

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE MINAS



T E S I S

**Optimización de la perforación y voladura de taladros largos
para mejorar la producción en la U.E.A. Santander de Cerro de
Pasco Resources**

**Para optar el título profesional de:
Ingeniero de Minas**

Autor:

Bach. Jordy Yeltsin ARTEAGA ESPINOZA

Asesor:

Mg. Floro Pagel ZENTENO GOMEZ

Cerro de Pasco – Perú - 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE MINAS



T E S I S

**Optimización de la perforación y voladura de taladros largos
para mejorar la producción en la U.E.A. Santander de Cerro de
Pasco Resources**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Joel Enrique OSCUVILCA TAPIA
PRESIDENTE

Ing. Toribio GARCIA CONTRERAS
MIEMBRO

Mg. Silvestre Fabian BENAVIDES CHAGUA
MIEMBRO



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

INFORME DE ORIGINALIDAD N°027-JUIFIM-2024

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas 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: ARTEAGA ESPINOZA Jordy Yeltsin

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería de Minas

Tipo de trabajo

Tesis

"Optimización de la Perforación y Voladura de Taladros Largos para Mejorar la Producción en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources"

Asesor:

Mg. Floro Pagel ZENTENO GÓMEZ

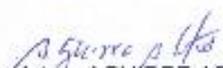
Índice de Similitud: 19%

Calificativo

APROBADO

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

Cerro de Pasco, 20 de enero del 2024


Dr. Agustín Arturo AGUIRRE ADAUTO
JEFE DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

DEDICATORIA

A mis padres por su apoyo incondicional en mi formación profesional, a mi familia por su abnegado sacrificio y preocupación.

AGRADECIMIENTO

Al mejor consejero de mi vida, a Dios, quien me dio la oportunidad de vivir, fortaleciéndome cada día en esta etapa muy importante de mi formación profesional.

A mi alma mater la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Facultad de Ingeniería de Minas, Escuela de Formación Profesional de Minas.

Mi agradecimiento a los docentes de la Escuela de Formación Profesional de Minas, quienes contribuyeron con mi formación académica universitaria y hacer realidad con algunas experiencias adquiridas en diferentes empresas mineras.

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo principal de optimizar la perforación y voladura de taladros largos para mejorar la producción de la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources. Se inició con realizar el diagnóstico de la realidad de la mina, habiéndose observado los resultados deficientes de la voladura e incremento de los costos, los cuales han influido directamente en el incremento del costo de operación total de la mina.

Se trata de un estudio comparativo entre los métodos de explotación de corte y relleno ascendente y el método con taladros largos.

Los resultados del estudio son el costo de explotación con corte y relleno ascendente es de US\$66.08/t y el costo de explotación con taladros largos es de US\$54.5/t con una diferencia de US\$12.69/t. En ambos casos se incluye los costos de planta, energía y costo administrativo.

El costo de perforación con corte y relleno ascendente es de US\$7.15/t y el costo de perforación con taladros largos es de US\$6.01/t haciendo una diferencia de US\$1.14/t. El costo de voladura con corte y relleno es de US\$3.38/t y el costo de voladura con taladros largos es de US\$2.49/t haciendo una diferencia de US\$0.89/t. El costo de operaciones por tonelada de mineral extraído en la Unidad Minera Santander es de US\$26.89/t.

El factor de carga en voladura con taladros largos es de 11.6 kg/m³ y el factor de potencia en voladura con taladros largos es de 3.74 kg/t.

Palabras claves: Optimización, Perforación, Voladura, Costos, Factor de avance.

ABSTRACT

The main objective of this thesis is to optimize the drilling and blasting of long drills to improve the production of the U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources. It began with a diagnosis of the reality of the mine, having observed the poor results of blasting and increased costs, which have directly influenced the increase in the total operating cost of the mine.

This is a comparative study between the cut-and-fill mining methods and the long-hole method.

The results of the study are the cost of mining with cut and fill is US\$66.08/t and the cost of mining with long drill holes is US\$54.5/t with a difference of US\$12.69/t. In both cases plant, power and administrative costs are included.

The cost of drilling with cut and fill up is US\$7.15/t and the cost of drilling with long holes is US\$6.01/t, making a difference of US\$1.14/t. The cost of blasting with cut and fill is

US\$3.38/t and the cost of blasting with long holes is US\$2.49/t making a difference of US\$0.89/t. The cost of operations per tonne of ore mined at the Santander Mining Unit is US\$26.89/t.

The load factor in blasting with long holes is 11.6 kg/m^3 and the power factor in blasting with long holes is 3.74 kg/t.

Keywords: Optimization, Drilling, Blasting, Costs, Feed factor.

INTRODUCCIÓN

Actualmente las empresas mineras tienen una tendencia a maximizar la productividad de las operaciones subterráneas mediante la implantación de diversas tecnologías. Al mismo tiempo, el diseño de las excavaciones puede necesitar modificaciones cuando aumenta la demanda de producción y se requieren cambios en el desarrollo.

Las empresas mineras tratan constantemente de mejorar la productividad haciendo hincapié en la optimización de los ciclos de producción mediante la reducción de los retrasos operativos, la disminución de los costos y el control de los riesgos de la mano de obra y de los equipos. El avance de las tecnologías actuales permite aprovechar sus ventajas para crear un sistema de comunicación y control que unifique la información y la centralice con la idea de ayudar al análisis de los datos y realizar una adecuada toma de decisiones. Esta actuación debe centrarse en la medida de lo posible en acciones preventivas y también correctivas.

La explotación minera subterránea con el método de Sublevel Stopping con taladros largos es un método de minería masiva que implica alta productividad y alto tráfico de equipos, así como un control constante de las actividades paralelas y de los riesgos asociados a la operación diaria en la Unidad Minera Santander.

La gestión de una mina es un proceso que involucra el uso óptimo de todos los recursos disponibles en las empresas (humanas, físicas, tecnológicas y financieras), para que a través de la planeación, organización, dirección y control, se pueda alcanzar el conjunto de objetivos.

Existen diferentes formas de planificar y controlar una explotación minera, una de ellas es establecer indicadores de gestión alineados con los objetivos de la empresa que permitan monitorizar los procesos más importantes de una explotación. Los indicadores de gestión son datos que reflejan los resultados de las acciones tomadas en el pasado y son la base de las acciones a tomar en el presente y en el futuro. Los

indicadores claves de rendimiento son conjuntos de datos medidos que se utilizan para evaluar el rendimiento de una operación. Son las herramientas utilizadas por la dirección para evaluar el rendimiento de una actividad. Estas evaluaciones suelen comparar el rendimiento real y el estimado en términos de eficiencia, eficacia y calidad (Cox et al., 2003). Los indicadores deben reflejar datos veraces y fiables para que su interpretación sea clara. Estos resultados permitirán determinar si la operación y en general la organización están cumpliendo los objetivos, tiene deficiencias, o va más allá de tener éxito. Los indicadores deben ser medibles, comprensibles y controlables.

Ejemplos de algunos aspectos a medir con la idea de realizar un mejor control de la operación:

- Seguimiento y localización de la mano de obra
- Monitorización atmosférica
- Monitorización ambiental
- Respuesta a emergencias
- Evaluaciones geotécnicas
- Sistema de ventilación y demanda de aire limpio
- Emisiones diesel
- Parámetros de los sistemas de refrigeración y compresión del aire
- Tiempos de producción y retrasos
- Supervisión, utilización, rendimiento y eficiencia de los equipos
- Control del tráfico
- Rendimiento del sistema de voladura
- Rendimiento del sistema de perforación
- Tiempo de mantenimiento y disponibilidad
- Rendimiento del sistema de bombeo
- Rendimiento del sistema de relleno

El presente trabajo para su desarrollo se ha dividido en cuatro capítulos:

Capítulo I; Establece el problema de investigación, planteamiento y formulación
Capitulo II; explica el marco teórico, antecedentes y bases teóricas, formulación de
Hipótesis.

Capitulo III; Desarrollamos la metodología y técnicas de la investigación y el
método de estudio realizado.

Capitulo IV; Se comenta Los resultados y discusión respectiva de la
infraestructura de la mina y los trabajos de campo realizado en la U.E.A. Santander,
asimismo los resultados del estudio.

ÍNDICE

Página

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS	
CAPÍTULO I	
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	
1.1.	Identificación y planteamiento del problema 1
1.2.	Delimitación de la investigación..... 2
1.3.	Formulación del problema 26
1.3.1.	Problema general 26
1.3.2.	Problemas específicos..... 26
1.4.	Formulación de objetivos..... 26
1.4.1.	Objetivo general..... 26
1.4.2.	Objetivos específicos 26
1.5.	Justificación de la investigación..... 26
1.6.	Limitaciones de la investigación 27
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO	
2.1.	Antecedentes del estudio 28
2.2.	Bases teóricas científicas 31
2.3.	Definición de términos básicos 47
2.4.	Formulación de hipótesis..... 48
2.4.1.	Hipótesis general 48
2.4.2.	Hipótesis específicas 48
2.5.	Identificación de variables 48
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores 49
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	

3.1.	Tipo de investigación.....	51
3.2.	Nivel de Investigación.....	51
3.3.	Métodos de investigación.....	51
3.4.	Diseño de investigación.....	51
3.5.	Población y muestra.....	52
	3.5.1. Población.....	52
	3.5.2. Muestra.....	52
3.6.	Técnicas e instrumento de recolección de datos.....	52
	3.6.1. Técnicas.....	52
	3.6.2. Instrumentos.....	52
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	52
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	52
3.9.	Tratamiento estadístico.....	52
3.10.	Orientación ética filosófica y epistémica.....	52

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo.....	57
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	66
4.3.	Prueba de hipótesis.....	88
	4.3.1. Hipótesis general.....	88
	4.3.2. Hipótesis específicas.....	94
4.4.	Discusión de resultados.....	107

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página.
Figura 1. Mapa de Ubicación departamental de la Unidad Minera Santander.	3
Figura 2. Mapa de Localización de la Unidad Minera Santander.	4
Figura 3. Mapa de Accesibilidad de la Unidad Minera Santander Santander.	5
Figura 4. Mapa Satelital de la Unidad Minera Santander.	7
Figura 5. Mapa Hidrológico del entorno de la Unidad Minera Santander.	8
Figura 6. Columna estratigráfica regional.	9
Figura 7. Mapa Geológico Regional de la Unidad Minera Santander.	10
Figura 8. Columna estratigráfica local de Magistral – Santander.	12
Figura 9. Mapa Geológico Local de la Unidad Minera Santander.	13
Figura 10. Geología Estructural de la Unidad Minera Santander.	16
Figura 11. Sección Geológica regional y estructural.	17
Figura 12. Aplicación del código australiano para el cálculo de recursos y reservas.	19
Figura 13. Variables para el cálculo del Cut Off.	19
Figura 14. Mapa de Concesión Minera de Cerro de Pasco Resources.	21
Figura 15. Cuerpos Mineralizados de la Unidad Minera Santander.	22
Figura 16. Cuerpos Mineralizados Marginal Centro y Marginal Norte determinados en galería.	23
Figura 17. Sección Longitudinal de la Unidad Minera.	24
Figura 18. Isométrico de Sistema de Ventilación de la Unidad Minera Santander.	25
Figura 19. Plan de Minado de la Unidad Minera.	33
Figura 20. Plano de preparación de tajo, subniveles, by pass y Ch. slot.	35
Figura 21. Diseño del método de explotación Bench and Fill.	37
Figura 22. Diagrama del sistema de acarreo en Magistral Norte.	40
Figura 23. Limpieza de mineral del tajeo con equipo LHD a telemenado.	41
Figura 24. Equipo de perforación en frentes.	41
Figura 25. Camiones de 14 m ³ para el transporte de mineral.	42
Figura 26. Procedimiento de medición y cálculo del RQD (Deere & Deere, 1989)	43
Figura 27. Valores de RQD para varias densidades de juntas a lo largo de los núcleos de perforación (Deere & Deere, 1989).	44
Figura 28. Sección 113, Tajo 4090-MN-4S, Nivel 4090 SN 04.	61
Figura 29. Sección 131, Tajo 4090MC-3N, Nivel 4090 SN 04.	62
Figura 30. Plano de labores SN 4090.	63

Figura 31. Plano de labores	71
Figura 32. Sección 113, Tajo 4090-MN-4S, Nivel 4090 NS 04.....	73
Figura 33. Sección 07, Tajo 4510-CR-2, Nivel 4510 SN 02.....	75
Figura 34. Modelamiento en 3D mediante el Datamine 5D Planner.	87
Figura 35. Gráfico de barras de los costos de operación C & R y T. L. en la Unidad Minera Santander.	89
Figura 36. Histograma de los costos de operación de C & R y T. L. en la Unidad Minera Santander.	90
Figura 37. Gráfico del Q-Q plot de los costos de operación C & R y T. L. en la Unidad Minera Santander.	91
Figura 38. Gráfico de la media y mediana de los costos de operaciones de los métodos de explotación C & R y T. L.....	93
Figura 39. Gráfico de barras de los costos de perforación de los métodos C & R y T. L. en la Unidad Minera Santander.	95
Figura 40. Histograma de los costos de perforación de los métodos C & R y T. L. en la Unidad Minera Santander.	96
Figura 41. Gráfico del Q-Q plot de los costos de perforación de los métodos de C & R y T. L. en la Unidad Minera Santander.....	97
Figura 42. Gráfico de la media y mediana de los costos de perforación de los métodos de explotación C & R y T. L.....	100
Figura 43. Gráfico de barras de los costos de voladura de los métodos C & R y T. L. en la Unidad Minera Santander.....	102
Figura 44. Histograma de los costos de voladura de los métodos C & R y T. L. en la Unidad Minera Santander.	103
Figura 45. Gráfico del Q-Q plot de los costos de voladura de los métodos de C & R y T. L. en la Unidad Minera Santander.....	104
Figura 46. Gráfico de la media y mediana de los costos de voladura de los métodos de explotación C & R y T. L. en la U.M. Santander.	106

ÍNDICE DE TABLAS

	Página.
Tabla 1. Acceso a la U-E.A. Santander.....	3
Tabla 2. Recursos de los Cuerpos Magistrales.	14
Tabla 3. Reservas de los Cuerpos Magistrales.	18
Tabla 4. Cálculo de las leyes equivalentes para cada mineral.	20
Tabla 5. Resumen % Zn equivalente de la ley de cabeza actual.....	20
Tabla 6. Infraestructura de la Unidad Minera Santander.	32
Tabla 7. Dimensionamiento de tajeos.	36
Tabla 8. Características de los equipos de perforación Simba S7D.	38
Tabla 9. Accesorios de voladura.	39
Tabla 10. Parámetros de voladura.	39
Tabla 11. RQD Classification index.....	44
Tabla 12. Clasificación geomecánica del macizo rocoso del techo (1987)	45
Tabla 13. Tabla de operacionalización de variables.....	50
Tabla 14. Labores disparadas (Turno A - 26/11/2022).	57
Tabla 15. Producción (Turno A - 26/11/2022).	58
Tabla 16. Sostenimiento con shotcrete (Turno A - 26/11/2022).....	58
Tabla 17. Stock (Turno A - 26/11/2022).	58
Tabla 18. Voladura de tajos (Turno A - 26/11/2022).....	59
Tabla 19. Número de viajes de los volquetes (Turno A - 26/11/2022).	59
Tabla 20. (Turno A - 26/11/2022).	59
Tabla 21. Relleno (Turno A - 26/11/2022).	59
Tabla 22. Sostenimiento (Turno A - 26/11/2022).....	59
Tabla 23. Promedio diario (25/11/2022).	60
Tabla 24. Fila 113 (TL. Positivos), Tajo 4090-MN-4S, Nivel 4090 SN 04.	61
Tabla 25. Fila 131 (TL. Negativos), Tajo 4090-MC-3N, Nivel 4090 SN 04.....	62
Tabla 26. Labores disparadas (Turno Noche - 25/11/2022).	64
Tabla 27. Producción (Turno Noche - 25/11/2022).....	64
Tabla 28. Sostenimiento con shotcrete (Turno Noche - 25/11/2022).....	64
Tabla 29. Stock (Turno Noche - 25/11/2022).	65
Tabla 30. Voladura de tajos (Turno Noche - 25/11/2022).....	65
Tabla 31. Taladros largos (Turno Noche - 25/11/2022).....	65
Tabla 32. Número de viajes de los volquetes (Turno Noche - 25/11/2022).	65
Tabla 33. Relleno (Turno Noche - 25/11/2022).	66

Tabla 69. Prueba t de Student para muestras independientes.....	98
Tabla 70. Criterios para la d de Cohen.....	99
Tabla 71. Descriptivo de los grupos: métodos de explotación C & R y T. L.....	99
Tabla 72. Costo de voladura de los métodos de explotación C & R y T. L.	101
Tabla 73. Resumen de los datos estadísticos de los costos de voladura de los métodos C & R y T. L.....	102
Tabla 74. Prueba de normalidad de los costos de voladura de los métodos de explotación C & R y T. L.	104
Tabla 75. Prueba de homogeneidad de varianzas según Levene´s.	105
Tabla 76. Prueba t de Student para muestras independientes.	105
Tabla 77. Criterios para la d de Cohen.....	106
Tabla 78. Descriptivo de los grupos: costo de voladura de los métodos de explotación C & R y T. L.	106

ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

ABREVIATURAS	SIGNIFICADO
B/C	Relación Beneficio/Costo
B/M	Bocamina
CH	Chimenea
C & R	Corte y relleno
Cut Off	Ley de corte
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
ISEM	Instituto de Seguridad Minera
LLU	Lithuania Linas University
MINEM	Ministerio de Energía y Minas
MINAM	Ministerio del Ambiente
MC	Magistral Centro
MN	Magistral Norte
MS	Magistral Sur
OSINERGMIN	Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería
TIR	Tasa Interna de Retorno
TJ	Tajo
T. L.	Taladros largos
TMD	Tonelada de mineral por día
VAN	Valor Actual Neto

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y planteamiento del problema

El presente estudio se basa en la optimización de la perforación y voladura de taladros largos para mejorar la producción en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resouces usando el método de extracción Sublevel Stopping con taladros laargos para explotar mineral. El Sublevel Stopping es una aplicación de los principios de voladura en bancos a cielo abierto a explotaciones subterráneas. La explotación se realiza a través de subniveles de perforación y voladura a intervalos fijos en forma ascendente y descendente, con niveles principales y rampas para la extracción del mineral. Este tipo de método se considera un método masivo de explotación subterránea que genera grandes tonelajes de mineral fracturado y, por tanto, grandes volúmenes resultantes de la expansión del material (Hague & Tenorio, 2020).

En la Unidad Minera Santander, la aplicación de métodos masivos se enfrenta al reto de la planificación y para ello debemos tener en cuenta los siguientes criterios:

- Geometría del yacimiento.

- Distribución del mineral y sus leyes.
- Propiedades geotécnicas del mineral y de la roca.
- Aspectos técnicos y económicos.
- El buzamiento debe ser superior a 40°.
- Las rocas de caja deben ser competentes y resistentes.
- El mineral debe ser competente y con buena estabilidad.
- Los límites de los yacimientos deben ser amplios y regulares.

La dilución del mineral en la U.E.A. Santander se entiende como la contaminación del mineral por material no mineral durante el proceso de extracción. Scoble & Moss (1994) definen la dilución total como la suma de la dilución prevista (material por debajo de corte que se encuentra dentro de los límites del tajo) y la dilución no planificada (material por debajo del corte que se extraído, pero que se encuentra fuera de los topes planificados) (Morales et al., 2015, p. 1073).

Por lo que en base al problema existente el presente trabajo pretende optimizar la perforación y voladura de taladros largos para mejorar la producción.

1.2. Delimitación de la investigación

La investigación se desarrollará en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources.

Ubicación y Accesibilidad a la Zona del Proyecto

Ubicación

La zona de estudio se encuentra ubicado en el paraje denominado Yanacocha, en el distrito de Santa Cruz de Andamarca, en la provincia de Huaral y en la Región Lima, a una altura entre 4,550 y 4,750 msnm.

Las coordenadas UTM promedio son: 329239 E. 8347695 N.

(Alzamora Garcia, 2023, p. 15).

Accesibilidad

A la unidad minera se accesa desde la ciudad de Lima por las siguientes rutas:

Tabla 1. Acceso a la U-E.A. Santander

Recorrido	Longitud Km	Tiempo Horas
Lima – Canta - Acos-Santander	215	6
Lima - Huaral -Tingo - Santander	200	4 - 5
Lima - La Oroya – Huayllay – Alpamarca - Santander	360	8

Fuente: Elaboración propia.

Ver Figura 1, Figura 2 y Figura 3.

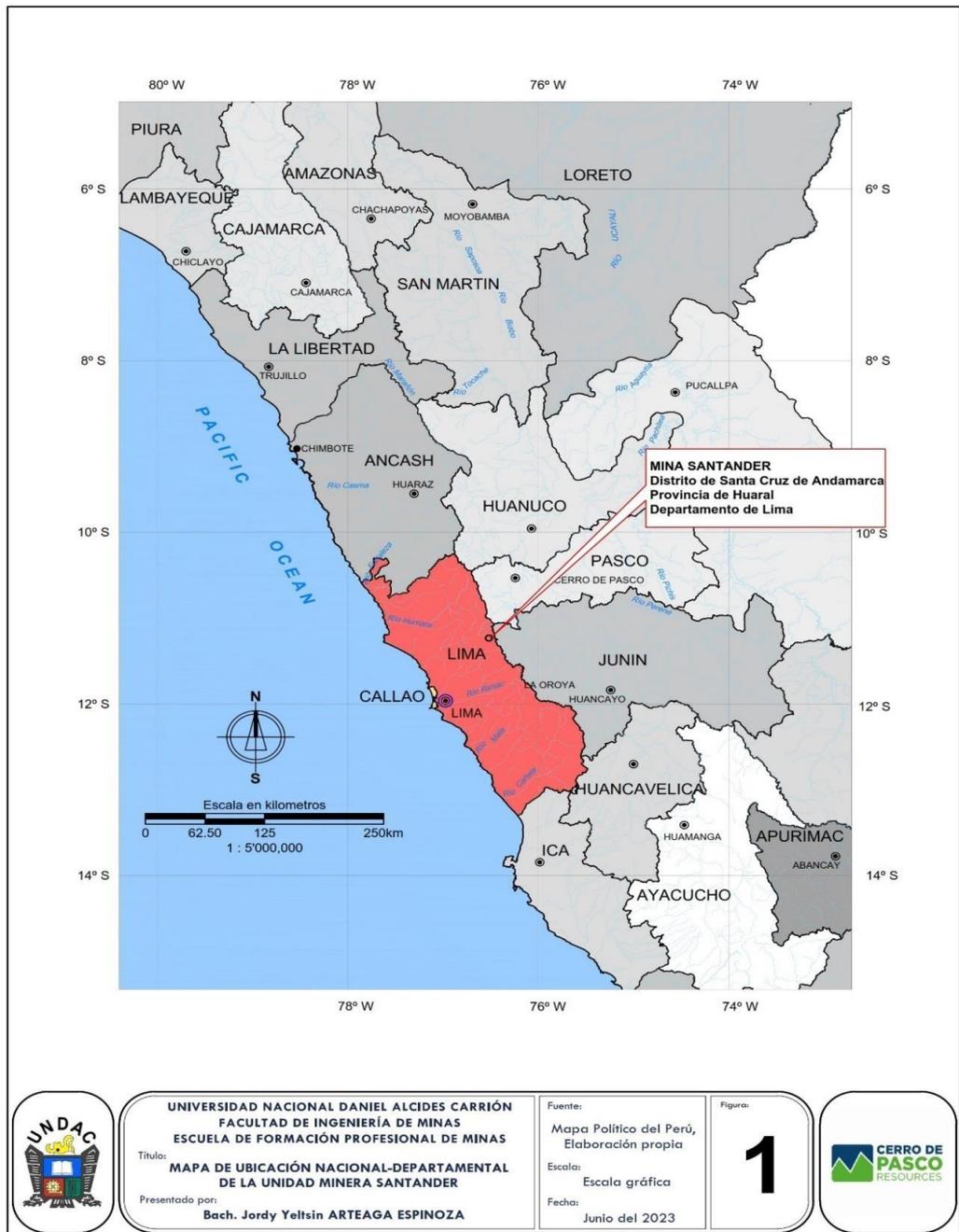


Figura 1. Mapa de Ubicación departamental de la Unidad Minera Santander.

Fuente: Mapa Político del Perú. Elaboración propia.

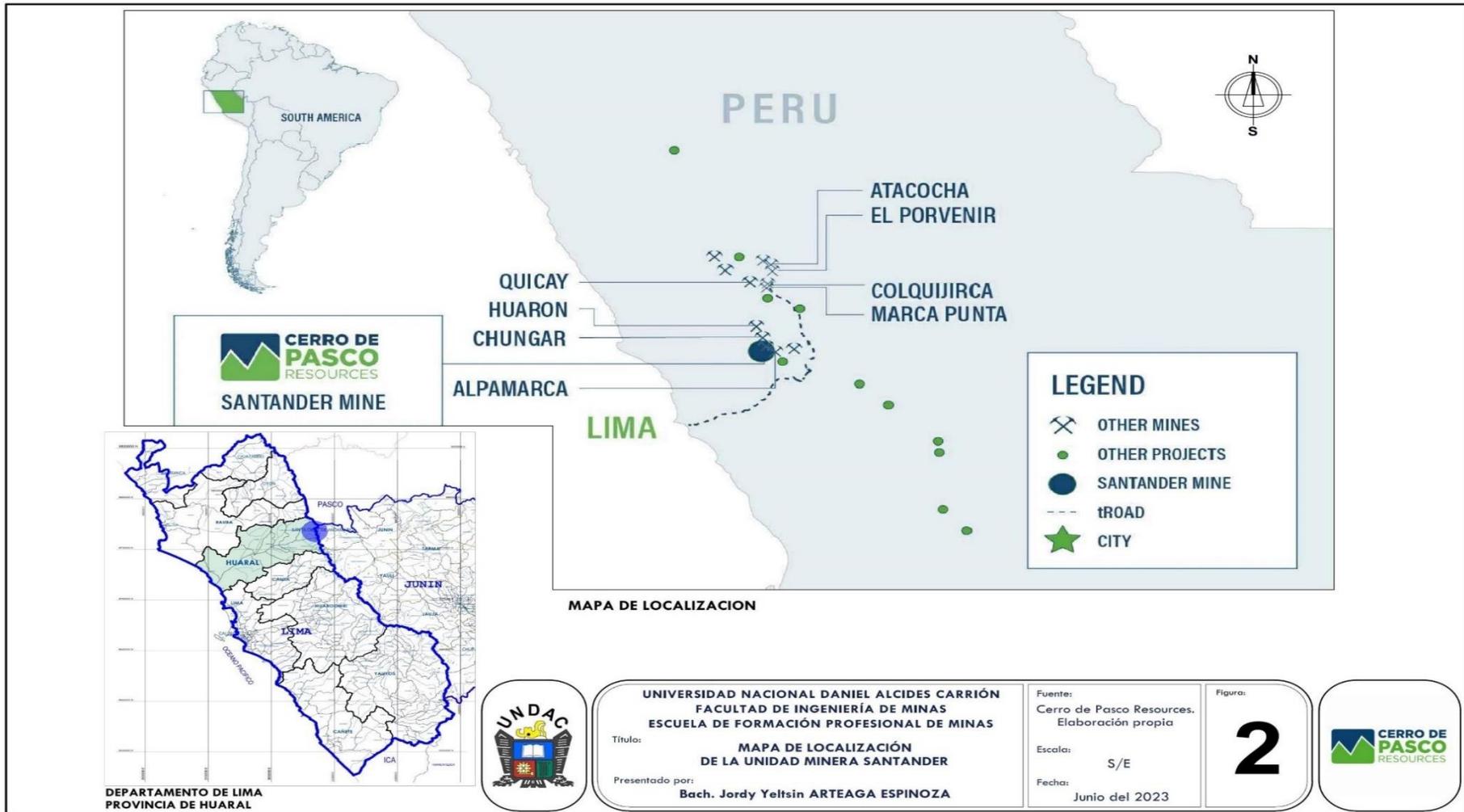


Figura 2. Mapa de Localización de la Unidad Minera Santander.

Fuente: Cerro de Pasco Resources. Elaboración propia.

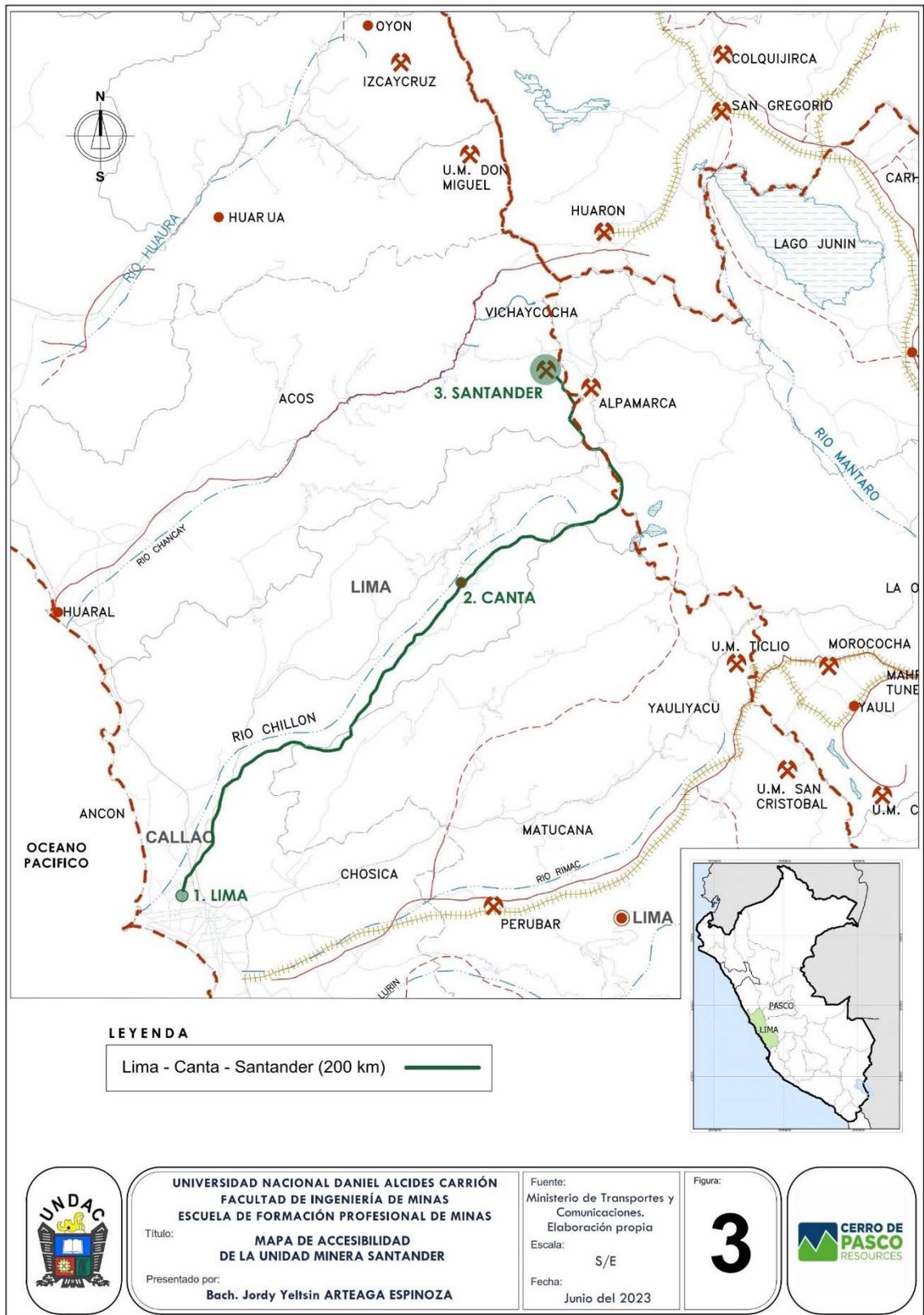


Figura 3. Mapa de Accesibilidad de la Unidad Minera Santander Santander.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Elaboración propia

Geomorfología

La zona de estudio se caracteriza por tener un relieve con características de la cordillera de los andes del Perú. La fisiografía presenta rasgos de montañas producto de factores climatológicos y litológicos en la zona (Alzamora Garcia, 2023, p. 16). Ver *Figura 4*.

Hidrología

La ubicación de la Unidad Minera Santander forma parte de la cuenca hidrográfica del río Baños, afluente del río Chancay de la vertiente del pacífico. Ver *Figura 5* de la página 9.

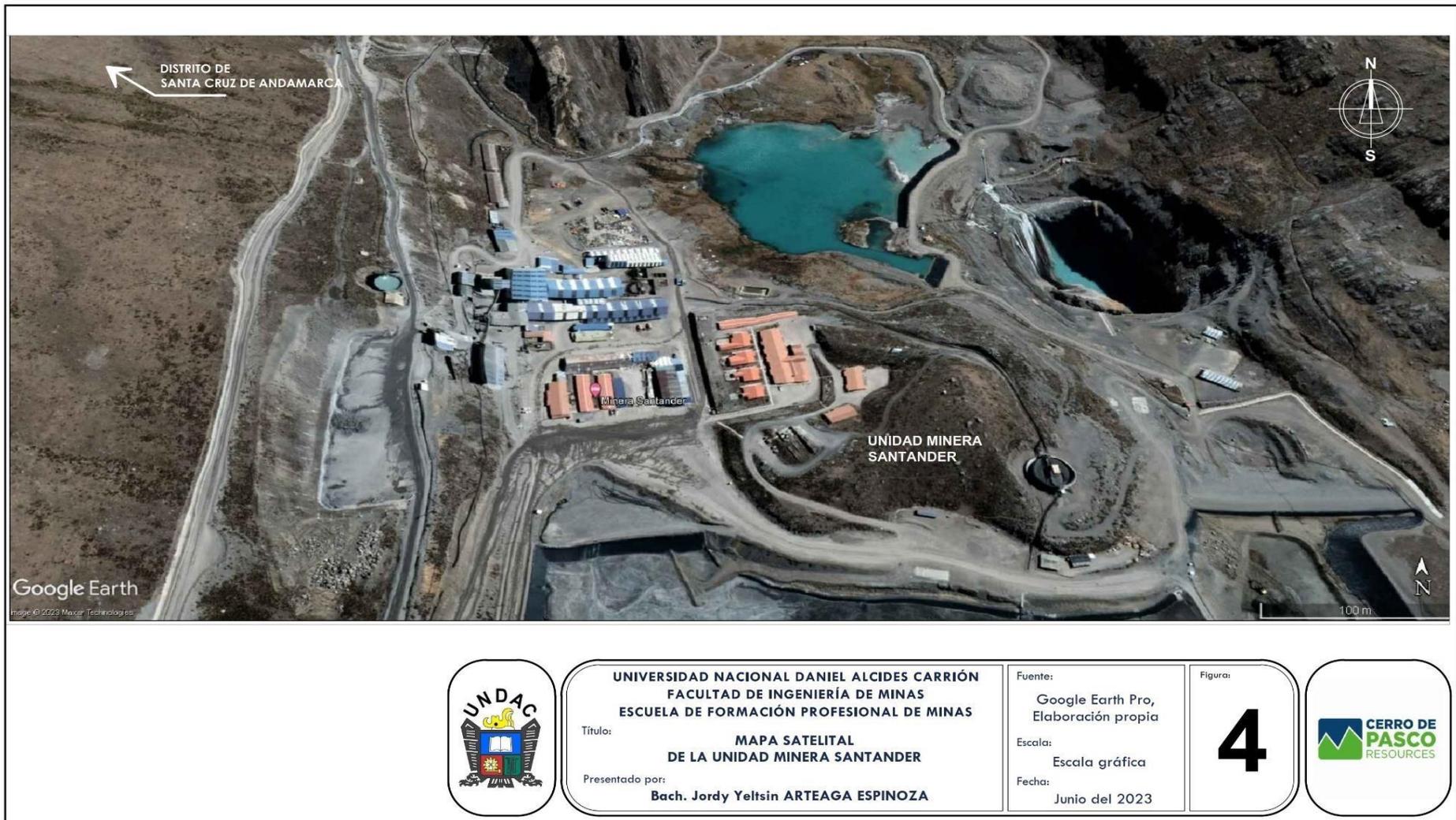


Figura 4. Mapa Satelital de la Unidad Minera Santander.

Fuente: Google Earth Pro. Elaboración propia.

