

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS**



**T E S I S**

**Optimización de Perforación y Voladura con Taladros  
Largos en Tajos de Producción. Zona Magistral Centro.  
Empresa Minera Trevali Perú S.A.C. Unidad Minera  
Santander. Región Lima. 2021**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero de minas**

**Autor:**

**Bach. David Augusto ALZAMORA GARCIA**

**Asesor:**

**Mg. Nieves Oswaldo GORA TUFINO**

**Cerro de Pasco - Perú - 2023**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS**



**T E S I S**

**Optimización de Perforación y Voladura con Taladros  
Largos en Tajos de Producción. Zona Magistral Centro.  
Empresa Minera Trevali Perú S.A.C. Unidad Minera  
Santander. Región Lima. 2021**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**Mg. Edwin SANCHEZ ESPINOZA**

**PRESIDENTE**

---

**Ing. Toribio GARCÍA CONTRERAS**

**MIEMBRO**

---

**Mg. Silvestre Fabian BENAVIDES CHAGUA**

**MIEMBRO**

## **DEDICATORIA**

A Dios por su eterna bondad, y protección infinita que me brinda todo.

A mis dos joyas más valiosas mi madre Justa Garcia y mi padre Donato Alzamora, por la perseverancia en el apoyo moral y económico que me han brindado para llegar a la meta.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi alma mater la Universidad Daniel Alcides Carrión que me acogió el tiempo de mi formación profesional y a los docentes que mediante sus experiencias y conocimientos han guiado mi carrera profesional.

A la Gerencia de operaciones y la superintendencia de la Empresa Trivali, mina los Quenuales, UEA. Santander S.A., por su confianza depositada en mi persona extendiendo mis agradecimientos a todos los a todos los operadores y supervisores de producción por su apoyo directo y desinteresado muchísimas gracias eternas.

## RESUMEN

El trabajo de investigación realizado en la Empresa Trivali, en la Mina Santander en el Yacimiento de Magistral Centro, denominado: Minera Trevali Perú S.A.C. Unidad Minera Santander Optimización de Perforación y Voladura con Taladros Largos en Tajos de Producción. Zona Magistral Centro. Empresa. Región Lima. 2021, realizado para mejorar el diseño de las mallas de perforación mediante pruebas de campo y en donde el planteamiento del problema es; mejorar la perforación y voladura con taladros largos en tajos de producción, para ello se realizarán pruebas en campo en el tajo 4301, Nivel 4300 Zona Magistral Centro; para ello se han realizado sendas pruebas en los tajos piloto bajo el modelo matemático de la ecuación de Rosin Rammier, empleando la ecuación de Kuznetsow, apoyado con el software Split Desktop, con el cual se han realizado el el foto-análisi de las imágenes tomadas al resultado de los disparos en el monitoreo los que son 4 disparos de influencia, para determinar y pronosticar el análisis de la fragmentación para determinar si es el óptimo, y donde el objetivo general es determinar la curva de fragmentación ideal y fiable, que será considerado la curva real de fragmentación de línea base, para todos las operaciones de perforación y voladura en la Empresa Trivali-Los Quenuales - UEA Mina Santander, en el minado por el método de explotación Bench and Fill o AVOCA. Por consiguiente, para el diseño se utilizó los parámetros de perforación (diámetro del taladro, diámetro de alivio, longitud de taladro, longitud de carga, taco, desviación de perforación). En parámetro de explosivo (densidad, velocidad, presión de detonación, y dimensiones del explosivo) y en parámetro de roca (resistencia de la roca y RQD). que se usaron para calcular el burden y espaciamiento en el diseño de mallas, estos datos son obtenidos in situ de la mina, para la perforación con equipo Jumbo. Así también pronostica el porcentaje pasante, por medio de un análisis de fragmentación y determinar si el diseño es el óptimo para perforación y voladura para la producción con taladros largos.

Palabras clave: Optimización, método de minado.

## ABSTRAC

He worked on research carried out in the Trivali Company, in the Santander Mine in the Magistral Centro Deposit, called: Minera Trevali Perú S.A.C. Santander Mining Unit Optimization of Drilling and Blasting with Long Drills in Production Pits. Central Master Zone. Business. Lima region. 2021, carried out to improve the design of perforation meshes through field tests and where the problem statement is; improve drilling and blasting with long drills in production pits, for which field tests will be carried out in pit 4301, Level 4300 Central Magistral Zone; To this end, tests have been carried out in the pilot pits under the mathematical model of the Rosin Rammier equation, using the Kuznetsow equation, supported by the Split Desktop software, with which the photo-analysis of the images taken at the result of the monitoring shots, which are 4 influence shots, has been carried out, to determine and forecast the fragmentation analysis to determine if is optimal, and where the general objective is to determine the ideal and reliable fragmentation curve, which will be considered the actual baseline fragmentation curve, for all drilling and blasting operations in the Trivali-Los Quenuales Company - UEA Santander Mine , in mining by the Bench and Fill or AVOCA exploitation method. Therefore, the drilling parameters (drill diameter, relief diameter, drill length, load length, plug, drilling deviation) were used for the design. In explosive parameter (density, speed, detonation pressure, and dimensions of the explosive) and in rock parameter (rock resistance and RQD). which were used to calculate the burden and spacing in the mesh design, these data are obtained in situ at the mine, for drilling with Jumbo equipment. Thus, it also predicts the passing percentage, through a fragmentation analysis and determines if the design is optimal for drilling and blasting for production with long holes.

Keywords: Optimization, mining method.

## INTRODUCCIÓN

En la unidad minera Santander con el propósito de realizar las mejoras y el seguimiento de sus labores de avances y preparación y de taladros largos a cargo de la Empresa especializada JRC la Gerencia de Operaciones en las operaciones y con el fin de generar mejoras las eficiencias en sus voladuras y generar beneficios en el minado y plantear las recomendaciones necesarias que se deben seguir para lograr los objetivos planteados en lo que se refiere al avance con taladros largo en la Mina Santander.

Para efectuar el trabajo de investigación se han coordinado con los Ingenieros Directivos de la Empresa como Superintendente de Mina y con el Asistente de Superintendente de Mina de Quenuales, con ellos se ha tomado la decisión y se han elegido las labores críticas para el estudio, poniendo especial énfasis en labores en donde se presentan mayor frecuencia de problemas debido a sus características geológicas tales como las Rampas 4005 y 4577 de las zonas Magistral Sur y Magistral Norte respectivamente.

Finalmente se ha procedido a realizar un balance y evaluación de los progresos y mejoras implementados por parte del personal destinado al carguío de frentes y tajos de producción en base a las parámetros determinados mediante las pruebas de campo y recomendaciones y sugerencias realizadas por parte de los Ingenieros de los ingenieros que colaboramos participamos en el proyecto de seguimiento y control realizadas a lo largo de todo el año 2019, asimismo, se han realizado la capacitación directa y transmitidas personalmente a los trabajadores y supervisores de la empresa Los Trevali – Mina Santander, por medio de los diferentes Informes Técnicos del desarrollo del proyecto planteado.

El presente trabajo para su desarrollo lo hemos 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; Establece 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 zona Magistral Centro, asimismo los resultados del estudio.



## ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRAC

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

### CAPITULO I

#### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema .....	1
1.2. Delimitación de la Investigación.....	2
1.2.1. Limitación espacial .....	2
1.2.2. Delimitación temporal .....	2
1.2.3. Delimitación temática .....	2
1.3. Formulación del problema .....	2
1.3.1. Problema general .....	2
1.3.2. Problemas específicos .....	2
1.4. Formulación de objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo general .....	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
1.5. Justificación de la investigación.....	3
1.6. Limitaciones de la investigación .....	3

### CAPITULO II

## MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio .....	5
2.2. Bases teóricas - científicas .....	6
2.2.1. Descripción de Unidad Minera.....	6
2.2.2. Sistema de explotación .....	7
2.2.2.1. Secuencia de minado.....	7
2.2.3. Zona Magistral Centro .....	10
2.2.4. Perforación y voladura con taladros largos.....	11
2.2.4.1. Perforación.....	11
2.2.4.2. Voladura.....	13
2.2.5. Unidad minera Santander.....	14
2.2.5.1. Geología.....	17
2.3. Definición de términos .....	26
2.4. Formulación de hipótesis.....	27
2.4.1. Hipótesis H1 .....	27
2.4.2. Hipótesis Ho .....	27
2.5. Identificación de variables .....	27
2.5.1. Variables independientes .....	27
2.5.2. Variables dependientes: .....	28
2.6. Definición operacional de variable e indicadores .....	29

## CAPITULO III

### METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación .....	30
----------------------------------	----

3.2. Nivel de investigación .....	30
3.3. Métodos de investigación .....	30
3.4. Diseño de investigación.....	30
3.5. Población y muestra .....	31
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	31
3.6.1. Técnicas:.....	31
3.6.2. Instrumentos:.....	31
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	31
3.8. Tratamiento estadístico .....	32
3.9. Orientación ética filosófica y epistémica .....	32

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Descripción del trabajo de campo.....	33
4.1.1. Planeamiento de minado unidad minera Santander .....	33
4.1.2. Recursos .....	36
4.1.3. Caracterización geomecánica .....	37
4.1.4. Dimensionamiento de los tajeos.....	38
4.1.5. Perforación en tajeos de producción .....	40
4.1.6. Voladura en tajeos de producción .....	42
4.1.7. Parámetros de voladura en tajeos.....	43
4.1.8. Trabajos realizados en la zona magistral centro (MC) .....	43
4.1.9. Descripción del trabajo de campo perforación y voladura de taladros largos magistral centro.....	44

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados .....	45
4.2.1. Voladura N°1 – Tajo 4301 MC-1N / Nivel 4300 SN 01-02N .....	45
4.2.2. Voladura N°2 - Tajo 4300 MC-2N / Nivel 4300 SN 03.....	48
4.2.3. Voladura N°3 - Tajo 4301 MC-1N / Nivel 4300 SN 01-02N.....	51
4.2.4. Voladura N°4 - Tajo 4300 MC-1S / Nivel 4300-SN-02S .....	55
4.3. Prueba de hipótesis.....	57
4.4. Discusión de resultados.....	61

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características Simba S7D .....	13
Tabla 2 Vías de acceso. Unidad Minera Santander .....	15
Tabla 3 Operacionalidad de variables .....	29
Tabla 4 Resumen de Recursos por categoría Mina Santander Noviembre del 2019.....	36
Tabla 5 Caracterización Geomecánica aplicable taladros largos en Santander SAC .....	39
Tabla 6 Resumen de Caracterización del Macizo Rocoso Mina Santander SAC ...	40
Tabla 7 Parámetros de Diseño de Malla .....	46
Tabla 8 Medición de los taladros.....	53
Tabla 9 Resistencia compresiva de la roca intacta. UM Santander .....	78
Tabla 10 Parámetros de perforación Simba S7D .....	78
Tabla 11 Parámetros de voladura de tajos de producción.....	79

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Block de minado. ....	9
Figura 2 Minado por “Bench & Fill”.....	10
Figura 3 Unidad minera Santander .....	16
Figura 4 Acceso UM Santander .....	17
Figura 5 Mapa geológico UM Santander .....	20
Figura 6 Principales estructuras de los cuerpos: Magistral Norte, Centro y Sur ...	22
Figura 7 Cuerpos mineralizados: Magistral Norte, Centro, Sur.....	25
Figura 8 Mapa geológico yacimiento Santander .....	35
Figura 9 Zonificación geomecánica de MN, MC y MS en un perfil longitudinal.....	38
Figura 10 Equipo de Perforación Simba S7D.....	41
Figura 11 Modelamiento de Kuz-Ram-Esquema Lógico .....	44
Figura 12 Diseño de voladura N <sup>a</sup> 01-tajo 4301 MC – Nv.4300 Subnivel 01-02 Norte .....	45
Figura 13 Disparo N <sup>o</sup> 1 Tajo 4301 MC – 1N.....	48
Figura 14 Diseño de malla voladura N. <sup>o</sup> 2 – tajo 4300 MC – Nivel 4300 SN 03....	48
Figura 15 Diseño de malla voladura N. <sup>o</sup> 2 – tajo 4300 MC – Nivel 4300 SN 03....	49
Figura 16 Disparo N. <sup>o</sup> 2 - Tajo 4300 MC – 2N.....	51
Figura 17 Diseño de malla voladura N. <sup>o</sup> 3- Tajo 4301 MC-Nivel 4300 Sn 01-02N	52
Figura 18 Disparo N. <sup>o</sup> 3 - Tajo 4301 – MC – 1N.....	54
Figura 19 Distribución de voladura N <sup>o</sup> 4 tajo 4300 MC .....	55
Figura 20 Parámetros del diseño Tajo 4300 MC-1S.....	55
Figura 21 Disparo N. <sup>o</sup> 4 – Tajo 4300 MC – 1S .....	56

Figura 22 Análisis de 01.....	57
Figura 23 Análisis de fragmentación Magistral centro .....	59
Figura 24 Tajo 4300 Magistral Centro Norte y Sur .....	60
Figura 25 Dimensiones del equipo Simba S7D .....	79
Figura 26 Cuerpos: Magistral Norte (MN), Magistral Centro (MC) y Magistral Sur (MS) .....	80
Figura 27 Sección Magistral Centro. N30°E.....	80

## **CAPITULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

En minería subterránea lo importante seleccionar un método de explotación adecuado de acuerdo a las características geológicas y geomecánicas del yacimiento con la finalidad de lograr mayor productividad con menor costo y seguridad tanto para el personal y equipos de acuerdo a las normas vigentes.

La Empresa Minera Trevali Perú S.A.C. Unidad Minera Santander, emplea el método de explotación Bench and Fill o AVOCA, donde la perforación y voladura en tajos de producción de la zona Magistral Centro se realiza con taladros largos con el propósito de explotar y recuperar mineral con menor dilución y reduciendo los costos de operación.

Basado en lo citado planteamos el presente estudio con la intención de mejorar la perforación y voladura con taladros largos en tajos de producción, para ello se realizarán pruebas en campo en el tajo 4301, Nivel 4300 Zona Magistral Centro, utilizando nuevas alternativas en explosivos; así mismo se efectuará comparaciones entre las pruebas con el carguío habitual, para luego analizar los resultados obtenidos.



## **1.2. Delimitación de la Investigación**

### **1.2.1. Limitación espacial**

El presente estudio se efectuará en Empresa Minera Trevali Perú S.A.C. en la Cía. Minera Santander, situada en el paraje Yanacocha, el Distrito de Santa Cruz - Andamarca, Provincia de Huaral, región Lima.

### **1.2.2. Delimitación temporal**

El estudio se ejecutará durante los meses de enero a marzo del 2021.

### **1.2.3. Delimitación temática**

El motivo del presente es demostrar la optimización de perforación y voladura con taladros largos en tajos de producción, zona magistral centro, Unidad Minera Santander, con el propósito de aumentar la productividad y bajar los costos operativos, practicando las normas vigentes de seguridad y salud ocupacional.

## **1.3. Formulación del problema**

### **1.3.1. Problema general**

¿De qué manera la optimización de perforación y voladura con taladros largos influye en tajos de producción Zona Magistral Centro Empresa Minera Trevali Perú S A C Unidad Minera Santander Región Lima 2021?

### **1.3.2. Problemas específicos**

- a. ¿De qué forma la optimización de las operaciones de perforación y voladura con taladros largos influye en la productividad de la Zona Magistral Centro Empresa Minera Trevali Perú S.A.C. Unidad Minera Santander?
- b. ¿Cuál es nivel de rendimiento de tajos de producción empleando perforación y voladura con taladros largos en la Zona Magistral Centro Empresa Minera Trevali Perú S.A.C. Unidad Minera Santander?
- c. ¿Serán factibles los parámetros y diseños de perforación y voladura con taladros largos en tajos de producción en la zona Magistral Centro Empresa Minera Trevali Perú S.A.C. Unidad Minera Santander?

## **1.4. Formulación de objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Determinar de qué manera la optimización de perforación y voladura con taladros largos influye en tajos de producción Zona Magistral Centro Empresa Minera Trevali Perú S.A.C. Unidad Minera Santander Región Lima 2021.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- a. Evaluar en qué medida la optimización de perforación y voladura con taladros largos influye en la productividad de la Zona Magistral Centro Empresa Minera Trevali Perú S.A.C. Unidad Minera Santander.
- b. Determinar el nivel de rendimiento de tajos de producción empleando perforación y voladura con taladros largos en la Zona Magistral Centro Empresa Minera Trevali Perú S A C Unidad Minera Santander.
- c. Analizar las variables y diseños de malla de la perforación y voladura con taladros largos en tajos de producción zona Magistral Centro Empresa Minera Trevali Perú S.A.C. Unidad Minera Santander.

## **1.5. Justificación de la investigación**

Demostrar que el presente estudio es factible ejecutar en tajos de producción, zona Magistral Centro, empresa minera Trevali Perú S.A.C. Unidad minera Santander.

Para el diseño de perforación y voladura con taladros largos se tuvo en cuenta factores como, características geomecánicas y el tipo de la masa rocosa de los tajos de producción, zona magistral centro.

La justificación técnica del estudio es alcanzar la optimización de las operaciones de perforación-voladura con taladros largos para incrementar la producción diaria y minimizar los costos operativos.

## **1.6. Limitaciones de la investigación**

Durante la ejecución del estudio no tendremos limitación alguna relativo a la recolección de datos, debido a las facilidades que nos brinda la empresa y

la colaboración del personal especializado en perforación y voladura con taladros largos.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

HINOSTROZA, E. 2019) en su tesis: “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”, en la Universidad Continental Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas de Huancayo, que nos dice:

Se reduce el costo en perforación y voladura si se hace el cambio de broca de 64 mm a la broca 89 mm., respectivamente, asimismo, se optimiza el costo parcial de perforación y voladura a 5,866 US\$/Gdia, con el costo total de perforación y Voladura de 0.39 US\$/tonelada que no se incluye utilidad de costos directos ni gastos administrativos y el costo total de perforación es de 1.04 (US\$/tn) incluyendo rubros de utilidad de costos directos en 10% y gastos en administración en 13%.

En el caso de las brocas de 89 mm., obtenemos mejores resultados para una malla nueva con el único fin de mantener los costos que se tiene que cobrar en la liquidación que hace un total en metros perforados tajo: 3 795 903.1 US\$/ ML, con un tonelaje de tajo de: 160 335.54 US\$ / toneladas. La broca de 64 mm responde a un costo promedio mensual de 323,438 US\$/ ML en pérdidas.

CAMPOS, D. (2017) en su tesis: “Aplicación del tajeo por subniveles con taladros largos para optimizar recursos en la mina Caridad, Compañía Minera Huancapeti S.A.C.” en la Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”, Huaraz, Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas. Del que comentamos:

El minado por el método de tajeo por subniveles es adaptable con una adecuada mecanización, obteniéndose con ello tajos con alta eficiencia, llegando a 110 toneladas/hombre-guardia en promedio. (Ayuque, 2020)

Los costos operativos en este con Método Taladros Largos, es de 21.72 US\$/ton., que representa a costos unitarios los que intervienen en el método tales como: Perforación, voladura, sostenimiento, transporte, costo de explotación, más + 25%, costo de procesamiento, costo de energía y costos administrativos, que son incluidos respectivamente.

## **2.2. Bases teóricas - científicas**

### **2.2.1. Descripción de Unidad Minera**

“La unidad se conforma en sus operaciones principalmente por tajos abiertos y subterráneas dispuestas en tres cuerpos mineralizados: Magistral Norte, Magistral Centro y Magistral Sur, que están alineadas con dirección a las quebradas existentes.” (MEZA, 2022)

“Porción del cuerpo Magistral Centro fue explotado hace años desde el nivel 4580 en el que está ubicada la chimenea que se comunica con la superficie que se usa en la unidad para expulsar el aire utilizado y contaminado en las etapas de preparación de la primera del método en la mina. etapa de desarrollo y preparación de la mina. se sabe que el cuerpo Magistral Sur se ha explotado el área superficial extraído por el método de tajo abierto hasta los límites del nivel 4525. El yacimiento que son cuerpos mineralizados se ha determinado con profundidades de 300 metros aproximadamente que están separados se tiene explotado la parte superficial por el método de tajo abierto hasta el nivel 4525

aproximadamente. Los cuerpos tienen una profundidad aproximada de 300 metros lineales que están distanciados aproximadamente por zonas si rasgos de mineralización alguna.” (MEZA, 2022)

### **2.2.2. Sistema de explotación**

“El método de explotación empleado en la explotación de tajos en la mina Santander es el Bench and Fill o AVOCA, siendo esta una variante combinada de los métodos corte y relleno ascendente con métodos de tajos por subniveles, considerando las características geológicas y geomecánicas del yacimiento.” (MEZA, 2022)

“En los tres cuerpos el macizo rocoso presenta calidades de Regular A (DE-III A), Regular B (IIIB), en el cuerpo Magistral Sur se presenta además la calidad Mala A (IVA) de manera local. Al analizar la estabilidad del techo por el MGE, se ha estimado la longitud de los tajos en el techo para cada potencia de minado propuesta. Para la caja techo, es importante el buzamiento que está expuesta a mayor probabilidad de fallamiento. Los buzamientos menores incrementan la probabilidad de falla haciendo que la longitud del tajeo sea menor para contrarrestar la inestabilidad, cuando el buzamiento se hace subvertical, favorecerá la estabilidad de la caja techo y permitirá que se pueda tener algunos metros más de longitud. “ (MEZA, 2022)

“El mineral se encuentra en una matriz rocosa de calidad Regular A a Buena con RMR de 55 a 65, que permite realizar excavaciones de secciones transversales de 10 m a 15 m.” (MEZA, 2022)

“El buzamiento de la estructura mineralizada se encuentra entre 60° y 70°, que permite mejorar la orientación de la perforación favorable para el deslizamiento por gravedad del mineral roto.” (MEZA, 2022)

#### **2.2.2.1. Secuencia de minado.**

Se preparan los bloques mineralizados en descendente, formándose cuatro subniveles. La explotación de los tajos es en forma

ascendente desde el subnivel uno al subnivel cuatro dejando un puente de corona respecto al bloque superior. “ (Ayuque, 2020)

Los cuerpos mineralizados en cada nivel son subdivididos por 4 subniveles de 4 m de altura, delimitando 3 bancos mineralizados de 14.5 m de altura, dejando un puente de seguridad de 10.5 m de altura como protección del nivel principal inmediatamente superior explotado relleno con material detrítico.

