

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**“EVALUACIÓN ECONÓMICA EN EL AVANCE DE FRENTES
HORIZONTALES DEL NV 4100 CON BARRAS DE 16 PIES MINA
MINSUR S.A. EN LA UNIDAD MINERA RAURA”**

INFORME DE TRABAJO PROFESIONAL

PRESENTADA POR:

Bach. EMERSON IVAN CCASO YUCASI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PROMOCIÓN 2012-II

PUNO PERU

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

INFORME DE TRABAJO PROFESIONAL

“EVALUACIÓN ECONÓMICA EN EL AVANCE DE FRENTES HORIZONTALES DEL NV 4100 CON BARRAS DE 16 PIES MINA MINSUR S.A. EN LA UNIDAD MINERA RAURA.”

PRESENTADA POR:

Bach. EMERSON IVAN CCASO YUCASI

A la Dirección de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional del Altiplano, como requisito para optar el título de:

INGENIERO DE MINAS:

APROBADA POR:

Presidente del Jurado

.....

MSc. Ing. Mario Serafin Cuentas Alvarado

Primer Miembro

.....

MSc. Ing. Américo Arizaca Avalos

Segundo Miembro

.....

Ing. Owal Alfredo Velásquez Viza

Área: Ingeniería de minas

Tema: Desarrollo de Labores Mineras y Otras Excavaciones

DEDICATORIA

Gracias a Dios por permitir que estén siempre conmigo.

A mis queridos padres, Eusebio y Ynes quienes me dieron su apoyo moral, espiritual, material. Y el esfuerzo que dieron para seguir creciendo en la vida.

Con todo el afecto a mi familia en general que siempre moralmente me apoyaron con sus consejos, durante mi formación para seguir en la vida.

AGRADECIMIENTO

El suscrito desea expresar su más sincero y profundo agradecimiento a:

A mi alma mater Facultad de Ingeniería de Minas – Puno. A los Ingenieros y Docentes quienes realizaron mi formación académica y orientación que hoy se constituye en el fundamento de mi vida profesional.

Agradezco infinitamente a los miembros: Jurado, Director y Asesor. Del presente proyecto de investigación quienes me brindaron la orientación académica y la disposición de apoyarme para terminar mi informe profesional.

Agradezco a la Unidad Minera Raura – Minsur. Al Ing. José Peña Romaní, por haberme brindado la oportunidad para ejercer mi carrera profesional siendo anteriormente también en la Unidad Minera San Rafael. Ampliando mi experiencia de mi vida profesional en minería Convencional, Semi-mecanizado y Mecanizado.

Agradezco al Ing. Eduardo Malpartida Espinoza - Gerente de Operaciones, por haberme brindado la oportunidad de iniciarme en área de operaciones mina.

Doy gracias y agradezco a Dios, por concederme salud e iluminarme para seguir trabajando y luchando por la vida por los seres más queridos que siempre están conmigo.

PRESENTACIÓN

Señores del Jurado:

El sustentante ha laborado en diferentes empresas mineras de nuestro País, por ello me permite presentar a vuestra consideración el presente informe titulado: “Evaluación económica en el avance de frentes horizontales del Nivel 4100 con barras de 16 pies Mina Minsur S.A. en la Unidad Minera Raura”. Cuyos resultados se aplicaron en la Unidad Minera Raura, estando actualmente con el cargo de Ingeniero de Perforación y Voladura.

La presentación del informe tiene como finalidad optar el título profesional de Ingeniero de Minas, en cumplimiento del reglamento de grados y títulos de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno.

Considero que es importante el trabajo, porque nos permite lograr los objetivos en los cumplimientos programados mensuales en frentes y por tanto genera mayor avance en nuestros promedios de eficiencias para que en el tiempo sea sostenible en nuestro ciclo de minado. Para optimizar nuestro avance lineal y así aumentar la productividad para minimizar los costos en nuestra operación de perforación y voladura.

Puno, Agosto del 2018.

Bachiller: Emerson Ivan Ccaso Yucasi

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
PRESENTACIÓN	iv
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xii
RESUMEN	15

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y BASES TEÓRICAS

1.1. Introducción	18
1.2. Descripción de la realidad problemática	19
1.3. Formulación del problema	21
1.3.1. Pregunta general	21
1.3.2. Preguntas específicos	21
1.4. Objetivos del informe	21
1.4.1. Objetivo general	21
1.4.2. Objetivos específicos	22
1.5. Bases teóricas	22
1.5.1. Clasificaciones geomecánicas de los macizos rocosos	22
1.5.1.1. Clasificación de Deere (1967)	22
1.5.1.2. Clasificación geomecánica de Barton	24
1.5.1.3. Clasificación geomecánica RMR (Bieniawski)	25

1.5.2.	La perforación de rocas	26
1.5.3.	Acciones básicas en la perforación	26
1.5.4.	Desviación de perforación “Dp”	28
1.5.5.	Factores que influyen en la desviación de taladros	29
1.5.6.	Desviación de perforación con barra.....	30
1.5.7.	Distribución y denominación de taladros.....	31
1.5.8.	Elección del tipo de explosivo	33
1.5.9.	Parámetros de explosivo.....	33
1.5.10.	Calculo de costo de perforación	34
1.5.10.1.	Boca, estabilizador y barra	34
1.5.11.	Definiciones conceptuales.....	35

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE LA MINA RAURA

2.1.	Ubicación de la Unidad Minera Raura	37
2.1.1.	Accesibilidad	38
2.1.2.	Geomorfología	38
2.1.3.	Clima	39
2.1.4.	Biodiversidad	40
2.1.5.	Hidrología y drenaje.....	41
2.2.	Aspecto geológico	42
2.2.1.	Geología regional	42
2.2.2.	Geología local	43
2.2.2.1.	Estratigrafía	43
2.2.2.1.1.	Formación Chimú (Ki-ch).....	43

2.2.2.1.2. Formación Pariatambo (Ki-pt)	44
2.2.2.1.3. Volcánico Raura	44
2.2.3. Geología estructural del yacimiento.....	46
2.2.3.1. Fallas longitudinales.....	46
2.2.3.1.1. Sistema de fallas Chonta	46
2.2.3.1.2. Sistema de Fallas Restauradora.....	47
2.2.3.1.3. Falla Raura	47
2.2.3.2. Sistema de Fallas Noroeste – Sureste.....	48
2.2.3.2.1. Falla Brazzini	48
2.2.3.2.2. Falla Farallón.....	48
2.3. Métodos de explotación	49
2.3.1. Taladros Largos.....	49
2.4. Parámetros para el diseño de labores horizontales.....	51
2.5. Desarrollo de las labores horizontales.....	52
2.6. Operaciones unitarias del minado	56
2.6.1. Perforación	57
2.6.2. Voladura	57
2.6.3. Desatado de rocas sueltas	59
2.6.4. Limpieza y carguío.....	59
2.6.5. Acarreo.....	60
2.6.6. Extracción.....	61
2.7. Sostenimiento	62
2.7.1. Sostenimiento activo	63
2.7.2. Sostenimiento Pasivo.....	63

2.7.3.	Sostenimiento mecanizado con pernos helicoidal y mallas electrosoldadas.....	63
2.8.	Servicios auxiliares	64
2.8.1.	Ventilación	64
2.8.2.	Agua	67
2.8.3.	Aire comprimido	67
2.8.4.	Energía eléctrica.....	69

CAPÍTULO III

APLICACIÓN Y RESULTADOS

3.1.	Geomecánica de la Unidad Minera Raura.....	70
3.1.1.	Condiciones estructurales de la Unidad Minera Raura.	70
3.1.2.	Clasificación geomecánica del macizo rocoso y criterios de falla.....	71
3.1.3.	Zonificación geomecánicas del macizo rocoso.	72
3.1.4.	Caracterización geomecánica del macizo rocoso.....	72
3.1.5.	Calidad del macizo rocoso (RMR) Vs tipo de explosivo a usar	73
3.2.	Diseño de labores horizontales del Nivel 4100.....	74
3.3.	Perforación y Voladura	74
3.3.1.	La perforación.	74
3.3.2.	Voladura.	77
3.4.	Resultados obtenidos con el cambio de barras de perforación de 14 a 16 pies....	81
3.4.1.	Perforación.	82
3.4.2.	Voladura.	83
3.5.	Evaluación económica.....	86
3.5.1.	Costos de ejecución de labores horizontales.....	86
3.6.	Análisis comparativo de perforación de 14 y 16 pies.	87

3.6.1.	Valorizaciones semestrales Agosto – Diciembre 2017.....	88
3.6.2.	Comparación de Avance y Valorizaciones.	90
3.6.3.	Comparación de Análisis con barra de 14 y 16 pies.	92
3.6.4.	Estimación del Beneficio Económico barra de 14 y 16 pies.....	93
CONCLUSIONES		95
RECOMENDACIONES.....		96
BIBLIOGRAFÍA		97
ANEXOS		99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Estimación de RQD a partir de testigos de sondeo	23
Figura 1.2 Acciones básicas en la perforación roto percusiva.....	28
Figura 1.3 Sandvik DD421 – desviación de taladros.....	28
Figura 1.4 Curva de desviación con barrenos integrales o cónicos de perforación.....	30
Figura 1.5 Denominación de los taladros	32
Figura 2.1 Geomorfología de la Unidad Minera Raura.....	39
Figura 2.2 Vegetación tipo pajonal bajo.....	40
Figura 2.3 Aves terrestres; llamas animales propios de la zona.	41
Figura 2.4 Sistema de fallas Chonta.	46
Figura 2.5 Falla Condorsencca, hace cabalgar al Jumasha III sobre el Jumasha IV. Vista tomada al sur desde la laguna Putusay Bajo.	47
Figura 2.6 Falla Brazzini con una proyección hacia el Sureste - Brechas Pipe.....	48
Figura 2.7 Método de explotación taladros largos.....	51
Figura 2.8 Estándares de labores de desarrollo (cruce).	53
Figura 2.9 Estándares de labores de preparación de Sub Nivel.....	54
Figura 2.10 Estándares de labores cámaras de acumulación.	55
Figura 2.11 Estándares de labores en Rampas- Mina Raura	55
Figura 2.12 Jumbo Sandvik DD32 perforando en Nivel 4100	57
Figura 2.13 Limpieza de frente con Scoops CAT R1600.....	60
Figura 2.14 Equipo de bajo perfil en labores de 3,50x3,50 m Unidad Minera Raura	61
Figura 2.15 Vías de Acceso Rampas 4,50x4,00 m Unidad Minera Raura.	62
Figura 2.16 Frente de perforación sostenido con pernos helicoidales	63

Figura 2.17 Sostenimiento mecanizado de pernos y mallas	64
Figura 3.1 Malla de perforación para sección de 3,50x3,50 m.....	75
Figura 3.2 Malla de perforación para sección de 4,00x4,00 m.....	76
Figura 3.3 Malla de perforación para sección de 4,50x4,00 m.....	76
Figura 3.4 Marcado de malla para perforar con Jumbo Sandvik DD321.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Parámetros de clasificación de RQD.	23
Tabla 1.2 Estimación del J_v y clasificación del tamaño de bloque	24
Tabla 1.3 Tipos de macizos rocosos según Barton	25
Tabla 1.4 Índice de la calidad de la roca.....	26
Tabla 1.5 Desviación de perforación con barra	30
Tabla 1.6 Ficha técnica del explosivo.....	33
Tabla 2.1 Rutas de accesibilidad al Distrito Minero Raura	38
Tabla 2.2 Secciones de labores horizontales U.M. Raura	51
Tabla 2.3 Explosivos usados en el Nivel 4100	58
Tabla 2.4 Accesorios de voladura usados en Nivel 4100	59
Tabla 2.5 Cálculo del requerimiento de aire.....	66
Tabla 2.6 Cálculo del consumo mensual total estimado de energía	69
Tabla 3.1 Clasificación geomecánica del macizo rocoso	71
Tabla 3.2 Caracterización geomecánica del macizo rocoso.	73
Tabla 3.3 Calidad del macizo rocoso (RMR) Vs tipo de explosivo a usar.....	74
Tabla 3.4 Explosivos usados para la voladura en los frentes.....	77
Tabla 3.5 La cantidad de explosivos y accesorios utilizados para la voladura en secciones de 3,50x3,50 m con una longitud de barra de perforación de 14 pies.	78
Tabla 3.6 Accesorios utilizados sección de 3,50x3,50 m	78
Tabla 3.7 Cantidad de explosivo y accesorios utilizados para la voladura en secciones de 4,0x4,0 m con una longitud de barra de perforación de 14 pies	78
Tabla 3.8 Accesorios utilizados sección de 4,00x4,00 m.	79

