



# **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**

### **ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**“LABORES SUBTERRÁNEAS Y SU INCIDENCIA EN LA  
PERFORACIÓN Y VOLADURA DEL TAJO SAN GERARDO,  
ATACOCHA 2019”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. MIGUEL ANGEL MUCHO VILCA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO DE MINAS**

**PUNO - PERÚ**

**2020**



## DEDICATORIA

*A mi amada madre, Rosario Vilca, por ser la mujer que me impulsa a ser mejor persona cada día, por creer en mí, incluso antes que yo mismo, por su ejemplo, su fortaleza, su forma de ser.  
Gracias mami, te debo más que la vida.*

**Miguel Angel**



## AGRADECIMIENTOS

*Un especial agradecimiento a Pevoex Contratistas S.A.C., que me ha permitido desarrollar en lo profesional, mejorando mis habilidades y conocimientos en esta gratificante actividad que es la minería.*

*A mi estimado tío, el Ing. Rómulo Mucho, un hombre excepcional, muy sabio y generoso, el cual me motiva a ser un excelente profesional.*

*A la Facultad de Ingeniería de Minas, a mis profesores, compañeros y amigos que hice durante mi estadía por las aulas.*

**Miguel Angel**



## INDICE GENERAL

Pág.

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTOS**

**INDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 13**

**INTRODUCCIÓN ..... 14**

**PRIMERA PARTE..... 16**

**REPORTE DE ACTIVIDAD PROFESIONAL..... 16**

**SEGUNDA PARTE ..... 19**

**DESARROLLO DEL INFORME DE TRABAJO PROFESIONAL ..... 19**

### **CAPÍTULO I**

#### **ASPECTOS GENERALES**

**1.1 EL PROBLEMA ES ESTUDIO..... 19**

**1.2 PROBLEMA GENERAL ..... 20**

**1.3 PROBLEMAS ESPECÍFICOS ..... 20**

**1.4 OBJETIVOS INSTITUCIONALES DEL CENTRO DE TRABAJO..... 21**

**1.5 OBJETIVOS DEL ÁREA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA ..... 22**

**1.6 OBJETIVO GENERAL DE LA EVALUACIÓN ..... 22**



1.6.1	Objetivos específicos .....	22
<b>1.7</b>	<b>MÉTODOS PARA LA SOLUCIÓN DE LOS OBJETIVOS .....</b>	<b>22</b>
<b>1.8</b>	<b>PERFORACIÓN Y VOLADURA .....</b>	<b>23</b>
<b>1.9</b>	<b>PERFORACIÓN EN EL TAJO SAN GERARDO .....</b>	<b>25</b>
1.9.1	Perforación roto percutiva.....	26
1.9.2	Martillo en superficie (TH) .....	27
1.9.3	Martillo en fondo (DTH).....	29
1.9.4	Equipos de Perforación.....	32
1.9.5	Aceros de perforación .....	35
1.9.6	Parámetros de perforación.....	39
<b>1.10</b>	<b>VOLADURA EN EL TAJO SAN GERARDO.....</b>	<b>42</b>
1.10.1	Explosivos disponibles .....	43
1.10.2	Explosivos primarios.....	44
1.10.3	Explosivos secundarios.....	47
<b>1.11</b>	<b>PARÁMETROS DE VOLADURA.....</b>	<b>53</b>
1.11.1	Diseño de carga.....	54
<b>1.12</b>	<b>SIMULACIÓN DE MALLA DE VOLADURA .....</b>	<b>58</b>
<b>1.13</b>	<b>CONTROL DE TALADROS CON CONEXIÓN A LABORES SUBTERRÁNEAS.....</b>	<b>59</b>
<b>1.14</b>	<b>CONTROLES EN LA VOLADURA.....</b>	<b>62</b>
1.14.1	Protocolo de voladura .....	62
1.14.2	Radio de influencia de voladura.....	63



1.14.3 Monitoreo de vibraciones ..... 64

## CAPITULO II

### MÉTODO Y PROCEDIMIENTOS

**2.1 DESCRIPCIÓN DE LA MINA .....67**

2.1.1 Ubicación general ..... 67

2.1.2 Clima ..... 67

2.1.3 Accesibilidad ..... 68

2.1.4 Propiedad ..... 69

**2.2 GEOLOGÍA REGIONAL .....69**

**2.3 GEOLOGÍA LOCAL..... 71**

**2.4 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL..... 71**

**2.5 MINERALIZACIÓN ..... 73**

**2.6 DISEÑO OPERATIVO DEL TAJO SAN GERARDO ..... 74**

**2.7 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE MINADO DEL TAJO SAN  
GERARDO ..... 76**

2.7.1 Equipos ..... 77

## CAPITULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

**3.1 INCIDENCIA DE LAS LABORES SUBTERRÁNEAS EN LA  
PERFORACIÓN..... 79**

**3.2 INCIDENCIA DE LAS LABORES SUBTERRÁNEAS EN LA VOLADURA  
.....83**



<b>IV. CONCLUSIONES .....</b>	<b>86</b>
<b>V. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>87</b>
<b>VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>88</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>90</b>

**Área:** Ingeniería de Minas.

**Línea:** Perforación y Voladura

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 14 de enero 2020



## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Proceso de Perforación y Voladura en el Tajo San Gerardo .....	24
<b>Tabla 2.</b> Descripción de partes del Martillo DTH QL 340 .....	31
<b>Tabla 3.</b> Ventajas y limitaciones de los sistemas TH y DTH .....	31
<b>Tabla 4.</b> Datos técnicos de la DP1500i .....	33
<b>Tabla 5.</b> Datos técnicos de la FlexiROC D65 .....	34
<b>Tabla 6.</b> Datos técnicos de la DX800.....	35
<b>Tabla 7.</b> Brocas utilizadas en los equipos de perforación del TSG .....	37
<b>Tabla 8.</b> Barras y tubos utilizadas en los equipos de perforación del TSG .....	38
<b>Tabla 9.</b> Parámetros de perforación en banco en el TSG.....	39
<b>Tabla 10.</b> Disponibilidad de explosivos en el Tajo San Gerardo.....	43
<b>Tabla 11.</b> Especificaciones técnicas del Fanel CTD .....	45
<b>Tabla 12.</b> Especificaciones técnicas del Fanel Dual .....	46
<b>Tabla 13.</b> Especificaciones técnicas del Fanel LSEF (línea silenciosa) .....	47
<b>Tabla 14.</b> Especificaciones técnicas del Booster HDP-1/2 (225g) .....	48
<b>Tabla 15.</b> Especificaciones técnicas del Examon P (ANFO).....	49
<b>Tabla 16.</b> Especificaciones técnicas del SAN-G.....	50
<b>Tabla 17.</b> Especificaciones técnicas del Emulex 100 .....	52
<b>Tabla 18.</b> Extracto de datos de taladros que conectaron a labores subterráneas.....	60
<b>Tabla 19.</b> Velocidades pico recomendadas por la DIN 4150:1979 .....	65
<b>Tabla 20.</b> Parámetros de diseño del Tajo San Gerardo.....	74
<b>Tabla 21.</b> Ángulos de talud de Banco del Tajo San Gerardo.....	75
<b>Tabla 22.</b> Equipos de Perforación en el Tajo San Gerardo.....	77
<b>Tabla 23.</b> Equipos de Carguío en el Tajo San Gerardo.....	78



<b>Tabla 24.</b> Equipos de Acarreo en el Tajo San Gerardo.....	78
<b>Tabla 25.</b> Equipos Auxiliares en el Tajo San Gerardo.....	78



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Mapa de procesos de P&V en el TSG.....	25
<b>Figura 2.</b> Proceso de Perforación en el Tajo San Gerardo.....	26
<b>Figura 3.</b> Drifter hidráulico (martillo TH).....	28
<b>Figura 4.</b> Drifter hidráulico (martillo DTH).....	30
<b>Figura 5.</b> Perforadora DP1500i - Sandvik.....	32
<b>Figura 6.</b> Perforadora FlexiROC D65- Epiroc.....	33
<b>Figura 7.</b> Perforadora DX800- Sandvik.....	34
<b>Figura 8.</b> Partes de la retráctil GT60 de 5"- RG127DSR (Robit), vista lateral.....	36
<b>Figura 9.</b> Partes de la retráctil GT60 de 5"- RG127DSR (Robit), vista isométrica.....	36
<b>Figura 10.</b> Barra de perforación con acoplamiento incorporado (TH).....	37
<b>Figura 11.</b> Almacenamiento de barras de perforación.....	38
<b>Figura 12.</b> Análisis de distribución de Energía para malla cuadrada vs triangular.....	41
<b>Figura 13.</b> Parámetros de diseño de la malla de perforación en el TSG.....	42
<b>Figura 14.</b> Componentes del SAN-G.....	51
<b>Figura 15.</b> Medición de densidades en el TSG.....	52
<b>Figura 16.</b> Diseño de carga para taladros de producción.....	55
<b>Figura 17.</b> Diseño de carga para taladros de buffer.....	56
<b>Figura 18.</b> Diseño de carga para taladros de precorte.....	57
<b>Figura 19.</b> Diseño de carga para taladros con conexión a labores subterráneas.....	58
<b>Figura 20.</b> Simulación del proyecto de P&V N° 372, Banco 4222, Fase 3.....	59
<b>Figura 21.</b> Carguío con explosivos del proyecto de P&V N° 372, Bco. 4222, Fase 3..	60
<b>Figura 22.</b> Plano de perforación ejecutada con taladros con conexión.....	61
<b>Figura 23.</b> Taladros de reconocimiento de roca.....	62



<b>Figura 24.</b> Monitoreo de vibraciones de campo lejano.....	65
<b>Figura 25.</b> Event Report del monitoreo de vibraciones .....	66
<b>Figura 26.</b> Plano de monitoreo de vibraciones .....	66
<b>Figura 27.</b> Ruta de Lima a la Mina Atacocha .....	68
<b>Figura 28.</b> Ubicación y accesibilidad al Tajo San Gerardo - UMA.....	69
<b>Figura 29.</b> Geología Distrital de UMA, Atacocha -El Porvenir .....	71
<b>Figura 30.</b> Sectorización por fases de minado del TSG.....	75
<b>Figura 31.</b> Parámetros de ángulo de reposo TSG .....	76
<b>Figura 32.</b> Ruta de transporte de mineral desde el TSG a la planta concentradora.....	77
<b>Figura 33.</b> Levantamiento topográfico de las labores subterráneas en el TSG .....	79
<b>Figura 34.</b> Configuración típica de taladros que conectaron a labores subterráneas .....	80
<b>Figura 35.</b> Tiempo de perforación de taladros en roca y relleno .....	81
<b>Figura 36.</b> Tiempos de perforación por taladro en condiciones normales de roca .....	81
<b>Figura 37.</b> Tiempos de perforación por taladro en condiciones de relleno .....	82
<b>Figura 38.</b> Consumo de brocas de perforación .....	82
<b>Figura 39.</b> Carguío de taladros con conexión a vacío.....	84
<b>Figura 40.</b> Volumen fragmentado por frente .....	85



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

<b>TDC</b>	: Costo total de perforación
<b>P&amp;V</b>	: Perforación y voladura
<b>KPIs</b>	: Key performance indicators (indicadores claves de desempeño)
<b>CMA</b>	: Compañía Minera Atacocha S.A.A.
<b>PVX</b>	: Pevoex Contratistas S.A.C.
<b>IPERC</b>	: Identificación de peligros y la evaluación de riesgos y controles
<b>PETAR</b>	: Permiso escrito para trabajos de alto riesgo
<b>TH</b>	: Top hammer (martillo en superficie)
<b>DTH</b>	: Down the hole (martillo de fondo)
<b>SAN-G</b>	: Solución acuosa de nitrato gasificable
<b>AWS</b>	: Cantidad absoluta de energía medida en Kcal/Kg de explosivo
<b>RWS</b>	: Energía relativa por unidad de peso
<b>RBS</b>	: Energía relativa por unidad de volumen
<b>COM</b>	: Certificado de operación minera
<b>VPP</b>	: Velocidad pico partícula
<b>ID</b>	: Código del taladro
<b>PRD</b>	: Taladro de producción
<b>PC</b>	: Taladro de precorte
<b>BF</b>	: Taladro de buffer (amortiguamiento)
<b>DIN</b>	: Deutsches Institut für Normung (instituto de normalización alemana)
<b>TSG</b>	: Tajo San Gerardo



## RESUMEN

Pevoex Contratistas S.A.C. es una empresa especializada en perforación, voladura y movimiento de tierras que actualmente está prestando el servicio de minado en el Tajo San Gerardo, en la Unidad Minera de Atacocha, dicho yacimiento en la antigüedad fue explotado por el método subterráneo, que posteriormente paso a un método de explotación a Tajo Abierto que cuenta con labores subterráneas para el movimiento de mineral (López, 1994).

En los primeros bancos la condición de puntos de conexión a labores subterráneas no representaba mayor inconveniente en los trabajos de perforación y voladura, ya que su presencia era incipiente, el problema surge cuando a medida que se profundizaba la operación, la presencia de puntos de conexión a labores subterráneas se incrementó y generó una condición perjudicial para los trabajos de perforación y voladura, que por ser labores subterráneas antiguas, no se contaba con información suficiente para su detección y su posterior plan de trabajo bajo esas condiciones.

El rendimiento de la perforación bajo, incrementándose el costo total de perforación (TDC) en un 10% en promedio, donde se presentaba la condición de puntos de conexión a labores subterráneas, la condición de relleno es la que se presentaba en su gran mayoría, producto de labores antiguas rellenadas y en una menor proporción conexiones a vacíos que implicaban un alto riesgo para los equipos y sobre todo para el personal de piso. Al momento de realizar el carguío de taladros con explosivos para la voladura, la presencia de relleno y/o vacío generaba una condición de riesgo, generación de malos pisos, además de bolonería que perjudicaba el rendimiento en el carguío y el acarreo de los materiales.

**Palabras clave:** Puntos de conexión a labores subterráneas, relleno, vacío.



## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo es por modalidad de Informe de Experiencia Profesional titulado “Labores subterráneas y su incidencia en la Perforación y Voladura del Tajo San Gerardo, Atacocha 2019”, y tiene la finalidad de generar conocimiento sobre las principales implicancias que generan los puntos de conexión a labores subterráneas en las operaciones de perforación y voladura de la empresa Pevoex Contratistas S.A.C., en el Tajo San Gerardo, ubicado en Atacocha, Cerro de Pasco.

El presente informe se divide en dos partes, en la primera parte se realiza una descripción laboral de los últimos tres años de carrera profesional. La segunda parte del informe constituye el planteamiento del problema de estudio, una descripción general de la operación de minado, el dimensionamiento de flota y principalmente de los equipos y aceros de perforación.

Una vez planteado el problema del estudio y su metodología de solución se dará paso al procesamiento de la información, el cual estará basado en los reportes de perforación que arrojarán datos de los principales parámetros de perforación, se usará métodos estadísticos para obtener datos cercanos a la realidad y con un bajo margen de error. En el caso de voladura se procesará la data obtenida por los reportes de voladura, en ambos casos se realizará un match de resultados, aprovechando que se está minando la fase de la ampliación cuya huella se encuentra fuera de la presencia de labores subterráneas, donde las condiciones del macizo rocoso son diferentes a las del Tajo.

El periodo definido del estudio corresponde a datos obtenidos durante el año 2019, el espacio del estudio se limita a las operaciones de minado en el Tajo San Gerardo, se tomará como variables de estudio a las operaciones de perforación y voladura como única variable dependiente, dentro de esta variable se definirán los parámetros relevantes que



se ven afectos por la variable dependiente, previo a ello se realiza una descripción de todas las variables y componentes que están involucrados. Los puntos de conexión a labores subterráneas como se define como variable independiente, de la misma forma se realiza una descripción de la variable, poniendo énfasis en la incidencia directa a la variable dependiente.

Finalmente se muestra los resultados obtenidos por el análisis de las variables y su respectivo match bajo condiciones distintas. En las conclusiones se muestra la solución al problema en estudio, adicional a ello se da las recomendaciones para una mejora continua en el proceso de perforación y voladura.

El presente informe realizado da experiencia y conocimiento técnico sobre los trabajos de perforación y voladura bajo condiciones adversas, en este caso condiciones de labores subterráneas, en la actualidad se viene dando casos, donde operaciones mineras con un método de explotación definido, migran a otro método de explotación, de underground a open pit, o de open pit a underground, o se convierten en operaciones mixtas, esto constituye una serie de desafíos, ya que las condiciones de operación cambian.



## PRIMERA PARTE

### REPORTE DE ACTIVIDAD PROFESIONAL

CENTRO DE TRABAJO : Tajo San Gerardo - Compañía Minera Atacocha S.A.A.  
EMPLEADOR : Pevoex Contratistas S.A.C.  
CARGO DESEMPEÑADO : Jefe de Perforación y Voladura  
PERIODO : Marzo 2016 a Octubre 2019

#### Funciones y responsabilidades:

- Participar activamente en el desarrollo del Plan de Operaciones de la Mina, así como de las revisiones y actualizaciones periódicas del mismo.
- Ejecutar, controlar y evaluar el plan de operaciones de perforación y voladura, así como de su presupuesto, de acuerdo a lo convenido con el cliente.

#### Perforación:

- Diseñar los parámetros de perforación por tipo de roca, dosificación de carga explosiva en los taladros y análisis de eficiencias y rendimientos de perforación y voladura.
- Administrar y controlar el marcado de la malla de perforación.
- Administrar y controlar los equipos de perforación de acuerdo a los planes de trabajo.
- Administrar y controlar los requerimientos, los consumos de aceros en perforación, el mantenimiento programado de los equipos, entre otros, para asegurar los trabajos de perforación.
- Aprobar los reportes diarios de perforación.

#### Voladura



- Diseñar los parámetros de voladura de acuerdo al alcance del contrato y al análisis de la zona de trabajo.
- Elaborar y presentar al cliente el protocolo de voladura de acuerdo al diseño optimizado para su aprobación correspondiente.
- Coordinar y dirigir la reunión para el plan de ejecución de trabajo.
- Administrar y controlar los recursos, materiales (polvorín) e insumos para las voladuras.
- Verificar la calidad de los tipos de explosivos, accesorios de voladura.
- Implementar nuevas técnicas de voladura para lograr una mayor eficiencia y reducción de costos.
- Velar por la seguridad en las labores del proyecto.
- Administrar y controlar el uso adecuado de los tipos de explosivos, según la calidad del macizo rocoso de cada labor.

#### Administrativos

- Planificar y programar el abastecimiento de los materiales explosivos y accesorios de voladura.
- Llevar el control de saldos y consumos de explosivos y accesorios de voladura.
- Presentar los Informes por evento de voladura el mismo día al Jefe de Operaciones con copia al Jefe de Proyecto.
- Administrar y controlar los costos operativos de las operaciones de perforaciones y voladuras.
- Administrar y controlar los indicadores de gestión (KPIs) de los trabajos de perforación y voladura.



- Administrar y controlar los procedimientos para la correcta operación de los trabajos de perforación y voladura, proponiendo medidas más convenientes para su mejora.
- Supervisar, motivar, capacitar y realizar labores de coaching al personal a su cargo.
- Evaluar permanentemente el desempeño del personal a su cargo.
- Realizar las acciones de control interno preventivo y recurrente en las funciones y responsabilidades a su cargo.
- Proponer e implementar acciones de mejora en el puesto y el área.
- Cumplir y aplicar la Política y Objetivos del Sistema Integrado de Gestión y las normas legales relacionadas a los aspectos laborales, de seguridad y salud en el trabajo, ambiental, calidad y responsabilidad social.
- Conocer y tomar conciencia sobre los peligros, riesgos y aspectos ambientales e impactos asociados a sus actividades y los controles operacionales a aplicar y su protección a su seguridad y el beneficio a su seguridad y al medio ambiente.
- Respetar, cumplir y asegurar la aplicación del Reglamento Interno de Trabajo, Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo, Código de ética, manual de funciones, procedimientos y políticas internas vigentes emitidas por la empresa, para el mejor desempeño de sus funciones.
- Otras funciones asociadas a los procesos del área y/o a lo indicado por la persona a la que reporta inmediato.

Logros:

- Optimización en costos de perforación y voladura.
- Cero accidentes laborales en el área de perforación y voladura.



# SEGUNDA PARTE

## DESARROLLO DEL INFORME DE TRABAJO

### PROFESIONAL

#### CAPÍTULO I

##### ASPECTOS GENERALES

#### 1.1 EL PROBLEMA ES ESTUDIO

En diciembre del 2015, Pevoex Contratistas S.A.C. empresa especializada hasta ese entonces en perforación y voladura, se adjudicó la licitación del servicio de “Explotación del Glory Hole San Gerardo”, el cual viene ejecutando hasta la fecha, pero ya con la denominación de Tajo San Gerardo por los permisos obtenidos. Las partidas incluyen perforación, carguío y acarreo de materiales (desmonte-mineral), además se tiene una partida adicional de trabajos auxiliares para mantenimiento de vías, empuje de material en el tajo y botaderos, entre otros, por lo anteriormente dicho podemos afirmar que la empresa lleva completamente la operación de minado del Tajo.

El yacimiento polimetálico San Gerardo estaba siendo explotado utilizando el método subterráneo corte y relleno ascendente, y como parte de la ampliación de sus operaciones, Compañía Minera Atacocha incremento su producción, se diseñó y se puso en marcha el método de minado Glory Hole y posteriormente se llevó a una operación a tajo abierto donde se incrementó el material a explotarse y se generó mayor cantidad de desmonte, para lo que se dispuso la construcción de un depósito de desmonte que se ubica al pie de la presa de relaves de Atacocha, cuya capacidad de almacenamiento en su primera etapa será de 1.5 MM m<sup>3</sup> y posteriormente llegara a 11 MM m<sup>3</sup>, las distancias de acarreo del material estéril del proyecto a la zona de descarga será de 2.5 a 3.5 km.



En la actualidad existen muchas operaciones mineras que han pasado de minería subterránea a minería a tajo abierto, con la finalidad de poder incrementar la producción de mineral, esto trae consigo el gran riesgo que es trabajar sobre labores subterráneas antiguas reconocidas o no reconocidas, una de las actividades es minimizar los riesgos asociados a la interacción tajo abierto-labores subterráneas antiguas, garantizando una operación segura para personas y equipos.

Durante el periodo de evaluación de las actividades de perforación y voladura se identificó deficiencias en el rendimiento de la perforación, incremento de costes de aceros de perforación, fragmentación de roca inadecuada, en algunos casos material fino, y en otros con presencia de bolonería, y todos estos resultados eran producto de las condiciones de terreno, presencia de puntos de conexión a labores subterráneas.

Después del planteamiento del problema, y definir la metodología de evaluación se genera la siguiente interrogante:

¿Cuál es la incidencia de las labores subterráneas en las operaciones de perforación y voladura en el Tajo San Gerardo?

## **1.2 PROBLEMA GENERAL**

¿Cuál es la incidencia de las labores subterráneas en las operaciones de perforación y voladura en el Tajo San Gerardo?

## **1.3 PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- a. ¿Como afecta en la perforación la presencia de puntos de conexión a labores subterráneas?
- b. ¿Cómo afecta en la voladura la presencia de puntos de conexión a labores subterráneas?



#### **1.4 OBJETIVOS INSTITUCIONALES DEL CENTRO DE TRABAJO**

Pevoex Contratistas S.A.C. es una empresa peruana con experiencia en realizar servicios para la construcción de infraestructura en minería y obras civiles, especializada en tecnología de explosivos, perforación, voladura de rocas, movimiento de tierras, logística integral; además de ser expertos en recrecimiento de presa de relaves mineros. Pevoex opera como contratistas directos, en consorcio o integrando un equipo en marcha; tanto en proyecto de corto, mediano y largo plazo, enfocados en los requerimientos de cada cliente.

Pevoex Contratistas S.A.C. mejora continuamente su sistema integrado de gestión y se compromete a:

- Cumplir la legislación vigente y los compromisos suscritos voluntariamente relacionados a calidad, seguridad, salud ocupacional, medio ambiente y responsabilidad social en todos nuestros ámbitos de trabajo.
- Prevenir lesiones y enfermedades ocupacionales en nuestros trabajadores bajo control, asegurando la ejecución de trabajos con riesgos controlados.
- Proteger el medio ambiente y prevenir la contaminación controlando los impactos ambientales.
- Consultar y lograr la participación activa de nuestros trabajadores para mejorar continuamente la eficacia y el desempeño del Sistema Integrado de Gestión.
- Determinar y hacer seguimiento a los requisitos de las partes interesadas en relación a las actividades que desarrolla la organización en su ámbito de acción.
- Satisfacer al cliente a través de cumplimiento de los requisitos aplicables.
- Ejecutar permanentemente programas de capacitación, entrenamiento y sensibilización en seguridad, salud ocupacional, calidad y gestión ambiental, mejorando las competencias laborales de nuestros trabajadores.



- Desarrollar y mantener una Cultura de Responsabilidad Social, que involucre a todos nuestros trabajadores y socios estratégicos, conscientes de la necesidad de un desarrollo armónico y en equilibrio con nuestro entorno.

## **1.5 OBJETIVOS DEL ÁREA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA**

Revisión, Control y Supervisión de los procesos de perforación y voladura, de acuerdo a la Planificación y el contrato con el cliente, cumpliendo los estándares y políticas de calidad, medio ambiente y seguridad y salud establecidas en el sistema integrado de gestión.

## **1.6 OBJETIVO GENERAL DE LA EVALUACIÓN**

Determinar la incidencia de los puntos de conexión a labores subterráneas en las operaciones de perforación y voladura en el Tajo San Gerardo.

### **1.6.1 Objetivos específicos**

- a) Determinar la incidencia de los puntos de conexión a labores subterráneas en la perforación.
- b) Determinar la incidencia de los puntos de conexión a labores subterráneas en la voladura.

## **1.7 MÉTODOS PARA LA SOLUCIÓN DE LOS OBJETIVOS**

El presente informe dará a conocer la incidencia de los puntos de conexión a labores subterráneas en las operaciones de perforación y voladura en el Tajo San Gerardo, revisando cada operación de forma individual, así como los parámetros relevantes y todos los recursos utilizados para obtener una óptima fragmentación del material, minimizando el riesgo de caída a distinto nivel en personas y equipos.



## 1.8 PERFORACIÓN Y VOLADURA

En la Tabla 1 se muestra las actividades que realiza el área de Pervol en el Tajo San Gerardo, donde el responsable es el Jefe de Pervol y el producto final es el volumen de material fragmentado (desmonte y mineral).

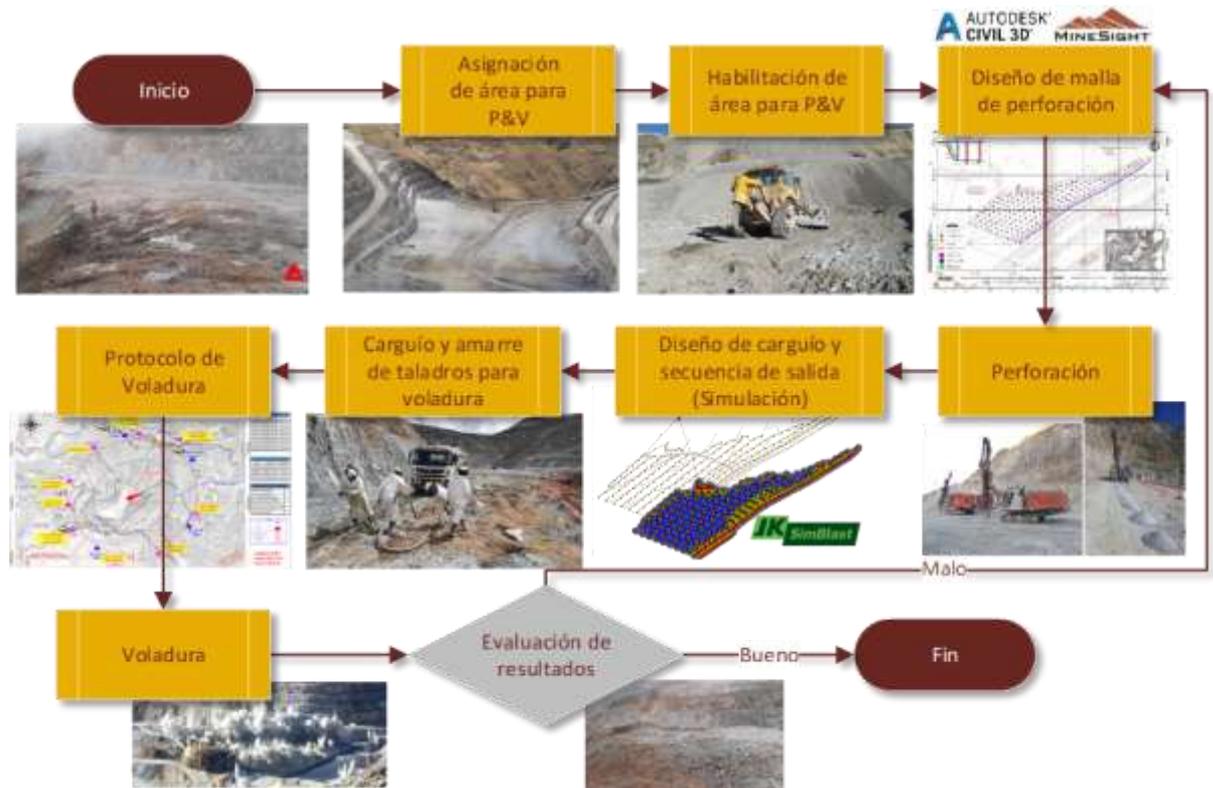
**Tabla 1.** Proceso de Perforación y Voladura en el Tajo San Gerardo

N°	Proveedor (Interno/ Externo)	Entrada	Subproceso / Actividades	Salida	Cliente (Interno/ Externo)
1	Geología CMA Pervol PVX Operaciones CMA y PVX Geotécnia CMA Planeamiento CMA y PVX	Reunión semanal de planeamiento	Asignación y secuencia de áreas para P&V	Áreas permitidas para proyectos de P&V	Geología CMA Operaciones CMA PVX Pervol PVX
2	Planeamiento PVX Geotécnia CMA	Zonificación geomecánica de las áreas asignadas para P&V	Diseño de malla de perforación	Plano de diseño de malla para perforación	Geología CMA Operaciones CMA PVX Geotécnia CMA Planeamiento CMA y PVX Pervol PVX
3	Operaciones PVX	Coordinación con operaciones para la habilitación de la plataforma	Habilitación de plataforma para P&V	Plataforma habilitada para P&V	Pervol PVX
4	Topografía PVX Pervol PVX Geotecnia CMA	Plano de malla de perforación Marcación de los taladros Orden de trabajo Preuso de perforadora IPERC continuo Plano de riesgo de caída de rocas y comunicación de labores subterráneas PETAR	Perforación	Taladros perforados Reporte de perforación	Pervol PVX Oficina Técnica PVX Geología CMA
5	Topografía PVX Pervol PVX	Levantamiento de la malla de perforación ejecutada	Protocolo de Voladura	Cantidad de explosivos que se va a requerir, diseño de malla de voladura, diseño de carga, plano de radio de influencia de voladura.	Pervol PVX Operaciones CMA y PVX Geotécnia CMA Planeamiento CMA SSOMA CMA y PVX RRCC CMA
6	Pervol PVX Operaciones CMA	Diseño de malla de voladura Diseño de carga Autorización de salida de explosivos	Solicitud de Explosivos y Accesorios	Salida de explosivos y accesorios	Pervol PVX
7	Pervol PVX Operaciones CMA	Vale de salida de explosivos Carnet SUCAMEC Orden de trabajo Preuso de camioneta IPERC continuo	Transporte de explosivos y accesorios	Explosivos y accesorios en el área carguío	Pervol PVX
8	Pervol PVX Operaciones CMA	Diseño de malla de voladura Diseño de carga Orden de trabajo Carnet Sucamec IPERC continuo Plano de riesgo de caída de rocas y comunicación de labores subterráneas PETAR	Carguío y amarre de taladros para voladura	Proyecto de P&V cargado con explosivos	Pervol PVX
9	Pervol PVX Operaciones CMA y PVX Mantenimiento PVX SSOMA PVX	Plano de radio de influencia Reunión LINE UP Vigías de voladura PETAR Carnet Sucamec IPERC continuo	Voladura del proyecto	Material fragmentado *En caso de tiros cortados se ejecutara el procedimiento de tiros cortados	Geología CMA Operaciones CMA y PVX Geotécnia CMA Planeamiento CMA y PVX
10	Pervol PVX	Carnet Sucamec Preuso de camioneta IPERC continuo	Devolución de remante	Internamiento de remanente en el polvorin	CMA

Fuente: Sistemas Integrados de Gestión (SIG), Pevoex S.A.C., 2019.