El ancho de cada subnivel mineralizado está en función de la potencia de la mineralización y de la calidad del macizo rocoso llegando a tener una potencia de 15 a 20 m. La longitud de cada subnivel pende de la longitud horizontal del cuerpo mineralizado en cada piso.

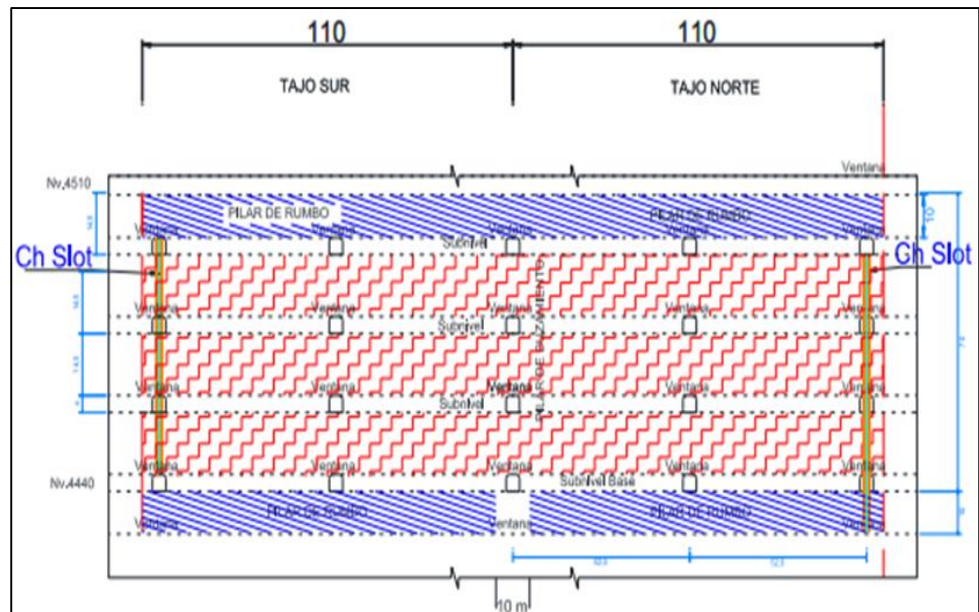
El minado se realiza en retirada, desde los extremos Norte y Sur avanzando hacia el crucero de acceso. La secuencia de avance de la explotación está relacionada con la dirección que sigue el minado para alcanzar las condiciones de estabilidad de los tajos de producción.

La limpieza se realiza mediante un Scoop Caterpillar de 6 Yd3 operado a control remoto, trasladando el mineral arrancado por el subnivel inferior hacia la cámara de acumulación que se encuentra en la intersección de la rampa con el inicio del crucero de acceso.

Para el relleno se utiliza material detrítico producido por labores de preparación y rampas. Se alimenta por el nivel superior, ingresa por la última ventana avanzando hacia el centro del tajo de producción a medida que avanza la voladura de producción.

**Figura 1**

*Block de minado.*



Fuente: Departamento de planeamiento UM Santander

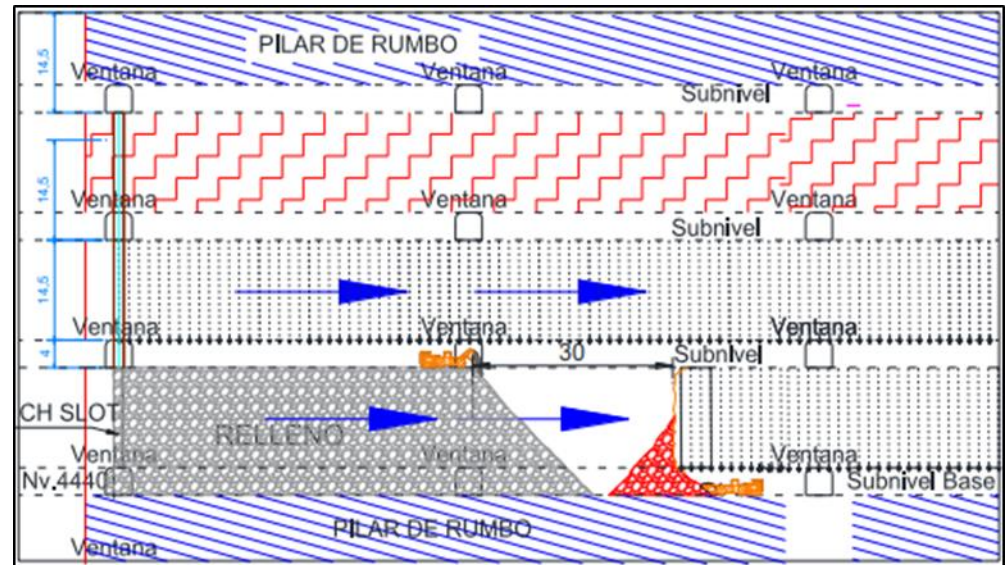
- a. **Crucero.** “Realizados perpendicular en relación al rumbo de los cuerpos mineralizados que se inician partiendo de rampas. Al inicio se tienen la sección de 5 m x 4 m cambiando a 4.5m x 4.5m cuando parten de las rampas. Gradiente entre -5% y +5%.” (Ayuque, 2020)
- b. **Bypass.** “Efectuados a partir de los cruceros, siguiendo el rumbo de los cuerpos mineralizados, se desarrollan tanto al Norte como al Sur de las rampas. Sección de 4.5m x 4.5m. Gradiente de +2% a +5%.” (Ayuque, 2020)
- c. **Cámaras.** “Construidos para acumular mineral, tienen una sección de 5m x 4m. Gradiente promedio de +2%.” (Ayuque, 2020)
- d. **Ventanas.** “De acceso a los sub niveles, primero se realiza la ventana principal ubicado en la parte central del cuerpo a explotar y posteriormente las ventanas secundarias luego de limitar la longitud del cuerpo mineralizado.” (Ayuque, 2020)



- e. **Sub niveles.** “De 4m x 4m, distanciados a 15 m entre sí con una gradiente promedio de 2%, se realizan en el cuerpo mineralizado y se hacen a partir de los cruceros que vienen de las rampas.” (Ayuque, 2020)

**Figura 2**

Minado por “Bench & Fill”



Fuente: Departamento de mina UMS.

### 2.2.3. Zona Magistral Centro

“La mineralización principal es la esfalerita masiva (marmatita) con fuerte presencia de pirrotita – pirita, presencia de galena y valores de plata. Presenta una longitud mineralizada de 80 metros y potencia promedio de 16.70 metros cuya bocamina se encuentra a los 4580 msnm, tiene una profundidad de 514 m, con una longitud horizontal de 244 m en el nivel 4275 y de 67 m en el nivel 4160. Su buzamiento es de 50° a 80° hacia al SW a niveles inferiores.

Fue explotado hasta el nivel 4370. Hacia el Norte existe un cuerpo más pequeño entre los niveles 4440 y 4160 llamado Cuerpo Centro-Norte, de unos 280 m de profundidad y 130 m de longitud horizontal en el nivel 4345. “(MEZA, 2022)

“Existen dos cuerpos pequeños perpendiculares al eje del Cuerpo Centro entre los niveles 4440 y 4300, de rumbo E-W llamados Cuerpos Fátima Norte y Sur, de 215 m de profundidad por 20 m de largo en plano horizontal. Tienen la forma de una valva que tienden a unirse en niveles inferiores. Las potencias de estos cuerpos en la parte central (nivel 4300) son: Fátima Norte, 11 m al lado Este y 18 m al lado Oeste; Fátima Sur, 10 m al lado Este y 40 m al lado Oeste. Estos cuerpos fueron explotados hasta el nivel 4370. “(MEZA, 2022)

#### **2.2.4. Perforación y voladura con taladros largos**

##### **2.2.4.1. Perforación**

Es una técnica de explotación para alta producción que se adapta a tipos de yacimientos como son cuerpos o vetas grandes, que tiene buzamiento muy inclinados o casi vertical, con presencia geométrica uniforme con mineralización de cajas competentes que requieren de poca o ningún tipo de sostenimiento salvo algunas usadas ocasionalmente, que facilita la extracción del material roto aprovechando la gravedad.

El método de taladros largos, requiere de una buena y alta inversión en la etapa de preparación propiamente, sin embargo, este costo es compensado porque la etapa de la preparación se ejecuta sobre el mineral. Podemos decir que este método no es selectivo, por lo que siempre se debe diseñar al cuerpo mineral con una geometría regular o definida.

Este método requiere del diseño de una perforación y voladura para una rotura a gran escala teniendo siempre en consideración que un tajeo por subniveles será eficiente en el minado y de bajo costo si se tiene una buena disposición de las etapas de perforación y voladura, para la explotación de un gran volumen de material.

- a. Perforación en tajos de producción:** “Se realiza con equipos de perforación Simba modelo S7D. Se ejecuta desde los sub niveles de preparación de sección 4 m x 4 m con el objeto de lograr la mayor recuperación de los bloques de mineral. En los tajos de producción se realizan perforaciones verticales desde el subnivel superior operando equipo electrohidráulico SIMBA modelo S7D de Atlas Copco con brocas de 64 mm de diámetro, con malla de perforación de 1.5 m x 1.5 m.” (Ayuque, 2020)
- b. Equipo de perforación:** Son equipos SIMBA S7D. se caracteriza para realizar taladros en forma ascendente y descendente entre espacios de tres metros, que están equipados para funcionar con martillo en cabeza, presenta un efectivo rendimiento (COP 1838ME) y un equipo de perforación montada sobre brazos en Simba S7D.
- c. Características:** Consta de Martillo COP 1838ME de 18 kW que ofrece una buena disponibilidad y productividad.
- Equipo de perforación montada sobre el brazo, dispuesta a lograr un máximo alcance, la máxima flexibilidad y versatilidad para la perforación de barrenos en taladros largos.
  - El equipo tiene una capacidad de 10+1 con barras de perforación en forma mecanizada para taladros de hasta 20 metros de longitud.

**Tabla 1**

*Características 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.m/min
Disponibilidad	90 %
Rendimiento	190 m/día

---

Fuente: Manual Atlas Copco

**2.2.4.2. Voladura**

En minería es proceso de fracturamiento del macizo rocoso con efectos de altas presiones y temperaturas creadas por explosivos dentro de los taladros perforados en la roca, en el cual se ocasiona una zona de concentración de energía que produce dos efectos dinámicos: Fragmentación de la roca (fragmentos producidos a su distribución y porcentaje por dimensiones) y desplazamiento de la roca (movimiento de la masa de roca triturada) (FAMESA, 2015).

La voladura de rocas siendo un proceso de fragmentación y expulsión del material roto de un nivel inferior al nivel superior en un proceso de dos fases, primero se realiza la voladura de los taladros positivos en forma de rebanadas luego los taladros negativos en retirada, con la precaución del control de la velocidad de las partículas y con un buen control de las cajas techo y caja piso (FAMESA,2015).

La explotación del cuerpo mineralizado se inicia en el primer banco delimitado por los subniveles 1 y 2 con la voladura de las chimeneas que formaran la cara libre del tajeo (Slot), desde los extremos Norte y Sur de cada banco, luego se continúa disparando 2 a 3 filas de

taladros, en función de la carga operante de tal manera que cause la menor vibración posible de las estructuras de la mina. Para realizar la voladura se emplea los siguientes explosivos y accesorios: 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.

Durante todo el procedimiento de la voladura debemos saber que la detonación debe iniciarse muy correctamente, permitiendo la iniciación y la reacción en la detonación se afecte a un conjunto de taladros cargados de explosivos haga una salida ordenada (FAMESA, 2015).

#### **2.2.5. Unidad minera Santander**

- a. **Antecedentes.** La Mina Santander se inicia en el año por los años de 1925, donde se adquiere los derechos por el Sr. Rosenshine Asociados; ya por el 1928 la United Verde Co.; en 1940 la National Lead Co. efectúa operaciones de perforación confirmando la existencia de zinc. Ya en 1957 la St. Joe Lead Corporation, se explota el mineral y se determina aproximadamente 2,5 millones de toneladas de Zn., de alta ley que viene asociado con plomo y plata. Por los años de 1957, un 9 de abril se constituye la Compañía de minerales Santander Inc. Sucursal en el Perú, como una subsidiaria de ST Joe Corporation de New York, que, hasta el año de 1992, explota la mina y que en esos mismos años por los problemas de terrorismo y de orden laboral más aún con la caída de los metales internacionalmente se deja de operar.

En el año 2007 la Empresa Trevali Perú S.A.C. subsidiaria de la minera canadiense Trevali Resources, hace la evaluación del yacimiento con buenos resultados y reinicia las operaciones en las tres zonas de magistral, asimismo instala una planta concentradora con la ubicación

respectiva de los depósitos de relaves, infraestructura de oficinas, talleres y campamentos con la responsabilidad de consultoras especializadas en minería como es la SVS Ingenieros SAC, 2011.

- b. Ubicación.** “La Unidad minera Santander, políticamente se halla ubicado en el paraje Yanacocha, en Andamarca distrito de Santa Cruz, provincia de Huaral en la Región Lima, a una altura entre 4550 y 4750 msnm.

Las coordenadas UTM promedio son: 329239 E 8347695 N “  
(Ayuque, 2020)

- c. Acceso.** A la unidad se Accesa mediante desde la ciudad de Lima por las siguientes rutas conocidas que son:

**Tabla 2**

*Vías de acceso. Unidad Minera Santander*

RECORRIDO	LONGITUD Km	TIEMPO Horas
Lima -Canta-Acos-Santander	215	6
Lima a Huaral -Tingo - Santander	200	4 – 5
Lima la Oroya – Huayllay - Alpamarca-Santander	360	8

Fuente: Elaboración propia.

- d. Clima.** “El clima de la zona se define con estaciones bien conocidas y por temporadas de mayo a setiembre con mucho frío, acentuándose en los meses junio – agosto con temperaturas que fluctúan entre 5°C y 15°C, en el día y descienden hasta -7°C en los meses marcadas: sequía entre los meses de mayo a septiembre, temporadas de frío en los meses de junio a agosto, presentándose temperaturas de 5° C a 15° C en el día con descensos hasta – 10° C por las noches, época de las lluvias por el mes de octubre hasta el mes de abril aumentando estas en los meses de enero hasta marzo.” (Ayuque, 2020)

- e. Geomorfología.** El rasgo geomorfológico más importante se caracteriza por ser puna con cordillera de relieve Occidental característica de los andes del Perú. La fisiografía presenta rasgos de la interacción de las montañas producto de los factores climatológicos y litológicos de la zona, las que han sido erosionadas para modelar un paisaje alto andino.
- f. Hidrología.** La Unidad Santander se ubica en unas microcuencas llamadas Santander, formando parte de la cuenca hidrográfica del Rio Baños. Afluente del Rio Chancay o acos, de la vertiente del pacifico. Las nacientes del Rio hacen su descarga de las lagunas de Aguashuman y los dehileos de los nevados de Puagianca, asimismo por la margen izquierda se alimenta de las aguas del Rio Quliles en la quebrada de Paschin y macapata, tambo y Yanapallaca.

### Figura 3

*Unidad minera Santander*



Fuente: SVS Ingenieros S.A.C.





labores antiguas, orientadas hacia el sector W hacia el techo del yacimiento de Magistral Norte, Magistral Centro y Magistral Sur; tiene consistencia de estratos de areniscas cuarcíticas de grano medio, blancas, ligeramente meteorizadas, fracturadas a muy fracturadas. Se nota que el espesor de los estratos está variando entre 0.10 a 0.60 m, la orientación superficial es de aproximadamente de N 30° W, con buzamiento que varía entre 43° a 86° SW. Nítidamente.” (Ayuque, 2020)

- **Formación Chimú (Ki-chim).** “Se encuentra aforando en superficie orientado hacia el sector S a SW de la mineralización del yacimiento Magistral Norte, Magistral Centro y Magistral Sur, en las que se forman pequeñas lomas y colinas entre depósitos morrénicos. Asimismo, esta sobreyaciendo a la formación Oyón. Consiste de estratos de cuarcitas de grano medio, blancas a beige, ligeramente meteorizadas, se notan fracturas y con fracturas. El espesor de los estratos varía de 0.10 metros a 2.00 metros, una orientación media en superficie de N35°W, buzando en el orden de 55° a 73° SW. Hacia la base de esta unidad se encuentra un horizonte de carbón interceptado por una traza de falla: la falla Magistral.” (Ayuque, 2020)
- **Formación Chulec (Ki-ch).** Ubicada en superficie y el subsuelo donde se hallan los sectores E del cuerpo mineralizado de Magistral Norte, Magistral Centro y Magistral Sur, en el piso. En la se tiene una característica principal por presentar crestones mineralizados, esta formación se caracteriza principalmente por la meteorización moderada y sus cristales de tono gris a azul, esta fracturada a muy fracturada, el espesor de los estratos varía entre

0,20 metros a 0,50 metros, con orientación en superficie del del orden de N 20° W, y buza entre 82° SW a 84° NE. Variable.

- **Formación Pariatambo (Ki-pt).** Esta unidad se encuentra, teniendo como referencia los cuerpos mineralizados, en la parte Este, expuesta en la superficie y subterránea seguida de la formación Chulec tiene consistencia de estratos de calizas como módulos y tabulares de coloración gris oscuro a negro, contiene margas y chert de color gris ligeramente meteorizadas fracturados a muy fracturadas.

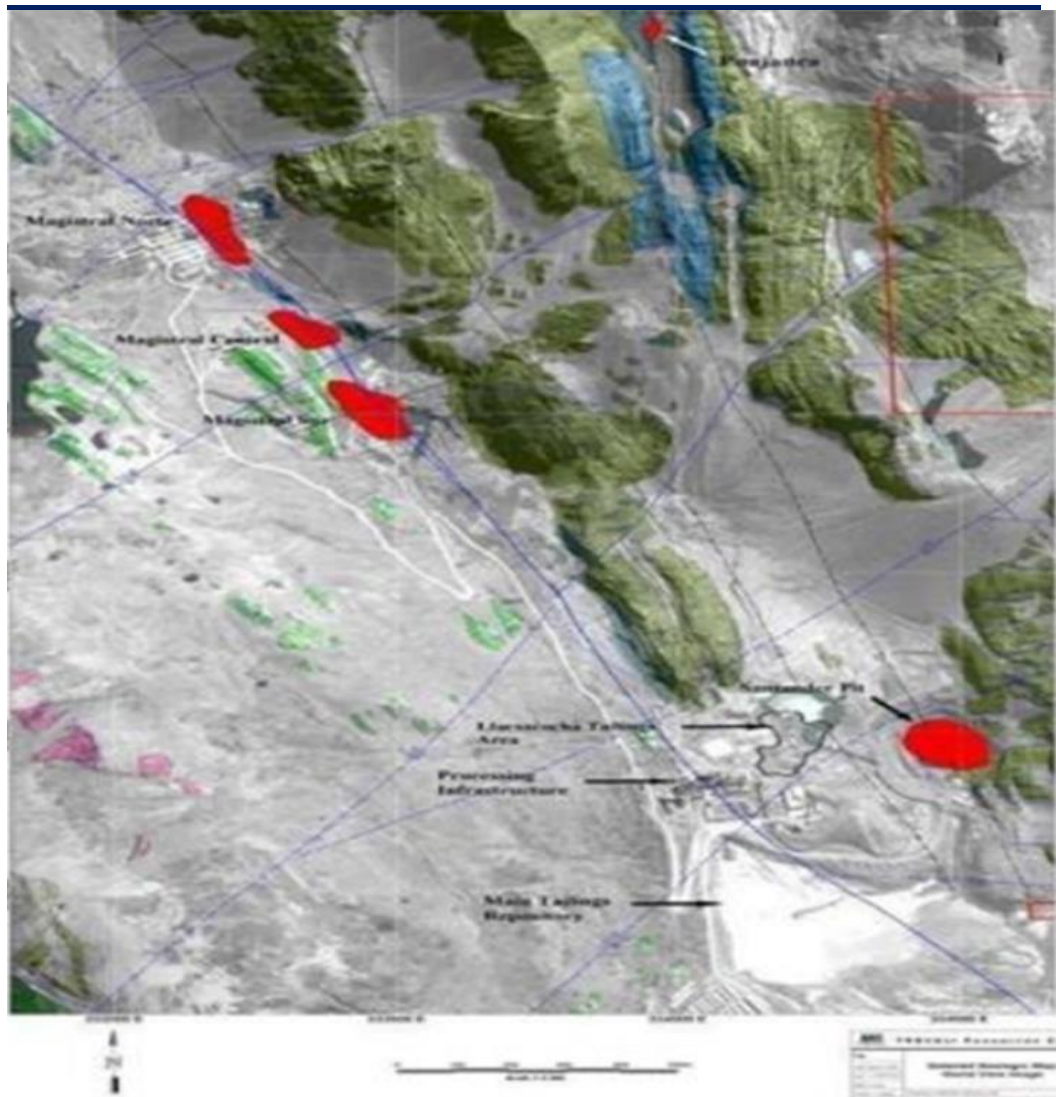
El ancho de los estratos son variables entre 0.20 metros a 1.0 metros, con rumbo promedio de N 20°W, y buzamiento que fluctúa entre 74° a 84° al Nor-Este.