Tabla 3.9 Cantidad de explosivo y accesorios utilizados para la voladura en secciones de 4,50x4,00m con una longitud de barra de perforación de 14 pies	79
Tabla 3.10 Accesorios utilizados sección de 4,50x4,0 m	79
Tabla 3.11 Exsaneles para sección de 3,50x3,50 m.....	80
Tabla 3.12 Exsaneles para sección de 4,00x4,00 m.....	80
Tabla 3.13 Exsaneles para sección de 4,50x4,00 m.....	81
Tabla 3.14 Resultado de perforación con barra de 16 pies sección 3,50x3,50 m.....	82
Tabla 3.15 Resultado de perforación con barra de 16 pies sección 4,00x4,00 m.....	83
Tabla 3.16 Resultado de perforación con barra de 16 pies sección 4,50x4,00 m.....	83
Tabla 3.17 Consumo de explosivos para 16 pies sección 3,50x3,50 m.....	84
Tabla 3.18 Consumo de explosivos para 15 pies sección 4,00x4,00 m.....	84
Tabla 3.19 Consumo de explosivos para 15 pies sección 4,50x4,00 m.....	85
Tabla 3.20 Consumo de explosivos para 16 pies sección 3,50x3,50 m.....	85
Tabla 3.21 Consumo de explosivos para 16 pies sección 4,00x4,00 m.....	86
Tabla 3.22 Consumo de explosivos para 16 pies sección 4,50x4,00 m.....	86
Tabla 3.23 Comparación de perforación y voladura sección 3,50x3,50 m	87
Tabla 3.24 Comparación de perforación y voladura sección 4,00x4,00 m	88
Tabla 3.25 Comparación de perforación y voladura sección 4,50x4,00 m	88
Tabla 3.26 Valorización mes de Agosto 2017.....	89
Tabla 3.27 Valorización mes de Setiembre 2017.....	89
Tabla 3.28 Valorización mes de Octubre 2017.....	89
Tabla 3.29 Valorización mes de Noviembre 2017	90
Tabla 3.30 Valorización mes de Diciembre 2017.....	90
Tabla 3.31 Resumen de diferencia en costos sección 3,50x3,50 m.....	91

Tabla 3.32 Resumen de diferencia en costos sección 4.00x4.00 m.....	91
Tabla 3.33 Resumen de diferencia en costos sección 4.50x4.00 m.....	91
Tabla 3.34 Costo unitario de barra por avance sección 3,50x3,50 m.....	92
Tabla 3.35 Costo unitario de barra por avance sección 4.00x4.00 m.....	92
Tabla 3.36 Costo unitario de barra por avance sección 4,00x4,00 m.....	93
Tabla 3.37 Estimación del beneficio económico 3,50x3,50 m.....	93
Tabla 3.38 Estimación del beneficio económico 4,00x4,00 m.....	94
Tabla 3.39 Estimación del beneficio económico 4,50x4,00 m.....	94

RESUMEN

El presente informe de “Evaluación económica en el avance de frentes horizontales del Nivel 4100 con barras de 16 pies Mina Minsur S.A. en la Unidad Minera Raura”, en nuestro proceso operativo de perforación y voladura es de mayor costo, siendo la eficiencia 84% de avance de perforación, el costo de explotación de los frentes es elevado al mostrarse en los reportes de avance de la ejecución de laboreo de; preparación, desarrollo y exploración. Por lo tanto es necesario realizar un proyecto evaluación económica en el avance de frentes horizontales en el Nivel 4100 con barras de 16 pies para optimizar nuestro avance lineal. Así aumentando la productividad para minimizar los costos. Presente informe tiene por objetivo es aplicar las barras de 16 pies y lograr una mejora en nuestro avance por disparo. En nuestro proceso de minado se tendrá un aumento de 15% en los siguientes procesos de limpieza, sostenimiento, carguío y voladura. La explotación en las labores horizontales en el Nivel 4100, en una sección del labor 3,50x3,50 m, en mes de Agosto se realiza la perforación con barra de 16 obteniendo el avance de voladura en 4,25 m, mejorando el avance en 20,40%. Y factor de potencia en 1,04 kg/TM mejorando en 6,12 % y se logra mejorar con barra de 16 pies el factor de avance en 5,12%. Empleando Jumbos MFT38-H35-R32 con barra de 16 pies se obtiene una longitud de perforación de 4,48 con una eficiencia operativa de 93%. Y el costo unitario con barra de 16 pies es de 11,49 US\$/ml con una diferencia de 1,31 US\$/ml a favor de barra de 16 pies. Y el beneficio económico anual es de 11035,44 US\$/ml.

PRIMERA PARTE

REPORTE DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL

Empleador: Compañía Minera “MINSUR” S.A.

Unidad Minera Operativa Raura, empresa minera subterránea de media minería polimetálica productora de cobre, zinc, plata y plomo que son derivados de procesos extractivos y metalúrgicos.

Fecha: Enero del 2014 – actualmente a la fecha

Cargo: Ingeniero de Perforación y Voladura

Funciones: Realizar el monitoreo de voladura para interpretar los eventos y determinar mejoras en perforación y voladura en frentes y tajos.

Seguimiento y aseguramiento de los índices de eficiencia en la rotura y fragmentación del mineral, diseño de mallas de perforación en frentes y tajos, el control de consumo de explosivos diario, semanal y mensual.

Participar en la planificación de las operaciones de minado a corto y mediano plazo para determinar los parámetros de perforación y voladura.

Llevar el control de los insumos, accesorios de voladura necesarios para la detonación del explosivo en los taladros en frentes y tajos.

Verificar la calidad de los explosivos y accesorios que usamos en la unidad minera Raura.

Supervisar la operación diaria de perforación y voladura en los frentes y tajos.

Realizar los pedidos de explosivos de acuerdo con el consumo mensual para frentes y tajos.

Empleador: Compañía Minera “MINSUR” S.A.

Unidad Minera Operativa San Rafael, empresa minera subterránea de media minería, donde la operación minera es de Estaño es productora del tercer mayor productor mundial de Estaño.

Fecha: Mayo del 2013 – Diciembre 2013

Cargo: Ingeniero Junior de Operaciones

Funciones: Encargado de las operaciones unitarias de sostenimiento, perforación, voladura y acarreo determinación del ciclo de minado optimo en nuestras operaciones mineras, evaluando los rendimientos, el ciclo de minado, controles de los KPI's. Control de los aceros de sostenimiento y perforación.

Empleador: Compañía Minera “ARES” S.A.

Unidad Minera Operativa Ares, empresa minera subterránea de media minería, está conformada por sistema de vetas Epitermales son de Sulfuración intermedia con presencia predominante de plata y cantidades variable de oro, se explota mediante métodos convencionales y mecanizados.

Fecha: Enero a Abril del 2013.

Cargo: Practicante de Operaciones Mina.

Funciones: Encargado de los controles del departamento de servicios mina, el control de relleno en pasta desde la planta hacia interior mina los tajos de producción, los controles de ventilación en interior mina unifilar de flujo de aire de ingreso y salida.

SEGUNDA PARTE

DESARROLLO DEL INFORME DE TRABAJO PROFESIONAL

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y BASES TEÓRICAS

1.1. Introducción

La explotación actual de la Unidad Minera Raura, tiene varios proyectos de exploración, preparación y desarrollo lo que hace imprescindible el diseño y construcción de los laboreos mineros tales como: rampas positivas y negativas, cruceros, By pass, galerías, sub niveles, chimeneas, cámaras de acumulación, refugios y otros. De esta forma nace el presente informe, teniendo como objetivo principal optimizar los avances en labores de exploración, preparación y desarrollo horizontal cumpliendo con los programas establecidos por la Mina Raura. Se tiene problemas en cuanto al cumplimiento de los programas mensuales de avance y para que sea posible el cumplimiento de los programas establecidos, se coordina con superintendencia de mina y la superintendencia de planeamiento realizar cambio de barra de perforación de 14 pies a 16 pies en labores horizontales de exploración, preparación y desarrollo de la Unidad Minera Raura y para ello lograr un mayor rendimiento de eficiencia de avance por disparo y así lograr las metas

físicas programadas mensualmente. Los indicadores económicos pronosticados para el presente proyecto, se reflejará en las valorizaciones mensuales realizados antes y después del cambio de barras de perforación. En la parte de nuestro proceso operativo de mina el costo de perforación y voladura es de mayor costo, siendo la eficiencia para nuestro avance de 85% lo cual eleva nuestro costo del avance en la ejecución de laboreo en nuestra preparación, por ello es necesario realizar la optimización de costos de perforación y voladura en la mina Raura para optimizar el correcto método de minado con una eficiencia mayor a 90% de avance lineal así aumentando la productividad para minimizar los costos. La presente investigación tiene por objetivo mostrar el proceso de minado en perforación y voladura a consecuencia de esta actividad dar una alternativa sostenible en el tiempo, en la otra actividad del sostenimiento permitirá aumentar la eficiencia y productividad bajando costos en sostenimiento por el tema de sobre rotura controlando la sección programada, con el objetivo de que la unidad minera sea sostenible en el tiempo, rentable y segura. Con la optimización en el avance lineal se logrará el crecimiento de la mina junto con el avance de la tecnología moderna, quienes brindan más facilidad para el beneficio de la empresa minera.

1.2. Descripción de la realidad problemática

En la Unidad Minera Raura, se viene desarrollando el laboreo de frentes en labores de exploración, preparación y desarrollo, donde se observa el incumplimiento del programa de avance lineal semanal. En donde afecta al avance mensual por consecuencia de los problemas en la perforación y voladura de los resultados obtenidos en promedio 85% de eficiencia de los disparos en frentes horizontales con la barra de 14 pies. En la perforación del frente se presenta problemas tales como la falta de pintado de malla de perforación (la

dirección y gradiente), falta de uso de guidores para el control del paralelismo, el inadecuado uso de los aceros de perforación y que consecuentemente afecta el rendimiento del equipo causando desgaste de los aceros (broca, barreno y shank) y malas prácticas por el operador de Jumbo (incumplimiento del procedimiento de perforación con Jumbo).

En la voladura presenta deficiencias en la obtención de la granulometría del material roto, tiros cortados en el frente, mala distribución de exsaneles para el carguío del frente (secuencia de salida) secciones mal llevadas (desvíos del proyecto) falta de uniformidad sobre rotura y mala selección del tipo de explosivo, la rectificación de estos problemas influye en la obtención de resultados y costos de perforación y voladura mensual para la empresa.

El comportamiento de los parámetros geomecánicos del macizo rocoso, actualmente está en estudio por el departamento de geomecánica de la Unidad Minera Raura. Teniendo problemas directamente relacionada a los planos de estratificación, sistemas de discontinuidades, la presencia de geodas, la intersección de fallas y zonas de plegamiento geológico minero.