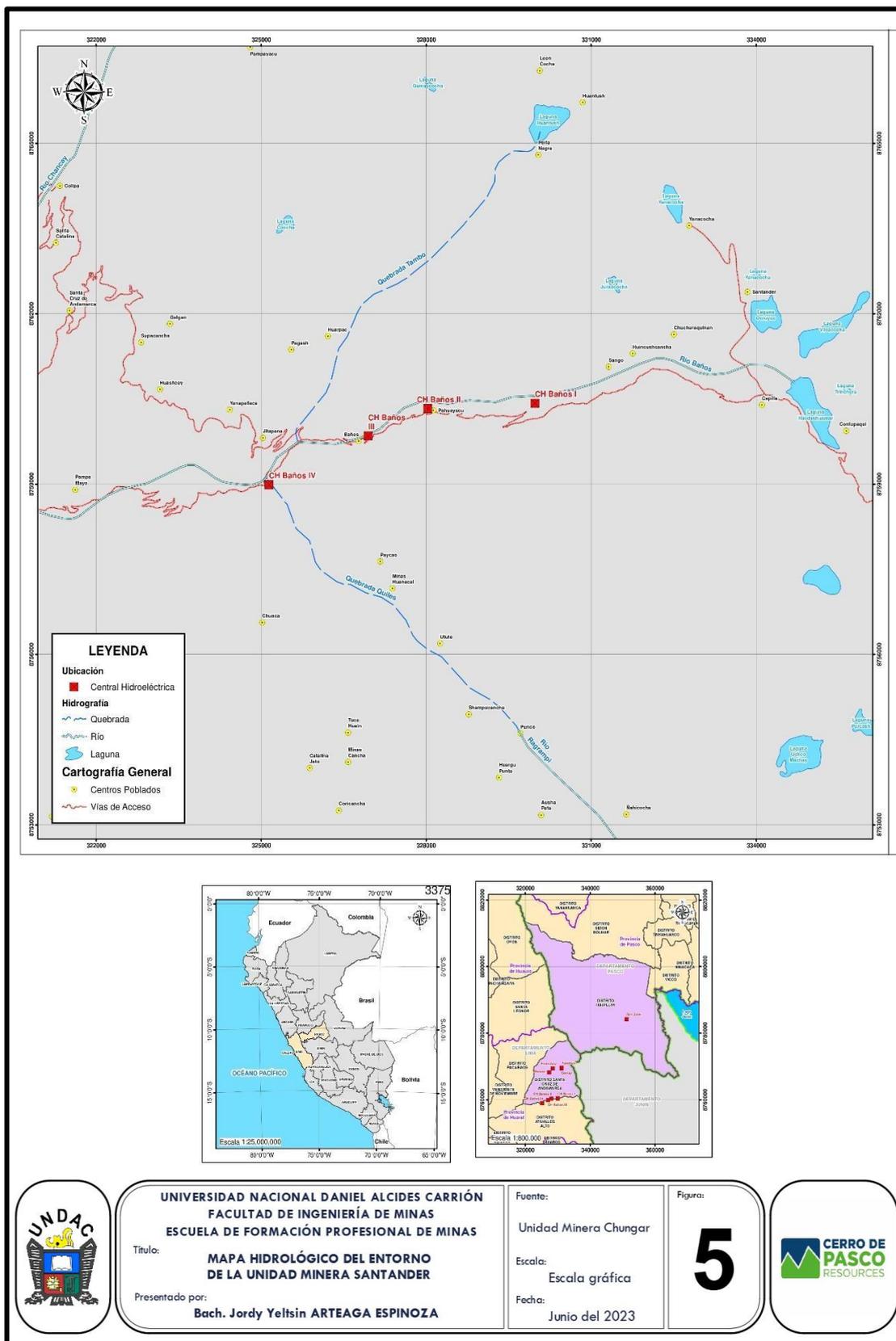


Figura 5. Mapa Hidrológico del entorno de la Unidad Minera Santander

Fuente: Unidad Minera Chungar.

Geología Regional

En el área de la Unidad Minera Santander, a nivel regional se presentan distribuidas en mayor porcentaje las rocas sedimentarias y/o calcáreas de las formaciones Oyón, Chimú, Santa, Carhuáz, Farrat, Pariahuanca, Chulec, Pariatambo y Jumasha, y en poco porcentaje se encuentran las rocas volcánicas andesíticas de la Formación Calipuy (Cabrera Huamaní, 2016, p.

29).

Ver Figura 6 y Figura 7.

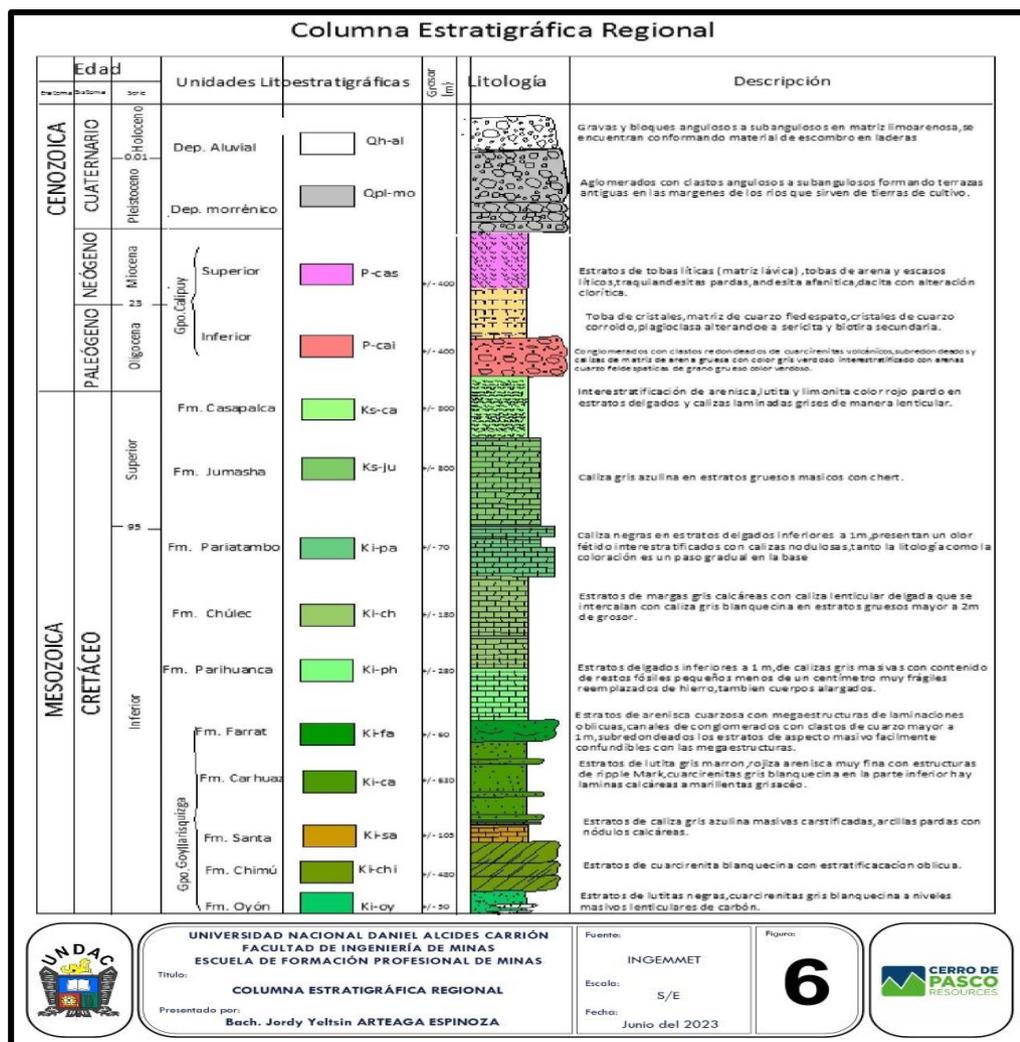


Figura 6. Columna estratigráfica regional

Fuente: INGEMMET.

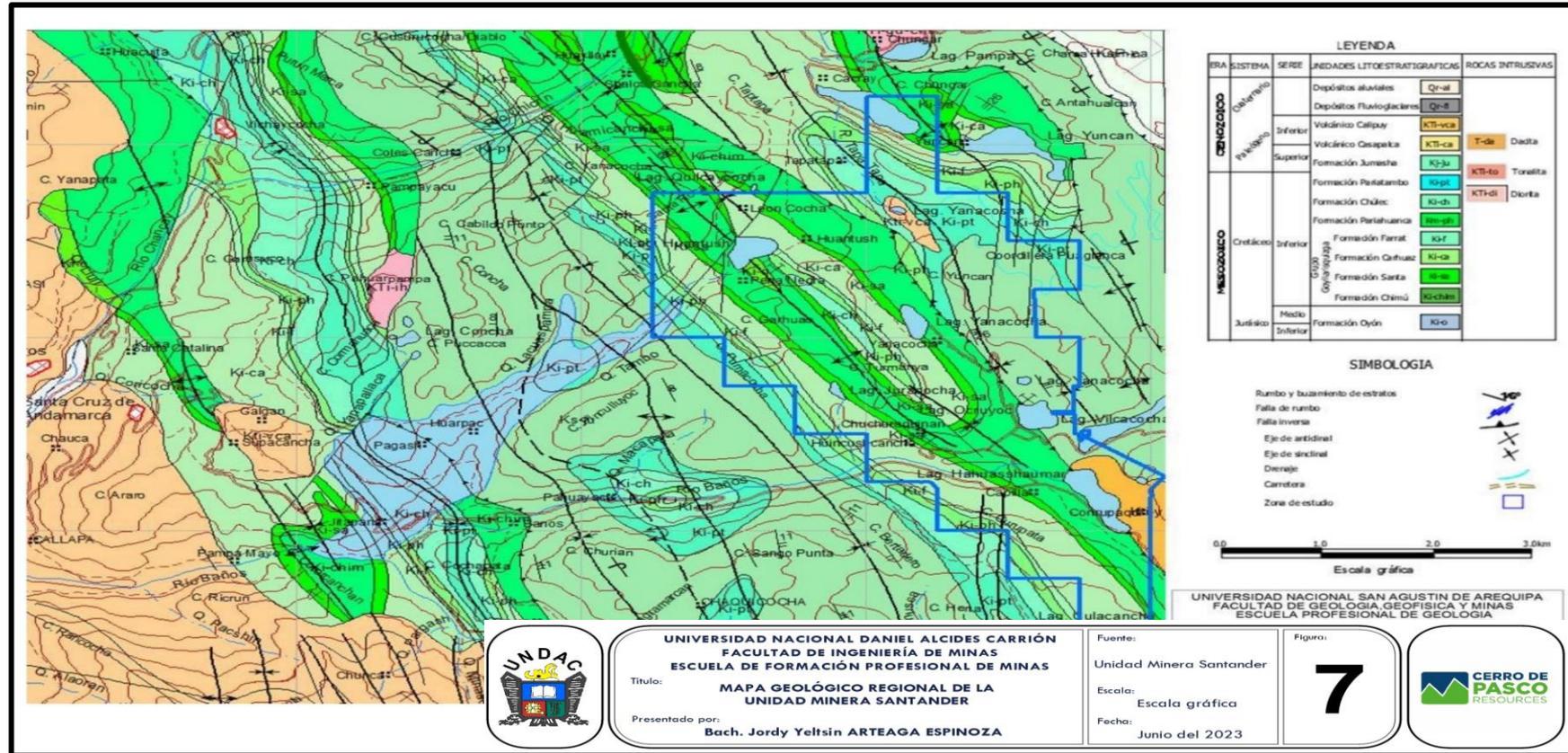


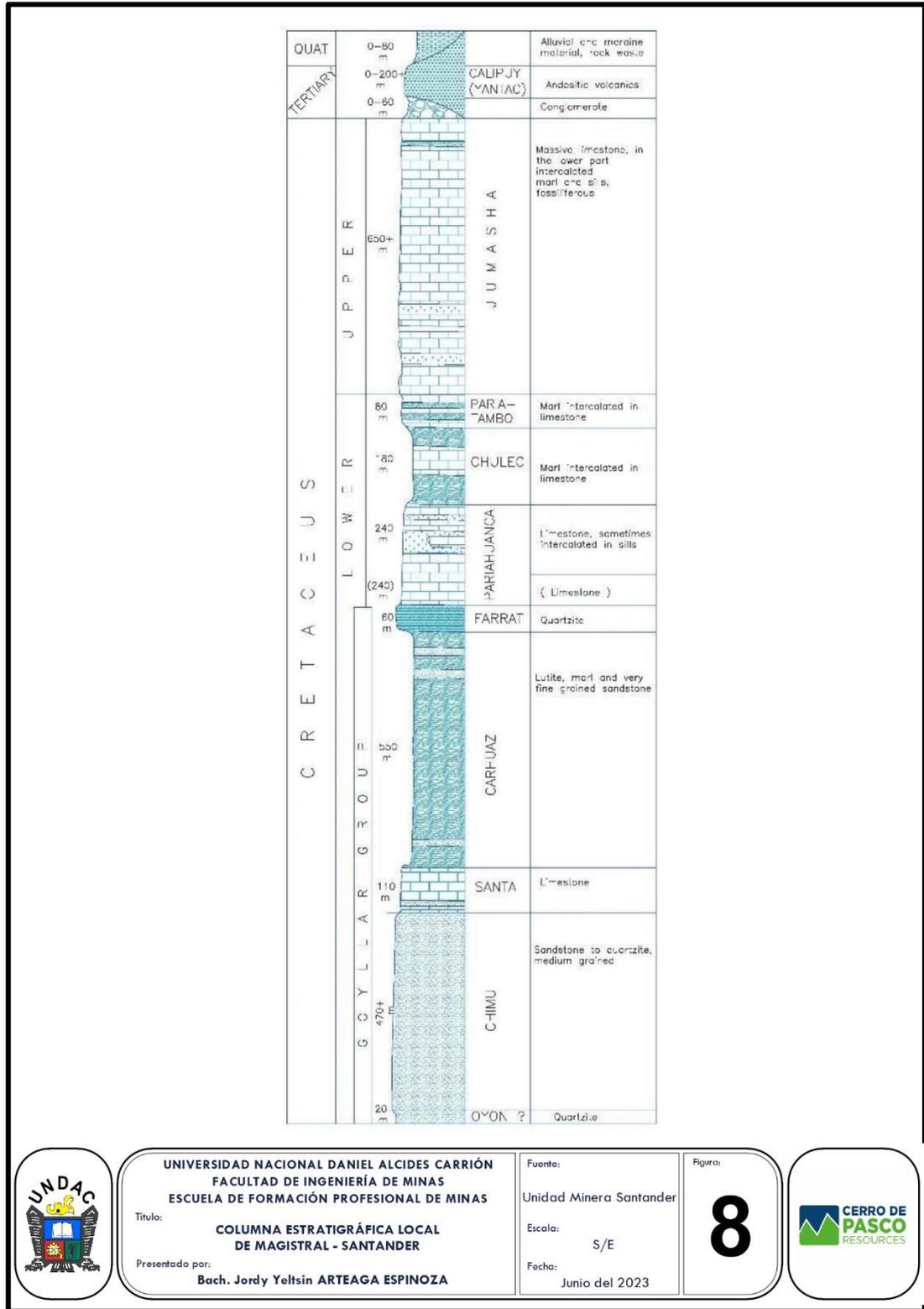
Figura 7. Mapa Geológico Regional de la Unidad Minera Santander

Fuente: Unidad Minera Santander.

Geología Local

A nivel local de la Unidad Minera Santander, en los alrededores de los cuerpos mineralizados, se observa el afloramiento principalmente de rocas clásticas y calcáreas, los cuales pertenecen a las formaciones Oyón, Chimú, Chulec, Pariatambo y Jumasha, de edad Cretáceo Inferior de los andes del Perú (Cabrera Huamaní, 2016, p. 29).

Las unidades estratigráficas que se encuentran en el área de estudio corresponden a la sedimentación desarrollada en el intervalo que va desde el Jurásico superior al Neógeno (Cabrera Huamaní, 2016, p. 30). Ver Figura 8 y Figura 9.



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
 FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
 ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE MINAS

Título: **COLUMNA ESTRATIGRÁFICA LOCAL DE MAGISTRAL - SANTANDER**

Presentado por: **Bach. Jordy Yeltsin ARTEAGA ESPINOZA**

Fuente: Unidad Minera Santander

Escala: S/E

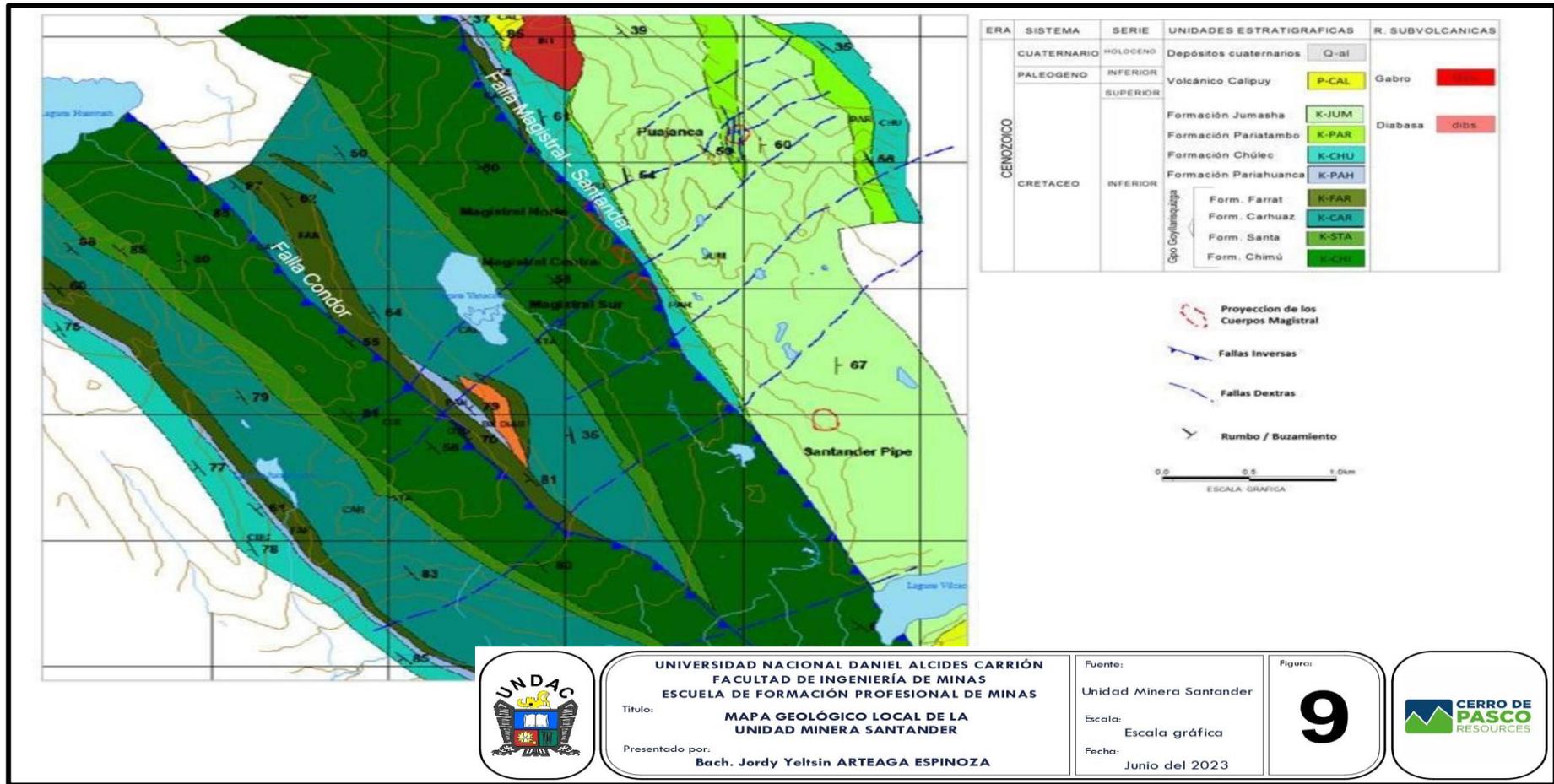
Fecha: Junio del 2023

Figura: **8**



Figura 8. Columna estratigráfica local de Magistral – Santander

Fuente: Unidad Minera Santander.



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
 FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
 ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE MINAS
 Título:
MAPA GEOLÓGICO LOCAL DE LA UNIDAD MINERA SANTANDER
 Presentado por:
Bach. Jordy Yeltsin ARTEAGA ESPINOZA

Fuente:
 Unidad Minera Santander
 Escala:
 Escala gráfica
 Fecha:
 Junio del 2023

Figura:
9



Figura 9. Mapa Geológico Local de la Unidad Minera Santander.

Fuente: Unidad Minera Santander.

Geología Económica

La Unidad Minera Santander cuenta con tres cuerpos mineralizados discontinuos, Magistral Sur, Centro y Norte, separados uno del otro en 250 m y 400 m respectivamente, los contenidos metálicos de zinc, plomo, plata y cobre son variables en los tres cuerpos (Cabrera Huamaní, 2016, p. 37).

En la Tabla 2 se muestran los recursos minerales de los Cuerpos Magistrales (Cabrera Huamaní, 2016, p. 38).

Tabla 2. Recursos de los Cuerpos Magistrales.

Zona	Categoría	Potencia (m)	Ton (TMS)	Zn (%)	Ag (oz/ton)	Pb (%)	Cu (%)
M. Norte	Medido	10.24	305,195	3.8	2.37	3.06	0.1
	Indicado	16.65	776,876	3.73	2.19	2.9	0.1
	Inferido	26.74	443,812	3.61	1.71	1.86	0.08
	Total/Prom.	17.88	1,525,883	3.71	2.09	2.61	0.09
M. Centro	Medido	15.74	372,704	4.99	1.76	0.9	0.11
	Indicado	17.52	247,530	4.94	1.48	0.68	0.09
	Inferido	33.79	2,351,045	4.74	0.78	0.33	0.09
	Total/Prom.	22.35	2,971,279	4.89	1.34	0.64	0.1
M. Sur	Medido	15.09	433,756	4.9	0.4	0.15	0.04
	Indicado	10.61	445,172	4.5	0.47	0.21	0.05
	Inferido	30.74	21,026	7.87	0.4	0.07	0.1
	Total/Prom.	18.81	899,954	5.76	0.42	0.14	0.06
Total	Medido	13.69	1,111,655	4.56	1.51	1.37	0.08
	Indicado	14.93	1,469,578	4.39	1.38	1.26	0.08
	Inferido	30.42	2,815,883	5.41	0.96	0.75	0.09
	Total/Prom.	19.68	5,397,116	4.79	1.28	1.13	0.08

Fuente: Departamento de Geología de la Unidad Minera Santander.

Geología Estructural

En la zona en estudio los rasgos estructurales más importantes corresponden a plegamientos y fallamientos. Los plegamientos son intensos y bien definidos y se han originado en los estratos calcáreos, anticlinales y sinclinales. Con respecto a los fallamientos, en el área donde se encuentran los cuerpos mineralizados, se identifican dos fallas principales de orientación similar: La Falla Magistral y la Falla Santander (Cabrera Huamaní, 2016, p. 35).
Ver Figura 10 y Figura 11.

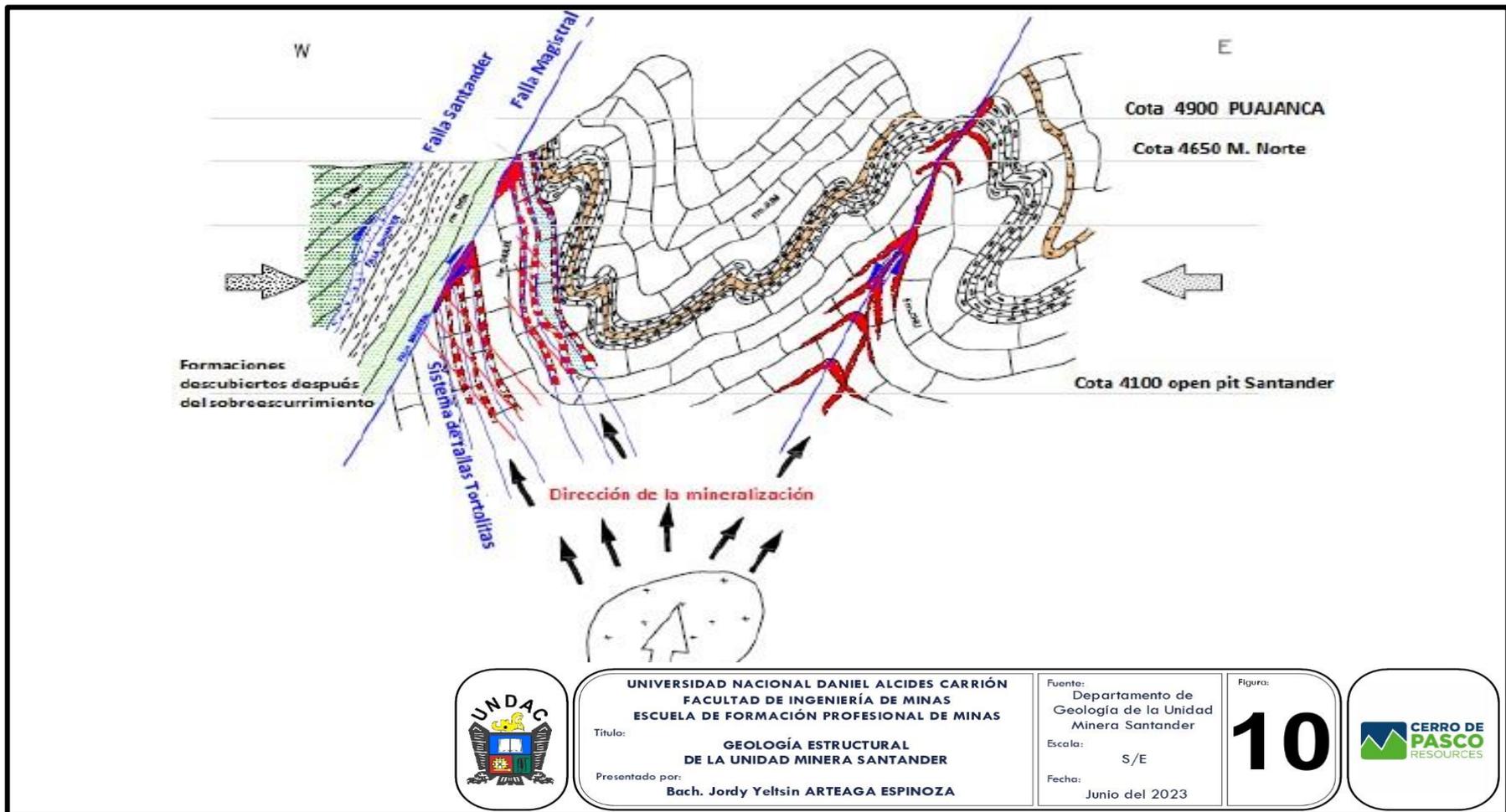


Figura 10. Geología Estructural de la Unidad Minera Santander.

Fuente: Departamento de Geología de la Unidad Minera Santander.

Reservas Minerales

Las reservas minerales de la Unidad Minera Santander es la parte económicamente explotable de los recursos minerales, para la conversión de recursos a reservas se ha considerado el método de extracción Bench & Fill Stopping. En la Tabla 3 se muestra las reservas de los cuerpos magistrales (Cabrera Huamaní, 2016, p. 39).

Tabla 3. Reservas de los Cuerpos Magistrales.

Zona	Categoría	Potencia (m)	Ton (TMS)	Zn (%)	Ag (oz/ton)	Pb (%)	Cu (%)
M. Norte	Probado	12.66	263,011	3.62	2.24	2.87	0.1
	Probable	18.52	704,893	3.52	2.04	2.75	0.09
	Total/Prom	15.59	967,904	3.57	2.14	2.81	0.1
M. Centro	Probado	15.99	305,774	4.46	1.6	0.78	0.1
	Probable	17.54	258,281	4.49	1.34	0.62	0.08
	Total/Prom	16.77	564,055	4.48	1.47	0.7	0.09
M. Sur	Probado	13.33	351,703	4.68	0.41	0.14	0.04
	Probable	9.58	292,981	4.88	0.51	0.2	0.06
	Total/Prom	11.46	644,684	4.78	0.46	0.17	0.05
Total	Probado	13.99	920,488	4.25	1.42	1.26	0.08
	Probable	15.21	1,256,155	4.3	1.3	1.19	0.08
	Total/Prom	14.6	2,176,643	4.28	1.36	1.23	0.08

Fuente: Departamento de Geología de la Unidad Minera Santander.

Vida Óptima de explotación (VOE)

Usando la fórmula de Taylor podemos calcular la vida de la mina en base a la reserva + recurso (medido + indicado).

$$VOE = 4.5 \times (R - Mt)^{0.25} \times (1 \mp 0.25) \quad (1) \quad VOE = 6.5 \times (4.757876)^{0.25} \times (1 \mp 0.25) \quad (2)$$

$$= 7.19 \text{ a } 12 \text{ años}$$

Cálculo de la vida útil en base a las reservas (probadas + probables)

2176643 Ton de reserva

A 2000 Ton/día → 2176643 Ton/(720,000Ton/año) = **3.02 años**

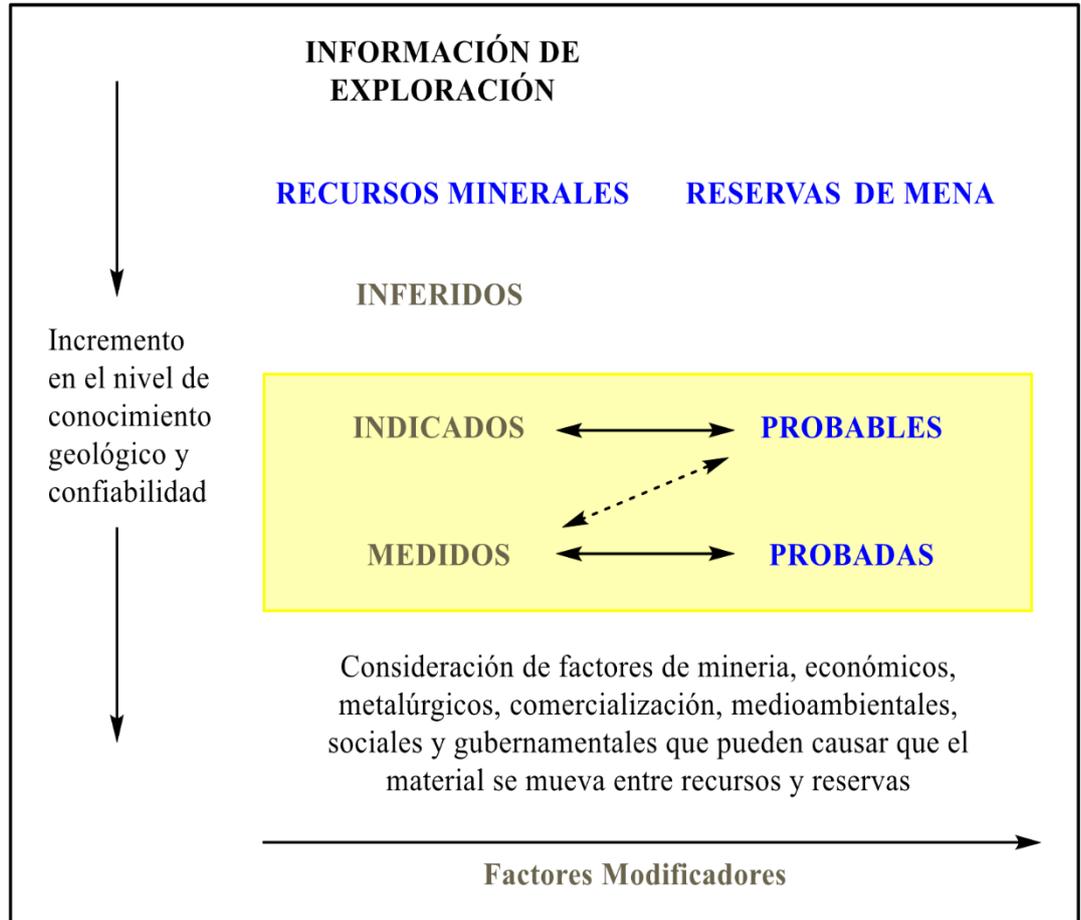


Figura 12. Aplicación del código australiano para el cálculo de recursos y reservas.

Ley de Corte (Cut Off)

La fórmula es el siguiente:

$$\text{Cut Off} = \frac{\text{Costo total Mina}}{P \times R \times FL \times C}$$

P: Producción de mineral
 R: Recuperación metalúrgica
 FL: Factor de liquidéz
 C: Cotización del mineral

Figura 13. Variables para el cálculo del Cut Off.

En la Tabla 4 se muestran el cálculo de las leyes equivalentes para cada mineral.

Tabla 4. Cálculo de las leyes equivalentes para cada mineral.

Parámetros	Metal	Zn	Pb	Cu	Ag
	Unid./factor	US\$/Lb	US\$/Lb	US\$/Lb	US\$/oz
Precio del metal (imperial)	US\$/unid Metal	1.102	0.948	2.253	18.41
Costos de mercado (imperial)	2%	1.082	0.928	2.233	18.39
Conversión a valor métrico		US\$/Ton	US\$/Ton	US\$/Ton	US\$/gr
Costos de mercado (métrico)	US\$/Ton (gramos de Ag)	2385.141	2044.974	4923.501	0.649
Pérdidas dilución	10%	2146.627	1840.476	4431.151	0.584
Pérdidas de mina	5%	2039.296	1748.452	4209.593	0.555
Recuperación	% rec. Concentrado	0.895	0.895	0.607	0.791
Costo de operación + Utilidad	US\$/Ton	46.29	46.29	46.29	46.29
Grado Zn (Cut off)	% (gr/ton de ag)	2.535	2.958	1.812	105.542
Factor equivalente Zn			0.857	1.399	0.024

Fuente: Departamento de Geología de la Unidad Minera Santander.

Como puede observarse el Cut Off es 2.54% para el caso del zinc y de acuerdo a esto categorizaremos las reservas y recursos minerales en mena y estéril (Caballero Zavala & Calixto Sotelo, 2022, p. 42).

Tabla 5. Resumen % Zn equivalente de la ley de cabeza actual.

Parámetros	Cálculo de Zn equivalente				
	Zn (%)	Pb (%)	Cu (%)	Ag (gr/ton)	ZnEq (%)
Ley de cabeza	4.28	1.23	0.08	42.3	
% de Contribución Zn Eq.	4.28	1.05	0.11	1.02	6.46

Fuente: Departamento de Geología de la Unidad Minera Santander.

En la tabla se muestra los valores del contenido metálico con respecto al Zn equivalente en la cual se obtiene 6.46 % Zn Eq, Superior al Cut off de 2.54% (Caballero Zavala & Calixto Sotelo, 2022, p. 42).

