 metros estas labores estarán construidas en el cuerpo mineralizado, con sección de 4m x 4m., con una gradiente de diseño de + 2%, la función principal es delimitar los tajeos de explotación verticalmente para que a partir de los cuales se realizaran las labores de explotación como son la perforación y voladura mediante los taladros largos y la voladura masiva.

Gráfica N° 18: Plano de preparación de tajo, subniveles, By Pass, Ch slot.



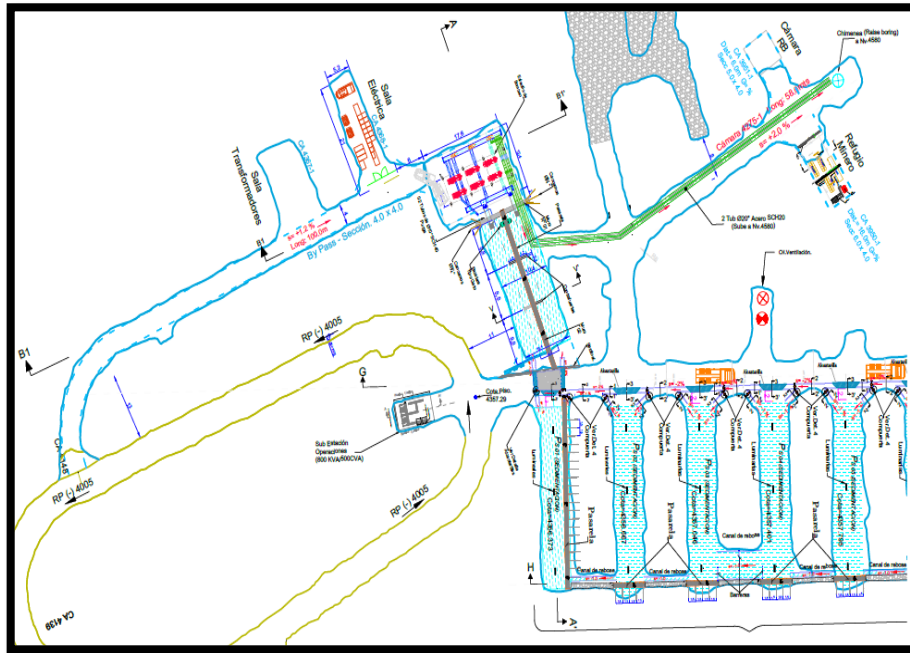
Fuente: Propia Proyecto profundización UM Santander

4.2.5. Labores de Servicios auxiliares

Para nuestro proyecto contamos con las siguientes labores que servirán para las tareas de servicios, siendo las principales y fundamentales.

Cámara de Bombas, Se ha proyectado construir en la parte profunda de la rampa de acceso, cuya función principalmente será acopiar el agua de la profundización de la mina para luego ser evacuado por medio de las bombas hasta el nivel 4580. Actualmente para el proyecto se está construyendo una cámara de bombeo en el nivel 4370, con el cual se evacuará mediante bombas un aproximado de 800 litros por segundo, hacia la superficie.

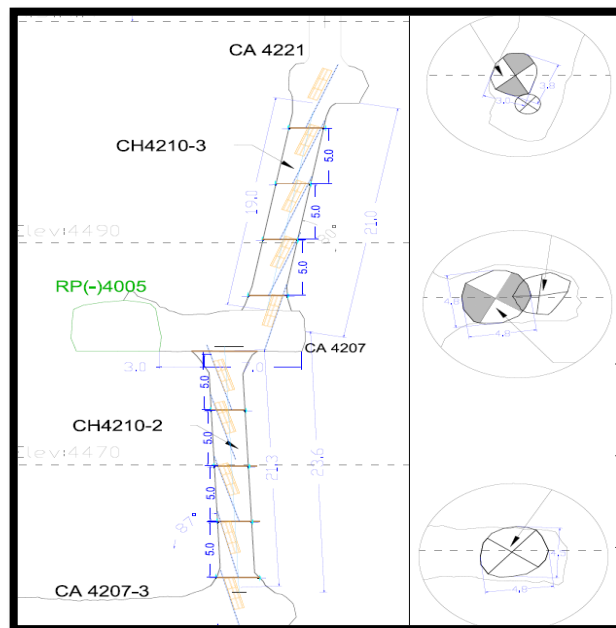
Gráfica N° 19: Plano de Pozas de bombeo Nvl 4370 MC.



Fuente: Propia Proyecto profundización UM Santander

Chimeneas de Servicio, Estas labores se están implementado y se ejecuta con equipos Raise Boring, de 6 pies de diámetro, con una inclinación de 90°, la CH 4320, se ubica a pocos metros del By Pass 4370 de Magistral centro. En esta chimenea servirá para instalar servicios de líneas de energía, el sistema de tuberías de agua y aire y bombeo.

Gráfica N°20: Plano de Chimenea de servicio 4320.



Fuente: Propia Proyecto profundización UM Santander

4.3. Prueba de hipótesis

4.3.1. Balance de aire de Ventilación Mina

Para nuestro proyecto se han tomado en cuenta el balance del aire de ventilación realizada el año 2017, los que nos validaran los factores de seguridad para estar dentro de los parámetros exigidos por las normas legales actuales. Cuyos resultados se muestran en el cuadro adjunto:

CUADRO N°12: Balance del aire de ventilación de la UM Santander

| UNIDAD ECONÓMICA AD | | TURNO: | |
|---------------------|----------------------------------|--------|--|
| ZONA: | UNIDAD ECONÓMICA ADMINISTRATIVA: | | |
| MINA: | SANTANDER | | |
| CUERPO: | MAESTRAL | | |
| FECHA: | 06/09/2017 | | |

| I. PARÁMETROS DE CÁLCULO | | | |
|--------------------------|--|---------------------|-------|
| | | UNIDAD | VALOR |
| 1.1 | SECCIÓN PROMEDIO DE LABOR | m ² | A |
| 1.2 | TIPO DE EXPLOSIVO | TE | ANFO |
| 1.3 | VELOCIDAD MÍNIMA DEL AIRE | m/min | V |
| 1.4 | KILOS DE EXPLOSIVO (ANFO-DINAMITA-MENUSIL) (kg/da) | Kg | K |
| 1.5 | NÚMERO DE TRABAJADORES/DÍA | unidades | N |
| 1.6 | POTENCIA MOTOR EQUIPOS DIESEL | hp | HP |
| 1.7 | FACTOR DE SIMULTANEIDAD DE EQUIPOS DIESEL | fs | FS |
| 1.8 | TIEMPO DE VENTILACIÓN MÍNIMA | min | T |
| 1.9 | COTA DE TRABAJO | m/mm | C |
| 2 | CAUDAL REQUERIDO POR PERSONA | m ³ /min | q1 |
| 2.1 | CAUDAL REQUERIDO POR EQUIPO | m ³ /min | q2 |
| 2.2 | CAUDAL DE INGRESO | m ³ /min | Q1 |
| 2.3 | CAUDAL DE SALIDA | m ³ /min | Qs |

| CANTIDAD MÍNIMA AUTORIZADA POR EL MEME (m) | | |
|--|-----|----------|
| Dinamita | Año | Emulsión |
| 20 | 25 | 20 |

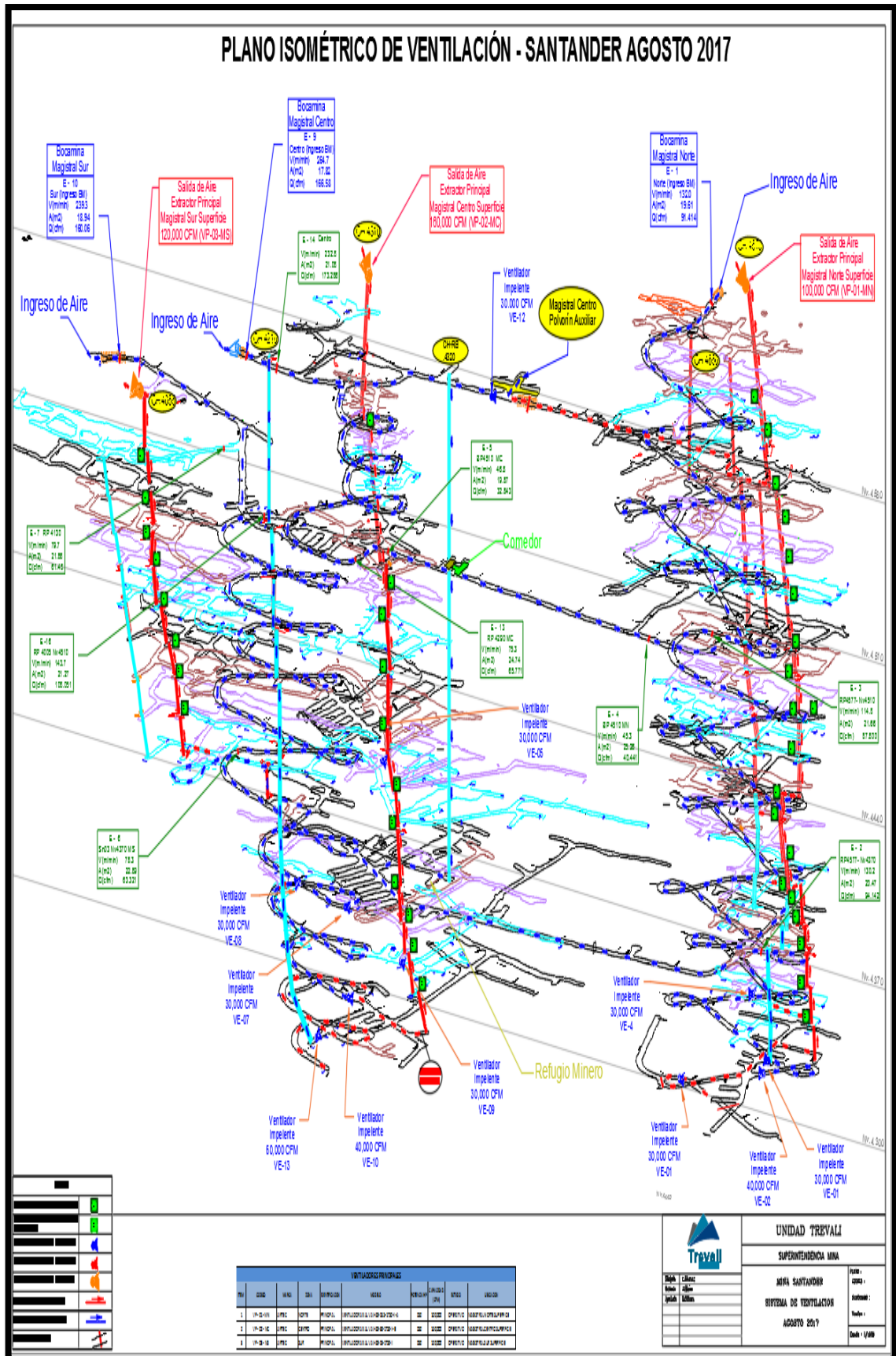
| Reglamento de Seg. E Hig. M. DS 024-2016-EM | | |
|---|---------------------|-----|
| Cota m/mm | m ³ /min | % |
| 0 a 1,439 | 3 | 0 |
| 1,500 a 2,100 | 4 | 40 |
| 2,100 a 3,399 | 5 | 70 |
| > 4,000 | 6 | 100 |

| II. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL REQUERIDO | | | | | | | |
|---|-------------------|----------|----------|----|---------------------|---------------------|---------|
| 2.1 PARA PERSONAL (Q1) | | | | | | | |
| | | | | | Caudal | m ³ /min | CFM |
| | | | | | Q1 | 608 | 11,409 |
| 2.2 PARA OPERACIÓN DE EQUIPOS DIESEL (Q2) | | | | | | | |
| N° | Equipo | Cantidad | HP Total | FS | m ³ /min | CFM | |
| 1 | Socotram R1801H | 3 | 120 | 1 | 2,160 | 74,280 | |
| 2 | Jumbo Bloomer 510 | 2 | 140 | 1 | 420 | 14,802 | |
| 3 | Simba 570 | 2 | 194 | 1 | 582 | 20,593 | |
| 4 | Scaler | 1 | 100 | 1 | 300 | 10,593 | |
| 5 | Telekander | 1 | 101 | 1 | 303 | 10,701 | |
| 6 | Volquetero | 1 | 1,110 | 1 | 6,700 | 230,707 | |
| 7 | Alpha 211 | 1 | 145 | 1 | 435 | 15,202 | |
| 8 | Tornado | 1 | 145 | 1 | 435 | 15,202 | |
| 9 | Camionetas | 2 | 240 | 1 | 720 | 25,427 | |
| 10 | Camionero | 1 | 138 | 1 | 414 | 14,521 | |
| FS: Factor de simultaneidad | | | | | Caudal | m ³ /min | CFM |
| | | | | | Q2 | 10,869 | 383,839 |
| 2.3 PARA DILUCIÓN DE EXPLOSIVOS (Q3) | | | | | | | |
| | | | | | Caudal | m ³ /min | CFM |
| | | | | | Q3 | 8,110 | 285,422 |
| 2.4 CAUDAL REQUERIDO | | | | | 11,277 | 398,247 | |

| III. COBERTURA DEL SISTEMA (C) | | | |
|--------------------------------|--------|---------------------|----|
| | | m ³ /min | cm |
| CAUDAL DE INGRESO | 11,836 | 421,525 | |
| CAUDAL DE SALIDA | 11,863 | 419,055 | |
| CAUDAL REQUERIDO | 11,277 | 398,247 | |
| COBERTURA (%) | 106 | 106 | |