- **Formación Jumasha (Ks-j).** Tiene afloramiento superficial que se encuentran en el sector E de la mineralización seguidamente de la formación Chulec con Pariatambo, formando lomadas y tiene alineamiento de Sur Este -Noroeste, además tiene como identificador el contacto Pariatambo.

Esta formación tiene composición de calizas de color gris con tonos azules producto de la meteorización ligera, esta fracturada, el espesor de los estratos varia de 0,20 metros a 0,80 metros, orientados en promedio a N20°W, buzando variablemente entre 80° sur oeste a 87° nor - este.

**Figura 5**

*Mapa geológico UM Santander*



Fuente: Departamento geología.

- c. **La Geología estructural.** Los aspectos de estructura se estiman a nivel regional y local se relacionan a una típica formación tectónica con plegamientos y fallas de tipo compresión. Estos plegamientos son del gran magnitud y bien definidos que han originado estratos clásticos, calcáreos, sistemas anticlinales y sinclinales con escurrimiento andino. Con relación a “los fallamientos, en el área de los cuerpos mineralizados se identifican dos fallas principales de orientación similar: la falla Magistral y la falla Santander, ambas de

rumbo N20°- 30°W y buzamiento 60°SW. La falla Magistral, que es la más grande, de carácter regional, está en el contacto de las Formaciones Oyón y Chimú, en la caja techo alejada de los cuerpos mineralizados; la zona de falla alcanza espesores de hasta 18 m en la parte Sur y hasta 35 m en la parte Norte. La falla Santander está en el contacto entre los cuerpos mineralizados y las areniscas cuarcíticas de la formación Oyón, formando la caja techo inmediata. Asociadas a estas fallas se presentan sistemas de fallas secundarias de carácter local.” (Empresa Minera Trevali S.A.C. Depto GEOLOGIA, 2019)

“Existe otro sistema de fallas importante, transversales a las indicadas, de rumbo N 60°-80° E y con buzamiento 80° NW, sinextral dextral. Un tercer sistema de fallas de rumbo NE-SW y de buzamiento variable está presente en el área de estudio.

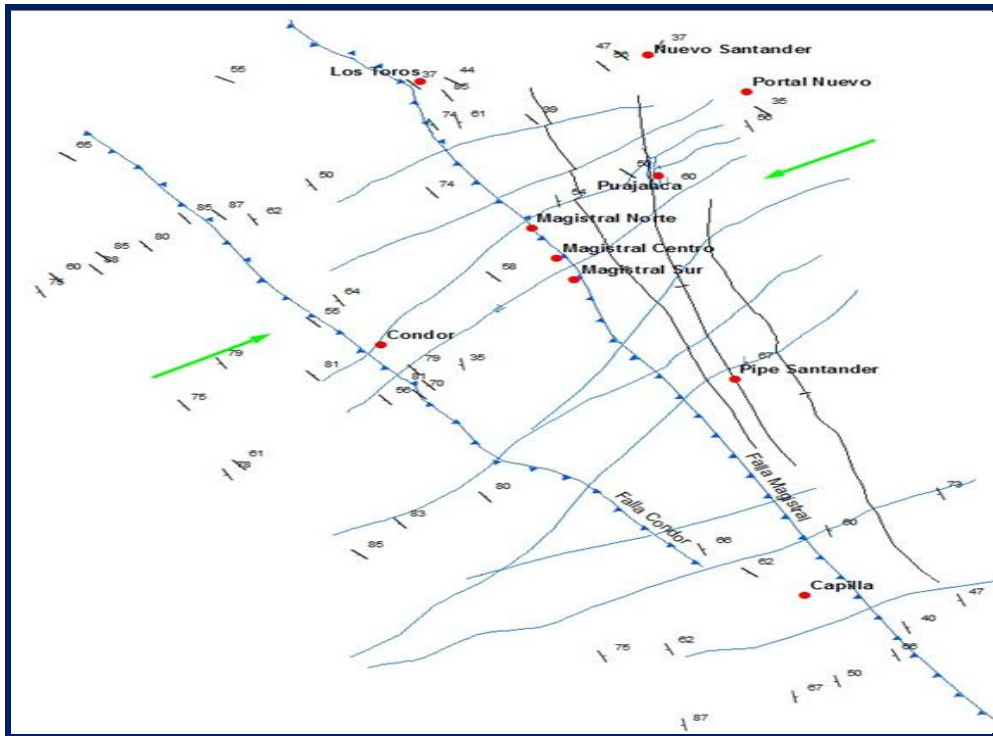
El sistema de falla Santander junto con el sistema de fallas transversales, están vinculados a la mineralización; y en la zona de los cuerpos mineralizados originaron espacios para el reemplazamiento metasomático y relleno de fracturas y fallas con mineralización en forma de vetas y venillas.” (Empresa Minera Trevali S.A.C. Depto GEOLOGIA, 2019)

Respecto a las fallas en los cuerpos mineralizados se identifican Con respecto a los plegamientos, dos fallas similares a la falla magistral y la falla Santander con Rumbos N20°30'W, y buzamiento que fluctúa a los 6° SW, siendo la falla magistral la más extensa de carácter regional que está en contacto con la formación Oyón y Chimú, alejándose en la caja techo de los cuerpos mineralizados, alcanzando espesores de más de 35 metros en la parte. Asimismo, la falla Santander siempre está en contacto entre los cuerpos mineralizados y las areniscas cuarcitas de la formación Oyón, y forman la caja techo del yacimiento.

El sistema de la Falla Santander y las fallas transversales se vinculan con la mineralización en forma de venillas y vetas. En la parte del flanco anticlinal invertido se hace presente plegamientos menores con alineamiento paralelo al eje del plegamiento regional, en la figura 06.

**Figura 6**

*Principales estructuras de los cuerpos: Magistral Norte, Centro y Sur*



Fuente: Departamento de Geología. UM Santander.

- d. **Geología económica.** Los cuerpos mineralizados de Magistral se encuentran definidas en las calizas dentro de la formación Chulec, la cual presenta mineralización no continua, en forma de mantos y cuerpos de forma paralela al rumbo de estratificación y el contacto de nuestra falla Magistral. Las fallas con orientación Este – Oeste y Norte Este, han servido de conducto para los fluidos hidrotermales en la zona. Algunas de estas fallas que son perpendiculares a la mineralización tiene presencia de relleno de esfalerita y galena generando pequeños cuerpos mineralizados fuera de la zona de la mineralización principal.

En el área se presentan tres cuerpos con mineralización no continua que constituyen la zona de Magistral Sur, Magistral Centro y Magistral Norte distanciados uno del otro en 250 m. y 400 m., respectivamente, y tiene un contenido metálico de Zn. Pb. Ag., Fe, que son variables en las tres zonas mineralizadas. (Empresa Minera Trevali S.A.C. Depto GEOLOGIA, 2019)

➤ **El Cuerpo Magistral Norte.** Se observa la esfalerita oscura (marmatita) con galena en forma diseminada y con zonas de fuerte concentración, asimismo, se observa la relación de valores del Pb y Ag. Con pequeñas presencias de Fe., en relación a la zona de Magistral Sur. En la continuidad horizontal del cuerpo mineralizado en la parte alta encontramos la separación por dos fallas sub-paralelas que se han desplazado la mineralización Magistral.

La bocamina se encuentra a los 4650 msnm, es un cuerpo parecido a un lente plano de unos 478 m de profundidad, que buza 65° a 80° hacia el SW; con una longitud horizontal de 173 m en la parte más larga y de 70 m a mayor profundidad en el piso 3 del Nivel 4160. Tiene una potencia de 8 m a 9 m en la parte central que puede llegar hasta 16 considerando varios ramales; en niveles superiores tuvo potencias que oscilaban entre 1 m a 2 m; en niveles inferiores la potencia se reduce a 2 m. (Empresa Minera Trevali S.A.C. Depto GEOLOGIA, 2019)

➤ **Cuerpo Magistral Centro.** “La mineralización principal está dada por la esfalerita masiva (marmatita) con fuerte presencia de pirrotita – pirita, presencia de galena y valores de plata.

La bocamina se encuentra a los 4580 msnm, tiene una profundidad de 514 m, con una longitud horizontal de 244 m en el Nivel 4275 y de 67 m en el Nivel 4160. Su buzamiento es de

50° a 80° hacia al SW a niveles inferiores. Su potencia en niveles centrales fue de unos 20 m, en niveles inferiores oscila de 6 m a 29 m, ocurriendo esta potencia por lo general en el Nivel 4230.” (Empresa Minera Trevali S.A.C. Depto GEOLOGIA, 2019).

Adicionalmente hacia el Norte existe un cuerpo más pequeño entre los Niveles 4440 y 4160 llamado Cuerpo Centro-Norte, de unos 280 m de profundidad y 130 m de longitud horizontal en el Nivel 4345. Existen dos cuerpos pequeños perpendiculares al eje del Cuerpo Centro entre los Niveles 4440 y 4300, de rumbo E-W llamados Cuerpos Fátima Norte y Sur, de 215 m de profundidad por 20 m de largo en plano horizontal. Tienen la forma de una valva que tienden a unirse en niveles inferiores. Las potencias de estos cuerpos en la parte central (Nivel 4300) es: Para Fátima Norte, 11 m al lado Este y 18 m al lado Oeste; para Fátima Sur, 10 m al lado Este y 40 m al lado Oeste. (Empresa Minera Trevali S.A.C. Depto GEOLOGIA, 2019)

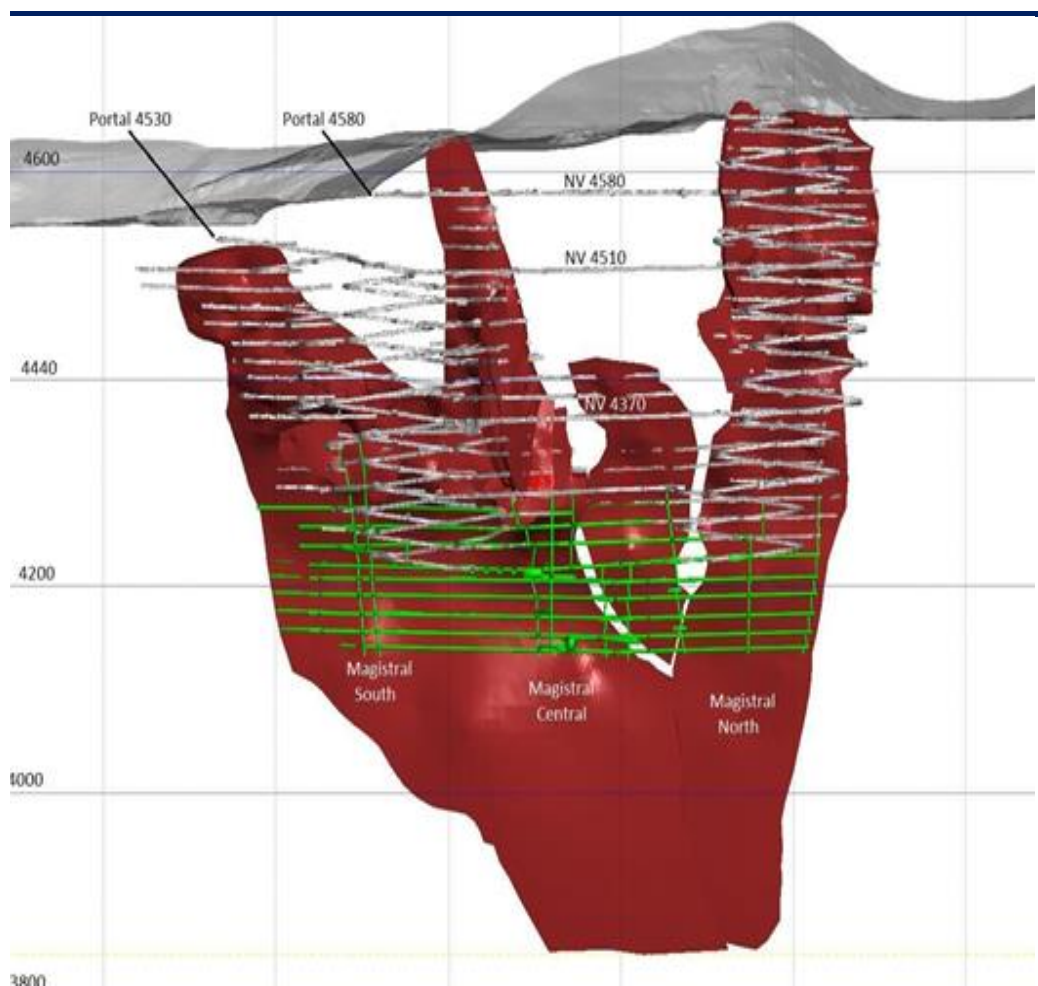
- **Cuerpo Magistral Sur.** En esta encontramos una mineralización principal conteniendo Esfalerita, marmatita, Pirrotita que se presentan masivamente, además la presencia de la Galena es muy errática y se observa que los valores bajos del componente plata.

La bocamina está a los 4540 msnm, tiene una profundidad de 413 m, su largo horizontal alcanza 190 m en el Nivel 4370, se acorta bruscamente en el Nivel 4230 y alcanza una longitud horizontal de 50 m en el Nivel 4160. Su buzamiento varía de 47° a 85° al SW a medida que se profundiza. La potencia de la veta ha sido de 12 m en la parte central, en niveles inferiores la potencia varía de 2 a 14 m, igualmente la mayor potencia se halla en el Nivel

4230. Al descender, este cuerpo tiene la particularidad de desglosarse en tres capas que se le ha asignado la denominación de Cuerpo Sur, Cuerpo Sur 1 y Cuerpo Sur 2 por la presencia de fallas locales paralelas a la estructura del yacimiento. El cuerpo Sur se une al Cuerpo Magistral Centro entre los Niveles 4370 y 4230. Este cuerpo ha sido minado hasta el SN 1 del Nivel 4370 pero su cota piso se halla a los 4344 msnm (más bajo de las cotas del Piso 1 de los demás cuerpos). (Empresa Minera Trevali S.A.C. Depto GEOLOGIA, 2019)

### Figura 7

*Cuerpos mineralizados: Magistral Norte, Centro, Sur*



Fuente: Departamento de Geología. UM Santander.



### 2.3. Definición de términos

- a. **Taladros inclinados.** Es un procedimiento de desarrollo de los taladros los que sirven para asegurar el espaciamiento entre los taladros respecto al eje de perforación en el frente de avance del minado.
- b. **Columna de carga explosiva.** Se refiere a la carga continua de agentes explosivos dentro de los taladros en una proporción determinada para efectos de la voladura.
- c. **Densidad de carga.** Unidades de peso del explosivo cargado en los taladros por unidad de volumen del hueco perforado en el frente de operación.
- d. **Densidad del explosivo.** Peso del agente explosivo en relación al volumen que lo contiene.
- e. **Estratificación.** Se denomina a una característica geológica compuesta por capas de sedimentos propias de yacimientos en rocas metamórficas en un proceso de sedimentación.
- f. **Material explosivo.** Son los compuestos o mezclas químicos que reaccionan causando la explosión en un proceso concentración de gases para trozar las rocas.
- g. **Factor de carga.** Es la cantidad de explosivo utilizado para mover un volumen de material rocoso.
- h. **Malla de perforación.** Croquis para perforación, con el propósito de alcanzar distribución uniforme de energía, confinamiento y nivel de energía apropiado.
- i. **Taladros paralelos.** Parámetro de malla de perforación que ayuda a conservar el espaciamiento y el burden en la tanda de taladros.
- j. **Pentacord.** Agente de voladura que tiene alta velocidad de detonación y facilitador de en el manejo de los explosivos.

- k. Equipos Simba S7D.** Equipo de perforación con sistema electro hidráulico con versatilidad para desarrollar y perforar taladros en diferentes direcciones respecto al frente de avance.
- l. Retacado o taco.** Es un material inerte utilizado en la corona del taladro para fines de un buen confinamiento efectivo de los explosivos en la tanda de disparo.
- m. Frentes de explotación:** Son labores preparados para la explotación de un volumen previsto de mineral a perforar y volar, dependiendo del método de explotación que se usa en la unidad minera.
- n. Velocidad de explosión.** También conocido como VOD, es la celeridad con la cual la reacción explosiva consigue el efecto rompedor, está en promedio para explosivos comerciales en el orden de 1800 a 3000 m/s. para uso minero.

## **2.4. Formulación de hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis H1**

**H1.** La optimización de Perforación y Voladura con Taladros Largos en tajos de producción permite el incremento de la productividad en la zona Magistral Centro. Empresa Minera Trevali Perú S.A.C. Unidad Minera Santander.

### **2.4.2. Hipótesis Ho**

**Ho.** La optimización de Perforación y Voladura con Taladros Largos en tajos de producción no permite el incremento de la productividad en la zona Magistral Centro. Empresa Minera Trevali Perú S.A.C. Unidad Minera Santander.

## **2.5. Identificación de variables**

### **2.5.1. Variables independientes**

Perforación y Voladura con taladros largos

**2.5.2. Variables dependientes:**

Tajos de producción.

## 2.6. Definición operacional de variable e indicadores

**Tabla 3**

*Operacionalidad de variables*

<b>VARIABLES</b>	<b>DEFINICIONES</b>	<b>DIMENSION</b>	<b>INDICADORES</b>
<b>VARIABLES independientes:</b>  Perforación y Voladura con taladros largos	<b>Perforación y voladura con taladros largos.</b> Minado subterráneo con taladros de producción de gran longitud que depende de los aspectos geológico y geomécanicos del yacimiento, especialmente el método de explotación elegido, que nos permiten arranque del mineral en forma masiva y en volúmenes considerables, planeadas previamente.	Tipo de roca. Parameros de perforación. Diseño de malla. Geometría del tajo. Parámetros de voladura. Explosivos. Distribución y carguío de explosivos. Angulo de inclinación.	Equipo de perforación. Fragmentación. Factor de carga. Longitud y diámetro de taladro Índice de perforación TM/metro Equipo Cantidad de taladros. Factor de carga Factor de potencia. Costos
<b>VARIABLES dependientes:</b>  Tajos de producción.	<b>Tajos de producción.</b> Labores de explotación donde se realizan perforaciones verticales desde el subnivel superior utilizando un equipo electrohidráulico SIMBA modelo 57D de Atlas Copco con brocas de 64 mm de diámetro, con malla de perforación de 1.5 m x 1.5 m	Rendimiento de equipos Costos producción. Aspectos geotécnicos. Seguridad.	Costo de explotación. US\$/m3 roto Productividad. Ciclo de minado Fragmentación de roca. Propiedades físico mecánicas del macizo rocoso.

Fuente: Elaboración propia.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de investigación**

El tipo de estudio es experimental por que el estudio a realizarse será observar, analizar, cuantificar y evaluar las pruebas de estudios de campo, que permitirá en forma directa la recolección de datos, encuadrándose del tipo cuantitativo/descriptivo.

#### **3.2. Nivel de investigación**

Luego de realizar la actividad de perforación y voladura se observan los resultados que son analizados con la finalidad de determinar las deficiencias.

Determinando el nivel de investigación descriptivo porque describe los resultados de la operación minera.

#### **3.3. Métodos de investigación**

Para el estudio usaremos el método de investigación de carácter descriptivo cuantitativo, puesto que se describe los fenómenos reales de la operación haciendo una interpretación sistemática de los hechos y se cuantifica mediante algoritmos de medición en su estado de resultados.

#### **3.4. Diseño de investigación**

Se utilizará un diseño que se ajusta a la investigación Descriptivo-cualitativo y correlacional, que se adopta parámetros y datos de uso común en

minería y con la finalidad de que podamos establecer las relaciones que existen los conceptos y se ajuste el uso de las variables elegidas.

### **3.5. Población y muestra**

**a. Población.** Estará conformada por los tajos de producción de la zona magistral centro, Empresa Minera Trevali S.A.A. Unidad Minera Santander.