Podemos observar claramente todos los subprocesos involucrados para obtener el material fragmentado, además de las áreas involucradas tanto al inicio de la actividad como al final y los resultados obtenidos para actividad sin dejar de lado los recursos

necesarios para cumplir con la actividad. En la Figura 1 se muestra el mapa de procesos de las operaciones de perforación y voladura en el Tajo San Gerardo.

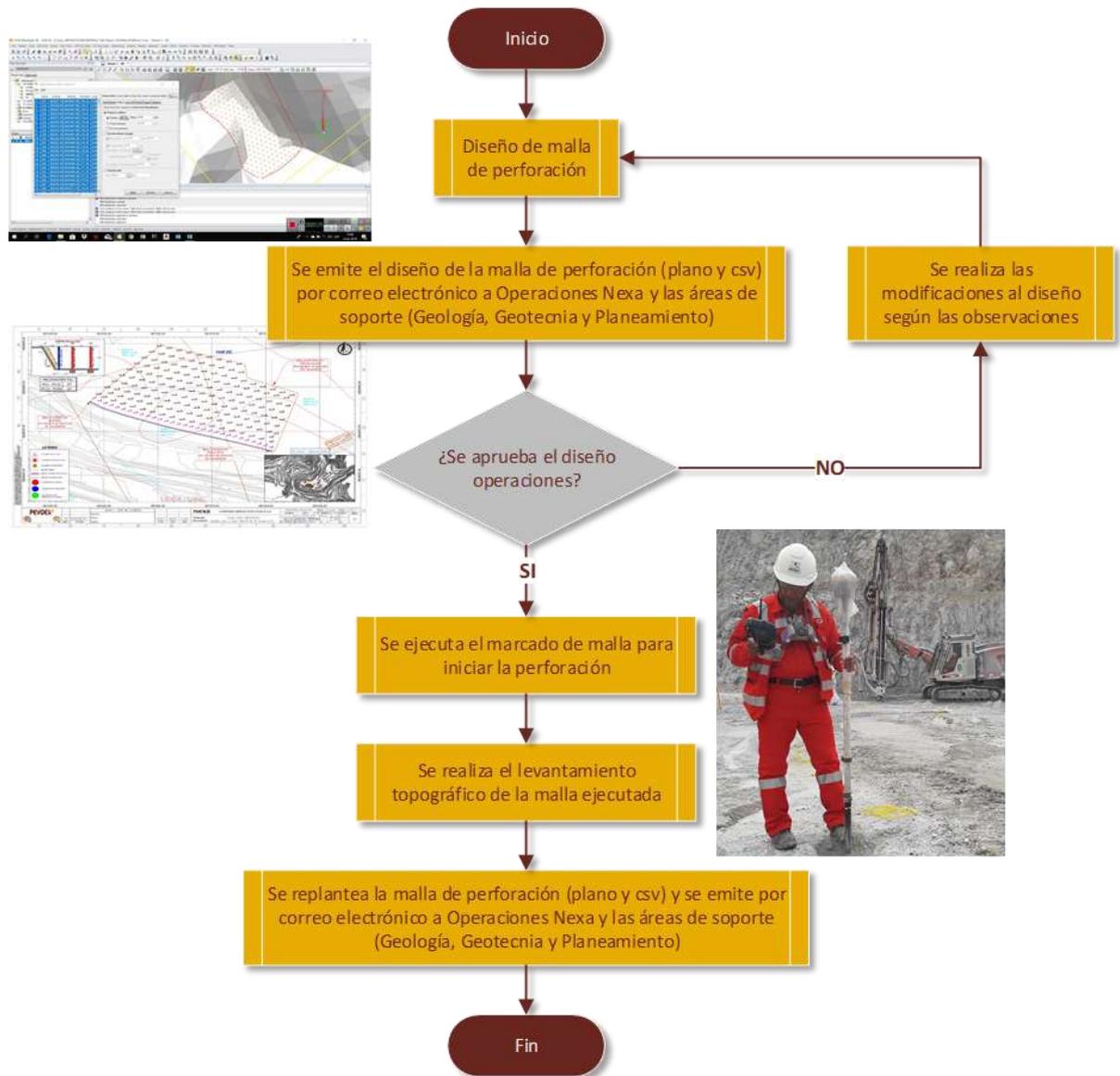


**Figura 1.** Mapa de procesos de P&V en el TSG  
Fuente: Pervol, Pevoex S.A.C., 2019.

## 1.9 PERFORACIÓN EN EL TAJO SAN GERARDO

La perforación en el Tajo San Gerardo inicia con el planeamiento semanal, donde se asignan las áreas para perforación y voladura, se coordina con el área operativa para realizar la habilitación de la plataforma asignada, y si la plataforma es contigua al talud final de diseño se coordina con el área de geotecnia para la evaluación del talud y si hubiese alguna observación como bancos sueltos, toes fuera de diseños, se realiza el perfilado del talud con una excavadora y si fuera necesario con un martillo hidraulico, posterior a los correctivos se procede a liberar el talud e iniciar con la perforación, previo

a ello se realiza el diseño de la malla con los parámetros establecidos, el proceso se muestra en la Figura 2.



**Figura 2.** Proceso de Perforación en el Tajo San Gerardo  
Fuente: Pervol, Pevoex S.A.C., 2019.

### 1.9.1 Perforación roto percusiva

La perforación roto percusiva es el sistema más clásico de perforación de taladros, este sistema funciona con aire comprimido y el principio de perforación de estos equipos se basa en el impacto de una pieza de acero (pistón) que golpea a un útil que a su vez



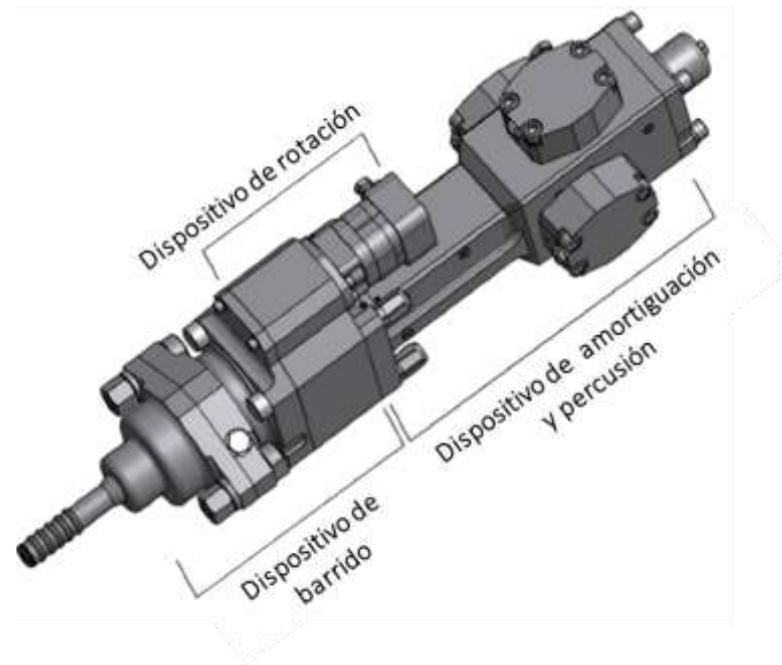
transmite la energía al fondo del barreno por medio de un elemento final (broca). Los equipos roto percutivos se clasifican en dos grandes grupos, según la postura del martillo (López, 2003).

### **1.9.2 Martillo en superficie (TH)**

Las perforadoras de superficie son las más usadas y se llaman así debido a que el martillo de perforación trabaja sobre la superficie del terreno y la columna o sarta de barras se instala entre este y la broca de perforación (Mucho, 2013), una de sus ventajas es el bajo peso de los montajes de sus aceros o herramientas, la rotación y percusión se producen fuera del taladro, en este sistema de perforación la energía de impacto transmitida por el martillo a través de las barras de extensión debe ser utilizada al máximo de tal manera que la fuerza de avance sea de constante razón, por la cual el equipo de perforación debe estar firmemente posicionado al piso.

Dentro de las desventajas de las perforadoras de superficie están la limitación de las longitudes de los taladros, por el rango de diámetros y profundidades que pueden cubrir, por ejemplo, en taladros de 100 m. de profundidad la energía que se pierde en la sarta de barras reduce severamente la penetración, el problema de la desviación del taladro puede llegar a su punto más crítico perforando en seco, la limpieza o barrido puede tornarse muy difícil.

El ruido es otra desventaja de las perforadoras de superficie, por el hecho de estar prácticamente a la altura del oído del perforista hace que el nivel de ruidos sobrepase los límites permitidos. El acero de perforación constituye otra desventaja, puesto que a través de ellos se debe transmitir y absorber toda la energía de impacto a la herramienta de perforación, exponiéndolas a una gran concentración de tensiones y esfuerzos por lo que el costo del acero en los casos de taladros profundos puede ser muy alto debido a que un alto porcentaje de esta energía no llega a la herramienta de corte.



**Figura 3.** Drifter hidráulico (martillo TH)  
Fuente: Mantenimiento, Pevoex S.A.C., 2019.

### 1.9.2.1 Parámetros de perforación (TH)

Cuando se perfora con martillo en superficie, existen cuatro factores importantes a tener en cuenta: percusión, avance, barrido y rotación. Los cuatro han de estar correctamente ajustados, dependiendo del tipo de terreno a perforar para no causar un desgaste prematuro de los aceros de perforación.

- Percusión

Una presión de percusión alta producirá rotura de botones, barras y adaptadores. Una percusión baja producirá poco rendimiento y desgaste excesivo de los botones de la broca.

- Avance

Una presión de avance elevada producirá desviación del taladro, problemas en el desacoplamiento de los aceros, “arqueo” de los aceros de perforación, por lo tanto,

roturas, barrido pobre. Una presión de avance baja producirá pérdida de botones, poco avance, desgaste en las roscas por desacoplamiento durante la perforación.

- Rotación

Una rotación elevada producirá un avance pobre, excesivo desgaste de la broca, problemas de desacoplamiento. Una rotación baja producirá poco avance.

Cálculo de la rotación:

$$Rpm = \frac{\text{Impactos por minuto} \times \text{diámetro del botón (mm)}}{\text{Diámetro de la broca} \times 3.14}$$

- Barrido

Una elevada presión de barrido producirá pérdida innecesaria de energía, por lo que aumentará el consumo de combustible. Una reducida presión de barrido producirá bajo rendimiento, excesivo desgaste de la broca y salto del varillaje.

### 1.9.3 Martillo en fondo (DTH)

Este sistema trabaja en la parte inferior de una columna de perforación y su principal característica es que actúa directamente sobre la roca que debe perforar, esto hace que la eficiencia de trabajo sea mucho mayor ya que a diferencia del sistema de perforación de superficie la energía perdida entre la columna y la herramienta de trabajo se mantiene en un mínimo constante (CivilTech, 2018).

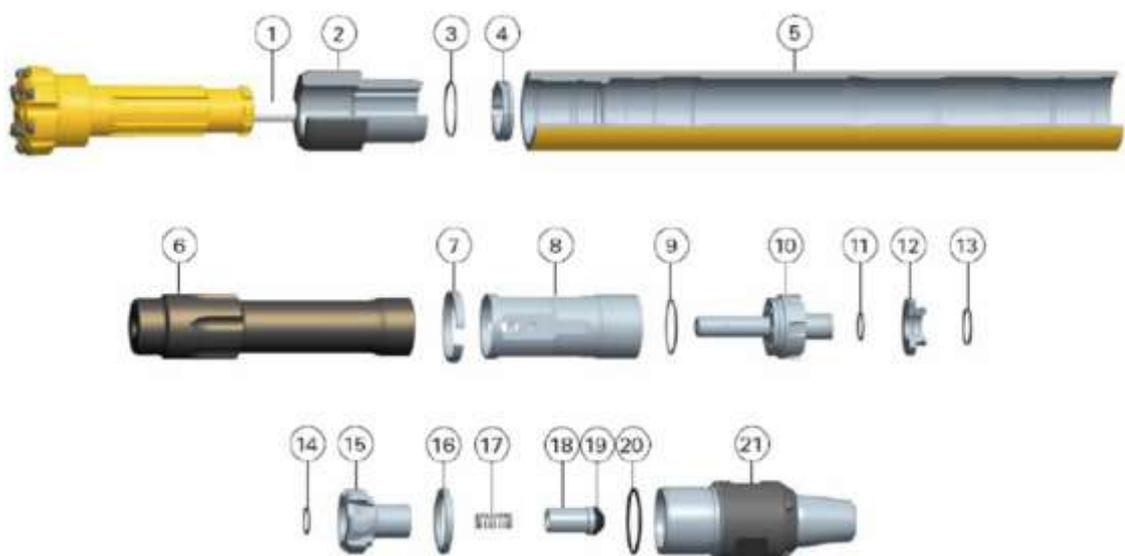
Otra ventaja de este sistema es la limpieza de los taladros sobre todo en terrenos secos, esto producto del mínimo espacio anular que existe entre las barras y la herramienta de corte hacen que la velocidad de barrido sea muy buena aprovechando el aire de escape

del martillo de perforación. El bajo ruido existente es otra ventaja debido a que la percusión del martillo y el escape de los ruidos se efectúan en el fondo del pozo.

Entre sus desventajas está el riesgo de operar un equipo neumático debajo de la superficie, si por accidente o por derrumbe del pozo cae material hacia el fondo se formará un anillo de obstrucción que evitará y/o dificultará la remoción y extracción del material removido, en algunas ocasiones esto es hasta imposible con la consiguiente pérdida del martillo de perforación con herramienta incluida y parte de la columna de perforación.

Como principal recomendación se sugiere que si la cantidad de agua bajo la superficie es mucha se formará barro demasiado pesado que pondrá en riesgo la operación por la dificultad de la limpieza del pozo, de la misma forma no se recomienda este sistema para zonas blandas ni de durezas variables.

Las principales recomendaciones a tener en cuenta en la planificación de la perforación con martillo de fondo son las siguientes:



**Figura 4.** Drifter hidráulico (martillo DTH)  
Fuente: Mantenimiento, Pevoex S.A.C., 2019.

En la Tabla 2 se describen las partes del martillo de fondo DTH QL 340 de marca Epiroc que se utiliza en la perforadora FlexiROC D65.

**Tabla 2.** Descripción de partes del Martillo DTH QL 340

Ref	Part	Ref	Part
1	Exhaust tube	11	Valve
2	Chuck	12	O-ring (outer valve)
3	O-ring (bit retaining ring)	13	O-ring (valve cap)
4	Casing	14	Valve cap
5	Piston	15	Shim
6	Cylinder retaining ring	16	Spring
7	Culinder	17	Check valve
8	O-ring (distributor)	18	Check valve cap
9	Distributor	19	O-ring backhead
10	O-ring (inner valve)	20	Backhead 2 3/8" API Red Pin

Fuente: Epiroc Perú S.A.

A continuación, se muestra la Tabla 3 donde se muestra las ventajas y limitaciones de cada sistema de perforación y la comparación entre ambos.

**Tabla 3.** Ventajas y limitaciones de los sistemas TH y DTH

Tipo	Ventajas	Limitaciones	Uso
TH	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rápido en rocas competentes</li> <li>- Ligeras</li> <li>- Diseño compacto</li> <li>- Gran versatilidad</li> <li>- Bajo mantenimiento</li> <li>- Fácil transporte</li> <li>- Poco empuje sobre la broca por lo que se reduce la velocidad de rotación</li> <li>- Costo reducido por metro perforado</li> <li>- Diámetros &lt;= a 125 mm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Presión máxima del aire comprimido 8 bar</li> <li>- En taladros con diámetros grandes, gran pérdida de energía</li> <li>- Área de trabajo del pistón grande</li> <li>- Efecto de colmatación en formaciones atravesadas</li> <li>- Longitud de taladro menor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perforación de taladros</li> <li>• Construcción de superficie</li> <li>• Canteras</li> <li>• Ingeniería civil</li> <li>• Eficientes en canteras de áridos y caliza</li> </ul>
DTH	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor área de trabajo del pistón</li> <li>• Requiere poco peso sobre la broca (1000 - 3000 kg)</li> <li>• NO precisa barras de carga</li> <li>• Mayor precisión de aire comprimido (hasta 25 bar)</li> <li>• Gran velocidad de avance</li> <li>• Menor ruido</li> <li>• Menor fatiga en la sarta</li> <li>• Menores desviaciones</li> <li>• Diámetros entre 80 - 200 mm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diámetros más limitados (a partir de 80 mm)</li> <li>• Equipo más pesado</li> <li>• Velocidad de rotación constante per más baja</li> <li>• Costes de adquisición mayores</li> <li>• No es adecuada para terrenos poco consolidados</li> <li>• Poco eficientes para diámetros &lt;= 80 mm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perforación de taladros</li> <li>• Construcción de superficie</li> <li>• Canteras</li> <li>• Ingeniería civil</li> <li>• Adecuada para terrenos muy duros</li> </ul>

Fuente: Evaluación de los parámetros de perforación en barrenos y correlación con la geología del terreno, González, D. (2016).

## 1.9.4 Equipos de Perforación

### 1.9.4.1 DP1500i (TH) - Sandvik

La perforadora hidráulica DP1500i es un equipo de perforación con martillo en superficie autopropulsado, diésel e hidráulico, ideal para la perforación de producción o precorte en explotaciones grandes o minas a cielo abierto y sitios de construcción. Ofrece la más alta potencia de su clase para velocidad de penetración mejoradas y produce una variedad de información de perforación, incluida la condición de la perforadora y el trabajo realizado. Permite perforar taladros con un diámetro de 89 a 152 milímetros (de 3 ½ a 6 pulgadas).



**Figura 5.** Perforadora DP1500i - Sandvik  
Fuente: Mantenimiento, Pevoex S.A.C., 2019.

En las operaciones de minado del Tajo San Gerardo, la perforadora DP1500i cumple la función de perforar taladros de producción, con un diámetro de broca de 5

pulgadas, aunque ocasionalmente por temas de exigencia de la operación el equipo también perfora taladros de buffer y precorte con diámetros de broca de 4 pulgadas, en la Tabla 04 se puede apreciar los datos técnicos relevantes del equipo.

**Tabla 4.** Datos técnicos de la DP1500i

Datos Técnicos	Parámetros
Marca	Sandvik
Dimensión (L-W-H)	15.5 x 2.5 x 3.2 m
Varilla de perforación / diámetro del tubo	51, 60, 87 mm / 2", 2 3/8", 3 1/2"
Potencia	261 kw / 360 hp / 1800 rpm
Diámetro de taladro	89 - 152 mm (3 1/2" - 6")
Peso	21,800 Kg
Motor	Caterpillar
Certificado	ROPS and FOPS

Fuente: Mantenimiento, Pevoex S.A.C., 2019.

#### 1.9.4.2 FlexiROC D65 (DTH) - Epiroc

La perforadora hidráulica FlexiROC D65 con martillo en fondo (DTH) está diseñada para minería y grandes canteras, la perforadora realiza taladros rectos y lisos con mucho aire para mantener el taladro limpio para una carga fácil.



**Figura 6.** Perforadora FlexiROC D65- Epiroc  
Fuente: Mantenimiento, Pevoex S.A.C., 2019.

En las operaciones de minado del Tajo San Gerardo, la perforadora FlexiROC D65 cumple la función de perforar taladros de producción, con un diámetro de broca de 5 pulgadas, en la Tabla 05 se puede apreciar los datos técnicos relevantes del equipo.

**Tabla 5.** Datos técnicos de la FlexiROC D65

Datos Técnicos	Parámetros
Marca	Epiroc
Dimensión (L-W-H)	11.6 x 2.5 x 3.5 m
Varilla de perforación / diámetro del tubo	89-114 mm (3.5"- 4.5")
Potencia	1800rpm 402 kW (539 HP)
Diámetro de taladro	110 - 203 mm (4.31" - 8")
Peso	26,600 Kg
Motor	Caterpillar
Certificado	ROPS and FOPS

Fuente: Mantenimiento, Pevoex S.A.C., 2019.

#### 1.9.4.3 DX800 (TH) - Sandvik

La perforadora DX800 es un equipo de perforación hidráulico autopropulsado, con motor diésel y martillo en superficie desarrollado para realizar taladros de precorte y producción en perforación de superficie. El equipo autocontenido montado sobre oruga tiene una superestructura giratoria, una estabilidad incomparable y una capacidad de perforar taladros con un diámetro de 76 a 127 milímetros (3 a 5 pulgadas).



**Figura 7.** Perforadora DX800- Sandvik  
Fuente: Mantenimiento, Pevoex S.A.C., 2019.

En las operaciones de minado del Tajo San Gerardo, la perforadora DX800 cumple la función de perforar taladros de precorte, buffer, taladros de producción de corte bajo como en rampas, con un diámetro de broca de 4 pulgadas, en la Tabla 06 se puede apreciar los datos técnicos relevantes del equipo.

**Tabla 6.** Datos técnicos de la DX800

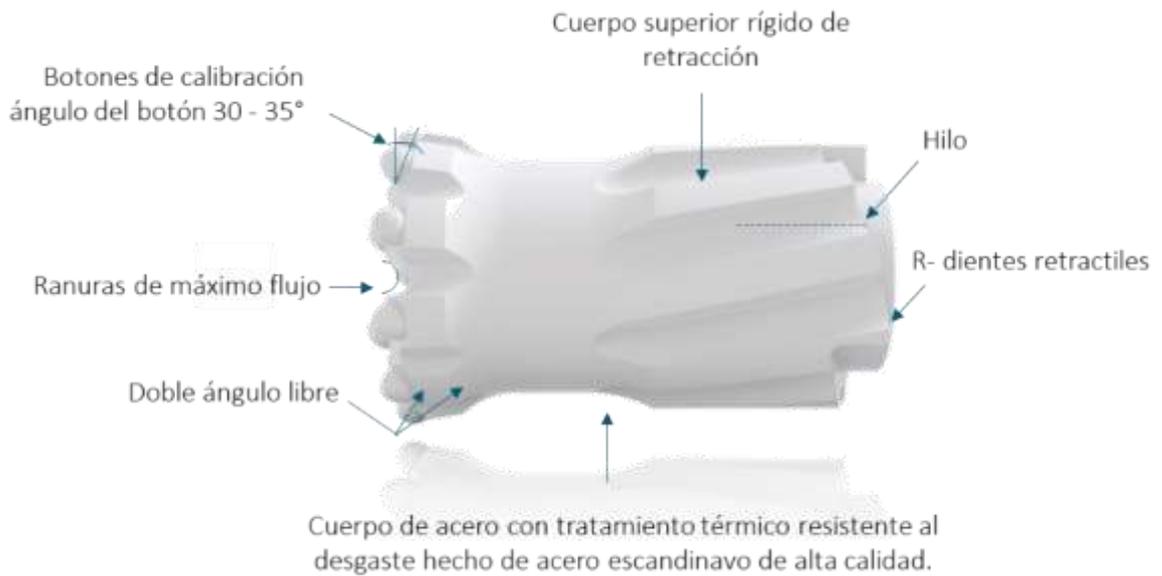
Datos Técnicos	Parámetros
Marca	Sandvik
Dimensión (L-W-H)	11.3 x 2.45 x 3.2 m
Varilla de perforación / diámetro del tubo	45 -51 mm (1 3/4"- 2")
Potencia	168 kw / 225.3 hp / 2200 rpm
Diámetro de taladro	76 - 127 mm (3" - 5")
Peso	14,900 Kg
Motor	Caterpillar
Certificado	ROPS and FOPS

Fuente: Área de Mantenimiento, Pevoex Contratistas S.A.C., 2019.

## 1.9.5 Aceros de perforación

### 1.9.5.1 Brocas de botones

Estas brocas disponen de unos botones o insertos cilíndricos de carburo de tungsteno distribuidos sobre la superficie de la misma (ProRock, 2013), se fabrican en diámetros que van desde los 50 mm hasta los 251 mm. Las brocas de botones se adaptan mejor a la perforación con rotación, obteniéndose velocidades de avance superior, también presentan una mayor resistencia al desgaste, debido no sólo a la forma de los botones sino a la sujeción más efectiva del acero, por contracción o presión en frío, sobre todo el contorno de los insertos, en la Figura 8 se muestra las partes de la broca retráctil GT60 de 5"- RG127DSR de marca Robit.



**Figura 8.** Partes de la retráctil GT60 de 5"- RG127DSR (Robit), vista lateral  
Fuente: Robit Top Hammer Product Catalogue, 2019.

Diámetro (mm)	127
Diámetro (plg)	5"
Indicador ( $\Delta$ )	35°
Botones (centro) (No.) (mm)	6 x 16
Botones (calibre) (No.) (mm)	10 x 16
Lavado (centro) (No.)	5
Peso (kg)	12,7



**Figura 9.** Partes de la retráctil GT60 de 5"- RG127DSR (Robit), vista isométrica  
Fuente: Robit Top Hammer Product Catalogue, 2019.

En la perforación se utiliza dos tipos de brocas, brocas de botones para los equipos con martillo en superficie (DP1500i y DX800), la FlexiROC utiliza también Broca de

botones, pero con una distinta configuración, en la Tabla 07 se detalla la descripción de brocas por equipo.

**Tabla 7.** Brocas utilizadas en los equipos de perforación del TSG

Equipo	Descripción	Marca
DP1500i	Broca Retráctil GT60 de 5" - RG127DSR	Robit
DP1500i	Broca Retráctil GT60 de 4"	Robit
FlexiROC D65	Broca DTH de 5" COP 44Q	Atlas Copco
FlexiROC D65	Broca DHD-340 5"	Epiroc
DX800	Broca Retráctil T-51 de 4.5"	Robit
DX800	Broca Normal T-51 de 4"	Mitsubishi
DX800	Broca Retráctil T-51 de 4" - HTG51C102DSR	Robit

Fuente: Área de Logística, Pevoex Contratistas S.A.C., 2019.

#### 1.9.5.2 Barras de perforación (TH) y tubos (DTH)

Las barras de perforación se encargan de transmitir la energía del martillo (TH) hasta la broca, dichas barras cuentan con roscas para su acoplamiento, en la actualidad se utilizan barras con acoplamiento integrado dejando de usar los adaptadores, en la Figura 09 podemos observar las características de estas barras.



**Figura 10.** Barra de perforación con acoplamiento incorporado (TH)  
Fuente: Robit Top Hammer Product Catalogue, 2019.

Cabe mencionar que el almacenamiento de los aceros es importante para la conservación y sobre todo para la seguridad de los colaboradores al momento de trasladarla o simplemente transitar por la zona, para ello se dispuso caballetes, los cuales disponen de las barras de una forma correcta, además de estar delimitadas y señalizadas, como se muestra en la Figura 10.



**Figura 11.** Almacenamiento de barras de perforación  
Fuente: Pevoex S.A.C., Tajo San Gerardo, 2019.

La función de la tubería de perforación es enviar el martillo de DTH en la parte inferior del taladro, transmitir el par motor y el eje de presión y entregar aire comprimido para el impactador a través de su orificio central (Salazar, 2005). La tubería de perforación generalmente adopta un tubo de acero sin costura brazo grueso hueco.

**Tabla 8.** Barras y tubos utilizadas en los equipos de perforación del TSG

Equipo	Descripción	Marca
DX 800	BARRAS MF T-51 DE 14 PIES	ROBIT
DX 800	BARRAS MF T-51 DE 12 PIES	ROBIT
DP1500i	BARRA GT60 7610-1143-70 DE 14 PIES	SANDVIK
DP1500i	BARRA MF GT60 X 14 PIES	ROBIT
FLEXIROC	TUBO DTH API 2 3/ 8" X 6MM 89009356	ROBIT
FLEXIROC	BARRA PERFORACION DTH API 2 3/8" X 6.5 MM X 6 MTS RACORES 300 MM	ROBIT

Fuente: Logística, Pevoex S.A.C., 2019.

### 1.9.6 Parámetros de perforación

Los principales parámetros de perforación para el diseño de las mallas son el burden, espaciamiento, taco, sobreperforación y diámetro de taladro (González, 2016). Los parámetros utilizados en las mallas de perforación en el Tajo San Gerardo varían según el tipo de taladro como se muestra en la Tabla 09.

**Tabla 9.** Parámetros de perforación en banco en el TSG

Parámetros	Unidades	Producción	Buffer	Precorte
Altura de Banco	m	6.00	6.00	6.00
Diámetro de Broca	plg	5.00	4.00	4.00
Malla	m	Triangular	Triangular	Lineal
Espaciamiento	m	4.80	3.00	1.50
Burden	m	4.17	3.00	-
Profundidad	m	6.80	6.20	6.00
Sobreperforación	m	0.80	0.20	0.00

Fuente: Planeamiento, Pevoex S.A.C., 2019.

#### 1.9.6.1 Diámetro de taladro

Consideramos que es el parámetro de más relevancia para el diseño de la malla de perforación, porque los demás parámetros están directamente relacionados al diámetro de taladro. McKenzie (1994) menciona que los aspectos principales que involucran la decisión del diámetro de taladro son:

1. Costo específico de la voladura (\$/m<sup>3</sup> de roca volada).
2. Fragmentación y la relación entre el espaciamiento de los taladros y de las fracturas.
3. Control de la exactitud de la perforación, y su efecto en la fragmentación, seguridad e impacto ambiental.
4. Dimensiones de la perforadora y la accesibilidad al sitio.
5. Altura del banco y la proporción del hoyo requerido para el taco.

Cabe mencionar que el incremento de diámetro de taladro ocasiona el incremento en los parámetros de burden y espaciamiento y por ende se reduce la cantidad de taladros



por proyecto, lo cual genera una reducción en el costo total de la perforación y voladura, sin embargo, se pierde control en la fragmentación, por la mala distribución de la carga explosiva, el incremento de la carga operante ocasiona mayor vibración y posibles daños a los taludes y estructuras cercanas a la voladura. En el Tajo San Gerardo se utiliza diámetros de 5” para taladros de producción y 4” para taladros de precorte.