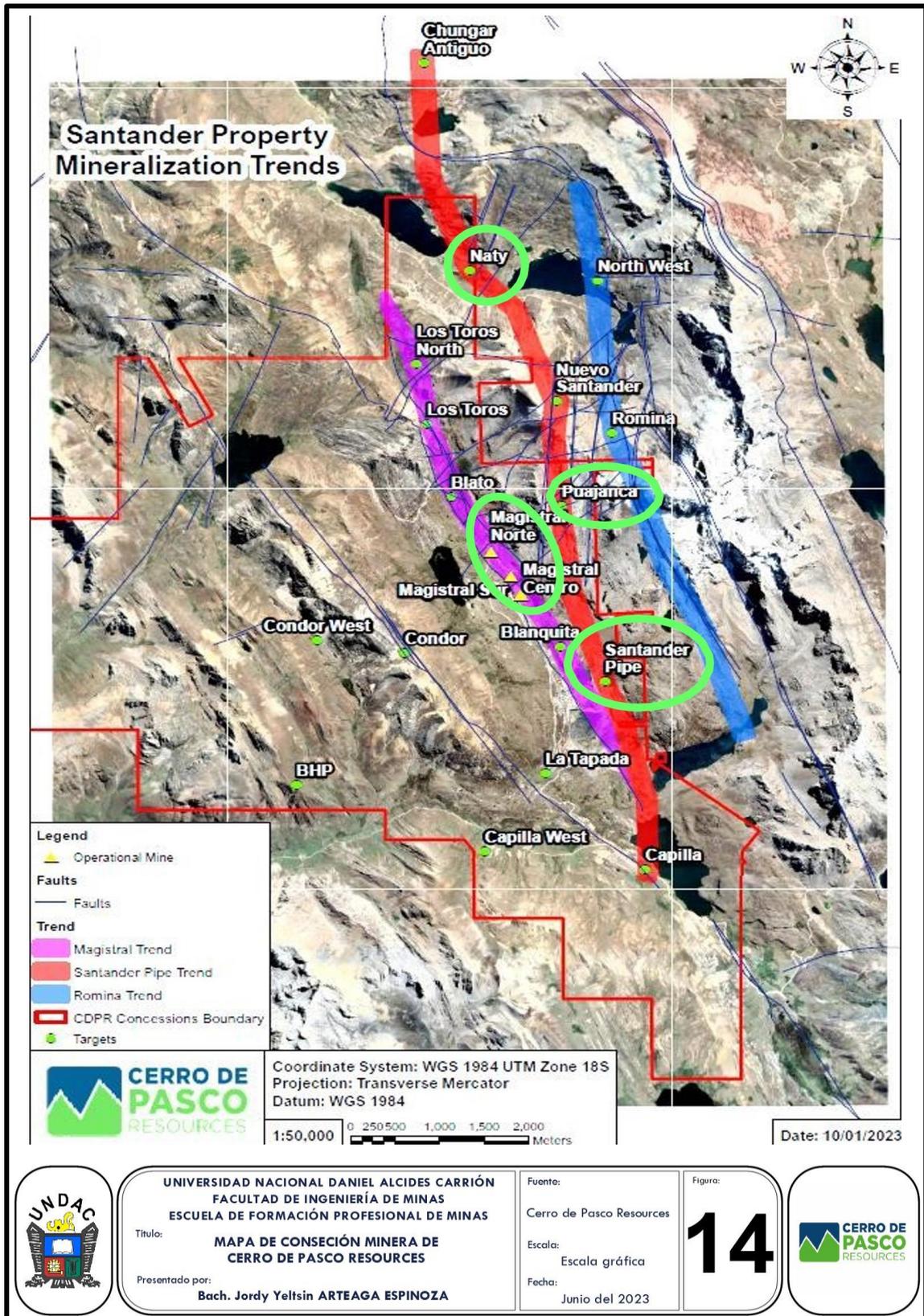


Figura 14. Mapa de Concesión Minera de Cerro de Pasco Resources

Fuente: Cerro de Pasco Resources

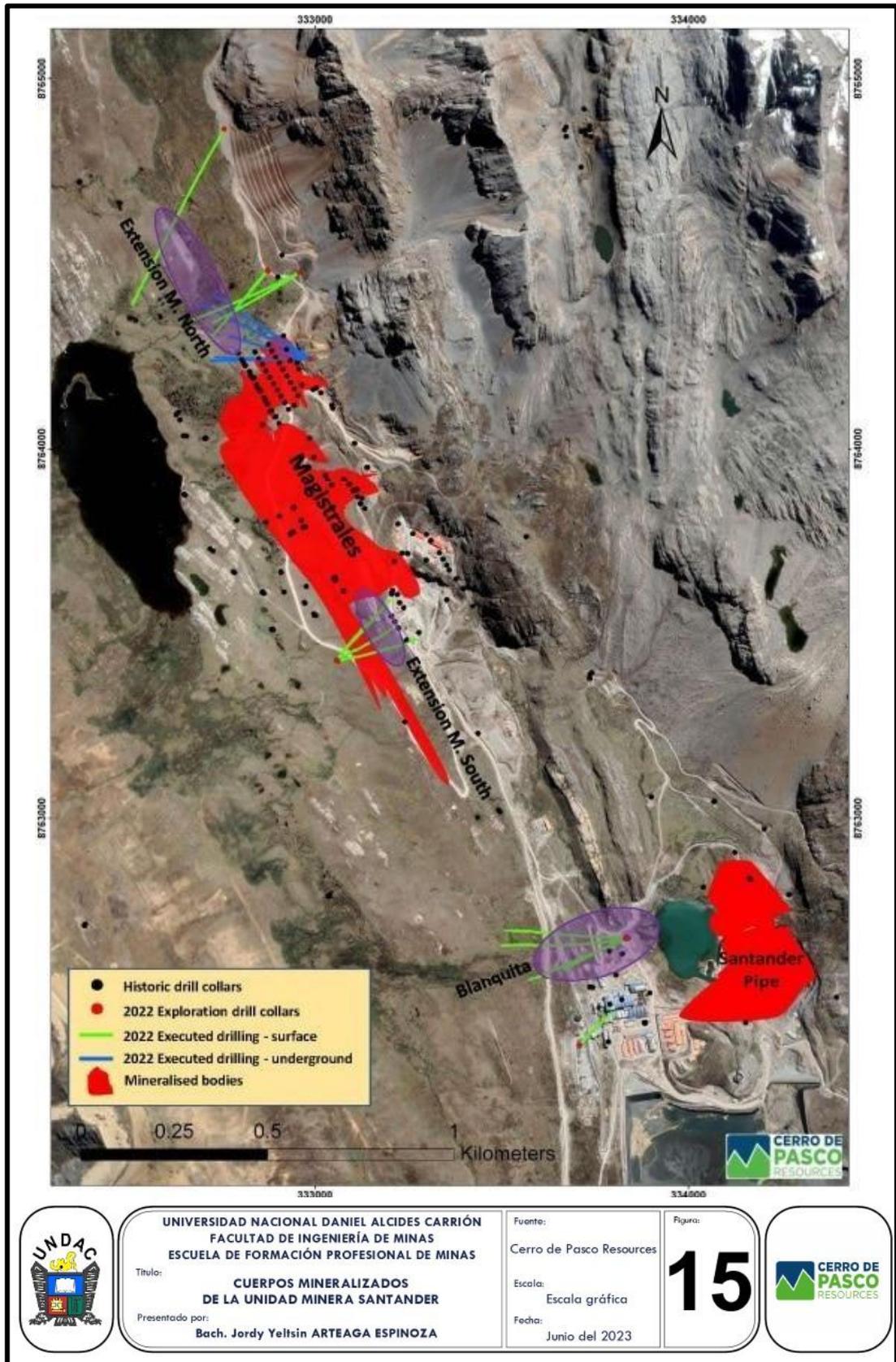


Figura 15. Cuerpos Mineralizados de la Unidad Minera Santander

Fuente: Cerro de Pasco Resources

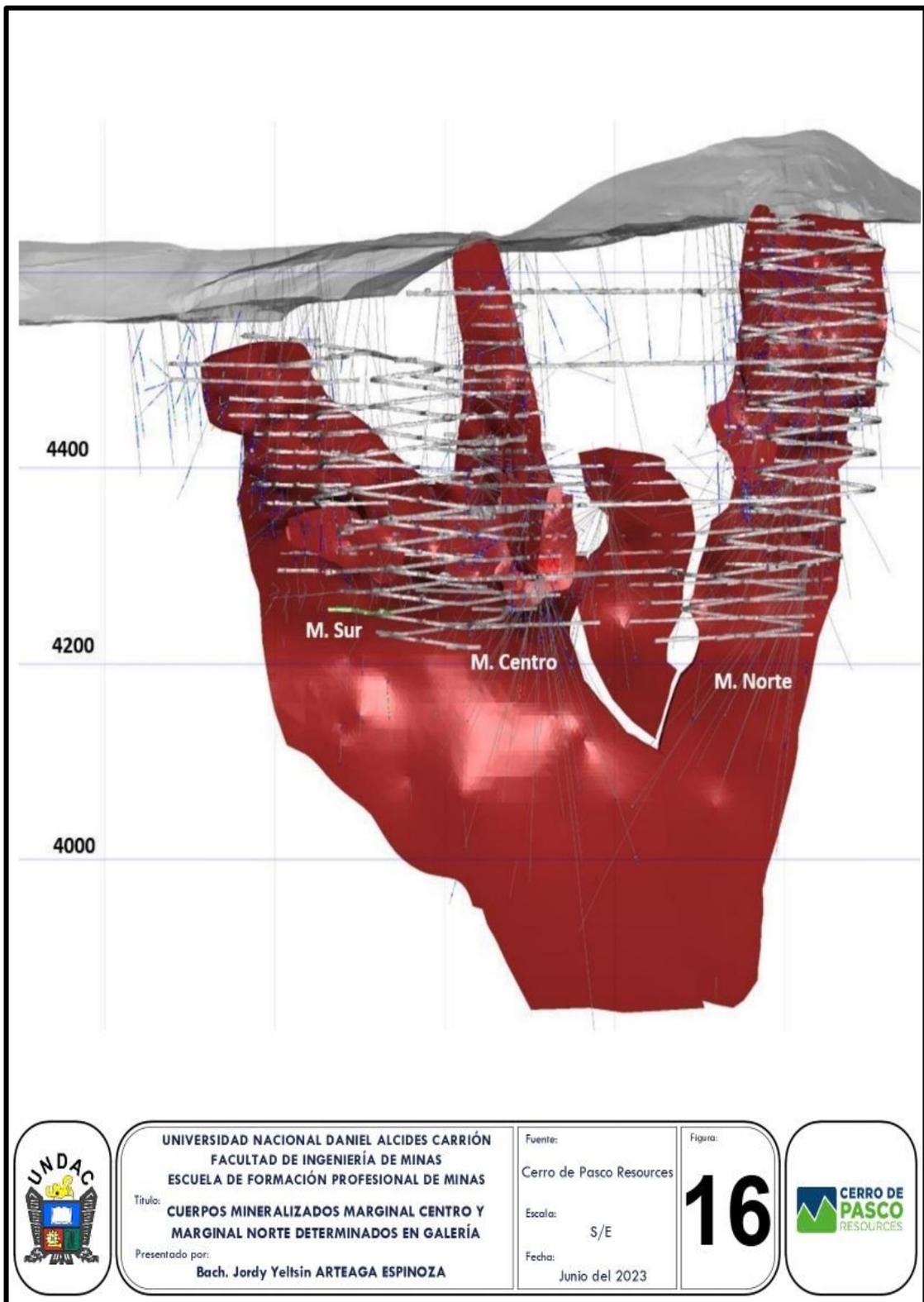


Figura 16. Cuerpos Mineralizados Marginal Centro y Marginal Norte determinados en galería.

Fuente: Cerro de Pasco Resources

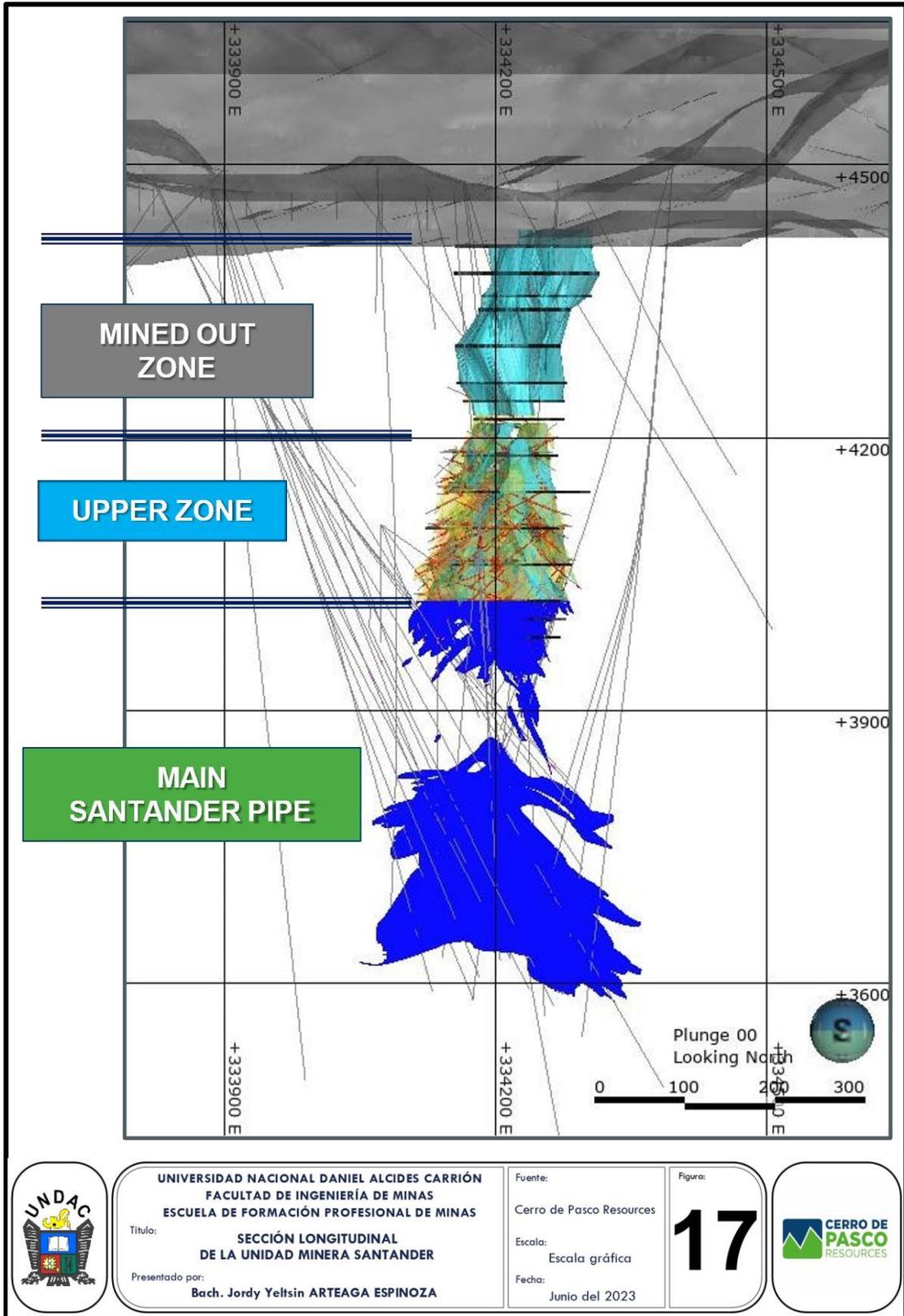


Figura 17. Sección Longitudinal de la Unidad Minera

Fuente: Cerro de Pasco Resources.

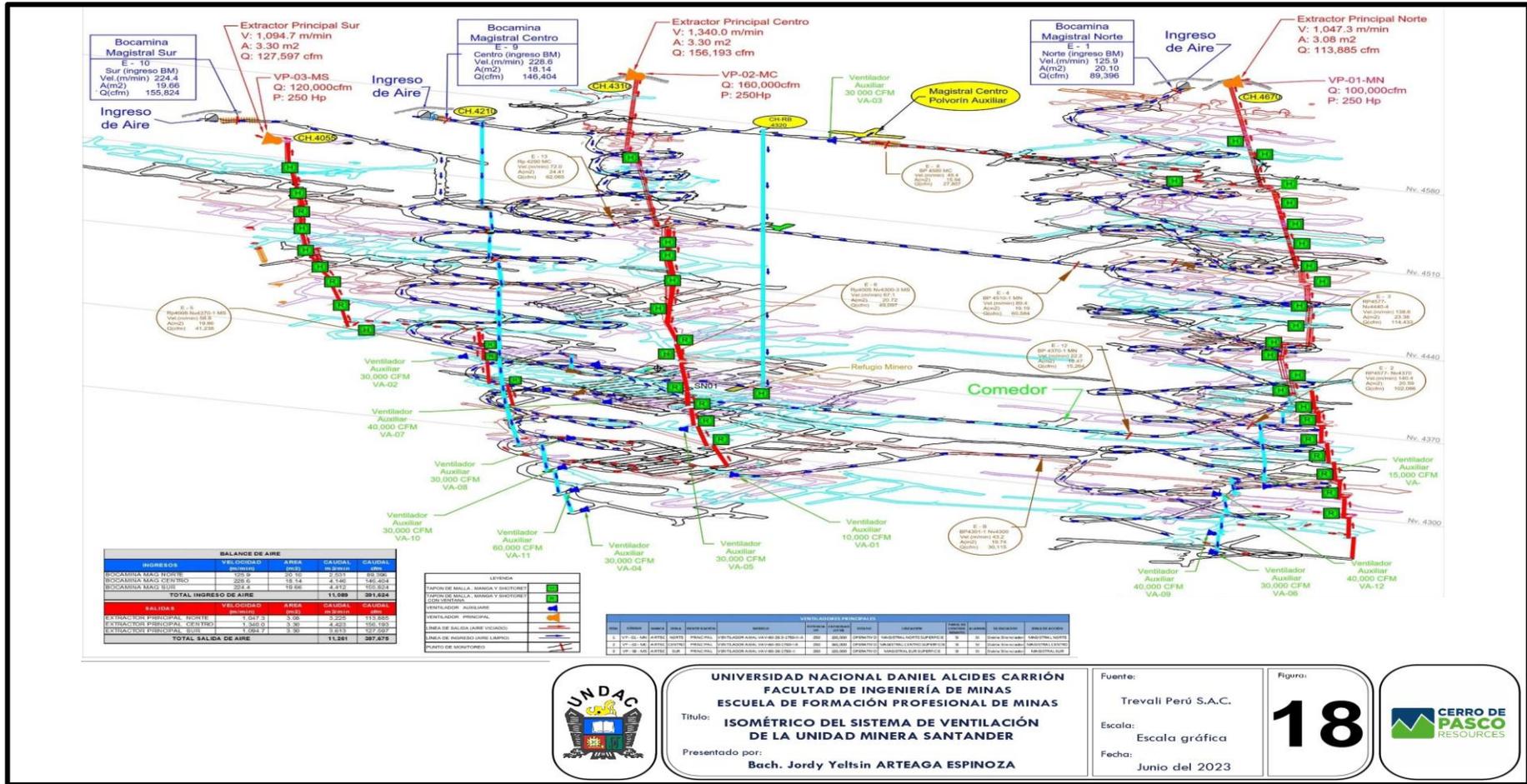


Figura 18. Isométrico de Sistema de Ventilación de la Unidad Minera Santander

Fuente: Trevali Perú S.A.C.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿De qué manera la optimización de la perforación y voladura de taladros largos influye en la mejora de la producción en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources?

1.3.2. Problemas específicos

Primer problema específico

¿Cómo la optimización de la perforación de taladros largos mejora la producción en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources?

Segundo problema específico

¿Cómo la optimización de la voladura de taladros largos mejora la producción en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Mejorar la producción en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources mediante la optimización de la perforación y voladura de taladros largos.

1.4.2. Objetivos específicos

Primer objetivo específico

Mejorar la producción en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources mediante la optimización de la perforación de taladros largos.

Segundo objetivo específico

Mejorar la producción en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources mediante la optimización de la voladura de taladros largos.

1.5. Justificación de la investigación

El presente proyecto de tesis, tiene la finalidad de contribuir con la optimización de los costos de producción para lograr el incremento de la

rentabilidad de la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources. Por lo que por tratarse de incrementar la rentabilidad de la empresa minera se justifica el desarrollo del presente trabajo de investigación.

1.6. Limitaciones de la investigación

El presente trabajo de investigación se basa en el estudio para optimizar las operaciones de perforación y voladura para mejorar la producción de la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources durante el desarrollo del estudio no se ha tenido ninguna limitación debido a que el tesista viene laborando en la mencionada Empresa Minera.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

En esta sección, se describen los antecedentes de la evaluación económica en diferentes minas a través su respectivo método de perforación y su efecto en la producción. Se han encontrado algunos trabajos de investigación, como tesis, libros y artículos que estiman o muestran la relación entre la producción y optimización de las empresas mineras en ámbitos geográficos nacionales e internacionales.

Antecedentes internacionales

Vasquez & Arauzo (2021) en el trabajo de investigación “Mathematical Model of a Drilling Mesh to Reduce Dilution in the Sublevel Stopping Method in Peru’s Underground Mines”, este estudio de investigación se centra en la creación de un patrón de perforación para la mina Condestable, que nos permitirá evaluar el porcentaje de dilución. Para estos fines, utilizamos la fórmula de Pearse propuesta en 1955, que nos permitió encontrar la carga y, posteriormente, el espaciado que debía tener cada taladro en el patrón.

Una vez recogidos todos los datos numéricos, utilizamos el programa JK SimBlast para diseñar el patrón de perforación propuesto y analizar las zonas de daño, el tonelaje adquirido y la dilución existente. Según los resultados obtenidos, cuanto menor sea el diámetro del agujero, menos dilución se generará al diversificar los explosivos de pared y explosivos de techo (Hinostroza Sanchez, 2019, p. 366).

Este estudio de investigación concluye que el diseño del patrón de perforación propuesto para el método de minería subterránea Sublevel Stopping - Long Drills método de minería subterránea favorece la cantidad tonelaje de extracción (Hinostroza Sanchez, 2019, p. 372).

Music Garrido (2007) en el trabajo de investigación “Diagnóstico y optimización de disparos en desarrollo horizontal, mina El Teniente” en la Universidad de Chile da cuenta de un diagnóstico técnico, enfocado a evaluar la eficiencia general y los actuales estándares de las tronaduras de desarrollo horizontal, en el nivel de producción en La Mina Reservas Norte de División El Teniente de Codelco Chile.

Según Music Garrido (2007) como resultado final de este trabajo se elaboró una propuesta de diseño de tronadura alternativo en el nivel de producción, de la cual se pueden esperar impactos importantes en la operación minera, como la reducción del número de perforaciones por disparo en un 10%, entre otros (Music Garrido, 2007).

Antecedentes Nacionales

Se ha revisado una serie de bibliografías que esta relacionados con el tema en estudio de optimización de la perforación y voladura de taladros largos para mejorar la producción, de los cuales se ha seleccionado algunos artículos que en algunas de sus partes tienen en común con incremento de rentabilidad de minas subterráneas, para ellos se ha revisado la fecha de publicación y el lugar de la publicación:

Hinostroza Sanchez (2019) en el trabajo de investigación “Implementación de malla de perforación y voladura de taladros largos para evaluar los costos operativos en el método de explotación sublevel stoping en la mina subterránea Marcapunta Sur-El Brocal” tiene como objetivo evaluar el diseño de malla de perforación y voladura de taladros largos a implementar para evaluar los costos operativos en el método de explotación sublevel stoping en Marcapunta Sur-El Brocal (Hinostroza Sanchez, 2019, p. 2). Una de las conclusiones del estudio es haber obtenido la reducción de costo en perforación y voladura respecto al cambio de broca de 64 mm a la broca 89 mm, se tiene una optimización en el costo parcial de perforación y voladura de 5,866 US\$/Gdia, el costo total de perforación y Voladura de 0.39 US\$/tonelada en este costo no incluye utilidad de costos directos ni gastos administrativos y el costo total de perforación de 1.04 US\$/tn que incluye utilidad de costos directos en 10% y gastos administrativos en 13% (Hinostroza Sanchez, 2019, p. 118).

Cueva Ames (2019) en el trabajo de investigación: “Diseño de malla para taladros largos e incremento de producción en NV 270 - Unidad de Producción Islay – 2019” tiene como objetivo general de determinar el diseño de malla para taladros largos que influye en el incremento de producción en el NV 270 – Unidad de producción Islay (Cueva Ames, 2019, p. 16).

Se concluye que con la aplicación del modelo matemático de Langefors el factor de potencia igual 1.08 kg/TM y el factor de energía igual a 1.12 MJ/TM son mejores a los anteriores ya que optimizan el consumo de explosivo y aumenta el TN de productividad guardia (Cueva Ames, 2019, p. 100).

Cruz Alvarez (2020) en el estudio “Reducción de Voladura Secundaria Mediante la Optimización de Estandares de Perforación y Voladura en Taladros Largos en Alpayana S.A. – 2020” tiene como objetivo reducir la de voladura secundaria mediante la optimización de estándares de perforación y voladura en taladros largos en Alpayana S.A. (Cruz Alvarez, 2020, p. 3) Ente una de las

conclusiones tenemos que optimizando los estándares de perforación y voladura de taladros largos en la Zona Cuerpos se logra reducir el costo por tonelada de 4.94 \$/ton a 4.47 \$/ton (Cruz Alvarez, 2020, p. 75).

Beltran Beltran (2018) en el trabajo de investigación “Optimización de explotación del tajo 427- cuerpo chiara 445 usando taladros largos paralelos – Cía. Minera Casapalca S.A.-2017” explica que el objetivo es determinar en qué medida se puede optimizar la explotación del tajo 427-Cuerpo Chiara 445 usando taladros largos paralelos en la Cía. Minera Casapalca S.A. (Beltran Beltran, 2018, p. 5).

Respecto a la conclusión más importante se tiene que la dilución se redujo del 30% al 11% aproximadamente. De igual manera se incrementó la recuperación del 78% al 92% (Beltran Beltran, 2018, p. 93).

Quispe Roca (2019) en el trabajo de investigación “Optimización de Perforación y Voladura en la Explotación por Sub Level Stopping (Taladros Largos) Compañía Minera Shuntur S.A.C, Huaraz” tiene como objetivo evaluar la optimización de costos de perforación y voladura sub level stopping con la finalidad de reducir costos para la explotación en taladros largos en la compañía minera Shuntur (Quispe Roca, 2019, p. 4). Entre las principales conclusiones tenemos que después de la aplicación de taladros largos el valor del factor de potencia es 0.42 kg/TM, que es menor ante el valor 0.52 kg/TM. Por lo tanto se redujo el costo (Quispe Roca, 2019, p. 86).

2.2. Bases teóricas científicas

Infraestructura de la Mina

Con la finalidad de garantizar la operatividad, seguridad y productividad de la mina, se tiene planeado desarrollar y construir la infraestructura de la mina. Al inicio se tenía planificado realizar el acceso a los cuerpos magistrales por dos bocaminas, B/M Nv. 4,580 y B/M Nv. 4,540. Actualmente se tiene una tercera bocamina en el nivel 4,630, en la que por aspectos de seguridad sirve como un segundo acceso al cuerpo Magistral Norte (Ayuque Carrera, 2020, p. 43).

Tabla 6. Infraestructura de la Unidad Minera Santander.

Desarrollos primarios
Se tiene construido 03 bocaminas BM4630, BM4540 y bm 4580.
Se desarrolló 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 la RP340, para acceder a las 3 zonas Magistral Norte, Magistral Centro y Magistral Sur en el NV4160.
Construcción de refugios de paso personal cada 50m.
Se tiene 01 refugio de emergencia, ubicado en el Nv. 4370, 01 comedor en el Nv4370.
Adecuación de la chimenea principal de servicios y ruta de emergencia desde el Nv. 4370 hasta el Nv. 4300 y proyectándose.
Se tiene 01 cámara de bombeo permanente en el Nv4370 y auxiliares de operación Nv. 4300, Nv. 4230.
Preparaciones
Preparación de By Pass por caja piso como acceso principal.
Preparación de cruceros y ventanas para acceso a subniveles.
Preparación de subniveles.

Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Santander.

A. Desarrollos

Rampa 4577, esta rampa tienen una sección de 5mx4m en forma de ocho, con gradiente promedio de 12%, longitudinalmente se ubica en el cuerpo Magistral Norte, por lo que sirve de acceso a Magistral Norte (Ayuque Carrera, 2020, p. 44).

Rampa 4005, esta rampa tiene una sección de 5mx4m en forma de espiral, con gradiente promedio de 12%, longitudinalmente se ubica entre los cuerpos Magistral Centro y Magistral Sur. Esta rampa sirve de acceso a Magistral Centro y Magistral Sur (Ayuque Carrera, 2020, p. 44).

Rampa 3400, esta rampa tiene una sección de 5mx4m en forma de espiral, con gradiente promedio de 12%, longitudinalmente se ubica entre los cuerpos Magistral Centro y Magistral Norte. Esta rampa servirá de acceso a Magistral Norte, Magistral Centro y Magistral Sur, desde donde se iniciará la construcción de los *By Pass* de preparación para dichos cuerpos. Su inicio está proyectado desde el Nv. 4,160 (Ayuque Carrera, 2020, p. 44).

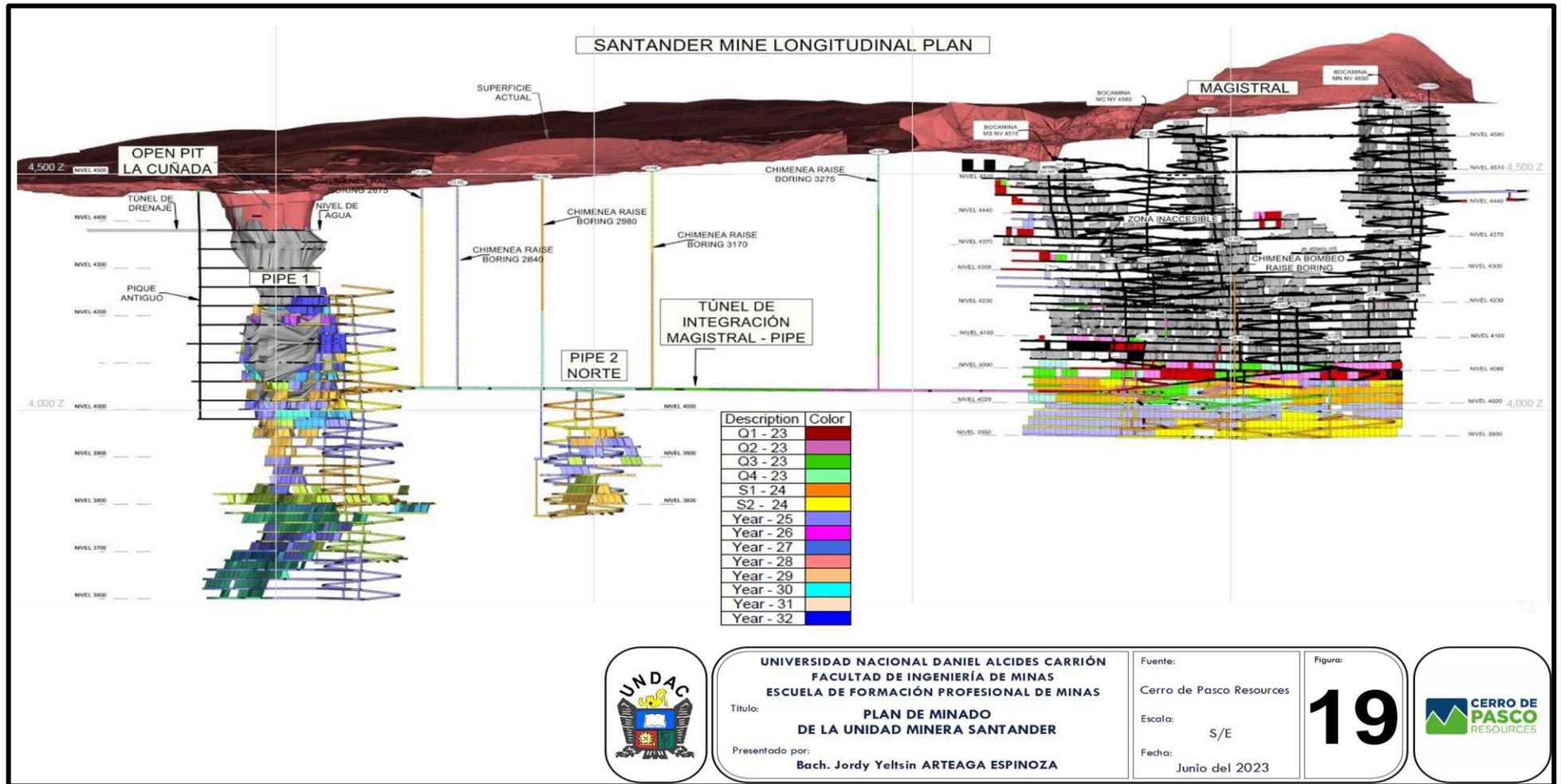


Figura 19. Plan de Minado de la Unidad Minera

Fuente: Cerro de Pasco Resources.

B. Preparaciones

By Pass, estas labores tienen secciones de 4.0mx3.5m y 4.0mx4.0m la gradiente es de 2%. Su inicio se da en las rampas de acceso a los cuerpos y llegando longitudinalmente hasta los extremos de los cuerpos, desde donde se construirá ventanas de accesos al cuerpo mineralizado (Ayuque Carrera, 2020, p. 44).

Ventanas de acceso a los subniveles, estas labores tienen dimensiones de 4.0mx3.5m y 4.0mx4.0m, su inicio es en los *By Pass* y llegando a atravesar todo el cuerpo mineralizado. Su función principal es acceso a los cuerpos mineralizados, delimitar dichos cuerpos y facilitar la explotación de los tajeos (Ayuque Carrera, 2020, p. 44).

Subniveles, estas labores estarán construidas en el cuerpo mineralizado, con sección de 4mx4m, gradiente +2% y sus límites serán los extremos de los cuerpos. Su función principal será de delimitar los tajeos a explotar, desde donde se realizará la perforación de taladros largos (Ayuque Carrera, 2020, p. 44).

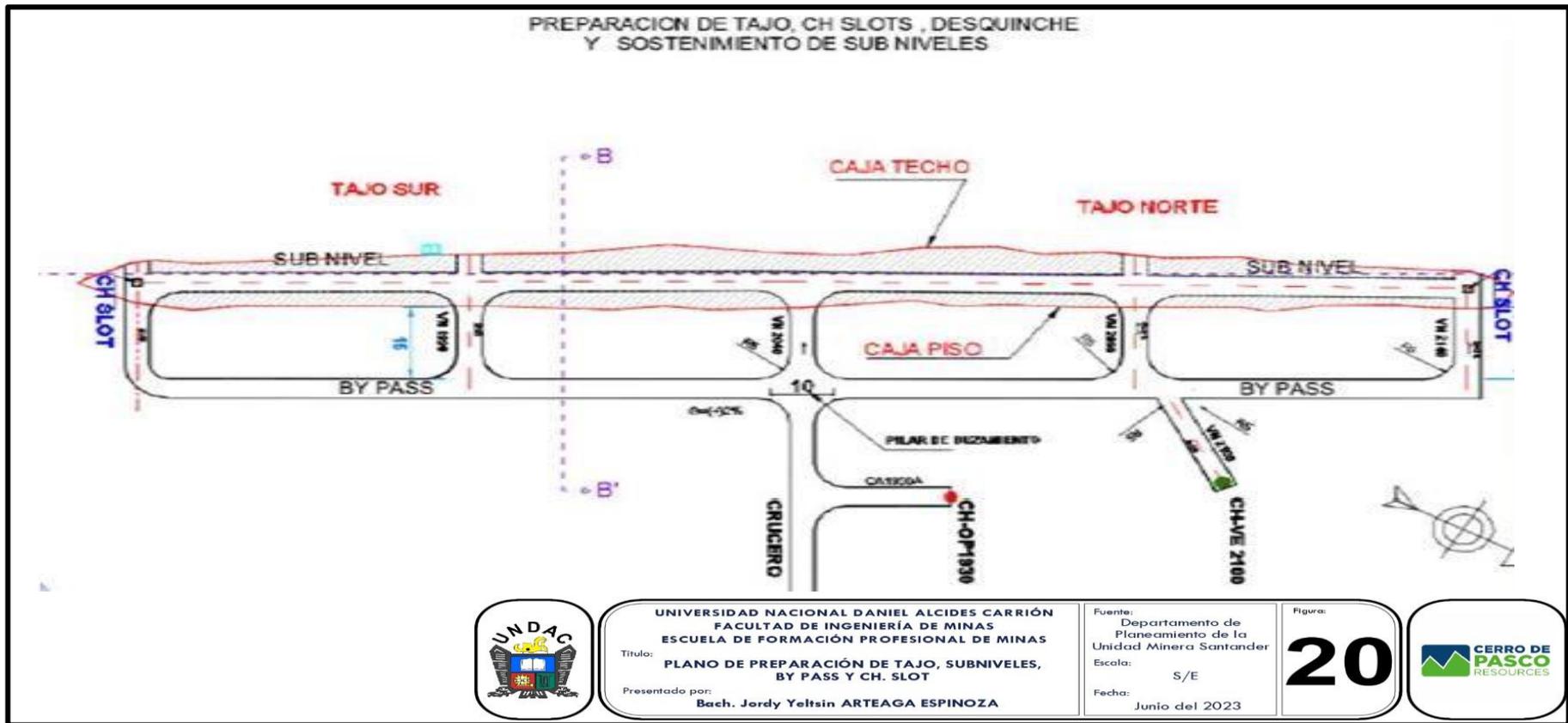


Figura 20. Plano de preparación de tajo, subniveles, by pass y Ch. slot.

Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Santander.

Diseño de Explotación

Consideraciones Geomecánicas

De acuerdo a la evaluación geomecánica se ha determinado que el método de explotación adecuado considerando las características del yacimiento es el AVOCA o *Bench and Fill* (Ayuque Carrera, 2020, p. 46).

Dimensionamiento de los Tajeos

En los tres cuerpos se presentan calidades de roca Regular A y Regular B. Al analizar la estabilidad del techo, se ha estimado la longitud de los tajeos en el techo para cada potencia de minado (Ayuque Carrera, 2020, p. 46).

Tabla 7. Dimensionamiento de tajeos.

Calidad Buz.CT	Cond. Estad.	Ancho de tajeo=					Altura CT del tajeo=			
		7m	10 m	13 m	16 m	20 m	14.5 m	18.5 m	22.5 m	26.5 m
Cuerpo: MAGISTRAL NORTE										
DE-III A (78°)	ESS	22	15	10	10	9	20	16	13	12
	ESO	75	45	30	23	18	70	38	30	24
	ECS	125	70	45	32	25	120	55	45	34
DE-III B (78°)	ESS	10	8	7	6	5	10	9	8	7
	ESO	50	28	19	15	13	30	23	19	16
	ECS	75	40	30	22	18	48	33	26	23
Cuerpo: MAGISTRAL CENTRO										
DE-III A (60°)	ESS	22	15	10	10	9	16	13	12	11
	ESO	75	45	30	23	18	55	32	26	21
	ECS	125	70	45	32	25	100	49	36	29
DE-III B (60°)	ESS	10	8	7	6	5	9	8	7	7
	ESO	50	28	19	15	13	25	20	16	14
	ECS	75	40	30	22	18	40	30	23	20
Cuerpo: MAGISTRAL SUR										
DE-III A (50°)	ESS	19	13	10	9	8				
	ESO	70	40	26	20	17				
	ECS	120	62	40	29	23				
DE-III B (50°)	ESS	9	7	6	5	5	8	7	6	6
	ESO	47	25	17	14	12	22	17	14	13
	ECS	65	36	26	20	17	34	26	20	18
DE-IV A (50°)	ESS	19	13	10	9	8	5	4	4	4
	ESO	70	40	26	20	17	16	13	11	10
	ECS	120	62	40	29	23	25	18	16	14
DE-III B (64°)	ESS						9	8	7	7
	ESO						25	20	16	14
	ECS						38	28	22	19
DE-IV A (64°)	ESS						5	5	4	4
	ESO						17	14	12	11
	ECS						27	19	17	15

Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Santander.