Todo esto da una alteración en la estabilidad del terreno, también se puede notar la infiltración de aguas meteóricas que están cargados de soluciones acuosas, que ocasionan alteraciones físico químico en planos o juntas de discontinuidades del macizo rocoso que generan muchas veces inestabilidad en las excavaciones subterráneas, para ello es necesario la aplicación de soporte técnico adecuado.

Por ende, es necesario realizar la mejora en los nuevos parámetros de perforación y voladura, optimizando el número de taladros perforados y el consumo de explosivos, así de esta manera se logrará tener un mejor ciclo de minado en nuestras operaciones, por eso es necesario realizar este proyecto de investigación para poder aplicar en los demás proyectos

programados mensualmente. De esa manera se tendrá mayores utilidades y un ahorro para la empresa.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Pregunta general

¿Cómo se realizará la evaluación económica en el avance de frentes horizontales del Nivel 4100 con barras de 16 pies, en la Unidad Minera Raura?

1.3.2. Preguntas específicos

- ¿Será técnica y económicamente viable el cambio de longitud de las barras de perforación en labores de 14 pies a 16 pies para mejorar el promedio de avance en frentes horizontales del Nivel 4100 en la Unidad Minera Raura?
- ¿Cuáles son las condiciones geológicas y geomecánicas del macizo rocoso que serán determinantes para el diseño de las labores mineras en la Unidad Minera Raura?

1.4. Objetivos del informe

1.4.1. Objetivo general

Lograr el incremento de la eficiencia por disparo en las labores de avance horizontales con la barra de 16 pies, Explicar la evaluación técnica y económica para dar viabilidad al incremento de la longitud de las barras de perforación de la Unidad Minera Raura.

1.4.2. Objetivos específicos

- Lograr el incremento en los avances en frentes horizontales, para cumplir el programa mensual de avance de la Unidad Minera Raura.
- Evaluar la rentabilidad del proyecto a través de los KPI's e indicadores económicos: valorizaciones mensuales de la Unidad Minera Raura.
- Desarrollar óptimamente el proceso de labores de desarrollo, preparación y exploración de la mina, tales como: Rampas, cruceros By Pass, ventanas, galerías, sub niveles, cámaras de acumulación entre otras, con el propósito de acceder a los recursos minerales existentes de la Unidad Minera Raura.

1.5. Bases teóricas

1.5.1. Clasificaciones geomecánicas de los macizos rocosos

Las clasificaciones más importantes son:

1.5.1.1. Clasificación de Deere (1967)

Oyanguren *et al* (2004) indica que para ir dando respuestas a las dificultades planteadas por las clasificaciones primitivas utilizadas para estimar entibaciones de túneles, fueron surgiendo otras clasificaciones, como la de Deere, que en 1967 propuso un sistema de diseño de sostenimiento basado en el RQD. Este parámetro se obtiene a partir del porcentaje de trozos de testigo mayores de 10 cm recuperado en un sondeo, tal y como se muestra en la Figura 1.1 y permite el grado de fracturación del macizo rocoso.



Figura 1.1 Estimación de RQD a partir de testigos de sondeo

Fuente: David Córdova

Tabla 1.1 Parámetros de clasificación de RQD.

Índice de calidad de roca	RQD
Muy mala	0-25 %
Mala	25-50 %
Regular	50-75 %
Buena	75-90 %
Excelente	90-100 %

Fuente: Clasificación del macizo rocoso Deere.

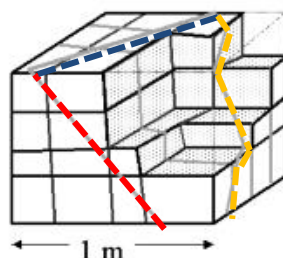
En la Tabla 1.1 se muestra para estimar el RQD a partir de datos en afloramiento, al no disponer de sondeos. En estos casos, se puede utilizar la siguiente relación (Palmstrom, 2005), aunque su precisión no es superior a la que puede proporcionar una mera estimación visual. (Bieniawski, 2003)

$$RQD = 110 - 2,5 \times Jv$$

Dónde:

Jv : es índice volumétrico de juntas o número de juntas por metro cubico

Índice volumétrico de juntas (Jv): es el número de juntas que intersecta $1m^3$ de macizo rocoso.



$$J_v = 3 + 3 + 3 + 1 = 10$$

Los términos descriptivos de la tabla dan una idea del tamaño del bloque en función de Jv .

Tabla 1.2 Estimación del Jv y clasificación del tamaño de bloque

Tamaño de bloque	Valor de Jv
Bloque muy grande	< 1,0
Bloques grandes	1-3
Bloques medios	3-10
Bloques pequeños	10-30
Bloques muy pequeños	>30

Fuente: Bieniawski 1976.

1.5.1.2. Clasificación geomecánica de Barton

En la Tabla 1.3 como se muestra la clasificación geomecánica se basa en el índice de calidad “Q” (índice de calidad tunelera), que da una estimación de la calidad del macizo rocoso, teniendo en cuenta los siguientes factores:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$$

Dónde:

RQD : Índice de la calidad de la roca

- Jn : Índice de diaclasado que tiene en cuenta el número de Familias.
- Jr : Índice de rugosidad de las juntas.
- Ja : Índice de alteración de las juntas.
- Jw : Factor de reducción por presencia de agua en las juntas.
- SRF : Factor de reducción por esfuerzos.

Tabla 1.3 Tipos de macizos rocosos según Barton

Tipos de macizo rocoso	Valor de Q
Excepcionalmente malo.	10^{-3} a 10^{-2}
Extremadamente malo.	10^{-2} a 10^{-1}
Muy malo.	10^{-1} a 1
Malo.	1 a 4
Medio.	4 a 10
Bueno.	10 a 40
Muy buena.	40 a 100
Extremadamente bueno.	100 a 400
Excepcionalmente bueno	400 a 1000

Fuente: Bieniawski 1976.

1.5.1.3. Clasificación geomecánica RMR (Bieniawski)

En el Anexo 1 se muestra el sistema de clasificación Rock Mass Rating o sistema RMR fue desarrollado por Z.T. Bieniawski durante los años 1972-73, y ha sido modificado en 1976 y 1979, en base a más de 300 casos reales de túneles, cavernas, taludes y cimentaciones. Actualmente se usa la edición de 1989, que coincide sustancialmente con la de 1979.

Para determinar el índice RMR de calidad de la roca se hace uso de los cinco parámetros del terreno aquí los citaremos los siguientes:

- La resistencia a compresión simple del material
- El RQD (Rock Quality Designation)

- El espaciamiento de las discontinuidades
- El estado de las juntas
- La presencia de agua

El RMR se obtiene como suma de unas puntuaciones que corresponden a los valores de cada uno de los seis parámetros enumerados. El valor del RMR oscila entre 0 y 100, y es mayor cuanto mejor es la calidad de la roca. Bieniawski distingue cinco tipos o clases de roca según el valor del RMR:

En la Tabla 1.4, indica la valorización de los índices de la calidad de roca y su descripción según la clasificación.

Tabla 1.4 Índice de la calidad de la roca

Clase	Índice	Calidad de la roca
CLASE I	$RMR > 80$	Roca muy buena
CLASE II	$80 > RMR > 60$	Roca buena
CLASE III	$60 > RMR > 40$	Roca media
CLASE IV	$40 > RMR > 20$	Roca mala
CLASE V	$RMR < 20$	Roca muy mala

Fuente: Bieniawski

1.5.2. La perforación de rocas

Uribari (2008) menciona que la perforación es la primera operación en la preparación de una voladura. Su propósito es abrir en la roca o mineral huecos cilíndricos llamados taladros, taladros, hoyos o blast holes. Que están destinados a alojar o colocar explosivo y sus accesorios en su interior.

1.5.3. Acciones básicas en la perforación

Pernía *et al* (1987) indica que las acciones básicas de la perforación son:

a) Percusión

Los impactos producidos por el golpeteo del pistón originan unas ondas de choque que se transmiten a la broca a través del varillaje (en el martillo en cabeza) o directamente sobre ella (en el martillo en fondo), cuando la onda de choque alcanza la broca de perforación, una parte de la energía se transforma en trabajo haciendo penetrar el útil y el resto se refleja y retrocede a través del varillaje. La eficiencia de esta transmisión es difícil de evaluar pues depende de muchos factores tales como: el tipo de roca, características del varillaje.

b) Rotación

Con este movimiento se hace girar la broca para que los impactos se produzcan sobre la roca en distintas posiciones en el fondo del taladro.

En cada tipo de roca existe una velocidad optima de rotación para lo cual se producen los detritus de mayor tamaño al aprovechar la superficie libre del taladro que se crea en cada impacto

c) Empuje

Es la energía generada por el mecanismo de impactos del martillo debe transmitirse a la roca. Por lo que es necesario que la broca se encuentre en contacto permanente con el fondo del taladro. Esto se consigue con la fuerza de empuje suministrado por un motor o cilindro de avance que debe adecuarse al tipo de roca y broca de perforación.

d) barrido

El fluido de barrido permite extraer el detritus del fondo del barreno

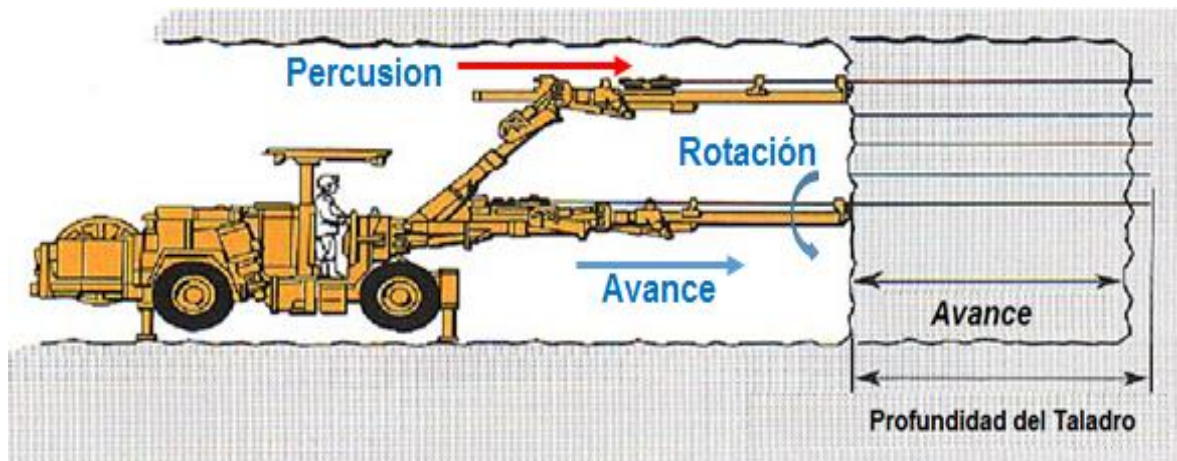


Figura 1.2 Acciones básicas en la perforación roto percusiva

Fuente: Manual de P y V. & López Jimeno, C. R., 2005

1.5.4. Desviación de perforación “Dp”

Ojeda (2008) menciona que las desviaciones de perforación afectan mucho en el diseño de mallas de perforación, porque varían el burden de diseño dentro de la perforación y afectan mucho en la fragmentación como y el avance del disparo, porque la eficiencia de voladura está relacionada con la desviación porque a mayor desviación menor será la eficiencia de voladura o viceversa como se muestra en la Figura 1.3.