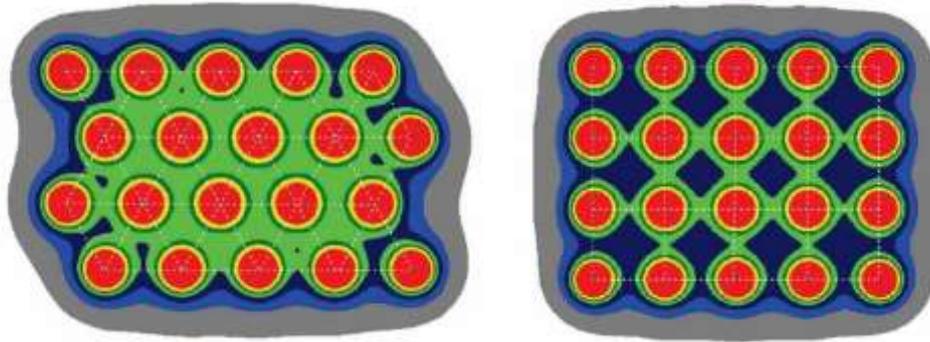
### **1.9.6.2 Burden**

El burden de un taladro se refiere a la distancia mínima entre el taladro y la cara libre cara libre y se mide perpendicular a la dirección de la línea del taladro que constituyen una fila, ver en la Figura 13, el burden efectivo se refiere a la distancia lineal entre el taladro y la posición de la cara libre más cercana al tiempo de la detonación del taladro, y toma en consideración la dirección de la iniciación.

### **1.9.6.3 Espaciamiento**

El espaciamiento se refiere a la distancia lineal entre taladros adyacentes que forman una fila, y se mide usualmente paralelo a la cara libre. El espaciamiento efectivo se refiere a la distancia lineal entre taladros que detonan sucesivamente, y toma en consideración la dirección de la cara libre.

Sobre la distribución de energía en las mallas de voladura, para efectos de comparación evaluamos la triangular y cuadrada, con resultados favorables para la triangular, debido a que tiene mejor distribución de energía en el área central de los taladros, que en comparación con la cuadrada esta se comporta con una deficiencia de energía en la misma área, la representación gráfica nos da el alcance de análisis como se muestra en la Figura 12, por tal motivo la malla utilizada en el tajo es triangular equilátera.



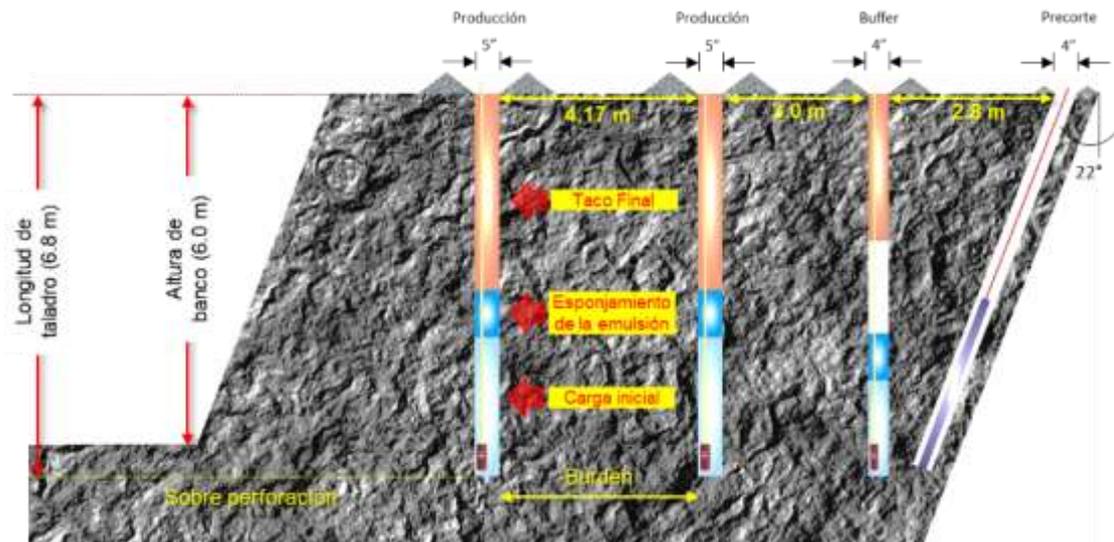
**Figura 12.** Análisis de distribución de Energía para malla cuadrada vs triangular  
Fuente: Pervol, Pevoex S.A.C., 2019.

#### 1.9.6.4 Taco

El taco es el material estéril que se añade a los taladros para proporcionar confinamiento de la energía de la voladura, mientras más tiempo el taco permanezca en su lugar, mayor es la efectividad de la energía de la voladura y mayor es el grado de fragmentación, cabe mencionar que el taco es importante para el medio ambiente para minimizar la onda de choque de la voladura y para controlar la proyección de rocas (fly rock).

#### 1.9.6.5 Sobreperforación

La sobreperforación proporciona un grado suficiente de fragmentación al nivel de piso. En relación con lo anterior, los taladros se deben perforar debajo del nivel del piso del banco. Sin una sobreperforación adecuada puede resultar un piso irregular, lo cual genera problemas como pisos encalaminados que dañan los componentes de los equipos de acarreo además de bajar sus rendimientos, pérdidas de tiempo en correctivos con los equipos auxiliares, sobreestimación de recursos minerales por banco, entre otros.



**Figura 13.** Parámetros de diseño de la malla de perforación en el TSG  
Fuente: Pervol, Pevoex S.A.C., 2019.

### 1.10 VOLADURA EN EL TAJO SAN GERARDO

Para el carguío de taladros se utiliza emulsión gasificada, la cual es bombeada con un camión fábrica de capacidad de 12 toneladas, la densidad de la emulsión a usar es predefinida de acuerdo al tipo de litología y la necesidad de energía requerida para fragmentar la roca. Esta densidad es controlada en campo durante el carguío de taladros con un procedimiento de toma de densidades y esponjamiento de la emulsión en el taladro. Con el uso de la Emulsión Gasificada, solo tenemos en el polvorín silos para almacenar emulsión matriz con capacidad de 60 toneladas.

Los accesorios usados son de iniciación no eléctrico silencioso (sin cordón detonante) con retardo de fondo de 800 ms y en superficie retardo de 0, 17, ms entre taladro y taladro, y entre fila y fila 25, 35, 42 y 65 ms. empleando un booster de 1/2 libra para la detonación.

Todo diseño de amarre de voladura y su secuencia de salida es simulada con un software para estimar la fragmentación y vibración generadas, de tal manera se puede realizar modificaciones según el objetivo de cada disparo.

Para el control del nivel de vibraciones generadas por la voladura se cuenta con el equipamiento de dos Sismógrafos (INSTANTEL) para campo cercano y lejano.

- Campo lejano, cubre el monitoreo de distancias mayores a 50 metros, verificando las ondas superficiales que son de menor amplitud y viajan mayores distancias lo cual nos hace tener en cuenta construcciones civiles como casas, escuelas, instituciones, oficinas en este caso el poblado de San Juan de Milpo.
- Campo cercano, cubre el monitoreo en distancias menores de 50 metros monitoreando las ondas P, S y V para cuidar la estabilidad de los taludes y la sobre rotura que se pudiera generar en las paredes del Tajo.

### 1.10.1 Explosivos disponibles

Los explosivos y accesorios de voladura utilizados en el Tajo San Gerardo se muestran en la Tabla 10, cabe mencionar que dichos explosivos son los establecidos en el COM (Certificado de Operación Minera) emitido por el Ministerio de Energía y Minas.

**Tabla 10.** Disponibilidad de explosivos en el Tajo San Gerardo

Descripción	Unidad	Características
FANEL CTD # 25	UN	Detonador no Eléctrico
FANEL CTD # 35	UN	Detonador no Eléctrico
FANEL CTD # 42	UN	Detonador no Eléctrico
FANEL CTD # 65	UN	Detonador no Eléctrico
FANEL DUAL 15.0 MTL 0/800 MS	UN	Detonador no Eléctrico
FANEL DUAL 15.0 MTL 17/800 MS	UN	Detonador no Eléctrico
LINEA SILENCIOSA X 500 MTS	M	Detonador no Eléctrico
BOOSTER 1/2 LB 225 GR	PC	Iniciador (cebo)
EXAMON "P"	KG	Anfo
EMULSION EMULEX 100 1 1/4" X 12"	KG	Emulsión Encartuchada
EMULSIÓN MATRIZ GASIFICADA SAN G	KG	Emulsión Matriz

Fuente: Pervol, Pevoex S.A.C., 2019.



### 1.10.2 Explosivos primarios

Los explosivos primarios, también llamados iniciadores, se descomponen mediante una detonación si son iniciados con un pequeño estímulo externo. Este estímulo puede ser prácticamente de cualquier tipo: llama, fricción, impacto, choque, corriente o descarga eléctrica, radiación, etc. Su sensibilidad es muy elevada, sobre todo cuando son puros, y suele depender en gran medida de su estructura cristalina y su granulometría.

#### 1.10.2.1 Fanel CTD

El Fanel CTD es un sistema de iniciación que se usa para retardar taladros y está compuesto por un fulminante de retardo ensamblado a la manguera fanel e insertado dentro de un bloque plástico, similar al usado por el fanel dual, donde se puede alojar hasta seis (6) mangueras fanel. El Fanel CTD está formado por los siguientes componentes:

- Fulminante de retardo: Es un Fulminante N° 3 que contiene en su interior un explosivo primario muy sensible, uno secundario de alto poder explosivo y un elemento de retardo de acuerdo a su número. Finalmente, se encuentra ensamblado en uno de los extremos de la manguera Fanel y lleva insertado dentro de un bloque plástico tipo “Hongo”.
- Manguera fanel o tubo de choque: Fabricado con materiales termoplásticos de alta resistencia mecánica e interiormente recubierto por una sustancia reactiva que al ser activada conduce una onda de choque cuya presión y temperatura son suficientes para iniciar al fulminante de retardo. Uno de sus extremos se encuentra sellado por ultrasonido y el otro extremo está ensamblado al fulminante de retardo.

- **Etiqueta:** Se encuentra ubicada en el extremo de la manguera e indica el tiempo de retardo en milisegundos. Adicionalmente, tenemos un código de barras que permite la trazabilidad del producto.
- **Conector plástico tipo “Hongo”:** Es un bloque plástico especialmente diseñado para facilitar la conexión y asegurar el contacto entre el fulminante de retardo y las mangueras fanel. Este elemento permite ensamblar varios tubos de choque

**Tabla 11.** Especificaciones técnicas del Fanel CTD

Especificaciones técnicas	Unidades	Fanel CTD
<b>Del fulminante de retardo</b>		
Diámetro	mm	7,3
Longitud	mm	60
Prueba de esopo, Diámetro de perforación	mm	Min. 4
Volumen trauzl	cm3	Min. 2,0
Resistencia al impacto	2kg/1m	No detona
<b>De la manguera fanel</b>		
Material		Termoplástico
Diámetro	mm	3,3 ± 0,2
Longitudes	m	Variable
Color		Amarillo
Velocidad de onda	m/s	2000 ± 200



Fuente: Famesa Explosivos S.A.C.

### 1.10.2.2 Fanel Dual

El Fanel Dual es un sistema de iniciación no eléctrico que fue desarrollado para minería subterránea, superficial y obras civiles. Su principal característica radica en eliminar la necesidad de mantener y almacenar varios tiempos de retardo, lo cual permite al usuario reducir costos. En el Tajo San Gerardo se utiliza FANEL DUAL 15.0 MTL 17/800 MS para taladros de producción y buffer, para taladros de precorte se utiliza FANEL DUAL 15.0 MTL 0/800 MS, el Fanel Dual está compuesto de los siguientes elementos:

- **Fulminante de superficie:** Se encuentra ensamblado en uno de los extremos de la manguera fanel lleva un bloque plástico tipo hongo y posee un elemento de retardo en un Fulminante N° 3.

- Fulminante de profundidad: Este se encuentra ensamblado en el otro extremo de la manguera fanel y posee un elemento de retardo en un fulminante N° 12.
- Manguera fanel o tubo de choque: Está fabricada con un material termoplástico de alta resistencia mecánica e interiormente está cubierto por una sustancia reactiva que al ser activada conduce una onda de choque cuya presión y temperatura son suficientes para iniciar al Fulminante.
- Etiqueta: Indica el tiempo de retardo en milisegundos, primero se encuentra el tiempo de retardo del Fulminante de profundidad, seguido por el de superficie. Adicionalmente, tenemos un código de barras que permite la trazabilidad del producto.
- Conector plástico tipo “Hongo”: Es un bloque plástico especialmente diseñado para facilitar la conexión y asegurar el contacto entre la manguera fanel y el Fulminante de Superficie, permitiendo ensamblar hasta 6 mangueras.

**Tabla 12.** Especificaciones técnicas del Fanel Dual

Especificaciones técnicas	Unidades	Fanel Dual
<b>Del fulminante de superficie</b>		
Diámetro	mm	7,3
Longitud	mm	60
Prueba de esopo, Diámetro de perforación	mm	Min. 4
Volumen trauzl	cm3	Min. 2,0
Resistencia al impacto	2kg/1m	No detona
<b>De la manguera fanel</b>		
Material		Termoplástico
Diámetro	mm	3,3 ± 0,2
Longitudes	m	Variable
Color		Rojo - Naranja
Velocidad de onda	m/s	2000 ± 200



Fuente: Famesa Explosivos S.A.C.

### 1.10.2.3 Fanel LSEF (línea silenciosa)

El Fanel LSEF o línea silenciosa de encendido se utiliza para iniciar en forma segura y silenciosa los disparos primarios y secundarios, desde una distancia previamente

establecida por el jefe de voladura es un accesorio diseñado para la iniciación a distancia y está formado por los siguientes componentes:

- **Fulminante:** Consiste de un Fulminante N° 6 instantáneo que contiene en su interior un explosivo primario muy sensible y uno secundario de alto poder explosivo.
- **Manguera fanel o tubo de choque:** Está fabricada con materiales termoplásticos de alta resistencia mecánica, la cual en su interior está uniformemente cubierta por una sustancia reactiva que al ser activada conduce una onda de choque cuya presión y temperatura son suficientes para iniciar al fulminante de retardo. En uno de sus extremos está sellado por ultrasonido y en el otro extremo ensamblado con un Fulminante.
- **Conector plástico tipo “Bunch Block”:** Es un bloque plástico especialmente diseñado para facilitar la conexión y asegurar el contacto de hasta 4 mangueras o una línea de cordón detonante.

**Tabla 13.** Especificaciones técnicas del Fanel LSEF (línea silenciosa)

Especificaciones técnicas	Unidades	Fanel LSEF
<b>Del fulminante</b>		
Diámetro	mm	7,3
Longitud	mm	60
Prueba de esopo, Diámetro de perforación	mm	Min. 9
Volumen trauzl	cm3	Min. 15
Resistencia al impacto	2kg/1m	No detona
<b>De la manguera fanel</b>		
Material		Termoplástico
Diámetro	mm	3,3 ± 0,2
Longitudes	m	100 / 200 / 400 / 500 / 700 / 1000
Color		Amarillo
Velocidad de onda	m/s	2000 ± 200



Fuente: Famesa Explosivos S.A.C.

### 1.10.3 Explosivos secundarios

Los explosivos secundarios o rompedores (alta velocidad de detonación) son cargas explosivas de alta potencia y gran seguridad por presentar baja sensibilidad a los golpes o roces, estos solo se pueden detonar mediante un explosivo primario o detonador

# 8. En el Tajo San Gerardo el 100% de explosivos secundarios (también llamado cebo) que se usa es el Booster de ½ lb (225 gr).

### 1.10.3.1 Booster 1/2 lb 225 gr

El Booster es conocido con los nombres de "primer", "cebo" o "Cast Booster", estando compuesto básicamente por pentolita, es un explosivo potente de alta densidad, velocidad y presión de detonación, por lo que la columna explosiva que será activada con éste, maximizará su desarrollo energético, lo cual redundará favorablemente en el resultado de la voladura.

Son utilizados para iniciar explosivos insensibles o agentes de voladura de tipo slurries, Anfo y nitracarbonitratos, donde un fulminante común o el poder explosivo de un cordón detonante no los activa. Estos se usan en la voladura de taladros de diferentes diámetros en las minas de tajo abierto. Especificaciones técnicas ver en Tabla 14.

**Tabla 14.** Especificaciones técnicas del Booster HDP-1/2 (225g)

Especificaciones técnicas	Unidades	HDP-1/2 (225g)
Diámetro	mm	43,0 ± 2,0
Altura	mm	120,0 ± 2,0
Peso (g)	g	225 ± 15
Velocidad de detonación	m/s	Min. 7000
Diámetro de perforación en plancha de hierro de 1/2" de	mm	Min. 28
RESISTENCIA presión hidrostática por 2 horas	kg/cm2	2,1
Sensibilidad al cordón detonante		5P
Resistencia al agua		Excelente
Densidad	g/cm3	1,6



Fuente: Famesa Explosivos S.A.C.

### 1.10.3.2 Agentes de voladura

Son explosivos muy seguros por ser insensibles a los golpes, roces, calor, campo electrostático, y al fulminante # 8. Para ser detonados se requiere un explosivo secundario (cebo o booster).

### 1.10.3.3 Examon "P" (ANFO)

Es un agente de voladura granulado para uso en voladuras superficiales, permite ser empleado como carga de columna en terreno intermedio a duro, preparado especialmente con una mezcla balanceada en oxígeno de nitrato de amonio y petróleo. Dichos componentes le confieren un alto valor energético, seguridad, facilidad de manipuleo y bajo costo, para ser usado en minería. Especificaciones técnicas ver en Tabla 15.

**Tabla 15.** Especificaciones técnicas del Examon P (ANFO)

Especificaciones técnicas	Unidades	Examon - P
Densidad Aparente	g/cm <sup>3</sup>	0.72 – 0.82
Densidad Compacta	g/cm <sup>3</sup>	0.82 ± 3%
Velocidad de detonación*	m/s	3,200 ± 200
Presión de detonación	kbar	21
Energía**	KJ/kg	3,899
RWS**	%	104
RBS**	%	106
Resistencia al agua		Nula
Volumen de gases**	l/kg	1,056.5
Categoría de gases	Categoría	2da
Color Anaranjado		Anaranjado



(\*) Confinado en tubo de acero de 1 ½ pulgada de diámetro (Schedule 40)

(\*\*) Calculado con programa de simulación TERMODET a condiciones ideales de 1 atm.

Fuente: Exsa S.A.

### 1.10.3.4 Solución Acuosa de Nitrato Gasificable SAN-G

Es un agente de voladura, producido en base a una solución microscópica oxidante dispersa en una fase combustible continua y estabilizada por un elemento emulsificante (Huayanay, 2017). Esta emulsión es sensibilizada en las operaciones mineras o canteras antes de su carguío a los taladros, mediante la dosificación de sales oxidantes químicamente balanceadas, produciendo una mezcla explosiva que presenta como principales características:

- Una densidad que se puede modificar, en función del tipo de roca.
- Una alta velocidad de detonación.

- Altamente resistente al agua.
- Elevada viscosidad.
- Segura cuando es sensibilizada.

**Tabla 16.** Especificaciones técnicas del SAN-G

Especificaciones técnicas	Unidades	SAN-G
Densidad relativa de la matriz	g/cm <sup>3</sup>	1,35 ± 3%
Densidad relativa de la matriz sensibilizada	g/cm <sup>3</sup>	0,90 a 1,20
Viscosidad de la matriz en condiciones normales *	cP	13000
Velocidad de detonación de la matriz sensibilizada **	m/s	4 600 a 5 500
Presión de detonación	kbar	48 a 91
Energía	kcal/kg	770
Volumen normal de gases	l/kg	1020
Potencia relativa en peso ***	%	70
Potencia relativa en volumen	%	118
Resistencia al agua		Excelente
Categoría de humos		Primera
Diámetro crítico de taladro	mm	76 (3 pulgadas)
Tiempo de espera en el taladro	días	7



\* Medido con BROKFIELD HA DVII A 50 RPM

\*\* Confinado en tubo de 4 pulgadas de diámetro.

\*\*\* Potencias relativas referidas al ANFO, con potencia convencional de 100.

Fuente: Famesa Explosivos S.A.C.

SAN-G es un explosivo que se produce justo antes de ser bombeada o vaciada al taladro, mediante una reacción química entre la Matriz SAN gasificable y el sensibilizante denominado Solución N-20.

SAN (emulsión matriz), es una solución oxidante acuosa dispersa en una fase continua oleosa, la que se sensibiliza recién en la operación minera, mediante la dosificación de sales oxidantes químicamente balanceadas (gasificante), entregando al taladro una mezcla explosiva de menor densidad, mayor viscosidad, velocidad de detonación, Presión de detonación y resistencia al agua.

N-20 (sensibilizador), al mezclarse el sensibilizador con la matriz oxidante, en contados minutos se produce una reacción química, formándose burbujas de nitrógeno,

convirtiendo la SAN-G en explosivo y reduciendo su densidad, el tamaño y distribución de dichas burbujas determinan la velocidad de detonación del agente.

Primer componente	Segundo componente
Matriz San Inerte Gasificable	Sensibilizante (solución N20)
	
Densidad de matriz inerte = 1.38 g/cm <sup>3</sup>	Densidad N20 = 1.12 g/cm <sup>3</sup>

**Figura 14.** Componentes del SAN-G  
Fuente: Famesa Explosivos S.A.C.

Como resultado de la reacción química entre la emulsión matriz inerte y la solución N20, se produce gas nitrógeno que queda atrapado en burbujas dentro de la matriz, son estas burbujas de Nitrógeno las que sensibilizan la emulsión.

- Densidades de la SAN-G = 0.9 - 1.20 /cm<sup>3</sup>
- Velocidad de detonación = 5,200 a 5500 m/s.
- AWS (Energía/Masa) = 610 Kcal/Kg.
- Excelente resistencia al agua.

La densidad está en función a la temperatura y concentración de sensibilizante N20, con la cual podemos regular hasta obtener una densidad apropiada para el tipo de dureza de roca que tenemos presente en el terreno.



**Figura 15.** Medición de densidades en el TSG  
Fuente: Pervol, Pevoex S.A.C., 2019.

### 1.10.3.5 Emulsión Emulex 100 1 1/4" x 12"

Es una emulsión encartuchada en lámina plástica, sensible al detonador, con un alto valor de energía que le permiten adaptarse a todo tipo de operación incluyendo terrenos húmedos o inundados (con presencia de agua). En las operaciones del Tajo San Gerardo, utilizamos la emulsión encartuchada como cebo iniciador en los taladros de precorte para evitar daños en el toe del talud, también en taladros de corte bajo como es el caso de voladuras en rampas de diseño. Especificaciones técnicas ver en Tabla 17.

**Tabla 17.** Especificaciones técnicas del Emulex 100

Especificaciones técnicas	Unidades	Emulex 100
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	1.16 ± 5%
Velocidad de detonación *	m/s	5,600 ± 300
Velocidad de detonación **	m/s	4,300 ± 300
Presión de detonación **	kbar	91
Energía **	kJ/kg	4,425
RWS **	%	120
RBS **	%	180
Resistencia al agua **		Excelente
Volumen de gases **	l/kg	909
Categoría de humos		Primera



(\*) Confinado en tubo de acero de 1 1/2 pulgada de diámetro (Schedule 40)

(\*\*) Sin confinar en cartucho de 1 1/4 de diámetro

(\*\*) Calculado con programa de simulación TERMODET a condiciones ideales de 1 atm.

Fuente: Exsa S.A.



## 1.11 PARÁMETROS DE VOLADURA

El diseño de carga con explosivos en Tajo San Gerardo está regido por una serie de variables controlables que, las cuales las hemos dividido en tres grupos:

- Parámetros geométricos (diámetro de taladro, longitud de carga, burden, espaciamiento, etc.)
- Parámetros del explosivo (tipo de explosivo, velocidad de detonación, energía, sistema de primado, etc.)
- Parámetros de tiempos (tiempos de retardo y secuencia de iniciación)

La incidencia del diámetro con respecto a la carga lineal del explosivo en un taladro, es directamente proporcional, a mayor diámetro de taladro, mayor es la densidad lineal siempre y cuando el factor de acoplamiento sea 1, en el caso del Tajo San Gerardo podemos mencionar que, en los taladros de producción y buffer que son de 5 “ y 4” de diámetro respectivamente, el factor de acoplamiento es 1 debido a que utilizamos explosivos a granel (SAN-G y ANFO para el caso de taladros con conexión a labores subterráneas). Para los taladros de precorte de 4” de diámetro, se utiliza emulsión encartuchada acoplada en mangas con diámetro de 1¼”, la razón por la que se realiza el precorte con este tipo de explosivos es por el COM de la mina que no estipula el uso de otro tipo de explosivos como el famecorte, dinamitas que mejorarían las voladuras en precorte, cabe mencionar que no se utiliza el cordón de tonante por ruido generado por este material el cual afecta a la comunidad colindante a las operaciones.

La altura de banco es una variable controlable determinada por el diseño del tajo, la relación de la altura de banco con el burden efectivo (H/B) es de 1.5, la relación no es relativamente grande lo cual a simple vista indicaría problemas en el desplazamiento del



material en la voladura, lo cual es compensado con energía de detonación del agente de voladura.

La inclinación de los taladros es una variable controlable que incide directamente en la voladura, puesto que el explosivo en taladros no paralelos puede generar toes en el piso o bolonería en el collar.

El taco es otra variable controlable de importancia, ya que este material en la parte superior del taladro permite confinar la energía de la voladura y que esta sea efectiva en el macizo rocoso y no escape por el collar del taladro, para la selección de tipo y tamaño del material, en el Tajo San Gerardo el taco se selecciona del desmonte de voladuras anteriores, para obtener un material adecuado se conea este material, separando el taco óptimo para los proyectos de voladura, la altura de taco para taladros de producción es en promedio 2.8 m.

La sobreperforación es una variable controlable, en el Tajo San Gerardo se realiza sobreperforación en los taladros de producción de 0.8 m de altura, el fin es asegurar una buena fragmentación en los pisos de cada banco, cabe mencionar que en los taladros de buffer y precorte se realiza sobre perforación con alturas de 0.4 y 0.2 m de altura.

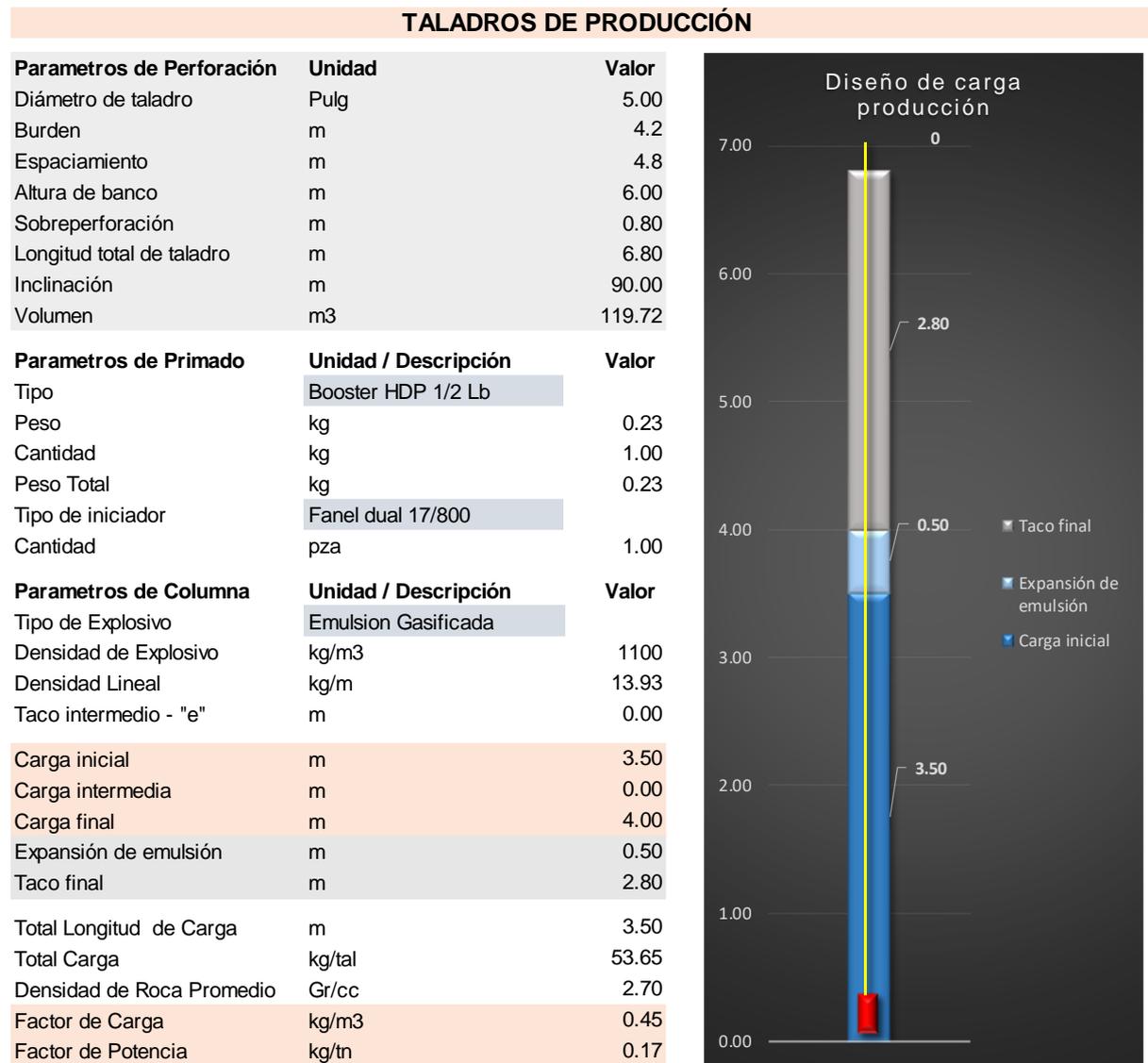
### **1.11.1 Diseño de carga**

El diseño de carga se refiere a los explosivos y accesorios utilizados para cargar un taladro de perforación, como el tipo de prima (cebo), detonador, carga de fondo (explosivo), taco y sus dimensiones de carga como longitud y cantidad de material a usarse.

#### **1.11.1.1 Taladros de producción (PRD)**

El diseño de carga de taladros de producción en el Tajo San Gerardo se describe en la Figura 16, básicamente el diseño comprende en la columna de carga el uso de emulsión gasificada SAN-G, como cebo se utiliza booster hdp de ½ libra, y como

detodador, fanel dual de 17/800 (17ms retardo de superficie y 800 ms como retardo de fondo).