Fuente: Proyecto Profundización UM Santander

Gráfica N° 21: Plano Isométrico de ventila

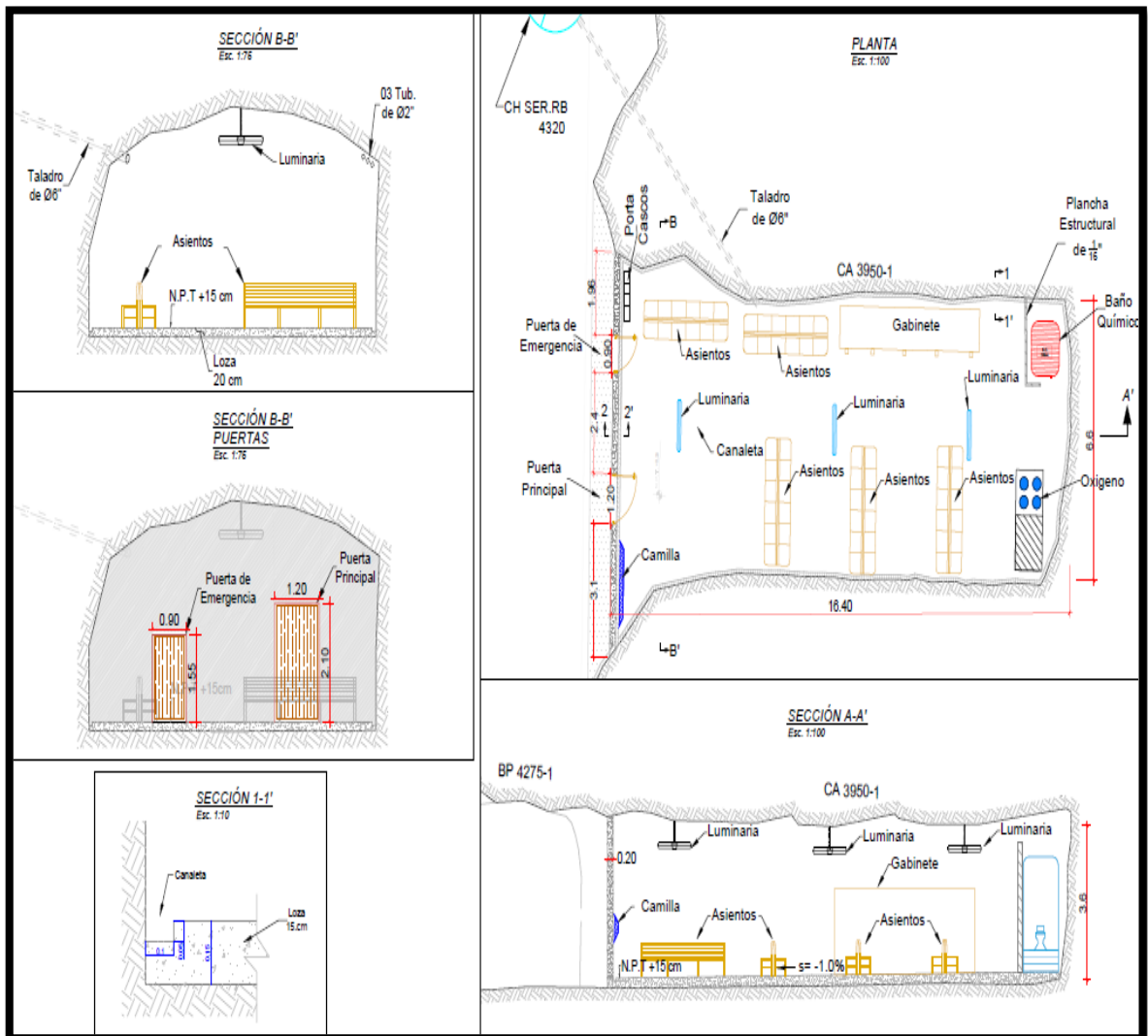


Fuente: Proyecto Profundización UM Santander

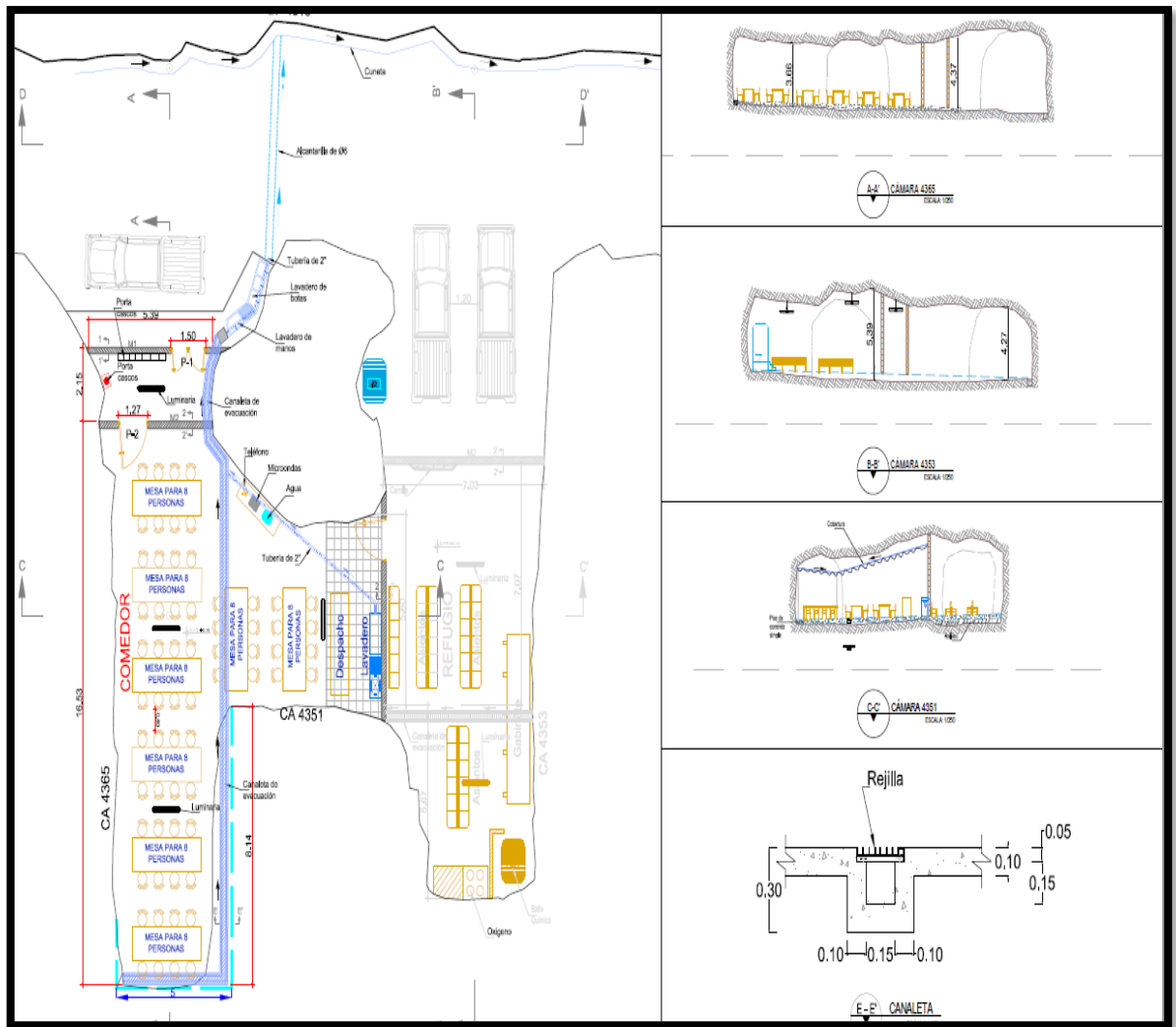
4.3.2. Infraestructura de seguridad

Refugios de Emergencia, se tiene programado construir 01 refugio de emergencia en la mina, ubicados estratégicamente para poder garantizar la evacuación del personal frente a cualquier eventualidad, inicialmente el primer refugio de emergencia estuvo ubicado en el Nivel 4510, actualmente se encuentra en el Nv4370, posteriormente será reubicado conforme se profundice la mina.

Gráfica N° 22: Plano refugio minero Nvl 4370 y comedor Nvl 4510.



Fuente: Proyecto Profundización UM Santander



Fuente: Proyecto Profundización UM Santander

Refugios de paso, estos refugios servirán de refugio de paso peatonal para tener controlado los riesgos de atropello por el tránsito de equipos pesados dentro de la mina, serán construidos cada 50 metros de acuerdo a lo estipulado en el D.S. 024-2016-EM.

4.3.3. Diseño del Método de Explotación de Profundización.

Consideraciones Geomecánicas.

Para realizar el diseño de la explotación, se utilizó las evaluaciones geomecánicas en abril del 2017, determinando que el método de explotación adecuado considerando las características del yacimiento es el SLS con relleno convencional y pilares de buzamiento.

CUADRO N°13: Resumen de Caracterización del Macizo Rocoso

| Sondaje/Bloque | Profundidad (m) | Litología | σ_c (MPa) |
|----------------|-----------------|-----------|------------------|
| MC San 0160 | 27.90 – 28.50 | Caliza | 87.25 |
| MC San 0062 | 48.60 – 48.80 | Limolita | 51.43 |
| MS San 0056 | 58.95 – 59.17 | Arenisca | 216.82 |
| MN San 0006 | 67.14 – 67.30 | Caliza | 147.24 |
| MN San 0118 | 44.30 – 44.70 | Caliza | 91.23 |
| Bloque MC | - | Mineral | 62.74 |
| Bloque MC | - | Mineral | 103.19 |

Cuadro 4.6

Resistencia compresiva de la roca intacta

(Determinada por ensayos de compresión triaxial)

| Sondaje | Profundidad (m) | Litología | σ_c (MPa) |
|-------------|-----------------|-----------|------------------|
| MC San 0062 | 30.55 – 37.77 | Arenisca | 89.56 |
| Bloque MC | - | Mineral | 64.73 |
| MN San 0001 | 57.03 – 58.25 | Caliza | 100.76 |
| MN San 0006 | 72.34 – 73.57 | Caliza | 136.74 |
| MN San 0118 | 39.25 – 40.70 | Caliza | 104.53 |

Zonificación geomecánica y calidades de masa rocosa

| Sección | Litología | Promedio RMR | Calidad RMR | Dominio Estructural |
|---|-----------------------|--------------|-------------|---------------------|
| S-5 y S-9 Cuerpo Magistral Norte | Fm. Chulec (calizas) | 55 | Regular A | DE-III A |
| | Fm. Chulec (calizas) | 45 | Regular B | DE-III B |
| | Mineral | 55 | Regular A | DE-III A |
| | Mineral | 45 | Regular B | DE-III B |
| | Mineral | 35 | Mala A | DE-IV A |
| | Fm. Oyón (areniscas) | 55 | Regular A | DE-III A |
| | Fm. Oyón (areniscas) | 45 | Regular B | DE-III B |
| | Fm. Oyón (areniscas) | 35 | Mala A | DE-IV A |
| | Zona de falla | 20 | Muy Mala | DE-V |
| | Fm. Chimú (cuarcitas) | 35 | Mala A | DE-IV A |
| S-24 y S-26 Cuerpo Magistral Centro | Fm. Chulec (calizas) | 55 | Regular A | DE-III A |
| | Mineral | 55 | Regular A | DE-III A |
| | Mineral | 45 | Regular B | DE-III B |
| | Fm. Oyón (areniscas) | 55 | Regular A | DE-III A |
| | Fm. Oyón (areniscas) | 45 | Regular B | DE-III B |
| | Zona de falla | 20 | Muy Mala | DE-V |
| | Fm. Chimú (cuarcitas) | 45 | Regular B | DE-III B |
| S-35 y S-39 Cuerpo Magistral Sur | Fm. Chulec (calizas) | 55 | Regular A | DE-III A |
| | Fm. Chulec (calizas) | 45 | Regular B | DE-III B |
| | Mineral | 55 | Regular A | DE-III A |
| | Fm. Oyón (areniscas) | 55 | Regular A | DE-III A |
| | Fm. Oyón (areniscas) | 45 | Regular B | DE-III B |
| | Zona de falla | 20 | Muy Mala | DE-V |
| | Fm. Chimú (cuarcitas) | 45 | Regular B | DE-III B |

Fuente: Departamento de Planeamiento UM. Santander

Dimensionamiento de Tajeos.

