

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Trabajo de Suficiencia Profesional

Informe de suficiencia profesional como técnico supervisor de voladura de la empresa de explosivos Exsa S. A., destacado a la empresa minera Cerro Lindo-Nexa

Walter Oswaldo Ticona Ayala

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de suficiencia profesional



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

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Guido Mario Cuadros Ramirez
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 06 de noviembre de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

"INFORME DE SUFICIENCIA PROFESIONAL COMO TÉCNICO SUPERVISOR DE VOLADURA DE LA EMPRESA DE EXPLOSIVOS EXSAS.A. DESTACADO A LA EMPRESA MINERA CERRO LINDO - NEXA"

Autor:

Walter Oswaldo Ticona Ayala – EAP. Ingeniería de Minas

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 19 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores N° de palabras excluidas (**en caso de elegir "SI"**): 10 SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

DEDICATORIA

Dios me ha bendecido con apoyo constante, aliento y una familia compasiva para ayudarme a alcanzar mis metas. A mis parientes, quienes me dan la fuerza para continuar con mi trabajo diario y lograr mis objetivos.

AGRADECIMIENTO

A lo largo de mi vida, he sido bendecido con el poder y la generosidad de DIOS al crear una familia que me ha permitido alcanzar el éxito personal y profesional que puede contribuir positivamente al mejoramiento de la sociedad.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO	vi
RESUMEN EJECUTIVO	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA	15
1.1. Datos generales de Exsa S. A. – Orica Group.....	15
1.2. Actividades principales de la empresa	16
1.2.1. Entrenamiento y capacitación.....	16
1.2.2. Servicio técnico	16
1.2.3. Clientes	17
1.3. Reseña histórica de la empresa.....	18
1.4. Organigrama Exsa S.A. – Orica	19
1.5. Visión y misión	19
1.5.1. Propósito	19
1.5.2. Visión.....	19
1.5.3. Estrategia	20
1.5.4. Valores	20
1.6. Bases legales	20
1.6.1. Prevención del lavado de activos y del financiamiento del terrorismo	20
1.7. Descripción del área donde realiza sus actividades profesionales	21
1.7.1. Ubicación.....	21
1.7.2. Geomorfología.....	22
1.8. Descripción del cargo y de las responsabilidades del bachiller en la empresa	25
CAPÍTULO II: ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA.....	26
2.1. Antecedentes	26
2.2. Identificación de oportunidad o necesidad en el área de actividad profesional	27
2.3. Objetivos de la actividad profesional	28
2.3.1. Objetivo general	28
2.3.2. Objetivos específicos	28
2.4. Justificación de la actividad profesional	28
2.5. Resultados esperados	29
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO.....	30
3.1. Bases teóricas de las metodologías o actividades realizadas	30

3.1.1. Método de explotación en mina Cerro Lindo – Nexa.....	30
3.1.2. Burden y burden efectivo.....	31
3.1.3. Espaciamiento y espaciamiento efectivo	32
3.1.4. Cara libre.....	32
3.1.5. Distribución de taladros en un frente	33
3.1.7. Voladura de rocas	33
3.1.8. Condiciones generales para el trabajo eficiente de los explosivos	34
3.1.9. Evaluación de la voladura.....	35
3.1.10. Explosivos.....	35
3.1.10.1. Componente de los explosivos.....	37
3.1.11.UBT Módulo eléctrico	39
3.1.12. Estándar de perforación y voladura en frentes.....	40
3.1.13. Sistemas de iniciación en frentes	41
CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES	44
4.1. Descripción de actividades profesionales	44
4.1.1. Diagnóstico operacional.....	45
4.1.2. Evaluación practica al personal operativo	46
4.1.3. Análisis de desviación de taladros	46
4.1.4. Análisis de perforación	48
4.1.5. Análisis de voladura.....	50
4.1.6. Análisis de velocidad de detonación.....	52
4.1.7. Análisis de vibraciones	53
4.1.8. Análisis de energía para selección de arranque	54
4.1.9. Análisis de carga operante	56
4.1.10. Análisis de factor de carga lineal	56
4.1.11.Análisis de factor de avance.....	57
4.1.12. Análisis de sobrerotura	57
4.1.13. Análisis de fragmentación.....	57
4.1.14. Control de densidades en malla	58
4.1.15. Análisis del factor de carga lineal (kg/m)	60
4.1.16. Análisis del factor de avance por disparo (m/disparo).....	61
4.1.17. Análisis de la carga operante	62
4.1.18. Análisis de la sobre excavación (%)	62
4.1.19. Análisis de la sobre excavación (%)	63
4.1.20. Análisis de la fragmentación (P80).....	63
4.2. Enfoque de las actividades profesionales.....	64

4.3. Alcance de las actividades profesionales	64
4.4. Entregables de las actividades profesionales	64
4.5. Aspectos técnicos de la actividad profesional.....	64
4.5.1. Metodologías.....	64
4.5.2. Técnicas	65
4.5.3 Instrumentos.....	65
CAPÍTULO V: RESULTADOS	67
5.1.Resultados finales de las actividades profesionales	67
5.2. Logros alcanzados.....	68
5.2.1. Formación académica	68
5.2.2. Formación profesional	69
5.2.3. Filosofía de mejora continua.....	69
5.2.4. Liderazgo	69
5.3. Dificultades encontradas	69
5.4. Planteamiento de mejoras	69
5.4.1. Costos de voladura.....	69
5.4.2. Costos de avance.....	70
5.4.3. Costos de transporte.....	70
5.4.4. Costos de acarreo.....	71
5.4.5.Costos de sostenimiento.....	72
5.4.6.Resultados económicos totales	73
5.4.7.Oportunidades de mejora	74
5.5. Aportes del bachiller en la empresa y/o institución	74
5.5.1.Aporte en el aspecto actitudinal	74
5.5.2.Aporte en el aspecto cognoscitivo	74
5.5.3.Aporte en el aspecto procedimental.....	74
CONCLUSIONES	75
RECOMENDACIONES	76
BIBLIOGRAFÍA	77
ANEXOS	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sistema de discontinuidades predominante	24
Tabla 2. Clasificación del macizo rocoso	25
Tabla 3. Análisis FODA perfil profesional.....	28
Tabla 4. Cuadro de componentes principales de los explosivos.....	38
Tabla 5. Especificaciones del diseño	39
Tabla 6. Cuadro de asunciones	67
Tabla 7. Desglose de costos de voladura, avance, transporte y acarreo.....	67
Tabla 8. Desglose de costos de sostenimiento	67
Tabla 9. Cuadro de costo total	68
Tabla 10. Tabla de asunciones	69
Tabla 11. Tabla de comparación de costos de voladura.....	70
Tabla 12. Tabla de comparación de costos de avance	70
Tabla 13. Tabla de estimación de costos unitarios de transporte.....	70
Tabla 14. Tabla de comparación de costos de transporte.....	71
Tabla 15. Tabla de estimación de costos unitarios de acarreo	71
Tabla 16. Tabla de comparación de costos de acarreo.....	72
Tabla 17. Tabla de estimación de costos unitarios de sostenimiento.....	72
Tabla 18. Tabla de resultados económicos totales.....	73
Tabla 19. Tabla de resultados totales por tipo de agente	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Actividades económicas - Exsa S.A.	16
Figura 2. Concentración de clientes en las ventas Exsa S.A. – Orica.....	17
Figura 3. Historia de Exsa S.A. – Orica.....	19
Figura 4. Organigrama Exsa S.A. - Orica.....	19
Figura 5. Ubicación y ruta de acceso a la mina Cerro Lindo-Chincha	22
Figura 6. Esquema de división de los bloques (pilares).....	31
Figura 7. Tipos de malla de perforación	32
Figura 8. Tipos de malla de perforación	32
Figura 9. Denominación de taladros	33
Figura 10. Definición de explosivo.....	36
Figura 11. Cuadro general de explosivos.....	37
Figura 12. El triángulo explosivo.....	38
Figura 13. Descripción del equipo	40
Figura 14. Pantalla operación – secuencia de carguío	40
Figura 15. Diseño malla de perforación y voladura (sección 5.0 x 4.5) / 16 pies / RMR 35 - 45 / sulfuros	41
Figura 16. Esquema de aplicación CEBS I-KON™	42
Figura 17. Esquema de aplicación CEBS I-KON™ - “2 MÓDEM”	42
Figura 18. Esquema de aplicación CEBS I-KON™ - “3 MÓDEM”	43
Figura 19. Amarre de malla en un frente con el sistema no eléctrico.....	43
Figura 20. Fases del plan estratégico	45
Figura 21. Resultados de la evaluación.....	46
Figura 22. Evidencias de evaluación del personal	46
Figura 23. Desviación de taladros en frente Cx 520 Nv 1850 OB9.....	47
Figura 24. Desviación de taladros en frente Cx 520 Nv 1850 OB9.....	47
Figura 25. Perforación del frente de trabajo	48
Figura 26. Control de sobre excavación.....	49
Figura 27. Control de tubos de arrastre.....	49
Figura 28. Control de ángulo de perforación	50
Figura 29. Control del uso de tacos de arcilla.....	50
Figura 30. Control del uso de cordón detonante	51
Figura 31. Control del uso de cañas en la voladura de contorno	51
Figura 32. Análisis de gráficas del Microtrap.....	52
Figura 33. Análisis de velocidades de detonación por labor.....	52

Figura 34. Sismograma de VPP	53
Figura 35. VPP en arranque	54
Figura 36. Tipos de arranque	55
Figura 37. Distribución de energía de dos tipos de arranque	55
Figura 38. Análisis de carga operante	56
Figura 39. Análisis de factor de carga lineal.....	56
Figura 40. Análisis de factor de avance	57
Figura 41. Análisis de factor de avance	57
Figura 42. Análisis de fragmentación Cx_018_1.....	58
Figura 43. Análisis de fragmentación Cx_018_2.....	58
Figura 44. Distribución de densidades en la malla	59
Figura 45. Panel de control unidad UBT	59
Figura 46. Abastecimiento de nitrito	60
Figura 47. BBDD Sive Cerro Lindo	60
Figura 48. Factor de carga lineal por meses.....	61
Figura 49. Factor de avance por meses	61
Figura 50. Carga operante por meses.....	62
Figura 51. Sobreexcavación por meses.....	62
Figura 52. Desviación de taladros por meses.....	63
Figura 53. P80 promedio medido por meses.....	63
Figura 54. Administración del comportamiento humano	66

RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe de suficiencia profesional va direccionado, principalmente, a una actividad fundamental dentro de las operaciones mineras: supervisar y dar un diagnóstico situacional al proceso de perforación y voladura con taladros, perforación secundaria y perforación de taladros de producción con los equipos de precorte; enfocándome en la solución de los problemas bajos ratios en frentes y la sobre excavación que afecta el cumplimiento mensual de la producción.

Las actividades de operación se desarrollan tomando en cuenta los procedimientos y estándares establecidos por la unidad minera Cerro Lindo Nexa y de la empresa Exsa S.A.-ORICA, asimismo, teniendo en consideración la ley 29783 MTPE el DS. 024–2016 Ministerio de Energía y Minas y su modificatoria el DS. 023–2017 Energía y Minas, priorizando la reducción y optimización de tiempos en la ejecución de los procedimientos administrativos.

Es sabido que la actividad minera es la industria económica con mayor importancia en nuestro país, por ello, se hace necesario optimizar eficiencias en la perforación y voladura con taladros largos para incrementar la producción mensual de mineral y de esta manera minimizar costos en la producción del mineral, logrando mantenerse rentable y competitiva en el mercado.

De los diferentes trabajos realizados en minería subterránea y superficial, el presente informe se enfocará principalmente en asistir en la mejora de las ratios en frentes y la reducción de la sobreexcavación, realizar un análisis y un diagnóstico sobre la carga operante y la energía de selección para arranque utilizada en Nexa durante sus operaciones y evaluar de forma práctica el proceso de perforación en Nexa con la finalidad de emitir observaciones sobre posibles deficiencias en el control de la sobre excavación y el ángulo de perforación.

INTRODUCCIÓN

El trabajo de suficiencia profesional titulado: «Informe de suficiencia profesional como técnico supervisor de voladura de la empresa de explosivos Exsa S.A. destacado a la empresa minera Cerro Lindo – Nexa», tiene como objetivo principal dar a conocer las diferentes actividades que he realizado en la unidad minera Cerro Lindo – Nexa y en la empresa Exsa - Orica, Ica, como supervisor técnico de mina especializado en voladura brindando capacitación teórica y práctica en las actividades a desarrollar.

Asimismo, en la empresa Nexa y Exsa S.A.-Orica las responsabilidades como supervisor técnico de mina especializado en voladura son las siguientes:

1. El supervisor de turno o el supervisor de guardia es responsable de verificar el cumplimiento de los procedimientos y estándares escritos de trabajo seguro y de garantizar que las condiciones de trabajo sean apropiadas.
2. Los perforistas están encargados de operar la perforadora de propiedad de la minera Southern para la tarea de perforación de taladros de precorte, perforación secundaria y botonería. El mismo que deberá estar debidamente preparado y capacitado, para la operación del equipo y aprobado mediante evaluación práctica por parte de la empresa.

En el trabajo de suficiencia profesional se establece cinco capítulos fundamentales:

Capítulo I: Aspectos generales de las empresas.

Capítulo II: Aspectos generales de las actividades profesionales

Capítulo III: Marco teórico.

Capítulo IV: Descripción de las actividades profesionales.

Capítulo V: Resultados.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA

1.1. Datos generales de Exsa S. A. – Orica Group

Exsa S.A. – Orica Group es líder mundial en voladura para minería y construcción; empresa especializada en la producción, comercialización y suministro de explosivos, accesorios y tecnología para la industria minera y de la construcción.

- ✓ Nombre de la Empresa: Exsa S.A.
- ✓ Tipo de contribuyente: Sociedad Anónima
- ✓ RUC: 20100094135.
- ✓ Fecha de Inscripción: Constituida por Escritura Pública el 25 de febrero de 1954.
- ✓ Estado del Contribuyente: Activo, Condición del Contribuyente: Habido
- ✓ Fecha de Inicio de Actividades: 08 de abril de 1954
- ✓ Domicilio Fiscal: Av. Dionisio Derteano N° 144, Piso 19, Urb. Santa Ana; San Isidro – Lima - Perú
- ✓ Fábrica y Almacén principal: Antigua Panamericana Sur km 38.5 Pampas de Huarangal, Lurín - Lima - Perú
- ✓ Fábrica Norte: Panamericana Norte km 546.5 Pasaje alto Salaverry, Salaverry - Trujillo – Perú
- ✓ Fábrica Sur: Carretera las Yaras, Costanera km 6, Sama – Las Yaras - Tacna - Perú
- ✓ Exsa Chile: Napoleón 3200, Oficina 1003, Los Condes – Santiago – Chile.
- ✓ Sistema de Emisión de Comprobante: Electrónico.
- ✓ Sistema De Contabilidad: Computarizado.
- ✓ Representante legal: Carlos Sánchez Valdez.
- ✓ Cargo: Gerente General/Area Business Manager Perú
- ✓ Número de trabajadores: 1450 trabajadores.
- ✓ Página Web: www.exsa.net

1.2. Actividades principales de la empresa

1.2.1. Entrenamiento y capacitación

Se realizan entrenamiento y capacitaciones, *in situ*, al personal involucrado en la voladura; que en una primera etapa abarcan temas de explosivos, usos, manipulación y almacenamiento relacionados a la seguridad que es un aspecto muy importante debido a la criticidad de su interacción con quienes trabajan con ellos, luego se abarcan temas relacionados a los procesos que involucran la fragmentación del macizo y su relación con la productividad y que se involucran con el plan de soporte técnico, en una tercera etapa se imparte conocimiento sobre nuevas tecnologías, desarrollos en innovaciones que puedan generar valor:

- Uso de software de voladura.
- Curso de fragmentación – Software.
- Curso de control de sobre rotura, dilución y mejora de avance.
- Curso de optimización de costos P&V con explosivos.
- Descripción y ventajas de los productos para la voladura.

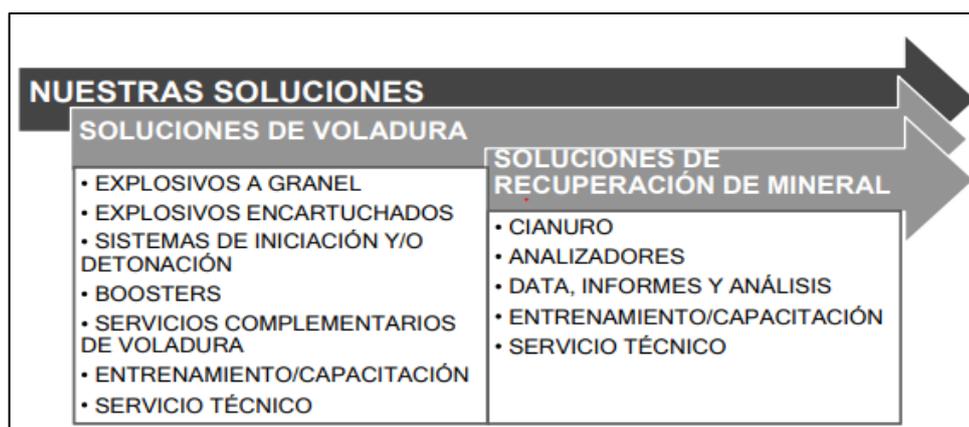


Figura 1. Actividades económicas - Exsa S.A.

1.2.2. Servicio técnico

Las actividades de servicio técnico itinerante solicitado por el cliente incluyen las siguientes actividades y trabajos:

- ✓ Realizar evaluación del proceso de perforación y recomendar estándares de perforación para los distintos tipos de rocas.
- ✓ Realizar evaluación a los estándares de voladura, considerando diseños de perforación, factores de energía, secuencias de iniciación, resultados granulométricos, control y reducción de sobrerotura, dilución y costos, entregando recomendaciones para los distintos tipos de rocas, de manera de mantener una constante optimización de estos.
- ✓ Confección de línea base de PyV y mantenimiento de base de datos del proceso.

Orica proporcionará al cliente toda la asistencia técnica cuando esta lo requiera, como sugerencias y recomendaciones que permitan la creación de valor y optimizar el proceso de P y V, además de información acerca de los avances tecnológicos y/o desarrollo de productos que pudieran beneficiar al cliente.

Todas las tareas anteriormente descritas, deberán ser previamente acordadas entre las partes y establecidas en el programa técnico, con su respectiva periodicidad. Se elaborará un plan de Generación de Valor a través del soporte técnico que estará alineado a las necesidades y prioridades de la unidad minera, supeditado al área de perforación y voladura.

1.2.3. Clientes

Según el informe de valorización de la empresa Exsa S.A. 2021) explica que: participan «en el segmento “tajo abierto” que comprende minas grandes de cobre. Los cinco clientes más importantes representaron el 55 % de las ventas, debido a eso se tienen contratos comerciales con las empresas hasta por tres años.

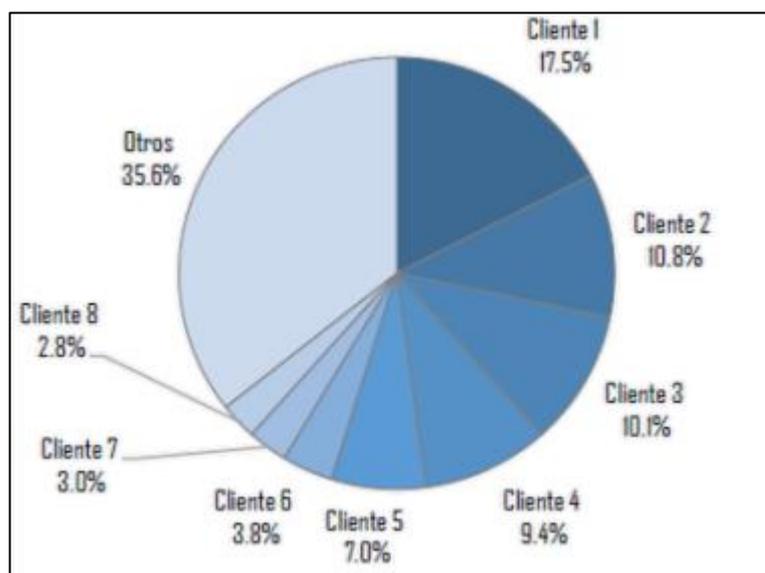


Figura 2. Concentración de clientes en las ventas Exsa S.A. – Orica Tomada de Informe de valorización de Exsa S.A.