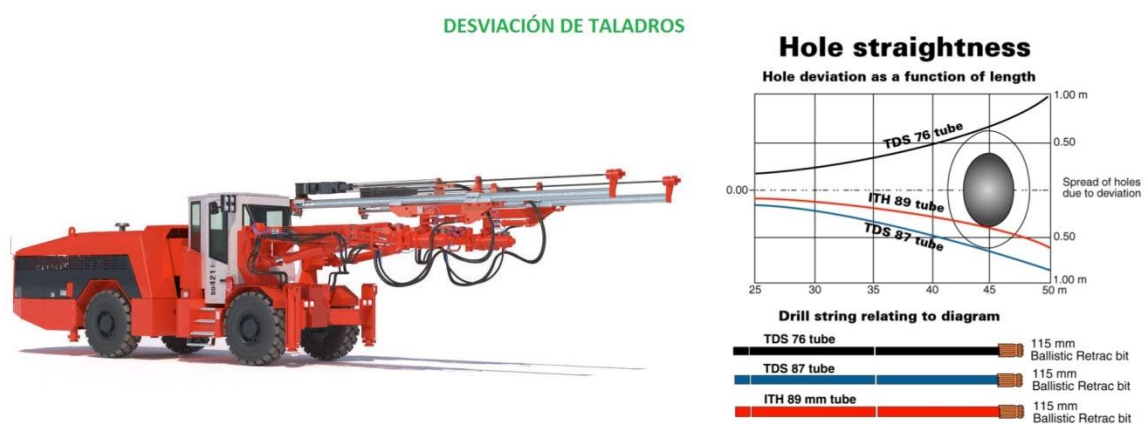


Figura 1.3 Sandvik DD421 – desviación de taladros

Fuente: Sandvik dd421-Curso equipos de perforación horizontal de taladros largos y seguridad (17/10/15)

1.5.5. Factores que influyen en la desviación de taladros

Ojeda (2008) refiere que los principales factores, que influyen en la desviación del taladro son:

a) factores originados fuera del taladro

- Error de posicionamiento del equipo.
- Error en la selección y lectura de ángulos.
- Error en la fijación de viga de avance

b) Factores relacionados durante la perforación

- Fuerza de avance.
- Rotación.
- Barrido de detritus.
- Percusión.

c) Factores dentro del taladro

- Tipo de roca.
- Tamaño de grano.
- Fracturamiento.
- Plegamiento.

d) Factores relacionados con el equipo

- Condición mecánica de la perforadora.
- Regulación de la perforadora.
- Selección adecuada del varillaje de perforación.
- Afilador correcto y oportuno de las brocas.

1.5.6. Desviación de perforación con barra

Ojeda (2008) indica para aproximar la desviación, cuando se perfora con barra se interpolara el grafico anterior, y se determinara la ecuación para calcular la desviación a una distinta profundidad como se muestra en la Tabla 1.5.

Tabla 1.5 Desviación de perforación con barra

Longitud de perforación (m)	Desviación de la barra (m)
0,00	0,00
3,75	0,08
7,50	0,21
11,25	0,45
15,00	0,80
18,75	1,25
22,50	1,70
26,25	2,30
30,00	3,00

Fuente: Simposioun de taladros largos; Atlas Copco 2005

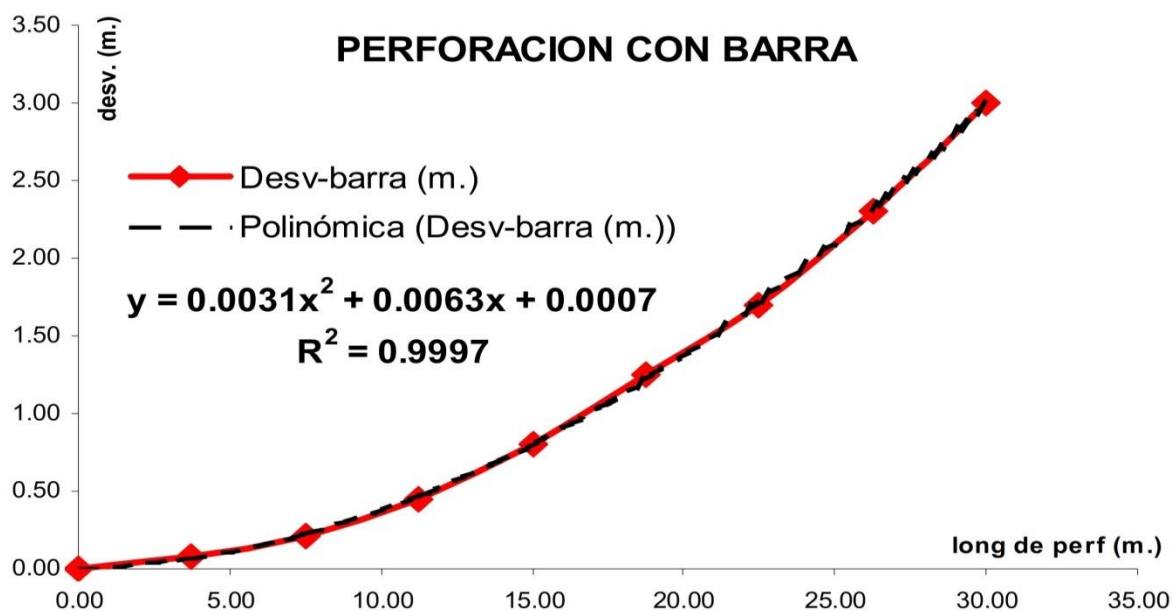


Figura 1.4 Curva de desviación con barrenos integrales o cónicos de perforación

Fuente: Simposioun de taladros largos; Atlas Copco 2005

En conclusión la ecuación que se muestra, se representara de la siguiente forma:

$$Desv_{barra} = 0,0031 * Long_{perf}^2 + 0,0063 * Long_{perf} + 0,007$$

Dónde:

Desv barra : desviación de perforación con barra

Long perf : longitud de perforación

1.5.7. Distribución y denominación de taladros.

Choque (2017) menciona que el trazo o diagrama de distribución de taladros y de la secuencia de salida de los mismos presenta numerosas alternativas, de acuerdo a la naturaleza de la roca y a las características del equipo perforador, llegando en ciertos casos a ser bastante complejo.

Los taladros se distribuirán en forma concéntrica, con los del corte o arranque en el área central de la voladura, siendo su denominación como sigue, ver Figura 1.5.

a) Taladros de arranque.

La función del arranque es formar la primera cavidad en el frente cerrado de una galería, creando así una segunda cara libre para la salida de los demás taladros, transformándose en un banco anular.

El arranque requiere en promedio 1,3 a 1,5 veces más de carga por taladro para desplazar el material triturado, disminuyendo en proporción las cargas en los cuadradores y alzas (que son los que menos trabajan, ya que actúan por desplome).

b) Taladros de ayuda.

Son los taladros que rodean a los de arranque y forman las salidas hacia la cavidad inicial de acuerdo a las dimensiones del frente varían en número y distribución

comprendiendo a las primeras ayudas (contracueles), segunda y terceras ayudas (taladros de destrozo o franqueo). Salen en segundo término.

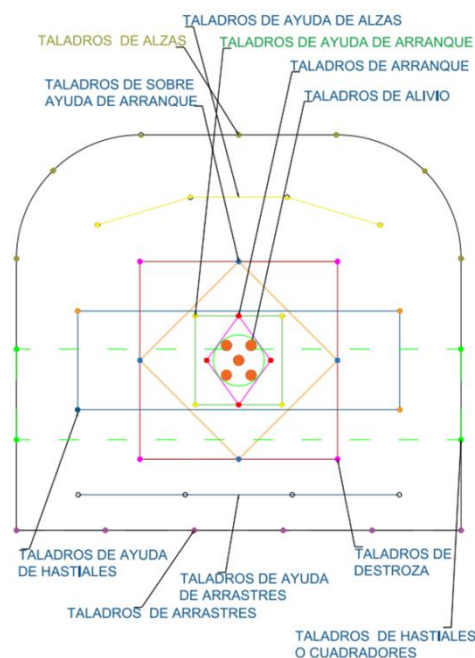


Figura 1.5 Denominación de los taladros

Fuente: Choque Velarde Emerson

c) Taladros cuadradores.

Son taladros laterales (hastiales) que forman los flancos del túnel.

d) Taladros de alza o techos.

Son los que dan forma al techo o bóveda del túnel. También se les denomina taladros de la corona en voladura de recorte o smooth blasting se disparan juntos alzas y cuadradores, en forma instantánea y al final de toda la tanda, denominándolos en general, “taladros periféricos”.

e) Taladros de arrastre o piso.

Son los que corresponden al piso del túnel o galería se disparan al final de toda la tanda. La denominación y ubicación de los taladros se detalla en la Figura 1.5, en donde se

puede ver que los taladros se agrupan en grupos de 4 taladros de acuerdo al diseño para una sección de 4,50x4,00 m.

1.5.8. Elección del tipo de explosivo

Inga (2016) menciona, para elegir el tipo de explosivo se necesita la densidad de roca que es igual a 2,78 g/cm³, la densidad de explosivo es 1,14 g/cm³ en promedio y la velocidad de onda P para arenisca es 3200 m/s aproximado. Como la roca es dura se elige Emulnor 3000 por tener alta presión y velocidad de detonación.

1.5.9. Parámetros de explosivo

Inga (2016) manifiesta los explosivos que se utilizan en la Compañía Minera Raura S.A. con Semexa, Emulex y Emulnor. A continuación se presenta ficha técnica de cada explosivo, proporcionados por los fabricantes de los explosivos ver Tabla 1.6.

Tabla 1.6 Ficha técnica del explosivo

	Explosivo	Energía (kcal)	VOD (m/s)	POD (kbar)	V gases (l/kg)	Densidad (g/cm ³)
EXSA	Exadit 65%	850	3600	53	940	1,05
	Exadit 45%	800	3400	44	945	1,00
	Anfo	900		32		0,80
	Semexsa 80%	1000	4500	86	916	1,18
	Semexsa 65%	915	4200	70	932	1,12
	Semexsa 45%	900	3800	60	939	1,08
	Emulex 80%	1200	5000	87	830	1,14
	Emulex 65%	1100	5000	85	910	1,12
	Emulex 45%	700	4500	63	930	1,00
FAMESA	Emulnor 500	628	3500	44	952	0,90
	Emulnor 1000	785	4500	95	920	1,13
	Emulnor 3000	920	4400	93	880	1,14
	Emulnor 5000	1010	4200	88	870	1,16

Fuente: Exsa, Famesa

1.5.10. Cálculo de costo de perforación

El costo de perforación por metro perforado se calcula con la siguiente fórmula:

$$C = \frac{C_A + C_1 + C_M + C_O + C_E + C_L}{VM} + C_B$$

Dónde:

Costos indirectos

C_A : Amortización (PTA/h)

C_T : Intereses y seguros (PTA/h)

Costos directos

C_M : Mantenimiento (PTA/h)

C_O : Mano de obra (PTA/h)

C_E : Energía (PTA/h)

C_L : Engrase y lubricación (PTA/h)

C_B : Boca, estabilizador y barra (PTA/m)

V_M : Velocidad de perforación media (m/h)

1.5.10.1. Boca, estabilizador y barra

Constituye una de las partidas críticas, debido por un lado a la falta de información previa de los técnicos y por otro a su importancia, ya que su peso sobre el costo del metro perforado oscila entre 15 y el 40% del costo total, según la dureza de la roca.

La duración de un tricono se puede estimar a partir de la ecuación:

$$VIDA (m) = \frac{28,140 \times D^{1,55} \times E^{1,67}}{N_r} \times 3 \times VP$$

Dónde:

D : Diámetro (pulg.)

E : Empuje sobre a boca (miles de libras)

N_r : Velocidad de rotación (r.p.m.)

VP : Velocidad de penetración (m/h)

Las barras y estabilizadores suelen tener una vida media de 30,000 y 11,000 m, respectivamente.

1.5.11. Definiciones conceptuales

a) Perforación.