El dimensionado de los tajeos operativos se ha realizado en base a las características geomecánicas de evaluación para el yacimiento y las dimensiones de los tajeos realizada por DCR, en el año 2017 y los criterios de ingeniería de planeamiento minero de la unidad minera. Como se muestra en la tabla adjunta:

CUADRO N°14: Dimensionamiento de tajeos Para Profundización mina

Dimensionamiento de tajeos - Longitud (m)

| Condición de estabilidad | Mineral – análisis en el techo (bóveda) | | | | | | Zona estéril – análisis en las cajas | | | | | | | |
|--------------------------|---|------|------|------|------|------|--------------------------------------|-----|-------------|----|-------------|----|-------------|----|
| | Potencias consideradas | | | | | | Altura=20 m | | Altura=40 m | | Altura=60 m | | Altura=80 m | |
| | 10 m | 15 m | 20 m | 25 m | 30 m | 35 m | CT | CP | CT | CP | CT | CP | CT | CP |
| Magistral Norte | | | | | | | | | | | | | | |
| ESS | sr | 150 | 60 | 38 | 30 | 25 | 50 | 50 | 24 | 24 | 19 | 19 | 18 | 18 |
| ESO | sr | sr | 150 | 100 | 60 | 50 | sr | sr | 40 | 40 | 30 | 30 | 26 | 26 |
| ECS | sr | sr | sr | Sr | 200 | 100 | sr | sr | 70 | 70 | 44 | 44 | 38 | 38 |
| Magistral Centro | | | | | | | | | | | | | | |
| ESS | sr | 150 | 45 | 32 | 26 | 23 | 60 | 60 | 25 | 25 | 21 | 21 | 19 | 19 |
| ESO | sr | sr | 120 | 75 | 55 | 43 | sr | sr | 44 | 44 | 32 | 32 | 28 | 28 |
| ECS | sr | sr | sr | 200 | 150 | 85 | sr | sr | 80 | 80 | 48 | 48 | 41 | 41 |
| Magistral Sur | | | | | | | | | | | | | | |
| ESS | 200 | 80 | 35 | 27 | 23 | 21 | 60 | 70 | 25 | 29 | 22 | 23 | 20 | 21 |
| ESO | sr | sr | 120 | 60 | 48 | 39 | 200 | 250 | 43 | 50 | 33 | 35 | 30 | 31 |
| ECS | sr | sr | sr | 200 | 120 | 75 | sr | sr | 80 | 90 | 50 | 55 | 42 | 44 |

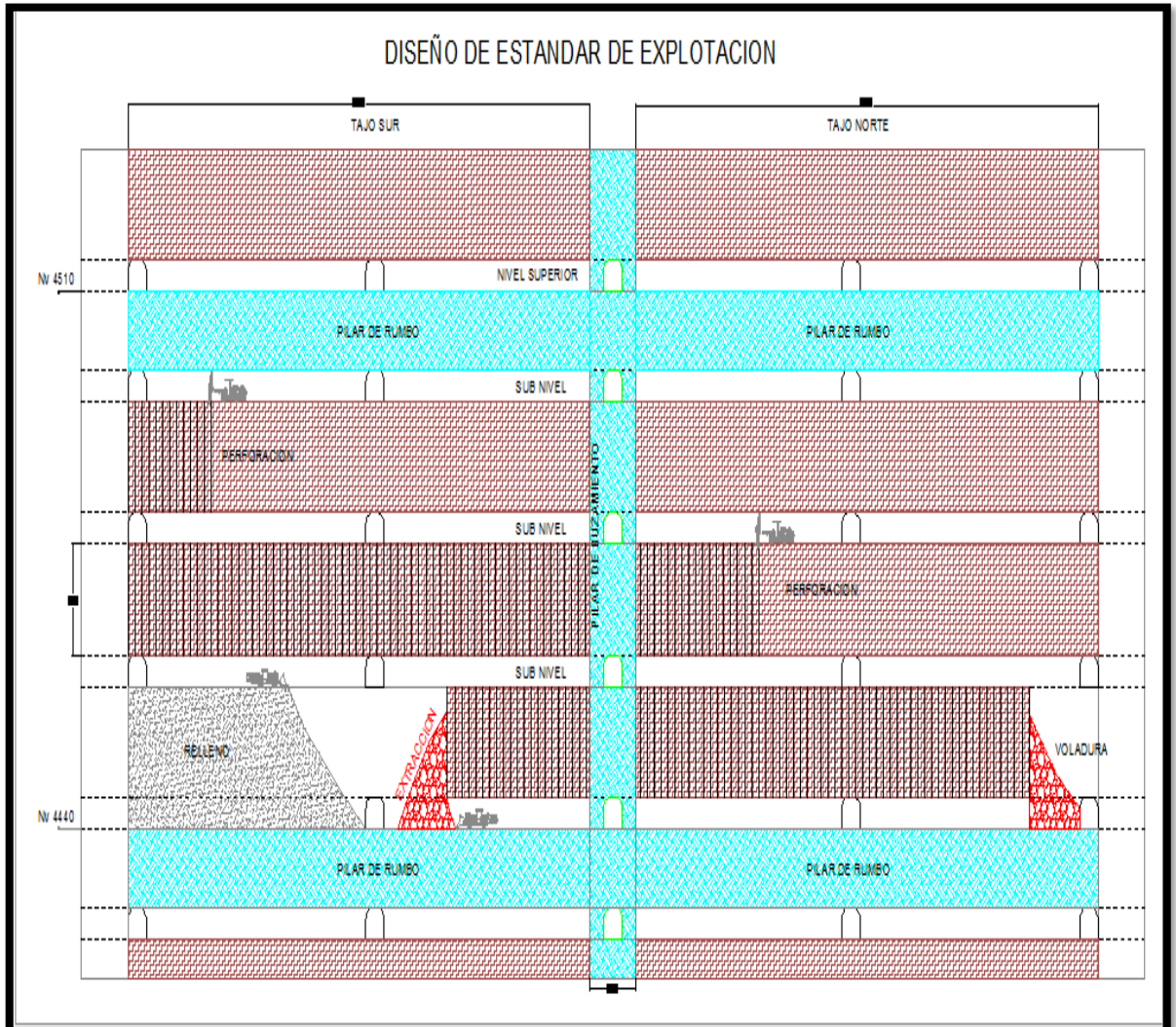
Notas: ESS = Estable Sin Sostenimiento; ESO = Estable Sostenimiento Opcional; ECS = Estable Con Sostenimiento Obligado (sr) Significa (sin restricción) que no hay restricción de longitud en la superficie analizada para dicha condición de estabilidad.

Fuente: Departamento de Planeamiento UM Santander.

Para la explotación se determinó, las dimensiones consideradas en el diseño estándar que se aprecia en la parte superior, como se observa en la figura

adjunta, mostrando los tajos Sur y Norte Respectivamente, siendo este el diseño estándar de explotación que se debe seguir en el proyecto.

Gráfica N° 23: Diseño estándar de Explotación



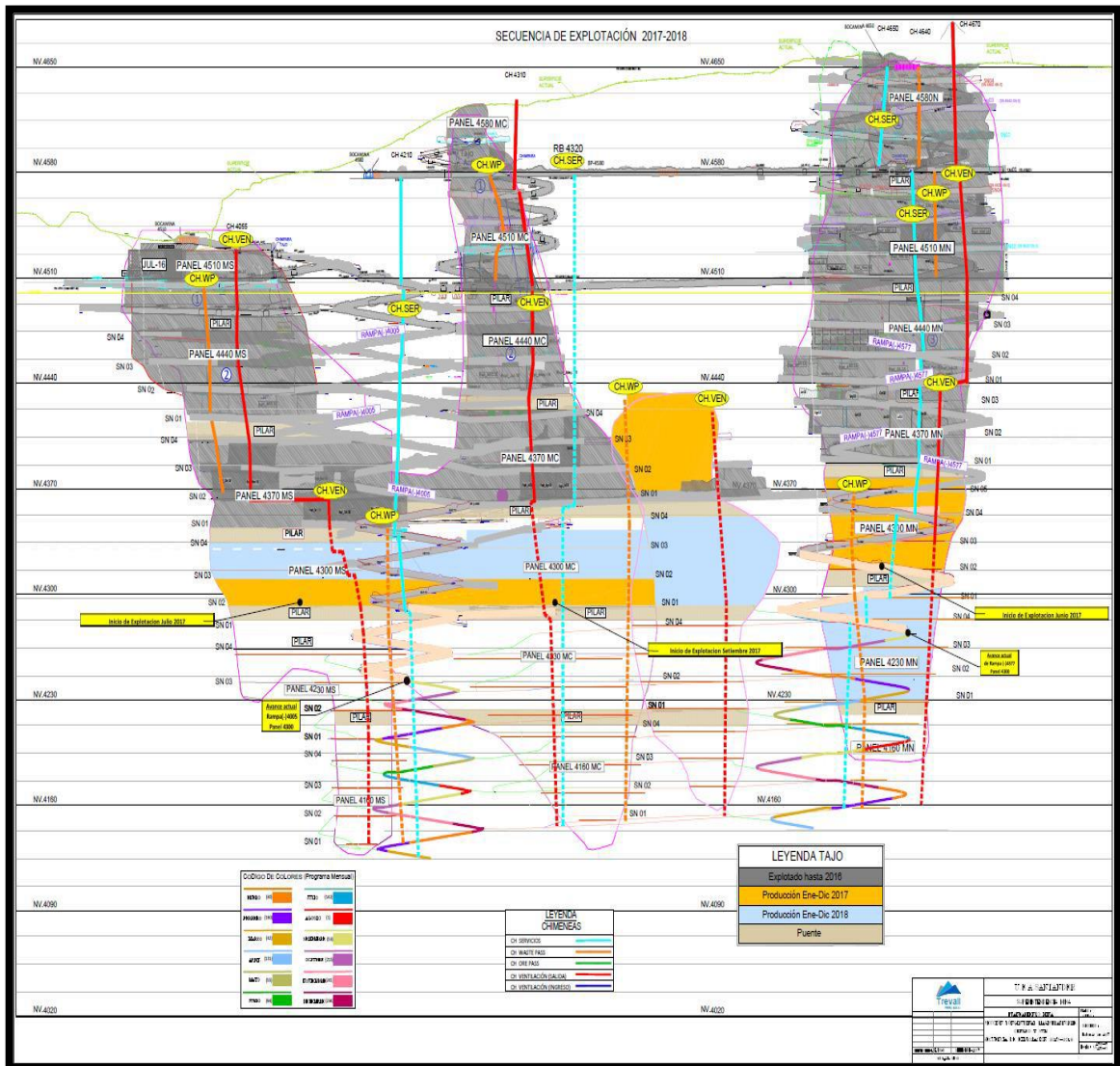
Fuente: Departamento de Planeamiento UM Santander.

Secuenciamiento de Minado para profundización

Se preparan bloques separados a 70 metros, para divididos en cuatro subniveles de explotación para la explotación.

Los tajeos de explotación de los bloques se hará en forma ascendente desde el subnivel uno al subnivel cuatro, se dejará un bloque de corona en el bloque superior, en esta secuencia se seguirá la explotación de bloque en totalidad, esta secuencia seguirá para todas las etapas del minado

Gráfica N° 24: Plano de secuencia miento de minado 2019 – 2020



Fuente: Departamento de Planeamiento UM Santander

Técnicamente se seguirá la siguiente secuencia de los tres pasos siguientes:

Paso 1: Preparación y control de By pass para acceso a los cuerpos.

Paso 2: Preparación y acondicionamiento las ventanas para acceder a los subniveles, con el siguiente criterio de construcción:

- Ventana principal ubicado en la parte central del cuerpo para la explotación
- Seguidamente las ventanas secundarias, que delimitan la longitud del cuerpo mineral.

Paso 3: Definición y Construcción de los sub niveles, de sección de 4 m. x 4m., estas ventanas deben facilitar los trabajos de perforación con los equipos SIMBA.

Para el inicio de las actividades de explotación se debe seguir la secuencia Para respetando el seccionamiento y los parámetros delimitados para un avance ascendente del nivel inferior al nivel superior.

4.3.4. Operaciones Unitarias

El minado en el proyecto debe seguir las operaciones unitarias definidas para la explotación y la profundización de la mina Santander siguiendo las fases clásicas del minado continuo, Transporte y Relleno. clásico como son; Perforación, Voladura, Extracción, cada una de ellos con sus características propias y las consideraciones especiales con la que se evitaren incidentes y accidentes durante todo el proceso de minado, con el debido control de la estabilidad, la dilución con un buen diseño de la malla de perforación y la voladura masiva con una buena fragmentación que garanticen la performance y la eficiencia de las operaciones unitarias y establecer los objetivos de la profundización mejorar la producción y productividad de la Mina.