**b. Muestra.** Es el Tajo de producción 4301, Nivel 4300 Zona Magistral Centro. Unidad Minera Santander.

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.6.1. Técnicas:**

Observación directa. En el estudio se empleará la técnica de la observación directa, que son mecanismos, acciones y herramientas que se ejecutan para detectar la presencia de errores.

#### **3.6.2. Instrumentos:**

- Informe geomecánica
- Reporte de diseño de perforación y voladura
- Reporte de perforación.
- Reporte de voladura.

### **3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

**a. Procesamiento.** Se estudiará los reportes e informes de perforación y voladura con taladros largos y compararlos con las pruebas realizadas.

Se efectuará un seguimiento a cada una de las pruebas de perforación y voladura, con la intención de observar el comportamiento de la masa rocosa.

**b. Análisis.** Con los datos obtenidos, se realizará un análisis detallista, para la representación gráfica se empleará gráficos estadísticos y los análisis de datos se presentarán en cuadros en forma numérica que permiten un análisis e interpretación.

### **3.8. Tratamiento estadístico**

Se diseñarán gráficos de curva de granulometría del material con la ayuda del software Split Desktop, asimismo, se realizarán gráficos de líneas en Microsoft Excel.

### **3.9. Orientación ética filosófica y epistémica**

El presente estudio se realizará en forma ética, poniendo en conocimiento al personal de la Unidad Minera Santander, el propósito de nuestro estudio, preservando el anonimato de los participantes respetando las opiniones vertidas durante el proceso de investigación.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Descripción del trabajo de campo

##### **4.1.1. Planeamiento de minado unidad minera Santander**

- a. Tipo de yacimiento:** La zona de Magistral consiste de tres cuerpos mineralizados alineados en forma discontinua al piso de la falla Santander con una dirección N 28° W. Magistral Sur tiene una longitud de 200 metros, Magistral Centro de 80 metros y Magistral Norte de 200 metros. “(Empresa Minera Trevali S.A.C. Depto GEOLOGIA, 2019)El tipo de yacimiento de Santander estaría relacionado a una intrusión ígnea en rocas carbonatadas, corresponde a un reemplazamiento de alta temperatura con aporte de relleno de mineral en fracturas. La mineralización que ocurre en la zona de Magistral de manera general es típica de un skarn distal de Zn-Pb-Ag-Fe. En el área no se observan rocas intrusivas en contacto con las calizas mineralizadas, pero el fuerte plegamiento de la zona ha originado la formación de fallas profundas y zonas permeables que han servido de conducto y también la generación de zonas favorables para el emplazamiento de los fluidos mineralizantes. (Empresa Minera Trevali S.A.C. Depto GEOLOGIA, 2019)



**b. Mineralización:** Los cuerpos mineralizados de Magistral se encuentran emplazados en las calizas de la formación Chúlec, la cual presenta una mineralización discontinua en forma de mantos o cuerpos paralelos al rumbo de la estratificación y al contacto de la falla Magistral. Las fallas E-W y N-E han servido también de conducto para los fluidos hidrotermales. Algunos de estos sistemas de fallas perpendiculares a la mineralización presentan relleno de esfalerita, galena pudiendo generar pequeños cuerpos fuera de las zonas principales.

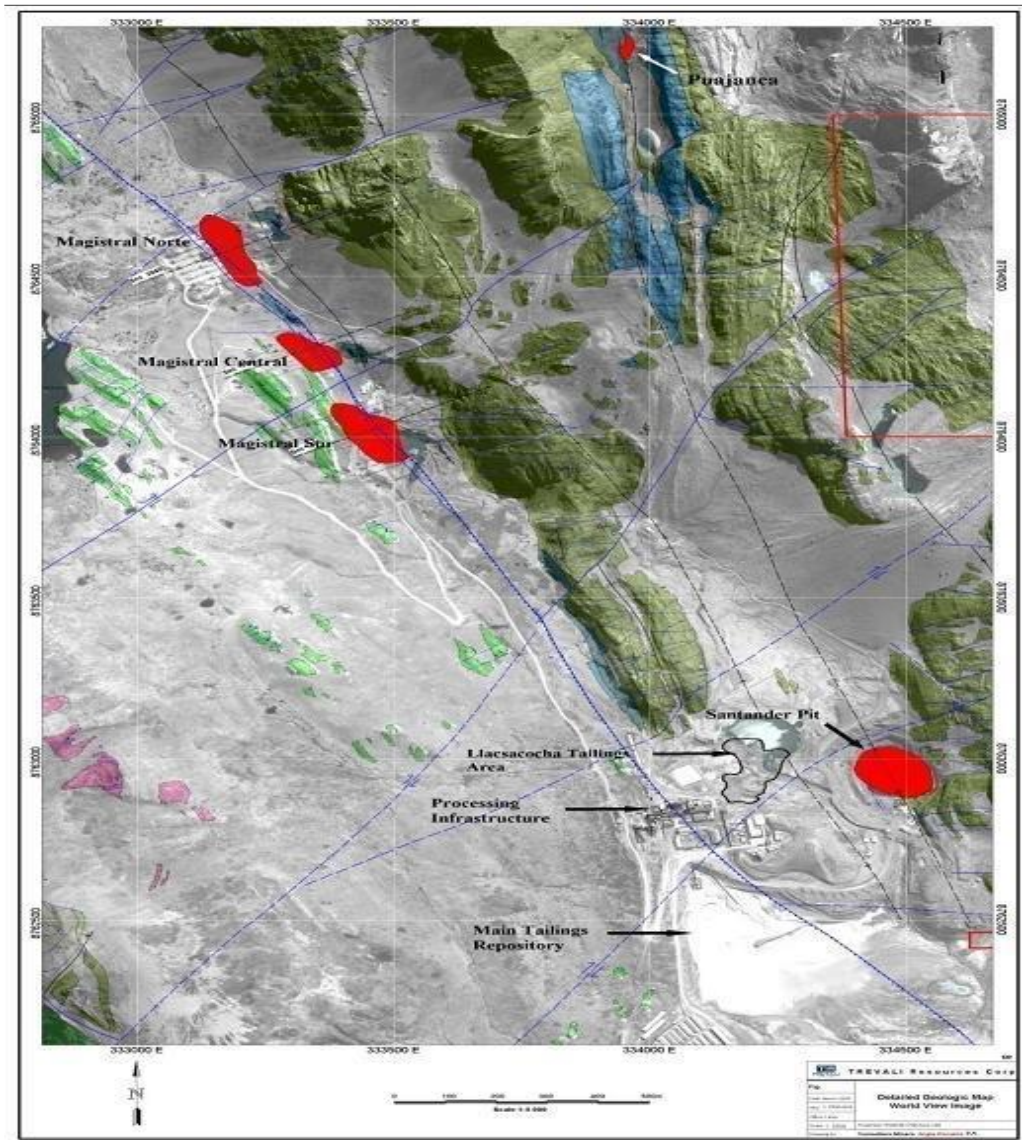
Las perforaciones diamantinas realizadas nos indica que en el área existen tres cuerpos mineralizados discontinuos, Magistral Sur, Magistral Centro y Magistral Norte separados uno del otro en 250 metros y 400 metros respectivamente, los contenidos metálicos de zinc, plomo, plata y hierro son variables en los tres cuerpos.” (Empresa Minera Trevali S.A.C. Depto GEOLOGIA, 2019) que a continuación se describen:

- **En Magistral Sur**, “la mineralización principal consiste de esfalerita (marmatita) - pirrotita las cuales se presentan en forma masiva, la presencia de galena es muy errática y por análisis se observan valores bajos de plata. Horizontalmente el cuerpo presenta una forma muy regular con potencias promedio de 11.63. En la vertical el cuerpo presenta un adelgazamiento en profundidad. “(Empresa Minera Trevali S.A.C. Depto GEOLOGIA, 2019)
- **En Magistral Centro**, “la mineralización principal está dada por la esfalerita masiva (marmatita) con fuerte presencia de pirrotita – pirita, presencia de galena y valores de plata. El cuerpo presenta una longitud mineralizada de 80 metros y potencia promedio de 16.70 metros.” (Empresa Minera Trevali S.A.C. Depto GEOLOGIA, 2019)

- **En Magistral Norte**, “se observa una esfalerita oscura (marmatítica) con galena en forma diseminada y con zonas de fuerte concentración, se observa una buena correlación de los valores de plomo y plata con una menor presencia de minerales de Fe en relación a Magistral Sur. La continuidad horizontal de la mineralización en la parte alta se encuentra separada, debido a dos fallas sub paralelas que habrían desplazado la mineralización. Se tiene una potencia promedio de 14.92 metros.” (Empresa Minera Trevali S.A.C. Depto GEOLOGIA, 2019)

**Figura 8**

*Mapa geológico yacimiento Santander*



Fuente: Trevali SAC.

Sabemos que dentro de la industria minera la perforación y voladura son los puntos neurálgicos de la producción y la productividad de los recursos minerales, considerando que los avances del minado se contemplan desde un punto de vista del volumen, la cantidad y calidad, en la mina Santander se han establecido especial interés en evaluar todos los parámetros referentes a los taladros largos de producción, en la zona Magistral Centro de la Mina Santander.

#### 4.1.2. Recursos

“El modelo geométrico de los cuerpos mineralizados está basado en la creación del wireframe que compila las secciones topográficas interpretadas a partir de sondajes diamantinos y contorneos del cuerpo. Luego de digitalizadas, las secciones son unidas por un sólido (wireframe), que son compositadas con los sondajes a fin de realizar los ajustes necesarios, de manera que el modelo geométrico represente los contornos económicos y lo que lo rodea. De esta forma en general, se ha construido un modelo geométrico para cada zona mineralizada. Se muestra en el cuadro adjunto.” (Empresa Minera Trevali S.A.C. Depto GEOLOGIA, 2019)

**Tabla 4**

*Resumen de Recursos por categoría Mina Santander Noviembre del 2019*

PANEL	Magistral Norte		Oyon		Magistral Centro Norte		Magistral Centro		Cuerpo Fatima		Magistral Sur		Total Potencia (m)	Total Tonnes
	Potencia (m)	Tonnes	Potencia (m)	Tonnes	Potencia (m)	Tonnes	Potencia (m)	Tonnes	Potencia (m)	Tonnes	Potencia (m)	Tonnes		
4370	3.98	11,929			2.54	42,911	3.05	7,200						
Total 4370	3.98	11929	0	0	2.54	42911	3.05	7200	0	0	0	0	2.88	62,040
4300	3.44	55,751	5.77	71,445	2.02	68,956	10.75	312,162	8.11	78,242	5.69	205,439		
Total 4300	3.44	55751	5.77	71445	2.02	68956	10.75	312162	8.11	78242	5.69	205439	7.46	791,995
4230	1.67	32,449	10.15	193,241	4.88	95,060	12.55	415,238			8.97	281,151		
Total 4230	1.67	32449	10.15	193241	4.88	95060	12.55	415238	0	0	8.97	281151	10.04	1,017,139
4160	1.14	5,208	10.62	79,078	4.02	34,533	9.77	208,040			8.42	85,930		
Total 4160	1.14	5208	10.62	79078	4.02	34533	9.77	208040	0	0	8.42	85930	9.06	412,789
4090							6.68	1,028			4.56	1,149		
Total 4090	0	0	0	0	0	0	6.68	1028	0	0	4.56	1149	5.56	2,177
Total General	2.84	105,337	9.34	343,764	3.52	243,460	11.26	943,668	8.11	78,242	7.7	573,669	8.77	2,286,140

Fuente: Trevali.

#### **4.1.3. Caracterización geomecánica**

##### **a. Magistral Norte**

- **El mineral** presenta una calidad roca que varía de Regular B - IIIB a Regular A - IIIA.
- **La caja piso** presenta una calidad de roca de Regular B – IIIB en la caja inmediata y calidad Regular A - IIIA en la caja alejada.
- **La caja techo** presenta una calidad de roca Mala A - IVA cerca de la falla magistral, Regular B - IIIB en la caja inmediata y Regular A - IIIA en el centro de las areniscas de la Fm. Oyón. “(Empresa Minera Trevali S.A.C. Depto GEOLOGIA, 2019)

##### **b. Magistral Centro**

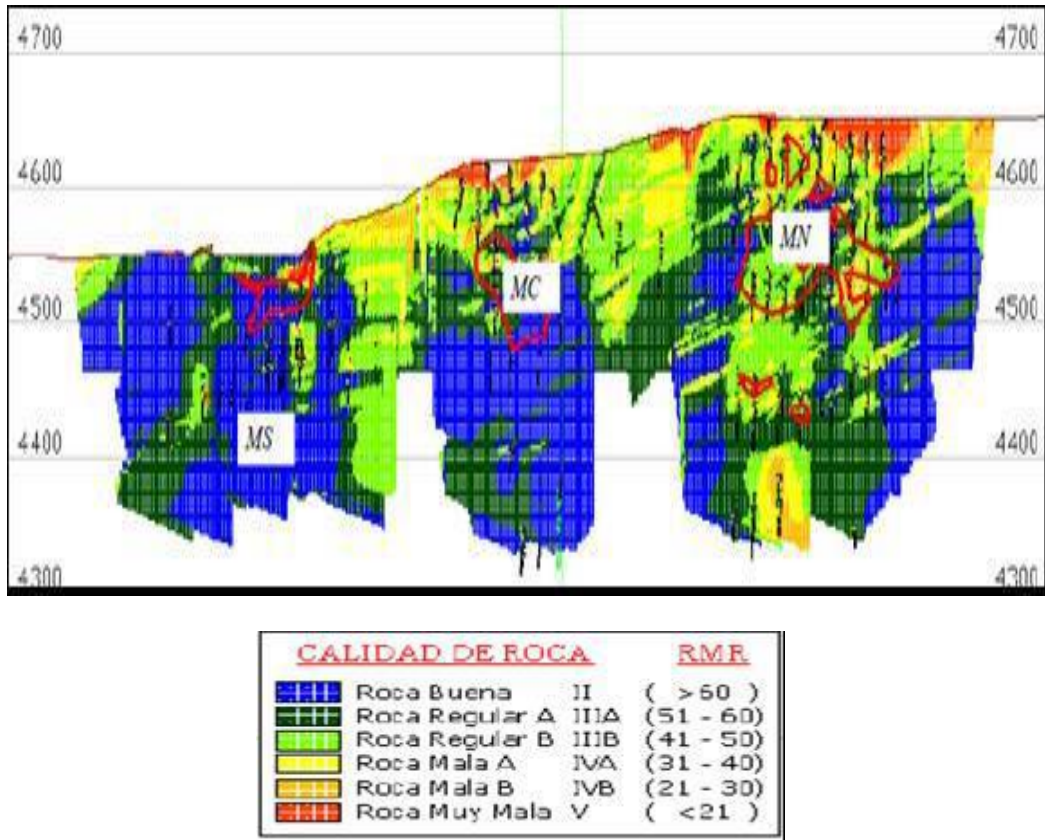
- **El mineral** presenta una calidad de roca de Regular A - IIIA y en forma local Regular B - IIIB.
- **La caja piso** es de calidad Regular A – IIIA.
- **La caja techo** presenta una calidad de roca de Regular A - IIIA en la caja inmediata y Regular B – IIIB cerca de la falla magistral. “(Empresa Minera Trevali S.A.C. Depto GEOLOGIA, 2019)

##### **c. Magistral Sur**

- **El mineral** presenta una calidad de roca de Regular A - IIIA y de forma localizada Regular B - IIIB.
- **La caja piso** es de calidad Regular A – IIIA.
- **La caja techo** es de calidad Regular A - IIIA en la caja inmediata y Regular B - IIIB cerca de la falla magistral. “(Empresa Minera Trevali S.A.C. Depto GEOLOGIA, 2019)

**Figura 9**

*Zonificación geomecánica de MN, MC y MS en un perfil longitudinal*



Fuente: Planeamiento Trevali SAC.

#### **4.1.4. Dimensionamiento de los tajeos**

Para las dimensiones de los tajeos a considerar durante la explotación se tomó en cuenta condiciones que permitan la estabilidad del tajeo con sostenimiento ocasional y el análisis es válido para la fase de explotación desde la cota aproximada 4330 msnm hacia la superficie. Para la explotación debajo de la cota 4330 msnm habrá necesidad de realizar nuevos análisis, compatibilizando con la experiencia que se tendrá en la explotación superior.

Condición de Estabilidad	Área	Ancho	Altura	Longitud
Estable con sostenimiento Ocasional	<b>MN</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>54</b>
Estable con sostenimiento Ocasional	<b>MC</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>42</b>
Estable con sostenimiento Ocasional	<b>MS</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>37</b>

Fuente: propia

Debemos mencionar que la caracterización del macizo rocoso para aplicar los taladros largos, en la Mina Santander, se han analizado del ajuste por orientación de las principales discontinuidades que son de moderado a desfavorable. Como se muestra en la tabla.

**Tabla 5**

*Caracterización Geomecánica aplicable taladros largos en Santander SAC*

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

Fuente. Propia

**Tabla 6**

*Resumen de Caracterización del Macizo Rocoso Mina Santander SAC*

**Zonificación geomecánica y calidades de masa rocosa**

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

Fuente: Planeamiento Trevali.

**4.1.5. Perforación en tajeos de producción**

“La perforación se realizará con equipos denominados SIMBA modelo S7D, la perforación se realizará desde los sub niveles de preparación, dichas labores tendrán una sección de 4mx4m, de acuerdo a las características del equipo para lograr la mayor recuperación de los bloques de mineral. La dimensión de los Sub Niveles es de 4mx4m. las características de los equipos para realizar los taladros largos se describe.” (Empresa Minera Trevali S.A.C. Depto MINAS , 2019)





Tabla Características de equipo Simba S7D

<b>SIMBA S7D</b>	
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	1.50 x 1.50 m
Longitud de Taladros	16 m.
Diseño perforación	paralelos y dirigidos
Angulo de inclinación	70 ° (según buzamiento)
Altura de corte	15 m (vertical)
Rotura por taladro	94 TM/tal
Tonelaje perforado	1195 tn/día
Tonelaje por metro	4.07 tn/m.

#### **4.1.6. Voladura en tajeos de producción**

Para realizar la voladura se está considerando la utilización de los siguientes explosivos y accesorios.

- 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.

#### **4.1.7. Parámetros de voladura en tajeos**

- Tipo de Roca: III B RMR 41 – 50
- Densidad: 3.7 (mineral)
- Dimensiones del Tajeo: 100m x15mx 15m (LxAxH)
- Longitud de perforación: 16 m
- Diámetro de perforación: 64 mm.
- Malla: 1.5m x 1.50m (BxE).
- Rendimiento: 4.07 Tn/m.
- Factor de Potencia: 0.64 Kg-explosivo/Tn-rota

#### **4.1.8. Trabajos realizados en la zona magistral centro (MC)**

Para nuestro estudio de investigación en los tajeos de la zona Magistral Centro se establece los trabajos según el detalle siguiente, con la finalidad de realizar el seguimiento en la optimización del proceso de la voladura en los frentes de avance, apoyar en la optimización del proceso de voladura de producción con taladros largos y finalmente cumplir con los requerimientos que exige la empresa, realizar un análisis para ampliar la malla de perforación y voladura en tajeos de producción con taladros largos, enfocando a nuestro proyecto.

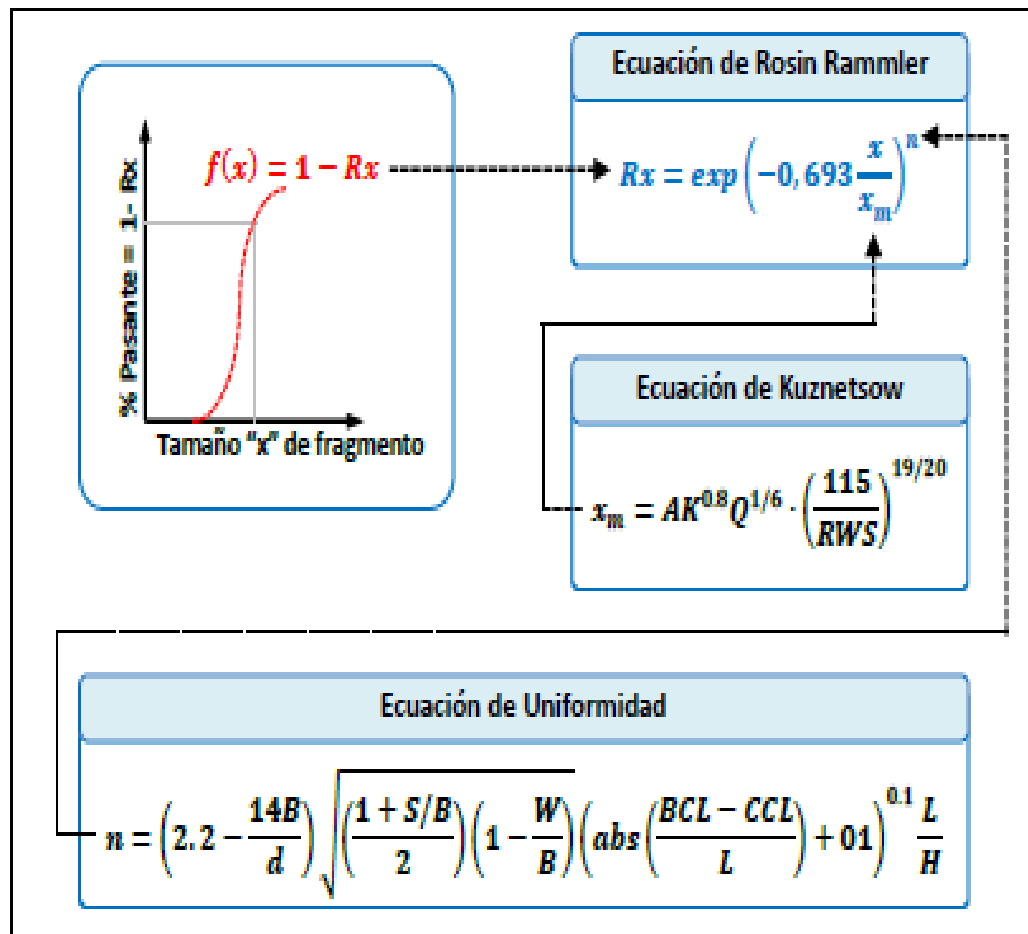
**4.1.9. Descripción del trabajo de campo perforación y voladura de taladros largos magistral centro**

De acuerdo al plan de trabajo trazado por planeamiento de mina, para el desarrollo del proyecto teniendo con la finalidad de obtener la curva real de fragmentación actual. La que representará la línea base, a partir de la cual se empezará a trabajar.