Es una operación mecánica que consiste en hacer taladros en mineral o roca con la finalidad que en su interior se pueda depositar carga explosiva, que al detonar sean capaces de arrancar del seno de estos materiales porciones de roca o mineral. (Cámac, 2005)

b) Voladura.

De acuerdo a los criterios de la mecánica de rotura, la voladura es un proceso tridimensional, en el cual las presiones generadas por explosivos confinados dentro de taladros perforados en la roca, originan una zona de alta concentración de energía que produce dos efectos dinámicos: fragmentación y desplazamiento. (Gaona, 2015)

c) Explosivos.

Son mezcla de sustancias químicas que por acción externa se transforman, esta transformación genera una cantidad de gases a altas temperaturas que a su vez ocasiona una gran presión, lo que hace presente la fractura en la roca. (Gaona, 2015)

d) Malla de perforación.

Es la forma en la que se distribuyen los taladros de una voladura, considerando básicamente a la relación de burden y espaciamiento y su dirección con la profundidad de taladros. (López, 2003)

e) Rendimiento

En un contexto empresarial, el concepto de rendimiento hace referencia al resultado deseado efectivamente obtenido por cada unidad que realiza la actividad, donde el término unidad puede referirse a un individuo, un equipo, un departamento o una sección de una organización. (López, 2003)

f) Frente

Es el lugar en donde se emplaza personal y máquina de perforar para realizar el avance de una galería o crucero, mediante perforación y voladura. (Exsa, 2003)

g) Costos operativos o de producción mina

Los costos de operación se definen como aquellos generados en forma continua durante el funcionamiento de una operación minera y están directamente ligados a las producción, pudiéndose categorizarse en costos directos e indirectos. (Calixto, 2015)

h) Costos operativos o de producción mina

Los costos de operación se definen como aquellos generados en forma continua durante el funcionamiento de una operación minera y están directamente ligados a la producción. (Exsa, 2003)

i) Perforación en Breasting

Perforación horizontal de producción con la cara libre en la parte inferior de la malla de perforación. (Villanueva *et al*, 2016)

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE LA MINA RAURA

2.1. Ubicación de la Unidad Minera Raura

El yacimiento minero Raura, se encuentra ubicado entre los Departamentos de Huánuco (Provincia de Lauricocha, Distrito de San Miguel de Cauri), Lima (Provincia y distrito de Oyón) y Paseo (Provincia Daniel Alcides Carrión, distrito de Yanahuanca), a una altura promedio de 4,700 m.s.n.m. Forma parte de la Cordillera Occidental de los andes Peruanos y se ubica en la divisoria continental de las cuencas del Pacífico y del Atlántico como se muestra en el Anexo 02. (Guerrero, 2015)

Raura abarca una extensión delimitada por las siguientes coordenadas UTM (Datum WGS84):

Norte : 8 840,000 – 8 848,000

Este : 304,000 – 313,000

2.1.1. Accesibilidad

El yacimiento minero Raura es accesible por ruta de 415 Km que se indica a continuación como indica en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Rutas de accesibilidad al Distrito Minero Raura

Tramo	Km	Tipo de acceso	Condiciones
Lima-Sayan	136,2	Asfaltada	Muy buena
Sayan-Churin	61	Afirmada – asfaltada	Regular
Churin-Oyon	74	Asfaltada	Buena
Oyon-Raura	60	Afirmada	buena

Fuente: Guerra Sandoval, Marely Anais

2.1.2. Geomorfología

El Distrito Minero de Raura se caracteriza por registrar una geomorfología muy accidentada, cuya topografía de la zona está condicionada tanto al control estructural, litológico como a los procesos erosivos a los cuales está sometida de manera constante. Y como resultado se tiene una topografía abrupta con valles en forma de U y circos glaciares, la altura varía de 4,300 m.s.n.m. hasta cumbres glaciares que alcanzan los 5,700 m.s.n.m. Debido al proceso de de-glaciación y lluvias se han formado lagunas escalonadas, asimismo por el proceso de denudación y erosión se tienen extensas zonas cubiertas con material detrítico de origen sedimentario, formando morrenas basales y laterales como se muestra en la Figura 2.1. (Guerrero, 2015)



Figura 2.1 Geomorfología de la Unidad Minera Raura

Fuente: Google Maps – Agosto 2018

2.1.3. Clima

El clima que presenta el Distrito de Raura debido a su ubicación, se caracteriza por ser frígido originando dos estaciones bien marcadas durante el año.

Primera estación de Noviembre a Abril

Se denota la presencia de abundantes lluvias (Granizo - Nevadas), donde las temperaturas descienden hasta los 6°C grados bajo cero durante las noches.

Segunda estación entre los meses de Mayo a Octubre

Se da una moderada ausencia de precipitaciones ya que durante el día se siente un pequeño incremento en la temperatura que oscilan 12 a 14°C. (Guerrero, 2015)

2.1.4. Biodiversidad

a) Flora

Existen un total de cinco tipos de vegetación: pajonal (alto y bajo), bofedal, vegetación de roquedal, matorral y vegetación acuática, siendo el pajonal el tipo de vegetación que alberga el mayor número de especies. Asimismo, se han identificado siete especies endémicas y seis especies amenazadas. La composición de especies y familias vegetales que se registra en el área es típica de las zonas alto-andinas del Perú, no registrándose variaciones marcadas a lo largo del tiempo. Sin embargo, se reporta una disminución de la cobertura vegetal de algunas especies, relacionada con el régimen de quema realizado por parte de los pobladores locales, como se muestra en la Figura 2.2. (Suaña, 2017)



Figura 2.2 Vegetación tipo pajonal bajo

Fuente: Suaña Asillo, A. J.

b) Fauna

Existe un total de 71 especies de aves, con una mayor proporción de aves de ambientes terrestres respecto a las aves acuáticas. Las localidades ubicadas dentro y como influencia

directa del yacimiento están caracterizadas por presentar áreas más extensas de pajonal, lo que favorece el establecimiento de las aves.

Existe una diversidad de mamíferos (siete especies), con una predominancia de mamíferos pequeños (roedores) asociados al tipo de vegetación predominante como se ve en la Figura 2.3. (Suaña, 2017)



Figura 2.3 Aves terrestres; llamas animales propios de la zona.

Fuente: Suaña Asillo, A. J. & Ramos Ramos, L. A.

2.1.5. Hidrología y drenaje

Debido a las precipitaciones y deshielos producidos en lo alto de los nevados, las lagunas son alimentadas por pequeñas y medianas quebradas las que originan caudales de regular caudal aproximadamente 3.40m^3 por minuto.

El drenaje que presenta el distrito minero de Raura es de tipo dendrítico, se presenta de forma ramificada con ángulos agudos con respecto a los colectores principales, este drenaje es característico en rocas sedimentarias el que converge en quebradas y depresiones de extensa longitud, este drenaje representa una determinada trayectoria la cual está bien definida con una dirección Sur a Norte. (Guerrero, 2015)

2.2. Aspecto geológico

2.2.1. Geología regional

Suaña (2017) menciona el entorno geológico regional del Yacimiento Minero Raura involucra diferentes ambientes de deposición y posterior formación de rocas sedimentarias dentro de las cuencas de tras arco del Cretáceo Superior al Paleógeno Inferior. En muchos sectores la cobertura volcánica forma parte de la paleo-superficie generada durante el Paleógeno Superior.

La serie sedimentaria de edad Cretácica Superior está compuesta en la parte inferior por rocas clásticas tales como areniscas, areniscas silíceas, lutitas, etc. a excepción de la Formación Santa que consta de calizas. La parte superior de edad Paleógeno Inferior consiste de una secuencia de rocas calcáreas y algo de lutitas bituminosas. Las rocas clásticas en el área están representadas por las Formaciones Chimú, Carhuaz y Farrat y la secuencia calcárea por las Formaciones Santa, Pariahuanca, Chulec, Pariatambo, Jumasha y Celendín. La Formación Jumasha es el metalotecto más importante en la región, la misma que se expone ampliamente como una potente secuencia sedimentaria entre las minas Uchucchacua y Raura. Estas formaciones en los alrededores están intruidas por rocas ígneas de composición granítica, tonalítica, y monzonítica.

Estructuralmente el área está situada en la zona de plegamiento y sobre escurrimiento. Durante la Orogenia Andina, la secuencia sedimentaria ha sido intensamente plegada en dirección del rumbo N20°W. Los anticlinales y sinclinales se extienden a lo largo de varias decenas de kilómetros, intercalándose con zonas de sobre escurrimiento paralelas al eje principal.

2.2.2. Geología local

Guerrero (2015) refiere que el contexto geológico del yacimiento Minero Raura viene precedido por la ocurrencia de múltiples eventos geológicos; tales eventos se desarrollaron en un marco estructural complejo, los cuales comprenden múltiples repeticiones tectónicas en las unidades estratigráficas del Cretácico, además del plegamiento, fallamiento y cabalgamiento de los sedimentos calcáreos mesozoicos de las Formaciones Jumasha y Celendín; la preparación estructural del yacimiento minero se dio durante la fase tectónica Quechua 11, a lo largo de la falla Chonta Nor-Oeste en forma de un salto estructural con fallas sigmoidales Nor-Este-Sur Oeste.

Magmatismo resurgente lleva a la intrusión de stocks de composición diorítica - granodiorítica - cuarzo monzonítico en el sector Oeste de la caldera, indicando la zona alimentadora principal. Brechas de turmalina en la cúpula de intrusivo indican el alto nivel de emplazamiento. Ascenso y emplazamiento de diques y stocks de pórfido de cuarzo y en zonas periféricas como el dique Siete Caballeros y diques dacíticos en el lado Oeste del glaciar Brazzini hasta la zona Surasaca.

2.2.2.1. Estratigrafía

Las rocas más antiguas que se observan en la zona son las correspondientes a la formación:

2.2.2.1.1. Formación Chimú (Ki-ch)

Está constituido de areniscas cuarzosas de grano fino esencialmente, de color gris claro a blanquecino en superficie fresca, y de tonalidades marrón rojizas en superficie

intemperizada, se intercalan con limolitas, lutitas arcillosas y bituminosas, así como mantos lenticulares de carbón tipo antracita, con espesores variables entre los centímetros hasta los 3 m.

2.2.2.1.2. Formación Pariatambo (Ki-pt)

La formación Pariatambo, fue estudiada por Wilson (1963), se le encuentra suprayaciendo a la formación Chúlec en concordancia e infrayaciendo a la formación Jumasha también en concordancia, se contrasta por el color oscuro y bituminoso, sus afloramientos más conspicuos se localizan en el paraje de Pariatambo en la Oroya, está constituida por una serie de calizas y margas bituminosas de color negro, que se intercalan con calizas de color gris oscuras de forma tabular y que se rompen a manera de lascas. Las lutitas bituminosas se intercalan con niveles de cherts y calizas, su estructura principalmente es bandeada por el contenido de chert blanquecino y las lutitas de color gris oscuras a negras, también se puede observar trazas incipientes de minerales conformando delgados mantos.