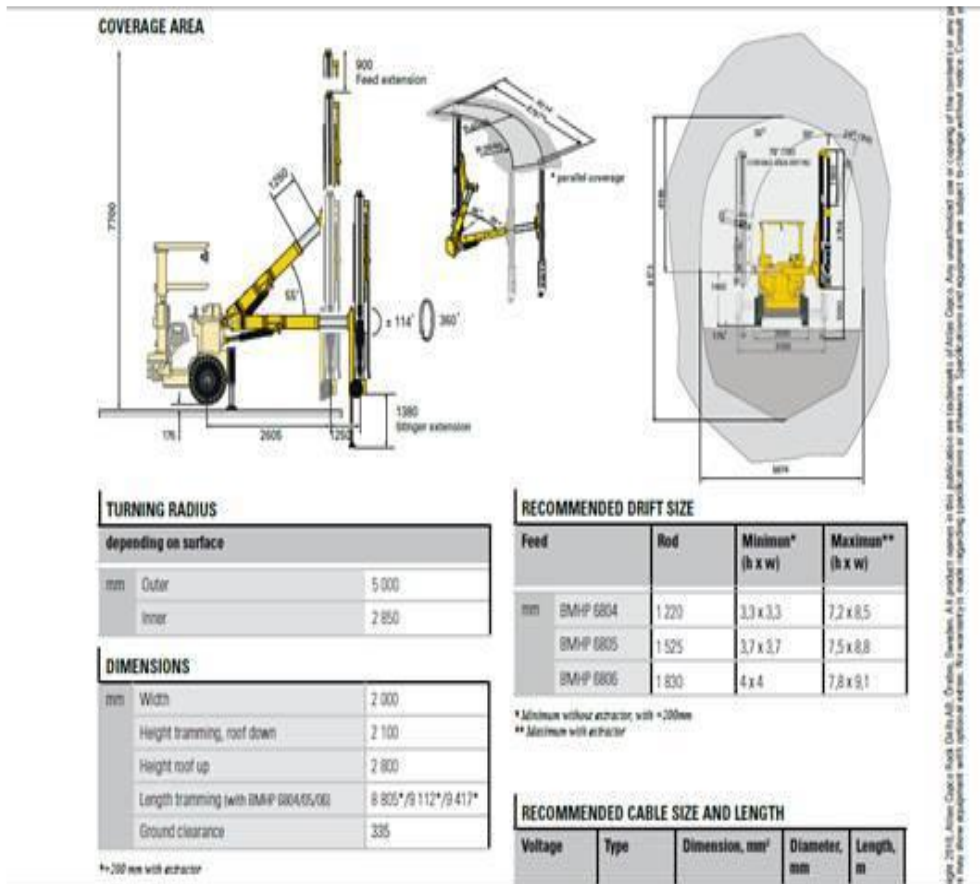
Desatado de Rocas.

Previa a la perforación se realiza el desatado de rocas en el techo y los hastiales con los Scaler. La altura del techo tanto para el desatado como para la perforación será de 4 metros, considerando que esa es la altura estándar para la perforación con el SIMBA.

Perforación en tajeos.

Para la Perforación en el proyecto se utilizará equipo mecanizado tipo SIMBA modelo S7D, la perforación se realizará desde los sub niveles de preparación, dichas labores tendrán una sección de 4m. x 4m., de acuerdo a las características del equipo esta se presta para lograr la mayor recuperación de los bloques de mineral. Con el ataque partiendo del subnivel de sección de 4m. x 4m.

Gráfica N° 25: Equipo de perforación Simba S7D



Fuente: Proyecto de profundización UM Santander

Características de Perforación y Voladura en Tajeos

| | |
|--------------------------|-----------------|
| Marca del equipo | Epiroc – A.C |
| Modelo del equipo | Simba S7D |
| Tipo de perforadora | COP 1838 ME |
| Energía | 440 V |
| Presión de rotación | 30 a 50 Bares |
| Presión de percusión | 150 a 200 Bares |
| Presión de agua | 10 a 12 Bares |
| Velocidad de penetración | 1.5 min/m |
| Disponibilidad mecánica | 90 % |
| Rendimiento efectivo | 190 m/día |

Accesorios de barras de Perforación

| | |
|---------------------------------|--------|
| Longitud de la barra | 5 pies |
| Diámetro de la broca de botones | 64 mm |

Parámetros de Perforación

| | |
|-----------------------|-----------------------|
| Malla de perforación | 1.5 x 1.5 m |
| Longitud del taladro | 16 m |
| Diseño de perforación | Paralelos y dirigidos |
| Angulo de inclinación | 70° según buzamiento |
| Altura de corte | 15 m (vertical) |
| Rotura por taladro | 94 Tm/tal |
| Tonelaje perforado | 1195 Tn/día |
| Tonelaje por metro | 4.07 Tn/m |

Voladura

Este procedimiento se debe realizar una vez culminado toda la tanda de perforación, programado por la oficina de planeamiento, para ello se debe contar con los explosivos y accesorios de las siguientes características:

- ANFO
- Emulsión
- Guía ensamblada de 12´
- Guía ensamblada de 6´
- Pentacord 5P
- Mecha rápida
- Detonador no eléctrico de 4.8 metros
- Detonador no eléctrico de 17 metros

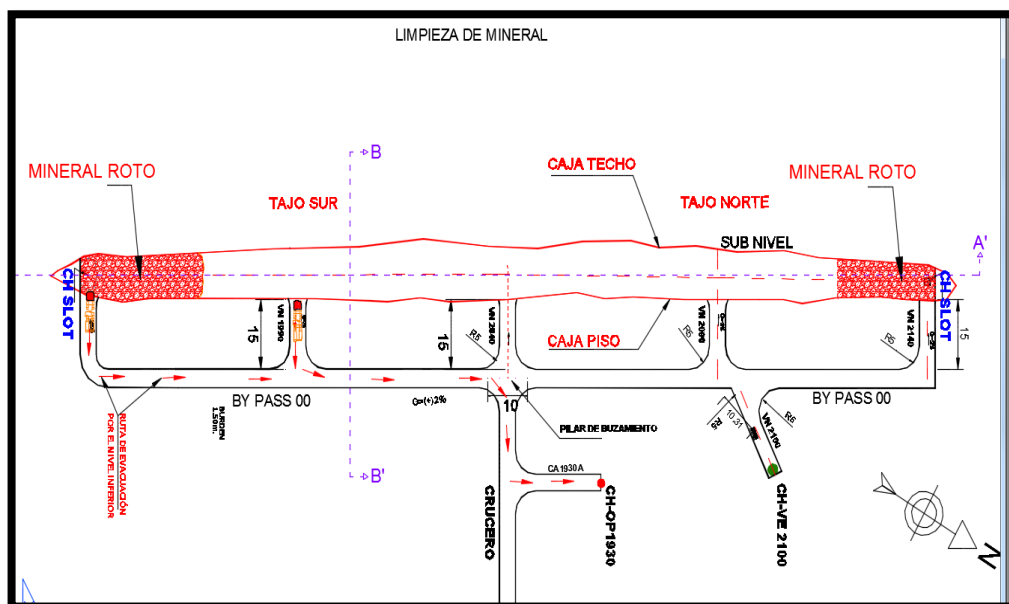
PARÁMETROS DE ROCA PARA VOLADURA EN TAJEOS

| | |
|-------------------------|---------------------------|
| Tipo de roca | III B RMR 41 – 50 |
| Densidad del mineral | 3.7 |
| Dimensiones del tajeo | 100 x 15 x 15 mts (LxAxH) |
| Longitud de perforación | 16 metros |
| Diámetro de perforación | 64 mm |
| Malla BxE | 1.5 x 1.5 mts |
| Avance por Rendimiento | 4.07 Tn/m |
| Factor de Potencia | 0.64 kg/tn - rota |

Acarreo de Materiales

Para realizar el acarreo de los tajeos de producción se realiza mediante equipos Scooptram de 6 Yd3 a control remoto. El acarreo del material se realiza iniciando en los tajos de producción hasta las cámaras de carguío del cual serán cargados mediante los scoops, a los camiones de capacidad de 14 m3. Para su evacuación final al exterior.

Gráfica N°26: Diagrama del Sistema de Acarreo

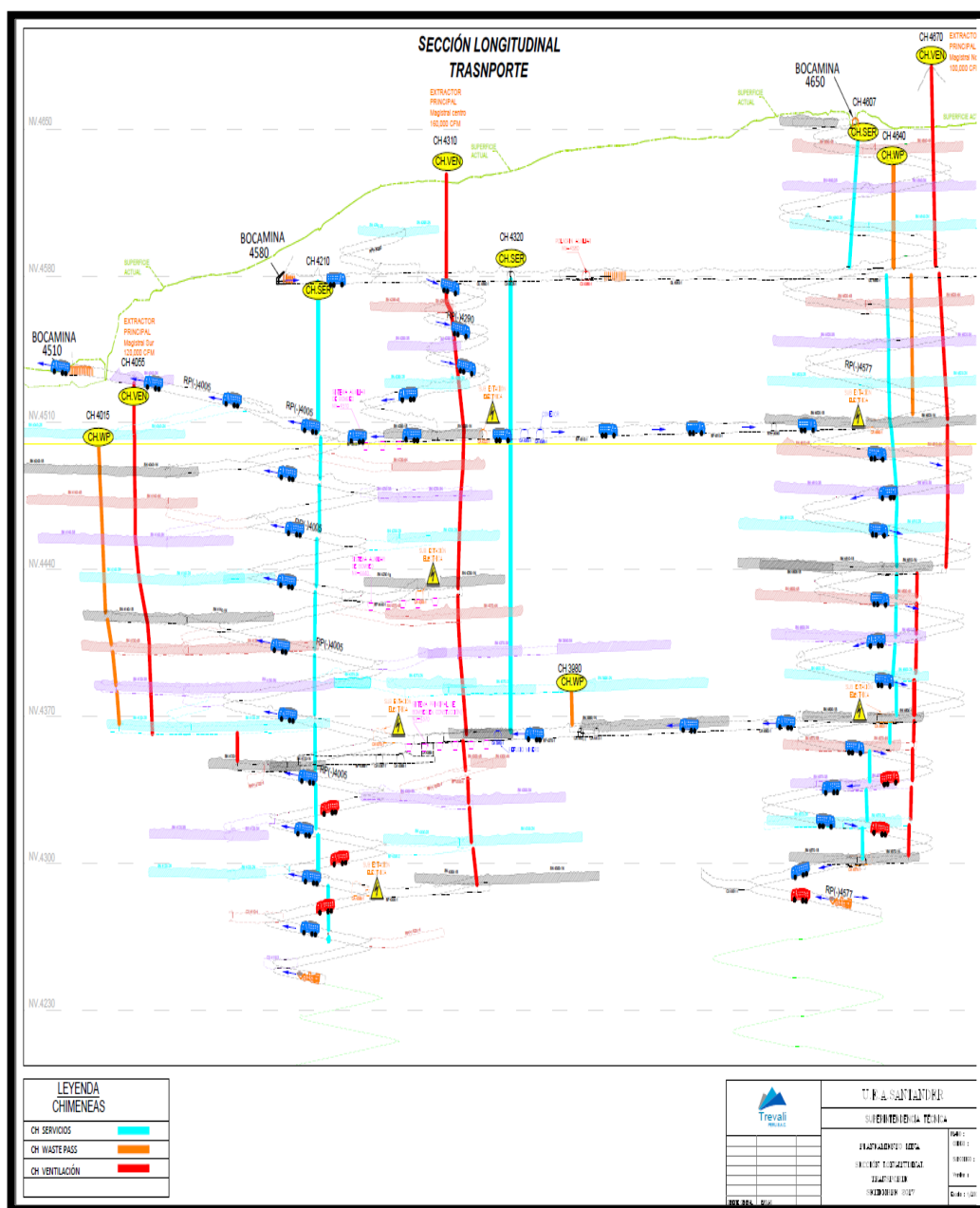


Fuente: Proyecto profundización UM Santander

Transporte

Para el transporte del material usaremos Volquetes de 12 m³ y 14 m³ de capacidad con una buena disponibilidad mecánica, estas deben recorrer vías de 5 m x 4 m., sección mantenidas en todo su trayecto, desde el punto de inicio cámaras de carguío de los subniveles hasta los Stock pile, acopio del mineral o a otro punto denominado Waste Dam, para el desmante, respectivamente diseñados para el proyecto.

Gráfica N° 27: Diagrama del Sistema de Transporte



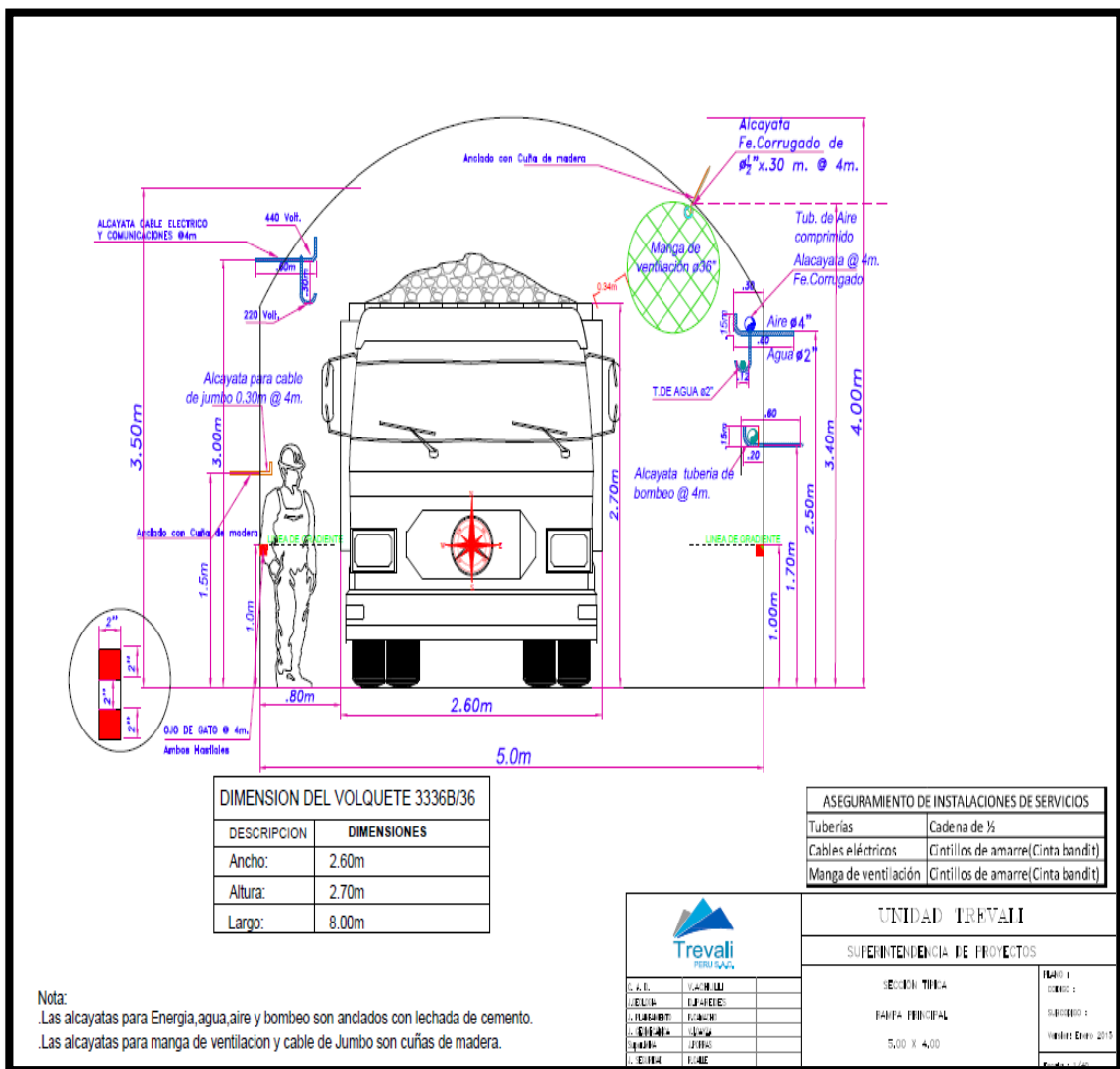
Fuente: Proyecto de profundización UM. Santander