Antes de iniciar, se debe mencionar que la predicción de la curva de fragmentación o distribución granulométrica se basa en diversos modelamientos empíricos y matemáticos; entre los cuales, el más usado y aceptado es el **modelamiento de Kuz-Ram** el cual cumple con el esquema lógico de resolución que se representa el gráfico siguiente:

**Figura 11**

*Modelamiento de Kuz-Ram-Eschema Lógico*



Fuente: López Gimeno

Debo aclarar que, en esta primera parte aún no se modelará la curva de forma matemática, sin embargo, es necesario argumentar el razonamiento utilizado por el software Split-Desktop, utilizado para efectuar el foto-análisis de las imágenes tomadas al resultado de los disparos monitoreados.

#### 4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

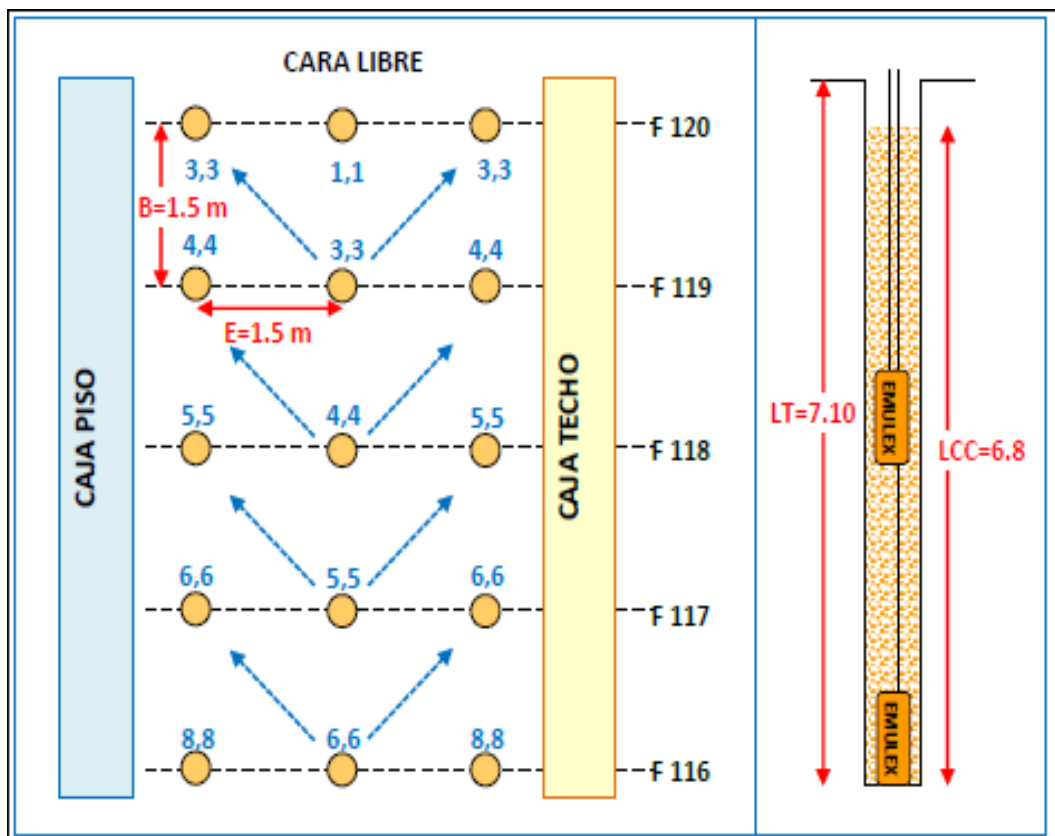
A continuación, se presenta los 4 disparos monitoreados a lo largo de la prueba técnica en los tajos Magistral Centro (MC):

##### 4.2.1. Voladura N°1 – Tajo 4301 MC-1N / Nivel 4300 SN 01-02N

Se disparó 5 filas (de la F116 a la F120), en total 15 taladros (3 tal/fila) con longitud promedio de 7.10 m. Para ello se utilizaron 237.1 kg de explosivo (9 sacos de Examon-P y 30 cartuchos de Emulex 80 1 1/2x12) según la siguiente distribución:

**Figura 12**

*Diseño de voladura Nª 01-tajo 4301 MC – Nv.4300 Subnivel 01-02 Norte*



Fuente: Propia

**Tabla 7**

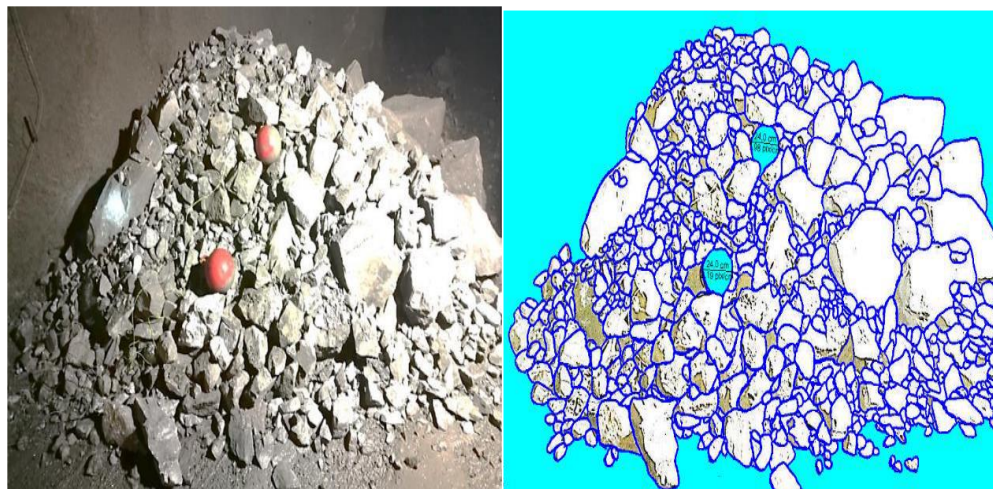
*Parámetros de Diseño de Malla*

Parámetros Diseño		Explosivos Utilizado	
Burden	1.5 m	Anfo (Examon P)	225.0 Kg.
Espaciamiento	1.5 m	Emulex 80 1 ½ x 12	12.10 Kg.
Diámetro del taladro	64 mm	TOTAL	237.10 Kg.
Longitud de Taladro	7.1 m		

Fuente: Elaboración propia

- a. **Análisis de fragmentación de la voladura N° 01:** Nuestra evidencia del disparo de la prueba, y para observar relativamente nuestros resultados se procedió a tomar 3 fotos a la carga fragmentada, las cuales fueron analizadas obteniéndose los resultados con el Split desktop, obteniéndose lo siguiente:

Imagen 1



Fotografía Real

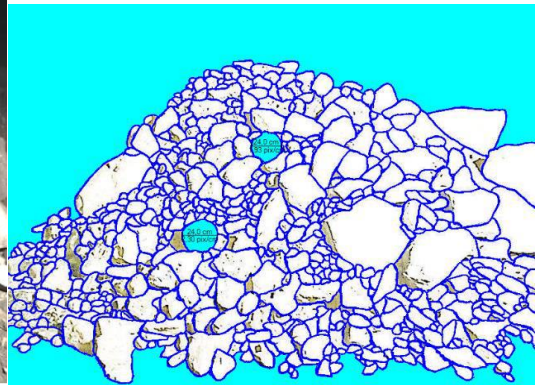
Fotografía Analizada

Fuente: Elaboración propia

Imagen 2



Fotografía Real



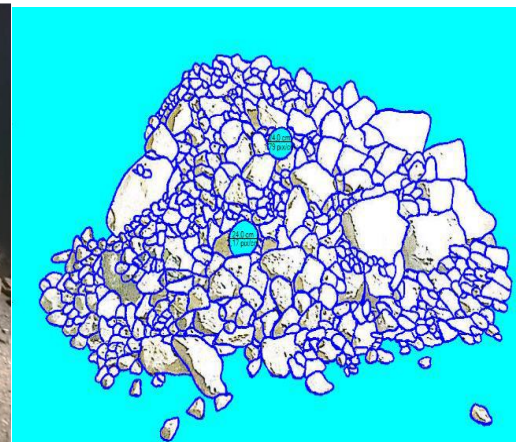
Fotografía Analizada

Fuente: Elaboración propia

Imagen 3



Fotografía Real



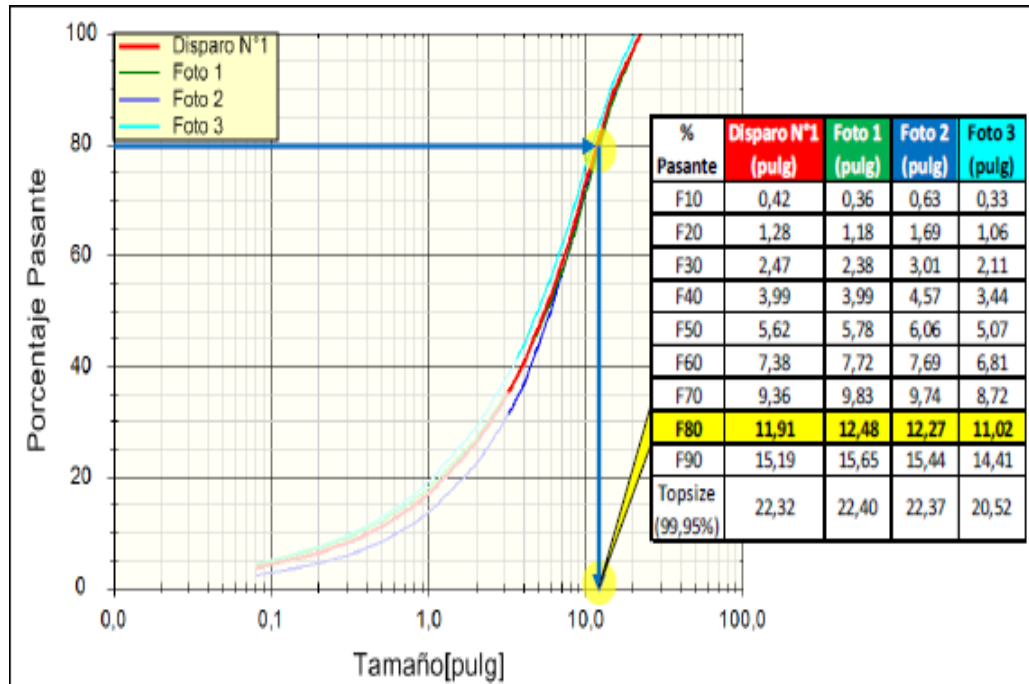
Fotografía Analizada

Fuente: Elaboración propia

**b. Resultados del disparo N.º 1 TJ 4301 MC -1N:**

**Figura 13**

*Disparo N°1 Tajo 4301 MC – 1N*



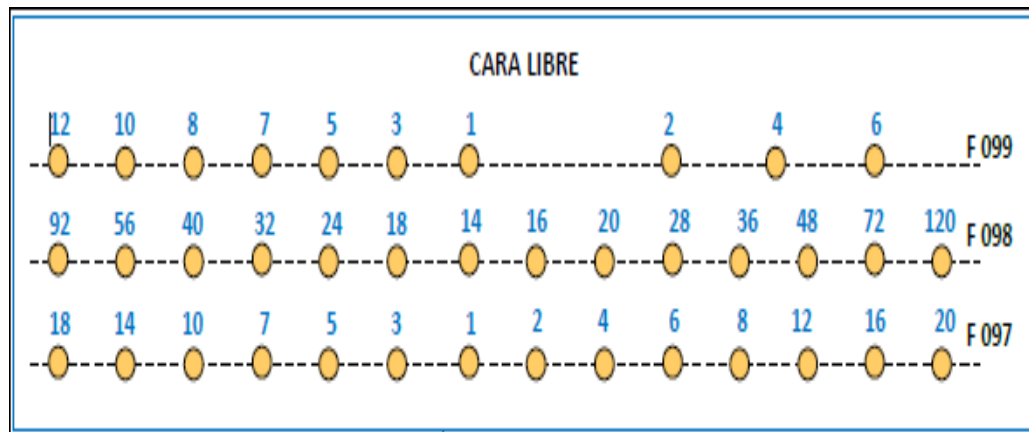
Fuente: Elaboración propia

**4.2.2. Voladura N°2 - Tajo 4300 MC-2N / Nivel 4300 SN 03**

Se disparó 3 filas (de la F97 a la F99), en total 38 taladros con longitud promedio de 16.0 m. Para ello se utilizaron 1218.6 kg de explosivo (47 sacos de Examon-P y 108 cartuchos de Emulex 108 1 1/2x12) según la siguiente distribución:

**Figura 14**

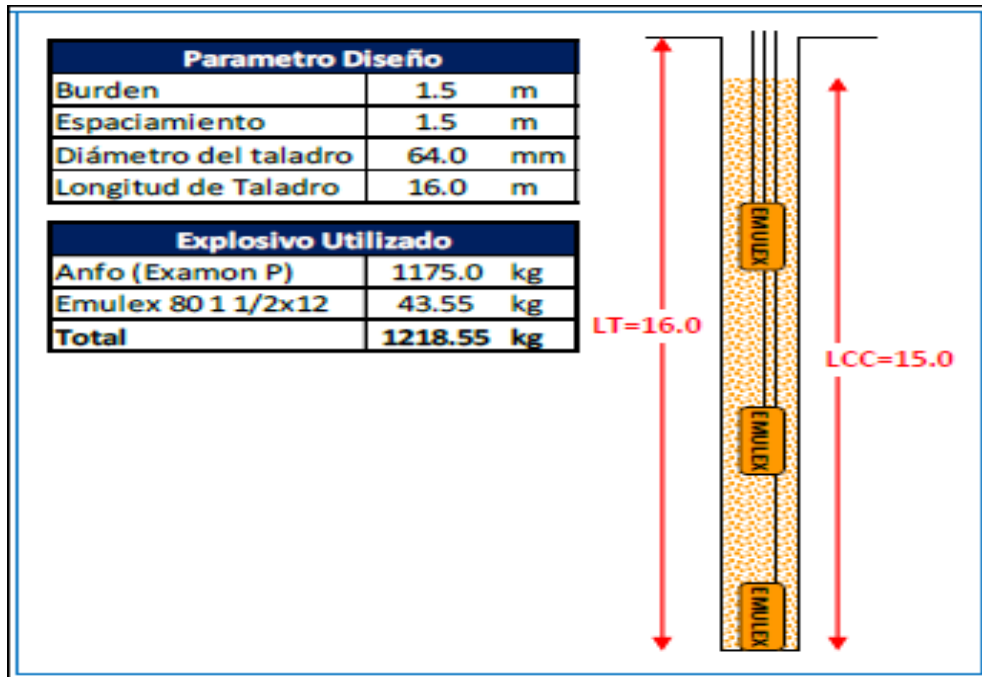
*Diseño de malla voladura N.º 2 – tajo 4300 MC – Nivel 4300 SN 03*



Fuente: Elaboración propia

Figura 15

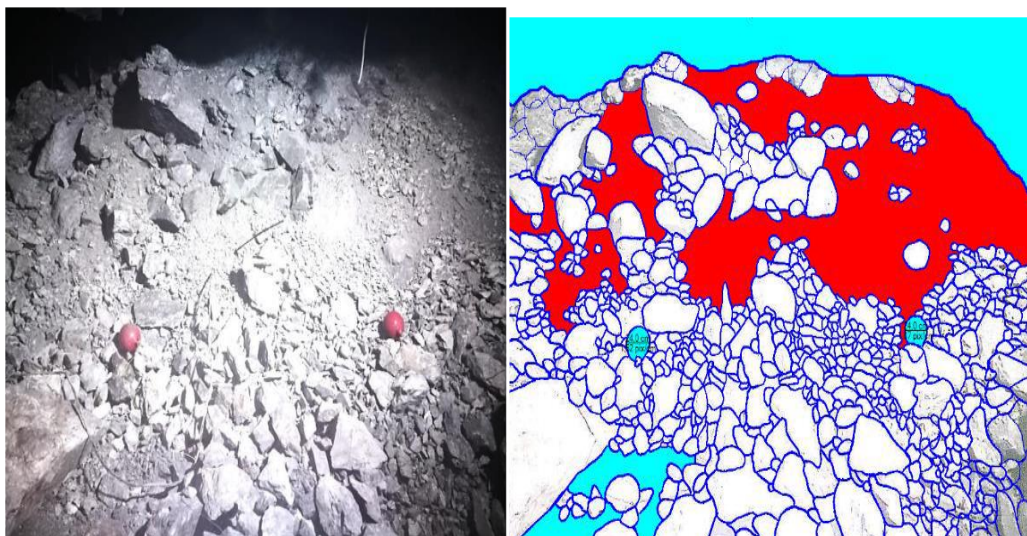
Diseño de malla voladura N.º 2 – tajo 4300 MC – Nivel 4300 SN 03



Fuente: Elaboración propia

- a. **Análisis de fragmentación de la voladura N°2:** De igual forma que en el anterior disparo, se procedió a tomar 3 fotos a la carga fragmentada, las cuales fueron analizadas con el Split-Desktop obteniéndose lo siguiente:

Imagen 4



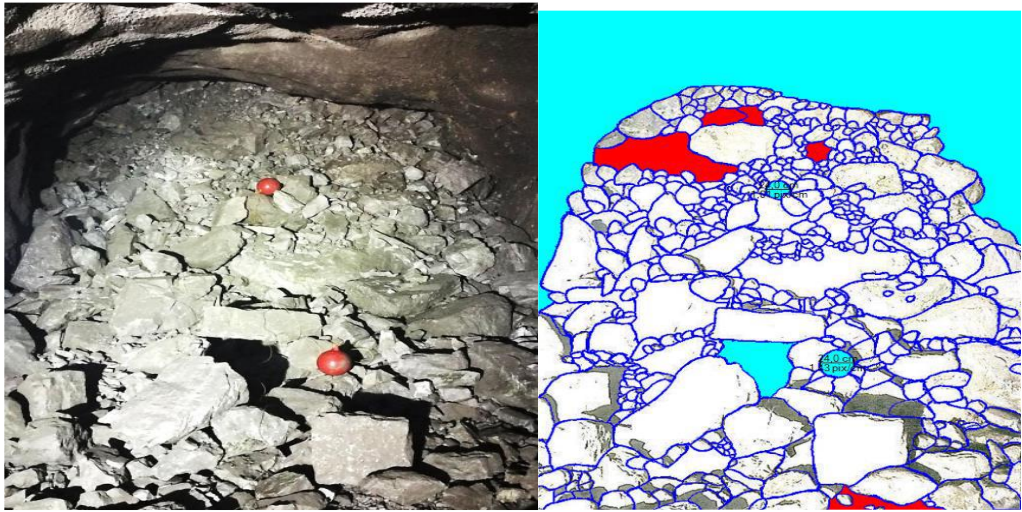
Fotografía Real

Fotografía Analizada

Fuente: Elaboración propia



Imagen 5

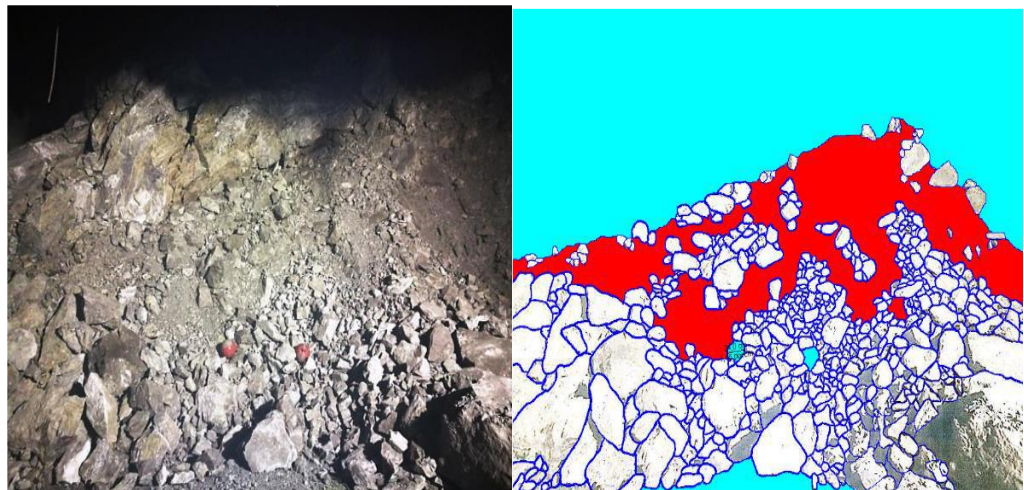


Fotografía Real

Fotografía Analizada

Fuente: Elaboración propia

Imagen 6



Fotografía Real

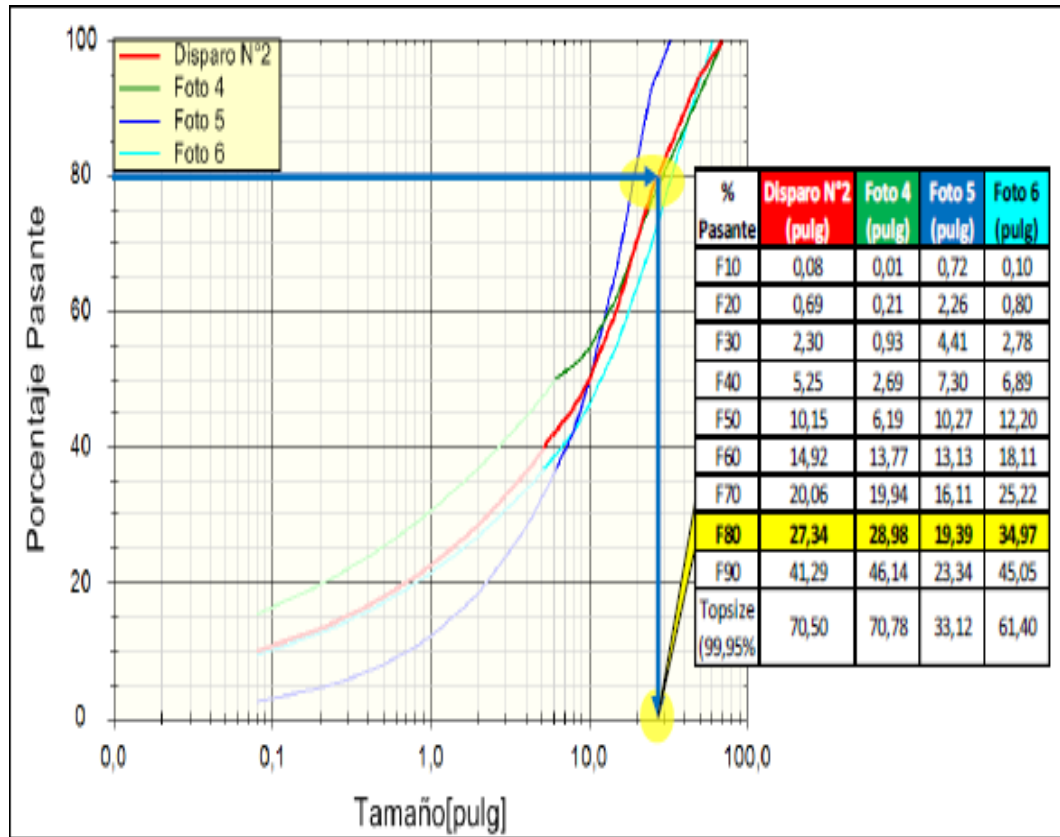
Fotografía Analizada

Fuente: Elaboración propia

**b. Resultados del disparo N.º 2 – Tajo 4300 MC – 2N:**

**Figura 16**

*Disparo N.º 2 - Tajo 4300 MC – 2N*



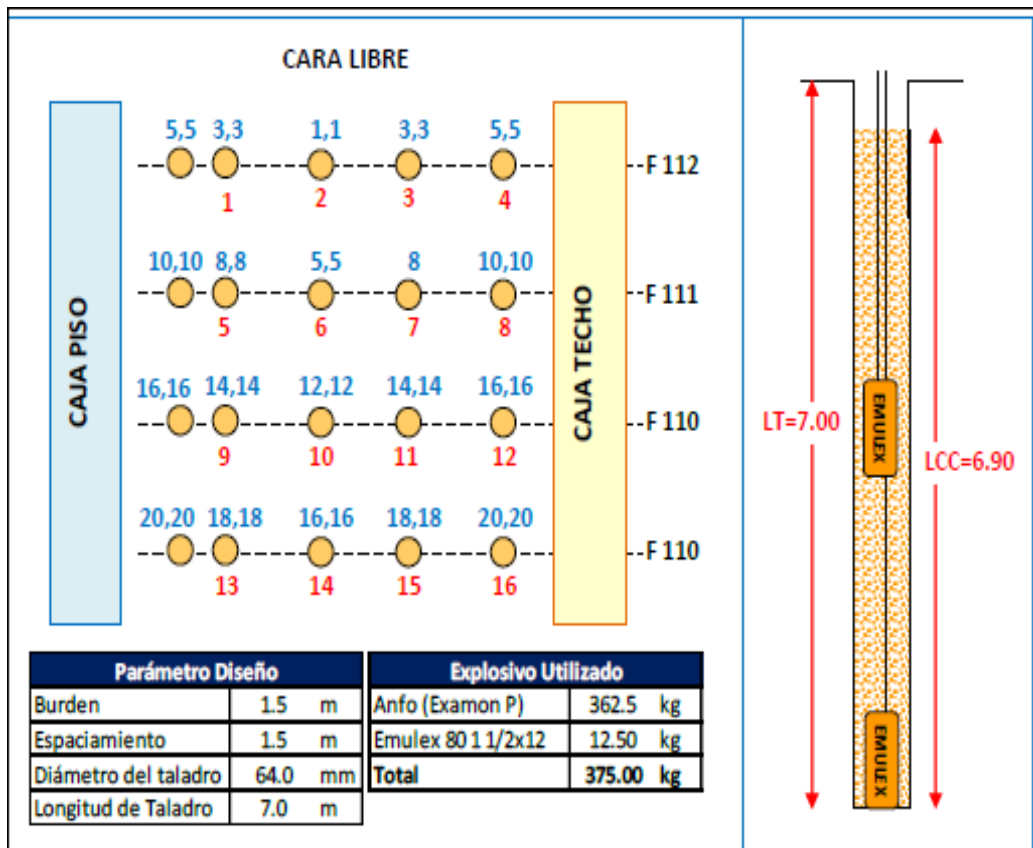
Fuente: Elaboración propia

**4.2.3. Voladura N°3 - Tajo 4301 MC-1N / Nivel 4300 SN 01-02N**

Se disparó 4 filas (de la F109 a la F112), en total 20 taladros (5 tal/fila) con longitud promedio de 7.0 m. Para ello se utilizaron 237.1 kg de explosivo (9 sacos de Examon- P y 30 cartuchos de Emulex 80 1 1/2x12) según la siguiente distribución:

**Figura 17**

*Diseño de malla voladura N.º 3- Tajo 4301 MC-Nivel 4300 Sn 01-02N*



Fuente: Elaboración propia

A manera de ejercicio y sobre todo para mejorar la calidad de la toma de la data, se procedió a realizar la medición de cada uno de los taladros de forma independiente obteniéndose una longitud promedio de 7.0 metros. Se puede observar en la siguiente tabla.

**Tabla 8**

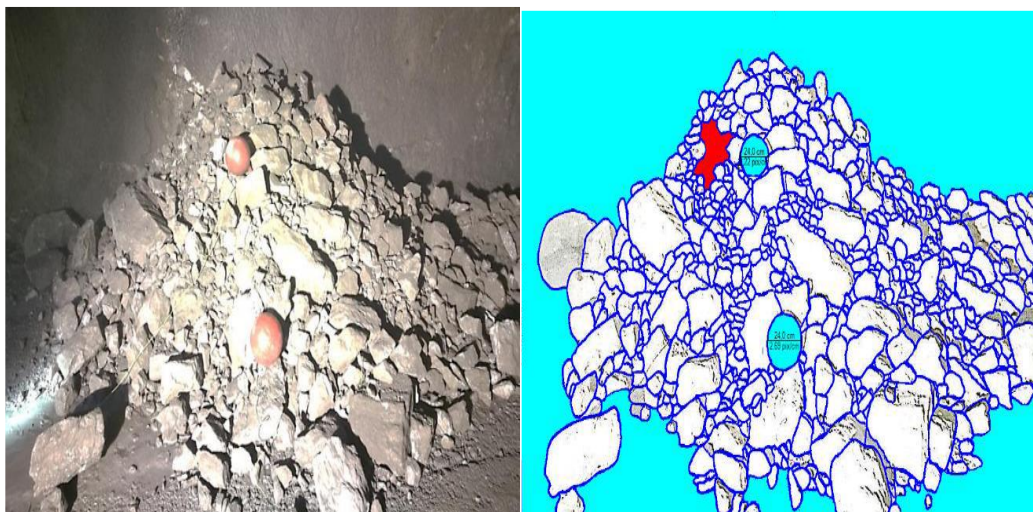
*Medición de los taladros*

<b>Nº Taladros</b>	<b>Longitudes (m)</b>
1	8.0
2	7.4
3	6.0
4	7.0
5	8.7
6	7.5
7	7.0
8	6.8
9	7.5
10	7.2
11	5.0
12	5.5
13	7.5
14	6.0
15	6.7
16	6.6
<b>Promedio</b>	<b>7.0</b>

Fuente: Propia

**a. Análisis de fragmentación de la voladura N°3:** Este disparo N°3 se efectúa en el mismo tajo (Tj. 4301 MC-1N) del Disparo N°1, por consiguiente, las distribuciones granulométricas a obtener deben ser muy similares. Para este caso, se procedió a tomar 2 fotos a la carga fragmentada, las cuales fueron analizadas obteniéndose lo siguiente resultados de la figura:

Imagen 7

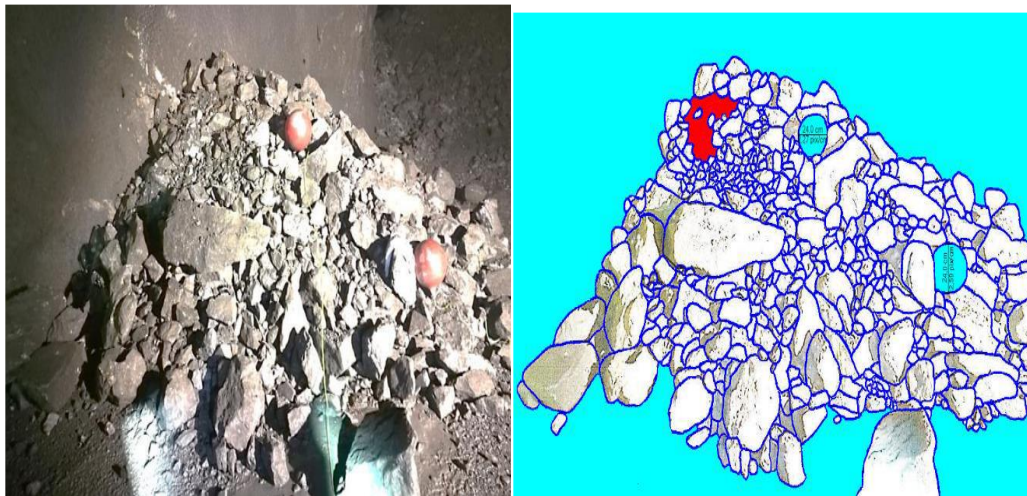


Fotografía Real

Fotografía Analizada

Fuente: Elaboración propia

Imagen 8



Fotografía Real

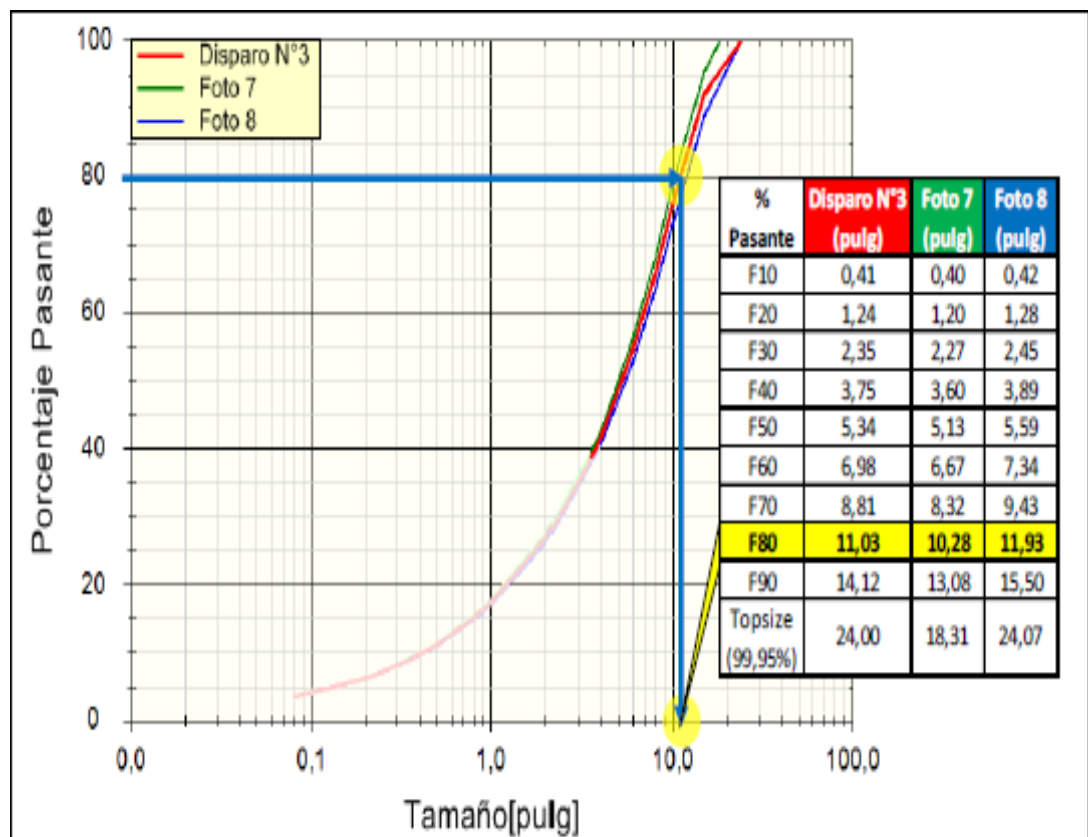
Fotografía Analizada

Fuente: Elaboración propia

**b. Resultados del disparo N° 3 – Tajo 4301 - MC – 1N**

**Figura 18**

*Disparo N.º 3 - Tajo 4301 – MC – 1N*



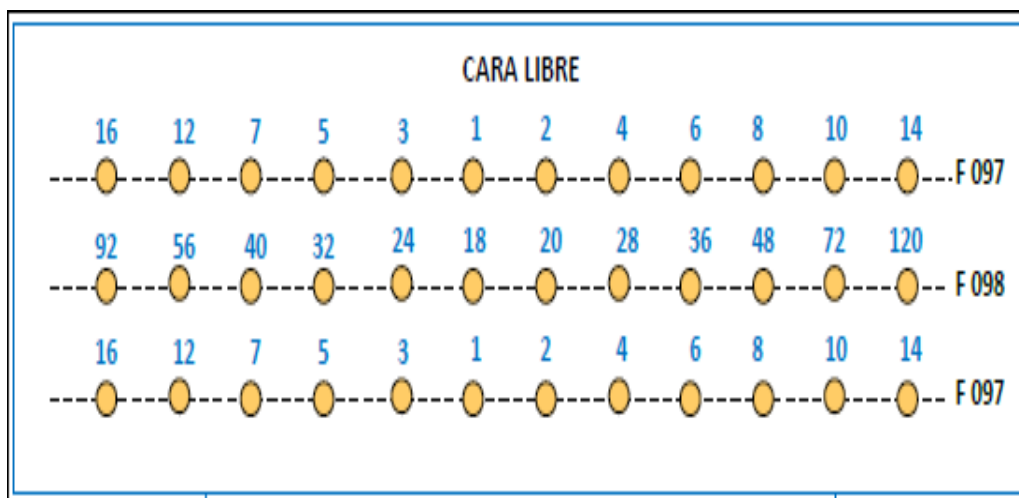
Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.4. Voladura N°4 - Tajo 4300 MC-1S / Nivel 4300-SN-02S

Por último, se disparó 3 filas en el Tajo 4300-Mc-01SUR (Sec F, Sec E y Sec D), en total 36 taladros (12 tal/fila) con longitud promedio de 15.0 m. Para ello se utilizaron 1164.6 kg de explosivo (45 sacos de Examon-P, 75 cartuchos de Emulex 80 1 1/2x12 y 35 de Emulex 80 1 1/4x12) según la siguiente distribución:

**Figura 19**

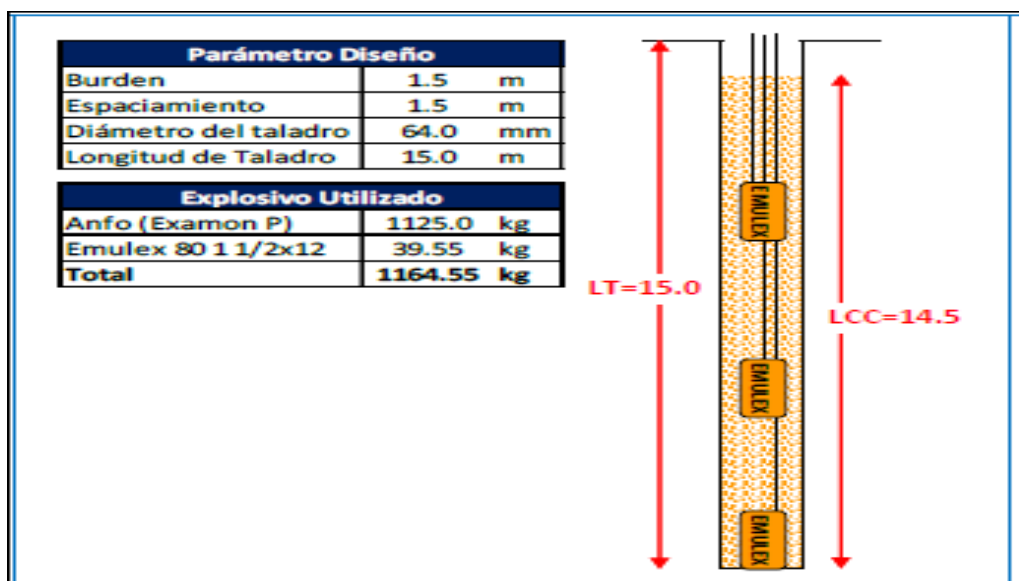
*Distribución de voladura N° 4 tajo 4300 MC*



Fuente: Propia

**Figura 20**

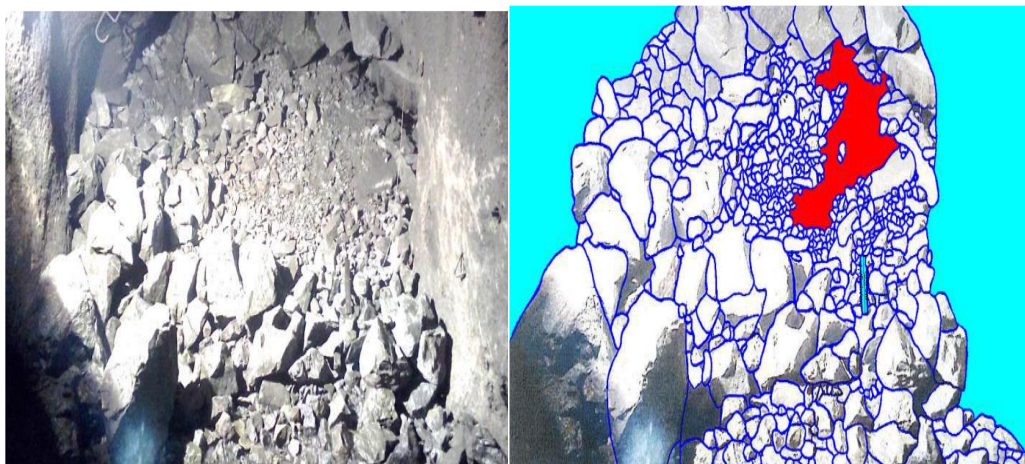
*Parámetros del diseño Tajo 4300 MC-1S*



Fuente: Propia

a. **Análisis de fragmentación de la voladura N°4:** Este disparo N°3 se efectúa en el mismo tajo (Tj. 4301 MC-1N) del Disparo N°1, por consiguiente, las distribuciones granulométricas a obtener deben ser muy similares. Finalmente, para este caso, se procedió a tomar 1 foto a la carga fragmentada, la cual fue analizada obteniéndose lo siguiente.