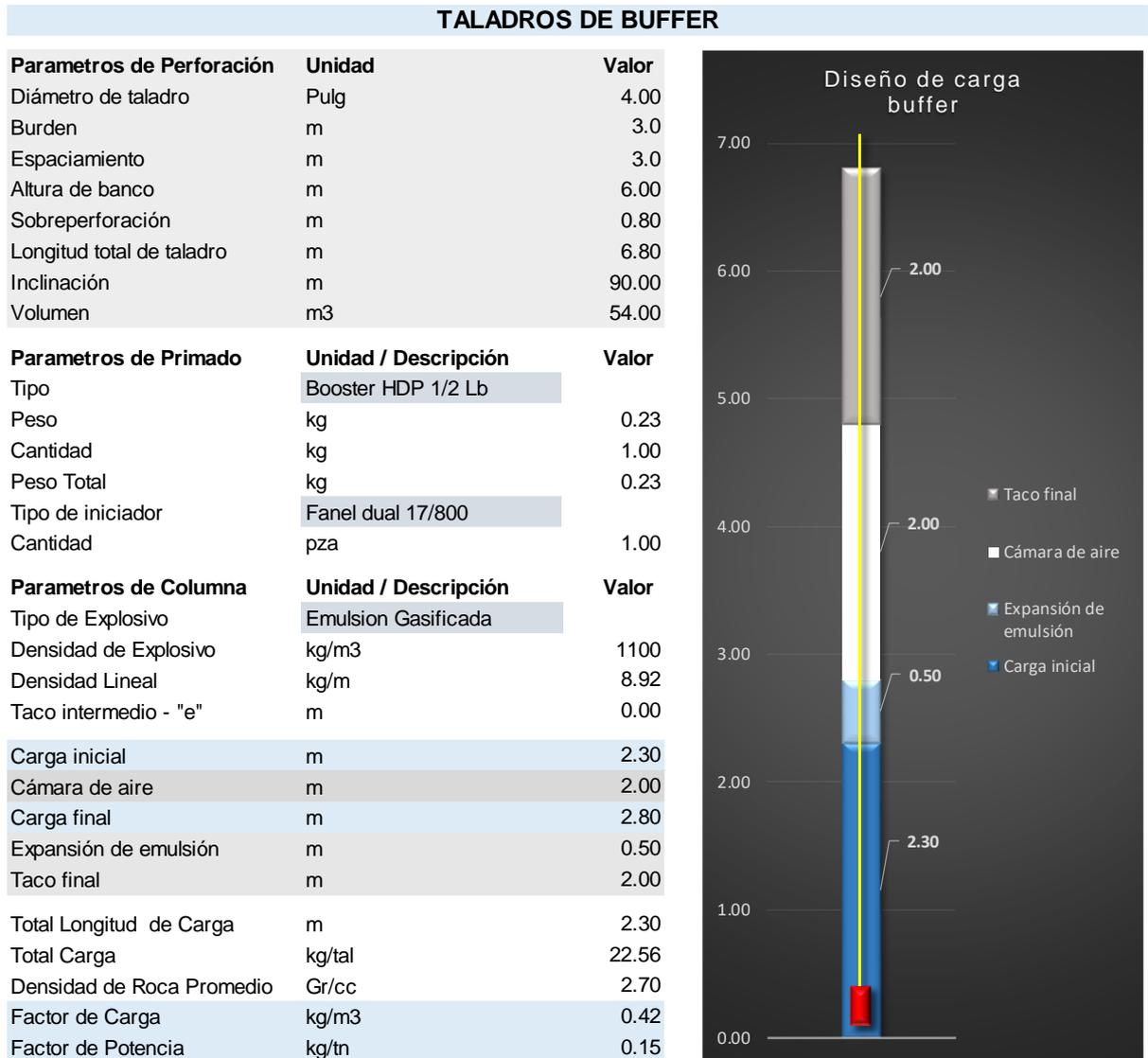
**Figura 16.** Diseño de carga para taladros de producción  
Fuente: Pervol, Pevoex S.A.C., 2019.

En promedio el factor de potencia para este tipo de taladro es de 0.17 kg/Tn.

### 1.11.1.2 Taladros de buffer (BF)

El diseño de carga para taladros de buffer (amortiguamineto) en el Tajo San Gerardo se describe en la Figura 17, básicamente la configuración de este diseño comprende el uso emulsión gasificada SAN-G en la columna de carga, como cebo se utiliza un booster hdp de ½ libra, y como detodador, fanel dual de 17/800 (17ms retardo de superficie y 800 ms como retardo de fondo). La diferencia con el diseño de carga de

taladros de producción esta en la cantidad de emulsión que es menor, además de generar un airdeck (camará de aire), con el fin de amortiguar la energía de los taladros de producción.



**Figura 17.** Diseño de carga para taladros de buffer  
Fuente: Pervol, Pevoex S.A.C., 2019.

### 1.11.1.3 Taladros de precorte (PC)

El diseño de carga para taladros de precorte en el Tajo San Gerardo se describe en la Figura 18, la función principal de este tipo de taladro es la generación de la cara del talud, por ende, la carga del explosivo es mínima, el diseño comprende el uso de una carga acoplada de emulsión encartuchada en mangas de polietileno, el cebo es un paquete de emulsión, no lleva taco, el detonador es fanel dual de 0/800 ms.

### TALADROS DE PRECORTE

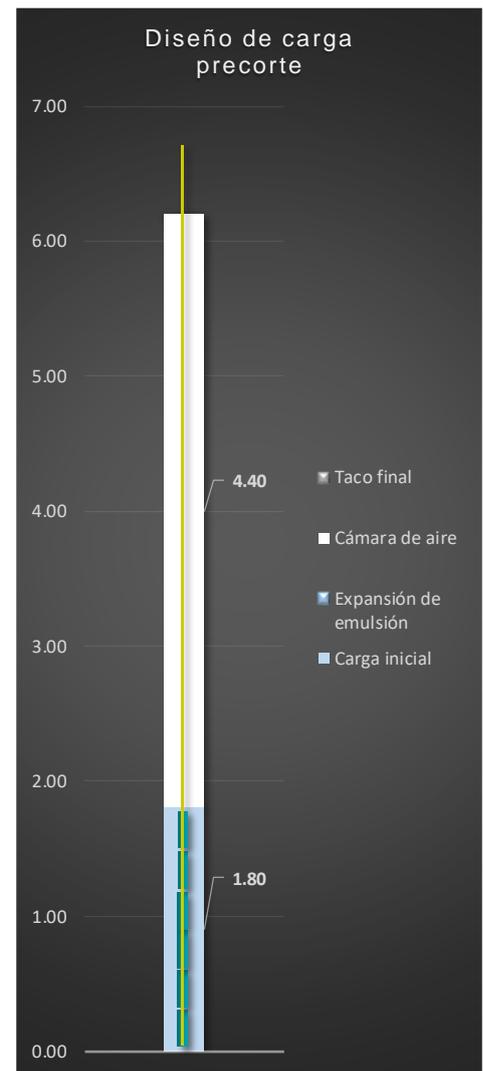
Parámetros de Perforación	Unidad	Valor
Diámetro de taladro	Pulg	4.00
Burden	m	0.0
Espaciamiento	m	1.5
Altura de banco	m	6.00
Sobreperforación	m	0.20
Longitud total de taladro	m	6.20
Inclinación	m	21.00
Área	m <sup>2</sup>	9.30

Parámetros de Primado	Unidad / Descripción	Valor
Tipo	Emulex 100 1 1/4 x 12	
Peso	kg	0.23
Cantidad	pza	2.00
Peso Total	kg	0.46
Tipo de iniciador	Fanel dual 0/800	
Cantidad	pza	1.00

Parámetros de Columna	Unidad / Descripción	Valor
Tipo de Explosivo	Emulex 100 1 1/4x12	
Densidad de Explosivo	kg/m <sup>3</sup>	1140
Densidad Lineal	kg/m	9.24
Taco intermedio - "e"	m	0.00
Carga inicial	m	1.80
Cámara de aire	m	4.40
Carga final	m	0.00
Expansión de emulsión	m	0.00
Taco final	m	0.00
Total Longitud de Carga	m	1.80
Total Carga	kg/tal	2.76
Densidad de Roca Promedio	Gr/cc	2.70
Factor de Carga	kg/m <sup>2</sup>	0.30
Factor de Potencia	kg/tn	0.11



**Figura 18.** Diseño de carga para taladros de precorte  
Fuente: Pervol, Pevoex S.A.C., 2019.

#### 1.11.1.4 Taladros con conexión a labores subterráneas

El diseño de carga para taladros que conectaron a labores subterráneas es variable, depende mucho del tipo de conexión, si es a relleno o vacío, en la Figura 19 se ve el diseño de un taladro que conecto a vacío, en este caso se utiliza un tapón que retenga la carga de ANFO en mangas de polietileno, el resto de la configuración es similar a la de un taladro de producción con la diferencia que la carga es menor, por una menor longitud de taladro. En el caso de taladros con conexión a relleno se usa cargas en mangas con

ANFO, con doble iniciación con el fin de asegurar la detonación de toda la columna de carga.

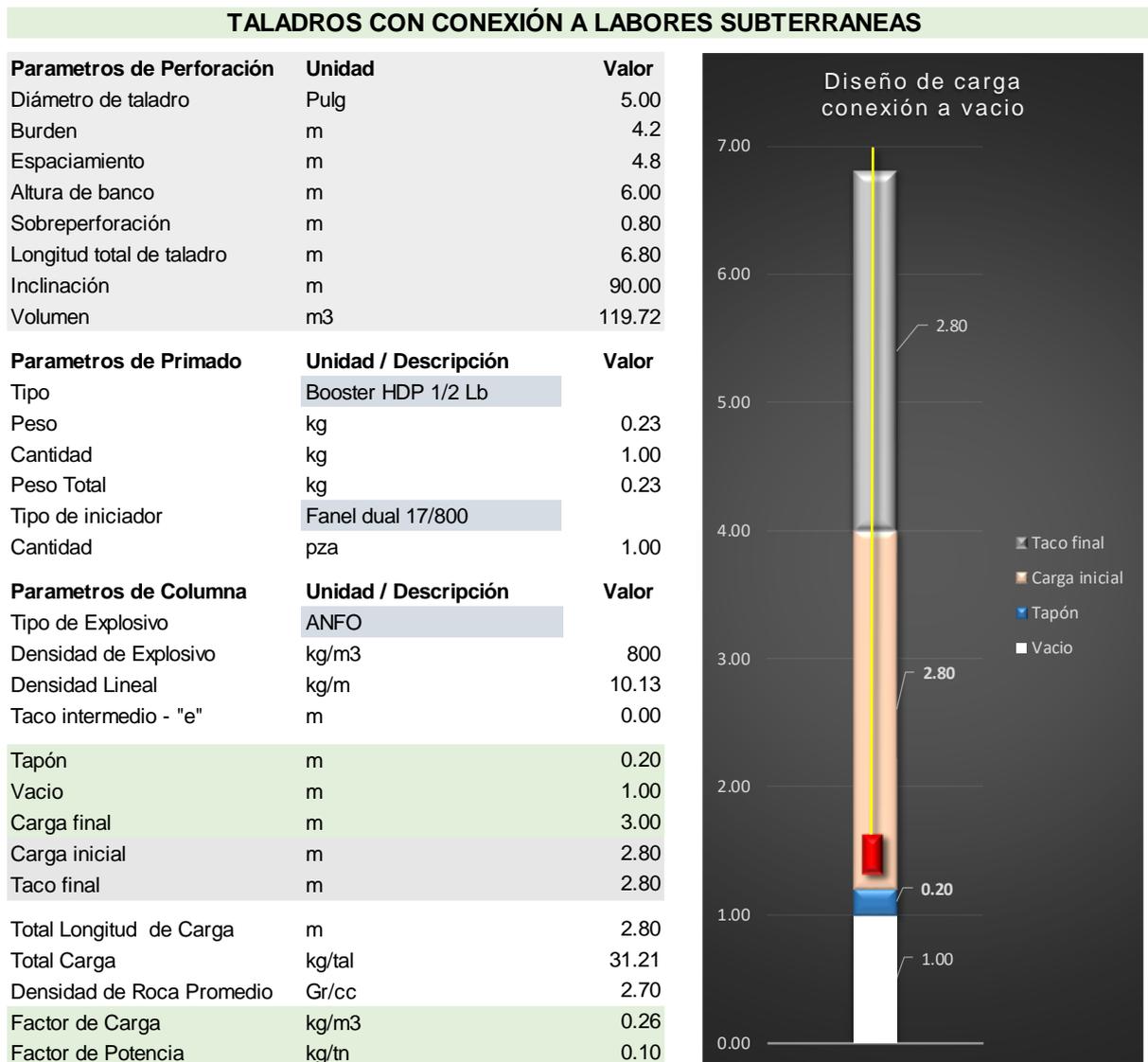
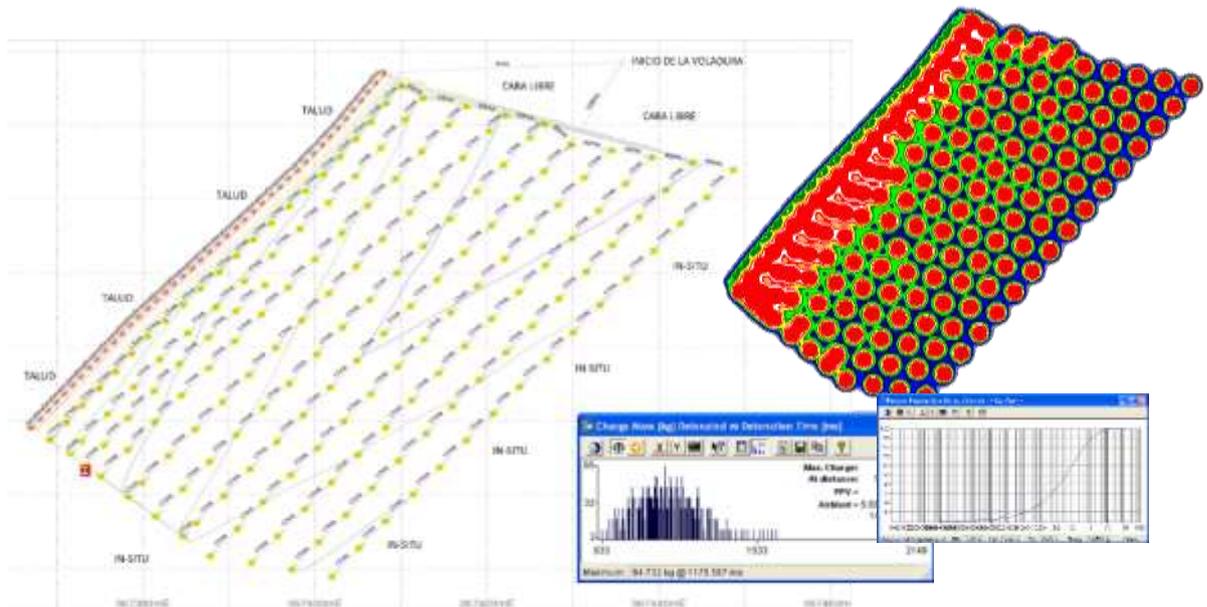


Figura 19. Diseño de carga para taladros con conexión a labores subterráneas  
Fuente: Pervol, Pevoex S.A.C., 2019.

## 1.12 SIMULACIÓN DE MALLA DE VOLADURA

Una vez que se tiene el diseño de carga para los taladros, se procede a realizar el diseño de malla de voladura, para lo cual se hace un levantamiento topográfico de los taladros ejecutados en campo, dichos taladros son cargados en el software de voladura JK Simblast, donde se procede a realizar las simulaciones, en dichas simulaciones se busca obtener parámetros cercanos a la realidad como la carga máxima por grupo de taladros

(carga operante), las isolíneas de tiempo para establecer la salida óptima de la malla de voladura, si es “v”, “echelon” o “diamante” en caso de voladuras sin cara libre, se estima VPP (velocidad pico partícula), para el control de vibraciones, ruido, fragmentación y la distribución de la energía de los taladros en la malla de voladura. En la Figura 20 se puede observar la simulación de la voladura N° 372.



**Figura 20.** Simulación del proyecto de P&V N° 372, Banco 4222, Fase 3  
Fuente: Pervol, Pevoex S.A.C., 2019.

### 1.13 CONTROL DE TALADROS CON CONEXIÓN A LABORES SUBTERRÁNEAS

Sobre el control de taladros con conexión a labores subterráneas, se presentan dos casos en el Tajo San Gerardo, conexión con vacío y relleno, según el avance por turno, se lleva un registro detallado por taladro, donde se identifican las conexiones, además de la actualización del plano de perforación, al finalizar la perforación, se envía al área de geotecnia la base de datos para la actualización del plano de riegos por caída de rocas y comunicación con labores subterráneas, en la Figura 21 se observa carguío de taladros

del proyecto de P&V N° 372, Banco 4222, Fase 3, donde se halló taladros con conexión a labores subterráneas.



**Figura 21.** Carguío con explosivos del proyecto de P&V N° 372, Bco. 4222, Fase 3  
Fuente: Pervol, Pevoex S.A.C., 2019.

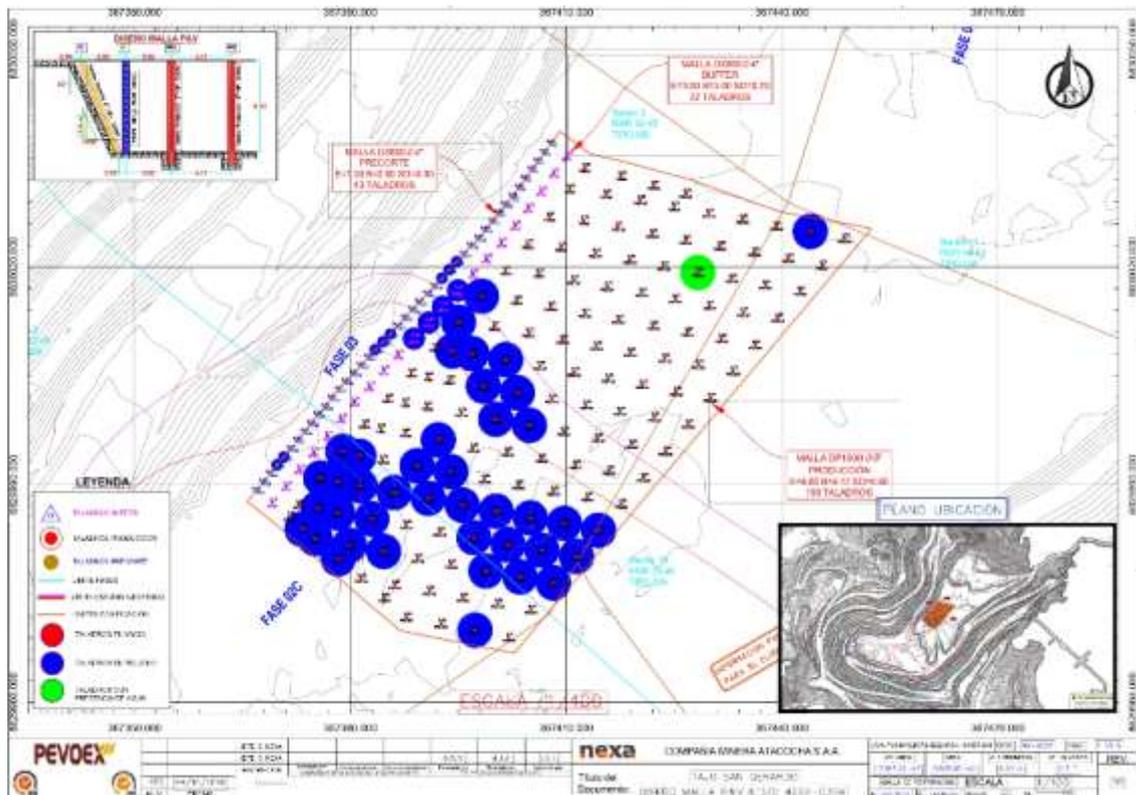
En la Tabla 18 se muestra un extracto data de taladros que conectaron a labores subterráneas, donde se aprecia el ID del taladro, coordenadas y longitud de la conexión.

**Tabla 18.** Extracto de datos de taladros que conectaron a labores subterráneas.

N°	ID Taladro	Norte	Este	Elevación	Profundidad de Taladro	Profundidad conexión			Tipo de conexión
						Roca	Vacio	Relleno	
1	PC15	8830020.73	367394.78	4227.7	6.4			6.4	Relleno
2	PC16	8830019.58	367393.71	4227.7	6.4			6.4	Relleno
3	PC17	8830018.44	367392.74	4227.8	6.3			6.3	Relleno
4	PC24	8830010.75	367385.59	4228.1	6.7			6.7	Relleno
5	PC25	8830009.69	367384.54	4228.1	6.5	3.0		3.5	Roca/Relleno
6	PC26	8830008.61	367383.46	4228.1	6.5	5.5		1.0	Roca/Relleno
7	PC39	8829993.81	367370.77	4228.1	7.0	4.0		3.0	Roca/Relleno
8	PC40	8829992.71	367369.83	4228.1	7.0	5.0		2.0	Roca/Relleno
9	BF52	8830016.76	367394.96	4227.8	6.2	0.7		5.5	Relleno/Roca
10	BF53	8830014.51	367392.85	4227.7	6.2			6.2	Relleno
11	BF54	8830012.33	367390.88	4227.7	6.0			6.0	Relleno

Fuente: Pervol, Pevoex S.A.C., 2019.

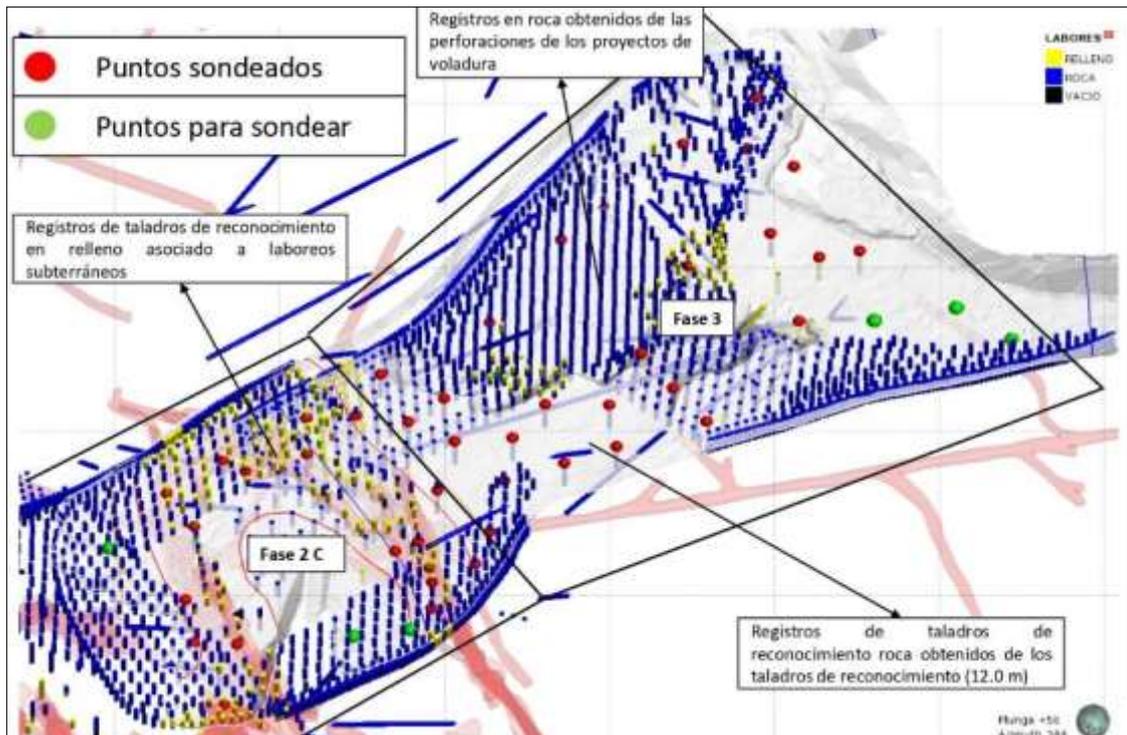
En la Figura 22 se muestra el plano con la malla de perforación ejecutada, donde identifican los taladros que conectaron a labores subterráneas.



**Figura 22.** Plano de perforación ejecutada con taladros con conexión  
Fuente: Pervol, Pevoex S.A.C., 2019.

En el Tajo San Gerardo, todos los taladros perforados dan información de las condiciones de terreno, dicha información es almacenada y analizada para determinar las zonas seguras y de riesgo para el personal y equipos, como se muestra en la Figura 23 los taladros en roca son azules, los taladros en relleno son amarillos y los taladros en vacío son negros, estos se controlan por banco y fase.

También se debe mencionar que se realizan taladros de sondaje en los frentes de minado a medida que se avanza, como se muestra en dicha figura también se muestra las posibles labores subterráneas (color rojo claro), dicha data no tiene precisión, por la antigüedad de la información, pero nos da un criterio para la realización de los trabajos de forma segura. En el Anexo 02 se muestra el plano de riesgos, el cual se emite semanalmente a toda la operación y es carácter obligatorio que todo el personal que realice trabajos en el tajo tenga y sepa interpretar el plano.



**Figura 23.** Taladros de reconocimiento de roca  
Fuente: Área de Geotecnia, CMA, 2019.

## 1.14 CONTROLES EN LA VOLADURA

### 1.14.1 Protocolo de voladura

El protocolo de voladura es un documento integrado de respaldo o sustento referente a producción y sistema de gestión de seguridad, e involucra a todas las áreas del Tajo San Gerardo, en el Anexo 03 se muestra el protocolo de la voladura N° 372, dicho documento contiene los siguientes ítems.

- *Caratula de notificación*, donde se indican los datos de la voladura (N° de proyecto, banco, fase, fecha y hora del disparo), firma de las áreas responsables.
- *Taladros*, se detalla los parámetros de todos los taladros del proyecto de P&V.
- *Plano de diseño de malla de perforación*, se muestra el ID de los taladros con sus respectivas alturas de corte y los taladros que conectaron a labores subterráneas.
- *Diseño de Carga*, se establecen los parámetros de carga de taladros con explosivos según el tipo de taladros.



- *Protocolo de voladura*, donde se muestra un resumen de la cantidad de taladros y explosivos que se utilizarán, además del diseño y salida de la voladura con su respectiva simulación.
- *Plano de radio voladura*, Se muestra el radio de influencia de la voladura para personas y equipos, además de la distribución de vigías en los puntos críticos.
- *Lista de vigías*, su ubicación en coordenadas además de sus datos personales.
- *PETAR*, el permiso escrito para trabajos de alto riesgo, el cual debe estar firmado por personal de voladura, y debe estar autorizado por el superintendente y jefe de seguridad de mina.

#### **1.14.2 Radio de influencia de voladura.**

Las voladuras solo se realizan durante el día, a las 7:00 a.m. debido que se ha determinado que a esa hora del día la velocidad y dirección del viento es contraria a la población de San Juan de Milpo, de esta forma se evita la contaminación por gases y polvo a la población aledaña, el control se realiza con un anemómetro, el cual nos da la dirección y velocidad del viento en tiempo real.

El radio de voladura es de 500 metros para personal y animales, de 300 metros para equipos, cuando se tiene estructuras cercanas, el control de la voladura va desde el diseño de carga y la salida de la voladura, hasta el recubrimiento de las estructuras con tablas de madera y otros materiales que eviten el daño por un posible flyrock.

El personal asignado como vigía de voladura, cumple la función de realizar el barrido desde la voladura hasta el punto asignado, verifica que no haya personal, animales ni equipos dentro del radio de influencia, también se cuenta con vigías que se encargan de cerrar los accesos hacia el tajo, para evitar que vehículos ingresen, toda la comunicación se realiza mediante vía radial.



### 1.14.3 Monitoreo de vibraciones

Las vibraciones que originan las voladuras de roca representan uno de los problemas más importantes que enfrentan las operaciones mineras y las áreas pobladas próximas a éstas (Benjumea, 2003). Por esta razón en el Tajo San Gerardo se viene monitoreando las vibraciones de campo lejano que se generan producto de los proyectos de voladura.

Esta actividad tiene como objetivo monitorear los registros de vibraciones de los proyectos de voladura para determinar la velocidad pico partícula (VPP), según la norma internacional (USBM RI8507), y evaluar los criterios de daño que se generan tanto a infraestructuras como al macizo rocoso que conforman los taludes del tajo.

A partir de las siguientes variables tales como: distancia de la mezcla explosiva al punto de monitoreo, cantidad de carga por retardo y nivel de vibraciones, se caracteriza el comportamiento del terreno mediante la estimación de su ley de atenuación siguiendo el modelo matemático de Divine. Se

#### 1.14.3.1 Objetivos del monitoreo de vibraciones

- Registrar y procesar la data de monitoreo de vibraciones de los proyectos de voladura en el Tajo San Gerardo.
- Determinar la velocidad pico partícula (VPP), generadas por los proyectos de voladura.
- Verificar mediante la velocidad pico partícula (VPP) que los niveles de vibraciones no superen los límites establecidos por la Norma DIN 4150.

El Sismógrafo Micromate Instantel trabaja con el criterio de voladura DIN 4150 para daños producidos por vibraciones generadas por voladuras. El Instituto de Normalización Alemana o DIN (Deutsches Institut für Normung) ha publicado varios

criterios de niveles máximos de vibración, el primero en 1975, el cual fue desglosado tres partes y actualizado en 1999 y 2001.

Los criterios de la DIN 4150 según su campo de aplicación son de cualquier fuente que produzca vibraciones, respecto a las variables medidas tiene la velocidad pico partícula (VPP) en mm/s. En la Tabla 19 se muestran los valores recomendados por la norma DIN 4150.