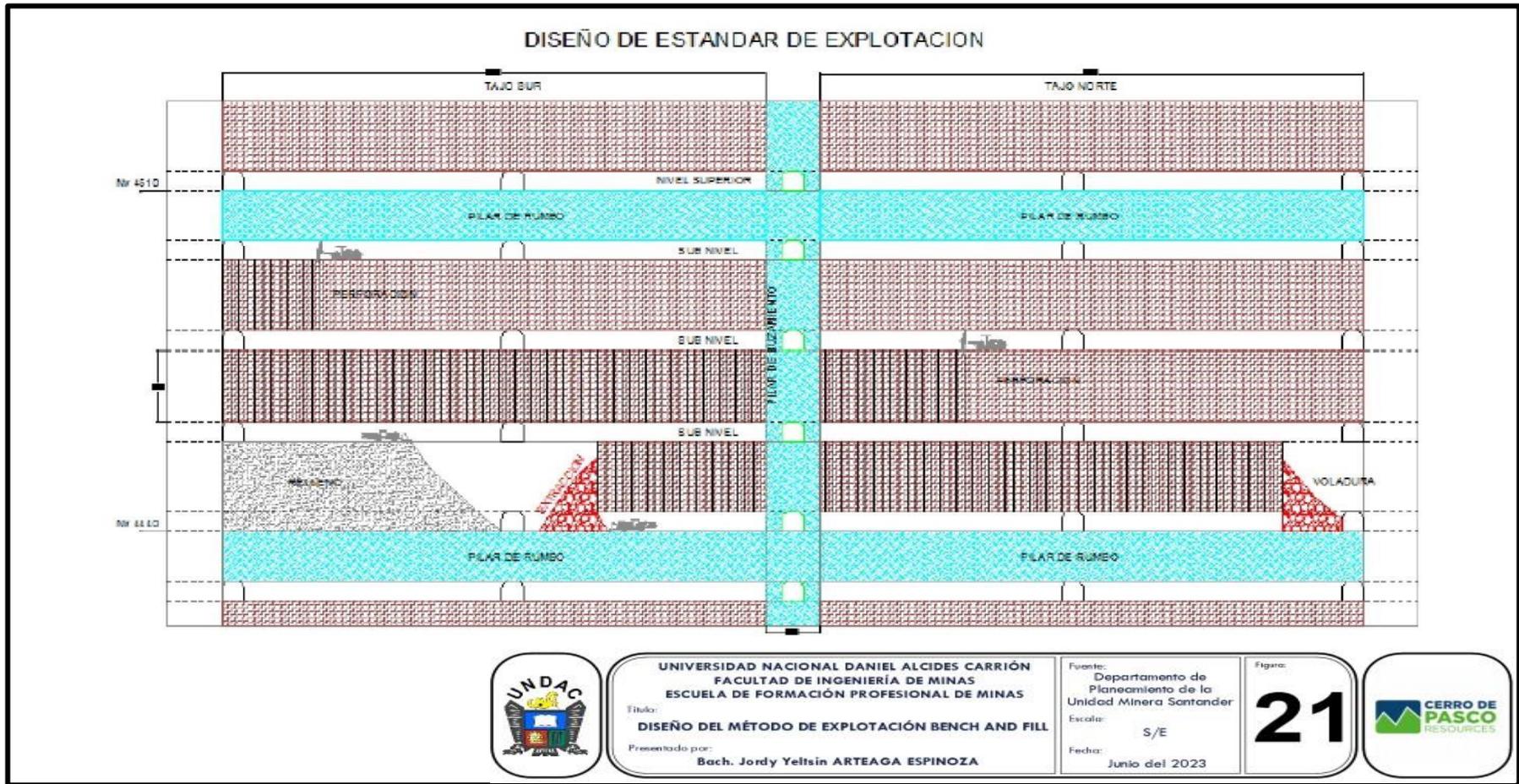


Figura 21. Diseño del método de explotación Bench and Fill.

Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Santander.

Perforación en Tajeos

En la Unidad Minera Santander la perforación de los tajeos se realiza con equipos Simba modelo S7D. La perforación se realizará desde los sub niveles de preparación, de acuerdo a las características del equipo con la finalidad de lograr la mayor recuperación de los bloques de mineral. La dimensión de los subniveles es de 4mx4m (Ayuque Carrera, 2020, p. 50).

Tabla 8. Características de los equipos de perforación Simba S7D.

Marca	Atlas Copco
Modelo	Simba S7D
Perforadoras	COP – 1838 ME
Voltaje	440 V
Presión de rotación	30 – 50 Bares
Presión de percusión	150 – 200 Bares
Presión de agua	10 – 12 Bares
Velocidad de penetración	1.5 min/m
Disponibilidad	90%
Rendimiento	190 m/día

Accesorios de Perforación

Longitud de Barras	5 pies
Brocas de botones	64 mm

Parámetros de Perforación

Malla de perforación	150 x 1.50 m
Longitud de taladros	16 m
Diseño de perforación	Paralelos y dirigidos
Angulo de inclinación	70° (según buzamiento)
Altura de corte	15 m (vertical)
Rotura de taladro	94 Tm/tal
Tonelaje perforado	1195 Tn/día
Tonelaje por metro	4.07 Tn/m

Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Santander.

Voladura

Para realizar la voladura la Unidad Minera Santander ha considerado el uso de los siguientes explosivos y accesorios (Ayuque Carrera, 2020, p. 51).

Tabla 9. Accesorios de voladura.

Anfo
Emulsión
Guía ensamblada (12 pies)
Guía ensamblada (6 pies)
Pentacord 5P
Mecha rápida
Detonador no eléctrico de 4,8 m
Detonador no eléctrico de 17 m

Fuente: Departamento de Planeamiento de U.M. Santander.

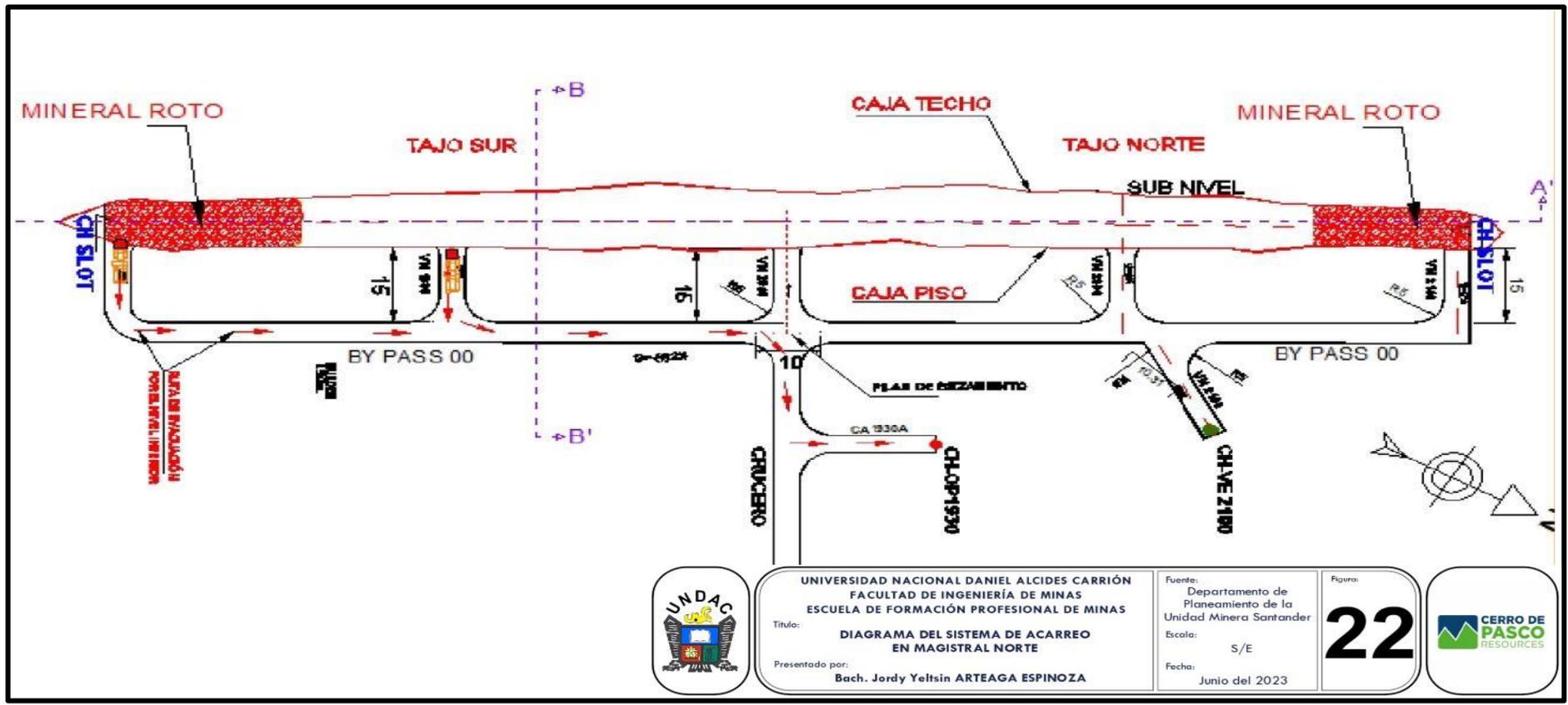
Tabla 10. Parámetros de voladura.

Tipo de roca	III B/RMR 41-50
Densidad	3.7 (mineral)
Dimensiones de tajeo	100x15x15 m
Longitud de perforación	16 m
Diámetro de perforación	64 mm
Malla	1.5 x 1.5 (BxE)
Rendimiento	4.07t/m
Factor de potencia	0.64 kg-explosivo/t rota

Fuente: Departamento de Planeamiento de U.M. Santander.

Acarreo

Para realizar el acarreo de los tajeos de producción la Unidad Minera Santander ha diseñado el uso del *Scooptram* de 6 yd³ a control remoto. El acarreo se realiza en un mismo nivel, iniciando en los tajeos de producción y con destino final la cámara de carguío, lugar donde es cargado mediante *scoop* a camiones de 14 m³ para su evacuación (Ayuque Carrera, 2020, p. 51).



	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE MINAS	Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Santander	Figura: 22	
	Título: DIAGRAMA DEL SISTEMA DE ACARREO EN MAGISTRAL NORTE	Escala: S/E		
	Presentado por: Bach. Jorjy Yeltsin ARTEAGA ESPINOZA	Fecha: Junio del 2023		

Figura 22. Diagrama del sistema de acarreo en Magistral Norte

Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Santander.



Figura 23. Limpieza de mineral del tajeo con equipo LHD a telemenado.

Para realizar la perforación en frentes de avance, la Empresa cuenta con jumbos S1D de Atlas Copco. Estos equipos realiza la perforación horizontal (Breasting) de 12 ft. (Cabrera Huamaní, 2016, p. 72).

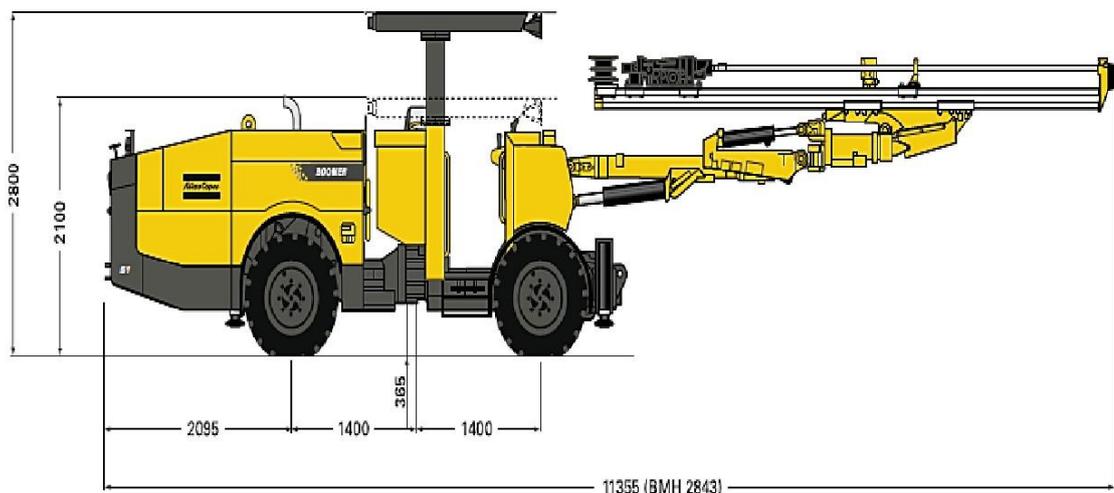


Figura 24. Equipo de perforación en frentes.

Fuente: Catálogo de los equipos Atlas Copco.

Transporte

Para realizar el transporte de mineral la Unidad Minera Santander ha considerado la utilización de volquetes de 12 m³ a 14 m³ de capacidad.



Figura 25. Camiones de 14 m³ para el transporte de mineral.

Índice de Calidad de la Roca (RQD)

Según Lucian & Wangwe (2013) la designación de la calidad de la roca (RQD) es la medida del grado de unión o fracturas en una masa rocosa, medido como porcentaje del núcleo de perforación en longitudes de 10 cm o más.

La Figura 26 indica los procedimientos correctos para la medición de la longitud de los testigos y el cálculo del RQD. (Lucian & Wangwe, 2013, p. 37)

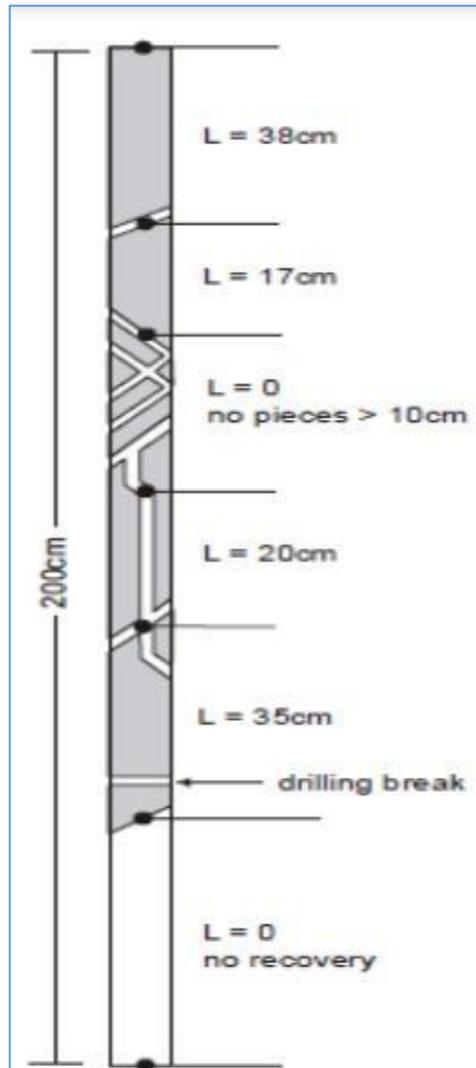


Figura 26. Procedimiento de medición y cálculo del RQD (Deere & Deere, 1989)

Longitud total del recorrido del testigo = 200 cm.

$$RQD = \frac{\sum \text{longitud}(L) \text{ de piezas del testigo } > 10\text{cm de longitud}}{\text{Longitud total del recorrido del testigo}}$$

$$RQD = \frac{38 + 17 + 20 + 35}{200} \times 100\% = 55\%$$

Tabla 11. RQD Classification index.

RQD	Calidad de la masa rocosa
<25%	muy mala
25-59%	mala
50-75%	regular
75-90%	buena
90-100%	excelente

Fuente: (Lucian & Wangwe, 2013, p. 37)

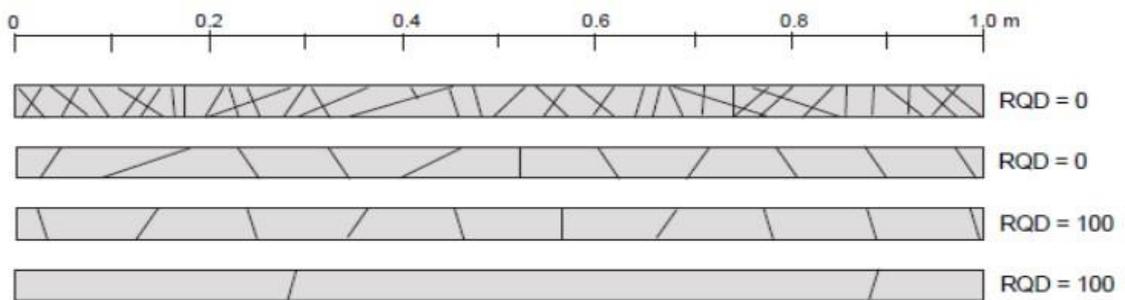


Figura 27. Valores de RQD para varias densidades de juntas a lo largo de los núcleos de perforación (Deere & Deere, 1989).

Fragmentación

La fragmentación libera el mineral de la masa rocosa circundante y lo rompe en fragmentos lo suficientemente pequeños para las etapas posteriores de extracción y procesamiento. Sólo hay dos métodos económicos para fragmentar la roca en la tierra: el ataque mecánico y la perforación y voladura (Gertsch et al., 1997, p. 471). Este último es, con mucho, la opción más común, aunque los métodos mecánicos generan menos partículas finas. Los investigadores estudian constantemente métodos de fragmentación exóticos, como los chorros de agua, microondas, detonación térmica, irradiación láser y arco electrostático, que no son rentables en la mayoría de las condiciones terrestres (Gertsch et al., 1997, p. 471). Sin embargo, en el entorno enormemente diferente del espacio, algunas de estas técnicas pueden resultar muy ventajosas, mientras que otras, como los chorros de agua pueden ser menos útiles (Gertsch et al., 1997, p. 471).

Clasificación del Macizo Rocosó (RMR)

Según Kashyap et al. (2008) el sistema RMR, desarrollado inicialmente por Bieniawski en 1973, se basa en la calidad del macizo rocoso, se clasifica en cinco parámetros que son:

1. “la resistencia a la compresión uniaxial de la roca,
2. designación de la calidad de la roca (RQD),
3. espaciado de las discontinuidades,
4. condición de la discontinuidad,
5. condiciones del agua subterránea” (Kashyap et al., 2008, p. 2).

A estos factores se les da un valor numérico y se suman para obtener un valor de RMR. Este valor será un número entre 0 y 100, siendo cero una roca muy pobre y 100 una roca extremadamente buena. Las condiciones de las aguas subterráneas se asumieron como condiciones secas. La Tabla 12 muestra los rangos de RMR (Kashyap et al., 2008).

Tabla 12. Clasificación geomecánica del macizo rocoso del techo (1987)

RMR	Clase	Descripción
0-20	V	Muy pobre
20-40	IV	Pobre
40-60	III	Regular
60-80	III	Bueno
80-100	I	Muy bueno

Factor Q

Según Kashyap et al. (2008) el factor Q se refiere al índice de calidad de la roca para la excavación de túneles, ha sido desarrollado en 1974 por Barton, Lien y Lunde, del Instituto Geotécnico Noruego, el factor Q se basa en seis factores, que son:

- “RQD - designación de la calidad de la roca
- Jn - número del conjunto de juntas
- Jr - número de rugosidad de la junta
- Ja - número de alteración de la junta
- Jw - factor de reducción de agua en la junta
- SRF - factor de reducción de la tensión” (Kashyap et al., 2008).

“El factor J_w/SRF se supone que es 1.0 para condiciones secas” (Kashyap et al., 2008). El factor Q varía en una escala logarítmica que va de 0.001 a 1.000, donde 0.001 es roca extremadamente pobre y 1.000 es una roca prácticamente perfecta. Las clasificaciones empíricas del macizo rocoso (como los sistemas RMR y Q) predicen el soporte necesario para estabilizar una abertura subterránea. La predicción se basa principalmente en la calidad del macizo rocoso y el tamaño de la abertura. El índice numérico de la calidad del macizo rocoso se obtiene tras aplicar una calificación numérica a varios parámetros (Kashyap et al., 2008).

Según Kashyap et al. (2008) el valor Q se estima a partir de la siguiente expresión (3):

$$Q = \left(\frac{RQD}{J_n} \right) \left(\frac{J_r}{J_a} \right) \left(\frac{J_w}{SRF} \right) \quad (3)$$

Donde RQD es el porcentaje de varillas de perforación competentes >100 mm de longitud en un dominio seleccionado, J_n la calificación para el número de conjuntos de juntas (nueve para tres conjuntos, cuatro para dos conjuntos, etc.) en el mismo dominio, J_r la calificación de la rugosidad de la menos favorable de estas juntas o discontinuidades rellenas, J_a la calificación del grado de alteración o relleno de arcilla del conjunto de juntas o discontinuidad rellena menos favorable, J_w la calificación de la afluencia de agua y los efectos de la presión, que pueden provocar el desprendimiento de los rellenos de las discontinuidades, y SRF el índice de fallas, para la relación resistencia/esfuerzo en rocas macizas duras, para la compresión o para el hinchamiento. (RQD/J_n) es el tamaño relativo de los bloques, (J_r/J_a) es la resistencia relativa a la fricción, y (J_w/SRF) es el efecto relativo del agua, de las fallas, de la relación resistencia/estrés, de la compresión o del hinchamiento de la relación resistencia/esfuerzo, la compresión o el hinchamiento (un término de "tensión activa"). La siguiente expresión de cuatro parámetros (4) representa la calidad geológica del macizo rocoso:

$$Q' = \left(\frac{RQD}{J_n} \right) \left(\frac{J_r}{J_a} \right) \quad (4)$$

En el sistema Q, el soporte se elige a partir de un gráfico de diseño que traza la amplitud/importancia de la abertura con la calidad del macizo rocoso Q, por consiguiente, los sistemas de clasificación de macizos rocosos son sistemas expertos que utilizan los conocimientos recopilados de expertos y casos anteriores, manipulan este conocimiento experto mediante reglas "si... entonces" para llegar a una conclusión y predecir las medidas de apoyo.

2.3. Definición de términos básicos

Los términos más utilizados en el trabajo de investigación se detallan a continuación:

Tolva: Disposición de carga que utiliza la gravedad para mover material de un nivel superior a un nivel inferior.

Buzamiento: Ángulo en el que se inclina un depósito de mineral desde el horizontal.

Punto de extracción: Lugar donde se puede cargar y extraer mineral.

Parrilla: Disposición que evita que la roca de gran tamaño a un sistema de transferencia de mineral.

Nivel: Sistema de trabajos subterráneos horizontales conectado al eje. Un nivel forma la base para la excavación del mineral por encima o por debajo.

Mineral: Depósito mineral que se puede trabajar con fines de lucro según las condiciones económicas existentes.

Ore Pass: Abertura subterránea vertical o inclinada a través del cual se transfiere el mineral.

Chimenea: Abertura subterránea impulsada hacia arriba desde un nivel inferior a un nivel superior o a la superficie; una elevación puede ser vertical o inclinado.

Rampa: Abertura subterránea inclinada que conecta niveles o áreas de producción; las rampas están inclinadas para permitir el paso de vehículos motorizados. Las rampas generalmente se conducen hacia abajo.

Subnivel: Sistema de trabajos subterráneos horizontales; normalmente, los subniveles se usan solo dentro de las áreas de parada donde son necesarios para la producción de mineral.

Desmante: Roca estéril o roca de grado demasiado bajo para ser extraída económicamente.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La optimización de la perforación y voladura de taladros largos mejoraría la producción en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources.

2.4.2. Hipótesis específicas

Primera Hipótesis Específica

La optimización de la perforación de taladros largos mejoraría la producción en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources.

Segunda Hipótesis Específica

La optimización de la voladura de taladros largos mejoraría la producción en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources.

2.5. Identificación de variables

Para la investigación tenemos;

Variable dependiente

Para el presente trabajo de investigación, la variable dependiente es:

- *Y = Mejorar la producción en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources.*

Variables independientes

Para el estudio, las variables independientes son:

- *X = La optimización de la perforación y voladura de taladros largos en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources.*
- *X1 = La optimización de la perforación de taladros largos en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources.*
- *X2 = La optimización de la voladura de taladros largos en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources.*

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Indicadores de la hipótesis general

Los indicadores de la hipótesis general se detallan a continuación:

- **Variables Independientes**

X = La optimización de la perforación y voladura de taladros largos en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources.

- **Variables Dependientes**

Y = Mejorar la producción en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources.

Indicadores de las hipótesis secundarias

Los indicadores del trabajo de investigación se detallan a continuación:

- **Variables independientes**

X = *La optimización de la perforación y voladura de taladros largos en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources.*

DIMENSIONES:

X_1 = *La optimización de la perforación de taladros largos en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources.*

X_2 = *La optimización de la voladura de taladros largos en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources.*

- **Variables dependientes**

Y = Mejorar la producción en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources.

INDICADORES:

Y_1 = Producción actual.

Y_2 = Producción optimizada.

En la *Tabla 13* de la página 59 se muestra el cuadro de operacionalización de las variables donde se detallan las dimensiones e indicadores.

Tabla 13. Tabla de operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicadores	Técnica de análisis	Instrumento de análisis	Fuentes de datos
Variable Independiente					
:					
X = La optimización de la perforación y voladura de taladros largos en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources.	X ₁ = La optimización de la perforación de taladros largos en la U.E.A. Resources. X ₂ = Costos de voladura de taladros largos en la U.E.A. Resources.	X = perforación (\$/Tn). ¹ = Santander de Cerro de Pasco Resources.	Documental	Informe mensual de Cerro de Pasco Resources..	Datos del área de planeamiento de Cerro de Pasco Resources.
Variable Dependiente:					
Y = Mejorar la producción en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources.	Y ₁ = Producción actual. Y ₂ = Producción optimizada.	Y ₁ = Costo de la producción actual (\$/Tn). Y ₂ = Costo de la producción optimizada (\$/Tn)	Documental	Informe	Cerro de Pasco Resources. Ministerio de Energía y Minas.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

De acuerdo al Propósito

La presente investigación es de tipo aplicada.

3.2. Nivel de Investigación

La investigación es de tipo descriptiva ya que permite optimizar los costos de producción y relaciona con el incremento de la producción de la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources. (Pino, 2018)

De acuerdo al diseño

La investigación es no experimental.

De acuerdo al método

La investigación es comparativa con muestras independientes.

3.3. Métodos de investigación

La investigación es descriptiva.

3.4. Diseño de investigación

Investigación no experimental.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población está conformada por los blocks mineralizados de U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources.

3.5.2. Muestra

Se tomará como muestra un block mineralizado de la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources.

3.6. Técnicas e instrumento de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

Se realizará el tratamiento estadístico de la información de campo usando el Excel y programas estadísticos.

3.6.2. Instrumentos

Tenemos:

- Análisis de la información documental.
- La observación

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

Se usará programas estadísticos como el SPSS y Jamovi.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento y análisis de datos se hará uso de un programa estadístico así como para la prueba de hipótesis.

3.9. Tratamiento estadístico

Diseño Estadístico.

En el estudio haremos uso del muestreo aleatorio simple.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

Sharma (2022) en su trabajo de investigación "Plgiarism in Research Ethics" explica que la investigación es un proceso que requiere un trabajo riguroso para que sea original y auténtico en su área respectiva. En palabras

sencillas, la investigación es un estudio que va de lo "conocido a lo desconocido", lo que significa que hay que revisar los conocimientos existentes para generar nuevas ideas a partir de ellos. En este proceso, los investigadores cometen el error, consciente o inconscientemente, de robar ideas o puntos de vista ajenos, lo que se conoce como "plagio". El plagio es un grave problema para los académicos, que se limitan a cortar, copiar y pegar el material para terminar su tesis a tiempo. Por ello, este artículo explica el concepto de plagio en la investigación y cómo puede evitarse para que la tesis sea más original y auténtica (Sharma, 2022). En conclusión, es fundamental recordar que el plagio, que se considera un robo intelectual, es un problema para la moral de cada persona. Por lo tanto, para garantizar que el trabajo sea más real y original, evitar el plagio es la responsabilidad más crucial de todo escritor. Hay que dar siempre todo el crédito utilizando las citas y referencias apropiadas. Hoy en día, gracias a Internet, los eruditos tienen una gran cantidad de recursos a su alcance, lo que también actúa como una especie de tentación de deshonestidad intelectual. Lenburg (2007, p.g 519) enumera dos beneficios de esta práctica de honestidad: (1) demuestra la amplitud de las pruebas que has encontrado para apoyar tu investigación, y (2) da más autoridad a tu artículo al mencionar fuentes creíbles.

Walliman (2017) en su trabajo de investigación "Research Ethics" menciona que las organizaciones educativas y profesionales que supervisan los proyectos de investigación tienen estrictas directrices éticas que deben seguirse. Hay dos aspectos de las cuestiones éticas en la investigación: los valores individuales del investigador relacionados con la honestidad, la franqueza y la integridad personal; el trato del investigador a otras personas implicadas en la investigación, relacionado con el consentimiento informado, la confidencialidad, el anonimato y la cortesía. La honestidad debe mantenerse en todos los aspectos del trabajo de investigación, merece la pena centrarse aquí

en varias de las cuestiones más importantes. A menos que se indique lo contrario, lo que escriban los investigadores se considerará su propio trabajo; las ideas se considerarán tuyas a menos que digan lo contrario. La peor ofensa a la honestidad en este sentido se llama plagio: copiar directamente el trabajo de otra persona en el informe y la tesis del investigador. El capítulo muestra tres formas principales de evitar el plagio sin dejar de utilizar material de otras fuentes (Walliman, 2017).

Kumar et al. (2014) en su trabajo de investigación "Knowing and Avoiding Plagiarism During Scientific Writing" explica que el plagio es cada vez más frecuente tanto en la comunidad dental como en la médica. La mayoría de los escritores no saben que el plagio es un problema grave. El plagio puede ir desde la simple falta de honradez (un pequeño copy-paste/cualquier discrepancia) hasta un problema más grave (una discrepancia mayor/duplicación del manuscrito) cuando los autores hacen un cut-copy-paste de la fuente original sin dar el crédito adecuado a la fuente principal. Cuando buscamos en bases de datos como PubMed/MedLine hay mucha información sobre el plagio. Sin embargo, sigue siendo un tema de actualidad e interés para todos los investigadores saber cómo evitar el plagio. Es hora de que todo joven investigador conozca las directrices éticas a la hora de escribir cualquier publicación científica. Utilizando las propias ideas, podemos escribir el artículo completamente sin mirar la fuente original. Se pueden añadir palabras específicas de la fuente utilizando citas y citándolas, lo que puede ayudar no sólo a respaldar el trabajo y ampliar las ideas, sino también a evitar el plagio. Es obligatorio que todos los autores, revisores y editores de todas las revistas científicas conozcan el plagio y sepan cómo evitarlo siguiendo unas directrices éticas y utilizando un software de detección de plagio durante la redacción científica (Kumar et al., 2014, p. 193). Las conclusiones del estudio son: Para publicar un buen artículo científico, hay que leer detenidamente las fuentes

originales y, a continuación propias ideas o pensamientos con sus propias palabras, parafraseando palabras, parafraseando, citando y entrecomillando adecuadamente siempre que sea necesario para evitar el plagio (Kumar et al., 2014, p. 197). Con el avance de la tecnología, incluso los escritores dentales y médicos necesitan nuevas ideas, conceptos, técnicas o para cualquier hipótesis que ayude aún más en el campo de la odontología y la medicina (Kumar et al., 2014, p. 197).

Stabingis (2014) en su trabajo de investigación "Avoiding Plagiarism In Students'Written Works: Experience Of Lithuania Linas University" explica los resultados de una investigación sobre el alcance de las políticas y medidas utilizadas para prevenir el plagio en los trabajos escritos de los estudiantes universitarios, en el contexto de las medidas propuestas por los autores de publicaciones científicas, y la evaluación de los resultados. El plagio está declarado como un comportamiento inaceptable en los actos jurídicos y reglamentos institucionales, pero los estudiantes están plagiando y las instituciones de educación superior (IES) están tratando de poner barreras a este tipo de deshonestidad académica. Utilizando métodos de análisis monográfico, análisis lógico y comparación se realizó un análisis de publicaciones científicas que muestran que la cuidadosa implementación de normas éticas, políticas y procedimientos sobre prevención del plagio en las IES permiten alcanzar avances significativos en la evitación del plagio. Utilizando métodos de análisis de normativas legales e institucionales, entrevistas personales y telefónicas, se analizaron las medidas de prevención del plagio utilizadas en la universidad investigada y se debatió el impacto de estas medidas y las recomendaciones para otras IES de Letonia y de otros países (Stabingis, 2014, p. 471).

Entre las conclusiones del estudio, tenemos que en los últimos años, las instituciones de educación superior de Letonia se han esforzado mucho en la

elaboración de políticas y procedimientos para prevenir el plagio y otras formas de deshonestidad académica. Una práctica aconsejable para otras IES de Letonia y de otros países es la planificación cuidadosa y detallada de las actividades que deben llevarse a cabo en el proceso de preparación de los trabajos de fin de grado y máster y la comprobación periódica del progreso de los estudiantes. Los profesores, que analizan periódicamente los borradores de los trabajos de los alumnos, pueden tener influencia positiva en el aumento de la calidad general de estos trabajos y sirve como medida muy eficaz para la prevención del plagio. El uso del repositorio para el almacenamiento de todos los trabajos escritos de los estudiantes y del software para la búsqueda de similitudes en los trabajos recién actualizados podría tener un gran impacto tanto en la disuasión como en la detección del plagio en las IES de Letonia, pero sólo en el caso de que todos los influyentes en el proceso de estudio, es decir, las instituciones estatales, las IES y los académicos individuales sigan las recomendaciones, proporcionadas en la subsección de discusiones de este artículo (Stabingis, 2014, p. 477).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

A continuación se detalla el reporte de operaciones del turno de día del 26 de noviembre del 2022.

Tabla 14. Labores disparadas (Turno A - 26/11/2022).

LABORES DISPARADAS			
1°	SN 4020-2T-45	P/V	P
2°	SN 4090-1S	P/V	P
3°	SN 4020-4S	P/V	P
4°	SN 4130-3S	P/V	P
5°	SN 4110-2S	P/V	P
6°	RP 3860	NICHO	P
7°	.		
8°			
9°			

Tabla 15. Producción (Turno A - 26/11/2022).

PRODUCCION	VIAJES
TJ 4230-1S	40
TJ 4300-1	8
SN 4020-4S	10
SN 4090-1N	8
TOTAL	66

Tabla 16. Sostenimiento con shotcrete (Turno A - 26/11/2022).

SHOTCRETE		M³
1°	SN 4090-2T-1S	4
2°	CX 4020-4	4
3°	SN 4020-4S	4
4°	SN 4090-1S	4
5°		
6°		
7°		
8°		
9°		
TOTAL		16

Tabla 17. Stock (Turno A - 26/11/2022).

STOCK	TN
TJ 4370-1	800
SN 4090-1S	150
SN 4020-4S	150
SN 4130-3S	150
SN 4110-2S	150
RJ 4120-1	180
TOTAL	1580

Tabla 18. Voladura de tajos (Turno A - 26/11/2022).

VOLADURA DE TAJOS		FILAS	
1°	TJ 4370-1	373-372	□□
2°			
3°			
4°			

Tabla 19. Número de viajes de los volquetes (Turno A - 26/11/2022).

VIAJES VOLQUETE	N°
MINERAL	66
RELAVE SUPERFICIE	45
DESMONTE	7
LAMA	

Tabla 20. (Turno A - 26/11/2022).

TALADROS LARGOS			
	LABORA	FILAS	METROS
SIMBA 1	TJ 4020-4	9 RIMADOS+ADICIONAL FILA32-33-34	133
SIMBA 3	TJ 4370-1	373-372	174.5

Tabla 21. Relleno (Turno A - 26/11/2022).

RELLENO	M ³
TJ 4510-2	302

Tabla 22. Sostenimiento (Turno A - 26/11/2022).

SOSTENIMIENTO				
LABOR	SPLIT SET 07	SPLIT SET 10	MALLA (M2)	P. HELICOIDAL
RP 3860				5

Tabla 23. Promedio diario (25/11/2022).