4.4. Discusión de resultados

SECCIONES TÍPICAS PARA EL MINADO DEL PROYECTO

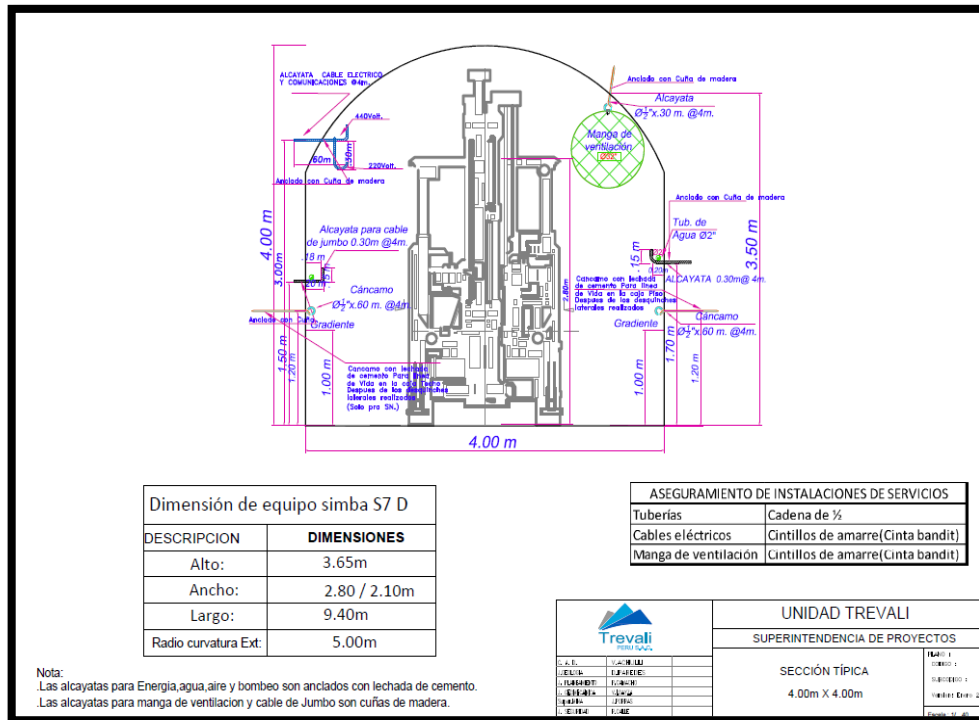
Para el desarrollo del proyecto de Profundización se han diseñado nuestras labores de acuerdo a las características geomecánica del macizo rocoso y los aspectos geológicos de la Unidad minera Santander se prevaleciendo por diseño secciones típicas (antiguas) restauradas y ampliadas para el proyecto las que deben prevalecer a lo largo del tiempo de operaciones de la Mina, las características geométricas de estas labores se muestran en las figuras adjuntas:

Rampa de 5m x 4m



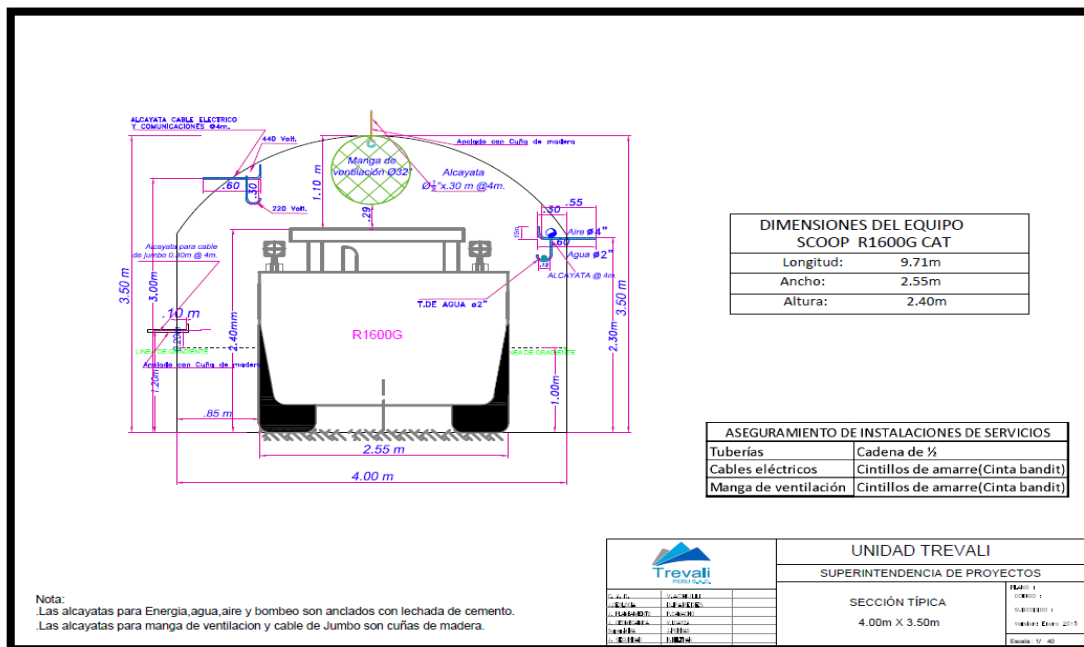
Fuente: Propia Proyecto de Profundización UM. Santander

Sub Nivel de Preparaciones 4mx4m



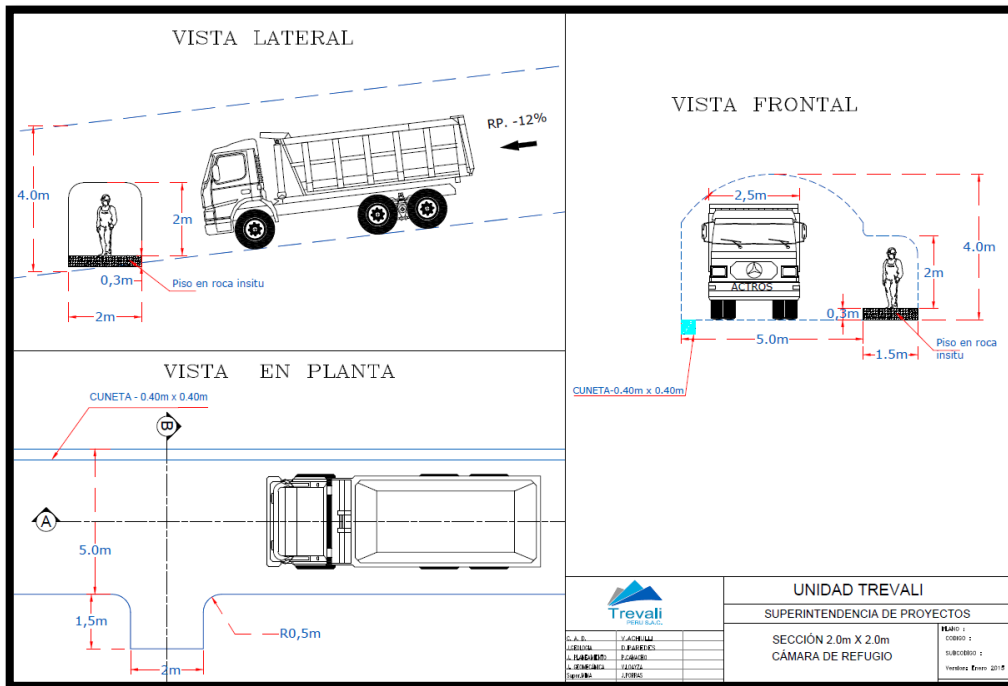
Fuente: Propia Proyecto de Profundización UM. Santander

By Pass, Ventanas de 4.0mx3.5m



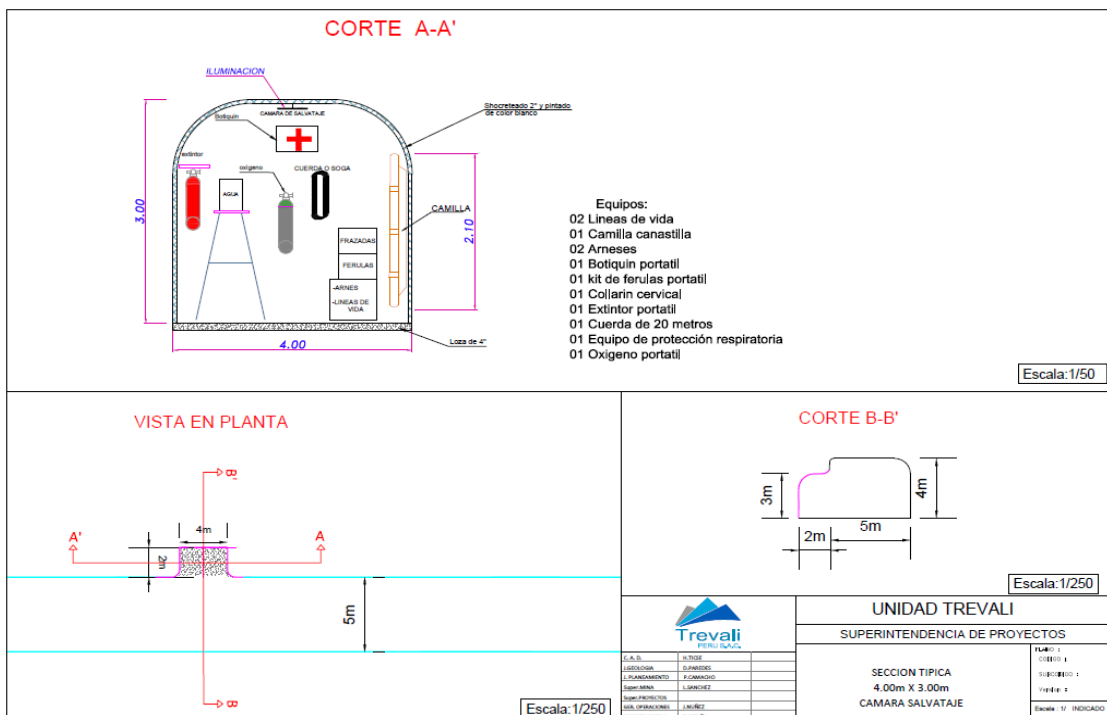
Fuente: Propia Proyecto de Profundización UM. Santander

(Refugio de paso) 2.2mx2.2m



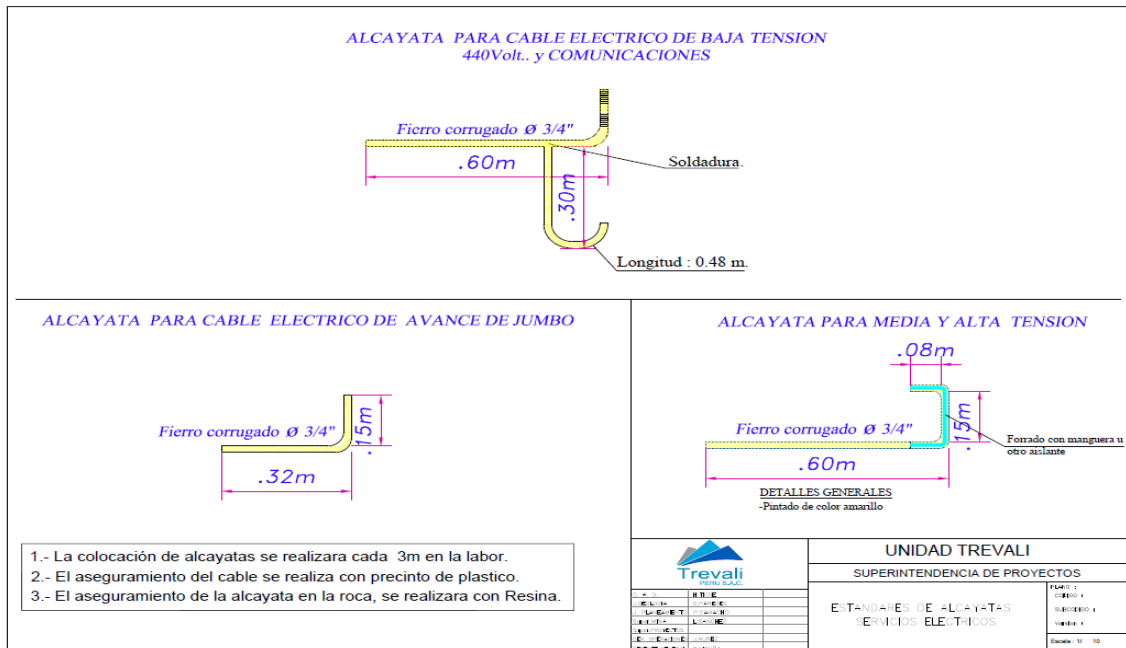
Fuente: Propia Proyecto de Profundización UM. Santander