La industria de explosivos del Perú representa casi 400 millones de dólares (tercer mercado más grande del mundo). De los 400 millones de dólares, 77 % es tajo abierto a gran escala y el 23 % de la minería subterránea. Exsa S.A.- Orica es una empresa líder en la industria con una participación de mercado del 75 %.

1.3. Reseña histórica de la empresa

En la Memoria anual 2019 se indica que Exsa S. A. fue fundada en 1954 bajo el nombre de Explosivos S.A., tiene por objeto la elaboración de productos químicos en general y explosivos para fines industriales en particular; así como participar en la explotación industrial y comercial de todos los oficios relacionados o derivados de los productos antes mencionados.

La empresa pertenece al sector industrial, tiene duración indefinida y sus actividades están incluidas en el grupo 2029 de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU).

El 11 de mayo de 1995 la sociedad cambió su denominación social de Explosivos S.A. por la de Exsa S.A.

El 1 de febrero de 2001 Exsa S. A. adquiere Química Sol S.A.C., empresa con sede en la ciudad de Tacna, que se especializa principalmente en la producción de dinamita mediante una fusión y la integra a su división de explosivos.

El 27 de marzo de 2015, la junta directiva aprobó una inversión de aproximadamente \$40 millones para construir una instalación de sistema de encendido automático de última generación en el área de Lurín y pasó a ser Exsa S.A., contando con el portafolio más completo de sistemas de iniciación.

El 30 de octubre de 2017, el directorio aprobó una inversión total estimada de \$15 millones para la construcción de una nueva planta de producción de productos explosivos para servicios de trituración de rocas en Chile por parte de la filial Exsa Chile SpA.

El 18 de febrero de 2020, Breca Soluciones de Voladura S.A.C., accionista de Exsa S.A., firmó un contrato de compraventa para adquirir la empresa a favor de Orica Mining Services Perú S.A. el 83,5 % del capital social de Exsa S .A. (98,30 % acciones ordinarias, 53,8 % acciones de inversión).



Figura 3. Historia de Exsa S.A. – Orica
Informe de valorización de Exsa S.A.

1.4. Organigrama Exsa S.A. – Orica

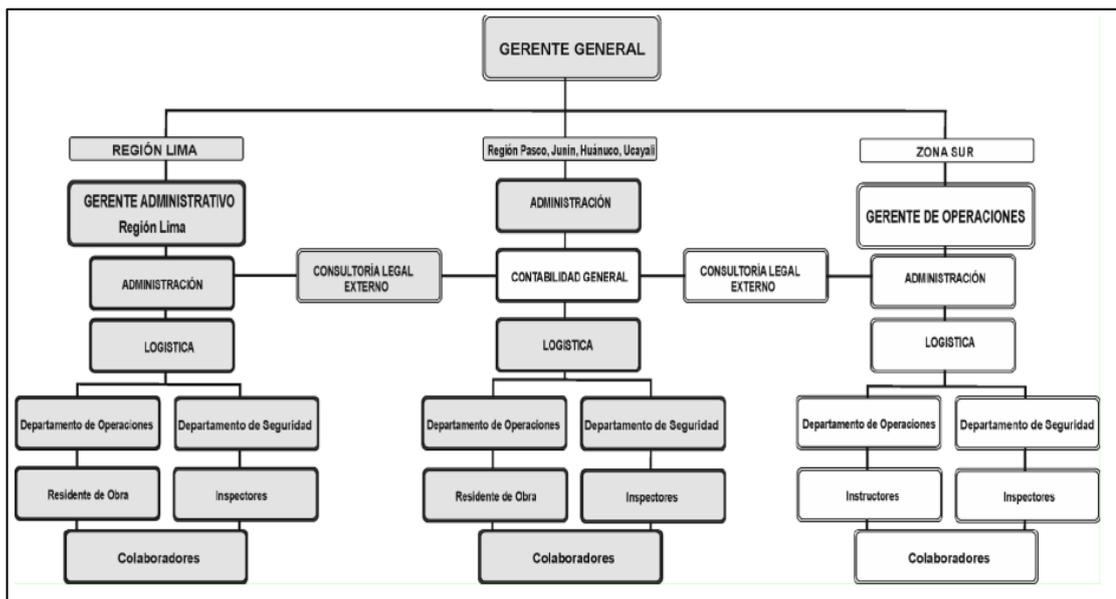


Figura 4. Organigrama Exsa S.A. - Orica

1.5. Visión y misión

1.5.1. Propósito

Movilizar de forma sostenible los recursos de la tierra.

1.5.2. Visión

Liderar a nivel mundial en soluciones de infraestructura y minería.

1.5.3. Estrategia

Ofrecer nueva tecnología y soluciones que multipliquen la productividad para nuestros clientes en todo el mundo. Nuestra estrategia se centra en tres pilares clave:

- ✓ Smarter solutions: Optimizar nuestras operaciones
- ✓ Optimised operations: Ofrecer soluciones más inteligentes y asociarnos para el progreso.
- ✓ Partnering for progress: Crear cultura de seguridad, a todos vuestros colaboradores; para prevenir incidentes.

1.5.4. Valores

Trabajamos como un solo equipo, siempre guiados por s valores morales y sociales. Como empresa orientada a un propósito, la forma en que se presenta valor a los clientes, comunidades y otras partes interesadas es tan importante como los servicios que brindamos.

La seguridad es nuestra prioridad. Siempre: la importancia de volver a nuestros hogares con vida es una prioridad que se recuerda diariamente. Nos preocupamos y asumimos ser responsables del bienestar y la seguridad de todos nuestros trabajadores, incluyendo el nuestro. Reconocemos los riesgos y peligros que enfrentamos en nuestras labores y seguimos todos los controles de seguridad para salvaguardar nuestras vidas.

Respetamos y valoramos a todos: nuestro cuidado, nuestros clientes, las comunidades y el medio ambiente que nos rodea construye relaciones de confianza y fortalece las alianzas. Tratamos a todos de manera justa, con dignidad y valoramos la diversidad que se presenta en la sociedad. Trabajamos con nuestras comunidades locales para contribuir positivamente, pensando en el futuro prometedor que merecen. Encontramos diferentes estrategias que ayudan a minimizar el impacto negativo en el ambiente mientras desarrollamos nuestras acciones.

Juntos lo logramos: la solidaridad nos hace mejores, individual y colectivamente. Compartimos libremente ideas con nuestros colegas para llegar a una mejora continua. Somos un gran equipo, asumimos la responsabilidad por el desempeño de nuestro equipo y buscamos la manera de fijar objetivos a corto y largo plazo.

1.6. Bases legales

1.6.1. Prevención del lavado de activos y del financiamiento del terrorismo

Las siguientes disposiciones contienen las reglas que deben regir la conducta de los accionistas, directores, gerentes, jefes y todos los colaboradores, con la finalidad que las actividades y operaciones de esta última estén rodeadas de la seguridad y transparencia

necesarias que impidan su utilización como instrumento o herramienta para el lavado de activos y/o el financiamiento del terrorismo.

- Reglas de conducta:
- ✓ Regla de conducta N°1. Tener una conducta decorosa, acorde con los valores y principios contenidos en este Código de Ética y Conducta.
- ✓ Regla de conducta N°2. Mantener debidamente informadas a las personas del área donde labora, así como de otras áreas, acerca de las obligaciones concernientes a la prevención del lavado de activos y de financiamiento del terrorismo.
- ✓ Regla de conducta N°3. Contribuir con lo que esté a su alcance en el proceso de implementar, controlar y velar por el adecuado funcionamiento del sistema de prevención del lavado de activos y del financiamiento del terrorismo en Exsa S.A., informando al Oficial de Cumplimiento de todo aquello que atente contra aquél; asimismo informar todo aquello que, a su juicio, pueda contribuir al mejoramiento de dicho sistema.
- ✓ Regla de conducta N°4. Informar oportunamente al oficial de cumplimiento, de manera reservada y confidencial, y debidamente sustentado, la existencia de operaciones sospechosas de lavado de activos y/o de financiamiento del terrorismo que haya detectado, de acuerdo a su buen criterio, así como también de cualquier cambio, modificación, o situación no habitual en el comportamiento o conducta del cliente o de algún colaborador de Exsa S.A.
- ✓ Regla de conducta N 5. Evitar y reportar la existencia de conflictos de interés de acuerdo con lo desarrollado en el presente documento en la sección “Con Nuestros Colaboradores”.

1.7. Descripción del área donde realiza sus actividades profesionales

1.7.1. Ubicación

La unidad minera Cerro Lindo está ubicada en el sur del Perú, a 175 km al sureste de Lima, en el departamento de Ica, provincia de Chincha, distrito de Chavín. Esta Unidad está ubicada a una altitud de 1820 m s. n. m (Ordinola Escobar 2022). Haciendo un recorrido aproximado de 60 km para llegar al campamento de esta unidad minera. La zona presenta un clima cálido con limitadas precipitaciones y vegetación primaria; la mina tiene las siguientes coordenadas geográficas:

- ✓ Latitud: 13° 04'54" S

- ✓ Longitud: 75° 59'21" W
- ✓ Altitud: 1820 m s. n. m

La velocidad de ingreso a la mina se restringe en tres zonas del km 0 al km 18 la velocidad de ingreso es de 60 a 70 km/h, del km 18 al km 25 la velocidad es de 50 km/h y del km 25 al km 60, es de 30 km/h, esto debido a lo agreste del terreno y los accidentes que se tuvo por exceso de velocidad, en la figura 1 se visualiza la ruta de acceso y la ubicación de la mina.



*Figura 5. Ubicación y ruta de acceso a la mina Cerro Lindo-Chincha
Tomada del Departamento de Geología Cerro Lindo*

1.7.2. Geomorfología

La zona es muy accidentada, con las fuertes pendientes características de la zona, donde los ríos han excavado las rocas submarinas de la costa formando valles en forma de V. La topografía tiende a volverse menos accidentada a medida que se asciende a la cima. Debido a las pronunciadas pendientes y desfiladeros del valle, es difícil formar suelos, y es una antigua terraza que se conservó principalmente por el levantamiento de los Andes.

- **Geología de la unidad minera**

Cerro Lindo es un depósito de sulfuros masivos vulcanógenos ubicado en una cuenca de arco post-Cretácico y asociado con fallas profundas que permitieron que los fluidos hidrotermales penetraran en aguas poco profundas.

Las unidades sedimentarias volcánicas se emplazaron durante el Jurásico Superior, formando un margen de subducción activo paralelo a la línea costera moderna, con un arco de

islas asociado con una cuenca más allá del arco donde la placa oceánica se subduce en un ángulo alto debajo de la placa continental.

La deposición de sulfuros masivos en este ambiente de cuenca postarco está estrechamente asociada con fallas no volcánicas o sindeposiciones y/o hundimiento de caldera que habría permitido el ingreso de fluidos hidrotermales que habrían evolucionado para formar los depósitos y depósitos conocidos.

- **Geomecánica de la unidad minera Cerro Colorado**

La unidad operativa Cerro Lindo nace de la empresa Nexa está compuesta por 3 tipos de roca: sulfuros, rocas volcánicas y los diques donde se puede encontrar minerales. Las rocas volcánicas crecen alrededor de los sulfuros que forman la roca del manto, mientras que los diques parten transversalmente a los sulfuros y volcánicos. Los cuerpos de roca volcánica llamados enclaves se encuentran dentro de las áreas mineralizadas y aparecen con minerales durante el desarrollo del depósito.

Las características estructurales de las discontinuidades fueron determinadas mediante el procesamiento estadístico de la información recolectada durante el mapeo geomecánico del macizo rocoso durante las operaciones subterráneas y la información recolectada durante el mapeo geotécnico de los núcleos de roca provenientes de la perforación diamantina.

- **Caracterización geomecánica de la masa rocosa**

Para la caracterización de la masa rocosa, el área de geomecánica de cerro lindo registro datos a partir del mapeo geo mecánico de las labores subterráneas en los diferentes niveles de los cuerpos OB1; OB2; OB5, OB6, OB7, OB9 utilizando el "método directo por celdas de detalle".

Mediante este método se realizaron mediciones sistemáticas de las discontinuidades presentes en los cuerpos mineralizados y en las rocas cajas que las contienen. (Estaciones de medición), representadas por un tramo de extensión variable de la roca expuesta en las excavaciones subterráneas.

Los parámetros de observación y medición para esta evaluación están de acuerdo con los estándares recomendados por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas, los parámetros

considerados son: tipo de roca, tipo de sistema de discontinuidades, orientación, distancia, persistencia, aberturas, rugosidad, tipo de material de relleno, espesor del material de relleno, erosión y presencia de agua.

Adicionalmente registraron datos sobre la resistencia de la roca y la frecuencia de fracturamiento, discontinuidades principales; por otro lado, para la caracterización de la masa rocosa, realizaron el logueo geotécnico de los testigos rocosos de los sondajes diamantinos como parte de la exploración de las áreas de evaluación, registrándose la orientación de las discontinuidades y características de relleno, rugosidad y ondulación de estas. Mapeadas por el personal del departamento de geología de mina Cerro Lindo.

La interpretación de toda esta información «concluyo que el arreglo estructural del macizo rocoso dentro de cada litología en la zona evaluada, debajo del Nv. 1800, está conformado por 2 sistemas principales de discontinuidades, uno de ellos el dominante, y de 1 a 2 sistemas secundarios» (1).

Tabla 1. Sistema de discontinuidades predominante

Litología	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4
Volcánico (caja techo)	N14°E/75°SE	N12°E/80°NW	N23°W/49°NE	N74°E/73°NW
	104°/75°	282°/80°	067°/49°	344°/73°
Dique	N25°E/78°SE	N16°E/78°NW	N14°W/62°NE	N24°W/30°SW
	115°/78°	286°/78°	076°/62°	246°/30°
Sulfuros	N26°E/72°SE	N37°E/73°NW	N34°W/47°NE	---
	116°/72°	307°/73°	056°/47°	---
Volcánico (caja piso)	N05°W/56°NE	N55°E/85°NW	N45°W/45°SW	N59°E/72°SE
	085°/56°	325°/85°	225°/45°	149°/72°

Tomada del Departamento de Geomecánica Cerro Lindo

- **Clasificación del macizo rocoso**

Según Sosa, 2016, para clasificar geo mecánicamente el macizo rocoso, el área de Geomecánica de Cerro Lindo seleccionó el criterio de clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR–Rock Mass Rating - 1989) modificado que se muestran en la tabla 5 a continuación.

Tabla 2. Clasificación del macizo rocoso

Tipo De Roca	Rango RMR	Rango Q	Calidad Según RMR
II	> 60	> 5.92	Buena
IIIA	51-60	2.18-5.92	Regular A
IIIB	41-50	0.72-1.95	Regular B
IV A	31-40	0.24-0.64	Mala A
IV B	21-30	0.08-0.21	Mala B
V	< 21	< 0.08	Muy Mala

1.8. Descripción del cargo y de las responsabilidades del bachiller en la empresa

- Cargo: Supervisor técnico de mina especializado en voladura

Esta posición tendrá la responsabilidad de supervisar al equipo de perforación y voladura para entregar objetivos de producción seguros en el turno, que sean consistentes con los indicadores de desempeño acordadas y en línea con los programas diarios, semanales y mensuales de la operación / sitio más amplio.

Responsabilidades:

- ✓ Asistir en la mejora de las ratios en frentes y la reducción de la sobre Excavación
- ✓ Realizar un análisis y un diagnóstico sobre la velocidad de detonación utilizada en NEXA durante sus operaciones y de las vibraciones obtenidas como consecuencia.
- ✓ Realizar un análisis y un diagnóstico sobre la carga operante y la energía de selección para arranque utilizada en NEXA durante sus operaciones.
- ✓ Presentar un informe sobre la fragmentación y el control de las densidades de malla utilizada en NEXA durante sus operaciones.
- ✓ Evaluar de forma práctica el proceso de voladura en NEXA con la finalidad de emitir observaciones sobre posibles deficiencias en el uso del cordón detonante y de los tacos de arcilla.
- ✓ Evaluar de forma práctica el proceso de perforación en NEXA con la finalidad de emitir observaciones sobre posibles deficiencias en el control de la sobre excavación y el ángulo de perforación.
- ✓ Identificar desviaciones longitudinales que puedan afectar la sobre excavación en el techo y el piso.

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA

2.1. Antecedentes

- En la tesis realizada por Muñoz (2) titulada: «Emulsión gasificada bombeable y su impacto en la productividad - Mina Huaron- Pan American Silver S.A. – 2019» se resume que la empresa decidió realizar investigaciones utilizando emulsiones para sustituir los explosivos tradicionales como la dinamita. Para lograr este objetivo se planteó un problema relacionado a la afectación de las emulsiones de gasificación, cuando el objetivo fue fijado se determinó como las emulsiones de gasificación bombeables impactarían la productividad en la mina Hualon; por lo tanto, se utilizaron métodos científicos del nivel aplicado y descriptivo. En el diseño se utilizó una declaración comparativa, ya que los resultados pedían eso. Como población se consideró y tomo como muestra a los responsables de los trabajos de desarrollo y preparación de la unidad minera Hualon, el avance medio de los 13 disparos realizados en diversas muestreadas dio resultado de 3,52 m/disparo. En el año 2018, fue de 3,14 m/disparo con dinamita de gelatina especial. Por lo tanto, podemos ver que se ha logrado un aumento del 12% y tiene un impacto en el crecimiento de la productividad (2).

- Cahuata (3) en su artículo científico titulado: «Optimización de la voladura con el uso de emulsión bombeable en minería subterránea y tunelería» presentado en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, indica que actualmente, la industria minera se está desarrollando a pasos agigantados, pero aún no se han desarrollado tecnologías alternativas con optimización incremental de las voladuras. Esta última es una de las operaciones unitarias más riesgosas e importantes en las minas subterráneas, ya que sus óptimos resultados determinarán el posterior ciclo minero eficiente. El diseño de la voladura no es

razonable y carece de monitoreo de gases y vibraciones, lo que resulta en altos costos, exceso de gases contaminantes y daño excesivo al macizo rocoso después de la voladura (3).