DAILY AVERAGE													
FECHA	ETAPA	NIVEL	ESTRUCTURA	LABOR	TM	% Zn	% Pb	Oz/Ag	g/t Ag	% Fe	Bi ppm	NSR	
25/11/2022	development	4370	M.Sur	SN4130-3S	100	2.46	0.13	0.07	2.00	7.67	15.57	43.39	
			Total M.Sur		100	2.46	0.13	0.07	2.00	7.67	15.57	43.39	
		Total 4370				100	2.46	0.13	0.07	2.00	7.67	15.57	43.39
		4090	M.Centro	SN4090-1S	340	5.94	0.36	1.66	51.50	16.01	86.46	124.63	
			Total M.Centro		340	5.94	0.36	1.66	51.50	16.01	86.46	124.63	
		Total 4090				340	5.94	0.36	1.66	51.50	16.01	86.46	124.63
		4020	M.Centro	SN4020-2T-4N	80	3.38	0.20	0.77	23.91	11.18	50.91	68.57	
				CX4020-4	200	3.30	0.04	0.10	3.05	8.56	27.84	56.75	
			Total M.Centro		280	3.32	0.08	0.29	9.01	9.31	34.43	60.13	
		Total 4020				280	3.32	0.08	0.29	9.01	9.31	34.43	60.13
	Total Prod Stopped/Slashing					720	4.44	0.22	0.90	28.10	12.24	56.38	88.26
	Prod Stopped/Slashing	4510	M.Sur	TJ4510MS-1S	860	3.46	0.13	0.55	17.19	12.22	49.83	66.34	
			Total M.Sur		860	3.46	0.13	0.55	17.19	12.22	49.83	66.34	
			Total 4510				860	3.46	0.13	0.55	17.19	12.22	49.83
		4300	M.Sur	TJ4300MS-3S	980	4.07	0.34	0.60	18.61	12.29	35.13	79.68	
			Total M.Sur		980	4.07	0.34	0.60	18.61	12.29	35.13	79.68	
		Total 4300				980	4.07	0.34	0.60	18.61	12.29	35.13	79.68
		4090	M.Centro	SN4090-2T-1N	120	2.75	0.10	0.31	9.71	7.31	28.53	51.10	
			Total M.Centro		120	2.75	0.10	0.31	9.71	7.31	28.53	51.10	
		Total 4090				120	2.75	0.10	0.31	9.71	7.31	28.53	51.10
Total Prod Stopped/Slashing					1,960	3.72	0.23	0.56	17.45	11.96	41.18	72.07	
Total Tonnage/average grades daily					2,680	3.91	0.23	0.65	20.31	12.03	45.26	76.42	
Total general					2,680	3.91	0.23	0.65	20.31	12.03	45.26	76.42	

Fuente: Departamento de Planeamiento de MCEISA U.M. Santander.

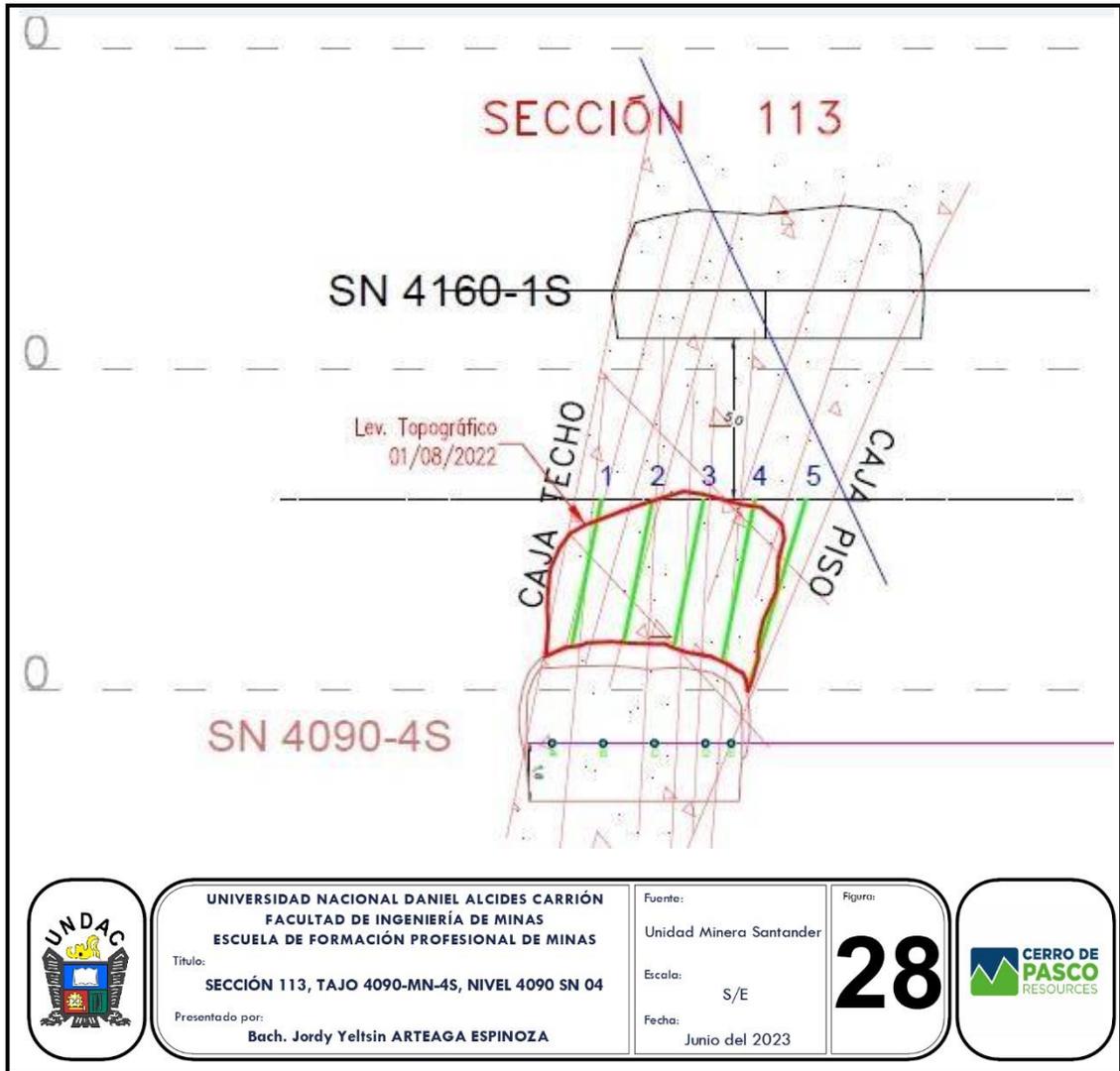


Figura 28. Sección 113, Tajo 4090-MN-4S, Nivel 4090 SN 04.

Fuente: Unidad Minera Santander.

Tabla 24. Fila 113 (TL. Positivos), Tajo 4090-MN-4S, Nivel 4090 SN 04.

Fila 113(TL.Positivos)

Tajo : 4090-MN-4S
Nivel : 4090 SN 04

N° Tal	DISEÑO			EJECUTADO					
	Angulo	metros	barras	Comu.	No Com.	Repase	Fecha	Operador	
1	78.5°	4.7	4.0 b						
2	78.5°	4.58	4.0 b						
3	78.5°	4.75	4.0 b						
4	78.5°	5.18	4.5 b						
5	73.0°	6.26	5.0 b						
Metros Tot.		25.46	Ton/Sec	181.94	Ton/m	7.15	Burden	1.65m	Espaciam. 1.65m

Fecha : 23/07/2022

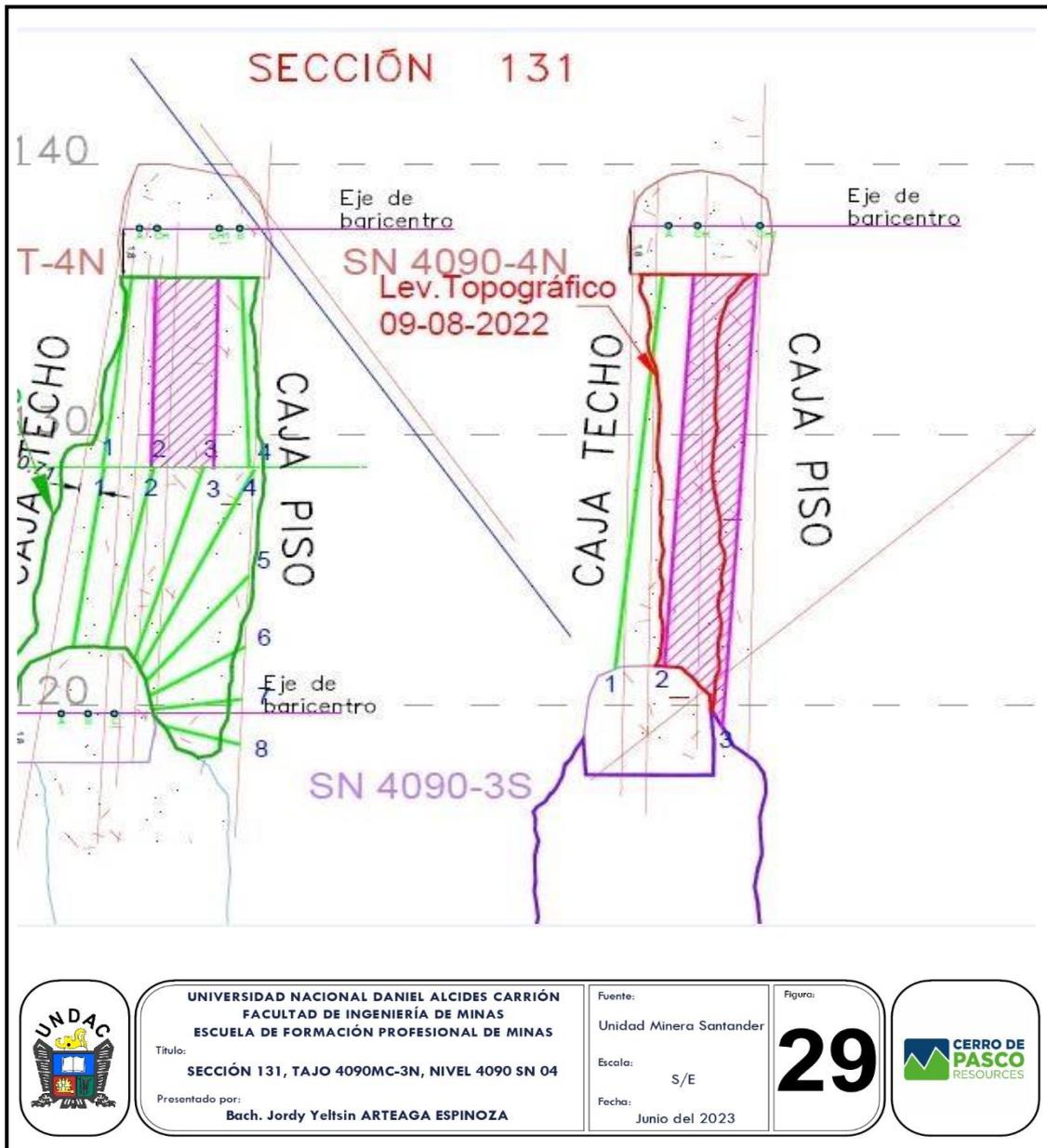


Figura 29. Sección 131, Tajo 4090MC-3N, Nivel 4090 SN 04.

Fuente: Unidad Minera Santander.

Tabla 25. Fila 131 (TL. Negativos), Tajo 4090-MC-3N, Nivel 4090 SN 04.

Fila 131(TL.Negativos)

Tajo : 4090-MC-3N
Nivel : 4090 SN 04

N° Tal	DISEÑO			EJECUTADO				
	Angulo	metros	barras	Comu.	No Com.	Repase	Fecha	Operador
1	83.5°	14.6	12.0 b					
2	86.0°	14.5	12.0 b					
3	86.0°	16.7	14.0 b					
Metros Tot.		45.96	Ton/Sec	346.7	Ton/m	7.54	Burden 1.65m	Espaciam. 1.65m

Fecha : 10/07/2022

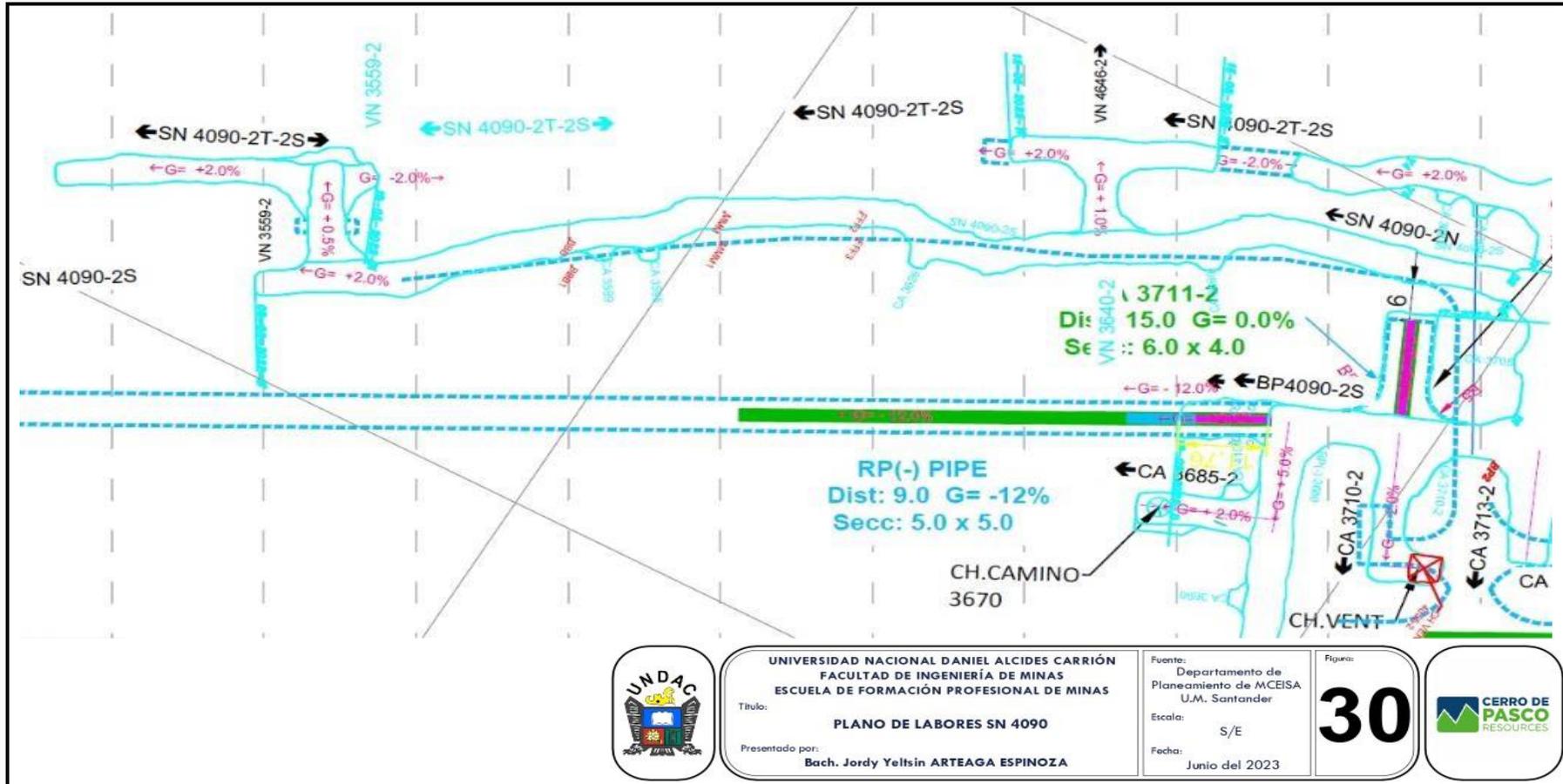


Figura 30. Plano de labores SN 4090

Fuente: Departamento de Planeamiento de MCEISA U.M. Santander.

A continuación, se presenta los datos del reporte de operaciones del tuno noche del 25 de noviembre del 2022.

Tabla 26. Labores disparadas (Turno Noche - 25/11/2022).

LABORES DISPARADAS			
1°	SN 4020-4N	P/V	✓
2°	SN 4020-4S	P/V	✓
°	SN 4090-1N	LIMPIO	×
4°	SN 4090-2T-1S	P/V	✓
5°	SN 4020-2T-4S	P/V	✓
6°	SN 4120-1S	P/V (DESQ.)	✓
7°			□
8°			□
9°			□

Tabla 27. Producción (Turno Noche - 25/11/2022).

PRODUCCION	VIAJES
TJ 4300-3S-MS	29
SN 4130-3S	7
TJ 4510-1S	8
SN 4020-2T-4S	6
SN 4090-1S	9
SN 4020-4N	7
TOTAL	66

Tabla 28. Sostenimiento con shotcrete (Turno Noche - 25/11/2022).

SHOTCRETE		M ³
1°	CX 4020-4	4
2°	SN 4130-3S	4
3°	RP(-) 3860	4
4°		
5°		

6°		
7°		
8°		
	TOTAL	12

Tabla 29. Stock (Turno Noche - 25/11/2022).

STOCK	TN
SN 4020-4N	100
SN 4020-4S	100
SN 4090-2T-1S	150
SN 4020-2T-4S	150
SN 4120-1S (DESQ.)	100
TJ 4230-1S	560
TJ 4300-3S	100
TOTAL	1260

Tabla 30. Voladura de tajos (Turno Noche - 25/11/2022).

VOLADURA DE TAJOS		FILAS	
1°	TJ 4230-1S	5 filas de produccion (432,431,430,429,428)	Ejecutado
2°			
3°			
4°			

Tabla 31. Taladros largos (Turno Noche - 25/11/2022).

TALADROS LARGOS			
	LABOR	FILAS	METROS
SIMBA 1	TJ 4020-2T4N	Taladros chimenea	175
SIMBA 3	TJ 4230-1S	Taladros de producción (429,428,427,426)	96

Tabla 32. Número de viajes de los volquetes (Turno Noche - 25/11/2022).

VIAJES VOLQUETE	N°
MINERAL	66
RELAVE (SUPERFICIE)	

DESMONTE	21
LAMA	

Tabla 33. Relleno (Turno Noche - 25/11/2022).

RELLENO	M ³
TJ 4090-2S	182

Tabla 34. Sostenimiento (Turno Noche - 25/11/2022).

SOSTENIMIENTO				
LABOR	SPLIT SET 07	SPLIT SET 10	MALLA (M2)	P. HELICOIDAL
SN 4510-2S				6
SN 4120-1S	11			

Tabla 35. Parada de equipos (Turno Noche - 25/11/2022).

PARADAS DE EQUIPOS	HORA	DESCRIPCION
SC 08	IG- 10:30	Problemas en la llanta posicion #02
SC 10	IG-9:30	Rotura de abrazaderas
SC 09	21:10 - 1:15	Problemas con el telemando
VOL 11	9:20 - 23:00	Problema de sistema ABS
SIMBA #01	IG - 10:00	Correctivos y alineamiento de mordaza
ROBOTH #03	23:30 - 12:20	Problemas en la llanta posicion #01

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Reporte de Operaciones

En los siguientes cuadros se presenta el reporte de operaciones de la Unidad Minera Santander.

Tabla 36. Reporte de operaciones (25/11/2022).



MCEISA
U.M. SANTANDER

REPORTE DIARIO DE OPERACIONES

GUARDIA

25/Noviembre

<u>AVANCES:</u>	PROGRAMADO	und.	DIA	NOC	EJECUTADO	und.	PROYECCION	und.	%CUMPL.
	961	m	11.2	7.5	882.4	m	882.4	m	🟡 92%
			18.7						

<u>PRODUCCION:</u>	PROGRAMADO	und.	DIA	NOC	EJECUTADO	und.	PROYECCION	und.	%CUMPL.
TAJOS	67239	Tn.	1320	740	31,800.00	Tn.	60,991.00	Tn.	🟡 94%
SUB NIVELES			220	580	31,360.00				
			2860.0		63,160.0				

<u>RELLENO:</u>	PROGRAMADO	und.	DIA	NOC	Suma de M3	und.	PROYECCION	und.	%CUMPL.
	15903	m3	130	182	9,302.40	m3	8,276.40	m3	🔴 58%
			312.0						

Fuente: Departamento de Planeamiento de MCEISA U.M. Santander.

Tabla 37. Reporte de operaciones (25/11/2022).

TALADROS LARGOS:	EQUIPO	und.	DIA	NOC	EJECUTADO	und.	m/Gda.	Prog.	%CUMPL.
	SIMBA 1	m	151	175	2662	m	42.94	150	❌ 29%
	SIMBA 3	m	0	0	3900.9	m	62.92	150	❌ 42%
			326.0						
SHOTCRETE:	PROGRAMADO	und.	DIA	NOC	SH. M3	und.	PROYECCION	und.	%CUMPL.
	1302	m3	15	12	1188	m3	1146	m3	🟡 91%
			27.0						
SOSTENIMIENTO:	PROGRAMADO	und.	DIA	NOC	und.	und.	PROYECCION	und.	%CUMPL.
	2480	Und.	33	11	3462	und.	4722	m3	✅ 140%
			44.0						

Fuente: Departamento de Planeamiento de MCEISA U.M. Santander.

Tabla 38. Avances (25/11/2022).

AVANCES				
LABOR	D	N	TOTAL	
SN 4090-2T-1S	0	3.5	3.5	
SN 4090-1S	2.1	0	2.1	
SN 4020 - 2T - 4S	2.1	0	2.1	
SN 4130-3S	3	0	3	
RP(-) 3860	2.5	0	2.5	
SN 4020-4N	1.5	2.3	3.8	
SN 4020-4S	0	1.7	1.7	Cumpl. Dia
Total general	11.2	7.5	18.7	58%

Tabla 39. Producción – Tajos (25/11/2022).

PRODUCCION (TAJOS)			
LABOR	DIA	NOCHE	TOTAL
TJ 4300-3S	420	580	1000
TJ 4510-1S	900	160	1060
Total general	1320	740	2060

Tabla 40. Producción - Subniveles (25/11/2022).

PRODUCCION (SUBNIVELES)			
LABOR	DIA	NOCHE	TOTAL
SN 4090-1N	220	0	220
SN 4090-1S	0	180	180
SN 4020 - 2T - 4S	0	120	120
SN 4130 - 3S	0	140	140
SN 4020-4N	0	140	140
Total general	220	580	800

Tabla 41. Sostenimiento con Shotcrete (25/11/2022).

SHOTCRETE				
LABOR	D	N	TOTAL	
BP 4120-1S	3.5	0	3.5	
SN 4090-1S	4	0	4	
CX 4020-4	4	4	8	
TJ 4230-1S	3.5	0	3.5	
SN 4130-3S	0	4	4	
RP(-) 3860	0	4	4	
Total general	15	12	27	Cumpl. Dia 64%

Tabla 42. Perforación con el SIMBA (25/11/2022).

SIMBA PERFORACION			
LABOR	DIA	NOCHE	TOTAL
SIMBA 1	151	175	326
TJ 4370-1S	151	0	151
TJ 4020-2T-4N	0	175	175
SIMBA 3	75	98	173
TJ 4230-1S	75	98	173
Total general	226	273	499

Tabla 43. Sostenimiento con pernos de anclaje (25/11/2022).

LABOR	P. HELICOIDAL		SPLIT SET 7		Total general
	D	N	D	N	
SN 4120-1S	0	0	0	11	11
SN 4090-2T-1S	0	0	10	0	10
CX 4020-4	0	0	5	0	5
SN 4020-2T-4S	0	0	18	0	18
SN 4043-2S	0	6	0	0	6
RP(-) 3860	8	0	0	0	8
Total general	8	6	33	11	58

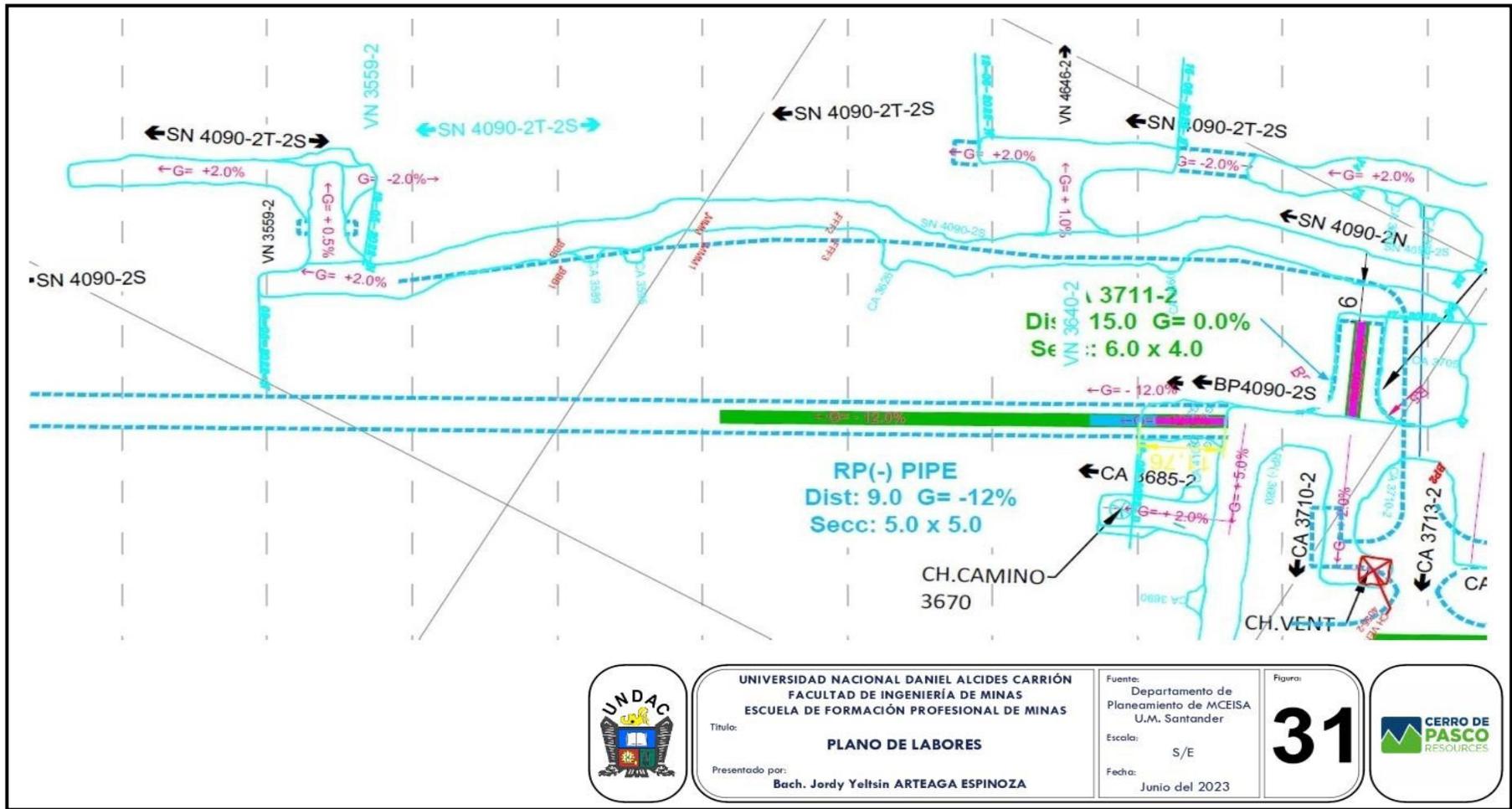


Figura 31. Plano de labores

Fuente: Departamento de Planeamiento de MCEISA U.M. Santander.

Tabla 44. Rotura de Tajo 4090-MN-4S Agosto 2022.

ROTURA DE TAJO 4090-MN-4S AGOSTO 2022																		
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE LA ROTURA (M³)			ROTURA DE RESERVAS SEGÚN DISEÑO (M³)			DILUCIÓN (M³)			PERDIDA DE RESERVA (M³)			%Dilución	Volumen de recuperación x sección	% de recuperación x sección				
Nº FILAS	Area x Sección.	Burden	Volumen x Sección	Area x Sección.	Burden	Volumen x Sección	Area x Sección.	Burden	Volumen x Sección	Area x Sección.	Burden				Volumen x Sección			
F110	35.39	1.65		40.05	1.65		1.50	1.65		6.16	1.55							
F111	30.34	1.65	54.23	37.26	1.65	63.78	0.00	1.65	1.24	6.92	1.55	10.79	2.34%	52.99	83.08%			
F112	30.58	1.65	50.26	38.05	1.65	62.13	0.88	1.65	0.73	8.35	1.55	12.60	1.47%	49.53	79.72%			
F113	30.59	1.65	50.47	36.13	1.65	61.20	0.58	1.65	1.20	6.11	1.55	11.93	2.44%	49.26	80.50%			
F114	26.62	1.65	47.20	35.16	1.65	58.81	0.03	1.65	0.50	8.65	1.55	12.17	1.07%	46.64	79.30%			
F115	24.58	1.65	42.24	31.58	1.65	55.06	0.36	1.65	0.32	7.36	1.55	13.20	0.77%	41.86	76.02%			
F115	22.45	1.65	38.80	32.85	1.65	53.15	0.00	1.65	0.30	10.40	1.55	14.65	0.78%	38.50	72.43%			
F117	21.66	1.65	36.38	31.64	1.65	53.21	0.00	1.65	0.00	9.99	1.55	16.82	0.00%	36.38	68.38%			
F118	18.71	1.65	33.30	29.28	1.65	50.26	0.00	1.65	0.00	10.57	1.55	16.96	0.00%	33.30	66.25%			
F119	17.84	1.65	30.16	27.82	1.65	47.11	0.00	1.65	0.00	9.97	1.55	16.95	0.00%	30.16	64.02%			
F120	19.21	1.65	30.57	26.89	1.65	45.13	0.04	1.65	0.04	7.73	1.55	14.60	0.12%	30.53	67.64%			
F121	20.12	1.65	32.44	25.65	1.65	43.35	0.73	1.65	0.64	6.26	1.55	11.54	2.00%	31.81	73.38%			
Total Volumen			446.05	Total Volumen			593.19	Total Volumen			4.96	Total Volumen			152.23	1.12%	440.97	74.34%

M3 Recuperados	M3 Dsto + CHsto	M3 Dsto x Mes Ant	M3 total	P.E.	Ton a pagar
440.97			440.97	3.35	1,477.24

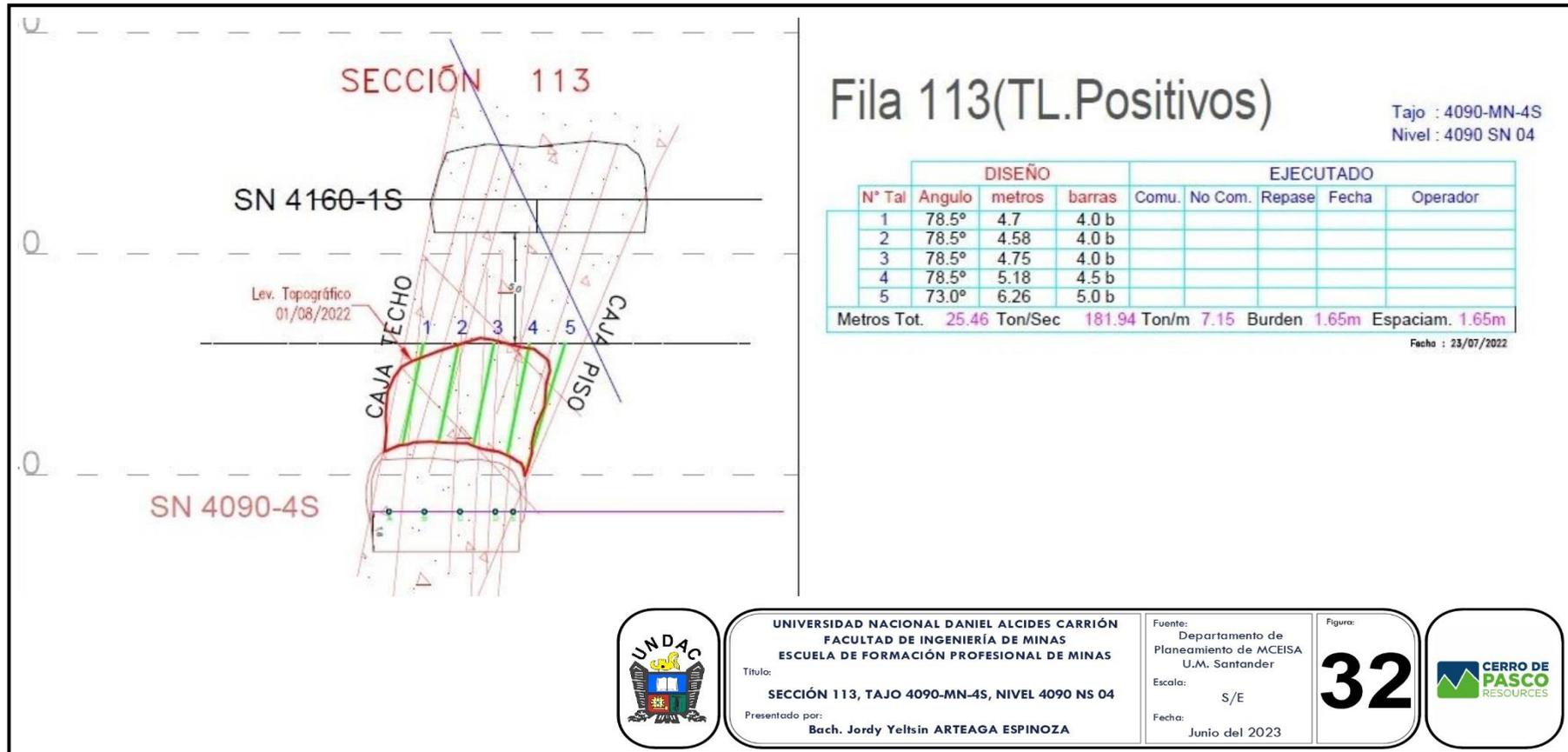


Figura 32. Sección 113, Tajo 4090-MN-4S, Nivel 4090 NS 04

Fuente: Departamento de Planeamiento MCEISA U.M. Santander.

Tabla 45. Rotura de Tajo 4510-RO-2E Julio 2022.