2.2.2.1.3. Volcánico Raura

El volcánico Raura se expone en la zona subdividido en tres fases eruptivas:

a) Volcánico Raura 1

Su extensión abarca el sector sur oeste del yacimiento minero Raura, se encuentra ubicado al Sur de la laguna Brazzini, y al noroeste de la Laguna Putusay Bajo. Esta unidad volcánica está constituida por tobas de lapilli soldadas con textura eutaxítica; presenta una matriz dacítica muy silicificada y clastos polimícticos de lapilli líticos sub redondeados de caliza, mármol, e intrusivos antiguos (granodiorita y diorita), algunos de estos clastos están

metasomatizados (granate-piroxeno) y algunos presentan alteración retrograda (cloritaepidota-pirita) posterior a la consolidación de la toba. Probablemente esta unidad forma parte del margen oeste del cuello volcánico principal, el cual estaría asociado a la Falla Restauradora como control estructural principal, el mismo que se encuentra entre el contacto de las calizas con la granodiorita en el Tajo Primavera.

a) Volcánico Raura 2

Su extensión abarca el sector central del yacimiento minero Raura; se encuentra ubicado al Norte de la laguna Putusay Bajo, y al sur Tajo Primavera. Esta unidad volcánica está constituida por tobas de lapilli soldadas con la presencia de fiammes, posee una textura eutaxítica hacia las partes marginales de la unidad, la cual se va consolidando con una mayor densidad de soldadura hacia las partes centrales profundas, denotado por el cambio textural fuertemente soldado (parataxítica); presenta una matriz posiblemente dacítica fuertemente silicificada en algunos sectores, los clastos son polimícticos con la presencia de líticos angulosos a sub angulosos de rocas intrusivas y clastos juveniles de pómez, indicando una consolidación con una mezcla de gas y lapilli.

b) Volcánico Raura 3

Se extiende por el sector centro y sureste del yacimiento minero Raura, se encuentra ubicado al Sur de la Laguna Santa Ana Baja, y al este de la Falla Raura; esta unidad volcánica se encuentra sobreyaciendo al Volcánico Raura 2 y en discordancia angular sobre la Formación Jumasha III, con una estratificación subhorizontal como resultado de su deposición en espacio abierto; litológicamente está constituida por tobas de lapilli soldadas con textura eutaxítica, posee una matriz de composición dacítica a riolítica fuertemente silicificada, presenta clastos con líticos subredondeados y subangulosos de caliza y

mármol, el tamaño de los clastos varían de menor a mayor dimensión (hasta 3 m de diámetro) los cuales forman parte de la margen oeste del complejo volcánico.

2.2.3. Geología estructural del yacimiento

2.2.3.1. Fallas longitudinales

Las principales fallas longitudinales que se han determinado en la Minera Raura son:

2.2.3.1.1. Sistema de fallas Chonta

Está compuesto por tres fallas principales, Chonta Occidental, Chonta Central y Chonta Oriental, las fallas referidas presentan ángulos de inclinación sub verticales a excepción de la falla Chonta Oriental la cual presenta un buzamiento más suave, de aproximadamente 70° Oeste, como se muestra en la Figura 2.4.



Figura 2.4 Sistema de fallas Chonta.

Fuente: Guerrero (2015)

2.2.3.1.2. Sistema de Fallas Restauradora

Está compuesto por dos fallas principales, Restauradora y Condorsencca; las fallas referidas atraviesan la parte central del yacimiento minero, con una dirección Norte 160° y un buzamiento sub vertical con una tendencia a inclinarse hacia la parte sur hasta llegar hasta los 50° SO.

2.2.3.1.3. Falla Raura

La Falla Raura se encuentra ubicada al este del yacimiento minero, posee una dirección Norte 150° y un buzamiento de 70° Suroeste, la relación geométrica entre los buzamientos del estrato y de la falla, permiten inferir que la falla Raura puede cambiar de buzamiento, hacia el sur forma brechas tectónicas sin mineralización como se muestra en la Figura 2.5.



Figura 2.5 Falla Condorsencca, hace cabalgar al Jumasha III sobre el Jumasha IV. Vista tomada al sur desde la laguna Putusay Bajo.

Fuente: Ramos Ramos, L. A.

2.2.3.2. Sistema de Fallas Noroeste – Sureste

2.2.3.2.1. Falla Brazzini

Posee una dirección Norte 120° y un buzamiento entre 70 y 80° Suroeste. La falla tiene ramales que se asemejan a una estructura en cola de caballo la cual fue originada posterior a la mineralización. Hacia el sureste se alinea con la ocurrencia de brechas pipe, en este sector la falla Brazzini cambia de dirección a Este-Oeste dando origen a jogs estructurales por donde se introdujo dicha brecha.

2.2.3.2.2. Falla Farallón

Posee una dirección Norte 105° Este y un buzamiento entre 70 y 80° Suroeste, posee un movimiento siniestral siendo esta una falla de corrimiento la cual atraviesa a los stocks con un cambio de dirección Este como se muestra en la Figura 2.6.

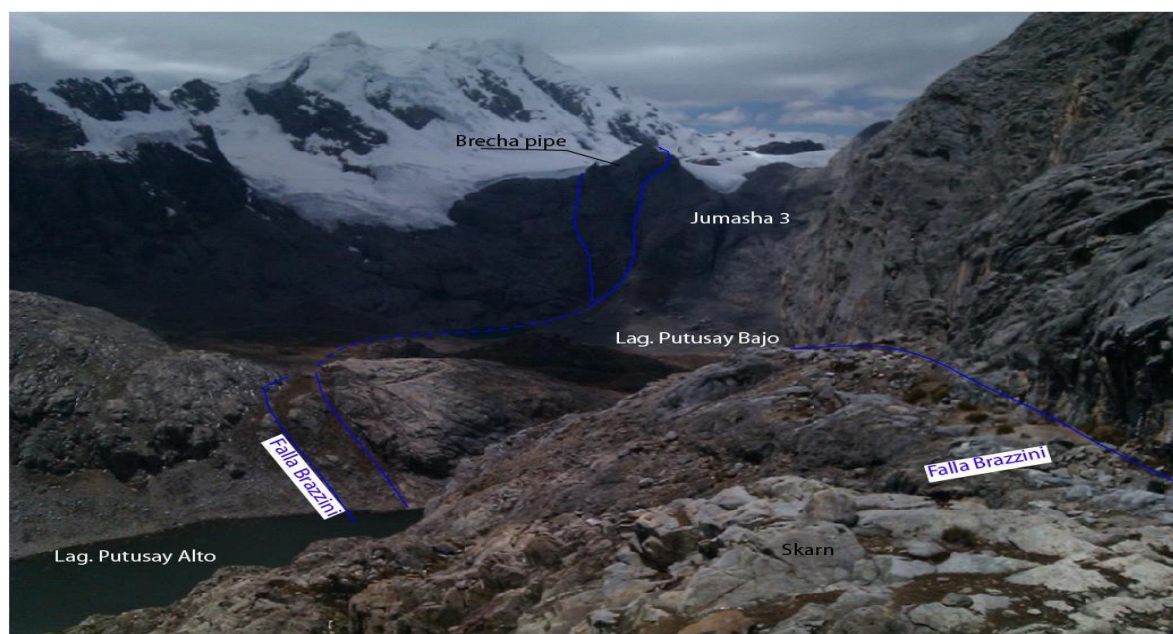


Figura 2.6 Falla Brazzini con una proyección hacia el Sureste - Brechas Pipe

Fuente: Guerrero (2015)

2.3. Métodos de explotación

El método de explotación aplicado actualmente es evaluado según los costos del margen de utilidad a obtener usando tajeo por subniveles con taladros largos y corte y relleno.

Como es común el “Corte Relleno Ascendente”, se caracteriza en hacer rebanadas horizontales de 1,50 m de longitud con altura de corte de 3,5x3,5 m de ancho. Lo relevante de la aplicación de este método en Raura está en la perforación horizontal (Breasting), es decir que después de realizar un corte se entra a la etapa del relleno hidráulico o detrítico, dejando una luz de 0,50m que servirá de cara libre para el corte superior.

Tiene 2.5 de rango, el buzamiento de 45° de inclinación y una dilución de 0,30 m con un RMR de 40. Tiene cajas regulares, sostenimiento mecanizado, perforación mecanizado y limpieza con scoops de 4,2 yard³ y de 6 yard³.

2.3.1. Taladros Largos.

Se muestra en la Figura 2.7. Como se preparan bancos con subniveles de 10 – 20 m de altura los que conformaran los niveles de perforación y voladura. Por cada 3 a 4 subniveles se preparan niveles de extracción con el desarrollo de galerías o by pass paralelas a la estructura mineralizada, a su vez se desarrolla Draw Points o estocadas cada 9 m de puente a lo largo de la galería de extracción este permite comunicar con el subnivel que está en la veta, llamados también cortadas que sirven para la extracción de mineral.

La perforación se realiza con equipos Simba H-1354, mientras que el acarreo de los tajos se realiza con Scoops CAT R1300G respectivamente que se usa con telemando.

- Los criterios para la selección del método:

- Geometría del yacimiento.
- Distribución del mineral y sus leyes.
- Propiedades geomecánicas del mineral y de la roca.
- Aspectos económicos.

Los criterios para su aplicación:

- Potencias mayores a 3 metros.
- El buzamiento debe ser mayor a 50°
- Las rocas encajonantes deben ser competentes y resistentes.
- El mineral debe ser competente y con buena estabilidad.

Las labores de preparación para taladros largos son las siguientes:

- El acceso a los tajeos es por rampa y crucero normalmente ubicados en la caja piso.
- El by-pass de extracción debe ser desarrollado en el nivel base (caja piso) del tajeo paralelo a la zona mineralizada y en estéril.
- Desarrollo de estocadas que unen los by-pass con la galería sobre veta, para la recuperación del mineral. Las galerías de perforación (subniveles) deben estar sobre veta.
- Se ejecuta una chimenea VCR, que servirá como cara libre para iniciar la voladura del tajeo.

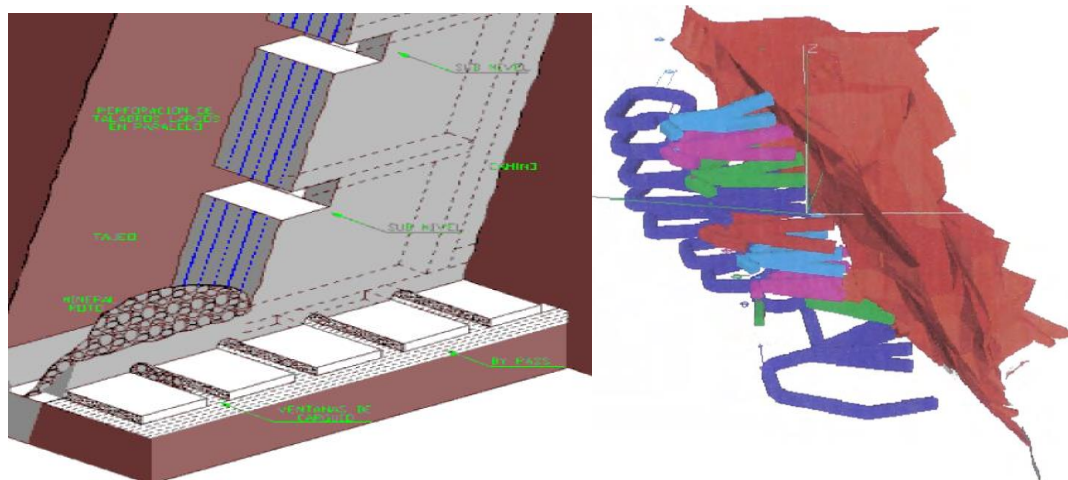


Figura 2.7 Método de explotación taladros largos.

Fuente: Departamento de planeamiento Mina.

2.4. Parámetros para el diseño de labores horizontales.

Para el diseño de los proyectos del Nivel 4100 en las labores de exploración, preparación y desarrollo es importante tener las especificaciones técnicas y parámetros tales como:

c) Sección de las labores horizontales

Se muestran en la Tabla 2.2. Las secciones de labores horizontales en la Unidad Minera Raura varían de acuerdo con la producción y al uso que se les va a dar, teniendo dimensiones.