- Colana (4) en su tesis titulada: «Efectos del diseño de malla de perforación y voladura en la reducción de costos de operación en el proyecto de explotación el nuevo sureño» presentado en la Universidad Nacional de Moquegua enuncia que la minería subterránea es la extracción especializada de recursos bajo la superficie terrestre, y en la mayoría de los casos estas operaciones se llevan a cabo cuando la minería a cielo abierto no es posible. Ya sea por razones ambientales o económicas, esta operación realiza varias operaciones unitarias, una de las cuales es la perforación y voladura, que es una de las operaciones más importantes en cualquier operación de extracción de minerales (4).
- EXSA en su manual titulado: «Manual práctico de voladura» indica que es la forma en la que se distribuyen los taladros de una voladura, considerando básicamente a la relación de *burden* y espaciamiento y su directa vinculación con la profundidad de taladros. Distintas formas de amarre de los accesorios y diferentes tiempos de encendido de los taladros se aplican para obtener la más conveniente fragmentación y forma de acumulación de los detritos, para las posteriores operaciones de carguío y transporte del material volado. Los diseños de amarre de las conexiones entre taladros de los trazos de perforación anteriores determinan el diseño de mallas de salida. La distribución de los tiempos de encendido de los taladros cuando se utilicen detonadores de retardo, dando lugar al *burden* “real” o efectivo, de menor longitud que el virtual, como se observa en las salidas diagonales en el gráfico (5).
- Mejía (1) en su tesis titulada: «Evaluación del macizo rocoso aplicando el métodos gráfico de estabilidad para el dimensionamiento geomecánico de tajeos» presentado en la Universidad Continental enuncia que los problemas encontrados durante el trabajo son que la masa rocosa alrededor de la excavación es inestable y los desprendimientos de rocas son frecuentes, lo que obliga a los trabajadores a trabajar

2.2. Identificación de oportunidad o necesidad en el área de actividad profesional

Tabla 3. Análisis FODA perfil profesional

Fortalezas	Debilidades
- Tengo la capacidad para generar innovadoras ideas innovadoras acorde con los estándares	- Me falta obtener mayor experiencia en ámbito laboral y obtener cargos de confianza
- Amplia red de contacto en los sectores productivos	- Mejorar mi modelo de fidelización y participación profesional
- Me apasiona realizar trabajos en procesos de perforación y voladura	- Me falta desarrollar mi imagen a nivel nacional
Oportunidades	Amenazas
- Satisfacer los requerimientos de las empresas por ser muy productivo	- Oferta excesiva de profesionales
- Llegar a ostentar cargos importantes por tener experiencia en el rubro	- El crecimiento económico de nuestro sector depende del ciclo de actividades de los sectores productivos
- Cuento con estabilidad emocional para mantenerme competitivo	- Ingreso de nuevas metodologías en el mercado

2.3. Objetivos de la actividad profesional

2.3.1. Objetivo general

Mejorar los indicadores de voladura en frentes mediante el uso de emulsiones bombeables en la unidad minera Cerro Lindo-Ica.

2.3.2. Objetivos específicos

Mejorar los parámetros técnicos y operativos utilizados en el proceso de voladura en frentes mediante el uso de emulsiones bombeables en la unidad minera Cerro Lindo.

Mejorar los indicadores económicos en el proceso de voladura en frentes utilizando emulsiones bombeables en la unidad minera Cerro Lindo.

2.4. Justificación de la actividad profesional

Existe la necesidad de especialistas en la industria de la ingeniería minera, capaces de brindar los conocimientos técnicos necesarios para alcanzar las metas, objetivos y motivaciones

de los empresarios y trabajadores, pudiendo así incrementar significativamente la productividad laboral.

Mi desempeño profesional radica en lograr buenas ganancias que dependen del logro de los objetivos de la empresa, y estos objetivos responden a tres preguntas:

- ¿Se completaron bien las tareas asignadas?
- ¿Están satisfechos los clientes?
- ¿Cómo debería una empresa obtener ganancias?

La seguridad y la salud en el trabajo es un objetivo fundamental en la gestión de la empresa, y la implantación de un sistema de seguridad operacional, basado en los principios de prevención de accidentes y control de pérdidas.

La consecución de los objetivos empresariales se logra trabajando y compitiendo de forma transparente y justa.

El aporte de los conocimientos adquiridos a lo largo de los años a mi carrera minera fue fundamental para lograr mi objetivo principal.

Los mineros deben estar capacitados para realizar sus actividades diarias, desde una perspectiva minera, psicológica, contable, médica y educativa.

2.5. Resultados esperados

Las actividades que realicé en la empresa es el mejoramiento de los indicadores de voladura en frentes mediante el uso de emulsiones bombeables.

Competitividad sostenible en el medio y largo plazo, a través de la protección efectiva de los recursos de los que disponemos, identificando y superando las posibles causas de los problemas, y mejorando las condiciones y factores que pueden afectar a los trabajadores, las instalaciones y el medio ambiente.

Los métodos y herramientas que fueron desarrollados:

- ✓ Liderazgo, proactividad.
- ✓ Metas y objetivos.
- ✓ Motivación – reconocimiento.
- ✓ Apoyo del departamento de seguridad.
- ✓ Comunicación, capacitación e investigación de incidentes.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1. Bases teóricas de las metodologías o actividades realizadas

3.1.1. Método de explotación en mina Cerro Lindo – Nexa

La operación mina en Cerro Lindo se diferencia de otras unidades subterráneas por la cantidad de material que se extrae diariamente superando el 20,000 t/día, de las que se obtiene un total de concentrado de 360 toneladas métricas, aproximadamente, de los diferentes metales que se explotan en mina.

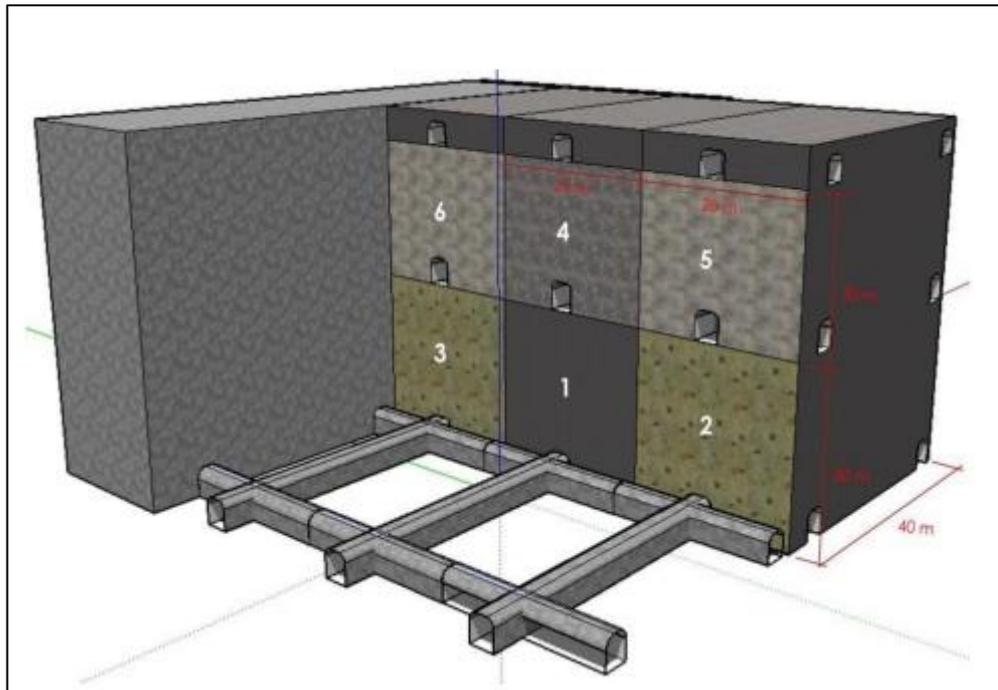
Siendo una unidad altamente mecanizada, acarreado el mineral de interior mina a superficie mediante dos métodos mediante volquetes de 50 toneladas y mediante fajas que van directamente del Nv 1820 de interior mina a la planta concentradora, con dimensiones de labores de 5 m x 5 m. Otra característica es que para sus procesos tanto de operaciones mina y planta utiliza agua de mar tratada en su planta desalinizadora que se encuentra ubicado a 60 km de la unidad minera.

El método de minado aplicado en Cerro Lindo es el *sublevel stoping*. La característica básica aplicada para el diseño de minado de un tajo contempla dimensionar los tajos en bloques de 30 m alto x 20 m ancho y 40 m.

De largo, este dimensionamiento obedece al estudio geomecánica realizado tomando en consideración el factor de seguridad requerido y al cálculo del radio hidráulico adecuado y que garantice la estabilidad del tajo durante su explotación, en el tiempo que la mina lleva en

operación se han efectuado ajustes haciendo que las dimensiones de ancho y largo de los tajos varíen.

La secuencia de minado se inicia explotando los blocks primarios para luego ser rellenos con “relleno en pasta”, una vez que dicho relleno logra su resistencia máxima se procede a minar el nivel superior primario, cuando este es relleno y ha logrado la resistencia adecuada se inicia con el minado de los blocks secundarios inferiores



*Figura 6. Esquema de división de los bloques (pilares)
Tomada del Departamento de Planeamiento Cerro Lindo – Nexa*

3.1.2. Burden y burden efectivo

Morales García, 2020, explica que la carga sobre un taladro se refiere a la dimensión lineal entre el agujero y la superficie libre, medida perpendicular a la dirección de la fila de agujeros que forman la fila.

Generalmente, el término carga se refiere a una carga perforada y la dimensión lineal se refiere al lado libre existente del banco.

El término “carga efectiva” se refiere a la dimensión lineal entre el pozo y la ubicación del pozo libre más cercana en el momento de la explosión del pozo, teniendo en cuenta la dirección de iniciación.

Para una rejilla de pozo equilátero, la carga es de 0.87 veces la distancia y para una red equilátera que comienza con V 1, la carga efectiva es 0.29 veces la distancia.

3.1.3. Espaciamiento y espaciamiento efectivo

El espaciamiento de los barrenos se refiere a la dimensión lineal entre barrenos adyacentes que forman una fila, generalmente medida paralela a la superficie transparente. Este término suele referirse a la distancia de perforación. El término “distancia efectiva” se refiere a la dimensión lineal entre ejes de voladura sucesivos, teniendo en cuenta la orientación del área libre. (Morales Garcia 2020).

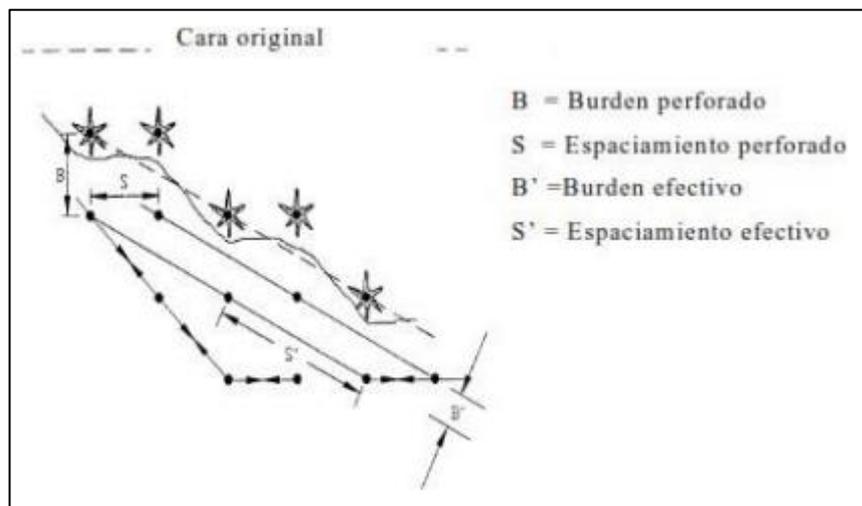


Figura 7. Tipos de malla de perforación Tomada del Manual de tronadura Enaex

3.1.4. Cara libre

Es el número de superficies de superficies expuestas en una labor minera. En un frente se tiene 01 cara libre, en un tajeo se cuenta con dos caras libres.



Figura 8. Tipos de malla de perforación Tomada del Manual de curso Cetemin

3.1.5. Distribución de taladros en un frente

- La distribución y nomenclatura de los taladros en una malla de perforación de un frente son:
- ✓ Arranque: es el taladro el que explota primero y forma la primera cavidad en el frente, normalmente tiene entre 1,3 y 1,5 veces más carga que otros taladros (Colana Cuayla 2020).
 - ✓ Ayudas de arranque: son unos orificios que rodean el motor de arranque y forman una salida a la cavidad original, dependiendo del tamaño del frontal, su número y distribución varían: del primero al auxiliar, del segundo o tercero al auxiliar, es decir ampliar la cavidad (sin aberturas ni agujeros vacíos) (Colana Cuayla 2020).
 - ✓ Producción: en términos de volumen de lanzamiento, esta es la explosión máxima. Este esquema es generalmente más abierto que el disparo y el arranque rápido y tiene en menor consumo específico de pólvora (Colana Cuayla 2020).
 - ✓ Cuadradores: los agujeros laterales (frontones) forman los lados del túnel (Colana Cuayla 2020).
 - ✓ Alzas o techos: Son los que forman el techo o bóveda del túnel (Colana Cuayla 2020).
 - ✓ Arrastre o pisos: son el equivalente al piso de la galería y generalmente se disparan al final de todo el lote (Colana Cuayla 2020).



*Figura 9. Denominación de taladros
Tomada del Manual de Voladura de Exsa – Tercera edición*

3.1.7. Voladura de rocas

Según los estándares de la mecánica de fractura, la voladura es un proceso tridimensional, en el que la presión generada por el explosivo se limita a orificios perforados en la roca para formar una zona de concentración de alta energía que produce dos efectos dinámicos: fragmentación y desplazamiento.

La primera parte se refiere al tamaño, distribución y relación de aspecto de las piezas producidas, mientras que la segunda parte se refiere al movimiento del macizo rocoso triturado.

La fragmentación adecuada es fundamental para facilitar la remoción y el transporte de materiales explosivos y está directamente relacionada con el uso previsto del material, que es lo que lo califica para fragmentarse mejor.

Teniendo en cuenta los diversos criterios involucrados en los trabajos de voladura, como el propósito o uso final del sitio que se excava o del material que se excava, el volumen a excavar y el grado promedio de fragmentación requerido, si el material rocoso excavado se va a excavar, permanecer en el sitio o ser transportado a otro lugar, el tipo y tamaño del equipo de transporte disponible, en las proximidades de él.

Por lo tanto, las estructuras vitales pueden verse afectadas por vibraciones o hinchazones, entre otros factores, lo que requiere una cuidadosa planificación de la voladura, teniendo en cuenta todos los detalles que pueden afectar sus resultados.

Para facilitar la comprensión, estos factores relacionados se resumen en grupos llamados variables, factores, parámetros o condiciones básicas que componen:

- ✓ Propiedades físicas (dureza, tenacidad, densidad, textura, porosidad, variabilidad, grado de alteración).
- ✓ Propiedades elásticas o de resistencia dinámica de las rocas (frecuencia sísmica o velocidad de propagación de las ondas sísmicas y de sonido, resistencia mecánica, fricción interna, módulo de Young, radio de Poisson, impedancia).
- ✓ Condiciones geológicas (estructura, grado de fisuramiento, presencia de agua).
- ✓ Parámetros del explosivo propiedades fisicoquímicas (densidad, velocidad de detonación, transmisión, resistencia al agua, energía del explosivo, sensibilidad a la iniciación, volumen normal de gases, categoría de humos).
- ✓ Condiciones de carga (diámetro de la carga, geometría de la carga, grado de acoplamiento, grado de confinamiento, densidad de carguío, distribución de energía, intervalos de iniciación, variables de perforación).

3.1.8. Condiciones generales para el trabajo eficiente de los explosivos

- ✓ Deben tener presentes una cara libremente para facilitar la eliminación del material fragmentado.
- ✓ Debe limitarse a aumentar la intensidad de la carga (ataque con palos de madera en el sótano, gran presión de aire en el sótano y por gravedad en el tejado). Cerrar la broca con un tapón inerte.
- ✓ Cebiar cuidadosamente
- ✓ Debe habilitarse manteniendo la secuencia de salida ordenada (sincronización)

- ✓ La distancia entre los taladros debe ser suficiente para permitir que las grietas radiales interactúen entre sí; de lo contrario, se producirá una fragmentación deficiente y podrían salir despedidas sin ningún efecto.

3.1.9. Evaluación de la voladura

La explosión se juzga por los resultados obtenidos. Para calificar se tienen en cuenta los siguientes aspectos: el volumen de material transportado y los avances alcanzados del tiro o disparo, suelo, fragmentación, forma de acumulación de escombros o detritos, costo total del tiro.

3.1.10. Explosivos

Los explosivos son mezclas metaestables de oxidantes y combustibles, se descomponen con violencia, liberando grandes cantidades de energía utilizada para destruir las rocas. La mayoría de los explosivos disponibles comercialmente utilizan nitratos como agentes oxidantes y el nitrato de amonio es el material básico para su fabricación.

Otras sustancias de uso común incluyen sodio, calcio, potasio y algunas sustancias inorgánicas como aminas y hexaminas. los combustibles básicos para explosivos incluyen C y H. Estos reaccionan con el O y liberan grandes cantidades de energía. La mayoría de los combustibles son hidrocarburos cuya estructura básica es CH₂.

Generalmente, existen dos tipos de explosivos: explosivos moleculares y explosivos compuestos. La molécula tiene O y combustible en la misma molécula. Su ventaja es que debido a que el oxidante y el combustible están en estrecho contacto, la reacción es muy rápida y generalmente llega a su fin. El trinitrotolueno (TNT) es un ejemplo de explosivo molecular.

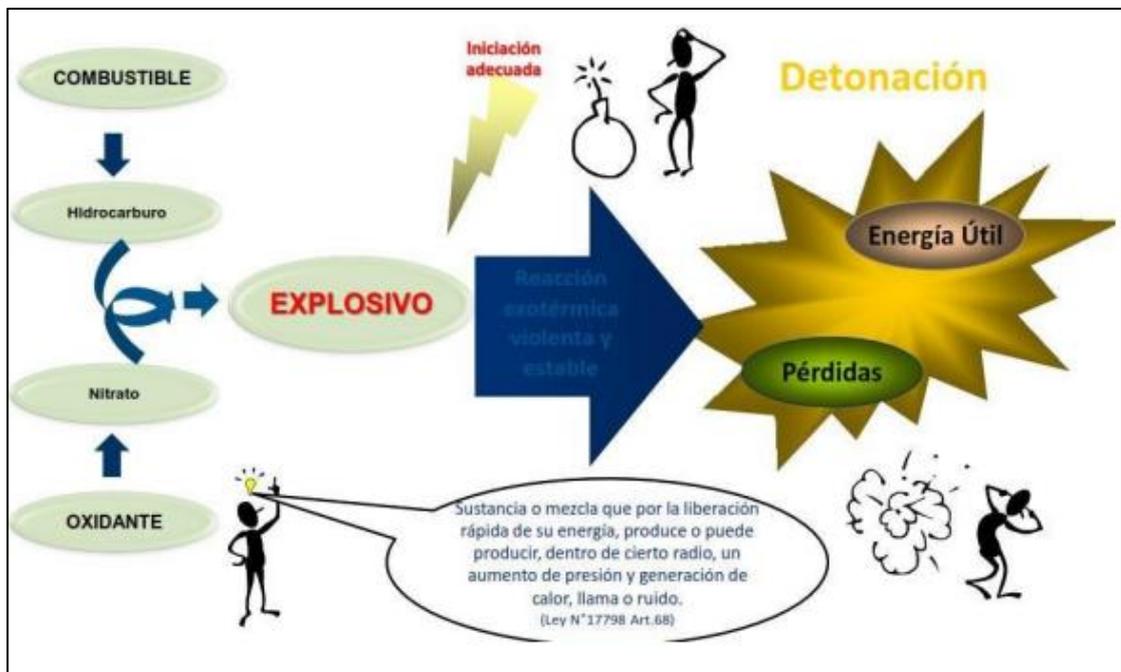
Un explosivo compuesto contiene un oxidante y un combustible en diferentes moléculas o diferentes compuestos. Debido a que el combustible y el oxidante están tan separados, la reacción de descomposición es mucho más lenta que con los explosivos moleculares. ANFO, emulsión y aquagel son ejemplos de explosivos compuestos, mientras que el nitrato de amonio es un sistema híbrido porque contiene los combustibles unidos molecularmente H y O además de los combustibles individuales que se encuentran en el petróleo.

Dos aspectos importantes en la formulación de explosivos son el tamaño de las partículas involucradas en la reacción y la cantidad de espacio libre.