ROTURA DE TAJO 4510-RO-2E JULIO 2022																
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE LA ROTURA (M³)			ROTURA DE RESERVAS SEGÚN DISEÑO (M³)			DILUCIÓN (M³)			PERDIDA DE RESERVA (M³)			%Dilución				
N° FILAS	Area x Sección.	Burden	Volumen x Sección	Area x Sección.	Burden	Volumen x Sección	Area x Sección.	Burden	Volumen x Sección	Area x Sección.	Burden		Volumen x Sección			
F02	16.92	1.65		21.45	1.65		3.67	1.65		8.20	1.65					
F03	23.28	1.65	33.16	25.24	1.65	38.52	4.63	1.65	6.85	6.59	1.65	12.21	26.02%			
F04	25.21	1.65	40.00	26.87	1.65	42.99	6.73	1.65	9.37	8.39	1.65	12.36	30.61%			
F05	24.46	1.65	40.97	25.17	1.65	42.93	6.36	1.65	10.79	7.07	1.65	12.75	35.77%			
F06	24.65	1.65	40.52	19.24	1.65	36.64	7.24	1.65	11.22	1.83	1.65	7.34	38.29%			
F07	24.52	1.65	40.57	17.70	1.65	30.47	7.57	1.65	12.22	0.74	1.65	2.12	43.09%			
F08	29.48	1.65	44.55	24.34	1.65	34.68	9.43	1.65	14.02	4.29	1.65	4.15	45.93%			
F09	28.91	1.65	48.17	22.15	1.65	38.35	9.53	1.65	15.64	2.77	1.65	5.82	48.07%			
F10	28.44	1.65	47.31	21.46	1.65	35.97	8.48	1.65	14.85	1.50	1.65	3.52	45.77%			
F11	27.58	1.65	46.21	21.35	1.65	35.32	7.94	1.65	13.54	1.71	1.65	2.65	41.45%			
F12	29.08	1.65	46.74	21.00	1.65	34.94	8.42	1.65	13.49	0.34	1.65	1.69	40.58%			
F13	25.81	1.65	45.29	17.90	1.65	32.09	7.91	1.65	13.47	0.00	1.65	0.28	42.35%			
F14	24.55	1.65	41.55	21.80	1.65	32.75	5.38	1.65	10.97	2.63	1.65	2.17	35.85%			
F15	24.50	1.65	40.46	20.52	1.65	34.91	5.18	1.65	8.71	1.21	1.65	3.16	27.44%			
F16	25.27	1.65	41.06	20.58	1.65	33.91	5.18	1.65	8.55	0.50	1.65	1.40	26.31%			
F17	21.48	1.65	38.57	18.23	1.65	32.02	5.20	1.65	8.56	1.95	1.65	2.02	28.55%			
F18	15.46	1.65	30.47	18.75	1.65	30.51	4.60	1.65	8.08	7.89	1.65	8.12	36.10%			
F19	10.54	1.65	21.45	16.55	1.65	29.13	3.07	1.65	6.33	9.08	1.65	14.00	41.83%			
F20	7.49	1.65	14.88	17.26	1.65	27.89	1.61	1.65	3.86	11.37	1.65	16.87	35.00%			
Total Volumen			701.92	Total Volumen			624.04	Total Volumen			190.53	Total Volumen			112.64	37.26%

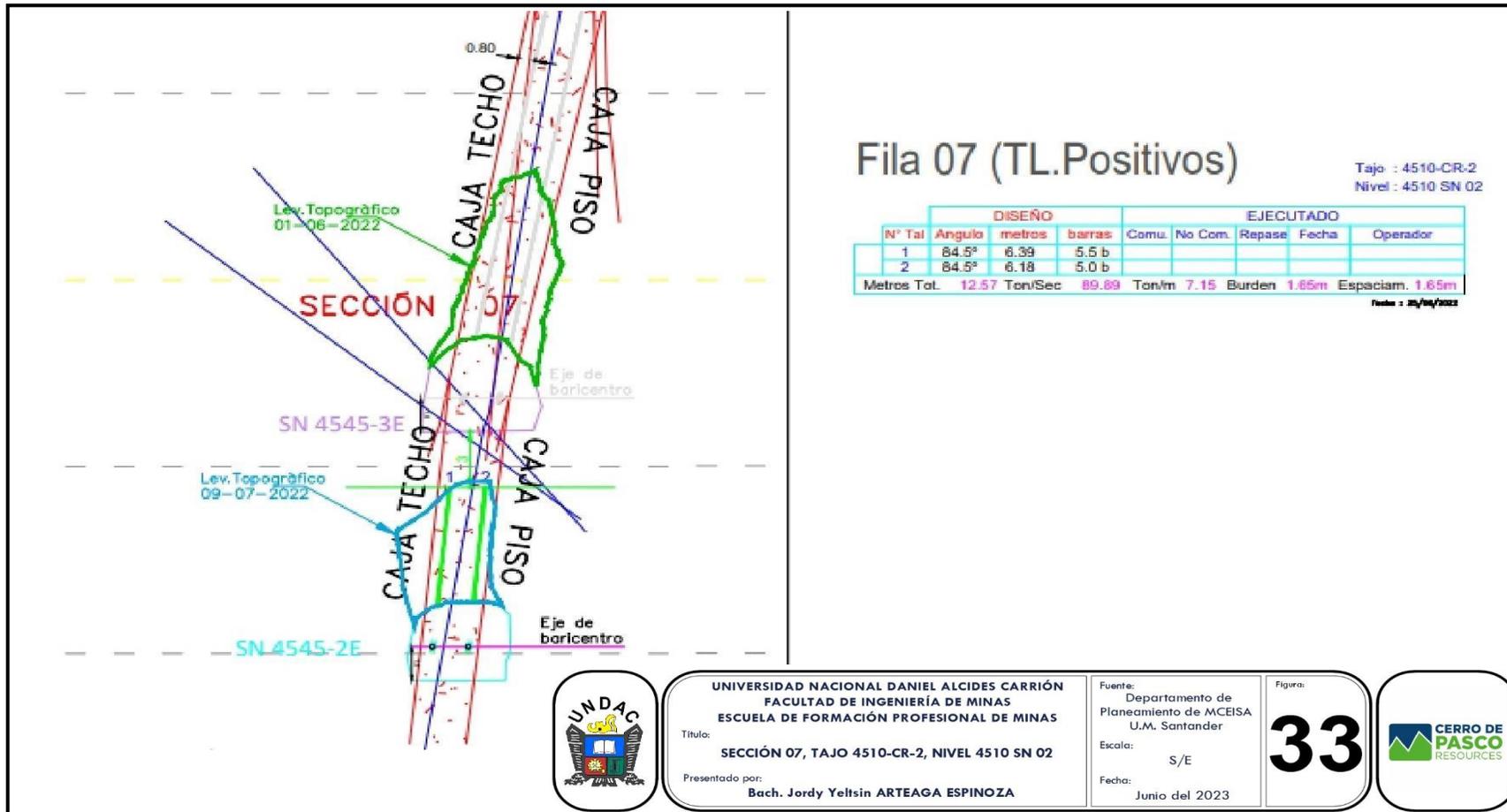


Figura 33. Sección 07, Tajo 4510-CR-2, Nivel 4510 SN 02.

Fuente: Departamento de Planeamiento MCEISA U.M. Santander.

Tabla 46. Rotura de Tajo 4090-MS-2T-2S Agosto 2022.

ROTURA DE TAJO 4090-MS-2T-2S AGOSTO 2022															
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE LA ROTURA (M³)			ROTURA DE RESERVAS SEGÚN DISEÑO (M³)			DILUCIÓN (M³)			PERDIDA DE RESERVA (M³)			%Dilución	Volumen de recuperación x sección	% de recuperación x sección	
N° FILAS	Area x Sección	Burden	Volumen x Sección	Area x Sección.	Burden	Volumen x Sección	Area x Sección.	Burden	Volumen x Sección	Area x Sección.	Burden				Volumen x Sección
F432	50.50	1.65		31.73	1.65		18.80	1.65		0.03	1.65				
F431	54.56	1.65	86.67	32.11	1.65	52.66	22.46	1.65	34.04	0.00	1.65	0.03	64.66%	52.64	99.95%
F430	54.14	1.65	89.68	29.03	1.65	50.43	26.18	1.65	40.12	1.06	1.65	0.88	80.97%	49.56	98.26%
F429	51.24	1.65	86.94	28.21	1.65	47.22	25.11	1.65	42.31	2.08	1.65	2.59	94.81%	44.63	94.52%
F428	40.00	1.65	75.27	27.03	1.65	45.57	14.30	1.65	32.51	1.34	1.65	2.81	76.03%	42.76	93.82%
F427	55.50	1.65	78.79	27.49	1.65	44.99	28.00	1.65	34.90	0.00	1.65	1.10	79.54%	43.88	97.55%
F426	44.95	1.65	82.87	29.21	1.65	46.78	15.74	1.65	36.09	0.00	1.65	0.00	77.14%	46.78	100.00%
F425	43.36	1.65	72.85	27.63	1.65	46.89	15.73	1.65	25.96	0.00	1.65	0.00	55.37%	46.89	100.00%
F424	47.00	1.65	74.55	30.27	1.65	47.77	16.74	1.65	26.79	0.01	1.65	0.01	56.08%	47.76	99.99%
F423	38.06	1.65	70.18	31.03	1.65	50.57	7.04	1.65	19.62	0.01	1.65	0.01	38.80%	50.56	99.98%
F422	36.96	1.65	61.89	28.60	1.65	49.19	8.95	1.65	13.20	0.60	1.65	0.50	27.10%	48.69	98.98%
F421	32.81	1.65	57.56	24.78	1.65	44.04	8.03	1.65	14.01	0.00	1.65	0.49	32.17%	43.55	98.88%
F420	35.04	1.65	55.98	27.22	1.65	42.90	7.83	1.65	13.08	0.00	1.65	0.00	30.49%	42.90	100.00%
F419	37.46	1.65	59.82	26.58	1.65	44.38	10.88	1.65	15.43	0.00	1.65	0.00	34.78%	44.38	100.00%
Total Volumen			993.04	Total Volumen		618.40	Total Volumen		348.06	Total Volumen		8.42	67.93%	604.98	98.83%

M3 Recuperados	M3 Dsto x CH slot	M3 Dsto x Mes Anter	M3 total	P.E.	Ton a pagar
604.98		71.140	533.84	3.33	1,777.69

Tabla 47. Rotura de Tajo 4090-MS-2T-3S Agosto 2022.

ROTURA DE TAJO 4090-MS-2T-3S AGOSTO 2022															
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE LA ROTURA (M³)			ROTURA DE RESERVAS SEGÚN DISEÑO (M³)			DILUCIÓN (M³)			PERDIDA DE RESERVA (M³)			%Dilución	Volumen de recuperación x sección	% de recuperación x sección	
N° FILAS	Area x Sección.	Burden	Volumen x Sección	Area x Sección.	Burden	Volumen x Sección	Area x Sección.	Burden	Volumen x Sección	Area x Sección.	Burden				Volumen x Sección
F365	46.23	1.65		45.97	1.65		4.40	1.65		4.15	1.65				
F364	49.44	1.65	78.92	47.35	1.65	76.99	4.54	1.65	7.38	2.45	1.65	5.45	10.31%	71.55	92.93%
F363	50.51	1.65	82.45	51.15	1.65	81.27	3.74	1.65	6.83	4.38	1.65	5.64	9.03%	75.62	93.06%
F362	51.73	1.65	84.35	50.72	1.65	84.04	7.13	1.65	8.97	6.11	1.65	8.66	11.89%	75.38	89.70%
F361	49.60	1.65	83.60	50.21	1.65	83.26	4.43	1.65	9.53	5.04	1.65	9.20	12.87%	74.06	88.95%
F360	48.24	1.65	80.71	50.42	1.65	83.02	4.00	1.65	6.95	6.18	1.65	9.25	9.42%	73.76	88.85%
F359	47.24	1.65	78.77	40.90	1.65	75.34	11.41	1.65	12.71	5.07	1.65	9.27	19.24%	66.06	87.69%
F358	51.00	1.65	81.05	40.67	1.65	67.29	10.65	1.65	18.20	0.32	1.65	4.44	28.96%	62.85	93.40%
F357	52.38	1.65	85.29	42.72	1.65	58.79	10.35	1.65	17.32	0.69	1.65	0.83	25.48%	67.97	98.80%
F356	69.36	1.65	100.44	43.15	1.65	70.84	26.22	1.65	30.16	0.00	1.65	0.57	42.92%	70.28	99.20%
F355	70.64	1.65	115.51	44.60	1.65	72.39	26.05	1.65	43.11	0.00	1.65	0.00	59.56%	72.39	100.00%
F354	73.93	1.65	119.27	43.29	1.65	72.51	30.64	1.65	46.77	0.00	1.65	0.00	64.50%	72.51	100.00%
F353	75.25	1.65	123.07	42.85	1.65	71.06	32.40	1.65	52.01	0.00	1.65	0.00	73.19%	71.06	100.00%
F352	78.98	1.65	127.24	43.94	1.65	71.60	35.04	1.65	55.64	0.00	1.65	0.00	77.71%	71.60	100.00%
F351	78.80	1.65	130.16	45.03	1.65	73.40	33.76	1.65	56.76	0.00	1.65	0.00	77.33%	73.40	100.00%
F350	79.66	1.65	130.72	47.10	1.65	76.00	32.56	1.65	54.72	0.00	1.65	0.00	71.99%	76.00	100.00%
F349	78.81	1.65	130.73	44.70	1.65	75.73	34.13	1.65	55.02	0.01	1.65	0.01	72.66%	75.72	99.98%
F348	76.98	1.65	128.53	43.43	1.65	72.70	33.55	1.65	55.83	0.00	1.65	0.00	76.81%	72.69	99.98%
F347	77.27	1.65	127.26	38.52	1.65	67.61	38.75	1.65	59.65	0.00	1.65	0.00	88.23%	67.61	100.00%
F346	77.73	1.65	127.88	38.15	1.65	63.25	39.58	1.65	64.63	0.00	1.65	0.00	102.18%	63.25	100.00%
F345	80.20	1.65	130.29	39.98	1.65	64.46	40.22	1.65	65.84	0.00	1.65	0.00	102.13%	64.46	100.00%
F344	77.13	1.65	129.80	39.11	1.65	65.25	38.02	1.65	64.55	0.00	1.65	0.00	98.93%	65.25	100.00%
F343	69.77	1.65	121.19	41.94	1.65	66.86	27.83	1.65	54.32	0.00	1.65	0.00	81.25%	66.86	100.00%
F342	70.57	1.65	115.78	45.40	1.65	72.05	25.95	1.65	44.36	0.77	1.65	0.64	62.12%	71.42	99.11%
F341	68.16	1.65	114.45	51.42	1.65	79.87	19.21	1.65	37.25	2.47	1.65	2.68	48.26%	77.19	96.65%
F340	65.68	1.65	110.41	47.32	1.65	81.45	18.37	1.65	31.00	0.01	1.65	2.05	39.04%	79.41	97.49%
F339	65.03	1.65	107.83	46.00	1.65	76.99	19.28	1.65	31.06	0.25	1.65	0.22	40.45%	76.77	99.72%
F338	64.87	1.65	107.16	43.37	1.65	73.74	21.50	1.65	33.64	0.00	1.65	0.21	45.75%	73.53	99.72%
F337	63.85	1.65	106.19	43.46	1.65	71.63	20.70	1.65	34.81	0.31	1.65	0.26	48.77%	71.38	99.64%
F336	54.51	1.65	97.65	40.35	1.65	69.14	14.21	1.65	28.80	0.04	1.65	0.29	41.84%	68.85	99.58%
F335	64.52	1.65	98.20	35.94	1.65	62.94	28.58	1.65	35.31	0.00	1.65	0.04	56.13%	62.90	99.94%
F334	59.85	1.65	102.60	35.09	1.65	58.60	24.75	1.65	44.00	0.00	1.65	0.00	75.08%	58.60	100.00%
F333	56.83	1.65	96.26	32.56	1.65	55.81	24.77	1.65	40.45	0.00	1.65	0.00	72.47%	55.81	100.00%
F332	55.89	1.65	93.00	35.25	1.65	55.94	20.66	1.65	37.07	0.01	1.65	0.01	66.27%	55.93	99.99%
F331	48.66	1.65	86.25	44.40	1.65	65.71	7.62	1.65	23.32	3.36	1.65	2.78	37.06%	62.93	95.77%
F330	38.97	1.65	72.29	43.68	1.65	72.67	1.30	1.65	7.36	6.01	1.65	7.73	11.33%	64.94	89.36%
Total Volumen			3705.83	Total Volumen		2500.22	Total Volumen		1275.91	Total Volumen		70.22	52.48%	2,424.99	97.19%

M3 Recuperados	M3 Dsto x CH slot	M3 Dsto x Mes Anter	M3 total	P.E.	Ton a pagar
2,429.99	64.39		2,365.61	3.37	7,972.10

Tabla 48. Sobrerotura – MCEISA – 26 de Agosto 2022.

SOBREROTURA - MCEISA (26 de Agosto 2022)

Item	Concesión	Nivel	Labor	Sección	Unidades	Área Diseño	Área Diseño 10%	Vol. Según diseño (m ³)	Vol. Permiso (m ³)	Avance (m)	Rotura Total (m ³)	Vol. Sobrerotura (m ³)	Sobrerotura (%)	Desmonte/Mi-neral	Penalidad
1	San Jose N°06	4090	CX 4043-1	4.00m.X4.00m.	m ³	15.5708	17.128	233.56	256.92	15.00	321.900	64.98	25.29%	0	1 UIT
2	San Jose N°06	4090	CX 4090-1	4.50m.X4.50m.	m ³	19.151	21.066	733.48	806.83	38.30	909.980	103.15	12.78%	0	1 UIT
3	Magistral N°04	4300	BP 4120-15	3.50m.X3.50m.	m ³	11.9023	13.093	649.87	714.88	54.60	909.980	195.10	27.29%	0	1 UIT
4	Magistral N°04	4090	CA 3678-4	4.00m.X4.00m.	m ³	15.5708	17.128	347.23	381.95	22.30	427.080	45.13	11.81%	0	1 UIT

Tabla 49. Rotura de Tajo 4160-MS-4S Agosto 2022

ROTURA DE TAJO 4160-MS-4S AGOSTO 2022																
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE LA ROTURA (M³)			ROTURA DE RESERVAS SEGÚN DISEÑO (M³)				DILUCIÓN (M³)			PERDIDA DE RESERVA (M³)			%Dilución	Volumen de recuperación x sección	% de recuperación x sección	
N° FILAS	Area x Sección.	Burden	Volumen x Sección	Area x Sección.	Burden	Volumen x Sección	Area x Sección.	Burden	Volumen x Sección	Area x Sección.	Burden	Volumen x Sección				
F359	73.25	1.65		83.08	1.65		2.50	1.65		12.33	1.65					
F358	82.80	1.65	128.74	77.06	1.65	132.11	10.55	1.65	10.77	4.82	1.65	14.14	9.13%	117.97	89.29%	
F357	69.02	1.65	125.25	69.42	1.65	120.85	4.73	1.65	12.61	5.13	1.65	8.21	11.20%	112.64	93.21%	
F356	61.21	1.65	107.44	65.97	1.65	111.70	3.46	1.65	6.76	8.22	1.65	11.02	6.72%	100.68	90.14%	
F355	58.62	1.65	98.86	64.96	1.65	108.01	1.00	1.65	3.68	7.33	1.65	12.83	3.87%	95.18	88.12%	
F354	47.88	1.65	87.86	68.66	1.65	110.23	0.00	1.65	0.82	20.78	1.65	23.19	0.95%	87.04	78.96%	
F353	67.39	1.65	95.09	73.95	1.65	117.65	0.10	1.65	0.08	6.66	1.65	22.64	0.09%	95.01	80.76%	
F352	66.28	1.65	110.28	76.17	1.65	123.84	0.24	1.65	0.28	10.13	1.65	13.85	0.25%	110.00	88.82%	
F351	64.94	1.65	108.25	73.15	1.65	123.19	0.44	1.65	0.55	8.65	1.65	15.49	0.51%	107.70	87.43%	
F350	64.18	1.65	106.52	73.79	1.65	121.23	0.22	1.65	0.54	9.83	1.65	15.24	0.51%	105.99	87.43%	
F349	62.38	1.65	104.42	68.61	1.65	117.48	0.11	1.65	0.26	6.35	1.65	13.34	0.25%	104.13	88.64%	
F348	60.78	1.65	101.61	68.48	1.65	113.09	0.28	1.65	0.31	7.96	1.65	11.80	0.31%	101.29	89.56%	
F347	63.40	1.65	102.45	72.80	1.65	116.55	0.03	1.65	0.25	9.43	1.65	14.35	0.25%	102.20	87.69%	
F346	65.70	1.65	106.51	76.45	1.65	123.13	0.03	1.65	0.05	10.78	1.65	16.67	0.05%	106.46	86.46%	
F345	61.16	1.65	104.65	74.20	1.65	124.29	0.65	1.65	0.56	13.70	1.65	20.20	0.54%	104.09	83.75%	
F344	56.50	1.65	97.06	71.83	1.65	120.48	0.38	1.65	0.85	15.72	1.65	24.27	0.88%	96.21	79.86%	
F343	57.31	1.65	93.89	69.44	1.65	116.55	0.32	1.65	0.58	12.45	1.65	23.24	0.62%	93.31	80.06%	
F342	61.87	1.65	98.32	79.49	1.65	122.87	0.03	1.65	0.29	17.66	1.65	24.84	0.30%	98.03	79.78%	
F341	63.13	1.65	103.12	83.08	1.65	134.12	0.02	1.65	0.05	19.97	1.65	31.05	0.05%	103.07	76.85%	
F340	61.81	1.65	103.07	84.24	1.65	138.03	0.22	1.65	0.20	22.64	1.65	35.16	0.19%	102.87	74.53%	
F339	70.84	1.65	109.43	90.81	1.65	144.41	0.40	1.65	0.51	20.36	1.65	35.48	0.46%	108.93	75.43%	
F338	70.65	1.65	116.73	91.51	1.65	150.41	0.07	1.65	0.39	20.93	1.65	34.07	0.33%	116.34	77.35%	
F337	68.14	1.65	114.50	92.00	1.65	151.39	0.73	1.65	0.66	24.59	1.65	37.55	0.58%	113.84	75.19%	
F336	62.50	1.65	107.78	91.24	1.65	151.17	0.58	1.65	1.07	29.31	1.65	44.46	1.01%	106.70	70.59%	
F335	59.36	1.65	100.53	87.46	1.65	147.42	0.00	1.65	0.48	28.10	1.65	47.36	0.47%	100.06	67.87%	
F334	72.09	1.65	108.45	91.33	1.65	147.50	1.22	1.65	1.00	20.45	1.65	40.09	0.93%	107.44	72.84%	
F333	67.76	1.65	115.38	90.71	1.65	150.18	0.45	1.65	1.38	23.40	1.65	36.17	1.21%	114.00	75.91%	
F332	64.12	1.65	108.80	86.12	1.65	145.88	0.49	1.65	0.78	22.49	1.65	37.85	0.72%	108.03	74.05%	
F331	63.34	1.65	105.16	84.34	1.65	140.63	2.62	1.65	2.56	23.61	1.65	38.03	2.50%	102.60	72.96%	
F330	61.24	1.65	102.78	85.51	1.65	140.13	0.00	1.65	2.16	24.28	1.65	39.51	2.15%	100.62	71.81%	
F329	57.11	1.65	97.64	80.39	1.65	136.86	0.00	1.65	0.00	23.28	1.65	39.23	0.00%	97.63	71.34%	
F328	60.00	1.65	96.62	79.91	1.65	132.24	0.02	1.65	0.02	19.92	1.65	35.64	0.02%	96.60	73.05%	
F327	58.49	1.65	97.76	76.63	1.65	129.14	0.42	1.65	0.36	18.56	1.65	31.75	0.37%	97.40	75.42%	
F326	60.75	1.65	98.37	79.73	1.65	129.00	0.38	1.65	0.66	19.36	1.65	31.28	0.67%	97.72	75.75%	
F325	55.46	1.65	95.87	75.62	1.65	128.16	0.11	1.65	0.41	20.28	1.65	32.70	0.43%	95.46	74.48%	
F324	41.12	1.65	79.67	74.62	1.65	123.95	0.00	1.65	0.09	33.50	1.65	44.37	0.12%	79.58	64.20%	
F323	11.24	1.65	43.19	74.12	1.65	122.71	0.00	1.65	0.00	62.89	1.65	79.52	0.00%	43.19	35.20%	
Total Volumen			3682.06	Total Volumen		4666.86	Total Volumen		52.08	Total Volumen		1026.96	2.48%	3630.00	77.79%	

M3 Recuperados	M3 Dsto x CH slot	M3 Dsto x Mes Anter	M3 total	P.E.	Ton a pagar
3,630.00	23.81		3,606.19	3.41	12,297.11

Tabla 50. Rotura de Tajo 4090-MC-3N Agosto 2022

ROTURA DE TAJO 4090-MC-3N AGOSTO 2022																		
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE LA ROTURA (M³)			ROTURA DE RESERVAS SEGÚN DISEÑO (M³)				DILUCIÓN (M³)			PERDIDA DE RESERVA (M³)			%Dilución	Volumen de recuperación x sección	% de recuperación x sección			
N° FILAS	Area x Sección.	Burden	Volumen x Sección	Area x Sección.	Burden	Volumen x Sección	Area x Sección.	Burden	Volumen x Sección	Area x Sección.	Burden	Volumen x Sección						
F131	31.09	1.65		64.87	1.65		0.00	1.65		33.56	1.65							
F132	37.75	1.65	56.79	56.01	1.65	99.73	1.71	1.65	1.41	19.97	1.65	44.17	2.54%	55.56	55.71%			
F133	44.02	1.65	67.46	48.26	1.65	86.02	2.25	1.65	3.27	6.48	1.65	21.83	5.09%	64.19	74.63%			
F134	44.30	1.65	72.86	45.07	1.65	76.99	3.67	1.65	4.88	4.44	1.65	9.01	7.18%	67.98	88.30%			
F135	52.28	1.65	79.67	43.13	1.65	72.77	9.99	1.65	11.26	0.84	1.65	4.36	16.47%	68.41	94.01%			
F136	56.90	1.65	90.07	36.25	1.65	65.49	20.65	1.65	25.27	0.00	1.65	0.69	39.00%	64.80	98.94%			
F137	54.91	1.65	92.24	38.62	1.65	61.77	16.29	1.65	30.47	0.00	1.65	0.00	49.33%	61.77	100.00%			
F138	49.57	1.65	86.20	38.02	1.65	63.23	11.58	1.65	22.99	0.03	1.65	0.02	36.37%	63.21	99.97%			
F139	43.92	1.65	77.13	39.49	1.65	63.94	5.55	1.65	14.13	1.12	1.65	0.94	22.43%	63.00	98.53%			
F140	43.37	1.65	72.02	36.78	1.65	62.92	6.77	1.65	10.16	0.18	1.65	1.07	16.42%	61.85	98.30%			
F141	43.31	1.65	71.51	34.38	1.65	58.71	9.57	1.65	13.48	0.65	1.65	0.68	23.23%	58.02	98.84%			
F142	47.11	1.65	74.59	36.89	1.65	58.80	10.49	1.65	16.55	0.27	1.65	0.76	28.52%	58.04	98.71%			
F143	44.75	1.65	75.78	36.73	1.65	60.73	8.52	1.65	15.69	0.50	1.65	0.64	26.10%	60.09	98.95%			
F144	44.51	1.65	73.63	42.03	1.65	64.97	4.78	1.65	10.97	2.30	1.65	2.31	17.51%	62.66	96.44%			
F145	46.26	1.65	74.88	57.71	1.65	82.29	3.87	1.65	7.14	15.32	1.65	14.54	10.54%	67.74	82.33%			
F146	26.49	1.65	60.02	59.75	1.65	96.90	2.02	1.65	4.86	35.28	1.65	41.75	8.82%	55.15	56.92%			
F147	6.87	1.65	27.52	60.14	1.65	98.91	0.15	1.65	1.80	53.42	1.65	73.18	6.98%	25.73	26.01%			
Total Volumen			1152.38	Total Volumen			1174.17	Total Volumen			194.83	Total Volumen			216.95	20.26%	958.22	81.61%

M3 Recuperados	M3 Dsto x CH slot	M3 Dsto x Mes Anter	M3 total	P.E.	Ton a pagar
958.22	65.27		892.95	3.24	2,893.15

Tabla 51. Rotura de Tajo 4090-MC-3S Agosto 2022

ROTURA DE TAJO 4090-MC-3S AGOSTO 2022																		
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE LA ROTURA (M³)				ROTURA DE RESERVAS SEGÚN DISEÑO (M³)			DILUCIÓN (M³)			PERDIDA DE RESERVA (M³)			%Dilución	Volumen de recuperación x sección	% de recuperación x sección			
N° FILAS	Area x Sección.	Burden	Volumen x Sección	Area x Sección.	Burden	Volumen x Sección	Area x Sección.	Burden	Volumen x Sección	Area x Sección.	Burden	Volumen x Sección						
F174	19.84	1.65		24.18	1.65		1.09	1.65		5.43	1.65							
F173	17.73	1.65	31.00	23.33	1.65	39.19	2.80	1.65	3.21	8.40	1.65	11.41	11.56%	27.78	70.89%			
F172	17.57	1.65	29.13	24.51	1.65	39.47	3.53	1.65	5.23	10.47	1.65	15.57	21.88%	23.90	60.55%			
F171	16.25	1.65	27.90	20.25	1.65	36.93	4.72	1.65	6.81	8.72	1.65	15.83	32.26%	21.10	57.13%			
F170	13.18	1.65	24.28	21.42	1.65	34.38	1.77	1.65	5.35	10.01	1.65	15.45	28.28%	18.97	55.05%			
F169	11.65	1.65	20.48	23.11	1.65	36.73	0.28	1.65	1.70	11.74	1.65	17.94	9.02%	18.79	51.15%			
F168	10.48	1.65	18.26	21.76	1.65	37.01	1.64	1.65	1.59	12.91	1.65	20.34	9.52%	16.67	45.05%			
F167	12.30	1.65	18.80	21.36	1.65	35.57	1.57	1.65	2.65	10.63	1.65	19.42	16.41%	16.15	45.40%			
F166	34.60	1.65	38.69	43.04	1.65	53.13	2.55	1.65	3.40	11.07	1.65	17.90	9.65%	35.23	66.31%			
F165	38.98	1.65	60.70	42.18	1.65	70.31	3.43	1.65	4.94	6.63	1.65	14.60	8.86%	55.71	79.23%			
F164	36.71	1.65	62.44	47.09	1.65	69.52	0.74	1.65	3.44	6.12	1.65	10.52	5.84%	59.00	84.87%			
F163	35.24	1.65	59.36	47.20	1.65	73.66	1.45	1.65	1.81	13.36	1.65	16.07	3.14%	57.59	78.18%			
F162	38.24	1.65	60.62	40.93	1.65	72.71	5.39	1.65	5.64	8.08	1.65	17.89	10.26%	55.02	75.67%			
F161	31.99	1.65	57.94	35.43	1.65	62.99	2.93	1.65	6.86	6.36	1.65	11.91	13.44%	51.08	81.09%			
F160	29.16	1.65	50.46	35.41	1.65	58.44	0.83	1.65	3.10	7.08	1.65	11.09	6.55%	47.35	81.03%			
Total Volumen			560.07	Total Volumen			720.05	Total Volumen			55.78	Total Volumen			215.75	13.65%	504.30	70.04%

M3 Recuperados	M3 Dsto x CH slot	M3 Dsto x Mns Anter	M3 total	P.E.	Ton a pagar
504.30	47.19		457.11	3.24	1,481.04

Tabla 52. Rotura de Tajo 4090-MC-1T-4S Agosto 2022.

ROTURA DE TAJO 4090-MC-1T-4S Agosto 2022																					
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA ROTURA (M³)			ROTURA DE RESERVAS SEGÚN DISEÑO (M³)			DILUCIÓN (M³)			PÉRDIDA DE RESERVA (M³)			%Dilución	Volumen de recuperación x sección	% de recuperación x sección							
N° FILAS	Area x Sección.	Burden	Volumen x Sección	Area x Sección.	Burden	Volumen x Sección	Area x Sección.	Burden	Volumen x Sección	Area x Sección.	Burden				Volumen x Sección						
F130	13.82	1.65		33.83	1.65		0.85	1.65		20.86	1.65		0.00								
F131	24.57	1.65	31.67	41.43	1.65	62.09	0.00	1.65	0.70	16.86	1.65	31.12	2.26%	30.97	49.88%						
F132	25.80	1.65	41.56	34.26	1.65	62.44	4.61	1.65	3.80	13.07	1.65	24.69	10.07%	37.75	60.46%						
F133	25.11	1.65	42.00	29.99	1.65	53.01	4.30	1.65	7.35	9.18	1.65	18.36	21.21%	34.65	65.37%						
F134	28.86	1.65	44.53	32.56	1.65	51.60	10.45	1.65	12.17	14.16	1.65	19.26	37.62%	32.35	62.69%						
F135	31.72	1.65	49.98	53.37	1.65	70.89	0.90	1.65	9.36	22.55	1.65	30.29	23.06%	40.61	57.28%						
F136	30.87	1.65	51.64	52.18	1.65	87.07	0.01	1.65	0.75	21.32	1.65	36.19	1.48%	50.88	58.44%						
F137	29.88	1.65	50.12	54.91	1.65	88.35	0.01	1.65	0.02	25.05	1.65	38.25	0.04%	50.09	56.70%						
F138	25.42	1.65	45.62	55.59	1.65	91.16	0.02	1.65	0.02	30.19	1.65	45.57	0.05%	45.59	50.01%						
F139	20.22	1.65	37.65	48.21	1.65	85.63	0.00	1.65	0.01	27.99	1.65	48.00	0.04%	37.64	43.95%						
F140	15.46	1.65	29.43	38.18	1.65	71.27	1.17	1.65	0.97	23.89	1.65	42.80	3.39%	28.47	39.94%						
F141	18.20	1.65	27.77	23.43	1.65	50.82	0.53	1.65	1.40	5.76	1.65	24.46	5.33%	26.36	51.87%						
F142	23.68	1.65	34.55	27.56	1.65	42.07	1.44	1.65	1.62	5.32	1.65	9.14	4.93%	32.93	78.27%						
F143	23.55	1.65	38.97	27.86	1.65	45.72	1.58	1.65	2.48	5.88	1.65	9.24	6.81%	36.48	79.79%						
F144	17.09	1.65	33.53	27.88	1.65	45.99	1.44	1.65	2.49	12.23	1.65	14.94	8.02%	31.04	67.51%						
F145	13.64	1.65	25.35	27.52	1.65	45.71	0.66	1.65	1.73	14.54	1.65	22.09	7.33%	23.62	51.68%						
F146	21.79	1.65	29.23	29.09	1.65	46.70	2.69	1.65	2.76	9.99	1.65	20.24	10.42%	26.47	56.67%						
F147	28.94	1.65	41.85	31.97	1.65	50.37	3.86	1.65	5.40	6.88	1.65	13.92	14.80%	36.45	72.37%						
F148	30.64	1.65	49.15	34.15	1.65	54.55	4.31	1.65	6.73	7.82	1.65	12.13	15.87%	42.42	77.76%						
F149	32.61	1.65	52.18	34.35	1.65	56.51	5.19	1.65	7.84	6.93	1.65	12.17	17.67%	44.34	78.47%						
F150	29.88	1.65	51.56	32.56	1.65	55.19	2.60	1.65	6.43	5.28	1.65	10.07	14.25%	45.13	81.76%						
F151	23.10	1.65	43.71	29.14	1.65	50.90	0.44	1.65	2.51	6.49	1.65	9.70	6.10%	41.20	80.94%						
F152	26.56	1.65	40.97	38.66	1.65	55.94	2.34	1.65	2.30	14.45	1.65	17.27	5.93%	38.67	69.13%						
F153	30.94	1.65	47.44	36.28	1.65	61.83	6.77	1.65	7.52	12.11	1.65	21.91	18.83%	39.92	64.56%						
F154	27.01	1.65	47.80	38.65	1.65	61.82	1.80	1.65	7.07	13.45	1.65	21.09	17.36%	40.73	65.88%						
F155	18.57	1.65	37.60	40.77	1.65	65.52	0.00	1.65	1.49	22.20	1.65	29.41	4.12%	36.11	55.11%						
F156	3.72	1.65	18.39	42.36	1.65	68.58	0.02	1.65	0.01	38.65	1.65	50.20	0.07%	18.38	26.80%						
F157	3.77	1.65	6.18	40.69	1.65	68.52	0.23	1.65	0.20	37.15	1.65	62.54	3.38%	5.98	8.73%						
F158	3.16	1.65	5.71	43.12	1.65	69.14	0.02	1.65	0.20	39.99	1.65	63.63	3.70%	5.51	7.97%						
Total Volumen		1956.13		Total Volumen		1719.42		Total Volumen		85.35		Total Volumen		758.96		9.92%		960.75		55.88%	

M3 Recuperados	M3 Dsto x CH slot	M3 Dsto x Mes. Anter	M3 total	P.E.	Ton a pagar
960.75	31.75		929.00	3.26	3,028.54

Tabla 53. Rotura de Tajo 4090-MC-3N Agosto 2022.

ROTURA DE TAJO 4090-MC-3N AGOSTO 2022															
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE LA ROTURA (M³)			ROTURA DE RESERVAS SEGÚN DISEÑO (M³)			DILUCIÓN (M³)			PERDIDA DE RESERVA (M³)			%Dilución	Volumen de recuperación x sección	% de recuperación x sección	
N° FILAS	Area x Sección.	Burden	Volumen x Sección	Area x Sección.	Burden	Volumen x Sección	Area x Sección.	Burden	Volumen x Sección	Area x Sección.	Burden				Volumen x Sección
F131	31.09	1.65		64.87	1.65		0.00	1.65		33.56	1.65				
F132	37.75	1.65	56.79	56.01	1.65	99.73	1.71	1.65	1.41	19.97	1.65	44.17	2.54%	55.56	55.71%
F133	44.02	1.65	67.46	48.26	1.65	86.02	2.25	1.65	3.27	6.48	1.65	21.83	5.09%	64.19	74.63%
F134	44.30	1.65	72.86	45.07	1.65	76.99	3.67	1.65	4.88	4.44	1.65	9.01	7.18%	67.98	88.30%
F135	52.28	1.65	79.67	43.13	1.65	72.77	9.99	1.65	11.26	0.84	1.65	4.36	16.47%	68.41	94.01%
F136	56.90	1.65	90.07	36.25	1.65	65.49	20.65	1.65	25.27	0.00	1.65	0.69	39.00%	64.80	98.94%
F137	54.91	1.65	92.24	38.62	1.65	61.77	16.29	1.65	30.47	0.00	1.65	0.00	49.33%	61.77	100.00%
F138	49.57	1.65	86.20	38.02	1.65	63.23	11.58	1.65	22.99	0.03	1.65	0.02	36.37%	63.21	99.97%
F139	43.92	1.65	77.13	39.49	1.65	63.94	5.55	1.65	14.13	1.12	1.65	0.94	22.43%	63.00	98.53%
F140	43.37	1.65	72.02	36.78	1.65	62.92	6.77	1.65	10.16	0.18	1.65	1.07	16.42%	61.85	98.30%
F141	43.31	1.65	71.51	34.38	1.65	58.71	9.57	1.65	13.48	0.65	1.65	0.68	23.23%	58.02	98.84%
F142	47.11	1.65	74.59	36.89	1.65	58.80	10.49	1.65	16.55	0.27	1.65	0.76	28.52%	58.04	98.71%
F143	44.75	1.65	75.78	36.73	1.65	60.73	8.52	1.65	15.69	0.50	1.65	0.64	26.10%	60.09	98.95%
F144	44.51	1.65	73.63	42.03	1.65	64.97	4.78	1.65	10.97	2.30	1.65	2.31	17.51%	62.66	96.44%
F145	46.26	1.65	74.88	57.71	1.65	82.29	3.87	1.65	7.14	15.32	1.65	14.54	10.54%	67.74	82.33%
F146	26.49	1.65	60.02	59.75	1.65	96.90	2.02	1.65	4.86	35.28	1.65	41.75	8.82%	55.15	56.92%
F147	6.87	1.65	27.52	60.14	1.65	98.91	0.15	1.65	1.80	53.42	1.65	73.18	6.98%	25.73	26.01%
Total Volumen			1152.38	Total Volumen		1174.17	Total Volumen		194.33	Total Volumen		215.95	20.28%	958.22	81.61%

M3 Recuperados	M3 Dsto v CH slot	M3 Dsto v Mes Anter	M3 total	P. E.	Ton a pagar
958.22	65.27		892.95	3.24	2,893.15

Tabla 54. Rotura de Tajo 4090-MS-2S Agosto 2022.