Tabla 2.2 Secciones de labores horizontales U.M. Raura

Labores	Alto (m)	Ancho (m)
Cruceros	3,5 – 4,0	3,5 – 4,5
Estocadas	3,5 – 4,0	3,5 – 4,5
Galerías	3,5	3,5
Ventanas	3,5	3,5
Sub niveles	3,5	3,5
Rampas	3,5 – 4,0	3,5 – 4,5

Fuente: Departamento de Planeamiento – Mina Raura.

d) Gradiente

La pendiente que se da a la labor representada en porcentaje en minería convencional y mecanizado la gradiente sirve para fluya el agua y para ayudar al transporte no realice esfuerzos mayores, en la Unidad Minera Raura, se trabaja con gradiente para la construcción de rampas ya sean positivas y negativas que es de 12%.

e) Longitud total de la labor

La longitud en las labores varía de acuerdo con los proyectos proporcionados por el departamento de planeamiento Raura.

f) Peralte

Es la inclinación transversal de la plataforma en los tramos en curva.

2.5. Desarrollo de las labores horizontales**a) Cruceros**

Se muestra las dimensiones del cruce en la Figura 2.8. Como son las excavaciones horizontales en roca estéril que cortan una o más vetas en forma de cruz o perpendicular a ellas. La sección de excavación es de 3,5x3,5 m la cual se lleva en forma de bóveda provocando así el auto sostenimiento.

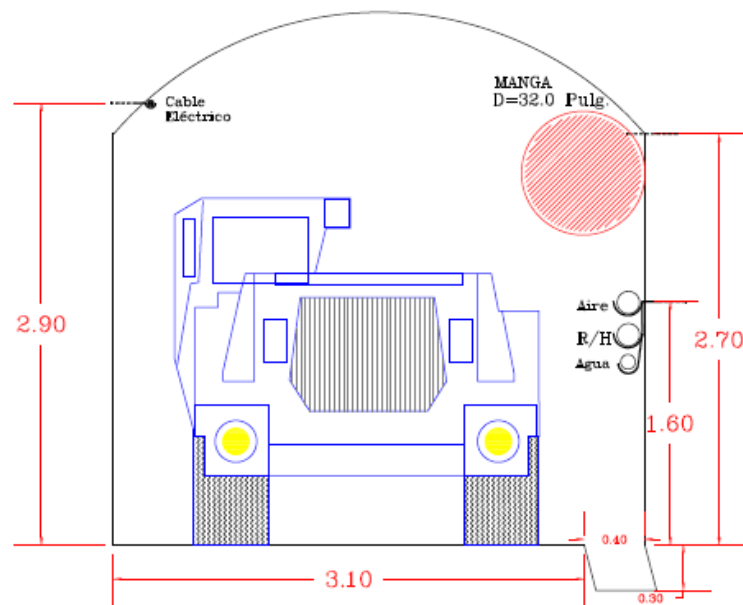


Figura 2.8 Estándares de labores de desarrollo (cruce).

Fuente: Departamento de Planeamiento Raura

b) Cortadas

Al igual que un cruce, una cortada es también una excavación horizontal en roca estéril y tiene todas las características de un cruce con la única diferencia que solo corta una veta y generalmente no en forma perpendicular.

c) By pass

Labor horizontal que se hace como un desvío en una misma labor y así evitar el pase de una zona deleznable o falla para evitar accidentes de trabajo. En la mina Raura se usa los By pass paralelos a las vetas para acceder mediante ventanas a los cuerpos mineralizados.

d) Galerías

Es una labor horizontal de preparación en un frente y se avanza en dirección al mineral para extraerlo y analizar su buena ley. Cuando se empieza la galería se realiza la labor de exploración y cuando se encuentra el mineral la labor de explotación.

e) Sub Niveles

Se muestra en la Figura 2.9. Las dimensiones de los sub niveles que son labores de preparación horizontales y se avanza en dirección de la veta, la función principal de estas excavaciones es reiterar con más certeza los valores económicos del tajo y a partir de ella comenzar la explotación.

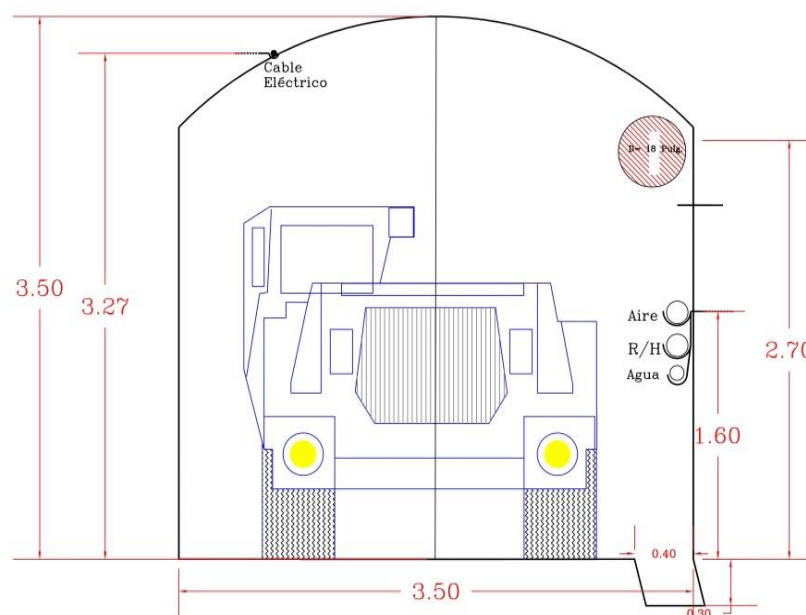


Figura 2.9 Estándares de labores de preparación de Sub Nivel

Fuente: Departamento de Planeamiento Raura.

f) Cámaras de acumulación

En la Figura 2.10, se muestra las dimensiones de labores horizontales de auxiliares que se realizan cada 200 m para el almacenamiento de desmonte o mineral, por lo general estas labores tienen 12 m de avance lineal con secciones de 4,0x4,0 m.

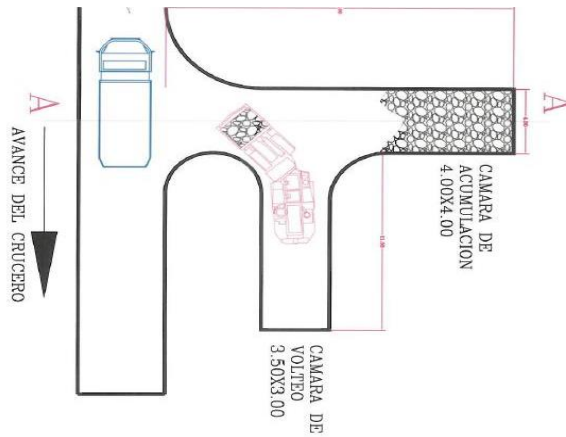


Figura 2.10 Estándares de labores cámaras de acumulación.

Fuente: Departamento de Planeamiento Raura.

g) Rampas

Se muestra en la Figura 2.11. Es una galería inclinada han llegado a ser un elemento común en una disposición de preparación de una mina, las que sirven de vías de conexión entre elevaciones verticales en una mina. Siendo un elemento indispensable de operación y explotación de mina. Las máquinas con ruedas de goma pueden desplazarse hacia arriba y hacia abajo por las rampas Las dimensiones de una rampa, en analogía con secciones de galerías son determinadas por las máquinas que se desplazarán por la misma.

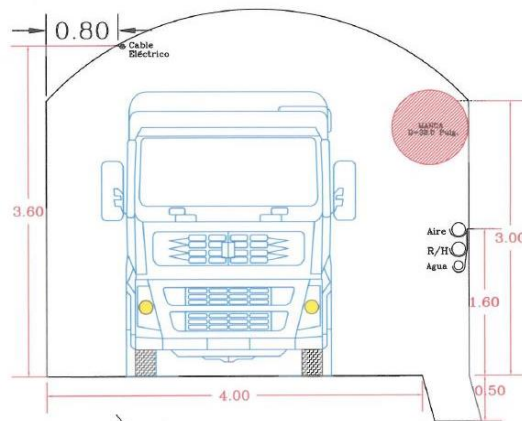


Figura 2.11 Estándares de labores en Rampas- Mina Raura

Fuente: Departamento de Planeamiento Raura.

h) Ventanas

Son labores de avance horizontal al igual que un crucero que sirve para enlazar dos labores, en la mina Raura son muy usadas las ventanas como medio de unión entre los by pass y los subniveles para la explotación de mineral.

2.6. Operaciones unitarias del minado

Velázquez (2012) menciona la Unidad Minera de Producción Raura cuenta con Zonas de cuerpos y vetas Catuva, Abra y Gayco (sistema de vetas anchas y bolsionadas, etc.)

Zona veta como: Jimena, Brunilda, Hadas (Veta Balilla, Melina, Jimena, etc.), Esperanza, Flor de Loto (sistema de vetas angostas). Actualmente zona de mayor producción son las vetas por la calidad de mineral y por el contenido metálico de mayor valor económico más de 75%.

La mina está dividida en 5 zonas principales como: Catuva que integra con Brunilda, Hadas, Gayco, Jimena, Habra, mismo Catuva, Esperanza, Flor de Loto y cuenta con 10 niveles de los cuales están en explotación; todos estos niveles se encuentran conectados por medio de un sistema de Rampas en zig – zag.

Para mejorar fragmentación, rendimiento por taladros, factor de potencia, con ventajas económicas, mejor calidad de los disparos tanto frentes, tajeos y menor tiempo de desatado de rocas, con una observación voladura masivo no funciona en zonas donde se presenta anhidrita, yeso y carbonatos, constante disparo soplado, fallado este influye por la composición y comportamiento de roca.

En esta parte solo se tendrá en cuenta las operaciones unitarias en labores horizontales.

2.6.1. Perforación

En la Figura 2.12 se muestra que la perforación se realiza con los equipos de las marcas; Sandvik modelo DD311 (un brazo) y DD321 (dos brazos) y de la marca Atlas Copco modelo Boomer 282 (dos brazos) para el estudio del proyecto se trabajará con la marca Sandvik DD321 (dos brazos) por ser equipo nuevo y de dos brazos se ubicará en el laboreo del Nivel 4100. Siendo la perforación en Breasting con longitudes efectivas de perforación aproximadas de 4.877 m.

En esta parte del proyecto de investigación se pondrá énfasis principalmente en la perforación de frentes horizontales en los cuales se incluirá los avances por disparos.



Figura 2.12 Jumbo Sandvik DD32 perforando en Nivel 4100

Fuente: Departamento de Mantenimiento Raura.

2.6.2. Voladura

a) Equipo de carguío de taladros

Para que el carguío con explosivo de los taladros sea lo más rápido posible y ganar eficiencia en esta operación unitaria se empleará el cargador de Anfo Penberly modelo GSA HD cuyas características son las siguientes:

- Presión de Operación: De 30 a 110 PSI

- Peso Aproximado: 2 Kg.
- Componentes Principales: Contenedor con patas, malla y correa para colgar, manguera antiestética tipo MCA-19 de 3/4" (diámetro interno) X 25' (7,5 metros) que soporta una presión de trabajo de hasta 120 PSI, válvula de control de carga de aluminio.

b) Explosivos y accesorios de voladura.

En la Tabla 2.3 se muestra los explosivos empleados en una zona con buena ventilación al estar comunicada la chimenea Alimak a superficie y al no haber presencia de agua que sea significativa podremos usar el Examon P como agente de voladura principal y la Dinamita Semexa 45% como iniciador (cebo); eventualmente se podrá usar la Dinamita Gelatina en caso de significativa presencia de agua. En la Tabla 2.4 se muestran los accesorios de voladura para la iniciación de la voladura emplearemos fulminantes antiestaticos no electricos (TECNEL) de periodo corto para el caso de tajeos de explotación y de periodo largo en el caso de frontoneos, complementariamente se utilizará el Cordon Detonante como troncal, el Carmex (Guia Seca Ensamblada) y la Mecha Rapida, para el inicio de la voladura.