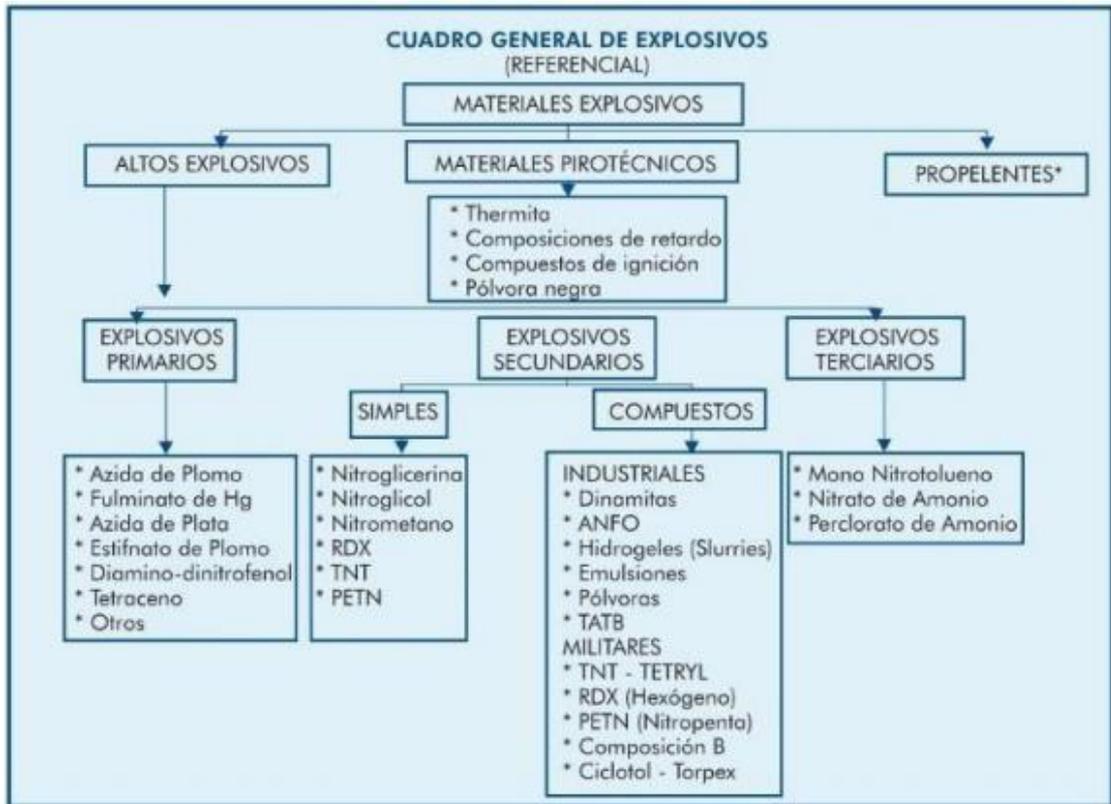
En condiciones normales, el aceite no se absorbe en la superficie del nitrato de amonio, pero cuando se muele finamente, el área de la superficie es lo suficientemente grande como para que el aceite forme una capa delgada sobre el polvo para permitir y mantener la reacción. Sin embargo, el polvo de nitrato de amonio es difícil de manipular y produce gránulos porosos.

Los *prills* consisten en conchas de vidrio con poros o espacios similares a capilares entre los cristales. Cuando se mezcla con aceite, penetra en los gránulos por acción capilar. El grado de intimidad de la mezcla de aceites dentro de la pastilla está influenciado por el diámetro de la pastilla.

Las bolitas pequeñas se distribuyen más uniformemente que las bolitas grandes. Normalmente, el rango de tamaño de los gránulos de grado explosivo es de 1 a 3 mm, y el espesor del material de diámetro es de 1 a 2 mm (Morales Garcia 2020).



*Figura 10. Definición de explosivo
Tomada de SIVE Exsa-Orica*



*Figura 11. Cuadro general de explosivos
Tomada del Manual de voladura de Exsa – Quinta edición*

3.1.10.1. Componente de los explosivos

En el trabajo de investigación presentado por Infantes, 2020, los explosivos industriales utilizados para la voladura de rocas se basan en una reacción de combustión fisicoquímica muy rápida que involucra tres elementos: oxidante, combustible y sensibilizador.

El oxidante suministra oxígeno al combustible, que luego se quema de la manera tradicional, produciendo humo, vapor de agua, cenizas y calor. El sensibilizador actúa como una especie de motivador que acelera la reacción a niveles explosivos y eleva significativamente la temperatura, lo que resulta en una expansión casi instantánea del vapor o gas sobrecalentado, creando el efecto de aplastar y desplazar la roca.

Por tanto, los explosivos contienen estos tres elementos y se clasifican en cuatro grupos según sus propiedades como se muestra en la siguiente tabla.

Es interesante observar que el nitrato de amonio es un agente oxidante común para cuatro elementos en diferentes estados (granular, triturado o en solución), y finalmente combinado con otros nitratos o sales, pero los sensibilizadores no son adecuados para explosivos poliméricos como nitroglicerina, polvos metálicos, aminos o en los poros de gránulos de nitrato o microesferas de vidrio. Puede estar contenido en aire, esto es causado por una onda de choque, cuando el iniciador se comprime adiabáticamente, se enciende, formando un punto caliente y provocando la detonación del explosivo.

La siguiente tabla muestra los principales componentes de los explosivos industriales más comúnmente utilizados en minería subterránea y a cielo abierto, canteras y otras operaciones de construcción.

Tabla 4. Cuadro de componentes principales de los explosivos

EXPLOSIVOS COMERCIALES /COMPONENTES PRINCIPALES			
TIPO	OXIDANTE	COMBUSTIBLES	SENSIBILIZADOR
DINAMITAS	Sólidos Nitrato de amonio y otras sales	Sólidos Nitrato de absorbentes, pulpa de madera celulosa	Líquido Nitroglicerina y otros
ANFO y otros nitro-carbohidratos granulados	Sólidos Nitrato de amonio granulados	Sólidos-líquido Petróleo diesel carbón y otras aceites	Aire Poros vacíos de aire en los prills de nitrato de amonio
Hidrogeles (slurry) (dispersión de aceite de agua)	Sólidos-líquido Nitrato de amonio y otras sales (soluciones salinas)	Sólidos-líquido Petróleo aluminio sensibilizantes orgánicos , gomas	Sólidos-líquido Nitrato de mono-metileno, nitro-nitrato de etilno glicol, aluminio en polvo y otros gasificantes
Emulsiones (dispersión de agua de aceite)	Líquido Soluciones de nitrato de amonio y otras sales	Líquido Petróleo aceites emulsificantes , parafins	Gasificantes Aire contenido en microesferas de vidrio y otros gasificantes

Tomada del Manual de voladura de Exsa – Quinta edición



*Figura 12. El triángulo explosivo
Tomada de SIVE Exsa-Orica*

3.1.11.UBT Módulo eléctrico

Se trata de un dispositivo de carga de material de voladura utilizado en minería subterránea y construcción de túneles, este dispositivo funciona con corriente continua (batería de 24 V) y por tanto es independiente.

Diseñado para el carguío de mezcla explosiva Quantex Sub a granel en forma continua y precisa para lo cual cuenta con un PLC que controla en tiempo real los flujos de las bombas que dosifican los componentes de la mezcla explosiva, permite a la vez regular el porcentaje de solución gasificante que se inyecta en el sistema con el fin de obtener diferentes densidades de copa.

El módulo UBT es compacto, lo que le permite su traslado en interior mina sobre una camioneta doble cabina para facilitar su maniobrabilidad.

Tabla 5. Especificaciones del diseño

Capacidad Tolva del producto	200 kg
Capacidad tanque de gasificante	8 litros
Capacidad tanque de agua	37 litros
Caudal de Bombeo	06 kg/min - 13 kg/min
Sistema de alimentación	Eléctrico (baterías 24 V)
Sistema de seguridad	Sensores de presión. Sensor de temperatura. Sensor de flujo no flujo. Disco de ruptura de 200Psi
Control	Automático con PLC
Diámetro de manguera carguío	1"
Longitud de manguera carguío	25 m
DIMENSIONES DEL EQUIPO TERMINADO	Largo: 5,260 mm. Ancho: 1,835 mm. Alto: 2,100 mm.
Transporte	Camioneta 4x4

Tomada de SIVE Exsa-Orica



Figura 13. Descripción del equipo Tomada de SIVE Exsa-Orica

PREIONE LA TECLA LLENADO HASTA QUE SE HABILITE, LUEGO DIGITE LA CANTIDAD DE KG QUE INGRESA EN LA MANGUERA, FINALMENTE PRESIONAR STAR. ESTA PARTE DE LA SECUENCIA SOLO SE UTILIZA PARA EL LLENADO DE MANGUERA.

PREIONE LA TECLA CARGUIO HASTA QUE SE HABILITE, LUEGO DIGITE LA CANTIDAD DE KG QUE INGRESA EN EL TALADRO, FINALMENTE PRESIONAR STAR. ESTA PARTE DE LA SECUENCIA SE UTILIZA PARA EL CARGUIO DE TALADROS.

PREIONE LA TECLA LIMPIEZA HASTA QUE SE HABILITE, LUEGO DIGITE LA CANTIDAD DE KG QUE INGRESA EN EL TALADRO, FINALMENTE PRESIONAR STAR. ESTA PARTE DE LA SECUENCIA SE UTILIZA PARA ELIMINAR MEZCLA EXPLOSIVA DE LA MANGUERA, PARA ELLO EL SISTEMA EN UNA PARTE DE LA DESCARGA SOLICITA CERRAR LA VALVULA DE EMULSION Y APERTURAR LA VALVULA DE AGUA.

PREIONE LA TECLA CONTINUAR HASTA QUE SE HABILITE, LUEGO PRESIONE STAR PARA CONTINUAR BOMBEO Y PRESIONAR STOP PARA DETENER EL BOMBEO. ESTA TECLA SE UTILIZA PARA AUMENTAR LOS KG DE MEZCLA DESPUES DE QUE EL AUTOMATICO DETIENE EL BOMBEO.

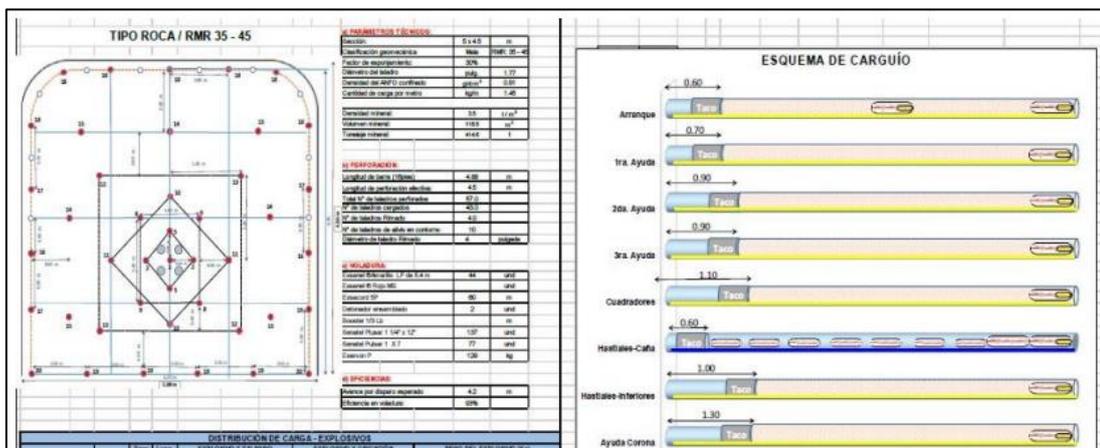
NOTA: CUANDO SE REQUIERA CERRAR LA SECUENCIA POR ALGUNA FALLA EN EL CARGUIO PRESIONAR LA TECLA "O"

NOTA: LAS TECLAS ESTAN HABILITADAS CUANDO ESTAN DE COLOR VERDE Y DESHABILITADAS CUENDO ESTAN DE COLOR ROJO. LAS ESFERAS SON INDICADORES DE STAR – STOP.

Figura 14. Pantalla operación – secuencia de carguió Tomada de SIVE Exsa-Orica

3.1.12. Estándar de perforación y voladura en frentes

De acuerdo a parámetros de resistencia del macizo rocoso y propiedades del agente explosivo, se diseñaron las mallas de perforación y voladura de rocas para frentes, se manejaron dos tipos de alteración: sulfuro y volcánico, además se disgregaron por tipo de roca, obteniendo:



*Figura 15. Diseño malla de perforación y voladura (sección 5.0 x 4.5) / 16 pies / RMR 35 - 45 / sulfuros
Tomada de SIVE Exsa-Orica*

3.1.13. Sistemas de iniciación en frentes

Se trata de sistemas de activación especialmente desarrollados para la liberación controlada de explosivos desde una distancia segura y determinan la secuencia adecuada de salida del simulacro.

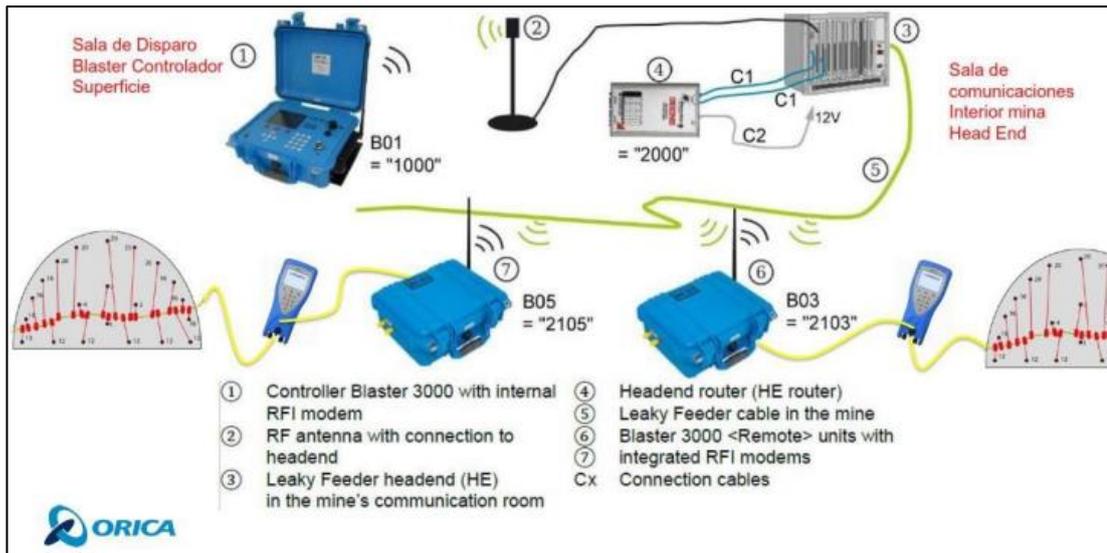
El sistema de encendido contiene elementos diseñados para ser explosivos y debe manipularse con extremo cuidado. Un manejo inadecuado puede provocar accidentes graves o la muerte debido a una explosión prematura.

Se puede utilizar los siguientes procedimientos:

- ✓ Guía de seguridad y fulminante común - sistema convencional
- ✓ Mecha rápida, conector, guía de seguridad y fulminante común - sistema convencional mejorado
- ✓ Nonel, Fanel, Exsanel y cordón detonante - sistema no eléctrico
- ✓ Sistema electrónico

- **Sistema electrónico (voladura centralizada CEBS I-KON™)**

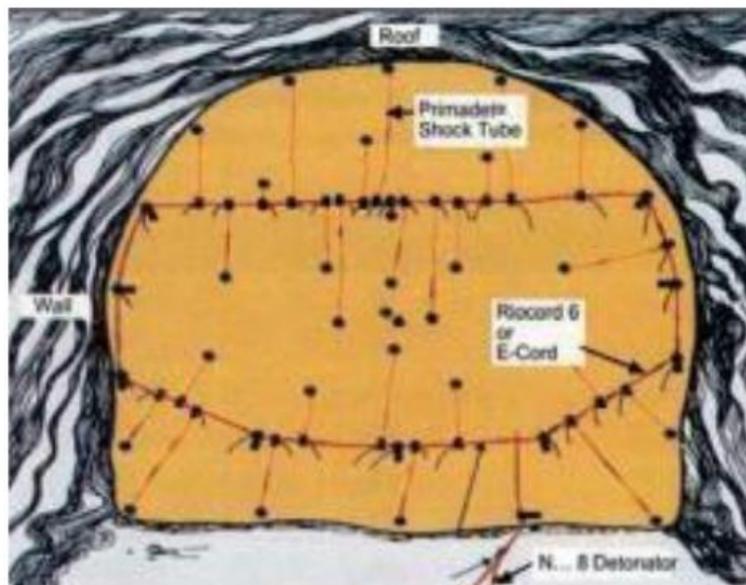
Considerando que Cerro lindo cuenta con redes de Leaky feeder en interior mina y con la ayuda de las redes de Ethernet que llegan hasta las oficinas de mina, fue factible la implementación de la tecnología CEBS (Centralize Electronic Blasting System) la cual consiste en el envío de comandos de disparos a detonadores electrónicos mediante redes de Leake feeder



*Figura 18. Esquema de aplicación CEBS I-KON™ - "3 MÓDEM"
Tomada de SIVE Exsa-Orica*

• **Sistema no eléctrico**

Se trata de sistemas que funcionan sin la acción de energía eléctrica, se activan mediante ondas de choque y constan de un detonador accesorio no eléctrico y un cordón detonador. La onda de detonación de códigos de detonación se inicia mediante un único detonador común, es un sistema más seguro y eficiente.



*Figura 19. Amarre de malla en un frente con el sistema no eléctrico
Tomada de Presentación Carmex de Famesa*

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

4.1. Descripción de actividades profesionales

Debido a las necesidades de mejora de los ratios en frentes de trabajo (específicamente en el proceso de perforación y voladura) y la reducción de la sobre excavación en la unidad Cerro Lindo – Nexa se contrató los servicios de la empresa a la que pertenezco Exsa – Orica.

Este servicio fue designado a la Gerencia de Soluciones Técnicas de Exsa – Orica, quien asumió compromisos con NEXA, unidad Cerro Lindo.

En coordinación con la Gerencia Mina, Jefatura de Perforación y Voladura – Nexa y la Gerencia de Exsa – Orica determinaron el requerimiento de realizar un plan estratégico para mejorar ratios en frentes y la reducción de la sobre excavación.

Para ello, se formó un equipo técnico conformado por personal de ambas empresas, en el cual yo formé parte como el encargado de realizar el diagnóstico situacional (identificación de oportunidades de mejora y deficiencias actuales) de los procesos de perforación y voladura a través de la presentación de análisis e informes respecto a los procesos asociados a la perforación y voladura, ejecutando las siguientes actividades específicas:

1. Realizar un análisis y un diagnóstico sobre la velocidad de detonación utilizada en Nexa durante sus operaciones y de las vibraciones obtenidas como consecuencia.
2. Realizar un análisis y un diagnóstico sobre la carga operante y la energía de selección para arranque utilizada en Nexa durante sus operaciones.

3. Presentar un informe sobre la fragmentación y el control de las densidades de malla utilizada en Nexa durante sus operaciones.
4. Evaluar de forma práctica el proceso de voladura en Nexa con la finalidad de emitir observaciones sobre posibles deficiencias en el uso del cordón detonante y de los tacos de arcilla.
5. Evaluar de forma práctica el proceso de perforación en Nexa con la finalidad de emitir observaciones sobre posibles deficiencias en el control de la sobre excavación y el ángulo de perforación.
6. Identificar desviaciones longitudinales que puedan afectar la sobre excavación en el techo y el piso.
7. Apoyo en la redacción final del informe.

4.1.1. Diagnóstico operacional

En esta fase se realizó a través de reuniones de mejora continua un diagnóstico de las operaciones, tomando en cuenta la información recopilada desde enero de 2021 hasta julio de 2021. Como parte de la redacción del informe final presentado a NEXA elaboré el siguiente esquema que sintetizó el proceso de gestión acordado para llevar a cabo el plan descrito anteriormente. Se encierra la fase en la cual desarrolle mis funciones.