**Tabla 19.** Velocidades pico recomendadas por la DIN 4150:1979

Item	Clase de edificación	VPP (mm/s)
I	Residencias, oficinas y otras similares construidas de forma tradicional y en condiciones normales	8
II	Edificaciones estables en condiciones normales	30
III	Otras edificaciones y monumentos históricos	4

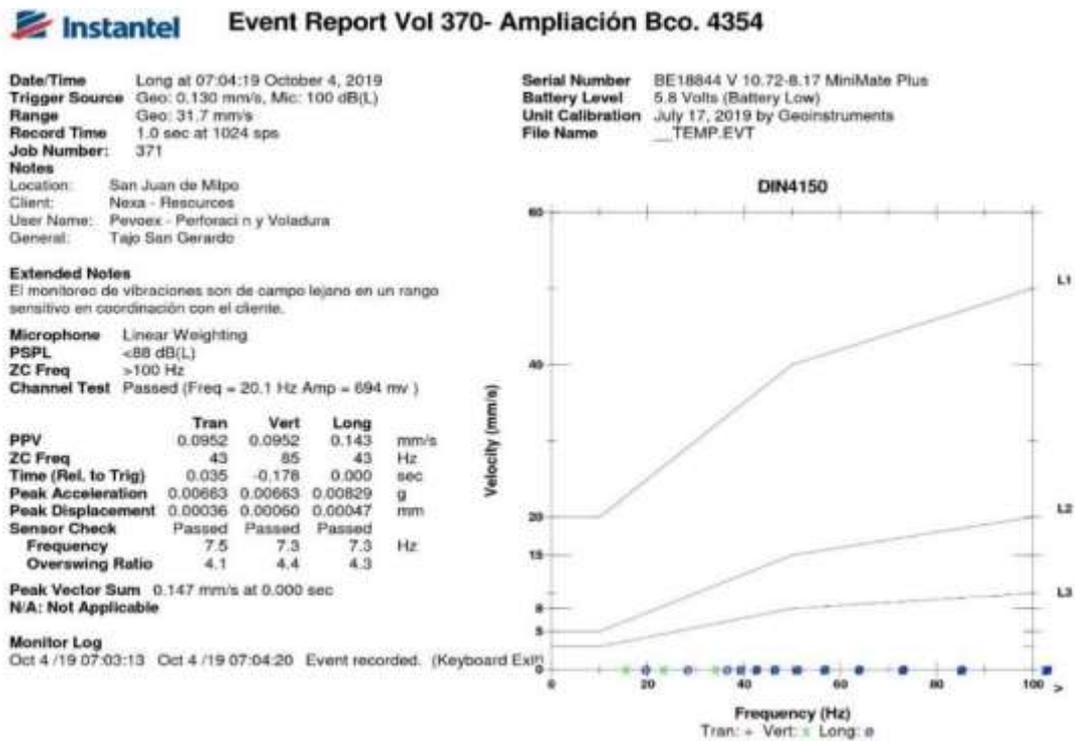
Fuente: Instituto de Normalización Alemana



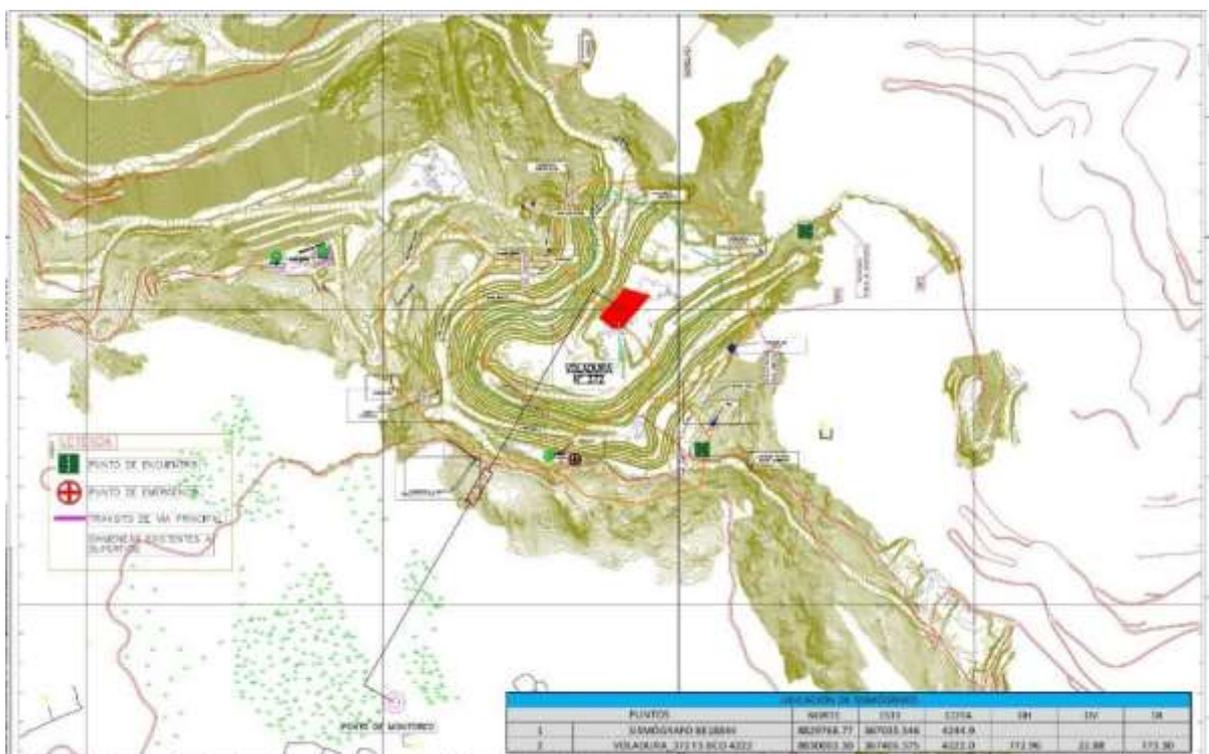
**Figura 24.** Monitoreo de vibraciones de campo lejano  
Fuente: Pervol, Pevoex S.A.C., 2019.

Para efecto de un mayor control se estableció como umbral de daño a estructuras 3 mm/s. En la Anexo 06 se muestra el registro de vibraciones 2019 en el Tajo San Gerardo. Se genera un reporte de medición de voladura, con un plano de distancia del

punto de monitoreo hacia el baricentro del proyecto de voladura, como se muestran en las Figuras 25 y 26.



**Figura 25.** Event Report del monitoreo de vibraciones  
Fuente: Pervol, Pevoex S.A.C., 2019.



**Figura 26.** Plano de monitoreo de vibraciones  
Fuente: Pervol, Pevoex S.A.C., 2019.



## CAPITULO II

### MÉTODO Y PROCEDIMIENTOS

#### 2.1 DESCRIPCIÓN DE LA MINA

La Unidad Minera Atacocha es un yacimiento polimetálico de explotación mixta, subterránea y a tajo abierto, ubicada en la provincia y departamento de Pasco, a 4,000 msnm, a 15 km al noreste de la ciudad de Cerro de Pasco, en la sierra central del Perú. Produce concentrados de zinc, plomo y cobre, con contenidos de oro y plata, a través de un proceso de flotación de mineral en su planta concentradora, la cual tiene una capacidad instalada de 4,500 tpd.

##### 2.1.1 Ubicación general

Distrito : San Francisco de Asís de Yarusyacán.  
Provincia : Cerro de Pasco  
Región : Cerro de Pasco

##### 2.1.2 Clima

La zona de operaciones del Tajo San Gerardo presenta características típicas de la sierra central del Perú, el clima de la zona de estudio es típicamente andino; en la época de estío, entre los meses de mayo a octubre, las temperaturas presentan los niveles más bajos (temperaturas bajo 0° C por las noches), produciéndose “heladas”, y durante el día, la temperatura es templada; mientras que en el verano se caracteriza por la presencia de lluvias, lo cual ocurre en los meses de noviembre a abril (precipitación total promedio anual de 956,57 mm). Las variaciones de temperatura son pronunciadas durante el día y la noche, variando entre 5°C y 25°C. Los valores de temperatura disminuyen conforme aumenta la altitud.

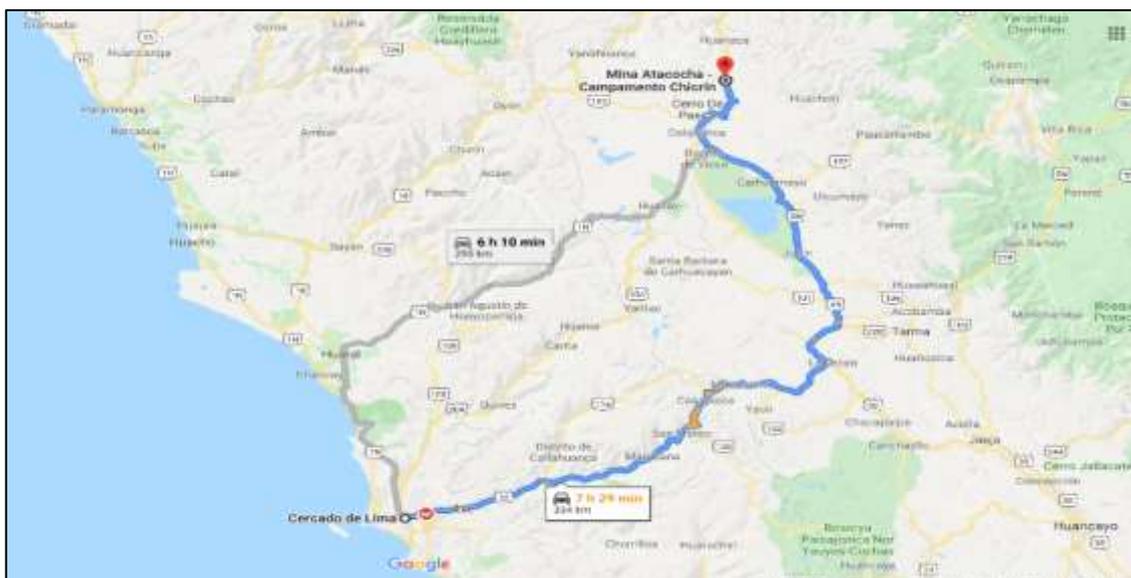
La zona de operaciones presenta un clima lluvioso, se han identificado dos tipos climáticos según la clasificación climática de Thornthwaite, que presentan las siguientes características:

- Clima del tipo lluvioso, semifrío (B (i) D' H3): El cual presenta una humedad relativa entre 65% y 84%, escasez de lluvias entre abril y septiembre y seco en invierno.
- Clima del tipo lluvioso, frío (B (o, i) B'3 H3): Presenta humedad relativa entre 65% y 84%, seco en otoño e invierno.

### 2.1.3 Accesibilidad

A la Unidad Minera Atacocha - Tajo San Gerardo, se puede acceder desde Lima por vía terrestre. A la planta concentradora ubicada en la hacienda Chicrin se llega por la carretera central, con una distancia vial de 334 kilómetros. Posterior a ello se toma la ruta de Yanapampa, el cual es de trocha carrozable, con una distancia vial de 11 kilómetros hasta el Tajo San Gerardo.

Otra ruta de acceso, pero menos utilizada, es la carretera Canta - Huallay al norte de Lima con una distancia vial de 295 kilómetros.



**Figura 27.** Ruta de Lima a la Mina Atacocha  
Fuente: Google Maps, 2019.



**Figura 28.** Ubicación y accesibilidad al Tajo San Gerardo - UMA  
Fuente: Google Earth, 2019.

#### 2.1.4 Propiedad

La Unidad Minera Atacocha - Tajo San Gerardo, pertenece a la compañía Nexa Resources, una compañía minera global y una de las compañías que forman parte del portafolio de inversiones de Votorantim.

## 2.2 GEOLOGÍA REGIONAL

El Yacimiento Atacocha se ubica en los Andes Centrales del Perú en un contexto geológico regional constituido por rocas metamórficas, sedimentarias e intrusivas del Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico, respectivamente separadas por discordancias de erosión.

Las secuencias estratigráficas que se definen a escala regional corresponden al Grupo Mitu, Grupo Pucará, Formación Goyllarisquizga y la Formación Pocobamba.

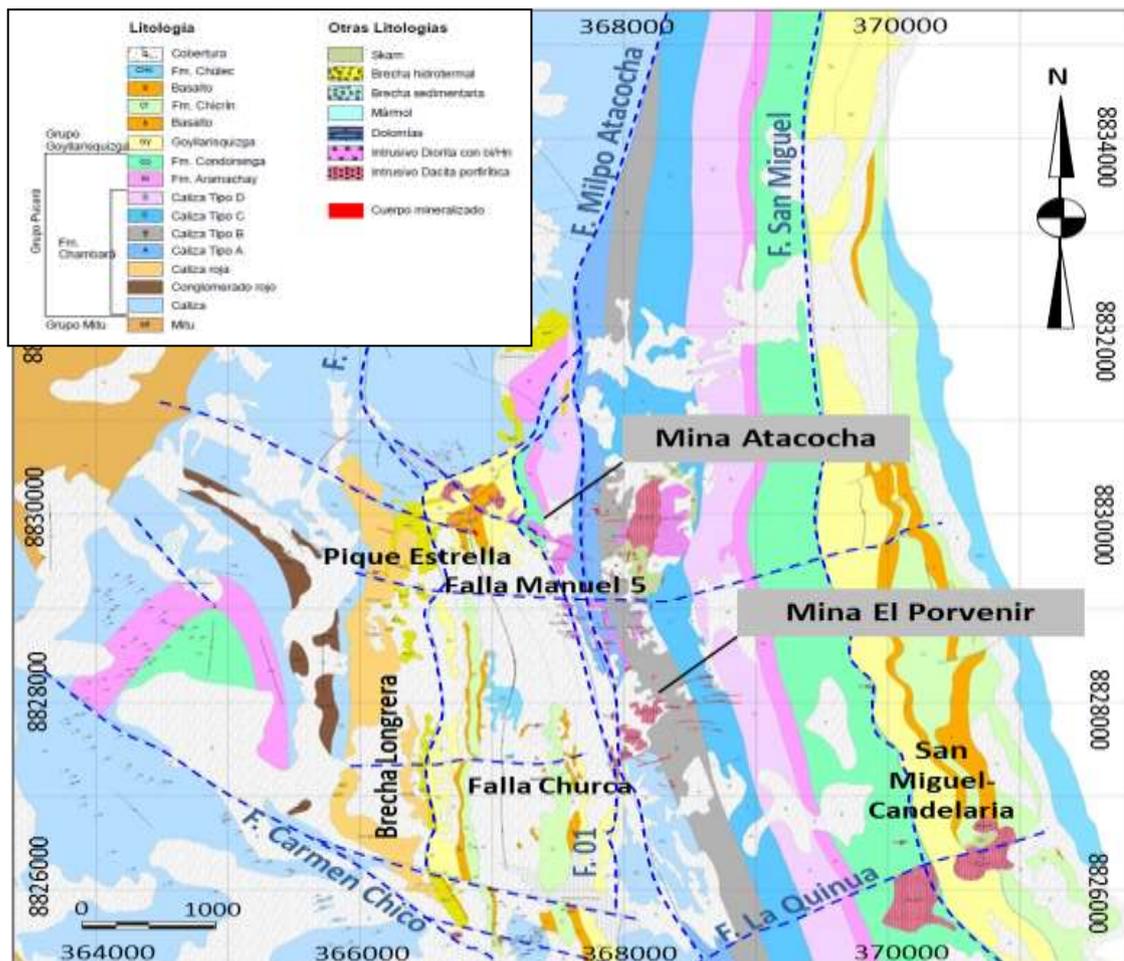
Estos sistemas de intrusiones se definen en dos corredores estructurales definidos. El corredor estructural al Oeste (Cerro de Pasco - Colquijirca) en la meseta de Junín y el corredor estructural Este (Milpo - Atacocha) ubicado en la faja subandina hacia la naciente de los valles amazónicos.



Los principales contextos estructurales de la región se caracterizan por los sistemas de fallas NS y NO- SE, donde se emplazan los distritos mineros de Cerro de Pasco - Colquijirca y sistema estructural Norte - Sur (primario) y Este - Oeste (secundario) de Milpo - Atacocha - Machcán hacia la base de las secuencias del Pucará (Jurásico Inferior).

En la región de Pasco, se ha reconocido tres cinturones magmáticos de distinta edad relacionados a yacimientos hidrotermales de la familia de los pórfidos de cobre. Un cinturón antiguo (38 a 35 Ma) ha desarrollado sistemas hidrotermales epitermales de metales preciosos del tipo “high sulfidation” en Quicay y Pacoyán. Un segundo cinturón más joven (29-26 Ma) comprende intrusivos generalmente dacíticos que han generado skarns asociados a mineralización de Zn-Pb-Ag-Cu en Milpo, Atacocha, Machcán y Vinchos. Un tercer cinturón más joven y prolífico es aquel desarrollado entre 15 y 10 Ma y que comprende los históricos distritos mineros de Cerro de Pasco y Colquijirca. Se trata de centros volcánicos de tipo domo-diatrema, generalmente dacíticos relacionados a depósitos polimetálicos sin relación a skarn (cordilleranos) y pequeñas manifestaciones epitermales de metales preciosos de tipo “high sulfidation”.

El distrito minero de Cerro de Pasco, Colquijirca (11 a 15 millones de años), corresponde a un sistema de alta sulfuración en carbonatos.



**Figura 29.** Geología Distrital de UMA, Atacocha -El Porvenir  
Fuente: Geología, CMA (2017)

### 2.3 GEOLOGÍA LOCAL

El tajío San Gerardo, se encuentra desarrollado en el flanco este del sinclinal Milpo, conformadas por rocas sedimentarias e ígneas. Litológicamente constituido en calizas del Pucará cortadas por intrusivo diorítico del Paleógeno ~30 Ma, relacionados a sistemas de fallas Milpo-Atacocha (N-S) y falla 13 (120°). Sobreyaciendo a estos estratos se encuentra las areniscas del grupo Goyllarisquiza, constituido por areniscas cuarzosas intercaladas con lutitas negras carbonosas.

### 2.4 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Atacocha se encuentra estructuralmente controlado por el sistema de fallas NO-SE, dentro del cual la Falla 13 es la que presenta un mayor desarrollo y a la que se



relaciona el emplazamiento de intrusivos asociados a la mineralización económica al NE (bloque techo) de dicha falla. Otras fallas pertenecientes a este sistema son Estrella y Manuel 5 que controlan el emplazamiento de diques dioríticos tardíos. El sistema E-O se encuentra representado por fallas de rumbo en gran parte del área de Atacocha, controlando el desarrollo de vetas no económicas en su mayoría (óxidos de manganeso y hierro). El sistema N-S a pesar de ser el principal control en la evolución tectónica y estructural de la zona, parece estar restringido en el área de Atacocha a la influencia de la falla Milpo-Atacocha y Longreras. Las principales geometrías de falla se detallan a continuación:

- *Falla Milpo-Atacocha*, se encuentra en la parte central a lo largo de toda el área de estudio. Presenta una orientación general N-S con una flexión hacia el este en la zona del Porvenir e inclinación subvertical ( $75^{\circ}$  -  $90^{\circ}$ ). Así mismo se observan ramales de la falla en toda su traza que en general se encuentran cortando a las calizas del grupo Pucará, los ramales de mayor importancia se observan en el Porvenir, los cuales se inclinan hacia el este, cortando la secuencia silicoclastica de la formación Goyllarisquizga y parte del tope del grupo Pucará (Formación Aramachay/Formación Condorsinga), con movimiento tipo inverso y tendencia a unirse a la traza principal de la Falla Milpo-Atacocha en profundidad.
- *Sistema de Fallas NO-SE*, se desarrolla al oeste de la falla Milpo-Atacocha, entre las fallas Carmen Chico y el lineamiento Falla Santa Bárbara, su presencia al este de la Falla Milpo-Atacocha se ve limitada algunos lineamientos y fallas menores. El sistema presenta una orienta de  $310^{\circ}$ - $330^{\circ}$  e inclinación hacia el NE, presentando diques discontinuos de composición andesítica-diorítico.
- *Falla 13*, Sistema de fallas orientación  $300^{\circ}$ - $335^{\circ}$ , sub verticales con tendencia al NE en profundidad. Se desarrolla en la parte central del distrito en la parte central del



distrito, en el área de Atacocha-San Gerardo, donde es el principal control de mineralización polimetálica. Se encuentra limitado al este por la falla Milpo-Atacocha, observándose al oeste algunos lineamientos menores. En general corta a toda la secuencia sedimentaria calcárea y silicoclastica de la zona, así como también rocas basálticas que afloran al sur del tajo Glory Hole y a los intrusivos dioríticos.

- *Sistemas de fallas E-O*, son un conjunto de fallas ubicadas en gran parte del distrito, preferentemente al este de la Falla Milpo-Atacocha, entre el intrusivo Santa Bárbara y la mina el Porvenir, relacionados a mineralización no económica (óxidos de manganeso y hierro) y económica (sulfuros de plomo y zinc) ya explotada. Se presenta con una orientación predominante E-O y alto ángulo de inclinación ( $80^{\circ}$ - $90^{\circ}$ ). Se encuentra cortando a los sistemas anteriormente descritos.

La falla Milpo-Atacocha en conjunto con la falla 13, controla el emplazamiento y distribución de los intrusivos Atacocha-San Gerardo y Santa Bárbara al este del área en mención; los diques dioríticos que se encuentran entre Santa Bárbara presentan una flexión hacia el este. Todo ocurre en un período transpresivo-transtensivo facilitado por una cinemática de rumbo.

## 2.5 MINERALIZACIÓN

La mineralización en el intrusivo San Gerardo se debe a un control estructural que a continuación se describe:

El sistema de Fallas 13 controla fuertemente el emplazamiento de los cuerpos intrusivos de composición diorítico al oeste de la falla Milpo-Atacocha (área de Atacocha-San Gerardo), así como también las brechas hidrotermales asociadas.

La mineralización en los orebodies y vetas económicas en profundidad es controlada por este sistema de fallas, zonas de apertura sinistral o intersección de fallas N-S. En

superficie se han identificado vetas sub económicas NO-SE, 0.2 a 1.0 m de espesor y relleno de óxidos de manganeso y hierro en la quebrada La Laquia.

El sistema de fallas E-O, entre el intrusivo Santa Bárbara y la falla Milpo-Atacocha, y al E-S del Stock Milpo controla la ocurrencia de vetas de relleno de falla mayormente no económicas de 0.2 a 1.5 m de espesor (relleno de óxidos de manganeso y hierro), cortando y desplazando las estructuras N-S, así como también remanentes de vetas económicas ya explotadas con las mismas características.

## 2.6 DISEÑO OPERATIVO DEL TAJO SAN GERARDO

Con la obtención de un modelo geológico y de recursos se obtuvo la optimización y obtención de un pit óptimo que estableció el diseño operativo del mismo, es decir se diseñó dentro del cono óptimo, la ubicación de las rampas y vías de acarreo, bermas, taludes de banco, etc.

**Tabla 20.** Parámetros de diseño del Tajo San Gerardo

Parámetros de diseño operativo	Unidad	Valor
Altura de banco	m	6
Ancho de minado mínimo	m	16.6
Ancho de doble vía	m	11
Gradiente en rampa	%	10
Radio de giro	m	18
Ancho de berma	m	3.0 - 4.0
Ángulo de talud de banco (BFA)	"	60 - 80
Ángulo inter rampa (IRA)	°	Variable
Ángulo global de talud (OA)	°	35 - 45

Fuente: Planeamiento, Pevoex S.A.C., 2019.

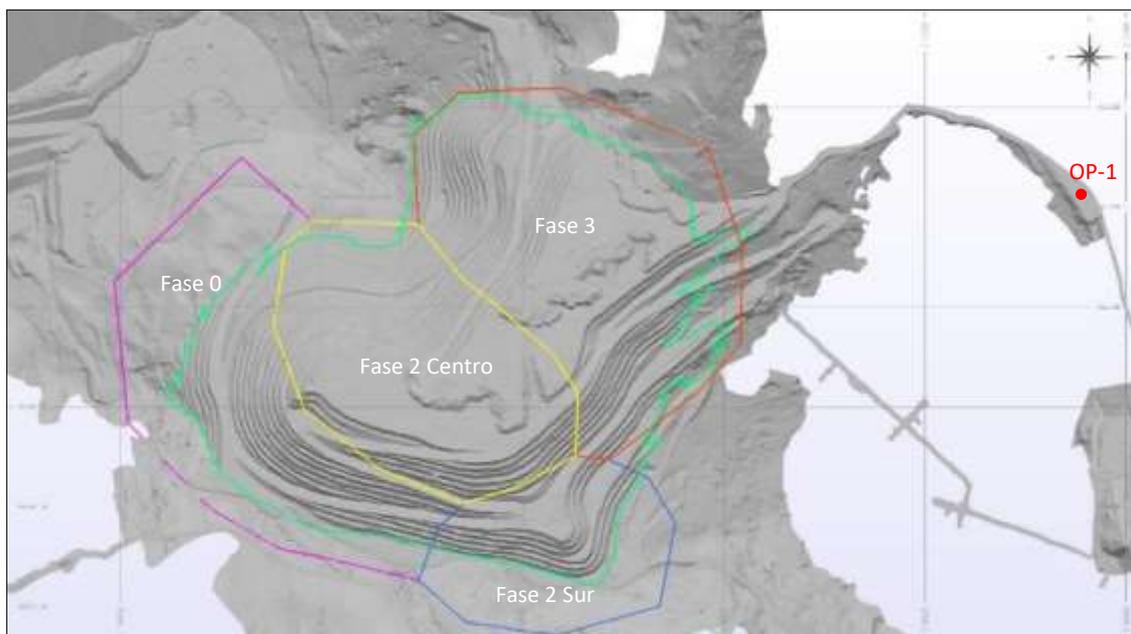
Actualmente los ángulos de banco y globales para las diferentes fases del Tajo San Gerardo, son los que se muestran en la Tabla N° 21. Cabe indicar que si bien es cierto que los ángulos de banco promedio se mantienen en torno a los 60°, en algunos sectores los ángulos de banco incluso llegan a 70° u 80°. En lo que respecta a los ángulos globales se manejan valores entre 35° y 45°.

**Tabla 21.** Ángulos de talud de Banco del Tajo San Gerardo

Ángulos	Rango de Ángulo de Banco (°)	Promedio de Ángulo de Banco (°)	Global (°)
Fase 2 Sur	49-64	58	35
Fase 0	58-63	61	45
Fase 2 Centro	46-70	60	36
Fase 3	54-80	64	45

Fuente: Geotecnia, CMA, 2019.

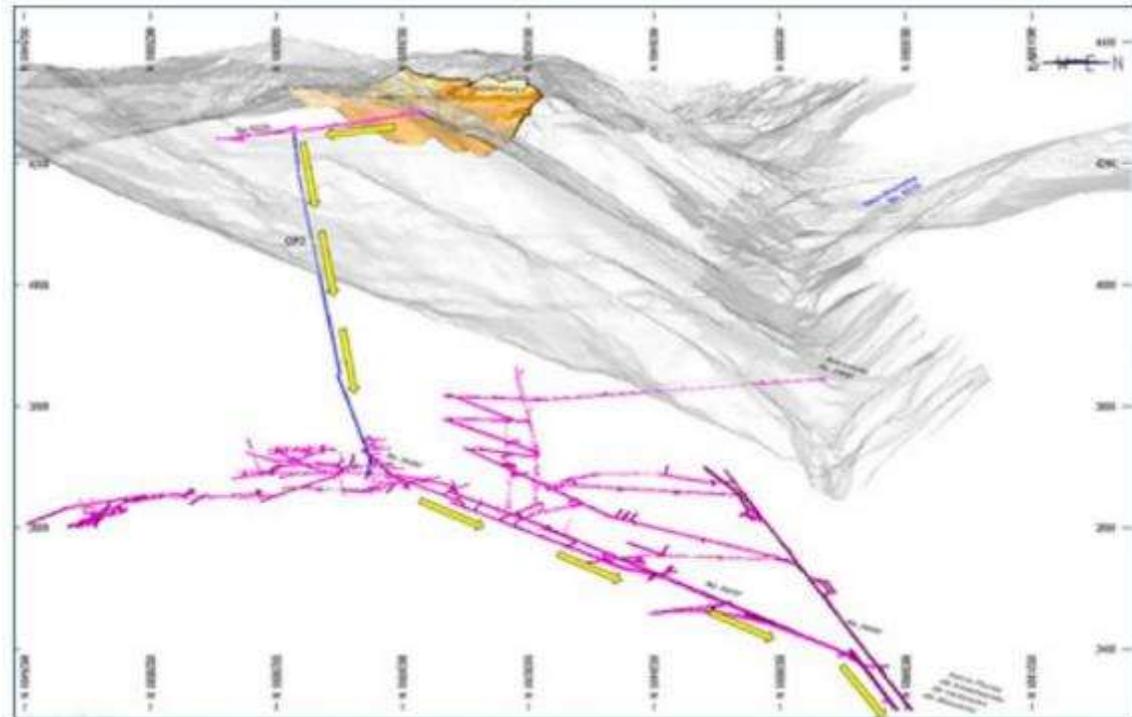
La mina está dividida en cuatro fases de minado (fase 0, fase 2 sur, fase 2 centro y fase 3), el acarreo de mineral se realiza hasta el OP-1 (Ore Pass 1) en el Nv 4222, ubicado a 1.6 km promedio de los polígonos de mineral, cabe mencionar que el OP-1 Se encuentra en la superficie, el OP-1 conecta hasta el Nv 3600.



**Figura 30.** Sectorización por fases de minado del TSG

Fuente: Topografía, Pevoex S.A.C., 2019.





**Figura 32.** Ruta de transporte de mineral desde el TSG a la planta concentradora  
Fuente: Planeamiento, CMA., 2017.

### 2.7.1 Equipos

Actualmente el Tajo San Gerardo cuenta con una flota de minado, divididos en equipos de perforación, carguío, acarreo y auxiliares que hacen un total de 32 equipos.

En perforación se cuenta con 3 perforadoras como se muestra en la Tabla 22, dos asignadas a perforar taladros de producción con diámetro de broca de 5" y una perforadora que realiza taladros de precorte y buffer.

**Tabla 22.** Equipos de Perforación en el Tajo San Gerardo

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO	DIAMETRO
1	Perforadora	SANDVIK	DP 1500i	5"
1	Perforadora	ATLAS COPCO	FLEXIROC D65	5"
1	Perforadora	SANDVIK	DX800	4"

Fuente: Mantenimiento, Pevoex S.A.C., 2019.

El carguío se ejecuta con 2 excavadoras con capacidad de cucharón de 2.4 m<sup>3</sup> para mineral, una excavadora para con capacidad de cucha de 3.2 m<sup>3</sup> para el desmonte y una excavadora adicional para trabajos auxiliares.

**Tabla 23.** Equipos de Carguío en el Tajo San Gerardo

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO	CAPACIDAD
3	Excavadora	CATERPILLAR	336D2L	2.4 m3
1	Excavadora	CATERPILLAR	349D2L	3.2 m3

Fuente: Mantenimiento, Pevoex S.A.C., 2019.

En cuanto a los equipos de acarreo para mineral y desmote se cuenta con 11 volquetes con capacidad de 20 m3 y 5 volquetes con capacidad de 15 m3, como se muestra en la Tabla 24, contando con un total de 16 volquetes.

**Tabla 24.** Equipos de Acarreo en el Tajo San Gerardo

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO	CAPACIDAD
6	Volquete	VOLVO	FMX 8X4R	20 m3
4	Volquete	MERCEDES BENZ	ACTROS 4144K	20 m3
5	Volquete	VOLVO	FMX 6X4R	15 m3
1	Volquete	MERCEDES BENZ	ACTROS 4151K	20 m3

Fuente: Mantenimiento, Pevoex S.A.C., 2019.

Los trabajos auxiliares como empuje de material en el tajo y el botadero, mantenimiento de vías, conformación de muros de seguridad y cunetas en las rampas entre otros trabajos, son ejecutados por una flota de equipos auxiliares tal como se muestra en la Tabla 25.

**Tabla 25.** Equipos Auxiliares en el Tajo San Gerardo

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO
1	Tractor de Orugas	CATERPILLAR	D6T
1	Tractor de Orugas	CATERPILLAR	D8T
1	Tractor de Orugas	KOMATSU	D65EX-16
1	Motoniveladora	KOMATSU	DG555-5
1	Rodillo	BOMAG	BW211D-40
1	Retroexcavadora	CATERPILLAR	420F2
1	Cargador frontal	CATERPILLAR	966H
1	Cisterna de combustible	VOLVO	VM 6X4 R
1	Cisterna de Agua	HINO	FM

Fuente: Mantenimiento, Pevoex S.A.C., 2019.

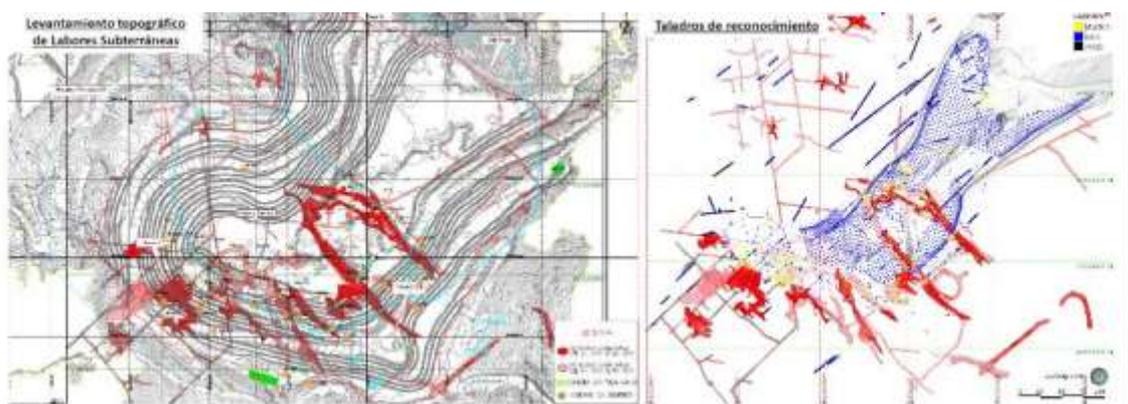
## CAPITULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

El presente informe describe dos fenómenos situacionales que buscan especificar características importantes, es por ello que la evaluación será del tipo descriptivo - comparativo, ya que su objetivo es describir los eventos y comparar los resultados.