Cámara de Salvataje



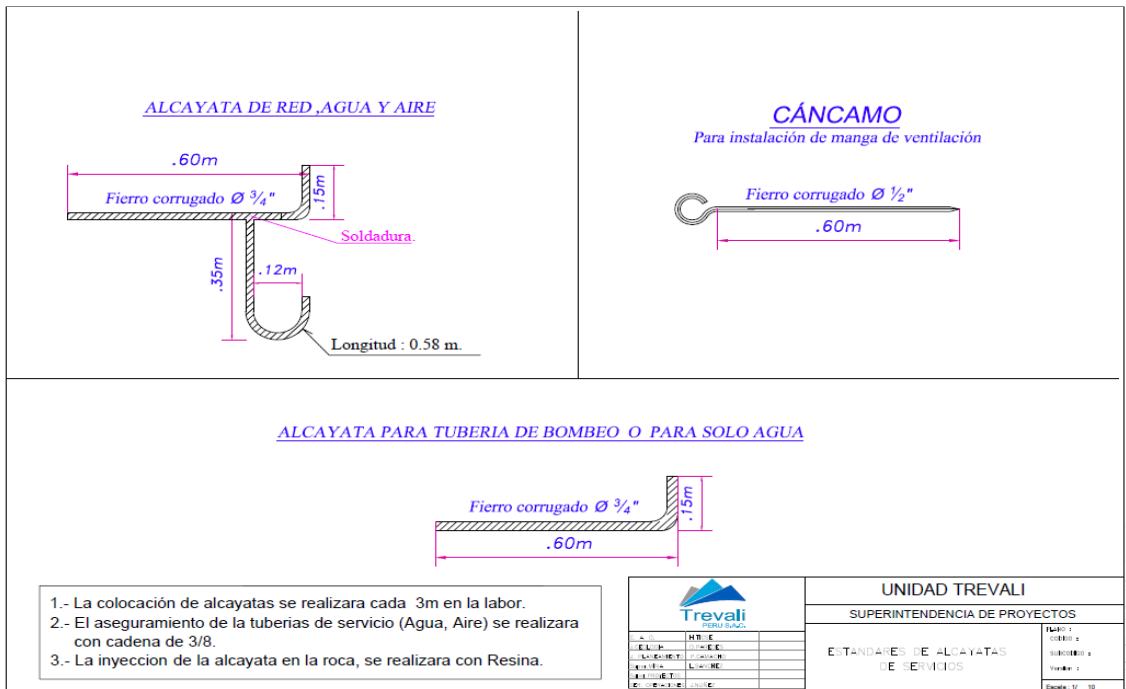
Fuente: Propia Proyecto de Profundización UM. Santander

Estándar de alcayata (cable eléctrico)



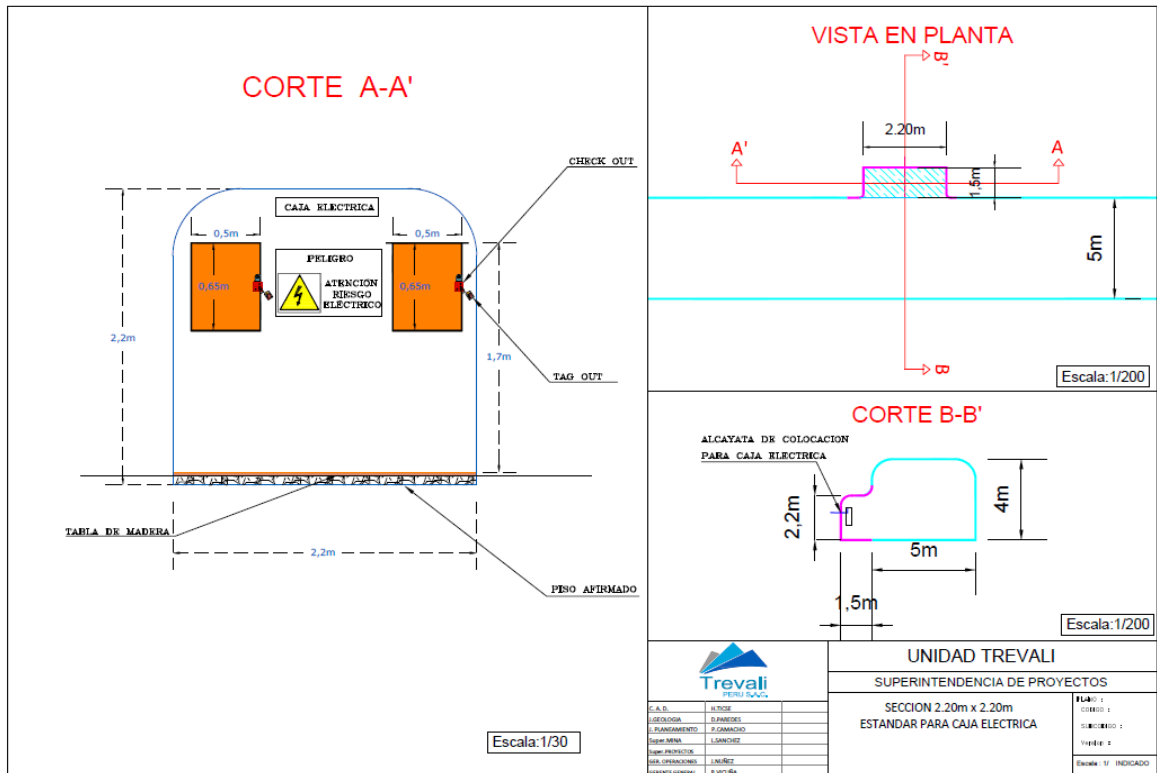
Fuente: Propia Proyecto de Profundización UM. Santander

Estándar de alcayata (servicios)



Fuente: Propia Proyecto de Profundización UM. Santander

Estándar de caja eléctrica



Fuente: Propia Proyecto de Profundización UM. Santander

4.4.1. Cronograma de Desarrollo y Preparaciones 2021

| PLAN DE PRODUCCIÓN ANUAL PROYECTADO PARA EL 2023 | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|
| METAS FISICAS 2023 | | AÑO 2023 | | | | | | | | | | | | |
| | | Ene-23 | Feb-23 | Mar-23 | Abr-23 | May-23 | Jun-23 | Jul-23 | Ago-23 | Set-23 | Oct-23 | Nov-23 | Dic-23 | TOTAL AÑOS |
| DESARROLLOS Y PREPARATIVOS | | | | | | | | | | | | | | |
| DESARROLLOS PRINCIPALES | m | 552 | 638 | 580 | 661 | 700 | 740 | 572 | 690 | 675 | 588 | 515 | 509 | 7420 |
| PREPARATIVOS | m | 380 | 389 | 360 | 310 | 175 | 175 | 130 | 70 | 40 | 45 | 50 | 105 | 2229 |
| DESARROLLOS EXPLORATIVOS | m | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | - | - | - | - | - | - | - | 200 |
| Sub total (horizontales y rp) | m | 972 | 1,067 | 980 | 1,011 | 915 | 915 | 702 | 760 | 715 | 633 | 565 | 614 | 9849 |
| PRINCIPALES DESARROLLOS VERTICALES | m | 72 | 72 | 117 | 75 | 57 | 99 | 105 | 90 | 123 | 87 | 90 | 99 | 1086 |
| PROGRESO MENSUAL TOTAL | m | 1,044 | 1,139 | 1,097 | 1,086 | 972 | 1,014 | 807 | 850 | 838 | 720 | 655 | 713 | 10935 |

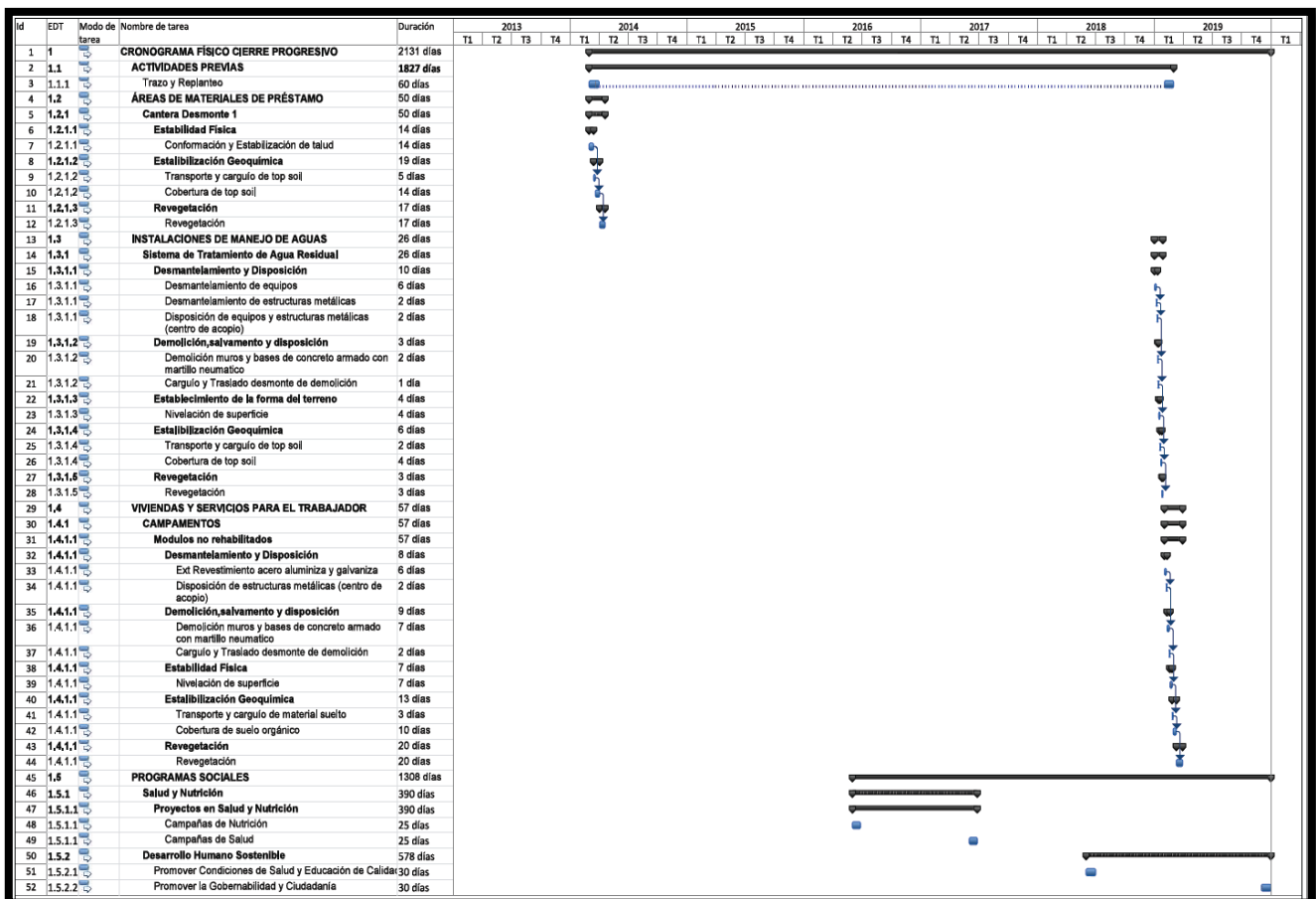
Fuente: Propia del proyecto profundización UM Santander

4.4.2. Cronograma de Producción 2023

| | | AÑO 2023 | | | | | | | | | | | | TOTAL AÑOS |
|---------------------------------|---|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|
| DESARROLLOS Y PREPARATIVOS | | Ene-23 | Feb-23 | Mar-23 | Abr-23 | May-23 | Jun-23 | Jul-23 | Ago-23 | Set-23 | Oct-23 | Nov-23 | Dic-23 | |
| MINERAL DE PREPARACIÓN | | | | | | | | | | | | | | |
| TONELAJE | t | 22,483 | 16,081 | 15,042 | 14,900 | 11,621 | 10,200 | 7,250 | 4,830 | 2,000 | 2,344 | 1,500 | 6,500 | 114,751 |
| MINERAL DE EXPLORACIÓN | | | | | | | | | | | | | | |
| TONELAJE (parada del subnivel) | t | 39,917 | 41,339 | 38,014 | 38,638 | 33,342 | 28,743 | 32,517 | 41,953 | 46,500 | 53,978 | 58,651 | 56,150 | 509,742 |
| TONELAJE (cortes de subniveles) | t | 0 | 4,650 | 9,173 | 8,975 | 17,297 | 23,323 | 22,626 | 15,907 | 14,270 | 6,144 | 2,842 | 0 | 125,207 |
| PRODUCCIÓN MINERAL TOTAL | | | | | | | | | | | | | | |
| PRODUCCIÓN EN TONELAJE | t | 62,400 | 62,070 | 62,229 | 62,513 | 62,260 | 62,266 | 62,393 | 62,690 | 62,770 | 62,466 | 62,993 | 62,650 | 749,700 |