Figura 20. Fases del plan estratégico

4.1.2. Evaluación práctica al personal operativo

Realicé evaluaciones a las tres guardias de ejecución, donde se separó por grupos: personal operativo de voladura, supervisión operativa de voladura y personal de polvorín con exámenes diferentes para cada grupo.

Esta evaluación calificó el conocimiento de buenas prácticas para la mejora del proceso de sobre excavación y ratios en frentes.



Figura 21. Resultados de la evaluación



Figura 22. Evidencias de evaluación del personal

4.1.3. Análisis de desviación de taladros

Para el análisis de desviación de taladros analicé el uso del equipo DeviSoft. La labor analizada fue el Cx. 520 Nv. 1850 OB9.

Pude identificar desviaciones longitudinales que afectaban la sobre excavación en el techo y el piso, así también se pudo obtener desviaciones transversales que afectaban al hastial derecho y hastial izquierdo.

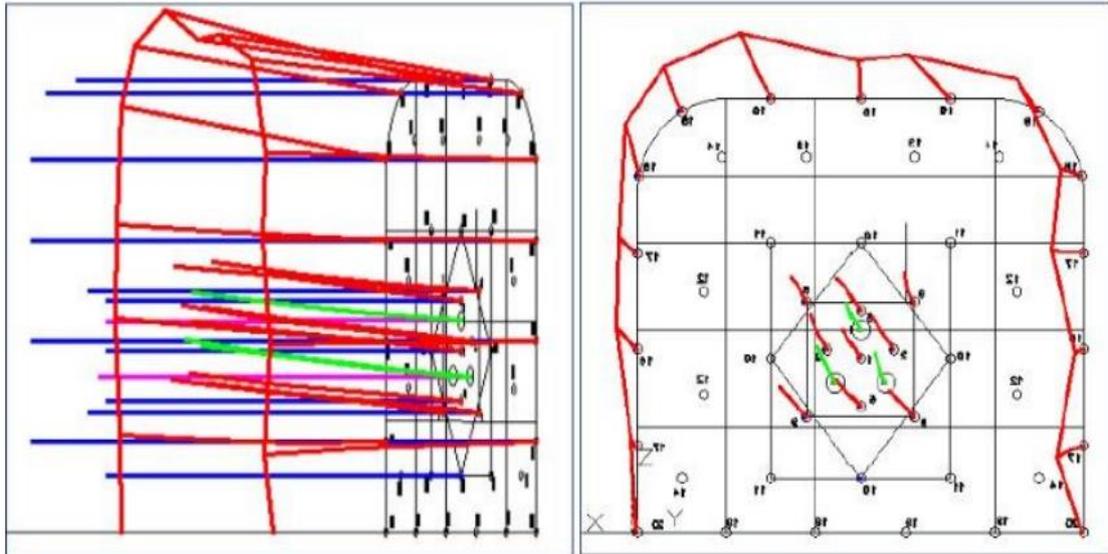


Figura 23. Desviación de taladros en frente Cx 520 Nv 1850 OB9

El resultado de la desviación de taladros en avance fue de un 13%, se determinó que esta desviación de taladros fue por la falta de paralelismo, lo que generó afectaciones notoriamente en el resultado de sobre excavación.

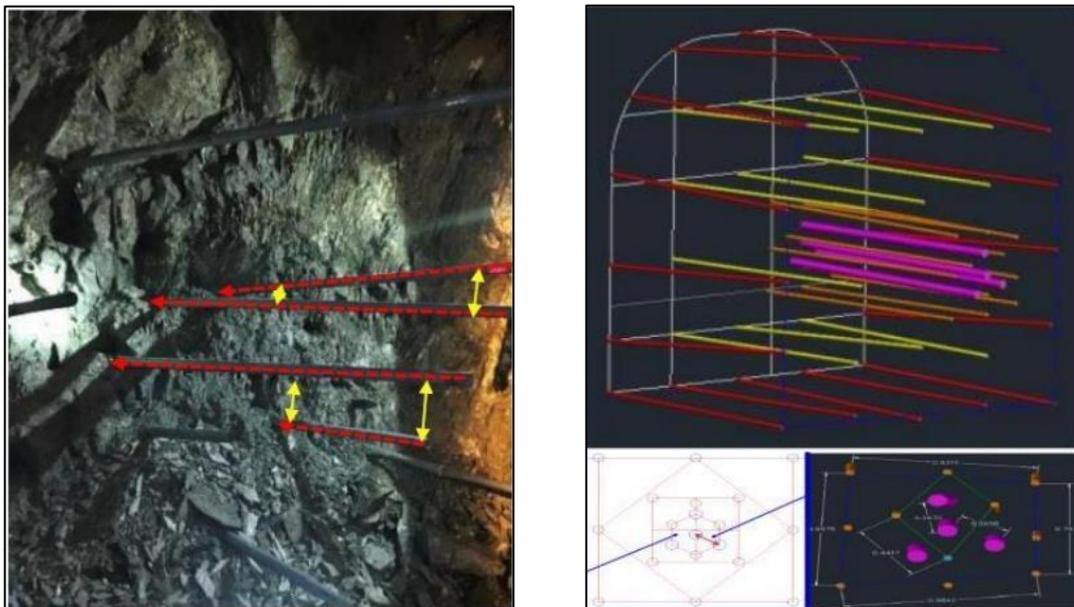


Figura 24. Desviación de taladros en frente Cx 520 Nv 1850 OB9

4.1.4. Análisis de perforación

Por experiencias previas y conocimientos teóricos se identificó que el proceso más importante en el resultado de la voladura es el proceso de perforación.

Debido a ello, realicé junto a la jefatura de perforación y voladura de Nexa la evaluación práctica a la perforación que se venía ejecutando en la unidad minera Cerro Lindo encontrado los siguientes hallazgos:

- **Falta cuadrículado y pintado de colas**

Si bien es cierto que el equipo de topografía marca los hastiales y el eje central, al momento de la perforación no existía evidencia del cuadrículado de la malla y no se podía apreciar el pintado de colas (Proyección de malla de perforación) en corona y hastiales.



Figura 25. Perforación del frente de trabajo

- **Control de sobreexcavación deficiente**

La sobreexcavación del Cx. 550 Nv. 1820B9 claramente fue deficiente, esto se atribuyó a la falta de control en paralelismo al momento de la perforación.



Figura 26. Control de sobre excavación

- **Tubo de arrastre de corta longitud**

La tubería que se usó al momento de realizar este informe para taladros negativos fue muy corta (1.7 metros) con el objetivo de evitar que colapse el taladro y se mantenga la estabilidad en la longitud de taladro. Se identificó que la longitud del tubo de arrastre debería ser 25% mayor a la longitud del taladro perforado.



Figura 27. Control de tubos de arrastre

- **Falta control en ángulo de perforación**

Al momento de analizar el ángulo de perforación pude identificar la falta de pintado de colas, lo que contribuía a un deficiente control del ángulo de perforación afectando techo y hastiales.



Figura 28. Control de ángulo de perforación

4.1.5. Análisis de voladura

- **Falta del uso de tacos de arcilla**

Se determinó que la falta de uso de tacos de arcilla en los taladros ocasionó desaprovechamiento de la energía liberada y una deficiente retención de las ondas de choque.



Figura 29. Control del uso de tacos de arcilla

- **Uso de cordón detonante en rompeboca**

Al analizar el uso de cordón detonante en rompeboca se pudo determinar que no está dentro del estándar de carguío y su uso también afecta la iniciación del explosivo generando una muy baja performance.



Figura 30. Control del uso de cordón detonante

- **Uso de cañas en el contorno sin tacos**

Pude apreciar que durante el proceso de voladura controlada se usaban las cañas con el objetivo de desacoplar la energía explosiva en el taladro. Sin embargo, se identificó que algunas labores no utilizaban el taco en la boca del taladro.



Figura 31. Control del uso de cañas en la voladura de contorno

4.1.6. Análisis de velocidad de detonación

Realizamos el análisis de la velocidad onda detonación (VOD) para evaluar el rendimiento del explosivo (anfo) dentro del taladro en frentes.

Fueron tres labores con 45 mm de diámetro de perforación.

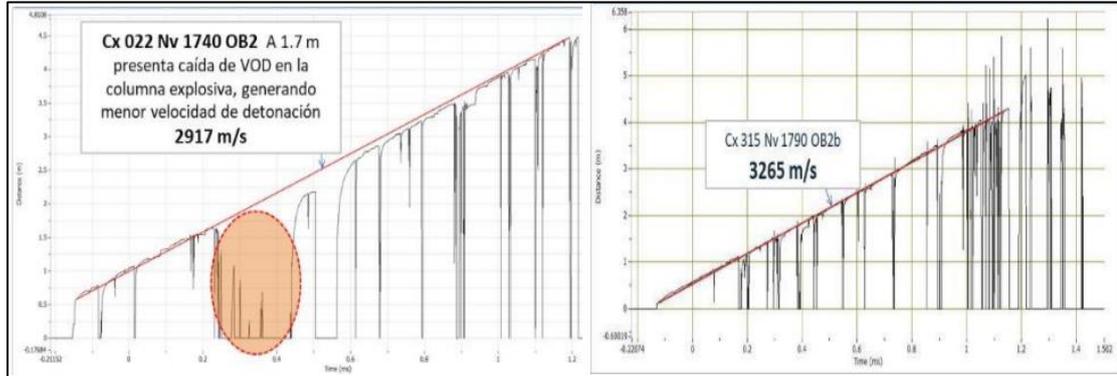


Figura 32. Análisis de gráficas del Microtrap

Del análisis, se determina que la presión del taladro en Cx. 315 es 2399 MPa, en el Cx. 400 es 2119 MPa. Con estos resultados se pudo determinar una performance eficiente del anfo, asimismo, en el Cx. 002 la presión del taladro bajo a 1915 MPa.

Este resultado fue atribuido porque a 2.5 metros del taladro existía una falla ocasionando por una caída de presión. A pesar de ello, la performance desarrollada presentó una buena energía para fragmentar y triturar la roca.



Figura 33. Análisis de velocidades de detonación por labor Tomada del Área de Perforación y Voladura de Nexa

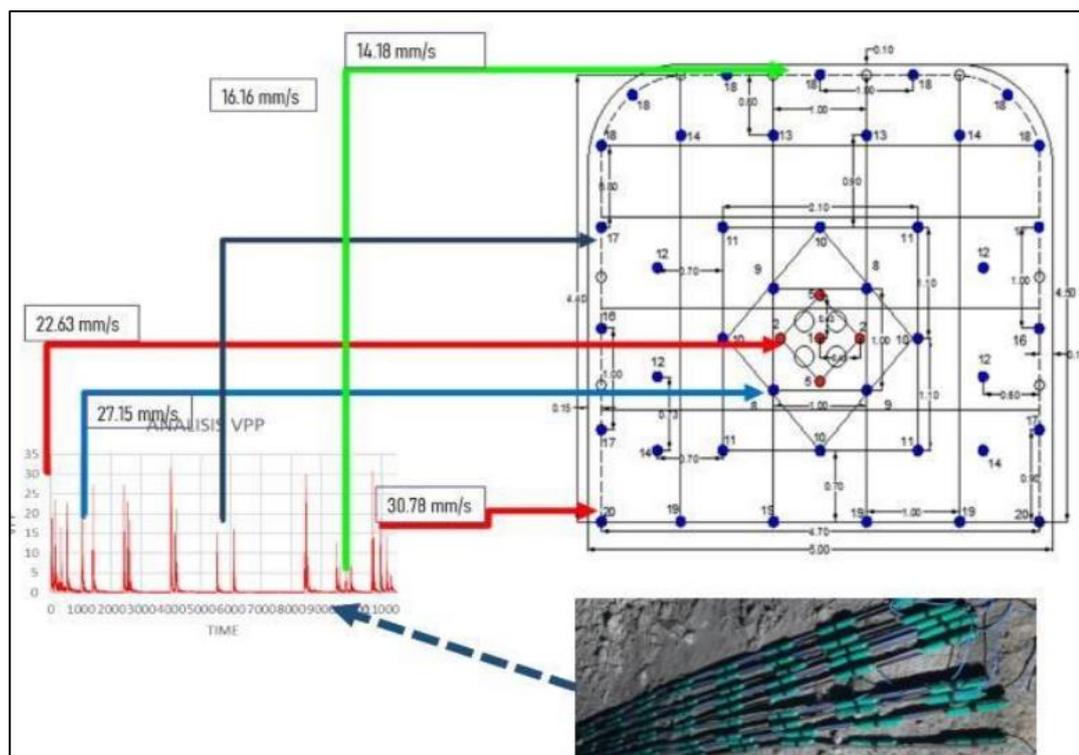
4.1.7. Análisis de vibraciones

Se realizó junto a la jefatura de perforación y voladura de Nexa el análisis de respuesta sísmica el 02/06/2021 en el Cx 840 Nv. 1740.

El análisis sísmico presentó las siguientes características:

- Uso de 196.7 kg de explosivo.
- El sismograma indicó que el mayor movimiento sísmico registrado fue en el eje de la onda longitudinal con 27.8 vpp.
- El punto de monitoreo fue a =30 m.
- El resultado del sismograma en el hastial y corona es 14,18 mm/s.
- El resultado en el arranque y ayuda fue 22.63 mm/s y 27.15 mm/s respectivamente.
- El resultado en el arrastre 30.78 mm/s.

De acuerdo al sismograma la corona y hastiales es el que golpea menos en una voladura de frente resultado que se obtiene por el uso y empleo de las cañas en el contorno.



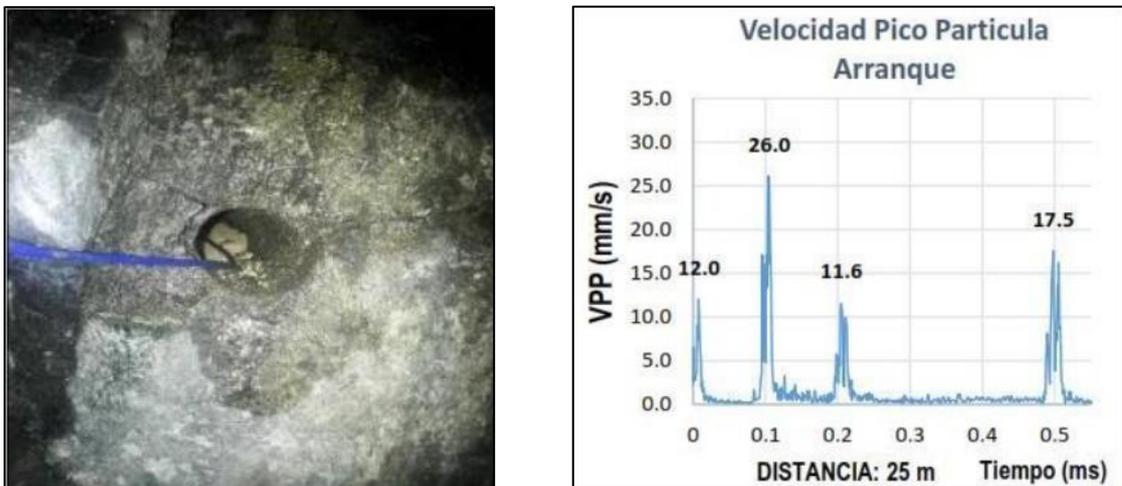
*Figura 34. Sismograma de VPP
Área de Perforación y Voladura de Nexa*

De las labores inspeccionadas en el proceso de voladura, se encontró un caso puntual (Cx. 018 Nv. 1770 OB2) donde el taladro de rompeboca se inició con cordón detonante.

Para analizar el resultado y rendimiento de esta forma de carguío se comparará con otro iniciado con un denotador no eléctrico EXSANEL, se realizó un registro sismográfico centrándonos en el rompeboca.

Del análisis se determinó que la VPP en el rompe boca usando cordón detonante como iniciador es de baja performance (12.0 mm/s). Mientras que un segundo taladro iniciado con Exsanel generó un mejor resultado. (26.0 mm/s).

El análisis indicó que el taladro de rompeboca no debió ser iniciado con cordón detonante. Asimismo, se indicó que se implemente el uso del EXSANEL en los procesos de voladura.



*Figura 35. VPP en arranque
Tomada del Área de Perforación y Voladura de NEXA*

4.1.8. Análisis de energía para selección de arranque

Durante el seguimiento a las labores de avance también se identificó que algunos operadores cambian de arranque según experiencia y pericia. Se pudo determinar que esto se debía diferentes causas como, por ejemplo:

Cuando falta tiempo perforan solo 3 rimados en lugar de perforar 4 rimados.

Cuando asumen que el terreno es suave también perforan solo 3 rimados y con diferentes diseños.

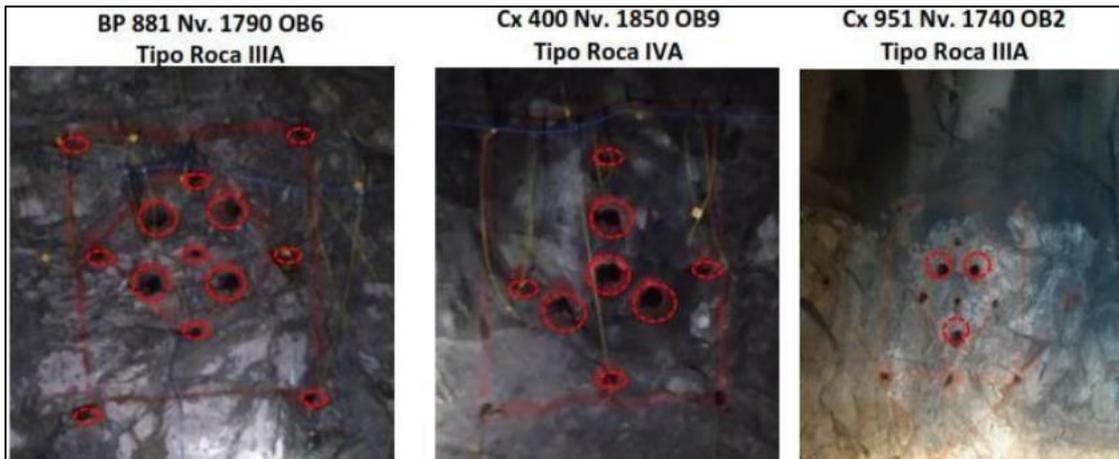


Figura 36. Tipos de arranque
Tomada del Área de Perforación y Voladura de NEXA

Debido a que el arranque es la fase más importante en el resultado de la voladura, puesto que de esto depende el éxito de la generación de cara libre en voladura de avances.

Se dispuso a perforar con una geometría tal que los taladros de alivio sirvan de escudo a los taladros cargados, con lo cual se minimizó los riesgos de desensibilización del explosivo por presión dinámica y la sinterización de la roca, ya que, los taladros restantes no podrán romper eficientemente, a menos que la roca fracturada en el arranque sea evacuado y desplazado totalmente fuera de su cobertura.

Del análisis del arranque el que mayores ventajas técnicas y operativas ofrecía fue el arranque 02 (rompe boca).