#### 3.1 INCIDENCIA DE LAS LABORES SUBTERRÁNEAS EN LA PERFORACIÓN

La perforación es la primera etapa del proceso para obtener el material fragmentado, cuando el macizo rocoso es competente la perforación es eficiente, sin embargo en el Tajo San Gerardo se cuenta con condiciones de labores subterráneas antiguas, las cuales son chimeneas (labores verticales), tajos, cruceros (labores horizontales), de las cuales se cuenta con muy poca información, lo cual genera una incertidumbre al momento de realizar trabajos sobre los pisos del tajo, que puede desencadenar en un accidente por caída a desnivel producto del hundimiento del piso tanto para personas como equipos, En la Figura 33 se muestra el levantamiento topográfico de las labores subterráneas.

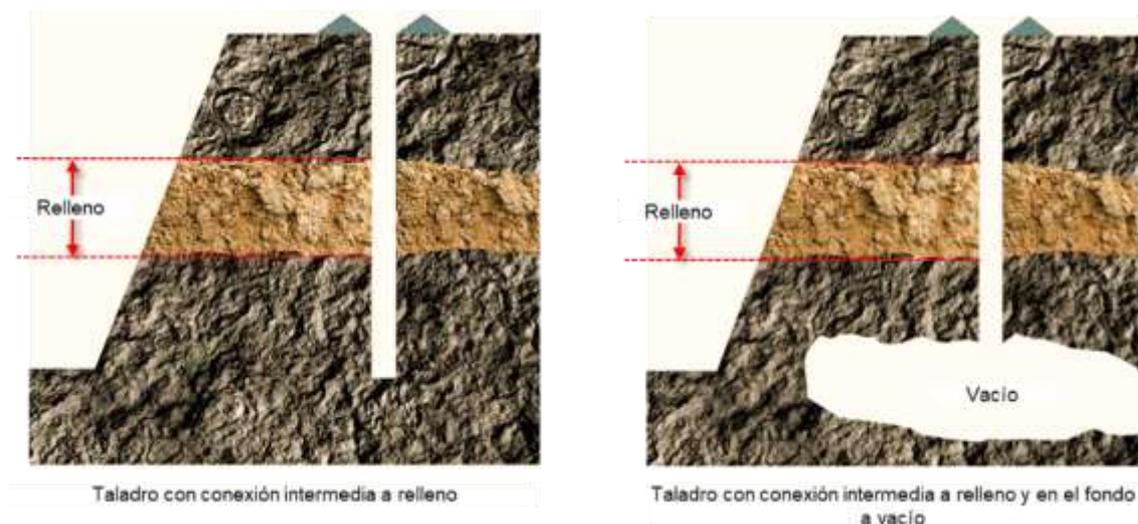


**Figura 33.** Levantamiento topográfico de las labores subterráneas en el TSG  
Fuente: Geotecnia, CMA, 2019.

Ante esta situación se tomo la decisión de mejorar el control de perforación de taladros, siendo esta la modificación del reporte de perforación, el cual incluye el control

de tiempos de perforación por taladro, en el Anexo 01 se muestra el formato de reporte diario de producción de perforadora.

Básicamente se presentan dos configuraciones de conexión a labores subterráneas, taladros que conectan a relleno, al inicio del collar, en la parte intermedia del taladro o al final del taladro, la segunda configuración es la conexión a vacío, que por lo general es al final del taladro, en la Figura 34 se muestra las dos configuraciones mas usuales de conexión a labores subterráneas. Se tiene que mencionar que la configuración de relleno es la más usual.

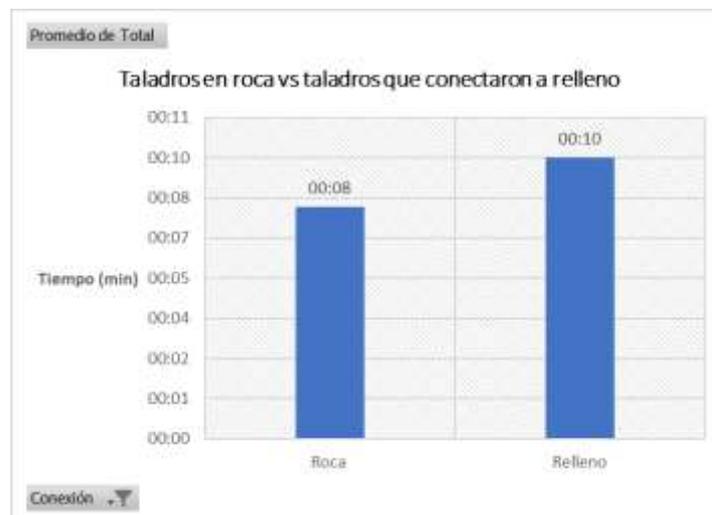


**Figura 34.** Configuración típica de taladros que conectaron a labores subterráneas  
Fuente: Pervol, Pevoex S.A.C., 2019.

En cuanto a los taladros que conectan a relleno, el principal perjuicio está en el rendimiento de la perforación, en el control de taladros se identifico una diferencia en los tiempos globales de perforación en roca y en relleno, dando en promedio de ocho (08) minutos y diez (10) minutos respectivamente, haciendo una diferencia de dos (02) minutos. La principal razón es la demora en armar el taladro en relleno, ya que requiere mas tiempo, además de correr el riesgo de atascamiento de barra por la caída de material del relleno sobre la broca, además de un desgaste prematuro de la broca de perforación por la abrasividad del material de relleno. El problema se incrementa con la presencia de agua por las lluvias, que ocasionan el derrumbamiento de taladros y por ende la

reperforación de los mismos incrementando los tiempos y costos en la culminación de un proyecto de perforación y voladura.

Los taladros que conectan a vacío a comparación de los que conectan a relleno, no inciden en los costos y tiempos de perforación, pero si en la seguridad del personal y equipos que se encuentran encima de estos vacíos, el cual genera una condición de alto riesgo, los taladros que conectaron a vacío en promedio por proyecto de voladura es muy bajo a comparación de los taladros en relleno, debido a que estas labores subterráneas antiguas eran rellenadas, además las voladuras en bancos superiores generaron el derrumbe y relleno de dichas labores.



**Figura 35.** Tiempo de perforación de taladros en roca y relleno  
Fuente: Pervol, Pevoex S.A.C., 2019.



**Figura 36.** Tiempos de perforación por taladro en condiciones normales de roca  
Fuente: Pervol, Pevoex S.A.C., 2019.



**Figura 37.** Tiempos de perforación por taladro en condiciones de relleno  
Fuente: Pervol, Pevoex S.A.C., 2019.

En cuanto al consumo de aceros de perforación, tomamos como referencia las brocas, por que es el acero que se cambia con mayor frecuencia y es la variable que mejor nos indica la incidencia de los puntos de conexión en la perforación, en la Figura 38, podemos observar el consumo de brocas y los costos que estos implican por mes. En el mes de setiembre se puede apreciar un incremento considerable con respecto a los anteriores meses, esto debido a un mejor rendimiento en la perforación, ya que se inicia a minar la ampliación del tajo, cuya peculiaridad es la de no contar con puntos de conexión a labores subterráneas.



**Figura 38.** Consumo de brocas de perforación  
Fuente: Pervol, Pevoex S.A.C., 2019.



### 3.2 INCIDENCIA DE LAS LABORES SUBTERRÁNEAS EN LA VOLADURA

Respecto a la voladura la incidencia de las labores subterráneas radica en la eficiencia en la fragmentación de la roca y el control de pisos, la eficiencia de la voladura se ve afectada por la pérdida de energía en los tramos donde el taladro ha conectado a relleno o vacío, la energía no actúa eficientemente sobre el macizo rocoso, generando material heterogéneo en todo el proyecto de voladura, por una parte los taladros que conectaron a relleno producen material muy fino que es perjudicial en el caso de que este material sea mineral, porque se apelmaza con el agua y provoca obstrucción en el ore pass, si el relleno se sitúa en el intermedio del taladro puede generar bolonería en el collar, o toes en el piso, ver en el Anexo 08, el plano stock de materiales, donde se puede apreciar el control de pisos, lo cual es perjudicial al momento de realizar el carguío del material, si se produce bolonería, los rendimientos de carguío y acarreo bajan, si se produce toes en los pisos, generarán un sobre costo en la corrección de estos al realizar voladuras de refine o uso de martillo hidráulico, o horas adicionales del tractor y desgaste prematuro de los gets de corte de dichos equipos.

En relación al carguío de taladros con explosivos, los tiempos de carguío se incrementan debido al diseño de carga para este tipo de taladros, el uso de SAN-G se ve limitado para taladros con conexión a labores subterráneas, debido al estado semilíquido de la emulsión el cual tendería a perderse en los vacíos y el relleno, es por ello que la preparación de magas con ANFO significa mayor inversión de tiempo, en muchas ocasiones para asegurar la fragmentación se tiene que realizar dobles bajadas (doble iniciación), esto encarece la voladura. Para taladros con conexión a vacío las medidas de seguridad para el carguío, implican el uso de un sistema contra caídas, anclados a un equipo liviano que no genere peso excesivo cerca a los vacíos para no ocasionar un

posible hundimiento del piso. En la Figura 35 se puede observar el carguío de taladros que conectaron a vacío.

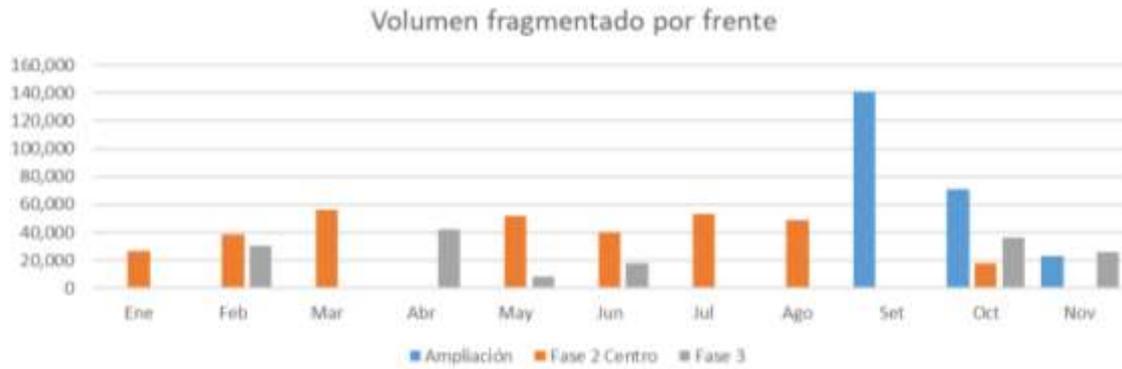
Una medida de control para evitar que personal o equipos ingresen al área donde se conecto a vacío es la delimitación con cintas rojas y letreros de advertencia.



**Figura 39.** Carguío de taladros con conexión a vacío.  
Fuente: Pervol, Pevoex S.A.C., 2019.

En la Figura 40 se observa que en el mes de setiembre se realizo voladuras en la ampliación del tajo, comparado a meses anteriores se ve una notable diferencia en el volumen obtenido, cabe mencionar que en todo el año no hubo restricciones, lo cual indica que el rendimiento de las voladuras a partir del mes de setiembre a sido creciente, en el mes de octubre se aprecia voladuras en tanto en el tajo como en ampliación y es el mes donde se puede apreciar el bajo rendimiento en la fase 2 centro, fase donde se concentra la mayor cantidad de puntos de conexión a labores subterráneas, sin embargo el acumulado es positivo gracias a los proyectos de P&V realizados en la ampliación, en el mes de noviembre solo se contabilizan dos voladuras.

Estos resultados evidencian con claridad la incidencia negativa de los puntos de conexión a labores subterráneas sobre el volumen fragmentado de material obtenido de las voladuras.



**Figura 40.** Volumen fragmentado por frente  
Fuente: Pervol, Pevoex S.A.C., 2019.



## IV. CONCLUSIONES

1. Al analizar los resultados del trabajo presentado, podemos resaltar los controles implementados para mantener la seguridad de la operación en los frentes de minado donde están presentes los puntos de conexión a labores subterráneas, asegurando la continuidad del negocio como empresa de servicios.
2. Al no contar con información precisa sobre las dimensiones, profundidad y ubicación de los puntos de conexión a labores subterráneas, la perforación a jugado un papel importante para determinar las zonas seguras del tajo, y ha permitido la proyección en bancos inferiores de los puntos de conexión, esto ha permitido llevar una operación segura y rentable.
3. Es relevante poder identificar los taladros que han conectado a labores subterráneas, ya sean estas a relleno que incrementa la probabilidad de una mala distribución de energía, por pérdida del explosivo en el caso de uso del SAN-G y por ende ocasionar fragmentos de rocas sobredimensionadas (bolonería) si el relleno se ubica al inicio del collar o a la mitad del taladro, o pueden generar toes en piso del banco, los cuales en ambos casos incrementan el costo de minado.
4. Es cierto que los taladros que conectan a vacío son mínimos a comparación de los taladros que conectan a relleno (uno de cada 400 aproximadamente), pero el mismo hecho que no exista un puente lo suficientemente resistente entre el vacío y la superficie, implica un alto riesgo para personas y equipos que se encuentran trabajando por encima de esta condición, lo cual genera un mayor control al momento de realizar el carguío de dicho taladro, para la eliminación de la condición por derrumbe producto de la voladura.



## V. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda valorar los trabajos de perforación ay que cumplen doble función, la de producir taladros para producir material fragmentado (mineral y desmonte), y la de realizar sondajes al mismo tiempo, el cual proporciona data valiosa para el control de puntos de conexión a labores subterráneas.
2. En el control de taladros se cuenta con formatos para ser llenados por el operador, si bien es cierto que este formato proporciona data para el control, no asegura que la data sea confiable, por lo tanto, se recomienda implementar un sistema de control en tiempo real que asegure una data confiable y oportuna en el tiempo.
3. La experiencia del ingeniero de perforación y voladura y de los manipuladores de explosivos, toma un papel importante para el control de los taladros que conectaron a labores subterráneas, ya que prima el criterio para la toma de decisiones al momento de realizar el carguío con explosivos de estos taladros, por eso se recomienda contar con personal con experiencia y comprometidos con las operaciones de perforación y voladura.
4. Se debe tomar en cuenta la información geotécnica de los bancos superiores, con el fin de proyectar posibles zonas de conexión a labores subterráneas, esto permitirá una correcta planificación en las operaciones de perforación, permitirá iniciar la perforación de taladros en roca, y dejar al final los taladros con presencia de relleno, así evitar el derrumbamiento de taladros y su posterior reperforación.



## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Benjumea, J. (2003). *Vibraciones causadas por actividad humana Caracterización, efectos y*

*manejo en la ingeniería civil* [Tesis de pregrado]. Universidad del Valle, Facultad de Ingenierías, Escuela de Ingeniería Civil y Geomática, Santiago de Cali, Colombia.

CivilTech. (2018, 7 de noviembre). Perforación con Martillos de Fondo DTH [Blog].

Recuperado de <https://civiltechic.com/blog/b13/perforacion-con-martillos-de-fondo-th>

Famesa Explosivos (2016). Productos [Fichas técnicas]. Recuperado de

<http://www.famesa.com.pe/productos/sistemas-de-iniciacion/>

González, D. (2016). *Evaluación de los parámetros de perforación en barrenos y correlación*

*con la geología del terreno* [tesis de pregrado]. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía, Madrid, España.

Huayanay, V. (2017). *Evaluación técnico económica y ecológica del uso de la emulsión*

*gasificada San-G en el Glory Hole - Atacocha* [tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería d Geológica Minera y Metalúrgica, Lima, Perú.

López, C. (2003). Manual de perforación y voladura de rocas. Madrid, España.

López, V. (1994, mayo). Manual para la selección de métodos de explotación de minas.

México, Universidad Nacional Autónoma de México.

Mackenzie, C. (1994). Estado del arte de la Tronadura. Enaex, Gerencia Técnica. Págs.



Mucho, R. (2013, 01 de agosto). *Voladura de rocas para la nueva minería*. Ciclo de conferencias del Jueves Minero en el IIMP, Lima, Perú.

ProRock. (2013). Herramientas de perforación [Manual]. Recuperado de <http://www.prorock.es/es-es/home.aspx>

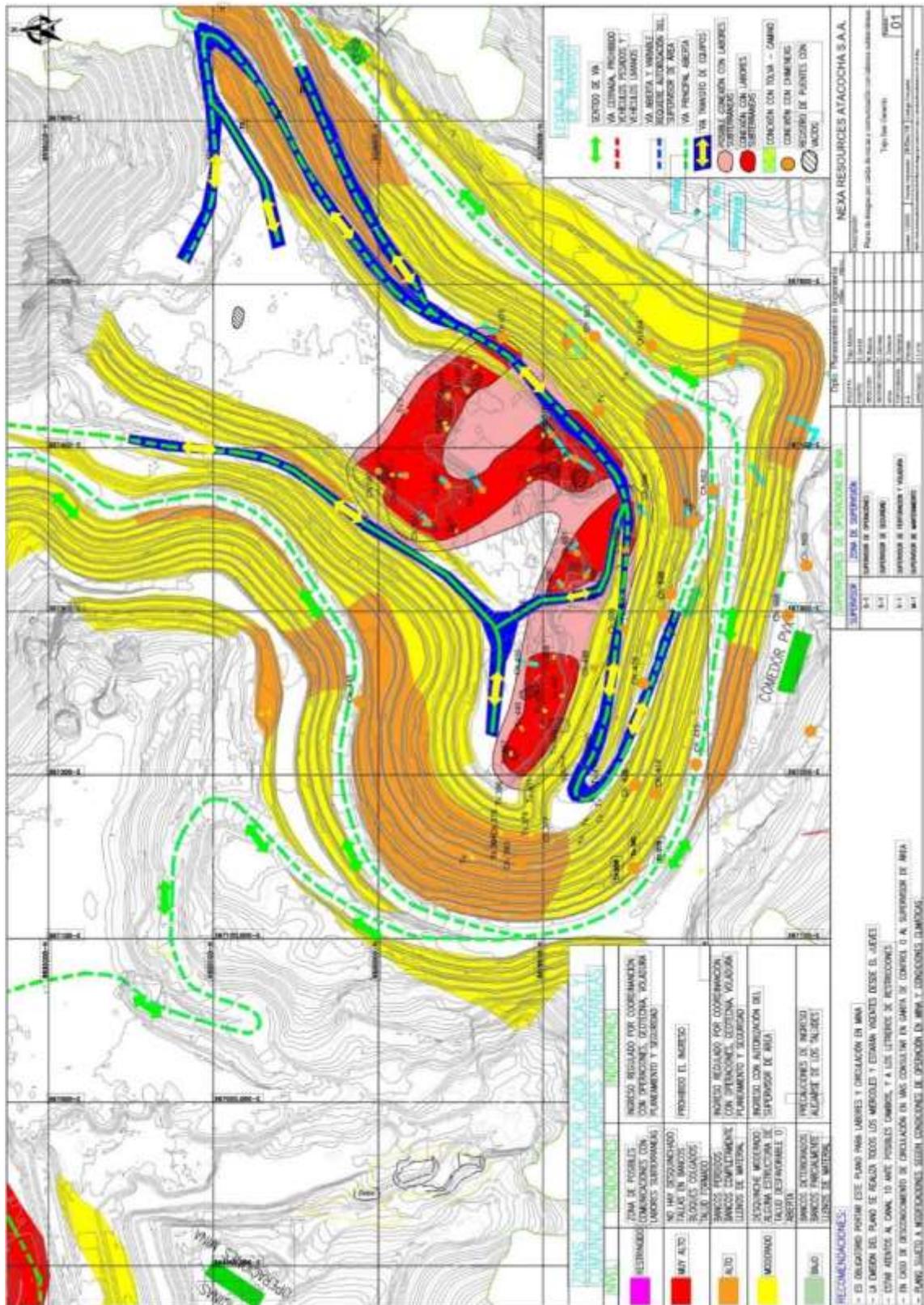
Robit. (2019, junio). Robit Top Hammer Product Catalogue [catalogo]. Recuperado de <https://www.robitgroup.com/media/catalogues/>

Robit. (2019, junio). Robit DTH Product Catalogue [catalogo]. Recuperado de <https://www.robitgroup.com/media/catalogues/>

Salazar, G. (2005). *Remoción de rocas con explosivos, para la construcción de caminos* (tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.



**Anexo 02:** Plano de riesgos por caída de rocas y comunicación subterránea -Tajo San Gerardo.





### Anexo 03: Protocolo de Voladura N° 352

- Hoja de notificación - caratula



AT-PERVOL-FR-006  
V.00  
16/09/2018

#### NOTIFICACIÓN DE VOLADURA N° 352-4234-0213

---

EXPLOTACION DEL TAJO "SAN GERARDO"  
FASE 2 CENTRO, BANCO 4234

---

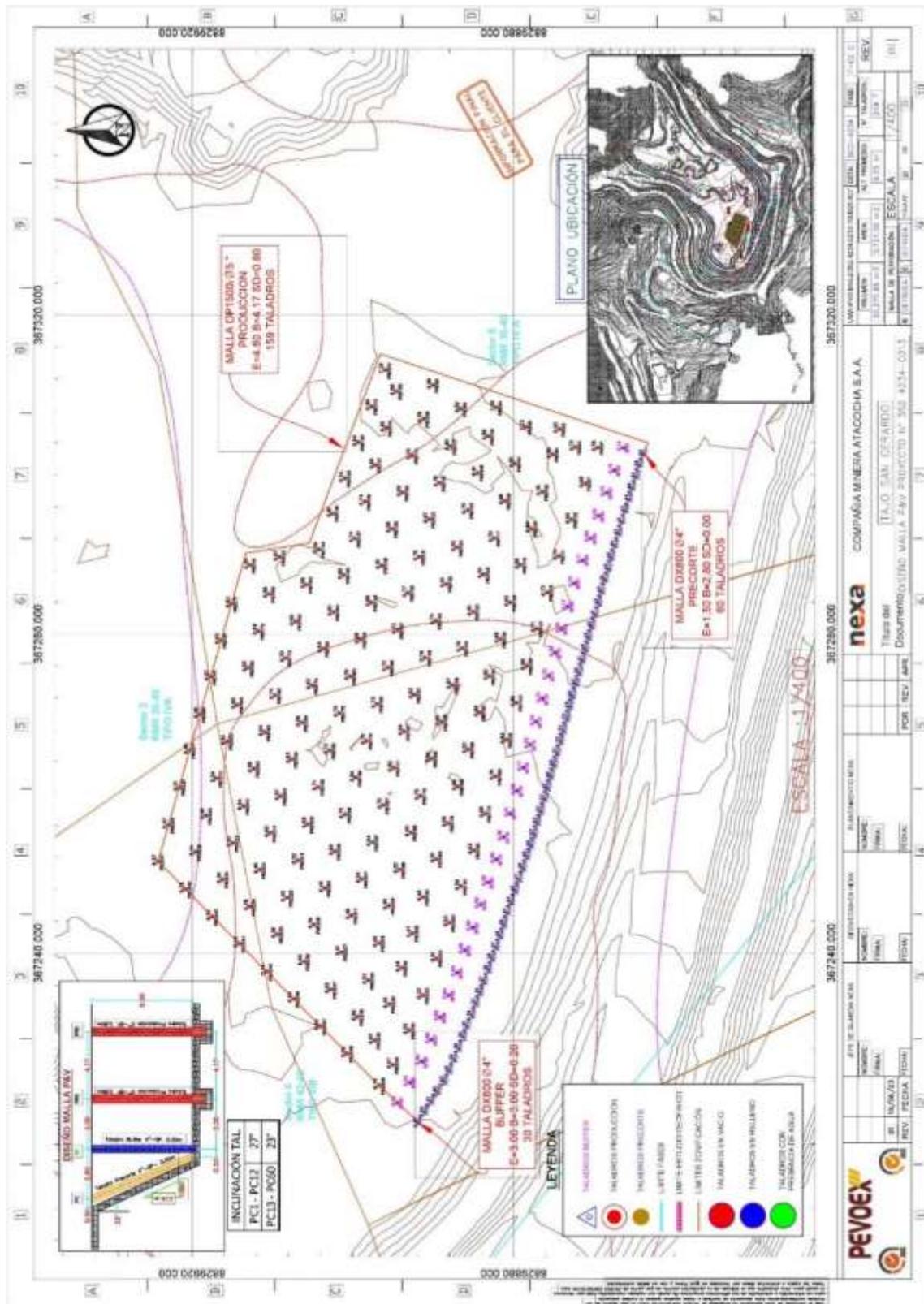
1	NÚMERO DE PROTOCOLO:	352-4234-0213
2	EMPRESA RESPONSABLE:	PEVOEX CONTRATISTAS S.A.C.
3	BANCO O ZONA:	FASE 2 CENTRO, BANCO 4234
4	FECHA DE VOLADURA:	jueves, 13 de Junio de 2019
5	ÁREA DE VOLADURA:	SUPERFICIE - TAJO SAN GERARDO
6	RESPONSABLE DE OPERACIONES:	Eder Salazar / Eber Almonacid
7	RESPONSABLE DE VOLADURA:	Manuel Catacora / Jose Luis Iturry
8	RESPONSABLE DE SEGURIDAD:	Ivan Cordova / Raul Cotrado
9	HORARIO DEL RANGO DE VOLADURA:	08:00:00 a.m. - 08:30:00 a.m.
10	HORARIO DE EVACUACIÓN y BLOQUEO:	7:30 a. m.
11	CIERRE DE VIAS:	7:30 a. m.
12	HORARIO DE MEETING DE VIGÍAS:	6:50 a. m.

ADVERTENCIA:

- RESPETAR EN TODO MOMENTO LAS INDICACIONES DE LOS VIGÍAS  
- SI EL VIGÍA INDICA DETENERSE, **ACATE LA INSTRUCCIÓN**

NRO	EMPRESA	RESPONSABLE	CARGO	FIRMA
1	PEVOEX- OPERACIONES			
2	PEVOEX - SEGURIDAD			
3	CMA- RELACIONES COM.			
4	CMA- OPERACIONES			
5	CMA- PLANEAMIENTO			
6	CMA-GEOMECÁNICA			
7	CMA- SEGURIDAD			