Imagen 9



Fotografía Real

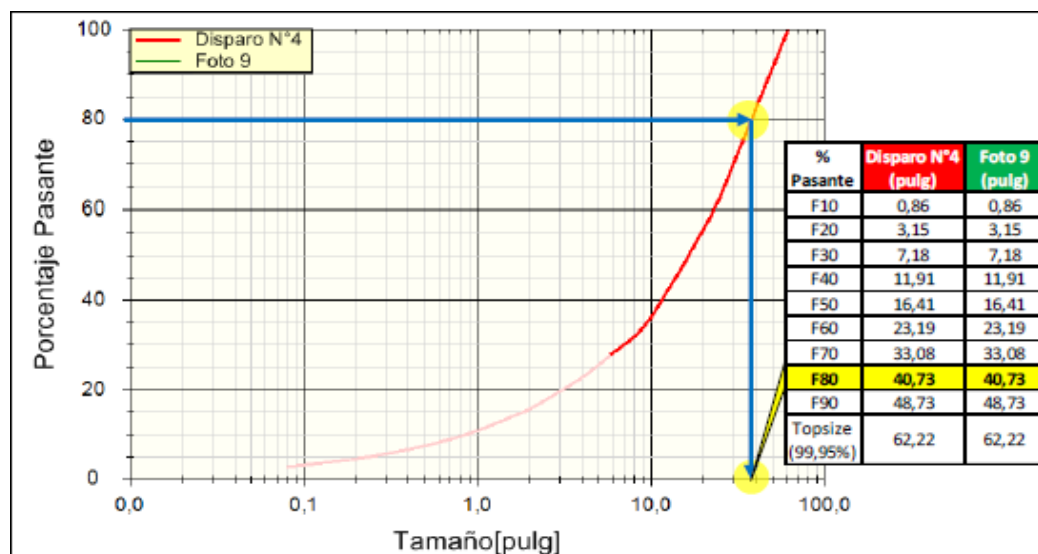
Fotografía Analizada

Fuente: Elaboración propia

**b. Resultados del disparo N° 4 – Tajo 4300 - MC – 1S**

**Figura 21**

*Disparo N.º 4 – Tajo 4300 MC – 1S*



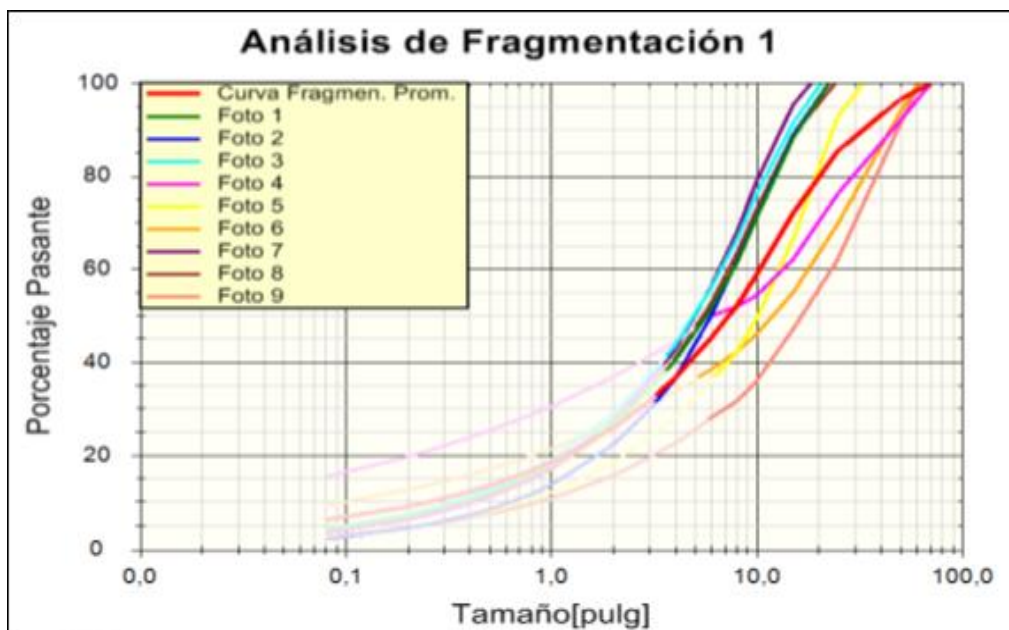
Fuente: Elaboración propia

### 4.3. Prueba de hipótesis

La evaluación del estudio lo realizamos en base a nueve imágenes válidas de un total de 4 disparos monitoreados, las cuales han generado un data completa que tiene mucha utilidad para el estudio y la empresa en las operaciones unitarias de taladros largos, que serán tomados en cuenta en trabajos actuales y darle continuidad en otras zonas de la mina Santander.

**Figura 22**

*Análisis de 01*



% Pasante	Curva Fragmen. Prom. (pulg)	Foto 1 (pulg)	Foto 2 (pulg)	Foto 3 (pulg)	Foto 4 (pulg)	Foto 5 (pulg)	Foto 6 (pulg)	Foto 7 (pulg)	Foto 8 (pulg)	Foto 9 (pulg)
F10	0,25	0,36	0,63	0,33	0,01	0,72	0,10	0,40	0,42	0,86
F20	1,16	1,18	1,69	1,06	0,21	2,26	0,80	1,20	1,28	3,15
F30	2,68	2,38	3,01	2,11	0,93	4,41	2,78	2,27	2,45	7,18
F40	4,81	3,99	4,57	3,44	2,69	7,30	6,89	3,60	3,89	11,91
F50	7,40	5,78	6,06	5,07	6,19	10,27	12,20	5,13	5,59	16,41
F60	10,45	7,72	7,69	6,81	13,77	13,13	18,11	6,67	7,34	23,19
F70	14,17	9,83	9,74	8,72	19,94	16,11	25,22	8,32	9,43	33,08
F80	19,33	12,48	12,27	11,02	28,98	19,39	34,97	10,28	11,93	40,73
F90	33,68	15,65	15,44	14,41	46,14	23,34	45,05	13,08	15,50	48,73
Topsize (99,95%)	69,89	22,40	22,37	20,52	70,78	33,12	61,40	18,31	24,07	62,22

Fuente: Propia



A partir de ello se puede establecer las siguientes conclusiones:

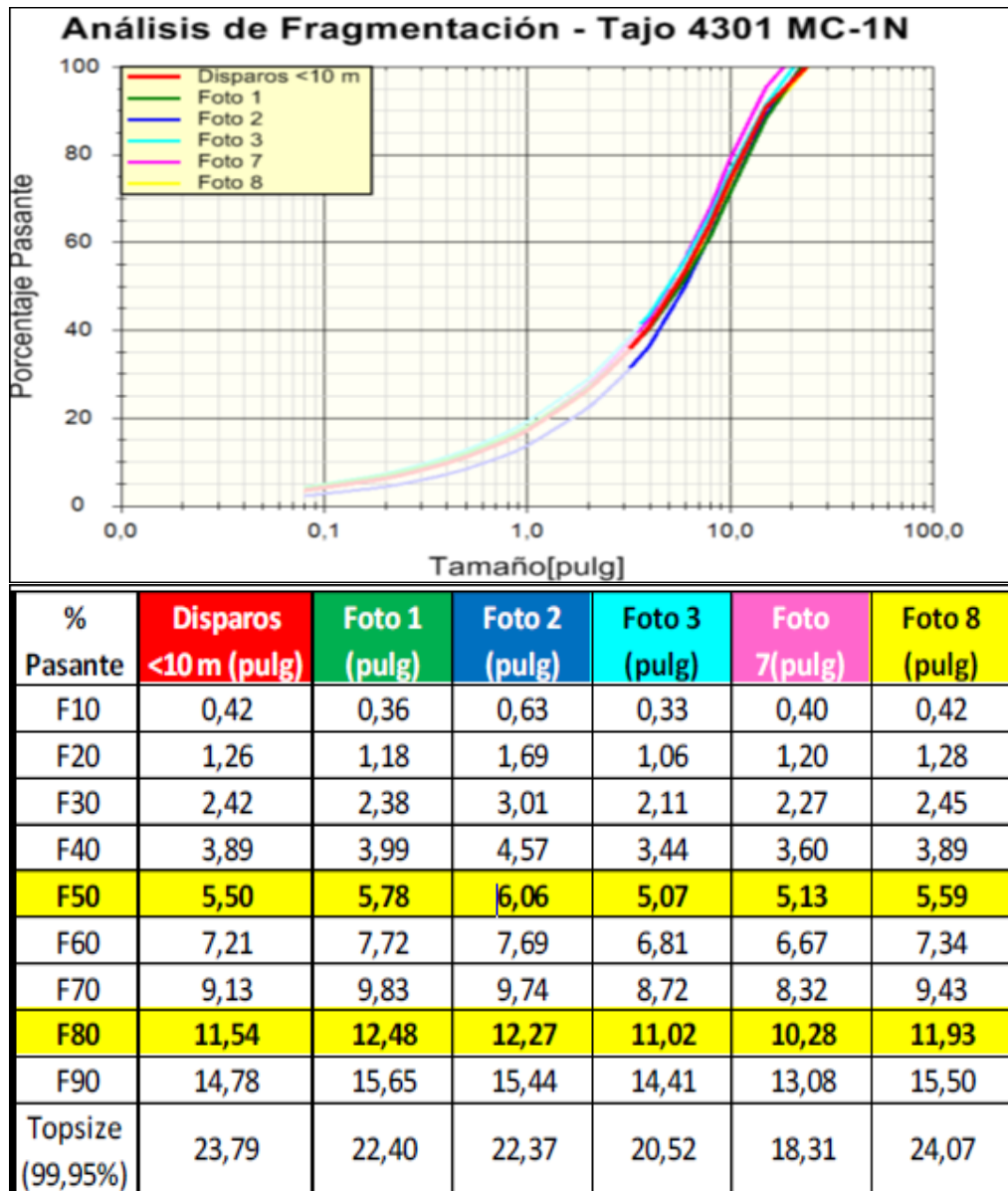
- Las curvas obtenidas no presentan un grado de uniformidad aceptable, es decir no predomina un tamaño de fragmento promedio, sino todo lo contrario presentan fragmentos variables entre grandes y pequeños.
- Dentro los KPIs de monitoreo establecidos, el P80 promedio obtenido es de 19.33" (49.09 cm) y el P50 es igual a 7.4" (18.80 cm).
- En adición a lo mencionado en el acápite anterior, se puede ver que existe un amplio rango de variabilidad para los KPIs. Por ejemplo, el valor asignado para el P80 varía desde 10.28" (26.11 cm) hasta 40.73" (103.45 cm).

Con el objeto desarrollar un mejor análisis de la data hallada, se dispone en disgregar en 2 grupos la data original, teniendo en consideración la longitud perforación de los taladros. Es decir, para el primer grupo se contempla una amplitud de perforación menor a 10.0 m y para el segundo, mayor a 10.0 m.

Teniendo en cuenta lo antes mencionado, a continuación, se presenta la gráfica donde se agrupa las 5 fotos tomadas a la carga rota por los Disparos N°1 y N°3, los cuales fueron ejecutados en el Tajo 4301 Magistral Centro – 1N.

**Figura 23**

Análisis de fragmentación Magistral centro



Fuente: Propia

A raíz de lo expuesto, se puede establecer las siguientes:

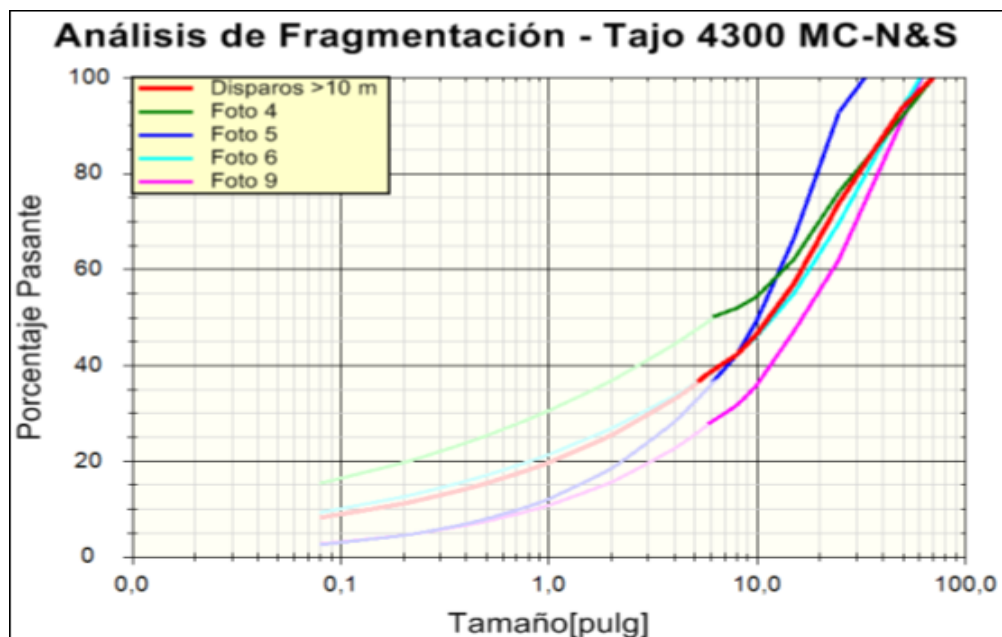
- Las curvas obtenidas se ajustan entre sí, muy a pesar que pertenecen a disparos diferentes. Además, se puede ver que presentan una mejor uniformidad entre sus fragmentos.
- Con respecto a los KPIs de monitoreo, el P80 promedio es de 11.54” (29.31 cm) y el P50 tiene el valor de 5.5” (13.97 cm).

- Asimismo, existe poca variabilidad para los KPIs de monitoreo. Por ejemplo, el P80 varía desde 10.28" (26.11 cm) hasta 12.48" (31.69 cm).

Por otro lado, el segundo grupo agrupa las restantes 4 fotos tomadas a la carga rota para los Disparos N°2 y N°4, los cuales fueron ejecutados en el Tajo 4300 Magistral Centro (ala norte y ala sur). A continuación, se muestra el gráfico obtenido:

**Figura 24**

*Tajo 4300 Magistral Centro Norte y Sur*



% Pasante	Disparos >10 m (pulg)	Foto 4 (pulg)	Foto 5 (pulg)	Foto 6 (pulg)	Foto 9 (pulg)
F10	0,14	0,01	0,72	0,10	0,86
F20	1,03	0,21	2,26	0,80	3,15
F30	3,09	0,93	4,41	2,78	7,18
F40	6,81	2,69	7,30	6,89	11,91
F50	11,73	6,19	10,27	12,20	16,41
F60	16,45	13,77	13,13	18,11	23,19
F70	22,16	19,94	16,11	25,22	33,08
F80	31,39	28,98	19,39	34,97	40,73
F90	44,21	46,14	23,34	45,05	48,73
Topsize (99,95%)	70,36	70,78	33,12	61,40	62,22

Fuente: Propia

Imagen 10 de Granulometría del Disparo en el tajo 4301-MC



Fuente: Propia

#### 4.4. Discusión de resultados

Partiendo de lo determinado podemos establecer los evaluar los siguientes:

- Las curvas obtenidas no se ajustan entre sí y además se puede ver que no presentan ninguna uniformidad entre sus fragmentos
- El P80 promedio es de 31.39" (79.73 cm) y el P50 tiene el valor de 11.73" (29.79 cm).
- Uno de los parámetros más importante e influyente para el resultado de la fragmentación el grado de desviación de la perforación, por ello este debe ser controlado de manera especial. Por ende, se debe mejorar el

posicionamiento del equipo antes de perforar y además debe utilizar tubo-tac. Tener en cuenta que el error de perforación es igual a la suma del error de posicionamiento más el error por desviación de la perforación.

**Error Total Perforación = Error posicionamiento + Error perforación**

Este concepto nos sirve para establecer las correcciones que se debe contemplar para mejorar y controlar la optimización de los taladros largos de la perforación y voladura con taladros largos en los tajos de la zona de Magistral Centro, de la Mina Santander S.A.

## CONCLUSIONES

- Las labores mineras que tienen mayores problemas para la perforación y voladura debido a sus condiciones geológicas y geomecánicas son la Rampa 4005 ubicada en la zona Magistral Sur, la Rampa 4577 ubicada en la zona Magistral Norte.
- En la Mina Santander, tres cuerpos de mineral la primera Magistral Sur a 250 metros de la segunda Magistral Centro y está separada 400 metros de Magistral Norte los cuales contienen zinc, plomo, plata y hierro; para la investigación se seleccionó el cuerpo mineralizado Magistral Centro por contener mejores leyes metálicas.
- En el estudio se han analizado 9 imágenes válidas de un total de 4 disparos monitoreados, las cuales han generado un data completa que tiene mucha utilidad para tomar decisiones en los diseños de perforación y voladura de taladros largos en la Zona Magistral Norte y Sur de Empresa Minera Trivali, Mina Santander.
- Para Mejorar la Información respecto a la longitud de perforación se ha dispuesto tener en cuenta de acuerdo a la data obtenida separa en dos grupos; el primer grupo taladros con longitudes menores a 10 metros y el segundo grupo taladros con longitudes mayores a 10 metros, como los resultados en el disparo N° 1 y N°
- Los que fueron ejecutados en el tajo 4301 MC-1N. para el primer grupo, y para el segundo grupo los disparos N° 2 y N° 4, en el tajo 4300 lado Norte y Sur de Magistral Centro.
- Podemos establecer las siguientes que de las curvas obtenidas no se ajustan entre sí y además se puede ver que no presentan ninguna uniformidad entre sus fragmentos, como vemos en El P80 promedio es de 31.39" (79.73 cm) y el P50 tiene el valor de 11.73" (29.79 cm).

## RECOMENDACIONES

- Para conservar los trabajos se recomienda determinar valores de Factor de Roca (A) planteado por los expertos para los 2 tajos disparados, información que debe ser proporcionados por el área de Geomecánica.
- El factor de roca como parámetro fundamental debe ser ajustada cada vez que se realiza la validación de la perforación y voladura de los taladros largos mediante el modelo matemático para cada tajeo.
- Se recomienda supervisar el posicionamiento y ejecución de los taladros largos en cada tajeo de manera se garantice la eficiencia de perforación y voladura.
- Es recomendable mantener la data actualizada, brindando la capacitación permanente a los operadores y supervisores en la perforación y voladura de los taladros largos en la Empresa Santander S.A.
- La empresa deberá establecer pruebas de pilotaje sobre las operaciones de perforación y voladura de manera continua para mantener el ritmo de eficiencia de la operación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABANTO, W. I. (2015). Diseño y Desarrollo del Proyecto de Investigación. Universidad César Vallejo. Escuela de Postgrado. Trujillo.
- ALCALDE, J. (2019). Emulsión gasificada en reemplazo de heavy anfo para reducir el P80 en la fragmentación e incrementar la productividad en carguío, acarreo y chancado en mina Shougang Hierro Perú. [tesis de licenciamiento, U.N. de Trujillo] repositorio institucional U.N. de Trujillo.
- Ayuque, M. (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. [Tesis de licenciamiento, Universidad Continental] Repositorio de la Universidad Continental.
- Bernaola, J., Castilla, J., & Herrera, J. (2013). Perforacion y voladura de rocas en mineria. DEPARTAMENTO DE EXPLOTACIÓN DE RECURSOS MINERALES Y OBRAS SUBTERRÁNEAS, Universidad Poitecnica de Madrid.
- CAMPOS, D.R. (2017). Aplicación del tajeo por subniveles con taladros largos para optimizar recursos en la mina Caridad, Compañía Minera Huancapeti S.A.C. Tesis pre grado. Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo", Huaraz.
- CALUA, F. (2019). PROPUESTA DE MINIMIZACIÓN DE TIEMPOS IMPRODUCTIVOS PARA UNA MAYOR PRODUCCIÓN EN CARGUÍO Y ACARREO EN CIA. MINERA COIMOLACHE S.A. [tesis de licenciamiento, U.N. de Cajamarca]repositirio institucional U.N.Cajamarca.
- CASIANO, P. (2018). REEMPLAZO DE LA EMULSIÓN MATRIZ MEX 60/40 POR LA EMULSION FORTIS ADVANTAGE GASIFICADA 65/35, PARA MITIGAR LA EMISION DE GASES NITROSOS EN LA UNIDAD DE PRODUCCION



- LAGUNAS NORTE. [tesis de licenciamiento, U.N. de Trujillo]repositorio institucional U.N. d Trujillo.
- CHAMBI, E. (2018). EVALUACIÓN TÉCNICA – ECONÓMICA Y ECOLÓGICA DE LA APLICACIÓN DE EMULSIÓN GASIFICABLE EN LUGAR DE HEAVY ANFO TRADICIONAL EN MINA APUMAYO. [tesis de licenciamiento, U.N. San Agustin de Arequipa] repositorio institucional U.N. San Agustin de Arequipa.
- Empresa Minera Trevali S.A.C. Depto GEOLOGIA. (2019). Reporte de la geologia del yacimiento minero - Unidad Minera Santander.
- Empresa Minera Trevali S.A.C. Depto MINAS . (2019). Metodos de explotacion en la Unidad Minera Santander.
- ENAEX. (s.f.). Manual de tronadura ENAEX S.A. ENAEX, Gerencia tecnica.
- ESCRIBA, E. (2018). [tesis de licenciatura, U. N. San Agustin de Arequipa]repositorio institucional U.N.San Agustin de Arequipa.
- EXSA. (s.f.). Manual practico de voladura, 4ta edicion. exsa.
- FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. (2018). Emulsiones/Hidrigel a granel no sensibilizado SAN-G APU.
- GUERRA, R. (2013). USO DE EMULSIÓN GASIFICABLE PARA REDUCIR COSTOS DE PERFORACIÓN-VOLADURA EN MINERÍA SUPERFICIAL Y SÚBTERRANEA. [tesis de licenciatura, U.N. de Ingenieria]repositorio institucional U.N. de Ingenieria.
- HINOSTROZA, 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. Tesis de pre grado. Universidad Continental. Huancayo.
- Instituto Geologico y Minero de España. (1987). Manual de perforacion y voladura de rocas. Instituto Geologico y Minero de España.