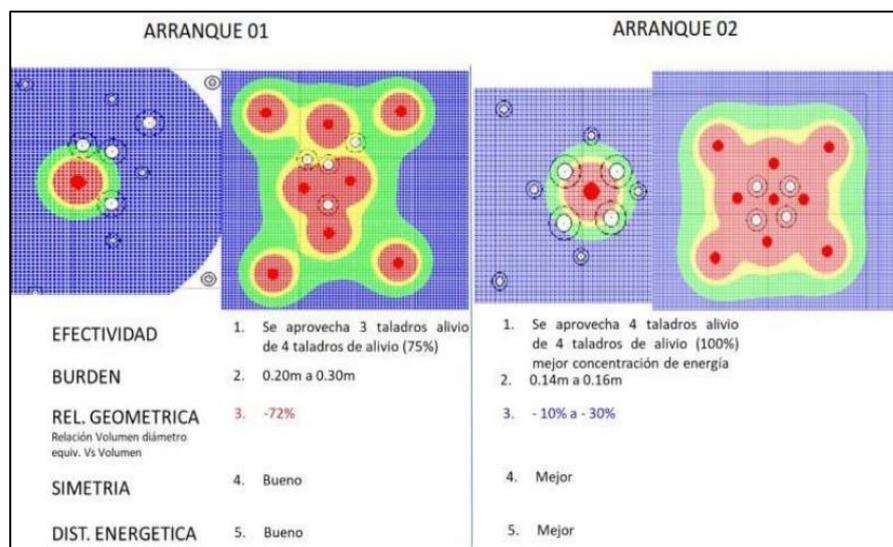


Figura 37. Distribución de energía de dos tipos de arranque
Tomada del Área de Perforación y Voladura de NEXA

4.1.9. Análisis de carga operante

Evalué la carga operante máxima por retardo, de este análisis se determinó que los retardos N°10, N°11, y N°12, están por encima de 20 kg/retardo.

Este resultado indicó que se debía redistribuir el diseño de secuencia y sincronización de salida con la finalidad de reducir la carga operante máxima.

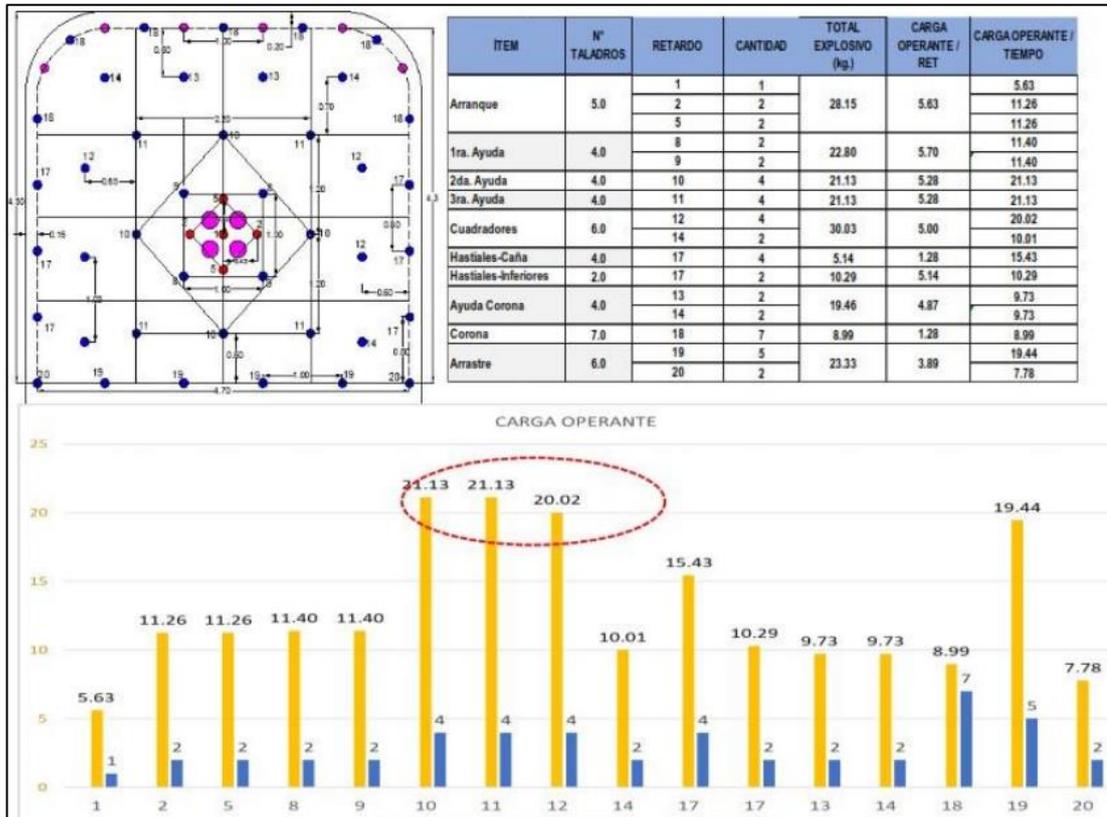


Figura 38. Análisis de carga operante
Tomada del Área de Perforación y Voladura de NEXA

4.1.10. Análisis de factor de carga lineal

Se estimó el factor de carga lineal (kg/m) desde enero a julio de 2021, encontrando el valor promedio de 48.59 kg/m.



Figura 39. Análisis de factor de carga lineal

4.1.11. Análisis de factor de avance

Se evaluó el factor de avance (m/disparo) desde enero a julio de 2021, encontrando el valor promedio de: 4.04 m/disparo.

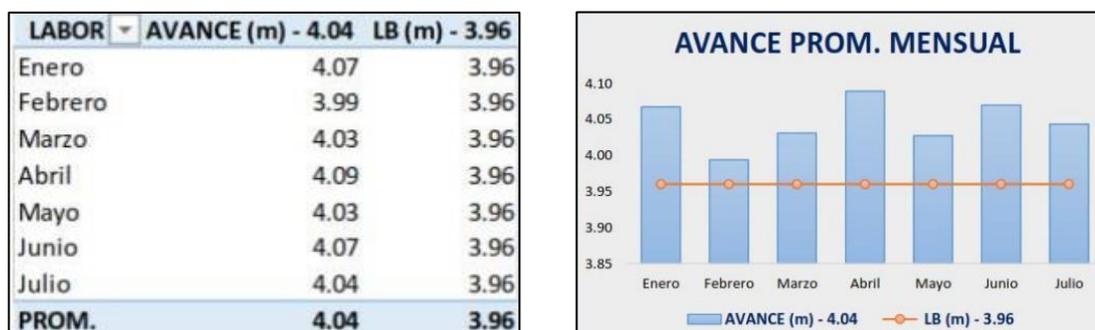


Figura 40. Análisis de factor de avance

4.1.12. Análisis de sobrerotura

El cálculo de la sobrerotura se realizó promediando las medidas de ancho y alto de la sección levantada vs la planificada, obteniendo un porcentaje de sobrerotura del 21.9 %.

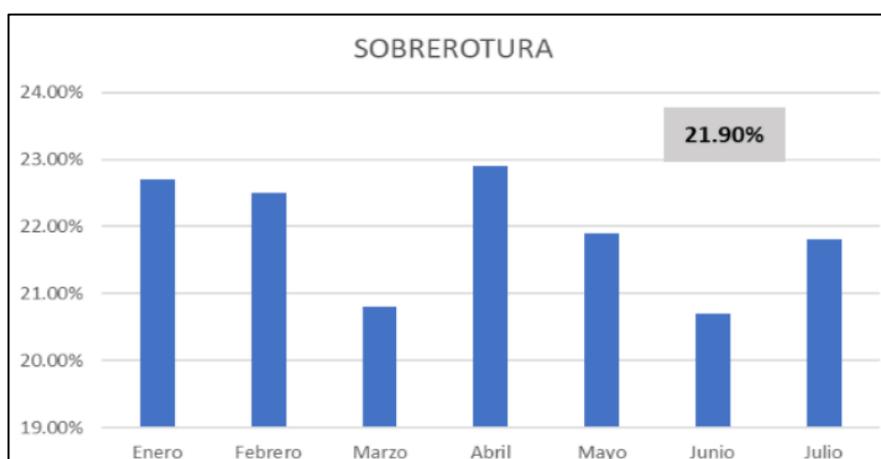


Figura 41. Análisis de factor de avance

4.1.13. Análisis de fragmentación

En el cruce 018_1, la voladura se realizó con ANFO.

Las fotografías tomadas de dicha labor se analizaron con el Software Split Desktop, y con ello se evidenció que el tamaño promedio del fragmento P80 es 13.42 inches.



Figura 42. Análisis de fragmentación Cx_018_1

En el crucero 018_2, la voladura se realizó con ANFO.

Las fotografías tomadas de dicha labor se analizaron con el software Split Desktop, y con ello se evidenció que el tamaño promedio del fragmento P80 es 3.48 inches.



Figura 43. Análisis de fragmentación Cx_018_2

Por lo tanto, se determinó un P80 promedio de 8.45 inches

4.1.14. Control de densidades en malla

Antes de iniciar la operación de carguío se evaluó la calidad del macizo rocoso para determinar la densidad del explosivo que trabajaría en cada labor asignada.

La densidad se controló al inicio y durante el proceso de gasificación in situ de la emulsión, la densidad final dependía de la cantidad de solución mezclada con la emulsión y del reactivo sensibilizaste, la acidez de la emulsión y la temperatura. La densidad inicial promedio del producto fue 1.16 gr. /cc.

Las densidades promedio con la que se trabajó con el producto SUBTEK, fue de la siguiente manera:

- Arranque – 1.12 gr. /cc.
- Ayudas - 1.05 gr. /cc.
- Corona y hastial – 0.88 gr. /cc.

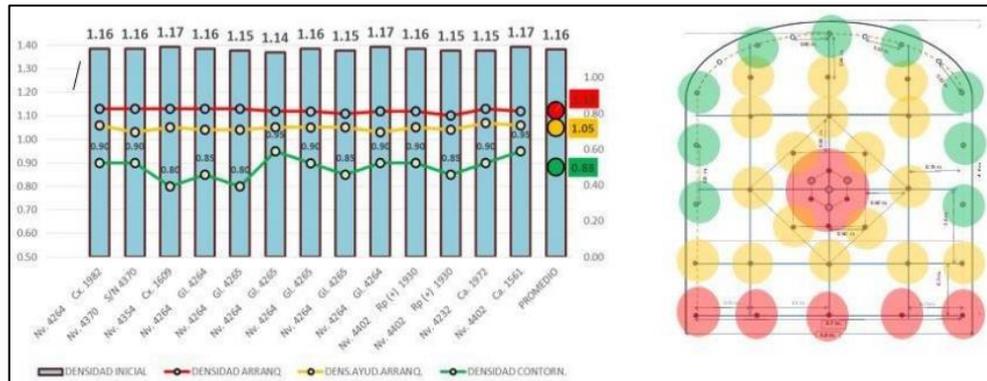


Figura 44. Distribución de densidades en la malla



Figura 45. Panel de control unidad UBT

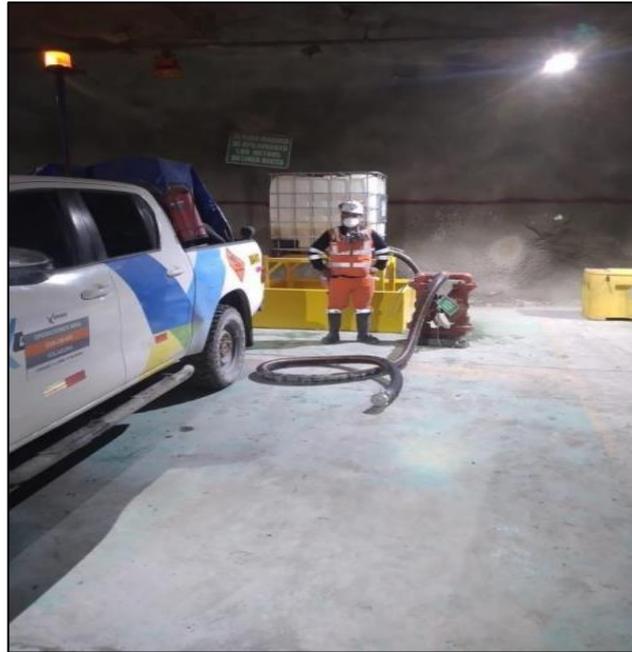


Figura 46. Abastecimiento de nitrato

4.1.15. Análisis del factor de carga lineal (kg/m)

Para el análisis del presente informe se contó con 754 registros de disparos, los mismos que fueron tomados desde el 01/08/2021 hasta el 29/12/2021, en ambos turnos (día y noche), en ambas zonas (Alta y baja), obteniendo los siguientes resultados acopiados en una base de datos y explotada mediante paneles de control de procesos.

Figura 47. BBDD Sive Cerro Lindo
Tomada de SIVE Exsa-Orica

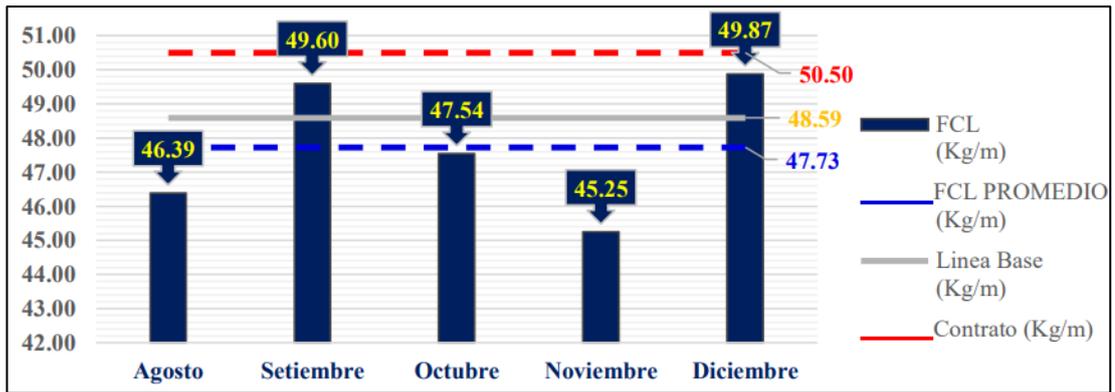
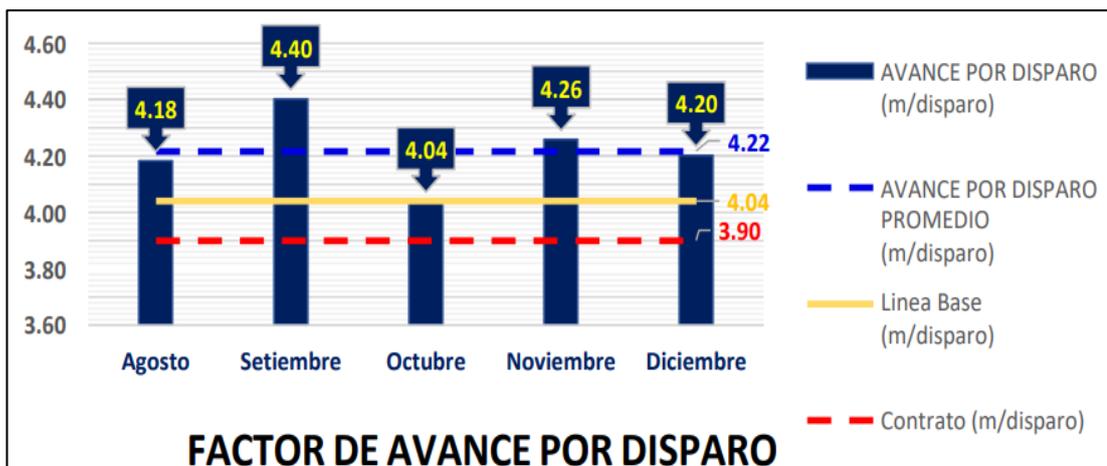


Figura 48. Factor de carga lineal por meses

El factor de carga lineal medido de agosto a diciembre de 2021, después de haber implementado y diseñado medidas de control fue de 47.73 kg/m.

4.1.16. Análisis del factor de avance por disparo (m/disparo)

El factor de avance medido de agosto a diciembre de 2021, después de haber implementado y diseñado medidas de control fue de 4.22 m/disparo en barras de 16 pies.



FACTOR DE AVANCE POR DISPARO

Figura 49. Factor de avance por meses

El factor de avance medido de agosto a diciembre de 2021, después de haber implementado y diseñado medidas de control fue de 4.22 m/disparo en barras de 16 pies.

4.1.17. Análisis de la carga operante (mm/s)

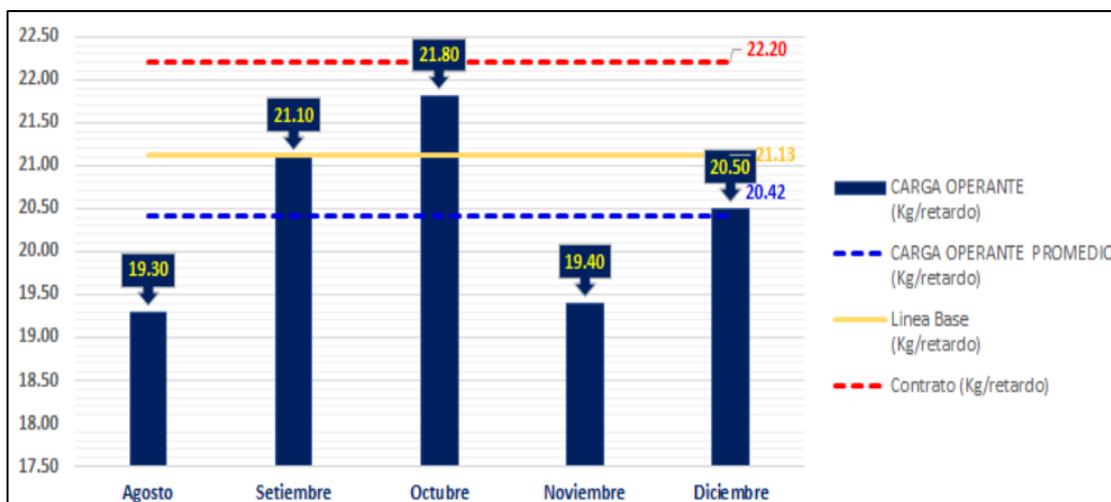


Figura 50. Carga operante por meses

La carga operante medida de agosto a diciembre de 2021, después de haber implementado y diseñado medidas de control fue de 20.42 kg/retardo.

4.1.18. Análisis de la sobre excavación (%)

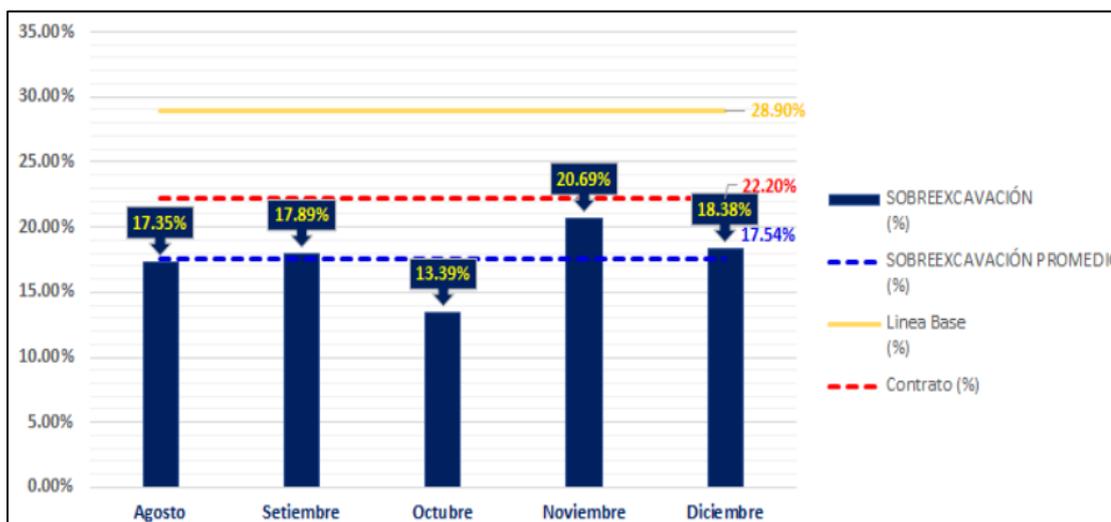


Figura 51. Sobreexcavación por meses

La sobreexcavación medida de agosto a diciembre de 2021, después de haber implementado y diseñado medidas de control fue de 17.54 %.