- Diseño de malla de perforación





• Distribución de carga por taladro



DISTRIBUCION DE CARGA

ID TNL	HORTE	ESTE	COTA	Alto de Taladro (m)	Diámetro	Tipo de Taladro	Diámetro Pulg	MARCHA(m)	ESPECIFIC (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Tipo de Emulsion de Columna	Factor de Carga (kg/m <sup>3</sup> )	Capacidad de Emulsion Pulg
1	8829668 30	367320 83	4239 58	6.18	PC1	Precote	4	0	1.50	0.00	ANFO	0.34	3.11
2	8829668 68	367320 00	4239 53	6.13	PC2	Precote	4	0	1.50	0.00	ANFO	0.34	3.11
3	8829667 49	367319 08	4239 60	6.20	PC3	Precote	4	0	1.50	0.00	ANFO	0.34	3.11
4	8829666 32	367318 09	4239 56	6.16	PC4	Precote	4	0	1.50	0.00	ANFO	0.34	3.11
5	8829665 24	367317 00	4239 53	6.13	PC5	Precote	4	0	1.50	0.00	ANFO	0.34	3.11
6	8829664 27	367315 88	4239 53	6.13	PC6	Precote	4	0	1.50	0.00	ANFO	0.34	3.11
7	8829663 22	367314 83	4239 51	6.11	PC7	Precote	4	0	1.50	0.00	ANFO	0.34	3.11
8	8829662 20	367313 70	4239 50	6.10	PC8	Precote	4	0	1.50	0.00	ANFO	0.34	3.11
9	8829661 14	367312 60	4239 49	6.09	PC9	Precote	4	0	1.50	0.00	ANFO	0.34	3.11
10	8829660 18	367311 51	4239 50	6.10	PC10	Precote	4	0	1.50	0.00	ANFO	0.34	3.11
11	8829659 22	367310 31	4239 49	6.09	PC11	Precote	4	0	1.50	0.00	ANFO	0.34	3.11
12	8829658 24	367309 16	4239 46	6.06	PC12	Precote	4	0	1.50	0.00	ANFO	0.34	3.11
13	8829657 31	367308 06	4239 35	5.95	PC13	Precote	4	0	1.50	0.00	ANFO	0.34	3.11
14	8829656 32	367306 86	4239 52	6.12	PC14	Precote	4	0	1.50	0.00	ANFO	0.34	3.11
15	8829655 47	367305 66	4239 59	6.19	PC15	Precote	4	0	1.50	0.00	ANFO	0.34	3.11
16	8829654 59	367304 45	4239 56	6.16	PC16	Precote	4	0	1.50	0.00	ANFO	0.34	3.11
17	8829653 69	367303 28	4239 41	6.01	PC17	Precote	4	0	1.50	0.00	ANFO	0.34	3.11
18	8829652 81	367302 05	4239 42	6.02	PC18	Precote	4	0	1.50	0.00	ANFO	0.34	3.11
19	8829651 07	367300 73	4239 45	6.05	PC19	Precote	4	0	1.50	0.00	ANFO	0.34	3.11
20	8829651 25	367299 48	4239 52	6.12	PC20	Precote	4	0	1.50	0.00	ANFO	0.34	3.11
21	8829650 52	367298 25	4239 55	6.15	PC21	Precote	4	0	1.50	0.00	ANFO	0.34	3.11
22	8829649 74	367296 92	4239 58	6.19	PC22	Precote	4	0	1.50	0.00	ANFO	0.34	3.11
23	8829648 11	367295 58	4239 56	6.16	PC23	Precote	4	0	1.50	0.00	ANFO	0.34	3.11
24	8829647 47	367294 19	4239 58	6.18	PC24	Precote	4	0	1.50	0.00	ANFO	0.34	3.11
25	8829647 83	367292 78	4239 60	6.20	PC25	Precote	4	0	1.50	0.00	ANFO	0.34	3.11
26	8829647 19	367291 45	4239 63	6.23	PC26	Precote	4	0	1.50	0.00	ANFO	0.34	3.11
27	8829646 75	367290 05	4239 77	6.37	PC27	Precote	4	0	1.50	0.00	ANFO	0.34	3.11
28	8829646 23	367288 57	4239 78	6.38	PC28	Precote	4	0	1.50	0.00	ANFO	0.34	3.11
29	8829645 79	367287 17	4239 76	6.36	PC29	Precote	4	0	1.50	0.00	ANFO	0.34	3.11
30	8829645 40	367285 71	4239 76	6.36	PC30	Precote	4	0	1.50	0.00	ANFO	0.34	3.11
31	8829667 36	367322 83	4239 64	5.94	BF31	Buffer 01	4	3	3.00	52.56	Emulsion Gasificada	0.42	22.23
32	8829665 31	367320 67	4239 58	5.78	BF32	Buffer 01	4	3	3.00	51.99	Emulsion Gasificada	0.42	22.08
33	8829663 14	367318 53	4239 62	5.82	BF33	Buffer 01	4	3	3.00	52.37	Emulsion Gasificada	0.42	22.24
34	8829661 00	367316 37	4239 56	5.76	BF34	Buffer 01	4	3	3.00	51.88	Emulsion Gasificada	0.42	22.03
35	8829658 88	367314 31	4239 55	5.75	BF35	Buffer 01	4	3	3.00	51.75	Emulsion Gasificada	0.42	21.98
36	8829656 99	367312 03	4239 54	5.74	BF36	Buffer 01	4	3	3.00	51.62	Emulsion Gasificada	0.42	21.92
37	8829655 01	367309 87	4239 53	5.73	BF37	Buffer 01	4	3	3.00	51.53	Emulsion Gasificada	0.42	21.88
38	8829653 17	367307 37	4239 46	5.66	BF38	Buffer 01	4	3	3.00	50.90	Emulsion Gasificada	0.42	21.62
39	8829651 42	367304 91	4239 39	5.59	BF39	Buffer 01	4	3	3.00	50.31	Emulsion Gasificada	0.42	21.37
40	8829649 74	367302 38	4239 46	5.66	BF40	Buffer 01	4	3	3.00	50.94	Emulsion Gasificada	0.42	21.64
41	8829648 18	367299 84	4239 51	5.71	BF41	Buffer 01	4	3	3.00	51.36	Emulsion Gasificada	0.42	21.82
42	8829646 72	367297 20	4239 51	5.71	BF42	Buffer 01	4	3	3.00	51.43	Emulsion Gasificada	0.42	21.84
43	8829645 45	367294 50	4239 71	5.91	BF43	Buffer 01	4	3	3.00	53.18	Emulsion Gasificada	0.42	22.58
44	8829644 28	367291 70	4239 85	6.05	BF44	Buffer 01	4	3	3.00	54.48	Emulsion Gasificada	0.42	23.14
45	8829643 45	367288 80	4239 86	6.09	BF45	Buffer 01	4	3	3.00	54.70	Emulsion Gasificada	0.42	23.23
46	8829642 51	367286 36	4239 89	6.09	BF46	Buffer 01	4	3	3.00	54.78	Emulsion Gasificada	0.42	23.27
47	8829663 91	367324 21	4239 69	6.49	PRD47	Producción 01	5	4.17	4.80	129.82	Emulsion Gasificada	0.50	45.48
48	8829661 83	367321 50	4239 68	6.48	PRD48	Producción 01	5	4.17	4.80	129.62	Emulsion Gasificada	0.50	45.33
49	8829658 45	367318 09	4239 63	6.43	PRD49	Producción 01	5	4.17	4.80	128.64	Emulsion Gasificada	0.50	44.84
50	8829655 23	367314 54	4239 62	6.42	PRD50	Producción 01	5	4.17	4.80	128.49	Emulsion Gasificada	0.50	44.76
51	8829652 06	367310 87	4239 63	6.42	PRD51	Producción 01	5	4.17	4.80	128.54	Emulsion Gasificada	0.50	44.79
52	8829649 25	367306 94	4239 50	6.30	PRD52	Producción 01	5	4.17	4.80	126.06	Emulsion Gasificada	0.50	43.34
53	8829646 81	367303 00	4239 57	6.37	PRD53	Producción 01	5	4.17	4.80	127.49	Emulsion Gasificada	0.50	44.25
54	8829644 24	367298 82	4239 50	6.30	PRD54	Producción 01	5	4.17	4.80	126.06	Emulsion Gasificada	0.50	43.34
55	8829642 16	367294 43	4239 65	6.45	PRD55	Producción 01	5	4.17	4.80	129.16	Emulsion Gasificada	0.50	45.10
56	8829640 84	367290 43	4239 76	6.56	PRD56	Producción 01	5	4.17	4.80	131.34	Emulsion Gasificada	0.50	46.20
57	8829639 84	367287 04	4239 78	6.58	PRD57	Producción 01	5	4.17	4.80	131.83	Emulsion Gasificada	0.50	46.34
58	8829637 55	367287 79	4239 77	6.57	PRD58	Producción 01	5	4.17	4.80	131.43	Emulsion Gasificada	0.50	46.24
59	8829640 26	367296 42	4239 59	6.39	PRD59	Producción 01	5	4.17	4.80	127.90	Emulsion Gasificada	0.50	44.46
60	8829637 85	367292 08	4239 63	6.43	PRD60	Producción 01	5	4.17	4.80	128.78	Emulsion Gasificada	0.50	44.91
61	8829634 89	367288 31	4239 63	6.43	PRD61	Producción 01	5	4.17	4.80	128.78	Emulsion Gasificada	0.50	44.91
62	8829660 20	367326 55	4239 66	6.46	PRD62	Producción 01	5	4.17	4.80	129.30	Emulsion Gasificada	0.50	45.17
63	8829657 19	367322 76	4239 72	6.52	PRD63	Producción 01	5	4.17	4.80	130.42	Emulsion Gasificada	0.50	45.73
64	8829654 19	367319 04	4239 72	6.52	PRD64	Producción 01	5	4.17	4.80	130.49	Emulsion Gasificada	0.50	45.76
65	8829651 19	367315 85	4239 69	6.49	PRD65	Producción 01	5	4.17	4.80	129.86	Emulsion Gasificada	0.50	45.45
66	8829648 20	367311 53	4239 70	6.50	PRD66	Producción 01	5	4.17	4.80	130.02	Emulsion Gasificada	0.50	45.53
67	8829645 18	367307 78	4239 66	6.46	PRD67	Producción 01	5	4.17	4.80	129.22	Emulsion Gasificada	0.50	45.13
68	8829642 19	367304 09	4239 66	6.46	PRD68	Producción 01	5	4.17	4.80	129.26	Emulsion Gasificada	0.50	45.15
69	8829638 17	367300 95	4239 61	6.31	PRD69	Producción 01	5	4.17	4.80	126.32	Emulsion Gasificada	0.50	43.67
70	8829636 22	367296 56	4239 58	6.36	PRD70	Producción 01	5	4.17	4.80	127.74	Emulsion Gasificada	0.50	44.38
71	8829633 18	367292 82	4239 63	6.43	PRD71	Producción 01	5	4.17	4.80	128.78	Emulsion Gasificada	0.50	44.90
72	8829630 18	367288 14	4239 55	6.35	PRD72	Producción 01	5	4.17	4.80	127.04	Emulsion Gasificada	0.50	44.03
73	8829626 35	367284 19	4239 87	6.67	PRD73	Producción 01	5	4.17	4.80	133.41	Emulsion Gasificada	0.50	47.34
74	8829625 47	367327 25	4239 86	6.66	PRD74	Producción 01	5	4.17	4.80	133.25	Emulsion Gasificada	0.50	47.16
75	8829622 46	367323 49	4239 78	6.58	PRD75	Producción 01	5	4.17	4.80	131.71	Emulsion Gasificada	0.50	46.38
76	8829649 30	367319 74	4239 79	6.59	PRD76	Producción 01	5	4.17	4.80	131.97	Emulsion Gasificada	0.50	46.51
77	8829646 48	367316 03	4239 73	6.53	PRD77	Producción 01	5	4.17	4.80	130.70	Emulsion Gasificada	0.50	45.88
78	8829643 30	367312 31	4239 74	6.54	PRD78	Producción 01	5	4.17	4.80	130.80	Emulsion Gasificada	0.50	45.93
79	8829640 44	367308 61	4239 69	6.49	PRD79	Producción 01	5	4.17	4.80	129.94	Emulsion Gasificada	0.50	45.49
80	8829637 43	367304 85	4239 65	6.45	PRD80	Producción 01	5	4.17	4.80	129.00	Emulsion Gasificada	0.50	45.02
81	8829634 42	367301 07	4239 66	6.46	PRD81	Producción 01	5	4.17	4.80	129.36	Emulsion Gasificada	0.50	45.20
82	8829631 47	367297 28	4239 68	6.48	PRD82	Producción 01	5	4.17	4.80	129.61	Emulsion Gasificada	0.50	45.32
83	8829628 46	367293 54	4239 65	6.45	PRD83	Producción 01	5	4.17	4.80	129.18	Emulsion Gasificada	0.50	45.11
84	8829625 42	367289 81	4239 55	6.35	PRD84	Producción 01	5	4.17	4.80	127.04	Emulsion Gasificada	0.50	44.03
85	8829622 18	367331 38	4239 84	6.64	PRD85	Producción 01	5	4.17	4.80	132.93	Emulsion Gasificada	0.50	47.00
86	8829620 68	367328 05	4239 91	6.71	PRD86	Producción 01	5	4.17	4.80	134.21	Emulsion Gasificada	0.50	47.84
87	8829617 62	367324 26	4239 83</										



DISTRIBUCION DE CARGA

ID	FECHA	HORA	COSTA	Altura de Trabajo (m)	ID Tractor	Tipo de Tractor	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Velocidad (m/h)	Eficiencia (%)	Volúmenes (m <sup>3</sup> /h)	Operación	Peso de Carga (kg/m <sup>3</sup> )	Consumo de Combustible (kg)	
95	8829923	67	367294.29	4239.64	6.44	PRD95	Producción 01	5	4.17	4.00	129.90	Emulsion Gasificada	0.50	64.97
96	8829920	68	367290.55	4239.97	6.37	PRD96	Producción 01	5	4.17	4.00	127.48	Emulsion Gasificada	0.50	64.25
97	8829948	90	367332.53	4239.79	6.39	PRD97	Producción 01	5	4.17	4.00	131.89	Emulsion Gasificada	0.50	66.47
98	8829945	97	367328.76	4239.80	6.70	PRD98	Producción 01	5	4.17	4.00	134.09	Emulsion Gasificada	0.50	67.58
99	8829942	98	367324.98	4239.81	6.61	PRD99	Producción 01	5	4.17	4.00	132.29	Emulsion Gasificada	0.50	66.67
100	8829939	92	367321.25	4239.72	6.52	PRD100	Producción 01	5	4.17	4.00	130.40	Emulsion Gasificada	0.50	65.72
101	8829936	91	367317.51	4239.72	6.52	PRD101	Producción 01	5	4.17	4.00	130.44	Emulsion Gasificada	0.50	65.74
102	8829934	01	367313.78	4239.74	6.54	PRD102	Producción 01	5	4.17	4.00	130.66	Emulsion Gasificada	0.50	65.87
103	8829930	88	367310.02	4239.74	6.54	PRD103	Producción 01	5	4.17	4.00	130.66	Emulsion Gasificada	0.50	65.87
104	8829927	99	367306.29	4239.74	6.54	PRD104	Producción 01	5	4.17	4.00	130.66	Emulsion Gasificada	0.50	65.87
105	8829924	91	367302.52	4239.76	6.58	PRD105	Producción 01	5	4.17	4.00	131.65	Emulsion Gasificada	0.50	66.35
106	8829921	91	367298.81	4239.82	6.42	PRD106	Producción 01	5	4.17	4.00	128.52	Emulsion Gasificada	0.50	64.78
107	8829918	93	367295.05	4239.64	6.44	PRD107	Producción 01	5	4.17	4.00	128.80	Emulsion Gasificada	0.50	64.82
108	8829915	89	367291.31	4239.75	6.55	PRD108	Producción 01	5	4.17	4.00	131.12	Emulsion Gasificada	0.50	66.09
109	8829912	84	367287.58	4239.84	6.44	PRD109	Producción 01	5	4.17	4.00	132.81	Emulsion Gasificada	0.50	66.94
110	8829909	11	367283.84	4239.75	6.55	PRD110	Producción 01	5	4.17	4.00	131.14	Emulsion Gasificada	0.50	66.10
111	8829906	21	367280.11	4239.79	6.59	PRD111	Producción 01	5	4.17	4.00	131.83	Emulsion Gasificada	0.50	66.44
112	8829903	21	367276.37	4239.75	6.55	PRD112	Producción 01	5	4.17	4.00	131.00	Emulsion Gasificada	0.50	66.03
113	8829900	16	367272.62	4239.77	6.57	PRD113	Producción 01	5	4.17	4.00	131.43	Emulsion Gasificada	0.50	66.24
114	8829897	14	367268.88	4239.78	6.58	PRD114	Producción 01	5	4.17	4.00	131.67	Emulsion Gasificada	0.50	66.36
115	8829894	19	367265.13	4239.70	6.50	PRD115	Producción 01	5	4.17	4.00	130.18	Emulsion Gasificada	0.50	65.61
116	8829891	18	367261.38	4239.94	6.74	PRD116	Producción 01	5	4.17	4.00	134.81	Emulsion Gasificada	0.50	67.94
117	8829888	20	367257.63	4239.82	6.62	PRD117	Producción 01	5	4.17	4.00	132.41	Emulsion Gasificada	0.50	66.73
118	8829885	17	367253.88	4239.75	6.55	PRD118	Producción 01	5	4.17	4.00	131.06	Emulsion Gasificada	0.50	66.06
119	8829882	14	367250.13	4239.71	6.51	PRD119	Producción 01	5	4.17	4.00	130.38	Emulsion Gasificada	0.50	65.71
120	8829879	19	367246.38	4239.74	6.54	PRD120	Producción 01	5	4.17	4.00	130.88	Emulsion Gasificada	0.50	65.97
121	8829876	14	367242.63	4239.78	6.58	PRD121	Producción 01	5	4.17	4.00	131.63	Emulsion Gasificada	0.50	66.34
122	8829873	19	367238.88	4239.77	6.57	PRD122	Producción 01	5	4.17	4.00	131.53	Emulsion Gasificada	0.50	66.29
123	8829870	14	367235.13	4239.85	6.65	PRD123	Producción 01	5	4.17	4.00	133.08	Emulsion Gasificada	0.50	67.08
124	8829867	14	367231.38	4239.83	6.63	PRD124	Producción 01	5	4.17	4.00	132.75	Emulsion Gasificada	0.50	66.90
125	8829864	19	367227.63	4239.79	6.59	PRD125	Producción 01	5	4.17	4.00	131.89	Emulsion Gasificada	0.50	66.47
126	8829861	14	367223.88	4239.75	6.55	PRD126	Producción 01	5	4.17	4.00	131.00	Emulsion Gasificada	0.50	66.03
127	8829858	19	367220.13	4239.69	6.49	PRD127	Producción 01	5	4.17	4.00	128.88	Emulsion Gasificada	0.50	65.46
128	8829855	14	367216.38	4239.81	6.61	PRD128	Producción 01	5	4.17	4.00	132.29	Emulsion Gasificada	0.50	66.67
129	8829852	19	367212.63	4239.82	6.62	PRD129	Producción 01	5	4.17	4.00	132.57	Emulsion Gasificada	0.50	66.81
130	8829849	14	367208.88	4239.78	6.58	PRD130	Producción 01	5	4.17	4.00	131.71	Emulsion Gasificada	0.50	66.28
131	8829846	19	367205.13	4239.79	6.59	PRD131	Producción 01	5	4.17	4.00	131.93	Emulsion Gasificada	0.50	66.49
132	8829843	14	367201.38	4239.78	6.58	PRD132	Producción 01	5	4.17	4.00	131.79	Emulsion Gasificada	0.50	66.42
133	8829840	19	367197.63	4239.73	6.53	PRD133	Producción 01	5	4.17	4.00	130.66	Emulsion Gasificada	0.50	65.87
134	8829837	14	367193.88	4239.83	6.63	PRD134	Producción 01	5	4.17	4.00	132.65	Emulsion Gasificada	0.50	66.85
135	8829834	19	367190.13	4239.84	6.64	PRD135	Producción 01	5	4.17	4.00	132.87	Emulsion Gasificada	0.50	66.97
136	8829831	14	367186.38	4239.82	6.62	PRD136	Producción 01	5	4.17	4.00	132.57	Emulsion Gasificada	0.50	66.81
137	8829828	19	367182.63	4239.80	6.60	PRD137	Producción 01	5	4.17	4.00	132.13	Emulsion Gasificada	0.50	66.59
138	8829825	14	367178.88	4239.76	6.56	PRD138	Producción 01	5	4.17	4.00	131.34	Emulsion Gasificada	0.50	66.20
139	8829822	19	367175.13	4239.76	6.56	PRD139	Producción 01	5	4.17	4.00	131.22	Emulsion Gasificada	0.50	66.14
140	8829819	14	367171.38	4239.84	6.64	PRD140	Producción 01	5	4.17	4.00	132.91	Emulsion Gasificada	0.50	66.99
141	8829816	19	367167.63	4239.88	6.68	PRD141	Producción 01	5	4.17	4.00	133.69	Emulsion Gasificada	0.50	67.38
142	8829813	14	367163.88	4239.75	6.55	PRD142	Producción 01	5	4.17	4.00	131.16	Emulsion Gasificada	0.50	66.11
143	8829810	19	367160.13	4239.74	6.54	PRD143	Producción 01	5	4.17	4.00	130.88	Emulsion Gasificada	0.50	65.97
144	8829807	14	367156.38	4239.82	6.62	PRD144	Producción 01	5	4.17	4.00	132.53	Emulsion Gasificada	0.50	66.79
145	8829804	19	367152.63	4239.80	6.60	PRD145	Producción 01	5	4.17	4.00	132.05	Emulsion Gasificada	0.50	66.55
146	8829801	14	367148.88	4239.79	6.59	PRD146	Producción 01	5	4.17	4.00	131.95	Emulsion Gasificada	0.50	66.50
147	8829798	19	367145.13	4239.86	6.66	PRD147	Producción 01	5	4.17	4.00	133.31	Emulsion Gasificada	0.50	67.19
148	8829795	14	367141.38	4239.80	6.70	PRD148	Producción 01	5	4.17	4.00	134.15	Emulsion Gasificada	0.50	67.61
149	8829792	19	367137.63	4239.71	6.51	PRD149	Producción 01	5	4.17	4.00	130.38	Emulsion Gasificada	0.50	65.71
150	8829789	14	367133.88	4239.60	6.40	PRD150	Producción 01	5	4.17	4.00	130.13	Emulsion Gasificada	0.50	65.59
151	8829786	19	367130.13	4239.92	6.72	PRD151	Producción 01	5	4.17	4.00	134.50	Emulsion Gasificada	0.50	67.81
152	8829783	14	367126.38	4239.96	6.76	PRD152	Producción 01	5	4.17	4.00	135.39	Emulsion Gasificada	0.50	68.24
153	8829780	19	367122.63	4239.83	6.63	PRD153	Producción 01	5	4.17	4.00	132.67	Emulsion Gasificada	0.50	66.86
154	8829777	14	367118.88	4239.80	6.60	PRD154	Producción 01	5	4.17	4.00	132.19	Emulsion Gasificada	0.50	66.62
155	8829774	19	367115.13	4239.82	6.62	PRD155	Producción 01	5	4.17	4.00	132.53	Emulsion Gasificada	0.50	66.79
156	8829771	14	367111.38	4239.82	6.62	PRD156	Producción 01	5	4.17	4.00	132.51	Emulsion Gasificada	0.50	66.78
157	8829768	19	367107.63	4239.78	6.58	PRD157	Producción 01	5	4.17	4.00	131.83	Emulsion Gasificada	0.50	66.44
158	8829765	14	367103.88	4239.88	6.68	PRD158	Producción 01	5	4.17	4.00	133.69	Emulsion Gasificada	0.50	67.38
159	8829762	19	367100.13	4239.86	6.66	PRD159	Producción 01	5	4.17	4.00	133.27	Emulsion Gasificada	0.50	67.17
160	8829759	14	367096.38	4239.96	6.76	PRD160	Producción 01	5	4.17	4.00	135.23	Emulsion Gasificada	0.50	68.16
161	8829756	19	367092.63	4239.96	6.76	PRD161	Producción 01	5	4.17	4.00	135.31	Emulsion Gasificada	0.50	68.20
162	8829753	14	367088.88	4240.03	6.83	PRD162	Producción 01	5	4.17	4.00	136.69	Emulsion Gasificada	0.50	68.89
163	8829750	19	367085.13	4239.96	6.76	PRD163	Producción 01	5	4.17	4.00	135.31	Emulsion Gasificada	0.50	68.20
164	8829747	14	367081.38	4239.78	6.58	PRD164	Producción 01	5	4.17	4.00	131.10	Emulsion Gasificada	0.50	66.08
165	8829744	19	367077.63	4239.77	6.57	PRD165	Producción 01	5	4.17	4.00	131.43	Emulsion Gasificada	0.50	66.24
166	8829741	14	367073.88	4239.82	6.62	PRD166	Producción 01	5	4.17	4.00	132.47	Emulsion Gasificada	0.50	66.76
167	8829738	19	367070.13	4239.80	6.70	PRD167	Producción 01	5	4.17	4.00	134.11	Emulsion Gasificada	0.50	67.59
168	8829735	14	367066.38	4239.96	6.76	PRD168	Producción 01	5	4.17	4.00	135.25	Emulsion Gasificada	0.50	68.22
169	8829732	19	367062.63	4239.94	6.74	PRD169	Producción 01	5	4.17	4.00	134.65	Emulsion Gasificada	0.50	67.96
170	8829729	14	367058.88	4240.00	6.80	PRD170	Producción 01	5	4.17	4.00	136.07	Emulsion Gasificada	0.50	68.58
171	8829726	19	367055.13	4239.96	6.76	PRD171	Producción 01	5	4.17	4.00	135.29	Emulsion Gasificada	0.50	68.19
172	8829723	14	367051.38	4239.94	6.74	PRD172	Producción 01	5	4.17	4.00	134.87	Emulsion Gasificada	0.50	68.02
173	8829720	19	367047.63	4239.70	6.50	PRD173	Producción 01	5	4.17	4.00	130.18	Emulsion Gasificada	0.50	65.61
174	8829717	14	367043.88	4239.81	6.61	PRD174	Producción 01	5	4.17	4.00	132.25	Emulsion Gasificada	0.50	66.63
175</														



### DISTRIBUCION DE CARGA

Nº Tal.	IDRIS	ESTE	COTA	Diámetro de Taladro (m)	(R) Taladro	Tipo de Taladro	Burden Pulg	BURDEN(m)	ESPACIAMIENTO (m)	Volumen (m3)	Tipo de Explosivo de Columna	Factor de Carga
189	8829903.19	367335.42	4239.76	6.56	PRD191	Producción 01	5	4.17	4.80	131.37	Emulsion Gasificada	0.19
190	8829900.14	367335.69	4239.63	6.43	PRD192	Producción 01	5	4.17	4.80	129.60	Emulsion Gasificada	0.19
191	8829904.46	367345.05	4239.93	6.73	PRD193	Producción 01	5	4.17	4.80	134.65	Emulsion Gasificada	0.19
192	8829904.45	367343.00	4239.74	6.54	PRD194	Producción 01	5	4.17	4.80	130.80	Emulsion Gasificada	0.19
193	8829898.45	367336.13	4239.58	6.38	PRD196	Producción 01	5	4.17	4.80	127.66	Emulsion Gasificada	0.19
194	8829902.06	367347.31	4239.77	6.57	PRD197	Producción 01	5	4.17	4.80	131.57	Emulsion Gasificada	0.19
195	8829899.68	367344.36	4239.59	6.39	PRD198	Producción 01	5	4.17	4.80	127.80	Emulsion Gasificada	0.19
196	8829896.65	367340.60	4239.59	6.39	PRD199	Producción 01	5	4.17	4.80	127.98	Emulsion Gasificada	0.19
197	8829893.68	367336.82	4239.62	6.42	PRD200	Producción 01	5	4.17	4.80	129.44	Emulsion Gasificada	0.19
198	8829897.92	367348.78	4239.67	6.47	PRD201	Producción 01	5	4.17	4.80	129.58	Emulsion Gasificada	0.19
199	8829894.94	367345.06	4239.68	6.48	PRD202	Producción 01	5	4.17	4.80	129.76	Emulsion Gasificada	0.19
200	8829891.89	367341.32	4239.66	6.46	PRD203	Producción 01	5	4.17	4.80	129.92	Emulsion Gasificada	0.19
201	8829895.70	367352.63	4239.76	6.56	PRD204	Producción 01	5	4.17	4.80	131.34	Emulsion Gasificada	0.19
202	8829893.18	367349.58	4239.81	6.61	PRD205	Producción 01	5	4.17	4.80	132.33	Emulsion Gasificada	0.19
203	8829890.17	367345.84	4239.71	6.51	PRD206	Producción 01	5	4.17	4.80	130.58	Emulsion Gasificada	0.19
204	8829887.11	367342.03	4239.88	6.68	PRD207	Producción 01	5	4.17	4.80	133.77	Emulsion Gasificada	0.19
205	8829890.90	367353.33	4239.91	6.71	PRD208	Producción 01	5	4.17	4.80	134.27	Emulsion Gasificada	0.19
206	8829888.16	367350.14	4239.83	6.63	PRD209	Producción 01	5	4.17	4.80	132.67	Emulsion Gasificada	0.19

- Diseño de carga por tipo de taladro

### PRODUCCIÓN 01

#### 1 PARAMETROS DE PERFORACIÓN

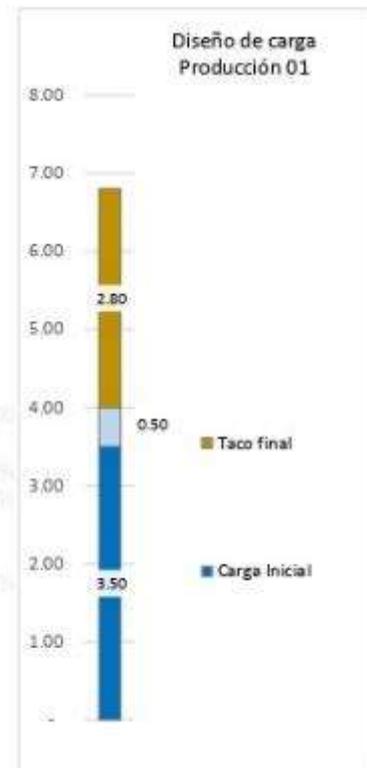
Diámetro de taladro	Pulg	5.00
Burden	m	4.17
Espaciamiento	m	4.80
Altura de banco	m	5.86
Sobreperforación	m	0.80
Longitud total de taladro	m	6.66
Inclinación	°	90.00
Volumen	m3	121.40

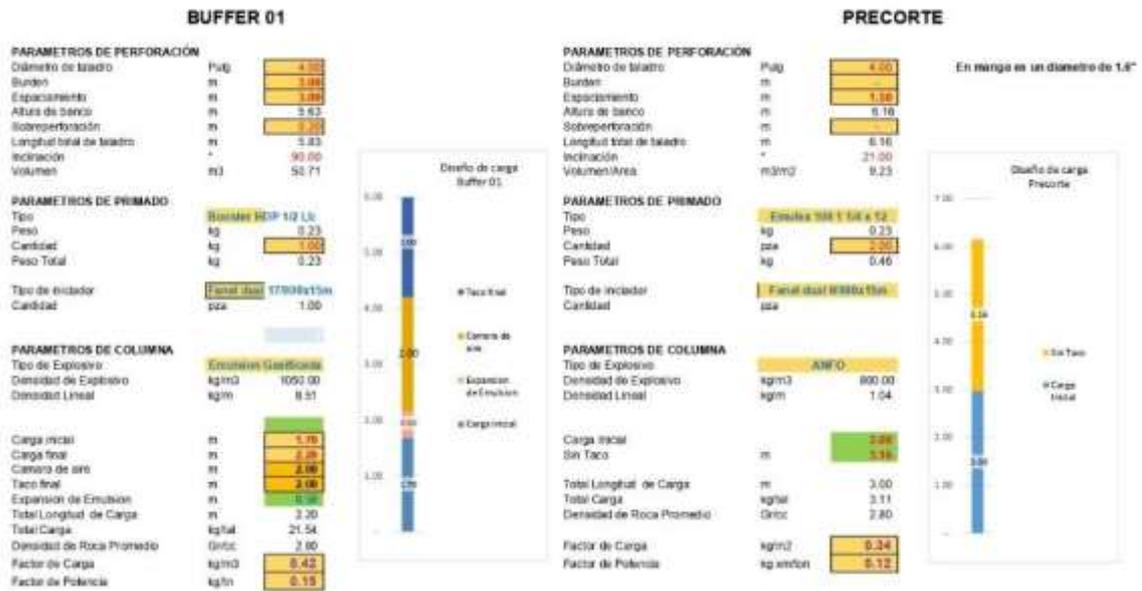
#### 2 PARAMETROS DE PRIMADO

Tipo	Emulex 100 1 1/4 x 12	
Peso	kg	0.23
Cantidad	Unid	4.00
Peso Total	kg	0.92
Tipo de iniciador	Fanel dual 17/800x15m	
Cantidad	pza	1.00

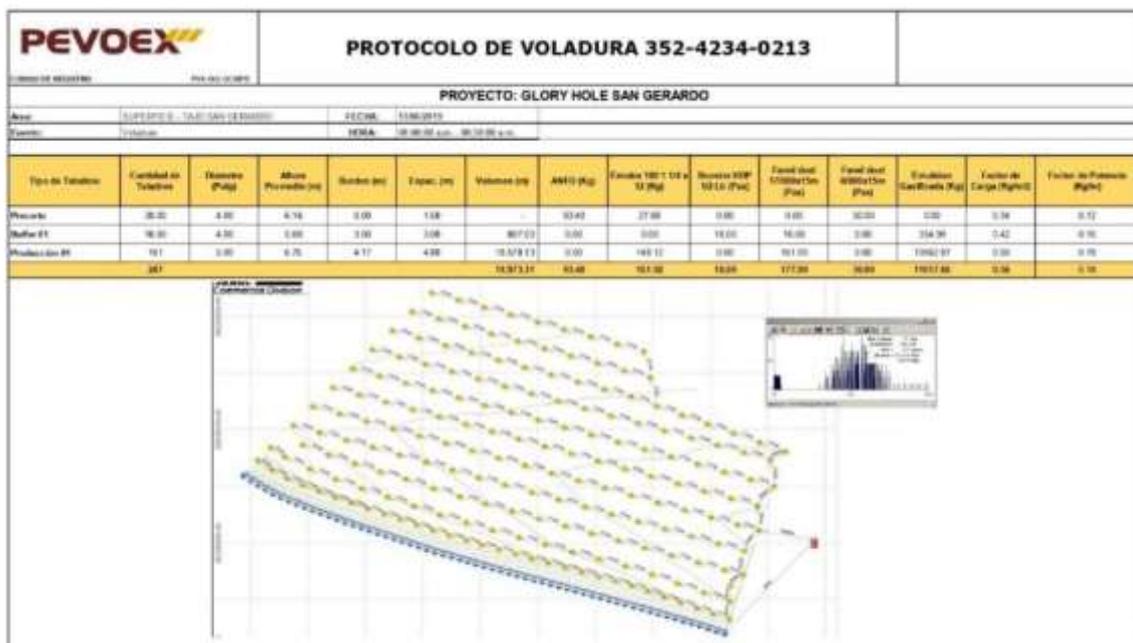
#### 2 PARAMETROS DE COLUMNA

Tipo de Explosivo	Emulsion Gasificada	
Densidad de Explosivo	kg/m3	1,050.00
Densidad Lineal	kg/m	13.30
Expansion de Emulsion	m	0.50
Carga Inicial	m	3.50
Cámara de aire	m	-
Taco final	m	2.80
Total Longitud de Carga	m	4.00
Total Carga	kg/tal	61.18
Densidad de Roca Promedio	Gr/cc	2.70
Factor de Carga	kg/m3	0.50
Factor de Potencia	kg/tn	0.19





- Diseño de carga por tipo de taladro







- Vigias de voladura

**PEVOEX**

**REGISTRO DE MEETING DE VOLADURA N° 352-4234-0213**

**FASE 2 CENTRO, BANCO 4234**

1 EMPRESA RESPONSABLE:	PEVOEX CONTRATISTAS S.A.C.
2 FECHA DE VOLADURA:	Jueves, 13 de Junio de 2019
3 ÁREA DE VOLADURA:	SUPERFICIE - TAJO SAN GERARDO
4 RESPONSABLE DE OPERACIONES:	Eder Salazar / Eber Almonacid
5 RESPONSABLE DE VOLADURA:	Manuel Catacora / Jose Luis Ilurry
6 RESPONSABLE DE SEGURIDAD:	Ivan Cordova / Raul Cotrado
7 HORARIO DE VOLADURA:	08:00:00 a.m. - 08:30:00 a.m.
8 HORARIO DE EVACUACIÓN:	7:30 a. m.
9 HORA DE REUNIÓN:	6:50 a. m.