Fuente: Propia del proyecto profundización UM Santander

4.4.3. Plan de Cierre de Mina



Fuente: Planeamiento UM Santander

4.4.4. Cronograma Físico Post de Cierre de Minas

| Id | Modo de tarea | Nombre de tarea | 2022 | | | | 2023 | | | | 2024 | | | | 2025 | | | | 2026 | | | |
|----|---------------|--|------|----|----|----|------|----|----|----|------|----|----|----|------|----|----|----|------|----|----|----|
| | | | T1 | T2 | T3 | T4 | T1 | T2 | T3 | T4 | T1 | T2 | T3 | T4 | T1 | T2 | T3 | T4 | T1 | T2 | T3 | T4 |
| 1 | | CRONOGRAMA FÍSICO POST CIERRE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | MANTENIMIENTO POST CIERRE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | Mantenimiento Físico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | Inspección y mantenimiento de en casos de desplazamientos, asentamiento y escarpas.(Depósito de | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | Inspección y mantenimiento de los taponos de cierre en caso de fisuras, agrietamientos, derrumbes y desplazamiento(Labores Subterráneas) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | Mantenimiento Geoquímico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | Inspección y mantenimiento de las coberturas, en caso de deterioro se debe proceder con su reparación o reemplazo.(Depósito de Relaves y superficies que presentas coberturas) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | Mantenimiento Hidrológico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | Inspección y mantenimiento de los canales de coronación, incluye reparación de revestimiento y limpieza de las superficies de los mismos. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | Mantenimiento Biológico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | Inspección y mantenimiento de las áreas revegetadas(superficies revegetadas en general) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | MONITOREO POST CIERRE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | Monitoreo de estabilidad física | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | Labores subterráneas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | Depósito de relaves | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | Monitoreo de la estabilidad geoquímica | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | Agua superficial | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | Agua Subterránea | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | Monitoreo de calidad de aire | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | Calidad de Aire | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | | Monitoreo biológico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | Flora y fauna terrestre | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | | Hidrobiológico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | Monitoreo Social | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | Capacitación para la Reinserción Laboral | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | Monitoreo del programa de capacitación | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | | Programa de capacitación agropecuaria | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | | Monitoreo de talleres de capacitación | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Planeamiento UM. Santander

CONCLUSIONES

1. El estudio es el preámbulo inicial de la etapa orientado al desarrollo de la información básica necesaria para evaluar los factores geológicos geomecánicos y del minado que controlan la estabilidad de las excavaciones,
2. En base al desarrollo de la información básica se ha definido el modelo geomecánico de mina Santander, caracterizándose de manera detallada a la masa rocosa asociada a los cuerpos mineralizados Magistral Norte, Magistral Centro y Magistral Sur, desde el punto de vista litológico, estructural y calidad.
3. A nivel local, la zona en estudio está conformada por tres tipos de rocas, similares en los tres cuerpos mineralizados: las calizas del Fm. Chulec que conforman la caja piso, hacia el Este; la masa rocosa mineralizada Magistral; y las areniscas de la formación Oyón que conforman la caja techo, hacia el Oeste.
4. Las características geo mecánicas están en el orden de Mala, regular y Buena, de manera que conociendo esta información de han diseñado las labores de preparación desarrollo de profundización y explotación mediante el método de taladros largos. La calidad inferior está asociada a las fallas como es el caso de la Falla Magistral y la Falla Santander.
5. Toda esta información deberá ser tomada en cuenta por los ingenieros que estarán a cargo del Planeamiento y Diseño del minado subterráneo de profundización de Magistral Norte, Centro y Sur.

RECOMENDACIONES

1. En condiciones de masa rocosa de calidad Regular A (IIIA) o superiores no habrá mayores problemas para continuar utilizando el método de minado por Bench and Fill (B&F) en los tres cuerpos mineralizados principales, siempre y cuando se adopten todas las recomendaciones dadas en este informe. En condiciones de roca de calidad Regular B (IIIB), que ocurre mayormente en el Cuerpo Magistral y en menor grado en los Cuerpos Magistral Centro y Magistral Norte, y con mayor razón en masas rocosas de calidades inferiores, pueden ocurrir algunos problemas de inestabilidades, particularmente en las mayores potencias o bajos buzamientos de los cuerpos o proximidad del minado a la gran falla Santander como es el caso de Magistral Sur.
2. Una de las medidas más importantes en la identificación de los problemas del terreno es la ejecución de mapeos litológicos estructurales y de calidad de la masa rocosa, de tal manera que sea posible realizar una buena caracterización y zonificación geomecánica de la masa rocosa de las áreas donde se realizaran las labores mineras, particularmente de los tajeos, por ser estos las excavaciones de mayor tamaño.
3. A fin de poder superar los problemas de inestabilidad potencial de la masa rocosa, debido a la mala calidad de la misma, o a las mayores potencias o bajos buzamientos de los cuerpos o proximidad del minado a la gran falla Santander, se han propuesto siguientes alternativas de métodos de minado: “corte y relleno ascendente” (Overhand Cut & Fill Mining – OC&FM), “galerías y relleno” (Drift & Fill – D&F), “corte y relleno con pilares” o lo que es lo mismo “cámaras y pilares con relleno” (Post Room & Pillar Mining – PR&PM) y “subniveles ascendentes con relleno cementado” (SARC). Los parámetros de diseño de estos métodos de minado recomendado y tomar en cuenta en el diseño del planeamiento del minado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ Arce, J. (2003) Perfiles – Boletín Geofísico.
- ✓ Canadian International Development Agency-Proyecto de Asistencia al sector Público & Golden Associates Ltda. (2002). Guía para Elaboración y Revisión de Planes de Cierre de Minas (versión borrador) Lima, Perú.
- ✓ Fernández Rubio R. (1995): Mining drainage and watersupply under sustainable constraints. Water resources at risk, American institute of Hydrology, Denver USA.
- ✓ R.W Fox, A.L. McDonald e P.J. Pritchard. “Introdução à Mecânica dos Fluidos”. LTC-Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. Sexta edição. Rio de Janeiro, Brasil. 2006.
- ✓ M.C. Potter e D.C. Wiggert. “Mecânica dos fluidos”. Pionera Thomson Learning. Traducción de la Tercera Edición norteamericana. São Paulo, Brasil. 2004.
- ✓ J.A.A. Sá Marques, J.O.O. Sousa. “Fórmula de Colebrook-White: Velha más actual. Soluções Explícitas”. Fecha de consulta: 8 de octubre de 2010. URL: <http://www.hidrotec.xpg.com.br/FormCole.htm>
- ✓ O.M.H. Rodríguez. “Tópicos Avançados em Mecânica de Fluidos: Modelagem de Escoamento Bifásico em Tubulações, Apostila SEM5872”. Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo. São Carlos-SP, Brasil. 2008.
- ✓ O.M.H. Rodríguez. “Mecânica dos Fluidos Disciplina de Pos-Graduação, Apostila SEM5749”. Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo. São Carlos-SP, Brasil. 2008.

ANEXOS

Anexo A

Instrumentos de Recolección de Datos

DIMENSIONAMIENTO DE TAJEOS EN EL CUERPO MAGISTRAL NORTE

Cálculo de longitud de tajeos (m)

Análisis: Dirección paralela al rumbo de la veta - Techo de tajeos - DE-IIIa

| Altura tajeo | Ancho = 7 m | | | Ancho = 10 m | | | Ancho = 13 m | | | Ancho = 16 m | | | Ancho = 20 m | | |
|--------------|-------------|-------|-------|--------------|-------|-------|--------------|-------|-------|--------------|-------|-------|--------------|-------|-------|
| Q' | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 |
| Factor A | 0.508 | 0.214 | 0.136 | 0.644 | 0.314 | 0.226 | 0.737 | 0.415 | 0.314 | 0.821 | 0.494 | 0.398 | 0.873 | 0.576 | 0.468 |
| Factor B | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 |
| Factor C | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 |
| N' | 1.33 | 0.56 | 0.36 | 1.69 | 0.82 | 0.59 | 1.93 | 1.09 | 0.82 | 2.16 | 1.30 | 1.04 | 2.29 | 1.51 | 1.23 |
| S | 2.66 | 3.20 | 3.31 | 3.00 | 4.09 | 4.38 | 3.12 | 4.53 | 5.04 | 3.68 | 4.72 | 5.33 | 3.10 | 4.74 | 5.56 |
| Long. (m) | 22 | 75 | 125 | 15 | 45 | 70 | 12 | 30 | 45 | 10 | 23 | 32 | 9 | 18 | 25 |
| Cond. Est. | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS |

Análisis: Dirección paralela al rumbo de la veta - Techo de tajeos - DE-IIIb

| Altura tajeo | Ancho = 7 m | | | Ancho = 10 m | | | Ancho = 13 m | | | Ancho = 16 m | | | Ancho = 20 m | | |
|--------------|-------------|-------|-------|--------------|-------|-------|--------------|-------|-------|--------------|-------|-------|--------------|-------|-------|
| Q' | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 |
| Factor A | 0.525 | 0.161 | 0.108 | 0.604 | 0.260 | 0.196 | 0.655 | 0.344 | 0.246 | 0.719 | 0.404 | 0.310 | 0.801 | 0.444 | 0.357 |
| Factor B | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 |
| Factor C | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 |
| N' | 0.55 | 0.17 | 0.11 | 0.63 | 0.27 | 0.21 | 0.69 | 0.36 | 0.26 | 0.75 | 0.42 | 0.33 | 0.84 | 0.47 | 0.37 |
| S | 2.06 | 3.07 | 3.20 | 2.22 | 3.68 | 4.00 | 2.28 | 3.86 | 4.53 | 2.18 | 3.87 | 4.63 | 2.00 | 3.94 | 4.74 |
| Long. (m) | 10 | 50 | 75 | 8 | 28 | 40 | 7 | 19 | 30 | 6 | 15 | 22 | 5 | 13 | 18 |
| Cond. Est. | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS |

Análisis: Dirección paralela al rumbo de la veta - Caja techo de tajeos - DE-IIIa (78°)

| Altura tajeo | Altura = 14.5 m | | | Altura = 18.5 m | | | Altura = 22.5 m | | | Altura = 26.5 m | | |
|--------------|-----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|
| Q' | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 |
| Factor A | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| Factor B | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 |
| Factor C | 6.753 | 6.753 | 6.753 | 6.753 | 6.753 | 6.753 | 6.753 | 6.753 | 6.753 | 6.753 | 6.753 | 6.753 |
| N' | 4.22 | 4.22 | 4.22 | 4.22 | 4.22 | 4.22 | 4.22 | 4.22 | 4.22 | 4.22 | 4.22 | 4.22 |
| S | 4.20 | 6.01 | 6.47 | 4.29 | 6.22 | 6.92 | 4.12 | 6.43 | 7.39 | 4.13 | 6.30 | 7.45 |
| Long. (m) | 20 | 70 | 120 | 16 | 38 | 55 | 13 | 30 | 43 | 12 | 24 | 34 |
| Cond. Est. | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS |

Análisis: Dirección paralela al rumbo de la veta - Caja techo de tajeos - DE-IIIb (78°)

| Altura tajeo | Altura = 14.5 m | | | Altura = 18.5 m | | | Altura = 22.5 m | | | Altura = 26.5 m | | |
|--------------|-----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|
| Q' | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 |
| Factor A | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| Factor B | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 |
| Factor C | 6.753 | 6.753 | 6.753 | 6.753 | 6.753 | 6.753 | 6.753 | 6.753 | 6.753 | 6.753 | 6.753 | 6.753 |
| N' | 1.69 | 1.69 | 1.69 | 1.69 | 1.69 | 1.69 | 1.69 | 1.69 | 1.69 | 1.69 | 1.69 | 1.69 |
| S | 2.96 | 4.89 | 5.57 | 3.03 | 5.13 | 5.93 | 2.95 | 5.15 | 6.03 | 2.77 | 4.99 | 6.16 |
| Long. (m) | 10 | 30 | 48 | 9 | 23 | 33 | 8 | 19 | 26 | 7 | 16 | 23 |
| Cond. Est. | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS |

ESS = Estable Sin Sombrío; ESO = Estable Sombrío Opcional; ECS = Estable Con Sombrío Obligado
 n': Significa (sin restricción) que no hay límite de longitud en la superficie analizada para dicho condición de estabilidad.

Fuente: Elaboración Propia Trevali Corp.