4.1.19. Análisis de la sobre excavación (%)

En el contrato no se especificó la desviación promedio aceptable para la ejecución del servicio.

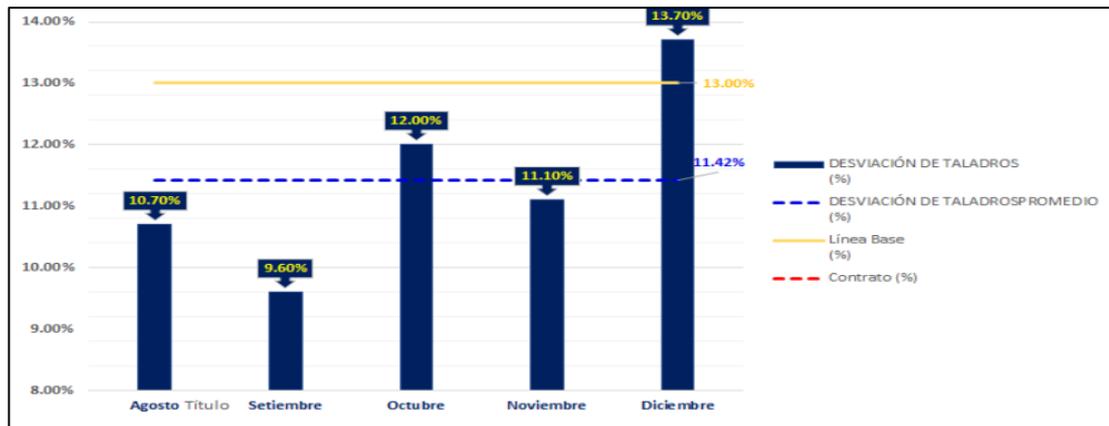


Figura 52. Desviación de taladros por meses

La desviación de taladros medida de agosto a diciembre de 2021, después de haber implementado y diseñado medidas de control fue de 11.42 %

4.1.20. Análisis de la fragmentación (P80)

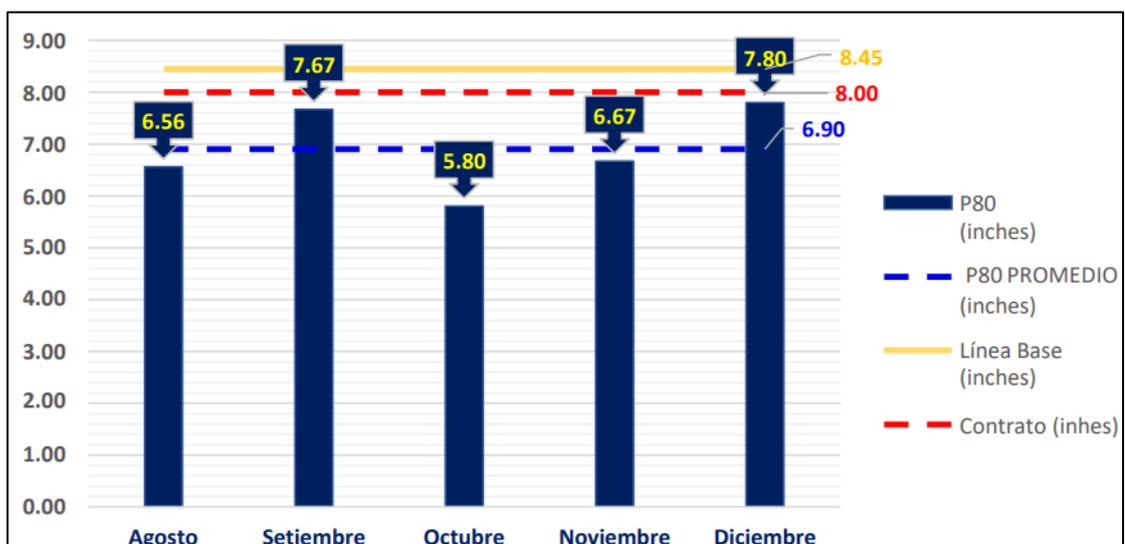


Figura 53. P80 promedio medido por meses

El grado de fragmentación (P80) de agosto a diciembre de 2021, después de haber implementado y diseñado medidas de control fue de 6.90 inches.

4.2. Enfoque de las actividades profesionales

Mi contrato de servicio de supervisor técnico de mina especializado en voladura en la empresa Exsa-Orica mencionada, describe los procesos para gestionar los cambios y mejora en el buen desempeño de las actividades, recursos, entregables, ratios en frente y sobreexcavación en los procesos de perforación y voladura de la unidad minera Cerro Lindo – Nexa.

4.3. Alcance de las actividades profesionales

En las diferentes etapas de mi actividad profesional en las empresas mineras, siempre consideré importante conocer las metodologías a emplear, también cómo será el seguimiento de las actividades al finalizar, con el objeto de minimizar situaciones que puede conllevar a problemas y que puedan generar accidentes durante la ejecución de los trabajos.

4.4. Entregables de las actividades profesionales

Al finalizar cada mes, se presenta el Informe técnico de las actividades realizadas durante el mes con la conformidad del residente, jefe de operaciones mina, en el cual se incluyen la lista de los *check list*, ATS, IPERC y otras herramientas de gestión de seguridad y operaciones realizadas continuamente, además, se entregan otros expedientes de las otras actividades ejecutadas durante el mes.

4.5. Aspectos técnicos de la actividad profesional

4.5.1. Metodologías

- Método de supervisión

El supervisor es responsable por su seguridad y la de los trabajadores que laboran en el área a su mando, es responsable de verificar que se cumplan los procedimientos de bloqueo y señalización de las maquinarias que se encuentren en mantenimiento. Con este método, busco administrar responsabilidades en el grupo y funciones a cada miembro del grupo con la finalidad de evitar accidentes.

- Método de organización

Con este método, se buscó administrar normas y hacer cumplir los procedimientos, estándares, el DS. 024EM-2016 y su Modificatoria DS. 023EM-2017, así mismo la ley 29783 Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, el Reglamento Interno de la Minera y Contratista

Minera, delegando responsabilidades y funciones a cada trabajador, con la finalidad de ejecutar trabajos en equipo.

- Método de científica

Según Kerlinger y otros (2002, p. 124), “el método científico es un conjunto de normas que regulan el proceso de cualquier investigación que pueda ser calificada como científica”. El método científico está conformado por varios procedimientos que se adoptan para resolver problemas de la investigación.

4.5.2. Técnicas

Se toma como referencia los informes emitidos por las empresas mineras, también las estadísticas de Osinergmin, del Ministerio de Energía y Minas, Sunafil. Las técnicas son instrumentos mediante los cuales se lleva a cabo los métodos, entre ellos tenemos:

- Técnica documental

Se toma como referencia los registros impresos de las actividades realizadas en la ejecución de los proyectos.

- Técnica de la observación

Establecer lineamientos para realizar observaciones planeadas de trabajo seguro como una herramienta real para corregir los comportamientos negativos del trabajador y mejorar las prácticas de acuerdo con los procedimientos y estándares establecidos por las leyes peruanas, internacionales y la empresa minera.

4.5.3 Instrumentos

Los instrumentos de investigación permiten mejorar la operatividad de la técnica. Los siguientes instrumentos se utilizaron para el proyecto de investigación:

- ✓ Normativas Internacionales (ISO 45001:2018 – ISO 14001:2015).
- ✓ Normativas Peruanas: - Ley N°29783-MT “Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo”. - D.S. N°024-2016-EM y la Modificatoria D.S. 023-2017-EM “Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería”.
- ✓ Datos estadísticos.
- ✓ Referencias, publicaciones.
- ✓ Informes de seguridad y operaciones.



*Figura 54. Administración del comportamiento humano
Tomada de Walter Huaracha Yauri - Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas –
UCCI*

CAPÍTULO V RESULTADOS

5.1. Resultados finales de las actividades profesionales

Actualmente en la operación se utiliza ANFO como agente explosivo en la voladura en frentes, analizando calculé el siguiente costo expresado en \$/TM, bajo la premisa:

Tabla 6. Cuadro de asunciones

Sección	PLAN	ANFO
ancho	5.0	5.0
alto	4.5	4.5
eficiencia	4.4	4.0
Volumen	97.02	88.20
Peso específico	3.20	3.20
TM/Disp	310.46	282.24

Tabla 7. Desglose de costos de voladura, avance, transporte y acarreo

VOLADURA		TM (Disp)	Favance (Kg/m)	US\$/Disp.	TOTAL (US\$/TM)
ANFO		282.24	46.9	186.08	0.66
AVANCE		Avance (m)	TM (Disp)	US\$ /Disp.	TOTAL (US\$/TM)
ANFO		4.00	282.24	1500.00	5.31
TRANSPORTE		F. Llenado	TM/Hora	US\$ / Hora	TOTAL (US\$ / TM)
ANFO		88%	23.31	77.45	3.32
TRANSPORTE	Total (TM/m)	Sobreexcavación (%)	TM/m	(US\$ / TM)	TOTAL (US\$ / TM)
ANFO	90.94	29%	20.38	3.32	0.74
ACARREO		F. Llenado	TM/Hora	US\$ / Hora	TOTAL (US\$ / TM)
ANFO		88%	427.37	90.00	0.21
ACARREO	Total (TM/m)	Sobreexcavación (%)	TM/m	US\$ / Hora	TOTAL (US\$ / TM)
ANFO	90.94	29%	20.38	0.21	0.05

Tabla 8. Desglose de costos de sostenimiento

SOSTENIMIENTO	ANFO
SOBREEXCAVACIÓN	29%
# PERNOS/m	11.00
PERNOS (US\$/UND)	19.75
TOTAL PERNOS (US\$)	217.25
m2 MALLA/m	15.17
MALLA (US\$/m2)	0.00
TOTAL MALLA (US\$)	0.00
m3 SHOTCRETE	1.50
SH (US\$/m3)	323.08
TOTAL SHOTCRETE (US\$)	485.54
TOTAL (US\$)	702.79
TONELADAS TM/m	70
SOSTENIMIENTO	ANFO
TOTAL (US\$ / TM)	10.04

Tabla 9. Cuadro de costo total

	ANFO
Costo Voladura (US\$/TM)	0.66
Costo Avance (US\$/TM)	5.31
Costo Transporte (US\$/TM)	4.07
Costo en Acarreo (US\$/TM)	0.26
Costo Sostenimiento (US\$/TM)	10.04
Costo Total (US\$/TM)	20.34

Asumiendo que se perfora con barra de 16 pies y tomando en cuenta los costos indirectos asociados al proceso de voladura, obtenemos un costo unitario total de voladura con ANFO de 20.34 USD/t

5.2. Logros alcanzados

5.2.1. Formación académica

Cuando describí mi formación académica, mencioné mi alma mater: Universidad Continental, donde obtuve la experiencia teórica que finalmente me ayudó a desarrollar mi profesión académica.

Universidad Continental: estudio ingeniería de minas aquí y mi pasión es la minería y no quiero estar constantemente atrás porque tenemos que dividir trabajo y estudios y lo más importante es que coordinamos nuestro tiempo con nuestras familias; y estamos muy entusiasmados con lo que hemos logrado. Muy satisfecho con el resultado.

5.2.2. Formación profesional

Para avanzar profesionalmente tuve que superar el desafío final de obtener el título de Ingeniero de Minas, y luego se me presentaron nuevas oportunidades de desarrollo, nuevos desafíos y metas. Estoy feliz de poner en práctica mi experiencia en la industria minera y mis conocimientos universitarios.

5.2.3. Filosofía de mejora continua

Para cumplir con las expectativas de los líderes empresariales, mi actividad profesional se basa en dos premisas: “Disciplina y Compromiso”, conocer estas premisas me permite liderar un equipo de personas trabajadoras y talentosas para lograr buenos resultados comerciales en el proceso.

5.2.4. Liderazgo

Como supervisor, técnico en operaciones mineras especializado en voladura, me ha permitido liderar a mi grupo de trabajadores con el ejemplo, mi preocupación e interés se refleja en los buenos resultados obtenidos hasta la fecha.

5.3. Dificultades encontradas

- Falta de interés en mejorar sus conocimientos de algunos operadores y trabajadores.
- Falta de materiales y maquinaria para realizar las operaciones.
- El personal se siente descontento al no ser valorado por la empresa. • Pésimo clima laboral.
- Rotación de personal.

5.4. Planteamiento de mejoras

Las asunciones para los cálculos son:

Tabla 10. *Tabla de asunciones*

Sección	PLAN	ANFO	SUBTEK
ancho	5.0	5.0	5.0
alto	4.5	4.5	4.5
eficiencia	4.4	4.0	4.3
Volumen	97.02	88.20	94.82
Peso específico	3.20	3.20	3.20
TM/Disp	310.46	282.24	303.41

5.4.1. Costos de voladura

Comparando ambos productos, se muestra la diferencia de costos expresado en \$/t.

Tabla 11. Tabla de comparación de costos de voladura

VOLADURA	TM (Disp)	Favance (Kg/m)	US\$/Disp.	TOTAL (US\$/TM)
ANFO	282.24	46.9	186.08	0.66
SUBTEK	303.41	53.8	251.46	0.83
				-0.17

5.4.2. Costos de avance

Comparando ambos productos, se muestra la diferencia de costos expresado en \$/t.

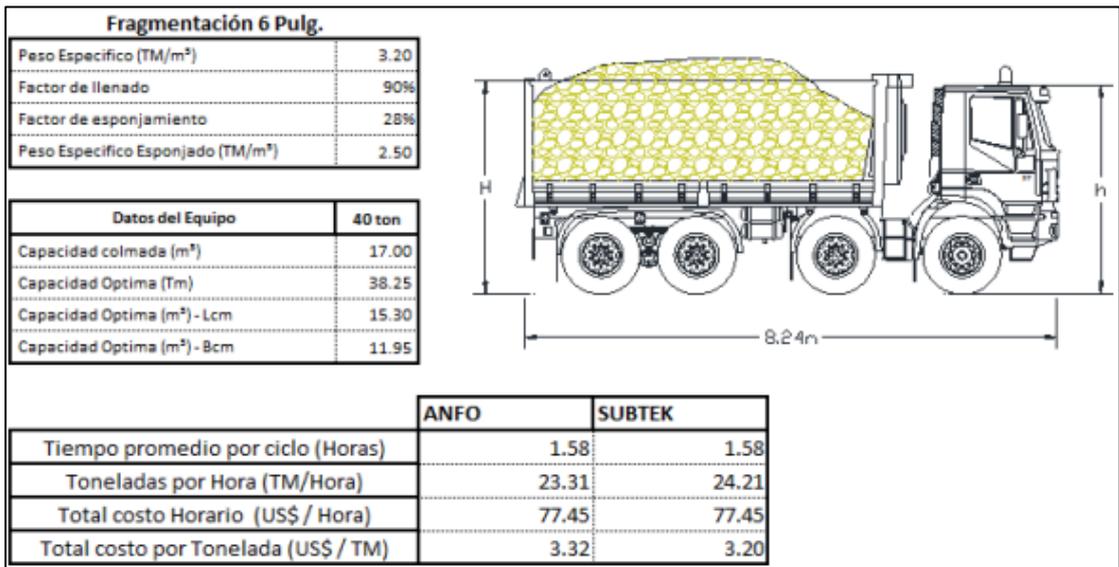
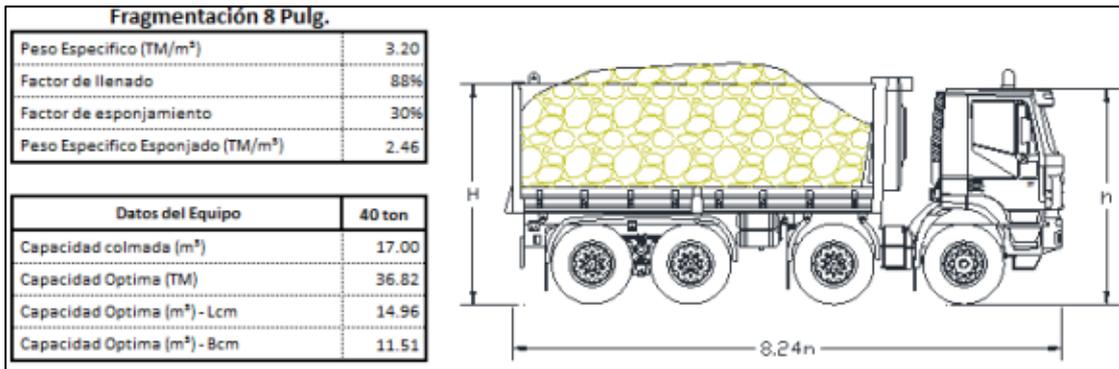
Tabla 12. Tabla de comparación de costos de avance

AVANCE	Avance (m)	TM (Disp)	US\$ /Disp.	TOTAL (US\$/TM)
ANFO	4.00	282.24	1500.00	5.31
SUBTEK	4.30	303.41	1500.00	4.94
				0.37

5.4.3. Costos de transporte

Previamente se estimó el costo de transporte en \$/t.

Tabla 13. Tabla de estimación de costos unitarios de transporte



Comparando ambos productos, se muestra la diferencia de costos expresado en \$/t.

Tabla 14. Tabla de comparación de costos de transporte

TRANSPORTE	F. Llenado	TM/Hora	US\$ / Hora	TOTAL (US\$ / TM)
ANFO	88%	23.31	77.45	3.32
SUBTEK	90%	24.21	77.45	3.20
				0.12

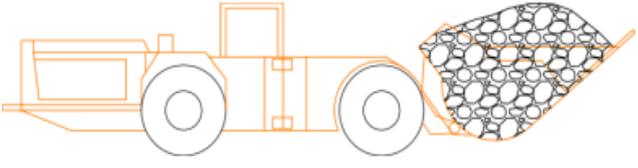
TRANSPORTE	Total (TM/m)	Sobreexcavación (%)	TM/m	(US\$ / TM)	TOTAL (US\$ / TM)	TOTAL (US\$ / TM)
ANFO	90.94	29%	20.38	3.32	0.74	4.07
SUBTEK	79.78	13%	9.22	3.20	0.37	3.57
					0.38	0.50

5.4.4. Costos de acarreo

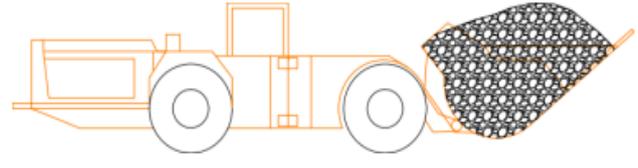
Previamente se estimó el costo de acarreo en \$/t.

Tabla 15. Tabla de estimación de costos unitarios de acarreo

Fragmentación 11 Pulg.	
Peso Especifico (TM/m ³)	3.20
Factor de llenado	88%
Factor de esponjamiento	30%
Peso Especifico Esponjado (TM/m ³)	2.46
Datos del Equipo	
	9.4 Y3
Capacidad colmada (m ³)	7.05
Capacidad Optima (TM)	15.26
Capacidad Optima (m ³) - Lcm	6.20
Capacidad Optima (m ³) - Bcm	4.77



Fragmentación 8 Pulg.	
Peso Especifico (TM/m ³)	3.20
Factor de llenado	90%
Factor de esponjamiento	28%
Peso Especifico Esponjado (TM/m ³)	2.50
Datos del Equipo	
	9.4 Y3
Capacidad colmada (m ³)	7.05
Capacidad Optima (Tm)	15.85
Capacidad Optima (m ³) - Lcm	6.34
Capacidad Optima (m ³) - Bcm	4.95



	ANFO	SUBTEK
Ciclos/Hora	28.00	28.00
Toneladas por Hora (TM/Hora)	427.37	443.91
Total costo Horario (US\$ / Hora)	90.00	90.00
Total costo por Tonelada (US\$ / TM)	0.21	0.20

Comparando ambos productos, se muestra la diferencia de costos expresado en \$/t.