ROTURA DE TAJO 4090-MS-2S AGOSTO 2022																		
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE LA ROTURA (M³)			ROTURA DE RESERVAS SEGÚN DISEÑO (M³)			DILUCIÓN (M³)			PERDIDA DE RESERVA (M³)			%Dilución	Volumen de recuperación x sección	% de recuperación x sección				
N° FILAS	Area x Sección.	Burden	Volumen x Sección	Area x Sección.	Burden	Volumen x Sección	Area x Sección.	Burden	Volumen x Sección	Area x Sección.	Burden				Volumen x Sección			
F423	7.96	1.65		9.09	1.65		0.71	1.65		1.84	1.65							
F422	7.74	1.65	12.95	9.21	1.65	15.10	0.83	1.65	1.27	2.30	1.65	3.41	10.84%	11.68	77.40%			
F421	7.91	1.65	12.91	13.66	1.65	18.87	0.47	1.65	1.06	6.21	1.65	7.02	8.98%	11.85	62.79%			
F420	9.33	1.65	14.22	13.49	1.65	22.40	1.55	1.65	1.66	5.72	1.65	9.84	13.23%	12.56	56.07%			
F419	10.75	1.65	16.56	11.93	1.65	20.97	4.35	1.65	4.86	5.52	1.65	9.27	41.58%	11.70	55.78%			
F418	13.10	1.65	19.68	11.46	1.65	19.29	6.68	1.65	9.10	5.04	1.65	8.72	86.02%	10.58	54.83%			
F417	13.00	1.65	21.54	10.68	1.65	18.26	3.83	1.65	8.68	1.51	1.65	5.40	67.47%	12.86	70.41%			
F416	12.20	1.65	20.79	11.33	1.65	18.16	4.33	1.65	6.73	3.46	1.65	4.10	47.89%	14.06	77.44%			
F415	11.86	1.65	19.85	11.88	1.65	19.15	4.54	1.65	7.31	4.55	1.65	6.61	58.31%	12.54	65.50%			
F414	12.69	1.65	20.25	12.78	1.65	20.34	3.55	1.65	6.67	3.64	1.65	6.76	49.11%	13.58	66.79%			
F413	13.62	1.65	21.70	19.97	1.65	27.02	1.50	1.65	4.17	7.86	1.65	9.49	23.78%	17.53	64.89%			
F412	9.98	1.65	19.47	21.26	1.65	34.02	0.48	1.65	1.64	11.76	1.65	16.19	9.17%	17.83	52.41%			
F411	7.83	1.65	14.69	15.68	1.65	30.48	3.09	1.65	2.95	10.96	1.65	18.74	25.10%	11.74	38.50%			
F410	9.96	1.65	14.68	17.86	1.65	27.68	3.18	1.65	5.18	11.08	1.65	18.18	54.54%	9.49	34.30%			
F409	3.59	1.65	11.18	22.68	1.65	33.45	0.03	1.65	2.65	19.12	1.65	24.92	31.09%	8.53	25.51%			
Total Volumen			240.49	Total Volumen			325.17	Total Volumen			63.88	Total Volumen			148.64	36.21%	176.53	54.29%

M3 Recuperados	M3 Dsto x CH slot	M3 Dsto x Mes Anter	M3 total	P.E.	Ton a pagar
176.53	19.85		156.69	3.45	540.58

Análisis Económico

A continuación, se analiza los costos operativos y el margen de utilidad para los métodos de explotación Bench and Fill con taladros largos y corte y relleno ascendente.

Para el método de explotación Bench and Fill con taladros largos se toma en cuenta los siguientes parámetros y equipos (Huaraca Onsihuay, 2022, p. 65):

- Simba S7D, longitud de perforación de 5 a 20 m.
- Scoop 2.5 yd³ con telemando.
- Producción de 33 toneladas por sección.

En la siguiente tabla se muestra el cálculo del costo de operaciones del método Bench and Fill con taladros largos.

Tabla 55. Costo operativo del método Bench and Fill en \$/t.

Costo de operación con Bench & Fill (\$/t)	
Costo de Preparación	5.00
Costo de Perforación + Voladura	8.50
Costo de Sostenimiento	3.00
Costo de Transporte	10.50
Costo de Explotación	27.00
Costo de Explotación + 25%	33.75
Costo de Planta	7.50
Costo de Energía	3.50
Costo Administrativo	8.60
Costo Total	53.35

Fuente: Departamento de Planeamiento MCEISA U.M. Santander.

En la siguiente tabla se muestra los datos del costo de operaciones del método Cut and Fill, para lo cual se ha tomado en cuenta los siguientes parámetros y equipos:

- Máquina Jack Leg.
- Altura del corte 2 m, profundidad de 8 pies.
- Scoop con telemando 2.2 yd³.

Tabla 56. Costos operativos del Cut & Fill.

Costo de operación con Cut & Fill (\$/t)	
Costo de Preparación	1.5
Costo de Perforación y Voladura	13.5
Costo Sostenimiento	10.6
Costo Transporte	11.8
Costo de Explotación	37.4
Costo de Explotación + 25%	46.75
Costo de Planta	7.5
Costo de Energía	3.5
Costo Administrativo	8.6
Costo Total	66.35

Fuente: Departamento de Planeamiento MCEISA U.M. Santander.

En consecuencia, según los costos de operaciones detallados por cada método de explotación se obtiene el margen de utilidad que se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 57. Diferencia de ganancias entre Bench & Fill y Cut & Fill.

Utilidad (\$/t)	
Método Bench and Fill (Taladros Largos)	
Costo operativo	52.50
Valor de mineral	
Utilidad	78.50
	26.00
Cut and Fill	
Costo operativo	65.90
Valor de mineral	
Utilidad	85.00
	19.10
Diferencia de las utilidades (A favor de Taladros Largos)	6.90

Fuente: Departamento de Planeamiento MCEISA U.M. Santander.

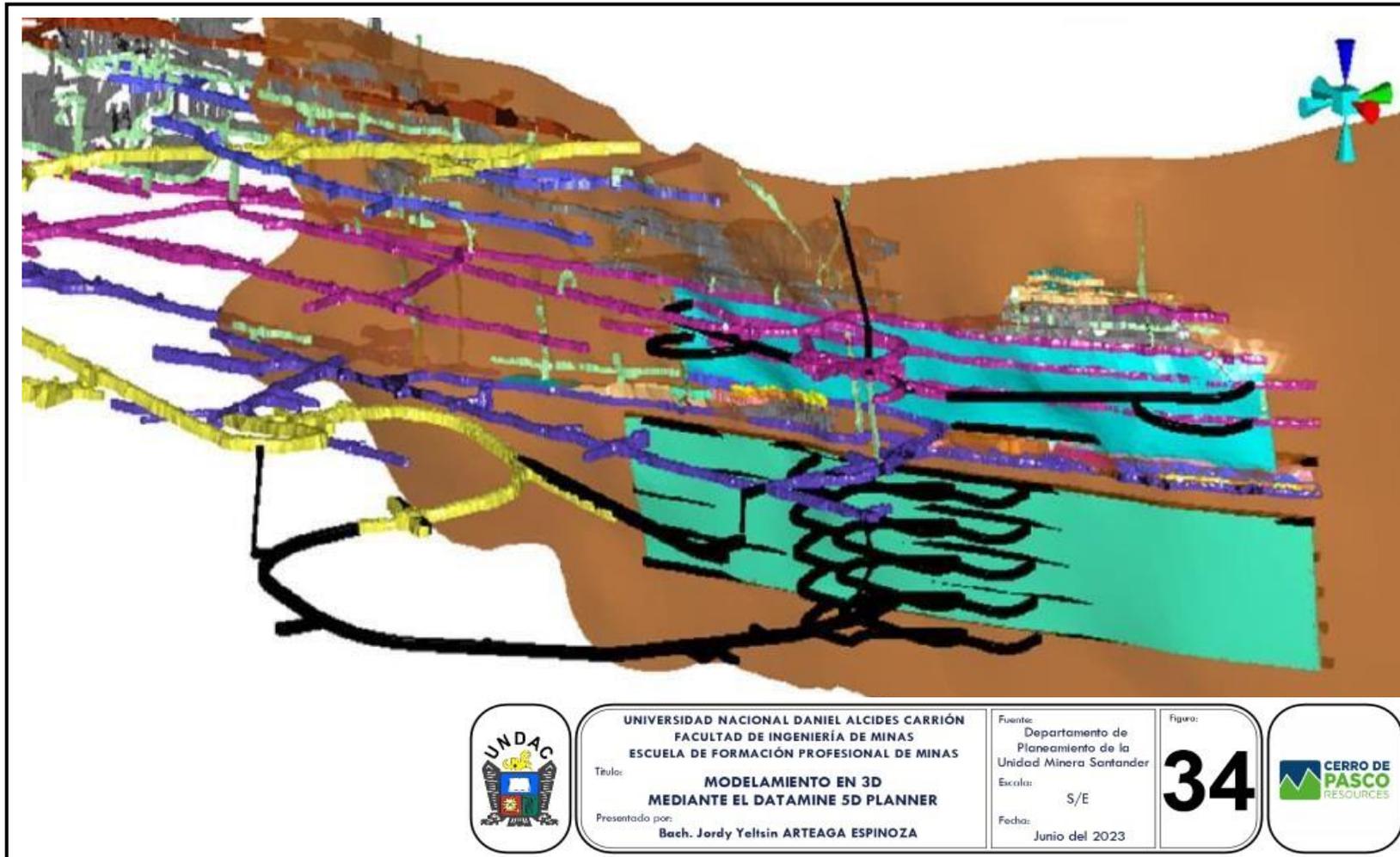


Figura 34. Modelamiento en 3D mediante el Datamine 5D Planner.

Fuente: Departamento de planeamiento de la Unidad Minera Sandander.

4.3. Prueba de hipótesis

4.3.1. Hipótesis general

La optimización de la perforación y voladura de taladros largos mejoraría la producción en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources.

Sea:

H_0 : La optimización de la perforación y voladura de taladros largos NO mejoraría la producción en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources.

H_1 : La optimización de la perforación y voladura de taladros largos SI mejoraría la producción en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources.

Análisis de la Muestra

En la Tabla 58 se muestra los costos de operación (OPEX) de los métodos de explotación Corte y Relleno Ascendente y Taladros Largos.

Tabla 58. Costo de operación de los métodos de explotación.

Id	Met_explot	Costo_\$/t
1	1	66.40
2	1	66.50
3	1	64.30
4	1	67.80
5	1	65.50
6	1	63.70
7	1	67.40
8	1	66.20
9	1	65.84
10	1	67.20
11	2	53.35
12	2	52.50
13	2	53.50
14	2	52.90
15	2	54.50
16	2	54.00
17	2	52.80
18	2	53.20
19	2	52.80
20	2	54.30

Fuente: Elaboración propia.

Definición de Variables

Las variables empleadas para la prueba de hipótesis general es el siguiente:

Id: Identificador.

Met_explot: Métodos de explotación:

1 = Método corte y relleno ascendente (Cut and Fill).

2= Taladros largos (Bench and Fill).

Costo_\$/t: Costos operativos en US\$/t.

Descriptivos

Los descriptivos de la muestra se muestra en la Tabla 59.

Tabla 59. Resumen de los datos estadísticos de los métodos C & R y T. L.

	Met_explot	Mean	Median	SD	Minim.	Maxim.
Costo_US\$/t	C & R	66.084	66.3	1.311	63.7	67.8
	T. L.	53.385	53.275	0.684	52.5	54.5

Fuente: Elaboración propia. C & R = Corte y Relleno. T. L. = Taladros Largos.

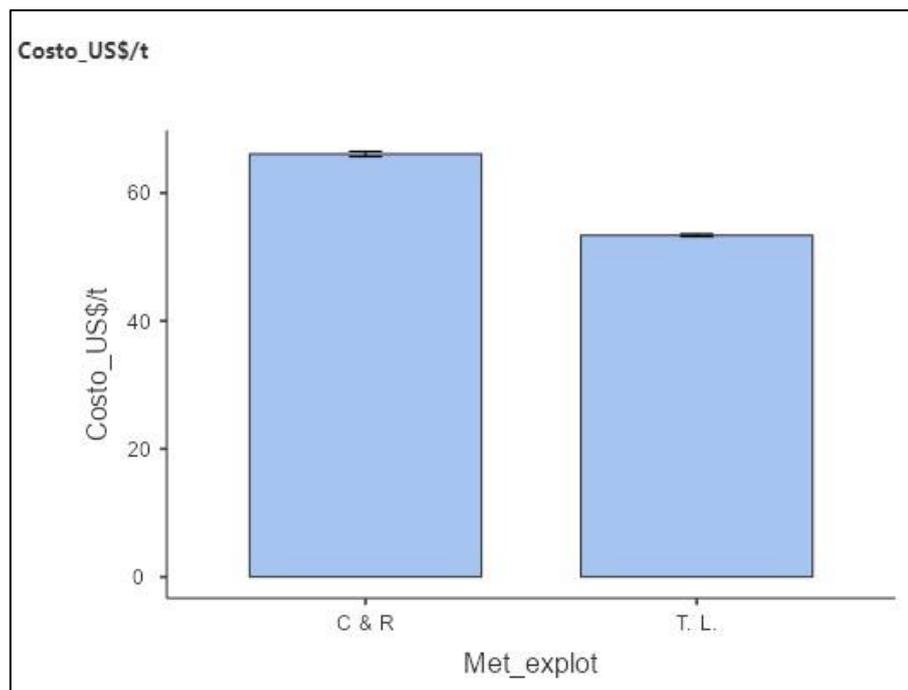


Figura 35. Gráfico de barras de los costos de operación C & R y T. L. en la Unidad Minera Santander.

Fuente: Elaboración propia.

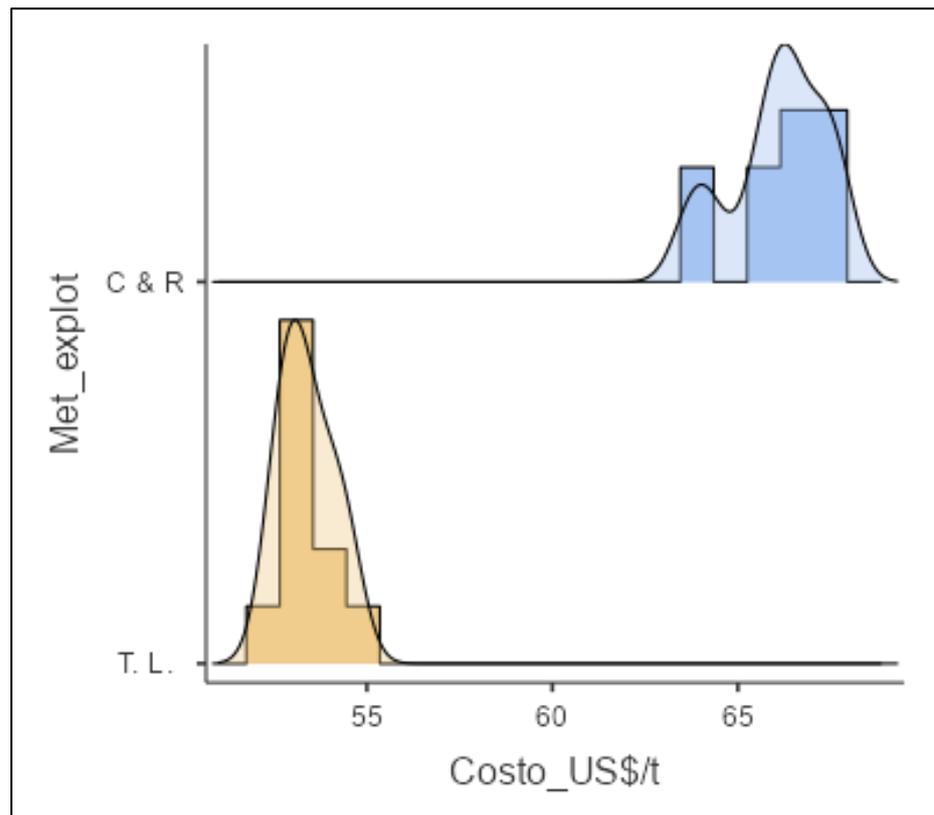


Figura 36. Histograma de los costos de operación de C & R y T. L. en la Unidad Minera Santander.

Fuente: Elaboración propia.

Prueba de Normalidad

○ Planteamiento de las hipótesis estadísticas:

Sea:

H_0 : Los datos provienen de una distribución normal.

H_1 : Los datos no provienen de una distribución normal.

○ Nivel de significancia:

$\alpha=0.05$

○ Estadístico de prueba:

Según Shapiro-Wilk.

○ Regla de decisión:

Si el valor de $p < 0.05$ se rechaza la H_0 .

○ Prueba de normalidad:

Tabla 60. Prueba de normalidad de los métodos de explotación C & R y T. L.

Tests of Normality	
	statistic p
Costo_US\$/t Shapiro-Wilk	0.967 0.693

Fuente: Elaboración propia.

Como:

$0.693 > 0.05$ Entonces se

acepta la H_0 .

○ Decisión:

Se concluye que los datos de los costos de operación de la U.M. Santander expresados US\$/t provienen de una distribución normal.

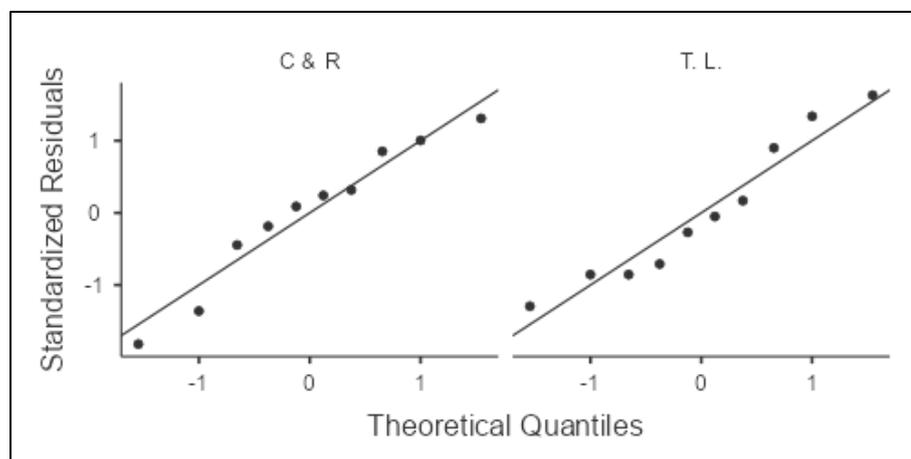


Figura 37. Gráfico del Q-Q plot de los costos de operación C & R y T. L. en la Unidad Minera Santander.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 37 se observa que los puntos siguen la tendencia de la curva normal. Para cada caso la línea recta indica la tendencia de la curva normal.

Prueba de Homocedasticidad (Homogeneidad de Varianzas)

Para la prueba de homocedasticidad se tiene lo siguiente:

H_0 : La varianza poblacional es homogénea de acuerdo al grupo de comparación.

H₁: La varianza poblacional varía de acuerdo al grupo de comparación.

Usando el programa estadístico tenemos:

Tabla 61. Prueba de homocedasticidad del costo de operación según Levene's.

	F	df	df2	p
Costo_US\$/t Levene's	2.71	1	0.12	0.07
Variantes	3.68	9	9	0.07

Note. Additional results provided by moretests

Fuente: Elaboración propia.

Como $p > 0.05$ se acepta la H₀, por lo tanto la varianza poblacional es homogénea en la muestra de los costos de operación de los métodos C & R y T. L. en la Unidad Minera Santander.

Comparación de Grupos Independientes

Para lo cual calculamos el p_{valor} para la prueba paramétrica t de Student, así como también el tamaño del efecto según los criterios para la d de Cohen.

H₀: La diferencias de medias es igual a 0.

H₁: La diferencia de medias es distinto a 0. Es decir hay diferencias.

Usando el programa estadístico, tenemos:

Tabla 62. Prueba t de Welch para muestras independientes.

	Statistic	df	p	Mean difference	SE difference	Effect Size
Costo_US\$/t	Student's t	18	4.65E16	12.699	0.468	Cohen's d 12.143

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 62 tenemos el valor de $p < 0.05$,

Como $p < 0.05$ se rechaza la H₀, por lo tanto existen diferencias estadísticamente significativas entre el costo de operaciones con los métodos de corte y relleno ascendente y bench and fill con taladros largos.

Para evaluar el tamaño del efecto, tenemos los criterios de d de Cohen que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 63. Criterios para la *d* de Cohen.

Coeficiente	Interpretación
Menor a 0.20	Nulo o Trivial
Entre 0.20 y 0.50	Pequeño
Entre 0.50 y 0.80	Mediano
Mayor a 0.80	Grande

Según los resultados de la Tabla 62, el tamaño del efecto es de 12.153, además según la Tabla 63, este valor es mayor que 0.80, por lo que podemos concluir que el tamaño del efecto es grande.

Además, mostramos los indicadores descriptivos de los datos, en la Tabla 64.

Tabla 64. Descriptivo de los grupos: métodos de explotación C & R y T. L.

	Group	N	Mean	Median	SD	SE
Costo_US\$/t	C & R	10	66.08	66.30	1.31	0.42
	T. L.	10	53.39	53.28	0.68	0.22

En la Tabla 64 y en la Figura 38 se observan la media y la mediana de los costos de operaciones de los dos métodos en estudio.

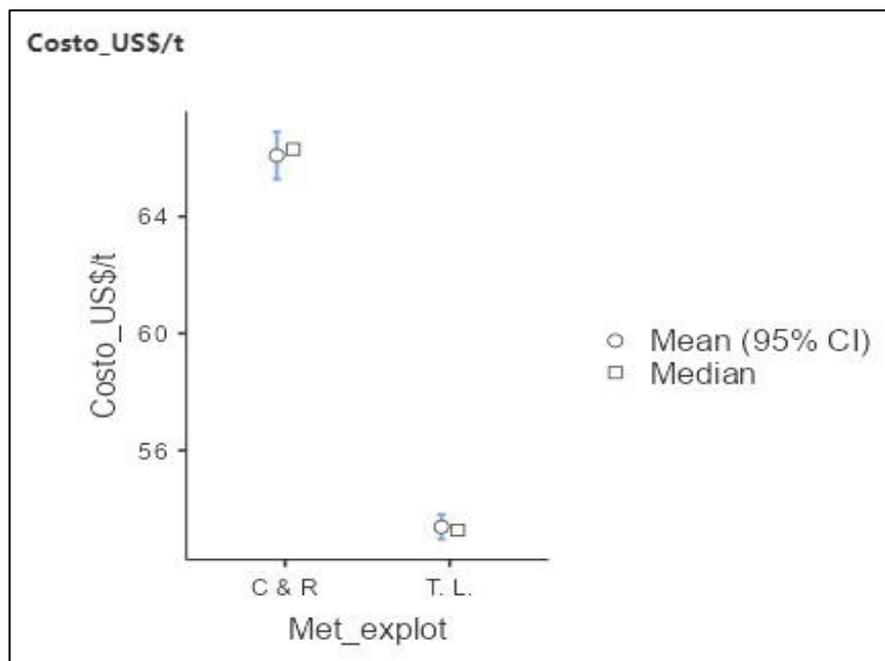


Figura 38. Gráfico de la media y mediana de los costos de operaciones de los métodos de explotación C & R y T. L.

CONCLUSIÓN:

Finalmente, habiéndose demostrado mediante la comparación de medias que es $\neq 0$ por lo que existen diferencias estadísticamente significativas entre los costos de operación de los métodos de explotación C & R y T. L., por lo que se demuestra que la optimización de la perforación y voladura de taladros largos mejora la producción en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources incrementando la rentabilidad de la Empresa.

4.3.2. Hipótesis específicas

Primera Hipótesis Específica

La primera hipótesis específica del proyecto de investigación es el siguiente:

La optimización de la perforación de taladros largos mejoraría la producción en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources.

Para la prueba de hipótesis haremos uso de los datos que se muestra en la Tabla 65 que se muestra a continuación.

Tabla 65. Costo de perforación de los métodos de explotación C & R y T. L.

Id	Met_explot	Costo_perf_\$/t
1	1	7.43
2	1	7.50
3	1	7.30
4	1	7.60
5	1	7.20
6	1	7.10
7	1	6.90
8	1	7.00
9	1	6.80
10	1	6.70
11	2	6.00
12	2	5.90
13	2	6.10
14	2	5.80
15	2	6.20
16	2	5.50
17	2	6.50

18	2	5.80
19	2	5.70
20	2	6.60

Fuente: Elaboración propia.

Definición de Variables

Las variables empleadas para la prueba de la primera hipótesis específica es el siguiente:

Id: Identificador.

Met_explot: Métodos de explotación:

1 = Método corte y relleno ascendente (Cut and Fill).

2= Taladros largos (Bench and Fill).

Costo_perf_\$/t: Costo de la perforación en US\$/t.

Descriptivos

Los descriptivos de los costos de perforación se muestra en la Tabla 66.

Tabla 66. Resumen de los datos estadísticos de los costos de perforación de los métodos C & R y T. L.

	Met_explot	Mean	Median	SD	Minimum	Maximum
Costo_perf_US\$/t	C & R	7.15	7.15	0.31	6.7	7.6
	T. L.	6.01	5.95	0.35	5.5	6.6

Fuente: Elaboración propia. C & R = Corte y Relleno. T. L. = Taladros Largos.

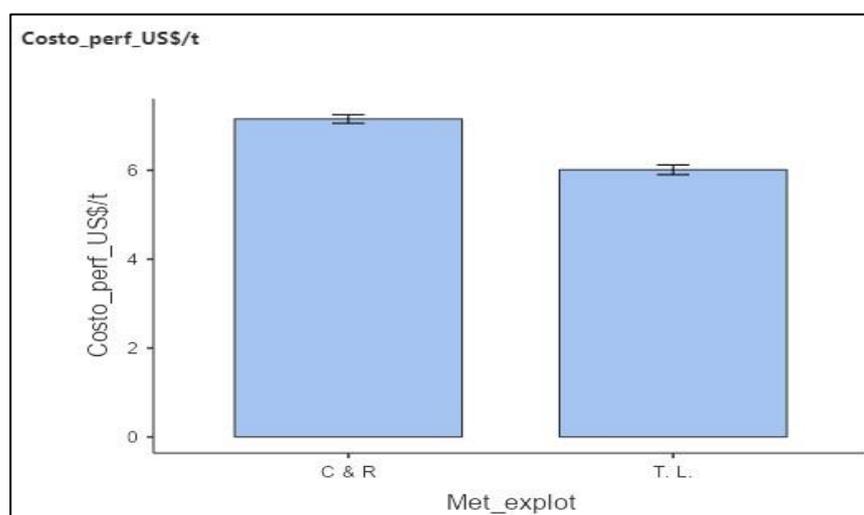


Figura 39. Gráfico de barras de los costos de perforación de los métodos C & R y T. L. en la Unidad Minera Santander.

Fuente: Elaboración propia.

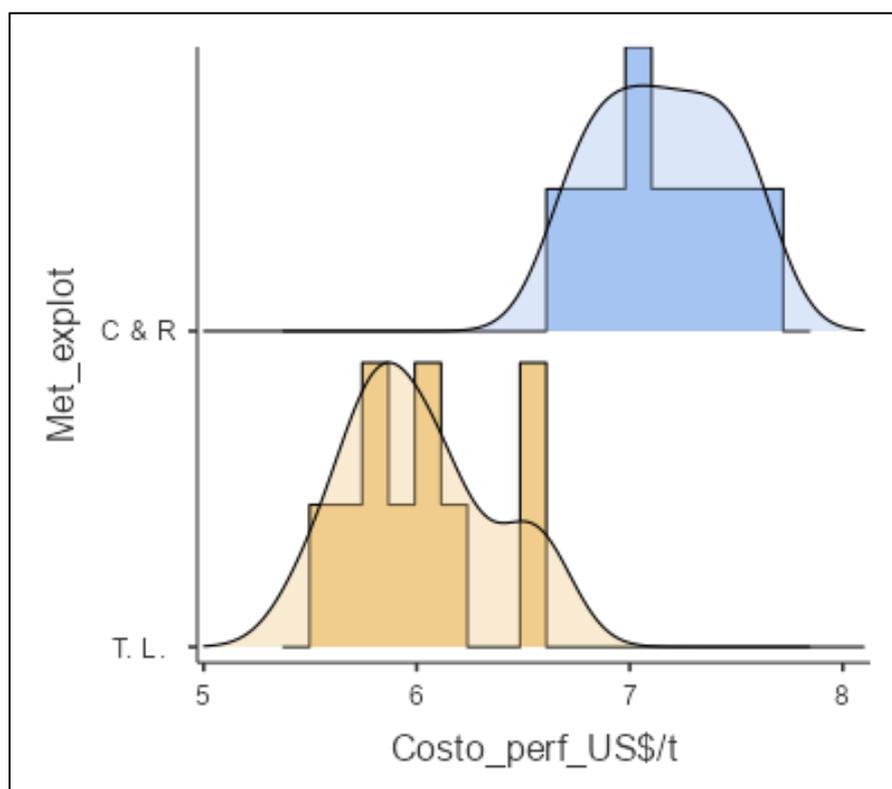


Figura 40. Histograma de los costos de perforación de los métodos C & R y T. L. en la Unidad Minera Santander.

Fuente: Elaboración propia.

Prueba de Normalidad

○ **Planteamiento de las hipótesis estadísticas:**

Sea:

H_0 : Los datos provienen de una distribución normal.

H_1 : Los datos no provienen de una distribución normal.

○ **Nivel de significancia: $\alpha=0.05$**

○ **Estadístico de prueba:**

Shapiro-Wilk.

○ **Regla de decisión:**

Si el valor de $p < 0.05$ se rechaza la H_0 .

○ **Prueba de normalidad:**

Tabla 67. Prueba de normalidad de los costos de perforación de los métodos de explotación C & R y T. L.

	Met_explot	Median	Shapiro-Wilk	
			W	p
Costo_perf_US\$/t	C & R	7.15	0.966	0.848
	T. L.	5.95	<u>0.957</u>	<u>0.751</u>

Fuente: Elaboración propia.

Como:

$$0.848 > 0.05$$

$$0.751 > 0.05$$

Entonces se acepta la H_0 .

○ Decisión:

Se concluye que los datos de la muestra de los costos de perforación de los métodos de explotación C & R y T. L. en US\$/t provienen de una distribución normal.

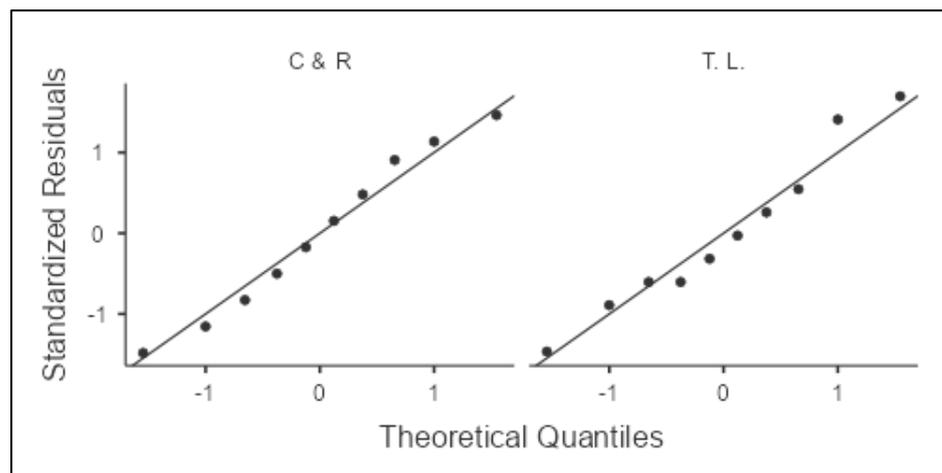


Figura 41. Gráfico del Q-Q plot de los costos de perforación de los métodos de C & R y T. L. en la Unidad Minera Santander.

Fuente: Elaboración propia.

En la *Figura 41* se observa que para cada método de explotación los puntos siguen la tendencia de la curva normal. Debemos tener en cuenta que la línea recta indica la tendencia de la curva normal.

Prueba de Homocedasticidad

Para lo cual tenemos:

H_0 : La varianza poblacional es homogénea de acuerdo al grupo de comparación.

H_1 : La varianza poblacional varía de acuerdo al grupo de comparación.

Usando el programa estadístico, tenemos:

Tabla 68. Prueba de homocedasticidad según Levene's.

		F	df	df2	p
	Levene's	0.059	1	18	0.811
Costo_perf_US\$/t	Variance ratio	0.772	9	9	0.706

Fuente: Elaboración propia.

Como $p > 0.05$ se acepta la H_0 , por lo tanto la varianza poblacional es homogénea en los costos de perforación de los métodos de C & R y T. L. en la Unidad Minera Santander.

Comparación de Grupos Independientes

Para lo cual calculamos el p_{valor} para la prueba paramétrica *t de Student*, así como también el tamaño del efecto según los criterios de *d de Cohen*.

H_0 : La diferencia de medias es igual a 0.

H_1 : La diferencia de medias es distinto a 0. Es decir hay diferencias.

Usando el programa estadístico, tenemos:

Tabla 69. Prueba *t de Student* para muestras independientes.

		Statistic	df	p	Mean diff.	SE diff.	Effect Size
Costo_perf_US\$/t	Student's t	7.806	18	3.47E-07	1.143	0.146	Cohen's d 3.491

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 69 tenemos el valor de $p < 0.05$,

Como $p < 0.05$ se rechaza la H_0 , por lo tanto existen diferencias estadísticamente significativas entre el costo de perforación de los métodos de corte y relleno ascendente y bench and fill con taladros largos.

Para evaluar el tamaño del efecto, tenemos los criterios de *d de Cohen* que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 70. Criterios para la *d de Cohen*.

Coficiente	Interpretación
Menor a 0.20	Nulo o Trivial
Entre 0.20 y 0.50	Pequeño
Entre 0.50 y 0.80	Mediano
Mayor a 0.80	Grande

Según los resultados de la Tabla 69, el tamaño del efecto es de 3.491, además según la Tabla 70, este valor es mayor que 0.80, por lo que podemos concluir que el tamaño del efecto es grande.

Además mostramos los indicadores descriptivos de los datos, en la Tabla 71.

Tabla 71. Descriptivo de los grupos: métodos de explotación C & R y T. L.

	Group	N	Mean	Median	SD	SE
Costo_perf_US\$/t	C & R	10	7.15	7.15	0.31	0.10
	T. L.	10	6.01	5.95	0.35	0.11

En la Tabla 71 y en la *Figura 42* se observan la media y la mediana de los costos de perforación de los dos métodos en estudio como son C & R y T. L.

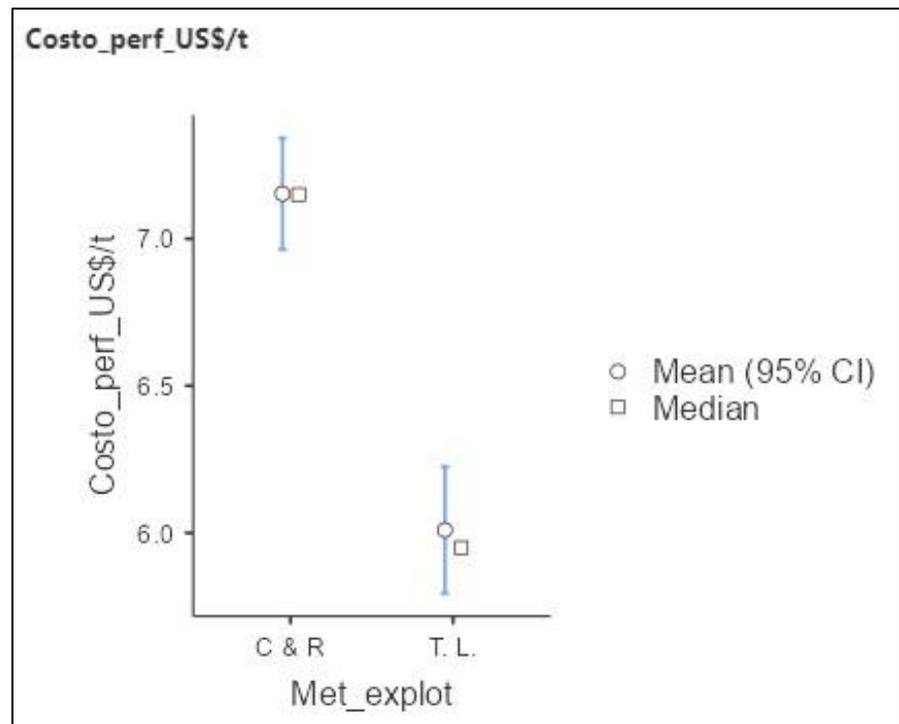


Figura 42. Gráfico de la media y mediana de los costos de perforación de los métodos de explotación C & R y T. L.