10. UBICACIÓN - IDENTIFICACIÓN DE LOS VIGIAS				
VIGIA	ESTE	NORTE	NOMBRE Y APELLIDO	FIRMA
V1	366811.97	8829740.78		
V2	367803.89	8829447.26		
V3	367756.46	8829585.29		
V4	367781.80	8830197.42		
V5	367540.52	8830478.45		
V6	367207.70	8830464.12		
V7	366792.50	8830085.91		

**OBSERVACIONES:**

Personal:

Equipos:

Anexo 04: Reporte Post - Voladura N° 352.

PEVOEX		REPORTE POST - VOLADURA			nexa	
N° Voladura	352	Hora programada de la voladura	8:00 a. m.	Fase	Fase 2 centro	
Fecha de la Voladura	25-06-19	Hora exacta de la voladura	7:58 a. m.	Banco/Nivel	4234	
Malla	E: 4.8 g 4.17	Lugar de la voladura	Tajo San Gerardo - Atacocha			
<b>MALLA DE VOLADURA</b> N° Filas: 12 Cuadrado: <input type="checkbox"/> Triangular: <input checked="" type="checkbox"/> Rectangular: <input type="checkbox"/> Tiro cortado/fallado: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Daño a estructuras/equipos: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>			<b>TALADROS CARGADOS</b> Precorte: 60 Buffer: 30 Producción: 159 Ayuda: 0 Total: 249			
<b>MONITOREO DE VIBRACIONES</b> Comunidades: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Coordenadas del punto de monitoreo: N: 8829768.77 E: -367035.55 Z: 4244.88 Ubicación del punto de monitoreo de vibraciones: San Juan de Milpo			<b>MONITOREO DE VIENTOS</b> Dirección: Noroeste Velocidad (m/s): 0			
<b>PPV (mm/s): 0.496</b> <b>PSP (pa): 18.25</b> <b>Ruido (dB): 119.2</b> <b>Distancia (m): 617.3</b>			<b>RETARDOS (ms)</b> Fondo: 800 Superficie: 0/17 Entre filas: 25/35/42/65 <b>DENSIDAD DEL SAN-G (gr/cc)</b> Inicial: 1.35 Final: 1.10			
ESQUEMA DE CARGA DE LOS TALADROS	<b>PRECORTE</b> B = 2.80 m E = 3.50 m Ht = 6.40 m Hc = 2.50 m Ca = 4.00 m T = m		<b>BUFFER</b> B = 3.00 m E = 3.00 m Ht = 6.00 m Fc = 2.00 m Es = 0.50 m Ca = 1.50 m T = 2.00 m		<b>PRODUCCIÓN 1</b> B = 4.17 m E = 4.80 m Ht = 6.80 m Hc = 3.40 m Es = 0.50 m T = 2.90 m	
	<b>PRODUCCIÓN 2</b> B = m E = m Ht = m Hc = m T = m		<b>CONEXIÓN A RELLENO</b> B = 4.17 m E = 4.80 m Ht = 6.00 m Hc = 3.50 m Es = m T = 2.50 m Mg = Si		<b>CONEXIÓN A VACIO</b> B = 4.17 m E = 4.80 m Ht = 5.00 m Hc = 2.50 m Tp = 0.50 m T = 2.00 m Mg = Si	
	Legenda: B: Borden, E: Espaciamiento, Ht: Altura de taladro, Hc: Altura de carga, Es: Espaciamiento, Ca: Carreta de aire, T: Tiro, Mg: Manga, Tp: Tapón					
	<b>Observaciones:</b> Los taladros con relleno tienen alta probabilidad de generar bolsonería y/o totes. Los taladros en relleno se cargarán con manga de diámetro de 5" y Examon (ANFO). Los taladros que conectarán a vacío, se usó un tapón para contener la carga explosiva.					
	 Jefe de Pervol - PVX			 Jefe de Estudios - MEJ		

Anexo 05: Informe de Voladura N° 352

PEVOEX		INFORME DE VOLADURA N° 352				nexa			
Disparo Primario		Explosivos				Parametros Perforación			
Preparado por	Miguel Mucho	ANFO	(kg)	1,250	Altura Banco Prom.	(m)	6.0		
Fecha	25-06-19	Booster (1/2 lb)	(pza)	192	Diametro broca	(plg)	5.0		
Hora	07:58 a.m.	Emulsior gasificada	(kg)	8,011	Espacio Prom. Producción	(m)	4.80		
Tajo	Tajo San Gerardo	Emulex 100 1 1/4 x 12 "	(kg)	100	Burden Prom. Producción	(m)	4.17		
Banco	4234	Linea Silenciosa	(m)	1,000	Profundidad Prom.	(m)	6.56		
Proyecto	352	<b>Accesorios</b>				Espacio Prom. Buffer	(m)	3.0	
Malla	Triangular	Fanel dual 17/600	(ms)	0	Burden Prom. Buffer	(m)	3.0		
Precorte	60	Fanel dual 17/800	(ms)	206	Espacio Prom. Precorte	(m)	1.5		
Buffer	30	Fanel dual 0/800	(ms)	65	Burden Prom. Precorte	(m)	2.8		
Producción	159	Ctd # 25	(ms)	8	Altura agua	(m)	2.0		
Ayuda	0	Ctd # 35	(ms)	8	Taco Prom.	(m)	2.9		
Total	249	Ctd # 42	(ms)	9	<b>Parametros Voladura</b>				
<b>Taladros</b>		Ctd # 65	(ms)	2	Volumen Roto	(m <sup>3</sup> )	20,276		
Tal. Perforados	249	Ctd # 0	(ms)	0	Tonelaje Roto	(TM)	56,773		
Tal. Disparados	249	<b>Costo Disparo (relativo)</b>				Carga Total	(kg)	9,361	
Tal. Tapados	0	Costo total	(US\$)	9,227	<b>Factores Obtenidos</b>				
Tal. Cortos	0	Costo unitario	(US\$/TM)	0.19	de Carga	(kg/m <sup>3</sup> )	0.46		
Tal. Agua	1		(US\$/m <sup>3</sup> )	0.52	de Potencia	(kg/TM)	0.16		
Metros Perforados	1632.8	<b>Vibraciones</b>				de Rotura	(TM/m)	34.8	
Metros Disparados	1632.8	PPV	(mm/s)	0.496	de Perforación	(TM/m)	34.8		
Area influencia disp.	3724.6	Ruido	(db)	119.2	de taladros	(TM/tal)	228.0		
<b>Observaciones</b>									
Se tuvo 79 taladros que conectarán a relleno, 07 taladros que conectarán a vacío y 01 taladro que tuvo presencia de agua. En la zona de conexiones existe la probabilidad de que se genere boronería y/o toos de acuerdo a las alturas de conexión.									
El detalle de las conexiones se muestran en la hoja de conexiones a labores subterráneas y el plano de la malla de perforación.									
La distancia del punto de monitoreo hacia la voladura fue de 617.3 m.									
La dirección y la velocidad del viento fue al NO y 0 m/s respectivamente.									
El amarré de la voladura fue en "V" con iniciación de la voladura en la parte intermedia de la cara libre, con dicho punto de iniciación mas la salida en "V" de la voladura se cuidó de dañar la rampa de diseño 3.									
Se produjo tiros cortados, 8 taladros que no iniciaron a raíz de que la manguera del fanel del primer taladro no inicio, posible causa falla de producto o dispersión de los tiempos en la voladura.									
Se reinició el proceso de voladura según el procedimiento para iniciar el disparo de los taladros no detonados.									
Se trabajó con una densidad de 1.10 g/cc.									
<b>Densidades (g/cc)</b>									
	Control	Tiempo (min)							
			0	5	10	15	20	30	120
		C1	1.34	1.27	1.22	1.18	1.14	1.12	1.11
		C2	1.31	1.21	1.20	1.14	1.11	1.09	1.08
		C3	1.34	1.21	1.25	1.17	1.14	1.12	1.10
C4									

Hoja 1 de 7

Jefe de Pervol - PEVOEX

Jefe de Guardia - NEXA





PEVOEX		INFORME DE VOLADURA N° 352					nexa		
Plano de diseño de malla de perforación y voladura (taladros de conexión con labores antiguas)									
N°	ID Taladro	Norte	Este	Elevación	Profundidad de Taladro	Profundidad conexión			Tipo de conexión
						Roca	Vacio	Relleno	
1	PRD160	8829882.199	367262.133	4240	6.8	4		2.8	Roca/Relleno
2	PRD170	8829883.521	367257.523	4240	6.8	3		3.8	Roca/Relleno
3	PRD180	8829884.934	367252.93	4240	6.8			6.8	Relleno
4	PRD190	8829886.498	367248.398	4240	6.8			6.8	Relleno
5	PRD150	8829884.262	367270.172	4240	6.8	3		3.8	Roca/Relleno
6	PRD159	8829902.373	367282.766	4240	6.8	3.8		3	Roca/Relleno
7	PRD169	8829885.564	367265.555	4240	6.8	3		3.8	Roca/Relleno
8	PRD179	8829888.172	367256.313	4240	6.8			6.8	Relleno
9	PRD158	8829888.926	367269	4240	6.8	3		3.8	Roca/Relleno
10	PRD178	8829891.533	367259.758	4240	6.8	2		4.8	Roca/Relleno
11	PRD188	8829892.838	367255.141	4240	6.8			6.8	Relleno
12	PRD167	8829893.592	367267.82	4240	6.8	3		3.8	Roca/Relleno
13	PRD177	8829894.896	367263.203	4240	6.8	3		3.8	Relleno/Roca/Relleno
14	PRD187	8829896.199	367258.578	4240	6.8			6.8	Relleno
15	PRD166	8829896.953	367271.258	4240	6.2	2.2		4	Relleno/Roca
16	PRD176	8829898.258	367266.641	4240	6.8	5		1.8	Roca/Relleno
17	PRD185	8829902.922	367265.461	4240	6.8	4		2.8	Roca/Relleno
18	PRD186	8829899.561	367262.023	4240	6.8	2		4.8	Relleno/Roca/Relleno
19	PRD196	8829900.865	367257.398	4240	6.8	1.8		5	Relleno/Roca
20	PRD197	8829897.504	367253.961	4240	6.8			6.8	Relleno
21	PRD200	8829888.033	367243.844	4240	6.8			6.8	Relleno
22	PRD199	8829891.252	367247.008	4240	6.8	2		4.8	Relleno/Roca/Relleno
23	PRD198	8829894.143	367250.516	4240	6.8	4		2.8	Roca/Relleno
24	PRD210	8829889.598	367239.313	4240	6.8	3.8		3	Relleno/Roca
25	PRD209	8829892.561	367242.523	4240	6.8	1.8		5	Relleno/Roca
26	PRD208	8829895.445	367245.898	4240	6.8	4.8		2	Relleno/Roca
27	PRD206	8829902.168	367252.781	4240	6.8	5		1.8	Roca/Relleno
28	PRD219	8829893.895	367238.164	4240	6.5	1		5.5	Relleno/Roca
29	PRD218	8829896.75	367241.281	4240	6.5	3.5		3	Relleno/Roca
30	PRD205	8829905.529	367256.227	4240	6.5	3.5		3	Roca/Relleno
31	PRD214	8829910.195	367255.047	4240	6.8	4		2.8	Roca/Relleno
32	PRD195	8829904.227	367260.844	4240	6.8			6.8	Relleno
33	PRD204	8829908.891	367259.664	4240	6.8			6.8	Relleno
34	PRD194	8829907.588	367264.289	4240	6.8			6.8	Relleno
35	PRD193	8829910.949	367267.727	4240	6.8	4		2.8	Relleno/Roca
36	PRD203	8829912.252	367263.109	4240	6.8	3		3.8	Relleno/Roca
37	PRD91	8829869.533	367303.406	4240	6.8	3		3.8	Relleno/Roca
38	PRD116	8829885.77	367295.539	4240	6.8			6.8	Relleno
39	PRD104	8829896.021	367513.078	4240	6.8	2.8		4	Relleno/Roca
40	PRD112	8829897.625	367308.586	4240	6.8			6.8	Relleno
41	PRD120	8829899.277	367304.07	4240	6.8	2.8		4	Relleno/Roca
42	PRD230	8829892.971	367230.329	4240	6.7	5	1.7		Roca/Vacio
43	PRD228	8829898.043	367236.602	4240	6.7	1.2		5.5	Relleno/Roca
44	PRD227	8829901.39	367240.109	4240	6.7			6.7	Relleno
45	PRD237	8829902.72	367235.46	4240	6.7	2.7		4	Relleno/Roca
46	PRD246	8829907.334	367234.291	4240	6.7			6.7	Relleno
47	PRD245	8829910.698	367237.722	4240	6.7	3.2		3.5	Relleno/Roca

Hoja 3 de 7

Jefe de Pervol - PEVOEX

Jefe de Guardia - NEXA

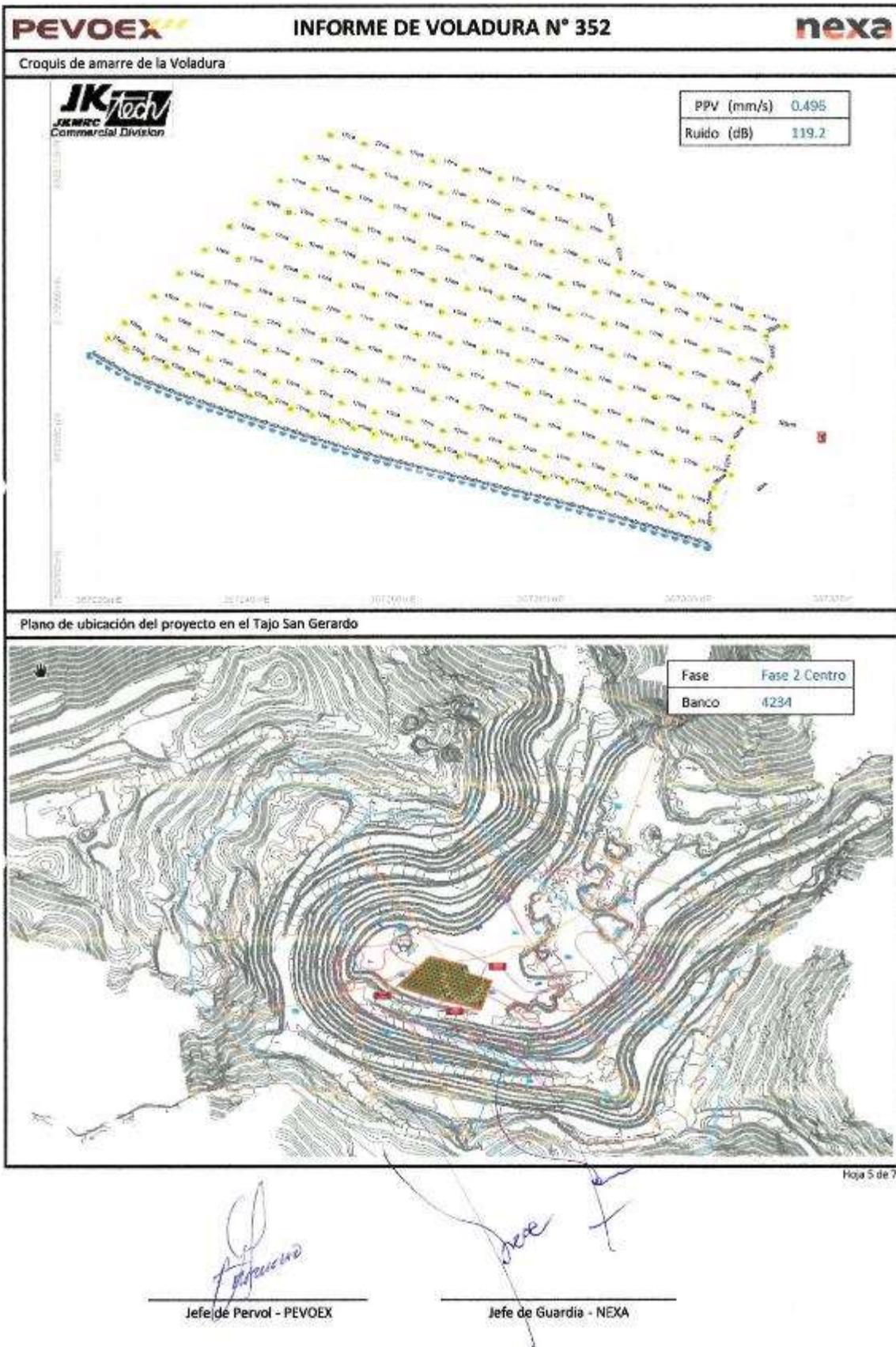


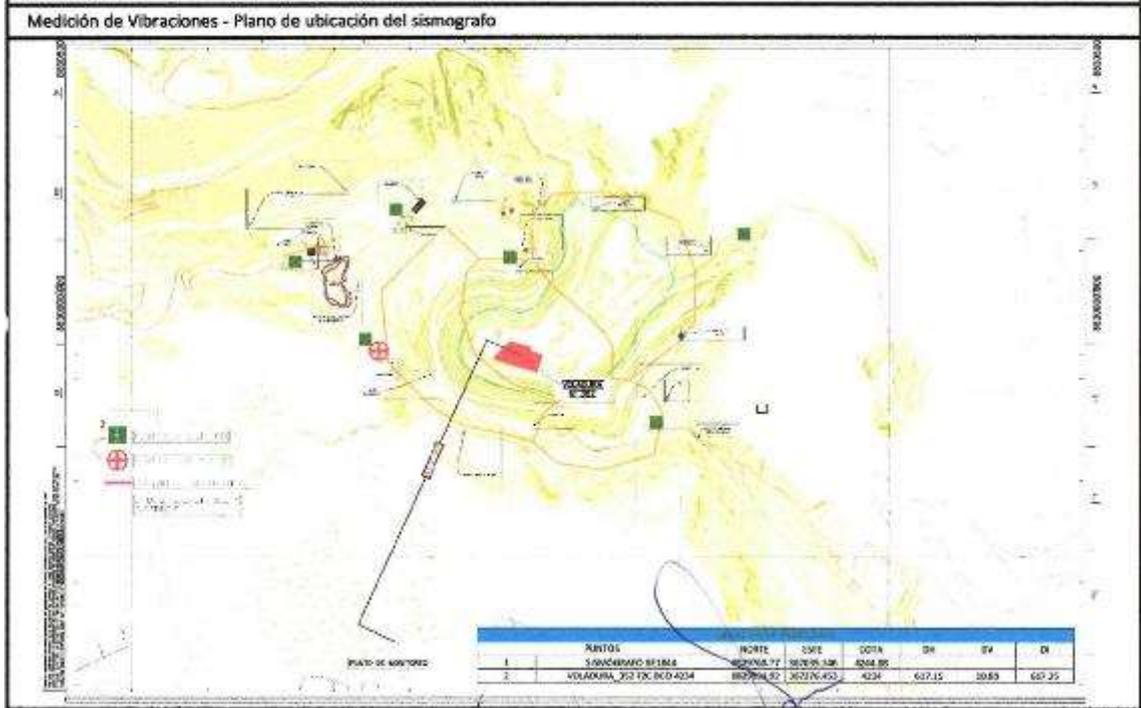
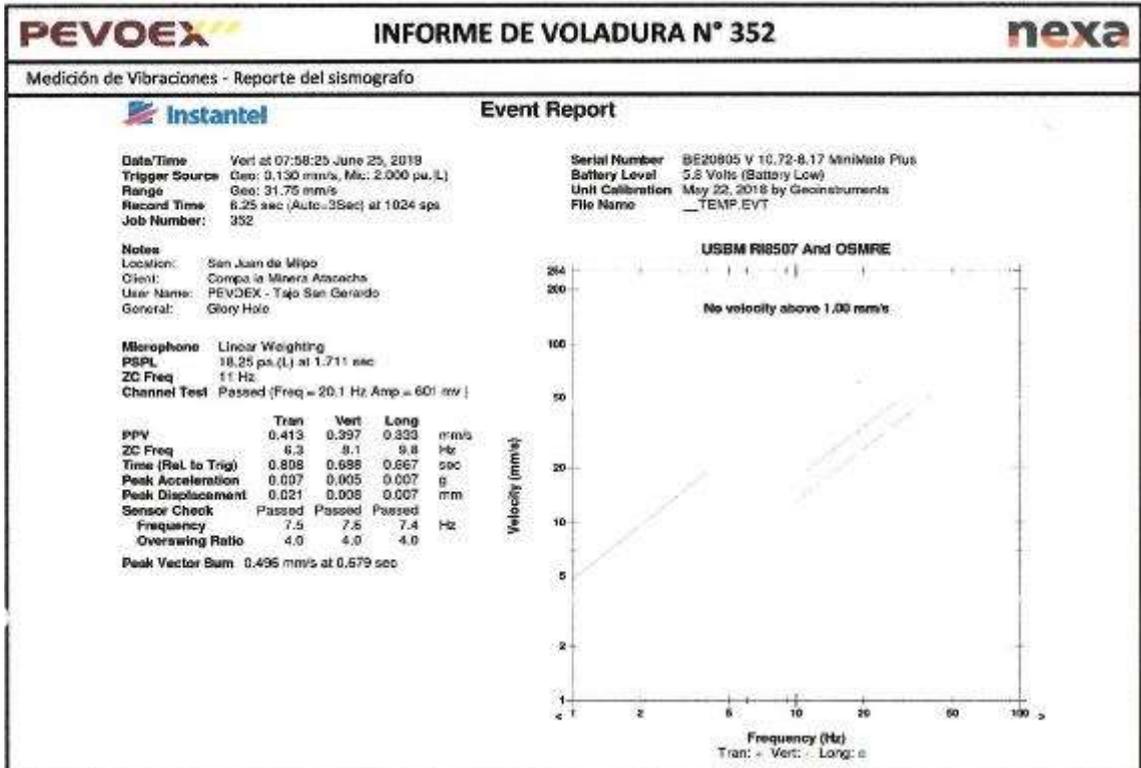
PEVOEX		INFORME DE VOLADURA N° 352					nexa		
Plano de diseño de malla de perforación y voladura (taladros de conexión con labores antiguas)									
N°	ID Taladro	Norte	Este	Elevación	Profundidad de Taladro	Profundidad conexión			Tipo de conexión
						Roca	Vacio	Relleno	
48	BF90	8829894.475	367221.224	4240	6.1			6.1	Relleno
49	BF89	8829892.923	367223.791	4240	6.1			6.1	Relleno
50	BF87	8829890.22	367229.161	4240	6.1	5.5	0.6		Roca/Vacio
51	BF86	8829889.131	367231.951	4240	6.1	5	1.1		Roca/Vacio
52	BF81	8829884.093	367246.083	4240	6.1			6.1	Relleno
53	BF80	8829883.19	367248.869	4240	6.1			6.1	Relleno
54	BF79	8829882.144	367251.748	4240	6.1			6.1	Relleno
55	BF78	8829881.248	367254.568	4240	6.1			6.1	Relleno
56	BF77	8829880.421	367257.478	4240	6.1			6.1	Relleno
57	BF76	8829879.572	367260.353	4240	6.1			6.1	Relleno
58	BF75	8829878.789	367263.267	4240	6.1			6.1	Relleno
59	BF74	8829877.951	367266.143	4240	6.1			6.1	Relleno
60	BF73	8829877.219	367268.999	4240	6.1			6.1	Relleno
61	PC25	8829873.865	367267.946	4240	6.5	5		1.6	Relleno/Roca
62	PC26	8829874.222	367266.517	4240	6.5	3	1.6	2	Roca/Vacio/Relleno
63	PC27	8829874.628	367265.11	4240	6.1			6.1	Relleno
64	PC28	8829875.015	367263.596	4240	6.1			6.1	Relleno
65	PC29	8829875.438	367262.139	4240	6.1			6.1	Relleno
66	PC30	8829875.83	367260.708	4240	6.1			6.1	Relleno
67	PC31	8829876.209	367259.28	4240	6.1			6.1	Relleno
68	PC32	8829876.645	367257.792	4240	6.1			6.1	Relleno
69	PC33	8829877.09	367256.396	4240	6.1			6.1	Relleno
70	PC34	8829877.493	367254.899	4240	6.1			6.1	Relleno
71	PC35	8829877.909	367253.492	4240	6.1			6.1	Relleno
72	PC36	8829878.366	367252.119	4240	6.1			6.1	Relleno
73	PC37	8829878.865	367250.662	4240	6.1			6.1	Relleno
74	PC38	8829879.351	367249.284	4240	6.1			6.1	Relleno
75	PC39	8829879.846	367247.826	4240	6.1			6.1	Relleno
76	PC40	8829880.352	367246.442	4240	6.1			6.1	Relleno
77	PC41	8829880.829	367244.998	4240	6.1			6.1	Relleno
78	PC42	8829881.25	367243.558	4240	6.1			6.1	Relleno
79	PC43	8829881.706	367242.141	4240	6.5	2.5		4	Relleno/Roca
80	PC51	8829885.82	367230.838	4240	6.5	5.5	1		Roca/Vacio
81	PC52	8829886.303	367229.456	4240	6.5	5.5	1		Roca/Vacio
82	PC53	8829886.889	367228.084	4240	6.5	5.5	1		Roca/Vacio
83	PC57	8829889.504	367222.616	4240	6.5	1.5		5	Relleno/Roca
84	PC58	8829890.3	367221.385	4240	6.5	1.5		5	Relleno/Roca
85	PC59	8829891.107	367220.115	4240	6.5	2		4.5	Relleno/Roca/Relleno
86	PC60	8829891.902	367218.824	4240	6.5			6.5	Relleno
87									
88									
89									
90									
91									
92									
93									
94									

Hoja 4 de 7

Jefe de Pervol - PEVOEX

Jefe de Guardia - NEXA





Hoja 6 de 7

Jefe de Pervol - PEVOEX

Jefe de Guardia - NEXA

<b>PEVOEX</b>	<b>INFORME DE VOLADURA N° 352</b>	<b>nexa</b>
Registro Fotografico - Antes de la voladura		
Registro Fotografico - Despues de la voladura		
<b>Observaciones</b>		
Se puede observar que la zona de taladros con conexión no esponjo el material, lo mismo en la línea del precorte.		
No se produjo daño a la rampa 03.		

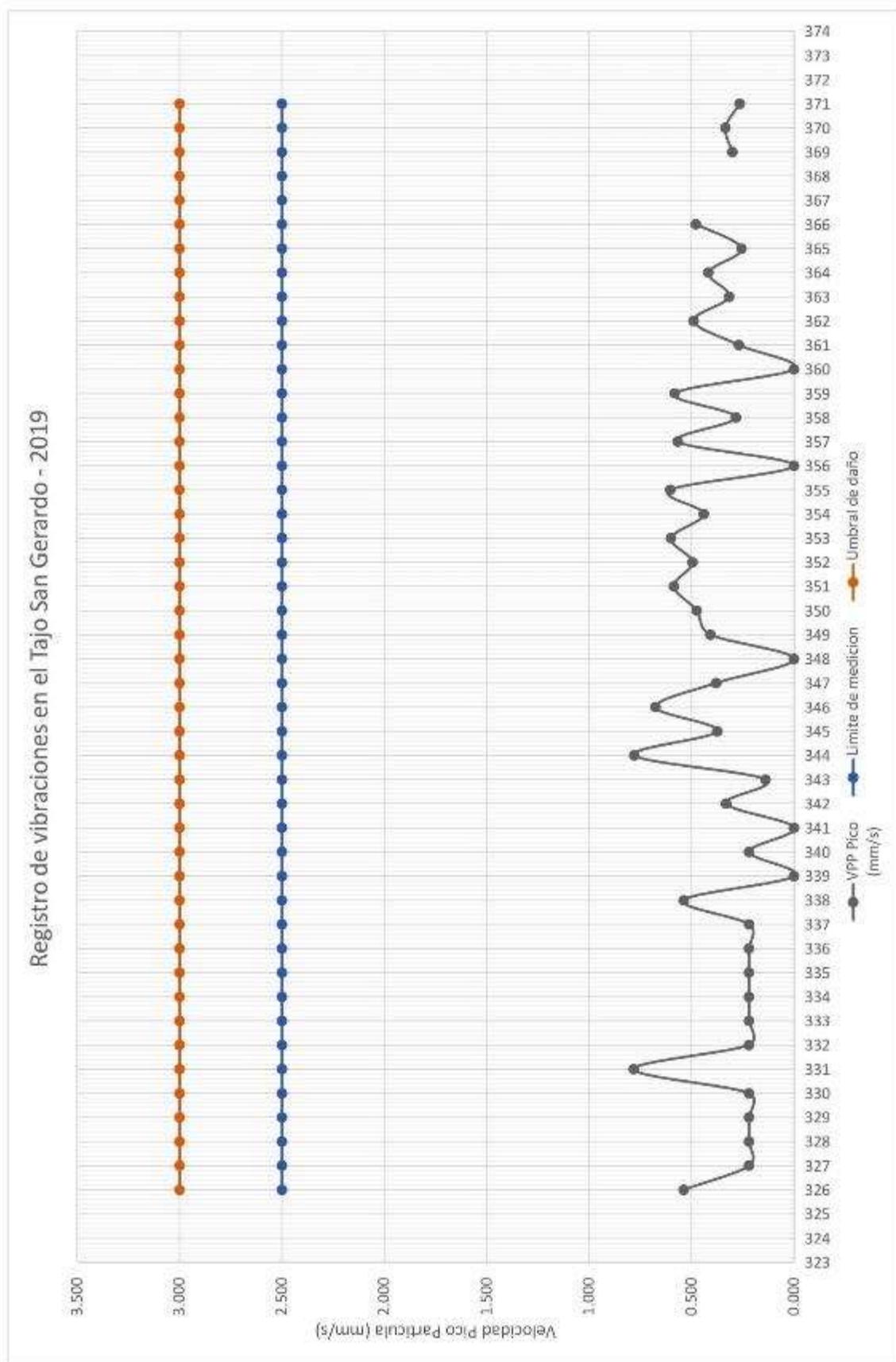
Hoja 7 de 7

Jefe de Pervoi - PEVOEX

Jefe de Guardia - NEXA



### Anexo 07: Grafico de vibraciones 2019 - Tajo San Gerardo





## Anexo 09: Fotografías

- Perforación de un proyecto de P&V



- Carguío de taladros con camión fabrica