MAMANI, E. (2018). APLICACIÓN DE EMULSIÓN GASIFICADA (SAN-G) Y SU FACTIBILIDAD EN EL RENDIMIENTO DE COLUMNA EXPLOSIVA DE LA COMPAÑÍA MINERA “LA ZANJA” CAJAMARCA 2014. [tesis de licenciamento, U.N. Jorge Basadre Grohmann - Tacna] repositorio institucional.


MEZA, J. (2022). Control y mejora de eficiencias en la perforación para voladura masiva en los frentes de avance. Cía. Minera los quenuales-UEA Santander. Región Lima 2021. [tesis de licenciamento Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion] repositorio institucional Universidad Nacional Daniel Alcides carrion.

SAFORAS, J. F. (2012). Evaluación Técnica económica del minado por Subniveles con Taladros largos en mantos para incrementar la producción - U.E.A. Colquijirca de la Sociedad Minera El Brocal S.A.A. Tesis pre grado. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo.

SVS INGENIEROS S.A.C. (2011). Trevali Perú SAC. Estudio de impacto ambiental del proyecto de explotación de mina Santander.

VALDERRAMA, S. (2002). Pasos para Elaborar Proyectos y Tesis de Investigación Científica. Edt. San Marcos Primera Edición. Lima.



	FOMULARIO		CÓDIGO	JRC/11-F-MIN-010
	PROTOCOLO DE PERFORACION Y VOLADURA PARA TAJOS		REVISION	01
<b>DISEÑO DE CARGUÍO</b>				
<b>Consideraciones:</b>				
<b>SECUENCIA DE DISPARO</b>				
<b>CROQUIS DE UBICACIÓN DE VIGIAS Y BLOQUEOS</b>				
OBSERVACIONES GENERALES:				
_____				
_____				
_____				
_____				
_____				
_____	_____	_____	_____	
V.B. JEFE DE OPERACIONES JRC	V.B. GERENTE DE OBRA JRC	V.B. JEFE MINA TREVALI PERU SAC		
_____				
V.B. JEFE DE MINA/SUPERVISOR TREVALI PERU SAC				

FECHA: 03/11/19 NIVEL: 4230 ESTRUCTURA: Mineral LABOR: TJ 4230-2N-MN.  
 SUPERVISOR TL: David Flores Ramos. FIRMA: [Signature]  
 JEFE DE GUARDIA: Carlos Upi Medina. FIRMA: \_\_\_\_\_

**1.0 SEGURIDAD**

- 1.1 Cuenta con líneas de vida en ambos hastiales y/o transversal (caja techo y piso) en buen estado?
- 1.2 Cuenta con reflectores necesarios por ala?
- 1.3 Se realizó el sostenimiento necesario en los subniveles previo al disparo (según recomendación geomecánica)?
- 1.4 Cuenta con los refugios- cabina y/o zona segura para que el operador realice la limpieza y relleno de forma segura usando el telemando?
- 1.5 Se instaló en las ventanas las líneas de vida según estandar para uso por los topografos y supervision?
- 1.6 Las ventanas o accesos son seguros?

SI	NO	OBSERVACIONES
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	NO SPUCO.
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

**2.0 OPERACIONES**

- 2.1 Número de filas por disparo acordado  11
- 2.2 Cuenta con perforación de 2 filas adicionales a las filas programadas para voladura
- 2.3 Se realizó la verificación, revisión y correcciones de la perforación de las filas.  
(Se realizó el pasado de rafia para identificar y verificar la desviación de talaros)
- 2.4 Se realizó diseño de carguo y secuenciamiento para la voladura.

SI	NO	OBSERVACIONES
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	97 al 107.
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	SON TODOS ULTIMO
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

**3.0 GEOMECANICA**

- 3.1 Longitud maxima de minado según recomendación geomecanica
- 3.2 Topografía entrego levantamiento de talud de relleno?

SI	NO	OBSERVACIONES
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

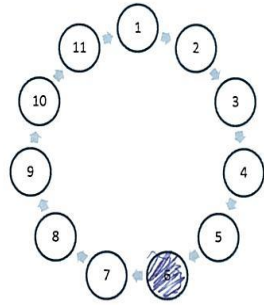
**3.0 GEOLOGIA**

- 3.1 Topografía marco rasante para controlar la limpieza de mineral y no contaminar con relleno?
- 3.2 Existe alguna recuperacion de mineral antes de continuar con la siguiente voladura?
- 3.3 Se termino con la limpieza de mineral para poder rellenar?

SI	NO	OBSERVACIONES
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

**4.0 SECUENCIA BASICA DE OPERACIÓN Y CONTROLES**

- 1.0 PREPARACION DEL TAJO
- 2.0 PERFORACION
- 3.0 VERIFICACIÓN DE TL
- 4.0 CORRECCION DE TL
- 5.0 LEVANTAMIENTO DEL TALUD RELLENO
- 6.0 VOLADURA
- 7.0 LEVANTAMIENTO DEL TAJO DESPUES DE LA VOLADURA
- 8.0 LIMPIEZA
- 9.0 LEVANTAMIENTO DEL TAJO DESPUES DE LA LIMPIEZA
- 10.0 RELLENO
- 11.0 LEVANTAMIENTO DEL TAJO DESPUES DEL RELLENO



**5.0 CALCULO DE FACTOR DE POTENCIA**

Fator de Potencia Recomendado:	<u>0.32</u> KG/TON
Toneladas por disparar:	<u>2606.78</u> TON
Factor de Potencia Calculado	<u>0.44</u>
Factor de Potencia Real	<u>0.44</u> KG/TON
Carga operante	<u>22.11</u> KG/TAL

**Explosivos usados (kg)**

ANFO	KG	<u>1100</u>
Emulox 80 2"x12"		<u>—</u>
Exaqel		<u>—</u>
EMULEX 80 1 1/2 X 12	KG	<u>50</u>
Total (KG)	KG	<u>1150</u>

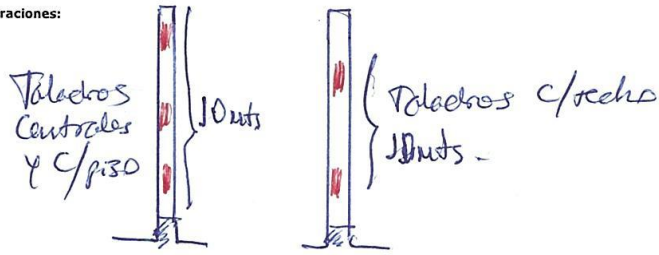
**OBSERVACIONES GENERALES:**

La F=97 ya no esta para el carguo solo por efecto de la voladura anterior.

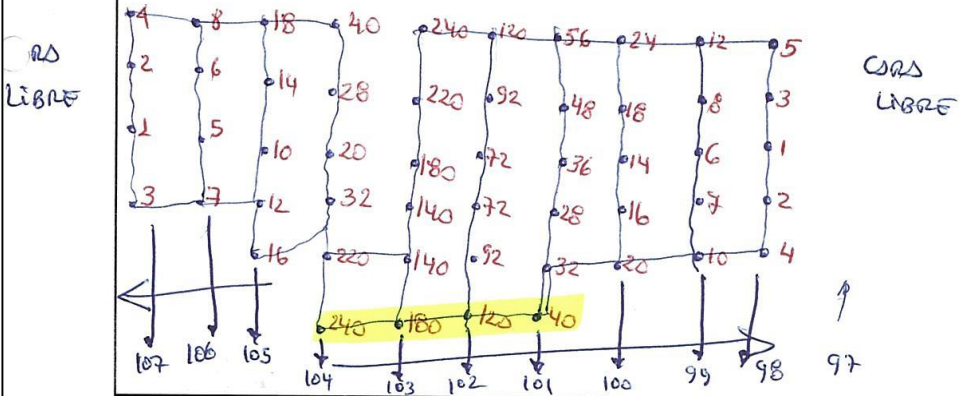
V.B. GERENTE DE OBRA/JEF. DE OPERACIONES JRC \_\_\_\_\_  
 V.B. JEFE DE GUARDIA JRC \_\_\_\_\_  
 V.B. JEFE SEGURIDAD JRC \_\_\_\_\_  
 V.B. JEFE DE MINA/SUPERVISOR TREVALI \_\_\_\_\_  
RE: 12.12.19.  
04/11/19.

**DISEÑO DE CARGUÍO**

Consideraciones:



**SECUENCIA DE DISPARO**



**CROQUIS DE UBICACIÓN DE VIGIAS Y BLOQUEOS**

OBSERVACIONES GENERALES:

---



---



---

V.B. GERENTE DE OBRA/JEFE DE OPERACIONES JRC

V.B. JEFE DE GUARDIA JRC

V.B. JEFE SEGURIDAD JRC

V.B. JEFE DE MINA/SUPERVISOR TREVALLI

## ANEXO B

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b></p> <p>¿De qué manera la optimización de perforación y voladura con taladros largos influye en tajos de producción Zona Magistral Centro Empresa Minera Trevali Perú S A C Unidad Minera Santander Región Lima 2021?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>Determinar de qué manera la optimización de perforación y voladura con taladros largos influye en tajos de producción Zona Magistral Centro Empresa Minera Trevali Perú S A C Unidad Minera Santander Región Lima 2021.</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL</b></p> <p><b>Hi.</b> La optimización de Perforación y Voladura con Taladros Largos en tajos de producción permite el incremento de la productividad en la zona Magistral Centro. Empresa Minera Trevali Perú S.A.C. Unidad Minera Santander.</p>
<p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. ¿En qué medida la optimización de perforación y voladura con taladros largos influye en la productividad de la Zona Magistral Centro Empresa Minera Trevali Perú S A C Unidad Minera Santander?</li><li>2. ¿Cuál es nivel de rendimiento de tajos de producción empleando perforación y voladura con taladros largos en la Zona Magistral Centro Empresa Minera Trevali Perú S A C Unidad Minera Santander?</li><li>3. ¿Es suficiente el uso de los parámetros y diseños de perforación y voladura con taladros largos en tajos de producción en la zona Magistral Centro Empresa Minera</li></ol>	<p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Evaluar en qué medida la optimización de perforación y voladura con taladros largos influye en la productividad de la Zona Magistral Centro Empresa Minera Trevali Perú S A C Unidad Minera Santander.</li><li>2. Determinar el nivel de rendimiento de tajos de producción empleando perforación y voladura con taladros largos en la Zona Magistral Centro Empresa Minera Trevali Perú S A C Unidad Minera Santander.</li></ol>	<p><b>Ho.</b> La optimización de Perforación y Voladura con Taladros Largos en tajos de producción no permite el incremento de la productividad en la zona Magistral Centro. Empresa Minera Trevali Perú S.A.C. Unidad Minera Santander.</p>

---

Trevali Perú S.A.C. Unidad Minera  
Santander?

3. Evaluar los datos para el diseño de la malla de perforación y voladura con taladros largos en tajos de producción en la zona Magistral Centro Empresa Minera Trevali Perú S.A.C. Unidad Minera Santander.

---



# ANEXO C

## CUADERNO DE REPORTE DE MALLA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA



→ VE 3733 (Pc)

24/08/20

EXANEL

# 1	1	(Anaranjado) Emulsión 8% = 5 canos
# 5	1	(Amarillo) Emulsión 65% = 1 cano
# 10	1	Pentacoid = 40 m
12	1	
14	2	Caymax = 2
20	4	
24	4	
32	4	
36	4	
40	5	
56	5	
92	6	
# 120	7	

4260 2N MC

4160-2N-MC

- 28 sacos
- 2 cajas ENDOGEL blanco
- 21 BODAS
- 42 VERDES 100%
- 10 VERDES 65%

	42	10-b	18-b
# 1	1	1	1
# 2	2	2	2
# 3	2	2	2
# 4	2	2	2
# 5	1	1	1
# 6	2	2	2
# 7	2	2	2
# 8	2	2	2
# 10	2	2	2
# 12	1	1	1
# 14	2	2	2
# 16	2	2	2

- Emulsión 8% = 5 canos
- Emulsión 65% = 10 canos
- Busfen = 2 canos

Resultados de la Fragmentación Tajeo 4300-MC.



Fuente: Propia.

Control de la Perforación y Voladura de los Taladros largos-EM Trevali.



Fuente: Propia.

Diseño de Malla de P&V Carguío de taladros largos -Tajo 4301-MC-Empresa Trevali.



Fuente: Propia.

## ANEXO D

### INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

**Tabla 9**

*Resistencia compresiva de la roca intacta. UM Santander*

Ubicación	Litología	Rango $\sigma_c$ (MPa)	$\sigma_c$ (MPa)
Magistral Norte	Arenisca Cuarcítica	86 – 141	113
	Caliza	69 – 108	92
	Mineral	–	47
Magistral Centro	Arenisca cuarcítica	108 – 141	123
	Caliza	31 – 80	59
	Mineral	82 – 91	87
Magistral Sur	Arenisca Cuarcítica	108 – 141	129
	Caliza	59 – 91	70
	Mineral	75 – 101	88

Nota: Determinado por ensayos con el martillo de Schmidt.

Fuente: DCR Ingenieros S.R. Ltda. Geomecanica Minería y Obras civiles. Informe Técnico elaborado para Trevali.

**Tabla 10**

*Parámetros de perforación Simba S7D*

Malla de perforación	1.50 x 150 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 Tm/m
Tonelaje por metro	4.07 Tm/m

Fuente: Departamento Mina UM Santander.

**Tabla 11**

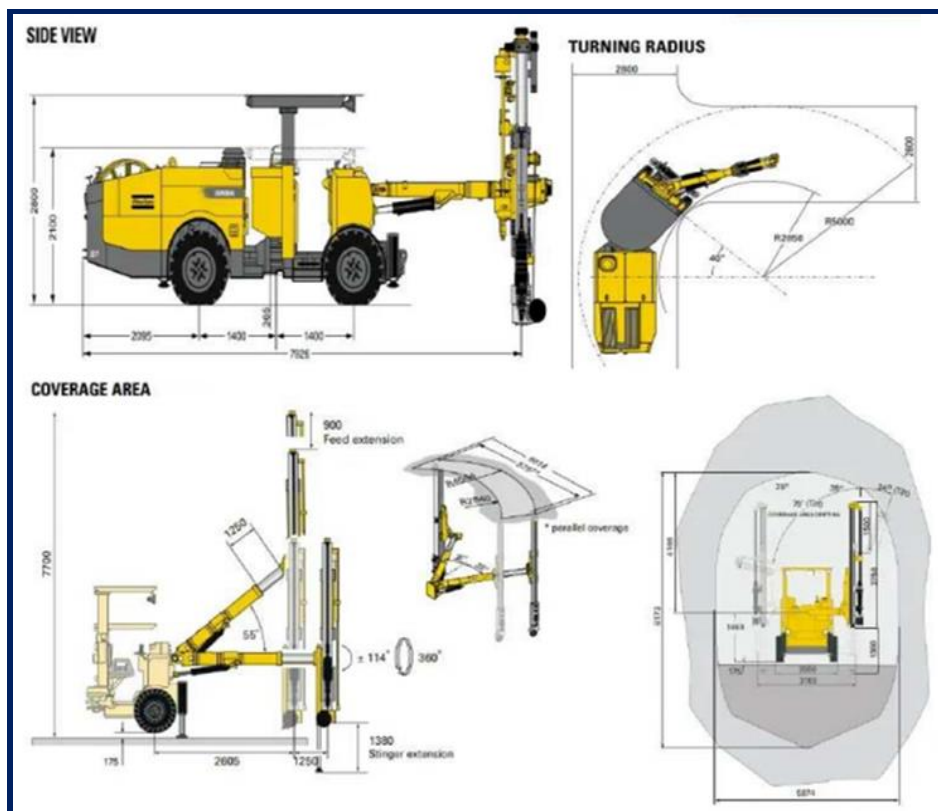
*Parámetros de voladura de tajos de producción*

Tipo de roca	III B/RMR 41-50
Densidad	3.7 (mineral)
Dimensiones del tajo	100 x 15 x 15 m.
Longitud de perforación	16 m.
Diámetro de perforación	64 m
Malla	1.5.x 1.5 m (B x E)
Rendimiento	4.0 ton/mp
Factor de potencia	0.64 kg-explosivo/ton-rota

Fuente: Departamento de planeamiento. UM Santander.

**Figura 25**

*Dimensiones del equipo Simba S7D*



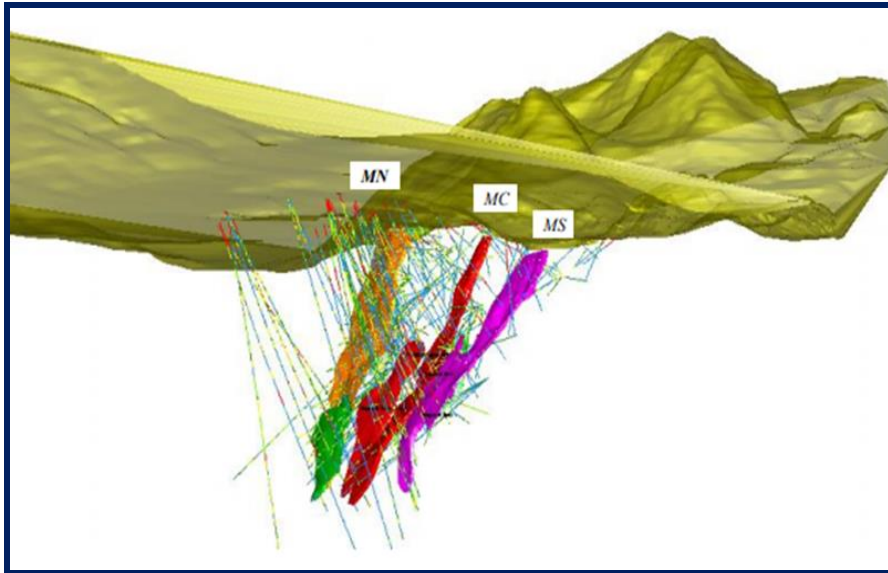
Fuente: Atlas Copco Production Drilling Rigs.

## ANEXO E

### OTROS

**Figura 26**

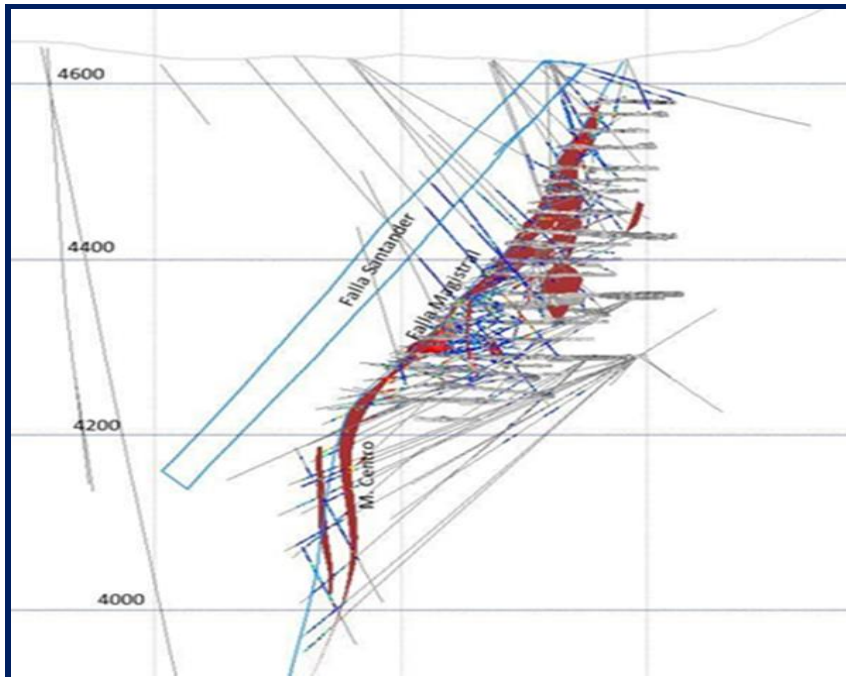
*Cuerpos: Magistral Norte (MN), Magistral Centro (MC) y Magistral Sur (MS)*



Fuente: Departamento de Geología. UM Santander.

**Figura 27**

*Sección Magistral Centro. N30°E*



Fuente: Departamento Geologia. UM Santander.