CONCLUSIÓN:

Finalmente, habiéndose demostrado mediante la comparación de medias que es $\neq 0$ por lo que existen diferencias estadísticamente significativas entre los costos de perforación de los métodos de explotación C & R y T. L. en la U.M. Santander, por lo que se demuestra que la optimización de la perforación de taladros largos mejora la producción en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources generando incremento de la rentabilidad de la Empresa Minera.

Segunda Hipótesis Específica

La segunda hipótesis específica del proyecto de investigación es el siguiente:

La optimización de la voladura de taladros largos mejoraría la producción en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources.

Para la prueba de hipótesis haremos uso de los datos de la muestra que se detalla en la Tabla 72.

Tabla 72. Costo de voladura de los métodos de explotación C & R y T. L.

Id	Met_explot	Costo_volad_\$/t
1	1	3.10
2	1	3.03
3	1	3.23
4	1	2.93
5	1	3.33
6	1	3.43
7	1	3.63
8	1	3.53
9	1	3.73
10	1	3.83
11	2	2.50
12	2	2.60
13	2	2.40
14	2	2.70
15	2	2.30
16	2	3.00
17	2	2.00
18	2	2.70
19	2	2.80
20	2	1.90

Definición de Variables

Las variables empleadas para la prueba de hipótesis de la segunda hipótesis específica es el siguiente:

Id: Identificador.

Met_explot: Métodos de explotación:

1 = Método corte y relleno ascendente (Cut and Fill).

2= Taladros largos (Bench and Fill). Costo_volad_\$/t: Costo de voladura en US\$/t.

Descriptivos

Los descriptivos de los costos unitarios de voladura en la U.M.

Santander se muestra en la Tabla 73.

Tabla 73. Resumen de los datos estadísticos de los costos de voladura de los métodos C & R y T. L.

	Met_explot	Costo_volad_US\$/t
Mean	C & R	3.377
	T. L.	2.49
Median	C & R	3.38
	T. L.	2.55
Standard deviation	C & R	0.306
	T. L.	0.348
Minimum	C & R	2.93
	T. L.	1.9
Maximum	C & R	3.83
	T. L.	3
Skewness	C & R	0.006
	T. L.	-0.489
Std. error skewness	C & R	0.687
	T. L.	0.687
Kurtosis	C & R	-1.262
	T. L.	-0.447

Fuente: Elaboración propia. C & R = Corte y Relleno. T. L. = Taladros Largos.

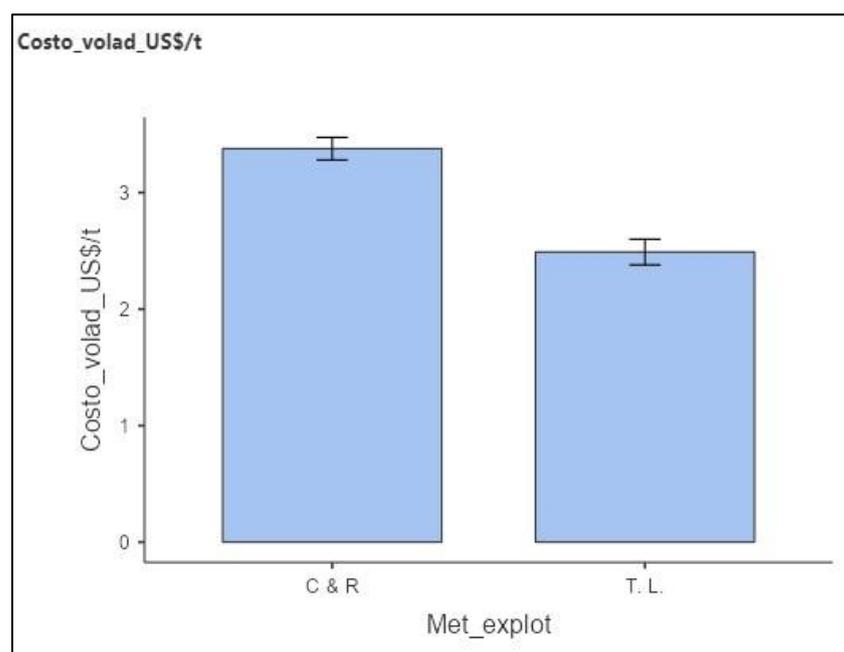


Figura 43. Gráfico de barras de los costos de voladura de los métodos C & R y T. L. en la Unidad Minera Santander.

Fuente: Elaboración propia

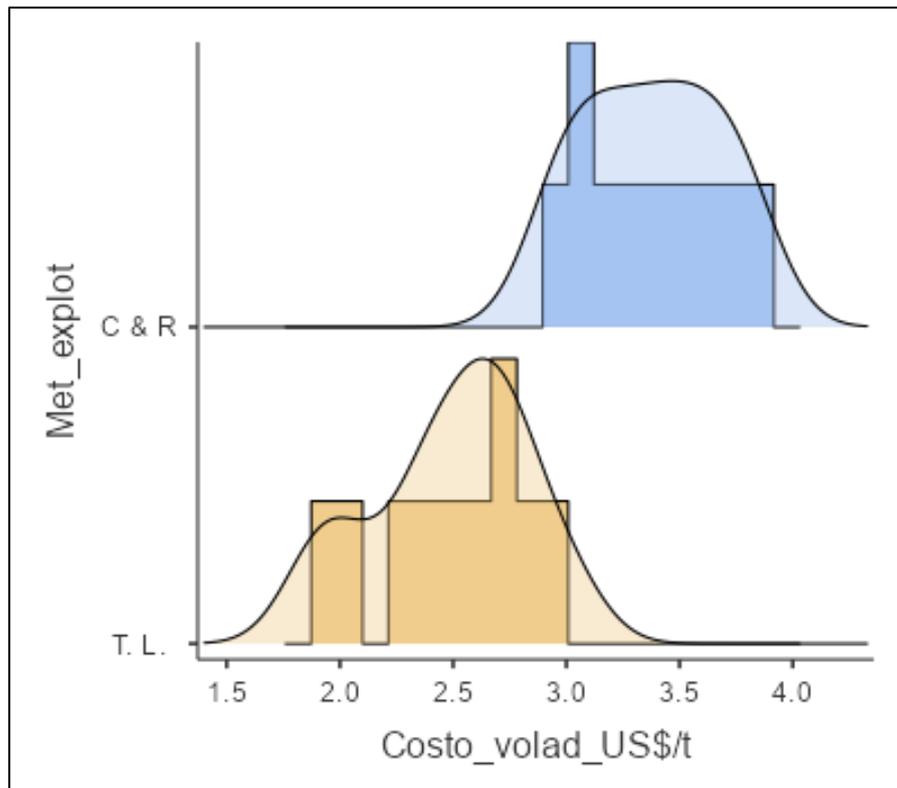


Figura 44. Histograma de los costos de voladura de los métodos C & R y T. L. en la Unidad Minera Santander.

Fuente: Elaboración propia.

Prueba de Normalidad

○ Planteamiento de las hipótesis estadísticas:

Sea:

H_0 : Los datos provienen de una distribución normal.

H_1 : Los datos no provienen de una distribución normal.

○ Nivel de significancia: $\alpha=0.05$

○ Estadístico de prueba:

Shapiro-Wilk.

○ Regla de decisión:

Si el valor de $p < 0.05$ se rechaza la H_0 .

○ Prueba de normalidad:

Tabla 74. Prueba de normalidad de los costos de voladura de los métodos de explotación C & R y T. L.

	Met_explot	Mean	Shapiro-Wilk	
			W	p
Costo_volad_US\$/t	C & R	3.377	0.966	0.848
	T. L.	2.49	0.957	0.751

Fuente: Elaboración propia.

Como:

$$0.848 > 0.05$$

$$0.751 > 0.05$$

Entonces se acepta la H_0 .

○ Decisión:

Se concluye que los datos de los costos de voladura de los métodos de explotación C & R y T. L. en US\$/t provienen de una distribución normal.

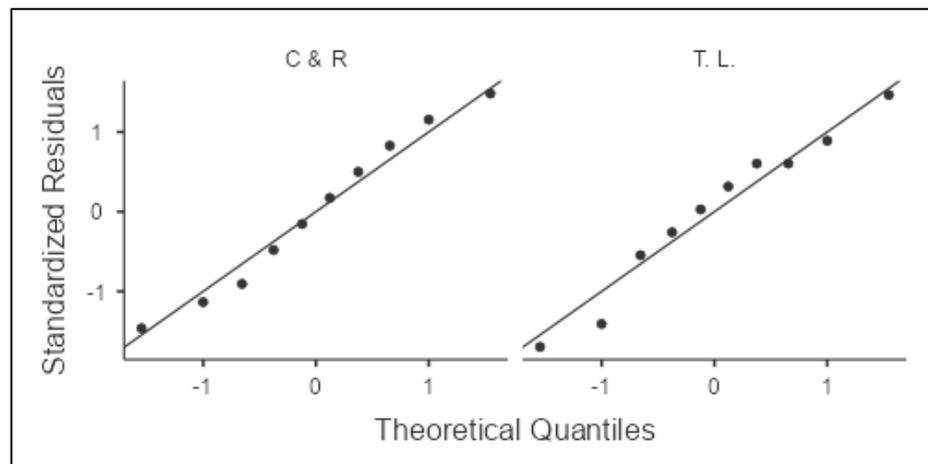


Figura 45. Gráfico del Q-Q plot de los costos de voladura de los métodos de C & R y T. L. en la Unidad Minera Santander.

Fuente: Elaboración propia.

En la *Figura 45* se observa que los puntos siguen la tendencia de la curva normal. La línea recta indica la tendencia de la curva normal.

Prueba de Homogeneidad de Varianzas

H_0 : La varianza poblacional es homogénea de acuerdo al grupo de comparación.

H_1 : La varianza poblacional varía de acuerdo al grupo de comparación.

Usando el programa estadístico, tenemos:

Tabla 75. Prueba de homogeneidad de varianzas según Levene's.

	F	df	df2	p
Costo_volad_US\$/t Levene's	0.059	1	18	0.811
Variance ratio	0.772	9	9	0.706

Fuente: Elaboración propia.

Como $p > 0.05$ se acepta la H_0 , por lo tanto la varianza poblacional es homogénea en los costos de voladura de los métodos de C & R y T. L. en la Unidad Minera Santander.

Comparación de Grupos Independientes

Comparación de grupos independientes

Para lo cual calculamos el p_{valor} para la prueba paramétrica *t de Student*, así como también el tamaño del efecto según los criterios para la *d de Cohen*.

H_0 : La diferencia de medias es igual a 0.

H_1 : La diferencia de medias es diferente de 0. Es decir hay diferencias.

Usando el programa estadístico, tenemos:

Tabla 76. Prueba *t de Student* para muestras independientes.

	Statistic	p	Mean difference	Effect Size
Costo_volad_US\$/t Student's t	6.057	1.00E05	0.887	Cohen's d 2.709

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 76 tenemos el valor de $p < 0.05$,

Como $p < 0.05$ se rechaza la H_0 , por lo tanto, existen diferencias estadísticamente significativas entre el costo de voladura en los métodos de corte y relleno ascendente y bench and fill con taladros largos.

Para evaluar el tamaño del efecto, tenemos los criterios de *d de Cohen* que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 77. Criterios para la *d* de Cohen.

Coeficiente	Interpretación
Menor a 0.20	Nulo o Trivial
Entre 0.20 y 0.50	Pequeño
Entre 0.50 y 0.80	Mediano
Mayor a 0.80	Grande

Según los resultados de la Tabla 76, el tamaño del efecto es de 2.709, además según la Tabla 77, este valor es mayor que 0.80, por lo que podemos concluir que el tamaño del efecto es grande.

Además, mostramos los indicadores descriptivos de los datos, en la Tabla 78.

Tabla 78. Descriptivo de los grupos: costo de voladura de los métodos de explotación C & R y T. L.

Group	N	Mean	Median	SD	SE
Costo_volad_US\$/t C & R	10	3.377	3.38	0.306	0.097
T. L.	10	2.49	2.55	0.348	0.11

En la Tabla 78 y en la *Figura 46* se observan la media y la mediana de los costos de voladura de los dos métodos en estudio.

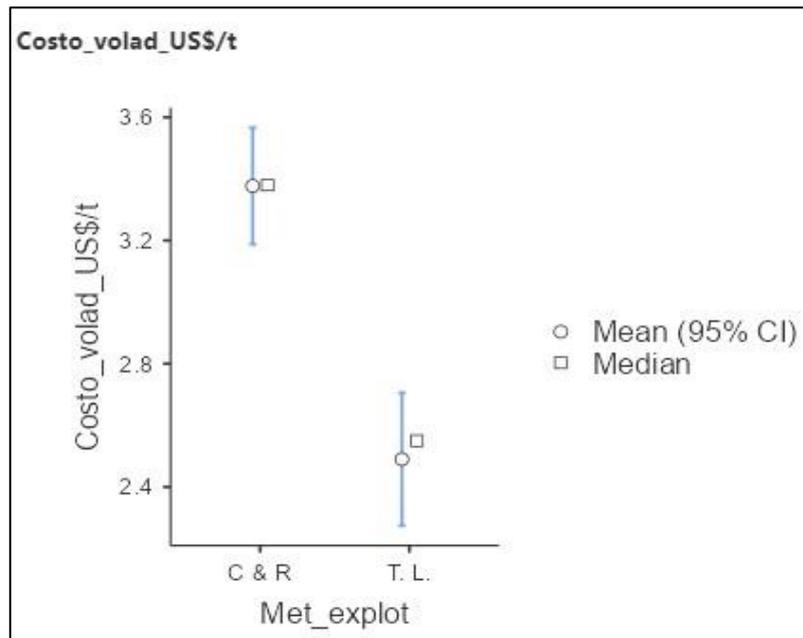


Figura 46. Gráfico de la media y mediana de los costos de voladura de los métodos de explotación C & R y T. L. en la U.M. Santander.

CONCLUSIÓN:

Finalmente, habiéndose demostrado mediante la comparación de medias que es $\neq 0$ por lo que existen diferencias estadísticamente significativas entre los costos de voladura de los métodos de explotación C & R y T. L., por lo que se demuestra que la optimización de la voladura de taladros largos mejora la producción en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources.

4.4. Discusión de resultados

Teniendo en consideración a los autores citados en el marco teórico, a continuación, se pasa a discutir los resultados estadísticos de manera conjunta.

Tabla 79. *Discusión de resultados.*

Variable	Autor	Similitud	Diferencia	Resultado
Costo de perforación y voladura con taladros largos.	Hinostroza Sanchez Eli Saul	Dimensiones de tajo 2.10x2.10x10 mt.	US\$/gdia.	5,866 US\$/gdia.
	Cruz Alvarez Anddier Yuni	Dimensiones de tajo 8x50x125m.	US\$/t.	4.47 US\$/t.
	Beltran Beltran Kevin Edilberto	Dimensiones de tajo 24x19.03x37.	US\$/t.	17.37 US\$/t.
	El presente estudio	Sección de la rampa de 5.0m x 4.0m.	Costo en US\$/t.	Perforación: 6\$/t. Voladura: 2.49 \$/t.

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Las conclusiones del estudio son las siguientes:

- El costo de explotación con corte y relleno es de 66.08 \$/t y el costo de explotación con taladros largos es de 54.5 \$/t. con una diferencia de 12.69 \$/t. En ambos casos se incluye los costos de planta, energía y costo administrativo.
- El costo de perforación con corte y relleno es de 7.15 \$/t y el costo de perforación con taladros largos es de 6.01 \$/t con una diferencia de 1.14 \$/t.
- El costo de voladura con corte y relleno es de 3.38 \$/t y el costo de voladura con taladros largos es de 2.49 \$/t con una diferencia de 0.89 \$/t.
- El factor de carga en voladura con taladros largos es de 11.6 kg/m³.
- El factor de potencia en voladura con taladros largos es de 3.74 kg/t.
- El costo de operaciones por tonelada de mineral extraído en la Unidad Minera Chungar es de 26. 89 \$/t.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar trabajos de supervisión y control permanente de las operaciones mineras para el cumplimiento de las metas programadas por la Empresa Minera.
- Programar capacitación permanente del personal de mina y planta de la Empresa Minera.
- Implementar con mayor intensidad el desarrollo de trabajos en equipo con la finalidad de apalancar los recursos disponibles y cumplir con éxito los objetivos trazados por la Compañía Minera.
- Se recomienda realizar el control de dilución del mineral, ya que este parámetro influye directamente en los costos de la mina y planta, por tener que transportar mayor cantidad de material estéril o de baja ley y como consecuencia disminuirían las leyes de cabeza incrementándose los costos de molienda y flotación.
- Los costos de operación varían según el rendimiento de los equipos, cantidad de insumos a utilizar y la eficiencia de las partidas de perforación y voladura, por lo que se recomienda realizar control y seguimiento de estos parámetros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alzamora Garcia, D. A. (2023). *Optimización de Perforación y Voladura con Taladros Largos en Tajos de Producción. Zona Magistral Centro. Empresa Minera Trevali Perú SAC Unidad Minera Santander. Región Lima. 2021.*
- Ames Lara, V. A. (2008). *Diseño de las mallas de perforación y voladura utilizando la energía producida por las mezclas explosivas.*
- Antonio Ordoñez, W. (2017). *Aplicación de taladros largos en vetas angostas, caso Mina Austria Duvaz-Morococha.*
- Ayunque Carrera, M. A. (2020). *Optimización de la recuperación de mineral en el método de explotación bench and fill con taladros largos en la veta Magistral Centro-Tajo 4230 de Minera Trevali Perú-Unidad Santander.*
- Beltran Beltran, K. E. (2018). *Optimización de explotación del tajo 427-cuerpo chiara 445 usando taladros largos paralelos–Cía. Minera Casapalca SA-2017.*
- Caballero Zavala, E. E., & Calixto Sotelo, R. (2022). *Implementación de un Modelo Integral de Voladura para optimizar los procesos de ingeniería de la voladura de rocas en galerías de sección de 4x4 m en Compañía Minera Santa Luisa, Unidad Huanzalá.*
- Cabrera Huamaní, M. (2016). *Optimización de estándares de perforación y voladura para mejorar el factor de avance en la mina Santander-Cía. Minera Trevali Perú SAC.*
- Camhi Andrade, J. F. (2012). *Optimización de los procesos de desarrollo y construcción en minería de Block Caving. Caso estudio mina El Teniente Codelco Chile.*
- Cruz Alvarez, A. Y. (2020). *Reducción de voladura secundaria mediante la optimización de estándares de perforación y voladura en taladros largos en Alpayana SA–2020.*
- Cueva Ames, P. L. (2019). *Diseño de malla para taladros largos e incremento de producción en NV 270-Unidad de Producción Islay-2019.*

- De la Vergne, J. (2012). *Diccionario Técnico de Mineros y Petroleros*. North Bay: John N. de La Vergne.
- Deere, D. U., & Deere, D. W. (1989). *Rock Quality Designation (RQD) after Twenty Years*. DEERE (DON U) CONSULTANT GAINESVILLE FL.
- Gertsch, R., Remo, J. L., & Gertsch, L. S. (1997). Near-Earth Resources. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 822(1), 468–510.
- Gonzales Fernández, C. W. (2016). *Evaluación de la voladura en el método de cámaras y pilares en la Compañía Minera Marsa*.
- Hague, K. P., & Tenorio, V. O. (2020). *PERFORMANCE OPTIMIZATION IN UNDERGROUND MINING COMBINING STRATEGIC DEVELOPMENT AND WIRELESS TECHNOLOGIES*.
- Hernández-Sampieri, R. (2010). *Metodología de la investigación* (Mc Graw Hill (ed.); Quinta edi).
- Hinostroza Sanchez, E. S. (2019). *Implementación de malla de perforación y voladura de taladros largos para evaluar los costos operativos en el método de explotación sublevel stoping en la mina subterránea Marcapunta Sur-El Brocal*.
- Huaraca Onsihuay, K. M. (2022). *Incremento de la producción mediante la aplicación del método Bench & Fill en el tajo 4300 de mina Santander de Trevali Peru SAC-2021*.
- Kashyap, S. K., Parhi, D. R. K., Sinha, A., Singh, M. K., & Singh, B. K. (2008). Optimization of Mine Support Parameters Using Neural Network Approach. *Proceedings of the 12th International Conference on Computer Methods and Advances in Geomechanics*, 1770.
- Kumar, P. M., Priya, N. S., Musalaiah, S., & Nagasree, M. (2014). Knowing and avoiding plagiarism during scientific writing. *Annals of Medical and Health Sciences Research*, 4(3), 193–198.

- Lind, D. A., Marchal, W. G., Wathen, S. A., Obón León, M. del P., & León Cárdenas, J. (2015). *Estadística aplicada a los negocios y la economía*. México: McGraw-Hill/Interamericana Editores.
- Lucian, C., & Wangwe, E. M. (2013). The usefulness of rock quality designation (RQD) in determining strength of the rock. *International Refereed Journal of Engineering and Science*, 2(9), 36–40.
- Morales, N., Gómez, A., & Vallejos, J. (2015). *Multi-criteria optimization for scheduling of a Bench & Fill mine*.
- Music Garrido, A. A. (2007). *Diagnóstico y optimización de disparos en desarrollo horizontal, Mina El Teniente*.
- Pino, R. (2018). *Metodología de la investigación: Elaboración de diseños para contrastar hipótesis*. San Marcos.
- Quispe Roca, F. (2019). *Optimización de perforación y voladura en la explotación por sub level Stoping (Taladros largos) Compañía Minera Shuntur SAC, Huaraz*.
- Scoble, M. J., & Moss, A. (1994). Dilution in underground bulk mining: implications for production management. *Geological Society, London, Special Publications*, 79(1), 95–108.
- Sharma, S. (2022). *Plagiarism in Research Ethics*.
- Soriano Rosales, E. F., & Vilca Poma, C. R. (2009). *Mejoramiento de actividades de mantenimiento de scooptrams eléctricos para elevar la producción de la Compañía Minera Corona–Unidad Yauricocha*.
- Soto, G. C. (2012). *Diccionario Minero. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas: Otros Mundos, AC*.
- Stabingis, L. (2014). Avoiding plagiarism in students' written works: experience of LLU. *Proceedings of 13th International Scientific Conference Engineering for Rural Development*, 471–477.

Vasquez, D., & Arauzo, L. (2021). *Drilling Mesh Design based on Holmberg's Mathematical Model to Decrease Mineral Fragmentation of Blasting Processes at Underground Mines in Peru.*

Walliman, N. (2017). Research Ethics. In *Research Methods* (pp. 43–58). Routledge.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia.

“Optimización de la Perforación y Voladura de Taladros Largos para Mejorar la Producción en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources”

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Metodología
<p>Problema general</p> <p>¿De qué manera la optimización de la perforación y voladura de taladros largos influye en la mejora de la producción en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Mejorar la producción en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources mediante la optimización de la perforación y voladura de taladros largos.</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>La optimización de la perforación y voladura de taladros largos mejoraría la producción en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources.</p>	<p>Variable Independiente:</p> <p>X= La optimización de la perforación y voladura de taladros largos en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources.</p>	<p>X₁ = Evaluación económica de la perforación y voladura de la Mina Julcani</p> <p>X₂ = Evaluación económica del sostenimiento de las excavaciones subterráneas de la Mina Julcani</p>	<p>Tipo y nivel de investigación:</p> <p>Tipo:</p> <p>De acuerdo al propósito: Aplicada, resuelve un problema específico.</p> <p>De acuerdo al nivel de investigación: Descriptiva</p> <p>De acuerdo al diseño: No experimental, ya que se realiza sin manipular deliberadamente las variables.</p> <p>De acuerdo al método: Hipotético deductivo, ya que el estudio cuenta con la prueba de hipótesis</p>
<p>Primer problema específico</p> <p>¿Cómo la optimización de la perforación de taladros largos mejora la producción en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources?</p>	<p>Primer objetivo específico</p> <p>Mejorar la producción en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources mediante la optimización de la perforación de taladros largos.</p>	<p>Primera hipótesis específica</p> <p>La optimización de la perforación de taladros largos mejoraría la producción en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources.</p>	<p>X₁= La optimización de la perforación de taladros largos en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources.</p> <p>X₂= La optimización de</p>	<p>X₃ = Evaluación económica del transporte de la Mina Julcani</p>	

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Metodología
<p>Segundo problema específico</p> <p>¿Cómo la optimización de la voladura de taladros largos mejora la producción en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources?</p>	<p>Segundo objetivo específico</p> <p>Mejorar la producción en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources mediante la optimización de la voladura de taladros largos.</p>	<p>Segunda hipótesis específica</p> <p>La optimización de la voladura de taladros largos mejoraría la producción en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources.</p>	<p>la voladura de taladros largos en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources.</p> <p>Variable Dependiente (Y):</p> <p>Y= Mejorar la producción en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources.</p>	<p>Y₁= Costo unitario de producción en la U.E.A. Santander.</p>	<p>Nivel de investigación: Descriptivo.</p> <p>Diseño: No experimental.</p> <p>Población y muestra</p> <p>Población Tajeos de la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources.</p> <p>Muestra: Tajeos con taladros largos en la U.E.A. Santander de Cerro de Pasco Resources.</p>

Fuente: *Elaboración propia.*

Anexo 2. Instrumentos de Recolección de Datos.

Tabla 80. *Taladros largos negativos.*

Fila 131 (TL. Negativos), Tajo 4090-MC-3N, Nivel 4090 SN 04.

Tajo: 4090-MC-3N

Fila 131 (TL.Negativos)

Nivel: 4090 SN 04

	DISEÑO				EJECUTADO				
	N° Tal	Angulo	metros	barras	Comu.	No Com.	Repase	Fecha	Operador
	1	83.5°	14.6	12.0 b					
	2	86.0°	14.5	14.0 b					
	3	86.0°	16.7	14.0 b					
Metros Tot. 45.96 Ton/Sec 346.7 Ton/m 7.54 Burden 1.65m Espaciam. 1.65m									

Tabla 81. *Taladros largos positivos.*

Fila 113 (TL. Positivos), Tajo 4090-MN-4S, Nivel 4090 SN 04.

Tajo: 4090-MN-4S

Fila 113 (TL.Positivos)

Nivel: 4090 SN 04

	DISEÑO				EJECUTADO				
	N° Tal	Angulo	metros	barras	Comu.	No Com.	Repase	Fecha	Operador
	1	78.5°	4.7	4.0 b					
	2	78.5°	4.58	4.0 b					
	3	78.5°	4.75	4.0 b					
	4	78.5°	5.18	4.5 b					
	5	73.0°	6.26	5.0 b					
Metros Tot. 25.46 Ton/Sec 181.94 Ton/m 7.15 Burden 1.65m Espaciam. 1.65m									

LABORES DISPARADAS			
1°	SN 4020-4N	P/V	✓
2°	SN 4020-4S	P/V	✓
3°	SN 4090-1N	LIMPIO	×
4°	SN 4090-2T-1S	P/V	✓
5°	SN 4020-2T-4S	P/V	✓
6°	SN 4120-1S	P/V (DESQ.)	✓
7°			<input type="checkbox"/>
8°			<input type="checkbox"/>
9°			<input type="checkbox"/>

Tabla 82. *Labores disparadas.*

Tabla 83. *Stock.*

STOCK	TN
SN 4020-4N	100
SN 4020-4S	100
SN 4090-2T-1S	150
SN 4020-2T-4S	150
SN 4120-1S (DESQ.)	100
TJ 4230-1S	560
TJ 4300-3S	100
TOTAL	1260

Tabla 84. *Voladura de tajos.*

VOLADURA DE TAJOS		FILAS	
1°	TJ 42301S	5 filas de producción (432,431,430,429,428)	Ejecutado
2°			
3°			
4°			

Tabla 85. *Taladros largos.*

TALADROS LARGOS			
	LABOR	FILAS	METROS
SIMBA 1	TJ 4020-2T4N	Taladros chimenea	175
SIMBA 3	TJ 4230-1S	Taladros de producción (429,428,427,426)	96

Anexo 3. Panel Fotográfico



Figura 47. NV 4160 PISO N°04 Carguío de taladros de producción en Positivo bancada de 07mts en (+)



Figura 48. NV 4020 1N PISO N°02 Perforación de taladros(-) Bancada de 10mts.



Figura 49. Labores de preparación.



Figura 50. NV 4090 2T 1S PISO N°03 INTEGRACION DE (VCR, SLOT,CHIMENEA)
PERFORACION CON SIMBA S7D.

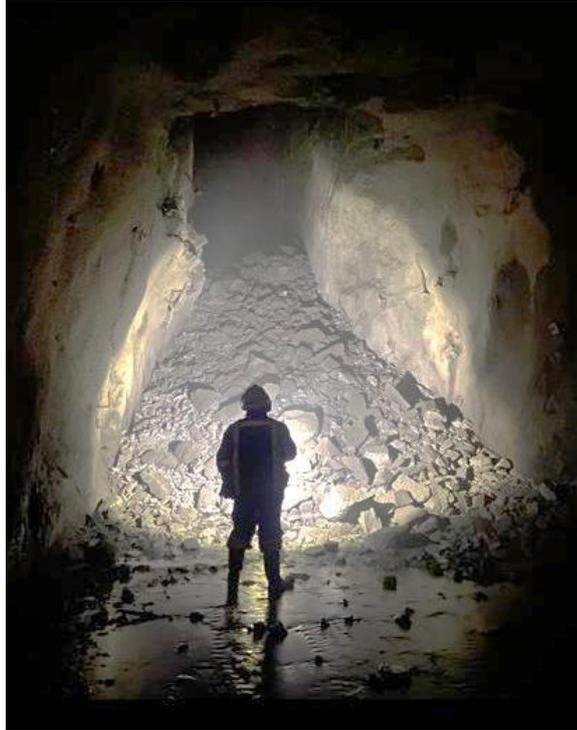


Figura 51. NV 4370 1S PISO N°02 INSPECCION DE VOLADURA CONSTATAACION DE CONTROL DE CAJA PISO Y CAJA TECHO.0% DE DILUCION.



Figura 52. NV 4090 2T 1N CARGUIO DE VCR EN POSITIVO 1ra ETAPA BANCADA DE 07Mts.



Figura 53. NV 4020 2T 1N ; NV 4020 2T 1S PREPARACION DE SUBNIVELES CON JUMBO DD311 SANDVIK.



Figura 54. Labores de preparación.



Figura 55. Labores de preparación.



Figura 56. Sostenimiento.



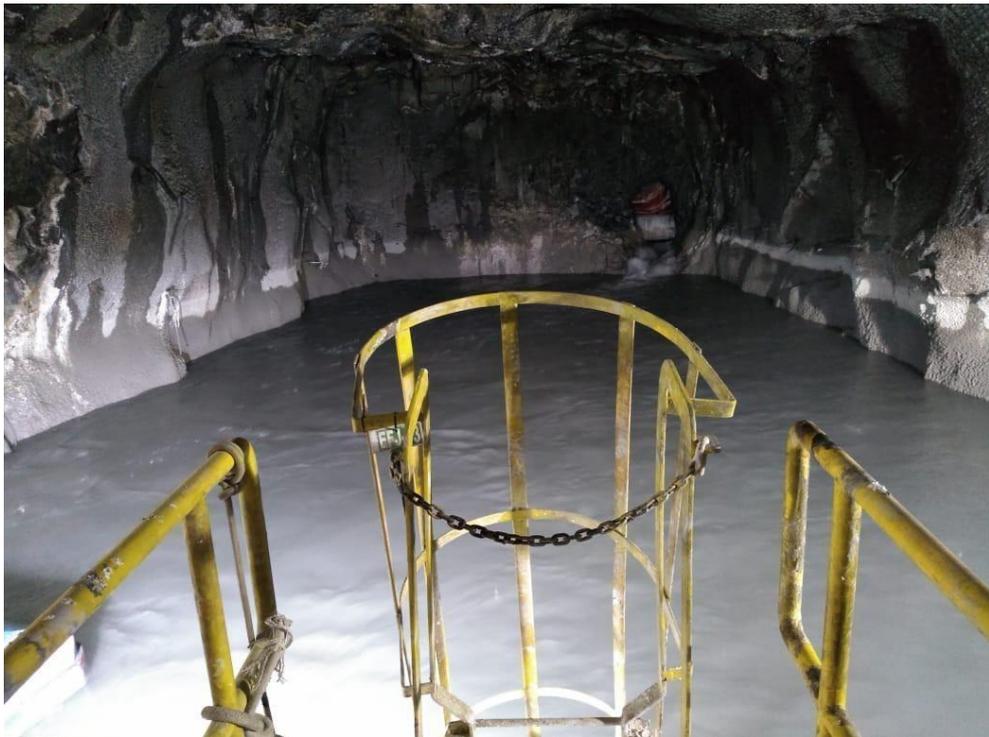
Figura 57. NV 4510 1N PISO N° 02 CARGUIO CON ANFO DE 03 FILAS DE TALADROS DE PRODUCCION.



Figura 58. NV 4120 1N PISO N°03 RECUPERACION DE TAJO CACHORREO DE BANCOS CON JUMBO DD311 SANDVIK.



*Figura 59. Vista aérea de las instalaciones de la Unidad Minera Santander.
Fuente: pascoresources.com*



*Figura 60. Interior de la Unidad Minera Santander.
Fuente: pascoresources.com*



Figura 61. Interior de un túnel de la Unidad Minera Santander.

Fuente: pascoresources.com

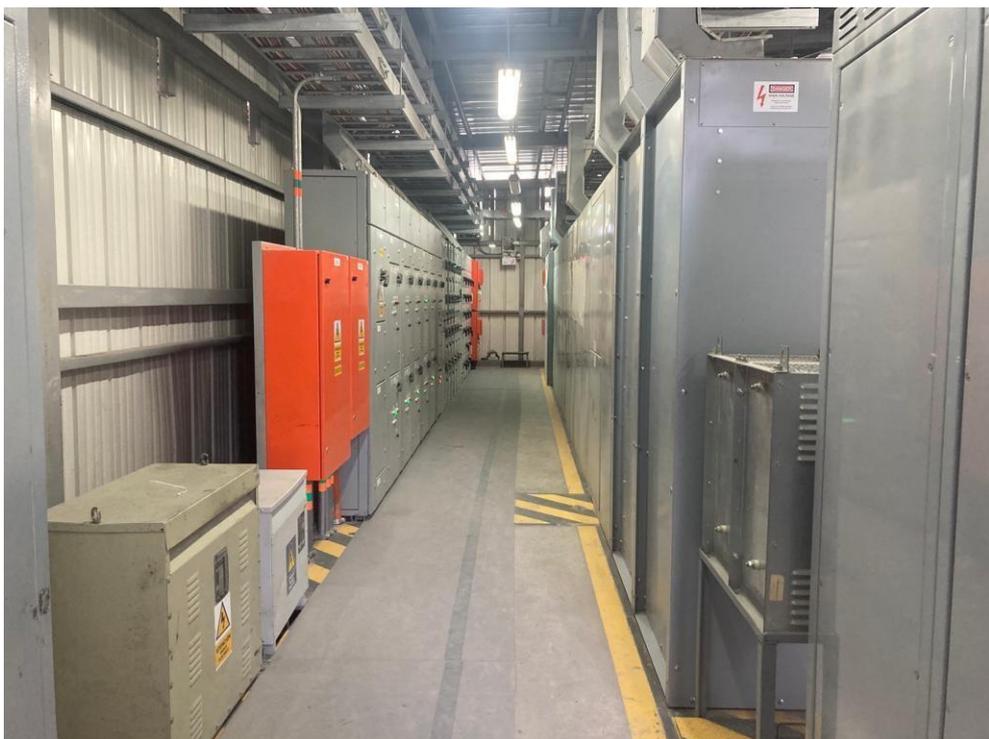


Figura 62. Sala eléctrica Santander.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 63. Sala eléctrica Santander.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 64. Área de molienda de la Unidad Minera Santander.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 65. Área de Flotación de Zinc y Plomo de la Unidad Minera Santander.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 66. Área de Espesadores de la Unidad Minera de Santander.

Fuente: Elaboración propia.