Tabla 16. Tabla de comparación de costos de acarreo

ACARREO	F. Llenado	TM/Hora	US\$ / Hora	TOTAL (US\$ / TM)
ANFO	88%	427.37	90.00	0.21
SUBTEK	90%	443.91	90.00	0.20
				0.01

ACARREO	Total (TM/m)	Sobreexcavación (%)	TM/m	US\$ / Hora	TOTAL (US\$ / TM)	TOTAL (US\$ / TM)
ANFO	90.94	29%	20.38	0.21	0.05	0.26
SUBTEK	79.78	13%	9.22	0.20	0.02	0.23
					0.02	0.03

5.4.5. Costos de sostenimiento

Previamente se estimó el costo de sostenimiento en \$/t

Tabla 17. Tabla de estimación de costos unitarios de sostenimiento

	ANFO	SUBTEK
Perimetro m2/m	15.17	14.30
filas malla 1.5x1.5	11.00	10.00
# PERNOS/m	11.00	10.00
PERNOS (US\$/UND)	19.75	19.75
TOTAL PERNOS (US\$)	217.25	197.50
m2 MALLA/m	15.17	14.30
MALLA (US\$/m2)	0.00	0.00
TOTAL MALLA (US\$)	0.00	0.00
m3 SHOTCRETE	1.50	1.42
SH (US\$/m3)	323.08	323.08
TOTAL SHOTCRETE (US\$)	485.54	457.88
TOTAL (US\$)	702.79	655.38
TONELADAS TM/m	70.00	70.00
TOTAL (US\$ / TM)	10.04	9.36
Diferencia	0.68	

Comparando ambos productos, se muestra la diferencia de costos expresado en \$/t.

5.4.6. Resultados económicos totales

Tabla 18. Tabla de resultados económicos totales

	RESUMEN	
	ANFO	SUBTEK
Costo Voladura (US\$/TM)	0.66	0.83
Costo Avance (US\$/TM)	5.31	4.94
Costo Transporte (US\$/TM)	4.07	3.57
Costo en Acarreo (US\$/TM)	0.26	0.23
Costo Sostentamiento (US\$/TM)	10.04	9.36
Costo Total (US\$/TM)	20.34	18.93
Margen a Favor (US\$/TM)	1.41	

Tomando en cuenta las premisas expuestas bajo sus supuestos, se encontró que al utilizar la emulsión bombeable no gasificada SUBTEK se obtiene un ahorro de 1.41 \$/t. Después de todo lo expuesto, se arma el siguiente cuadro resumen de resultados obtenidos:

Tabla 19. Tabla de resultados totales por tipo de agente

AGENTE EXPLOSIVO			ANFO	SUBTEK
INDICADOR	UNIDADES	CONTRATO	LINEA BASE (ENE-JUL-2021)	IMPLEMENTACIÓN (AGO-DIC-2021)
FACTOR DE CARGA LINEAL	Kg/m	50.50	48.59	47.73
AVANCE POR DISPARO	m/disparo	3.90	4.04	4.22
CARGA OPERANTE	Kg/retardo	20.20	21.13	20.42
SOBREEXCAVACIÓN	%	22.20	28.90	17.54
DESVIACIÓN	%	-	13.00	11.42
FRAGMENTACIÓN (P80)	inches	8.00	8.45	6.90
COSTO UNITARIO	USD/TM	-	20.34	18.93

5.4.7.Oportunidades de mejora

No es fácil estar al tanto del mercado laboral, pero requiere mucha dedicación, trabajo duro, una visión clara, amor por lo que haces, alta motivación y voluntad de aprender de las dificultades.

En mi formación profesional aprendí que todo problema tiene solución, por lo que el diseño es siempre una opción personal.

5.5. Aportes del bachiller en la empresa y/o institución

5.5.1.Aporte en el aspecto actitudinal

Mi identidad, mi participación en las empresas mineras y mi posición de liderazgo me brindan la oportunidad de aumentar mi experiencia a través de la potenciación de mis conocimientos.

5.5.2.Aporte en el aspecto cognoscitivo

Como bachiller, el aporte es el conocimiento adquirido en los cursos de la Universidad Continental aplicado a la experiencia y práctica en las empresas.

5.5.3.Aporte en el aspecto procedimental

Como bachiller, su contribución es aplicar procesos, estándares y personal en el desempeño de las tareas asignadas para lograr buenos y confiables resultados.

CONCLUSIONES

1. El uso de emulsiones bombeables en la unidad minera Cerro Lindo mejora los indicadores de voladura en frentes.
2. El factor de carga lineal se redujo de 48.59 kg/m a 47.73 kg/m por efecto del uso de Subtek en reemplazo del Anfo en la voladura de frentes.
3. El avance por disparo aumentó de 4.04 m/disparo a 4.22 m/disparo por efecto del uso de Subtek en reemplazo del Anfo en la voladura de frentes.
4. La carga operante se redujo de 21.13 Kg/retardo a 20.42 Kg/retardo por efecto del uso de Subtek en reemplazo del Anfo en la voladura de frentes.
5. La sobre excavación se redujo de 28.9 % a 17.54 % por efecto del uso de Subtek en reemplazo del Anfo en la voladura de frentes.
6. La desviación de taladros se redujo de 13 % a 11.42 % por efecto del uso de Subtek en reemplazo del Anfo en la voladura de frentes.
7. El grado de fragmentación promedio se redujo de 8.45 inches a 6.90 inches por efecto del uso de Subtek en reemplazo del Anfo en la voladura de frentes.
8. El costo unitario se redujo de 20.34 \$/t a 18.93 \$/t por efecto del uso de Subtek en reemplazo del Anfo en la voladura de frentes.
9. Se cumplieron con todos los términos técnicos del contrato de prestación de servicios con Nexa Resources
10. El uso del UBT mejora el carguío con agente explosivo en las labores de avance (frentes); pues reduce el grado de exposición del personal, distribuye mejor la energía en la superficie del frente al dosificar las densidades por tipo de taladro, mejora la incidencia en el carguío de taladro a taladro, mejora la fragmentación, debido ya que controlamos la presión de detonación por zonas y por tipo de taladro.

RECOMENDACIONES

1. Usar al 100 % la emulsión bombeable en la voladura de frentes.
2. Realizar un mapeo de procesos para poder identificar las oportunidades de mejora dentro del área de operaciones mina.
3. Migrar de manera progresiva del uso del sistema iniciación no eléctrica a la electrónica a fin de poder mejorar todo el proceso de voladura de rocas.
4. Realizar el monitoreo de vibraciones en el campo cercano y lejano para poder mejorar todo el proceso de voladura de rocas.
5. Realizar semestralmente grupos de mejora continua multidisciplinarios que permitan mejorar todo el proceso de voladura de rocas.
6. Aumentar el grado de control y mejoramiento del planeamiento de las operaciones.
7. Conciliar y reconciliar mensualmente los resultados de los indicadores asociados a la voladura en frentes.

BIBLIOGRAFÍA

1. MEJÍA, Diego. Evaluación del macizo rocoso aplicando el método gráfico de estabilidad para el dimensionamiento geomecánico de tajeos. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo: Universidad Continental, 2021, 69 pp.
2. HUAMAN, Mao. Emulsión gasificada bombeable y su impacto en la productividad - Mina Huaron- Pan American Silver S.A. – 2019. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2020, 64 pp.
3. CAHUATA, Michael. Optimización de la voladura con el uso de la emulsión bombeable en minería subterránea y tunelería. *Revista Del Instituto De investigación De La Facultad De Minas, Metalurgia y Ciencias geográficas*, 24(48), 45-54. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v24i48.21764>
4. COLANA , Joel. Efectos del diseño de malla de perforación y voladura en la reducción de costos de operación en el proyecto de explotación el nuevo sureño. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Moquegua: Universidad Nacional de Moquegua, 2020, 130 pp.
5. EXSA. Manual práctico de voladura. [en línea],Google Docs [sin fecha]. [Fecha de consulta: 10 enero 2024]. Disponible en: https://drive.google.com/file/d/15AneYgbABMaTPRKUFiVIbvavLprDtOdo/view?usp=sharing&usp=embed_facebook.

ANEXOS

Anexo 1
Base de datos de disparos Exsa – 2021

	<input type="button" value="Llenar Datos"/>
---	---

AÑO	MES	SE M	FECHA	TURN O	JEFE DE GUARDIA	ID LABOR	IKON 20 m	IKON 46 m	CABLE IKON	TOTAL BOMBEAB LE (Kg)	TOTAL ENCARTUC HADO (Kg)	TOTAL EXPLOSIVO EN	FACTOR DE POTENC	FACTOR DE CARGA	FACTOR DE AVANCE	SOBREROT URA (%)	EXSANE L 25 M	TIEMPO DE CARGUIO (min)	TONELADAS ROTAS PROGRAMAD
2021	Octubre	41	8/10/2021	Día	E. CUNO	Bp106_1820_9				240.00	12.70	252.70	0.79	2.37	59.04	19.0%		42.00	
2021	Octubre	41	8/10/2021	Día	E. CUNO	Cw360_1820_OB13				241.00	12.70	253.70	0.83	2.50	59.69	14.2%		55.00	
2021	Octubre	41	9/10/2021	Día	E. CUNO	CX420_1820_OB2B				229.50	12.70	242.20	0.80	2.41	58.59	12.3%		45.00	
2021	Octubre	41	9/10/2021	Día	E. CUNO	Cw92L_1740_OB6B				232.00	14.00	246.00	0.75	2.26	58.29	18.9%		43.00	
2021	Octubre	41	9/10/2021	Noche	E. VILLEGAS	Ga200_1800_OB2				233.00	13.00	246.00	0.81	2.43	58.57	15.2%		42.00	
2021	Octubre	41	9/10/2021	Noche	E. VILLEGAS	Cw 701SNV 1710 OB 6B				225.00	13.00	238.00	0.74	2.22	55.09	18.4%		50.00	
2021	Octubre	41	10/10/2021	Noche	E. VILLEGAS	Cw 701NV 1710 OB 6B				228.00	12.70	240.70	0.77	2.32	57.04	17.3%		50.00	
2021	Octubre	42	12/10/2021	Noche	E. VILLEGAS	Bp105_1820_OB9				230.50	12.70	243.20	0.80	2.39	58.82	13.4%		45.00	
2021	Octubre	42	12/10/2021	Noche	E. VILLEGAS	BP730_1800_OB7				231.00	12.70	243.70	0.77	2.32	57.07	17.6%		47.00	
2021	Octubre	42	12/10/2021	Día	E. CUNO	Cw550_1820_ob9				224.00	13.50	237.50	0.76	2.28	55.49	16.4%		45.00	
2021	Octubre	42	12/10/2021	Día	E. CUNO	Cw701N_1710_OB5				229.50	12.90	242.40	0.77	2.31	58.37	16.7%		55.00	61
2021	Octubre	42	14/10/2021	Día	J. PUMA	ow91L_1740_ob6b				229.00	14.30	243.30	0.80	2.39	58.35	16.5%		43.00	
2021	Octubre	42	14/10/2021	Día	J. PUMA	CX101NV 1740 OB 6B				225.00	12.40	237.40	0.75	2.26	55.86	18.2%		50.00	
2021	Octubre	42	13/10/2021	Noche	E. CUNO	CX225_1800_OB6				221.00	13.00	234.00	0.73	2.20	53.18	15.4%		40.00	
2021	Octubre	42	13/10/2021	Noche	E. CUNO	Cw180_1800_ob6				223.50	12.60	236.10	0.76	2.27	55.16	15.9%		50.00	
2021	Octubre	42	15/10/2021	Día	J. PUMA	BP730_1800_OB7				220.00	15.00	235.00	0.80	2.40	57.32	14.3%		47.00	
2021	Octubre	42	16/10/2021	Día	J. PUMA	Cw823_1850_OB6A				219.50	13.00	232.50	0.72	2.17	54.07	19.0%		48.00	
2021	Octubre	42	11/10/2021	Día	E. CUNO	BP 225_1800_OB2B				222.00	12.70	234.70	0.74	2.21	54.33	17.6%		40.00	
2021	Octubre	42	11/10/2021	Día	E. CUNO	BP 106_1820_OB9				217.50	14.00	231.50	0.74	2.23	54.86	17.6%		57.00	
2021	Octubre	42	11/10/2021	Día	E. CUNO	CX055_1820_OB9				220.00	15.00	235.00	0.74	2.23	53.78	15.3%		48.00	

Tomada de SIVE Exsa-Orica

Anexo 2
Código de actividades

LASE AVANC	CLASE TL	PO DE DISPARO A	PO DE DISPARO B	JEFE DE GUARDI	LIDER	AYUDANTE	OPERADOR	EQUIPO	ID	LABOR	NIVEL	CUER
Avance	Taladros Positivo	Frente	Malla (+)	J. PUMA	R. VALENZUE	R. VALENZUE	R. VALENZUE	CHARMEC 1	T041A_1550_OB1	T041A	1550	OB1
Desquinche	Taladros Negativo	Relleno	Malla (-)	E. VILLEGAS	E. MACEDO	E. MACEDO	E. MACEDO	CHARMEC 2	T041E_1550_OB1	T041E	1550	OB1
Otros		Refugio	Slot (+)	E. CUNO	L. TUFINO	L. TUFINO	L. TUFINO	ATEGO 01	T121H_1550_OB1	T121H	1550	OB1
		Sellada	Slot (-)	J. ALEJO	W. ESPINOZA	W. ESPINOZA	W. ESPINOZA	ATEGO 02	T041A_1580_OB1	T041A	1580	OB1
		Radio Curv	VCR (+)	J. QUEZADA	B. QUISPE	B. QUISPE	B. QUISPE	JETANCL	T041E_1580_OB1	T041E	1580	OB1
		Reb Piso	VCR (-)	W. TICONA	L. REYES	L. REYES	L. REYES		T121F_1580_OB1	T121F	1580	OB1
		Cam Carg	Vol. Secundaria		F. ARCE	F. ARCE	F. ARCE		T740S_1580_OB6	T740S	1580	OB6
		Reaíoe	Caving		L. AVALOS	L. AVALOS	L. AVALOS		T610C_1600_OB6	T610C	1600	OB6
		Muro			R. SOTO	R. SOTO	R. SOTO		T725C_1600_OB6	T725C	1600	OB6
		recarga			E. POVIS	E. POVIS	E. POVIS		T061J_1620_OB1	T061J	1620	OB1
		Breasting			E. MACEDO	E. MACEDO	E. MACEDO		T041H_1640_OB1	T041H	1640	OB1
		vol. Sec.			J. BERNABE	J. BERNABE	J. BERNABE		T011_1640_OB5B	T011	1640	OB5B
					P. ZANABRIA	P. ZANABRIA	P. ZANABRIA		T020_1640_OB5B	T020	1640	OB5B
					S. HUARCAYA	S. HUARCAYA	S. HUARCAYA		T680E_1640_OB6	T680E	1640	OB6
					E. MACEDO	D. VILLAFUER	H. FLORES		T725C_1640_OB6	T725C	1640	OB6
					L. AVALOS	I. ONTIVEROS	B. PARI		T750E_1640_OB6	T750E	1640	OB6
					O. SALVATIE	O. SALVATIE	R. MEZA		T003A_1650_OB5	T003A	1650	OB5
					E. PARRA	E. PARRA	O. SALVATIERRA		T740C_1650_OB6	T740C	1650	OB6
					B. PARI	B. PARI	E. PARRA		T901N_1680_OB1	T901N	1680	OB1
					R. CANCHAN	R. CANCHAN	R. CANCHAN		T925_1680_OB2	T925	1680	OB2
					I. ARAUJO	I. ARAUJO	I. ARAUJO		T002N_1680_OB5	T002N	1680	OB5
					A. TRUJILLO	A. TRUJILLO	A. TRUJILLO		T006A_1680_OB5	T006A	1680	OB5
					P. ALIAGA	P. ALIAGA	P. ALIAGA		T022B_1680_OB5B	T022B	1680	OB5B
									T003A_1710_OB5	T003A	1710	OB5
									T001C_1710_OB5B	T001C	1710	OB5B
									T015C_1710_OB5C	T015C	1710	OB5C
									T750E_1740_OB6	T750E	1740	OB6
									T420S_1770_OB2B	T420S	1770	OB2B
									T005A_1770_OB5	T005A	1770	OB5
									T901F_1770_OB5B	T901F	1770	OB5B
									T901F_1770_OB6B	T901F	1770	OB6B

Tomada de SIVE Exsa-Orica

Anexo 3
Control del factor de carga lineal

Mes	FCL (Kg/m)	FCL PROMEDIO (Kg/m)	Linea Base (Kg/m)	Contrato (Kg/m)
Agosto	46.39	47.73	48.59	50.50
Setiembre	49.60	47.73	48.59	50.50
Octubre	47.54	47.73	48.59	50.50
Noviembre	45.25	47.73	48.59	50.50
Diciembre	49.87	47.73	48.59	50.50

Tomada de SIVE Exsa-Orica

Anexo 4
Control del avance por disparo

Mes	AVANCE POR DISPARO (m/disparo)	AVANCE POR DISPARO PROMEDIO (m/disparo)	Linea Base (m/disparo)	Contrato (m/disparo)
Agosto	4.18	4.22	4.04	3.90
Setiembre	4.40	4.22	4.04	3.90
Octubre	4.04	4.22	4.04	3.90
Noviembre	4.26	4.22	4.04	3.90
Diciembre	4.20	4.22	4.04	3.90

Tomada de SIVE Exsa-Orica

Anexo 5
Control del avance por disparo

Mes	CARGA OPERANTE (Kg/retardo)	CARGA OPERANTE PROMEDIO (Kg/retardo)	Línea Base (Kg/retardo)	Contrato (Kg/retardo)
Agosto	19.30	20.42	21.13	22.20
Setiembre	21.10	20.42	21.13	22.20
Octubre	21.80	20.42	21.13	22.20
Noviembre	19.40	20.42	21.13	22.20
Diciembre	20.50	20.42	21.13	22.20

Tomada de SIVE Exsa-Orica

Anexo 6
Control de la sobreexcavación

Mes	SOBREEXCAVACIÓN (%)	SOBREEXCAVACIÓN PROMEDIO (%)	Línea Base (%)	Contrato (%)
Agosto	17.35%	17.54%	28.90%	22.20%
Setiembre	17.89%	17.54%	28.90%	22.20%
Octubre	13.39%	17.54%	28.90%	22.20%
Noviembre	20.69%	17.54%	28.90%	22.20%
Diciembre	18.38%	17.54%	28.90%	22.20%

Tomada de SIVE Exsa-Orica

Anexo 7
Control de la sobre excavación

Mes	DESVIACIÓN DE TALADROS (%)	DESVIACIÓN DE TALADROSPROMEDIO (%)	Línea Base (%)	Contrato (%)
Agosto	10.70%	11.42%	13.00%	
Setiembre	9.60%	11.42%	13.00%	
Octubre	12.00%	11.42%	13.00%	
Noviembre	11.10%	11.42%	13.00%	
Diciembre	13.70%	11.42%	13.00%	

Tomada de SIVE Exsa-Orica

Anexo 8
Control del P80

Mes	P80 (inches)	P80 PROMEDIO (inches)	Línea Base (inches)	Contrato (inches)
Agosto	6.56	6.90	8.45	8.00
Setiembre	7.67	6.90	8.45	8.00
Octubre	5.80	6.90	8.45	8.00
Noviembre	6.67	6.90	8.45	8.00
Diciembre	7.80	6.90	8.45	8.00

Tomada de SIVE Exsa-Orica