ANEXO B

Instrumentos de trabajo

Tabla N° 7

DIMENSIONAMIENTO DE TAJEOS EN EL CUERPO MAGISTRAL CENTRO

Cálculo de longitud de tajeos (m)

Análisis: Dirección paralela al rumbo de la veta - Techo de tajeos - DE-IIIa

| Altura tajeo | Ancho = 7 m | | | Ancho = 10 m | | | Ancho = 13 m | | | Ancho = 16 m | | | Ancho = 20 m | | |
|--------------|-------------|-------|-------|--------------|-------|-------|--------------|-------|-------|--------------|-------|-------|--------------|-------|-------|
| Q' | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 |
| Factor A | 0.508 | 0.214 | 0.136 | 0.644 | 0.314 | 0.226 | 0.737 | 0.415 | 0.314 | 0.821 | 0.494 | 0.398 | 0.873 | 0.576 | 0.468 |
| Factor B | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 |
| Factor C | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 |
| N' | 1.33 | 0.56 | 0.36 | 1.69 | 0.82 | 0.59 | 1.93 | 1.09 | 0.82 | 2.16 | 1.30 | 1.04 | 2.29 | 1.51 | 1.23 |
| S | 2.66 | 3.20 | 3.31 | 3.00 | 4.09 | 4.38 | 3.12 | 4.53 | 5.04 | 3.08 | 4.72 | 5.33 | 3.10 | 4.74 | 5.56 |
| Long. (m) | 22 | 75 | 125 | 15 | 45 | 70 | 12 | 30 | 45 | 10 | 23 | 32 | 9 | 18 | 25 |
| Cond. Est. | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS |

Análisis: Dirección paralela al rumbo de la veta - Techo de tajeos - DE-IIIb

| Altura tajeo | Ancho = 7 m | | | Ancho = 10 m | | | Ancho = 13 m | | | Ancho = 16 m | | | Ancho = 20 m | | |
|--------------|-------------|-------|-------|--------------|-------|-------|--------------|-------|-------|--------------|-------|-------|--------------|-------|-------|
| Q' | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 |
| Factor A | 0.525 | 0.161 | 0.108 | 0.604 | 0.260 | 0.196 | 0.655 | 0.344 | 0.246 | 0.719 | 0.404 | 0.310 | 0.801 | 0.444 | 0.357 |
| Factor B | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 |
| Factor C | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 |
| N' | 0.55 | 0.17 | 0.11 | 0.63 | 0.27 | 0.21 | 0.69 | 0.36 | 0.26 | 0.75 | 0.42 | 0.33 | 0.84 | 0.47 | 0.37 |
| S | 2.06 | 3.07 | 3.20 | 2.22 | 3.68 | 4.00 | 2.28 | 3.86 | 4.53 | 2.18 | 3.87 | 4.63 | 2.00 | 3.94 | 4.74 |
| Long. (m) | 10 | 50 | 75 | 8 | 28 | 40 | 7 | 19 | 30 | 6 | 15 | 22 | 5 | 13 | 18 |
| Cond. Est. | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS |

Análisis: Dirección paralela al rumbo de la veta - Caja techo de tajeos - DE-IIIa (78°)

| Altura tajeo | Altura = 14.5 m | | | Altura = 18.5 m | | | Altura = 22.5 m | | | Altura = 26.5 m | | |
|--------------|-----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|
| Q' | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 |
| Factor A | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| Factor B | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 |
| Factor C | 6.753 | 6.753 | 6.753 | 6.753 | 6.753 | 6.753 | 6.753 | 6.753 | 6.753 | 6.753 | 6.753 | 6.753 |
| N' | 4.22 | 4.22 | 4.22 | 4.22 | 4.22 | 4.22 | 4.22 | 4.22 | 4.22 | 4.22 | 4.22 | 4.22 |
| S | 4.20 | 6.01 | 6.47 | 4.29 | 6.22 | 6.92 | 4.12 | 6.43 | 7.39 | 4.13 | 6.30 | 7.45 |
| Long. (m) | 20 | 70 | 120 | 16 | 38 | 55 | 13 | 30 | 43 | 12 | 24 | 34 |
| Cond. Est. | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS |

Análisis: Dirección paralela al rumbo de la veta - Caja techo de tajeos - DE-IIIb (78°)

| Altura tajeo | Altura = 14.5 m | | | Altura = 18.5 m | | | Altura = 22.5 m | | | Altura = 26.5 m | | |
|--------------|-----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|
| Q' | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 |
| Factor A | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| Factor B | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 |
| Factor C | 6.753 | 6.753 | 6.753 | 6.753 | 6.753 | 6.753 | 6.753 | 6.753 | 6.753 | 6.753 | 6.753 | 6.753 |
| N' | 1.69 | 1.69 | 1.69 | 1.69 | 1.69 | 1.69 | 1.69 | 1.69 | 1.69 | 1.69 | 1.69 | 1.69 |
| S | 2.96 | 4.89 | 5.57 | 3.03 | 5.13 | 5.93 | 2.95 | 5.15 | 6.03 | 2.77 | 4.99 | 6.16 |
| Long. (m) | 10 | 30 | 48 | 9 | 23 | 33 | 8 | 19 | 26 | 7 | 16 | 23 |
| Cond. Est. | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS |

ESS = Estable Sin Sostencimiento; ESO = Estable Sostencimiento Opcional; ECS = Estable Con Sostencimiento Obligado
 n: Significa (sin paréntesis) que se hay límite de longitud en la superficie analizada para dicha condición de estabilidad.

Fuente: Elaboración propia Trevali Corp.

ANEXO C

Tabla N° 8

DIMENSIONAMIENTO DE TAJEOS EN EL CUERPO MAGISTRAL SUR

Cálculo de longitud de tajeos (m)

Análisis: Dirección paralela al rumbo de la veta - Techo de tajeos - DE-IIIa

| Altura tajeo | Ancho = 7 m | | | Ancho = 10 m | | | Ancho = 13 m | | | Ancho = 16 m | | | Ancho = 20 m | | |
|--------------|-------------|-------|-------|--------------|-------|-------|--------------|-------|-------|--------------|-------|-------|--------------|-------|-------|
| Q' | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 | 3.125 |
| Factor A | 0.429 | 0.160 | 0.100 | 0.547 | 0.254 | 0.178 | 0.644 | 0.347 | 0.254 | 0.686 | 0.415 | 0.322 | 0.736 | 0.461 | 0.378 |
| Factor B | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 |
| Factor C | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 |
| N' | 1.13 | 0.42 | 0.26 | 1.44 | 0.67 | 0.47 | 1.69 | 0.91 | 0.67 | 1.80 | 1.09 | 0.85 | 1.93 | 1.21 | 0.99 |
| S | 2.56 | 3.18 | 3.31 | 2.83 | 4.00 | 4.31 | 2.83 | 4.33 | 4.91 | 2.88 | 4.44 | 5.16 | 2.86 | 4.59 | 5.35 |
| Long. (m) | 19 | 70 | 120 | 13 | 40 | 62 | 10 | 26 | 40 | 9 | 20 | 29 | 8 | 17 | 23 |
| Cond. Est. | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS |

Análisis: Dirección paralela al rumbo de la veta - Techo de tajeos - DE-IIIb

| Altura tajeo | Ancho = 7 m | | | Ancho = 10 m | | | Ancho = 13 m | | | Ancho = 16 m | | | Ancho = 20 m | | |
|--------------|-------------|-------|-------|--------------|-------|-------|--------------|-------|-------|--------------|-------|-------|--------------|-------|-------|
| Q' | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 |
| Factor A | 0.436 | 0.117 | 0.100 | 0.513 | 0.208 | 0.152 | 0.565 | 0.281 | 0.202 | 0.633 | 0.323 | 0.249 | 0.633 | 0.360 | 0.281 |
| Factor B | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 | 0.420 |
| Factor C | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 |
| N' | 0.46 | 0.12 | 0.11 | 0.54 | 0.22 | 0.16 | 0.59 | 0.30 | 0.21 | 0.66 | 0.34 | 0.26 | 0.66 | 0.38 | 0.30 |
| S | 1.97 | 3.05 | 3.16 | 2.06 | 3.57 | 3.91 | 2.05 | 3.68 | 4.33 | 1.90 | 3.73 | 4.44 | 2.00 | 3.75 | 4.59 |
| Long. (m) | 9 | 47 | 65 | 7 | 25 | 36 | 6 | 17 | 26 | 5 | 14 | 20 | 5 | 12 | 17 |
| Cond. Est. | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS |

Análisis: Dirección paralela al rumbo de la veta - Caja techo de tajeos - DE-IIIb (50°)

| Altura tajeo | Altura = 14.5 m | | | Altura = 18.5 m | | | Altura = 22.5 m | | | Altura = 26.5 m | | |
|--------------|-----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|
| Q' | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 |
| Factor A | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| Factor B | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 |
| Factor C | 4.143 | 4.143 | 4.143 | 4.143 | 4.143 | 4.143 | 4.143 | 4.143 | 4.143 | 4.143 | 4.143 | 4.143 |
| N' | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.04 |
| S | 2.58 | 4.37 | 5.08 | 2.54 | 4.43 | 5.40 | 2.37 | 4.32 | 5.29 | 2.45 | 4.36 | 5.36 |
| Long. (m) | 8 | 22 | 34 | 7 | 17 | 26 | 6 | 14 | 20 | 6 | 13 | 18 |
| Cond. Est. | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS |

Análisis: Dirección paralela al rumbo de la veta - Caja techo de tajeos - DE-IVa (50°)

| Altura tajeo | Altura = 14.5 m | | | Altura = 18.5 m | | | Altura = 22.5 m | | | Altura = 26.5 m | | |
|--------------|-----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|
| Q' | 0.417 | 0.417 | 0.417 | 0.417 | 0.417 | 0.417 | 0.417 | 0.417 | 0.417 | 0.417 | 0.417 | 0.417 |
| Factor A | 0.995 | 1.000 | 1.000 | 0.895 | 1.000 | 1.000 | 0.868 | 1.000 | 1.000 | 0.851 | 1.000 | 1.000 |
| Factor B | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 |
| Factor C | 4.143 | 4.143 | 4.143 | 4.143 | 4.143 | 4.143 | 4.143 | 4.143 | 4.143 | 4.143 | 4.143 | 4.143 |
| N' | 0.34 | 0.35 | 0.35 | 0.31 | 0.35 | 0.35 | 0.30 | 0.35 | 0.35 | 0.29 | 0.35 | 0.35 |
| S | 1.86 | 3.80 | 4.59 | 1.64 | 3.82 | 4.56 | 1.70 | 3.69 | 4.68 | 1.74 | 3.63 | 4.58 |
| Long. (m) | 5 | 16 | 25 | 4 | 13 | 18 | 4 | 11 | 16 | 4 | 10 | 14 |
| Cond. Est. | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS | ESS | ESO | ECS |

ESS = Estable Sin Sometimiento; ESO = Estable Sometimiento Opcional; ECS = Estable Con Sometimiento Obligado
 nr: Significa (sin numeración) que no hay límite de longitud en la superficie analizada para dicha condición de estabilidad.

Fuente: Elaboración propia Trevali Corp.

ANEXO D

Los equipos de protección personal para el presente trabajo son:

EPP Básico:

- ✓ Casco de seguridad
- ✓ Lentes de seguridad con protección UV
- ✓ Chaleco con cintas reflexivas;
- ✓ Zapatos de seguridad.
- ✓ Mameluco con cintas reflexivas
- ✓ Botas de jebe con punta de acero.

EPP específico:

- ✓ Guantes de látex
- ✓ Protector auditivo
- ✓ Protector solar
- ✓ Lámpara minera con cinturón de cuero
- ✓ Respirador con filtro 3M para gases

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“Incidencias Geomecánicas para profundizar y mejorar la producción en la UM-Santander - EM Trevali Corp.”

PROBLEMAS

PROBLEMA GENERAL

2.3.1 ¿El estudio geomecánico, ayudará al desarrollo planificado de la profundización y mejorar la producción en la unidad Minera Santander - Minera Trevali Corp.?

2.3.2 Problema específico

a) ¿El estudio geomecánico, implementara programas en el planeamiento de las operaciones unitarias para mejorar la producción minera en la mina Santander – Minera Trevali Corp.?

b) ¿El estudio geomecánico brindara la mejora en el sistema de sostenimiento de labores explotadas asegurando una explotación continua en la mina Santander-Minera Trevali Corp.?

c) El estudio geomecánico brindará notablemente en la estabilidad y garantizará el sistema de seguridad en el trabajo del personal y equipos en la Minera Santander – Minera Trevali Corp.?

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

2.4.1 Objetivo General

a) La implementación de los Modelos Geomecánicos, ayudaran al planeamiento del minado para la profundización y el incremento de la producción mediante labores subterráneas, en la Mina-Santander Minera Trevali. Corp.

2.4.2 Objetivos específicos

a) Predecir posibles impactos de caída de rocas controlando las interacciones del de las operaciones del minado continuo para la profundización y el incremento de la producción en la mina-Santander-minera Trevali corp.

b) Mejorar el sostenimiento de las labores y el avance normal de la explotación continua de los recursos mineros en la mina-Santander-minera Trevali corp.

c) Mantener las condiciones estables de las labores brindara la seguridad y salud ocupacional del personal y los equipos en la mina-Santander minera Trevali. Corp.

HIPOTESIS

HIPÓTESIS GENERAL

Hi. Incide la geomecánica en el proceso de profundización de la mina y mejora la producción minera en la EM-Santander de la EM Trevali Corp.S.A.

Ho. La Geomecánica no incide en el proceso de profundización de la mina en la EM-Santander de la EM Trevali Corp.S.A.

FOTOS

Foto. N°1: Capacitación del personal operativo sobre la profundización minera JRC.



Fuente: Elaboración Propia Trevali Corp.

Foto N° 2: Supervisión geomecánica en desarrollo de taladros largos



Fuente: Trevali Corp.