Tabla 2.3 Explosivos usados en el Nivel 4100

Explosivos: Dinamitas EXSA	Peso/ cartucho (Kg)	Cartuchos/ Caja (Unid.)	VOD (m/s)	Densidad (g/cm ³)
Semexsa 65% 1 1/2"x12"	0,368	68	4200	1,12
Gelatina 75% 1 1/8"X8"	0,174	144	5500	1,38
Semexsa 65% 1 1/8'X7"	0,123	204	4200	1,12
Semexsa 45% 7/8"x7"	0,079	316	3800	1,08

Fuente: Departamento de Mina Raura.

Tabla 2.4 Accesorios de voladura usados en Nivel 4100

Accesorios	Cantidad
Cordón detonante 5P (m)	70
Mecha Rápida (m)	0.15
Carmex (detonador ensamblado) 14pies	2
Exsáneles (4.20 m)	43

Fuente: Departamento de Mina Raura.

c) Secuencia de salida de retardos.

El éxito de toda voladura se refleja en la fragmentación del material obtenido luego de la misma, uno de los tantos factores que contribuyen a tal éxito es la correcta distribución de los tecneles en los taladros perforados, con la finalidad de crear un doble efecto de fragmentación (el primer efecto lo genera la acción del explosivo mismo sobre la roca y el segundo efecto lo genera el choque de los fragmentos de roca entre sí), la secuencia de salida de los taladros de la voladura se muestra en el Anexo 03.

2.6.3. Desatado de rocas sueltas

El desatado de rocas sueltas es la actividad que consiste en hacer caer las rocas sueltas antes, durante y después de las labores programadas, para ello se cuenta con un juego de barretillas de 4', 6', 8', 10' y 12' pies de longitud. Y también se realiza con el equipo Scaler Mecanizado.

2.6.4. Limpieza y carguío.

La limpieza de los frentes se ejecutara con equipos Scooptramss de dos modelos; modelo R1600G (6yard³) y R1300G (4yard³), recorriendo una distancia máxima hacia el Ore Pass de 50 metros como se muestra en la Figura 2.13.

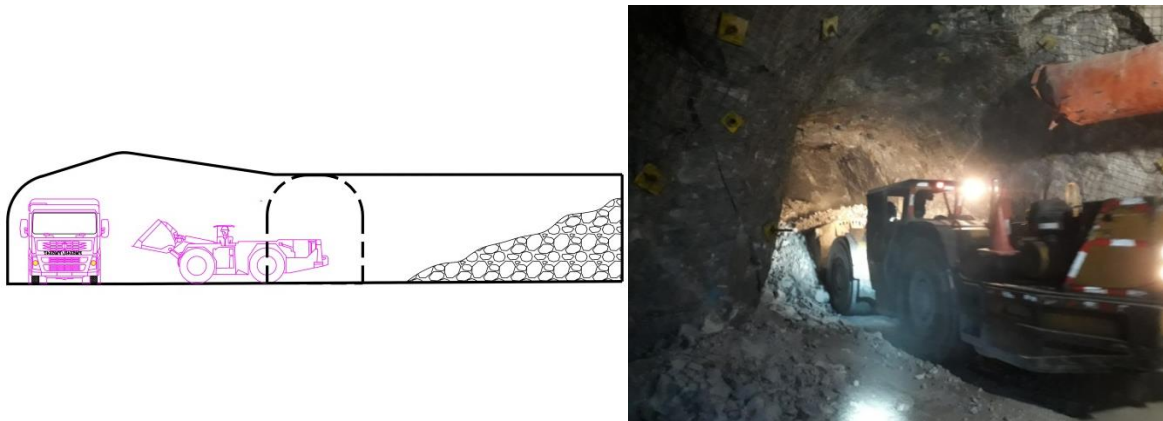


Figura 2.13 Limpieza de frente con Scoops CAT R1600

Fuente: Departamento de Mina Raura

2.6.5. Acarreo.

El acarreo aproximado de 2.5 km hasta la tolva de extracción en superficie será con dos camiones de bajo perfil de 5,0 m³.

- **Rendimiento del motor diésel**

Para seleccionar el equipo apropiado para la operación es muy importante tener en cuenta el rendimiento del motor a la altitud sobre el nivel del mar a la cual va a trabajar, igualmente se debe considerar las temperaturas sobre los 20°C, que afectan el performance del motor. Por ejemplo, para el Scoop de 3,5 yd³ de capacidad, requiere una potencia de 139 HP al nivel del mar, este equipo para conservar su capacidad de carga-transporte-descarga a 4,600 m.s.n.m. (altitud de la Mina Raura) requiere de un motor de 185 HP de potencia. Con compensador de altura se otorgará a ese nivel una pérdida de potencia alrededor de 25% o sea la potencia efectiva será de 185 HP x 0,75 = 139 HP. En la Figura 2.14 se muestra el Camión de Bajo Perfil, a la altitud de la Mina Raura dicho equipo requiere de un motor de 143 HP de potencia, con compensador de altura la pérdida de potencia será también de 25%, la potencia efectiva será de 143 HP x 0,75 = 107 HP.

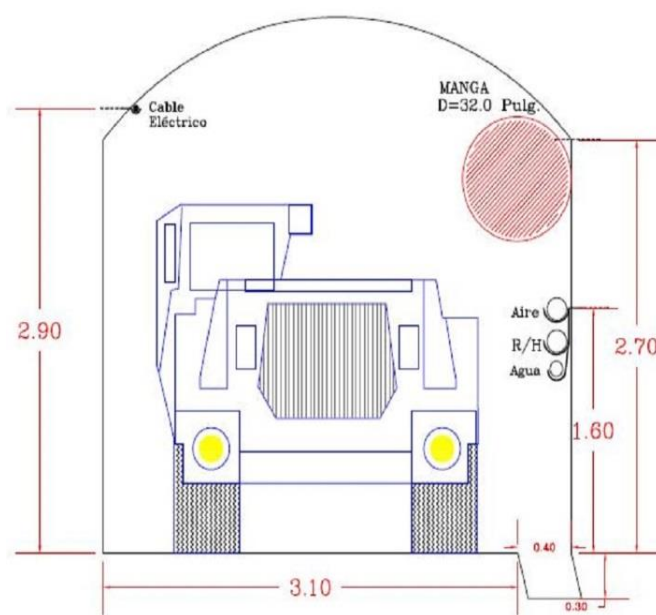


Figura 2.14 Equipo de bajo perfil en labores de 3,50x3,50 m Unidad Minera Raura

Fuente: Departamento de Planeamiento Raura.

2.6.6. Extracción

El objetivo base de la extracción consiste en transportar el material roto por la voladura de interior mina a las canchas de mineral al botadero de desmonte.

La línea con rieles de 60 lbs/yd y trocha de 30" comprenden dos tramos: una galería de 2,279,30 m de longitud, 3,5x3,0 m de sección y -0,33% de gradiente y el otro tramo en superficie de 891,50 m de longitud y -0.5% de gradiente.

El transporte es realizado por volquetes de 32 m³ de capacidad, el transporte que se realiza para la extracción es cargados directamente por el equipo scoops en cámaras de mineral y desmonte como se muestra en la Figura 2.15.

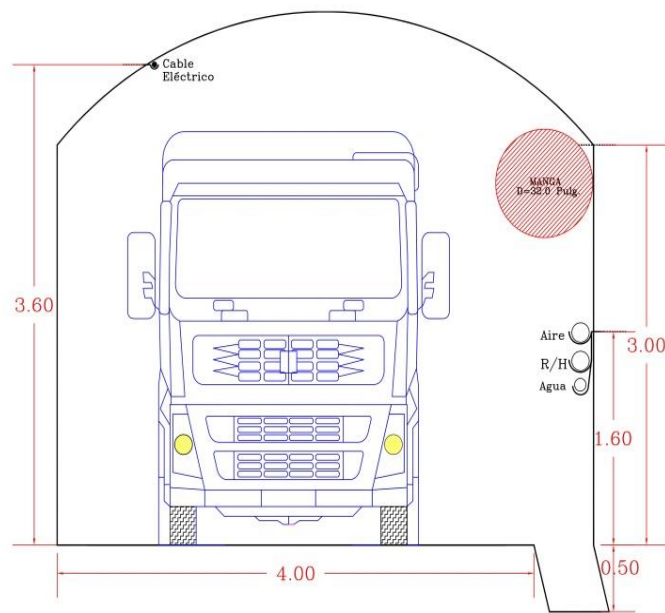


Figura 2.15 Vías de Acceso Rampas 4,50x4,00 m Unidad Minera Raura.

Fuente: Departamento de Planeamiento Raura.

2.7. Sostenimiento

El sostenimiento es utilizado para controlar las inestabilidades de la masa rocosa circundante a las excavaciones y así tener un ambiente seguro de trabajo. El tipo de calidad de sostenimiento está relacionado con el uso que se dará a la excavación, dependiendo si esta es temporal o permanente, las labores permanentes (piques, rampas, cruceros) necesitan un sostenimiento más duradero.

El sostenimiento es muy importante porque resuelve el problema de la estructura de la masa rocosa y de los esfuerzos, controlando el movimiento y reduciendo la posibilidad de falla en los bordes de la excavación.

Existen dos tipos de sostenimiento como son:

2.7.1. Sostenimiento activo

Los elementos de sostenimiento son una parte integrante de la masa rocosa reforzadas tales como, pernos helicoidales, Split set, perno hidrabolt, pernos swelex. Se utilizan en todo tipo de excavación subterránea como se muestra en la Figura 2.16.

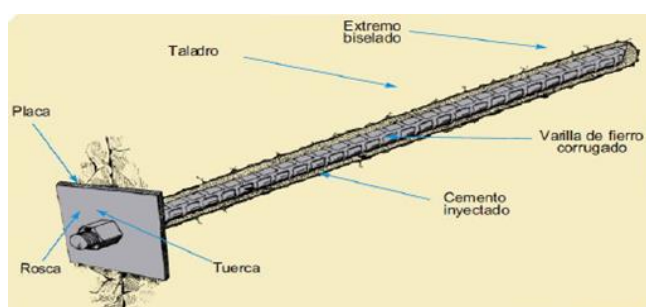


Figura 2.16 Frente de perforación sostenido con pernos helicoidales

Fuente: Departamento de Geomecánica Raura.

2.7.2. Sostenimiento Pasivo.

Los elementos de sostenimiento son externos a la roca y responden a las deformaciones de la masa rocosa circundante a la excavación, hacia el interior de la misma.

Es el más conocido de todos tales como, cuadros de madera y cimbras metálicas no deslizables.

2.7.3. Sostenimiento mecanizado con pernos helicoidal y mallas electrosoldadas

Para el sostenimiento se usan pernos helicoidales de hierro corrugado de 22 mm de diámetro con una longitud de 7 pies colocados sistemáticamente a 1,8x1,8 m, reforzados

con malla electrosoldada, para su instalación se usa cemento embolsado (Cembolt) y resina; utilizando para ello jumbos emperadores Small Boolter y Robolt para la instalación de pernos helicoidales y mallas. Se muestra en la Figura 2.17



Figura 2.17 Sostenimiento mecanizado de pernos y mallas

Fuente: Elaboración propia

2.8. Servicios auxiliares

2.8.1. Ventilación

La ventilación permitirá dar seguridad y un lugar adecuado a los trabajadores para que puedan desempeñar sus funciones en la forma más eficaz con todas las condiciones que requieren.

La ventilación en la Unidad Minera Raura es forzada por ventilación secundaria teniendo más problemas en la zona de la profundización porque son labores ciegas, se tiene circuitos de aire viciado y limpio por RB desde el nivel de superficie hacia la profundización.

El ingreso de aire limpio se da por dos circuitos:

- Circuito de acceso de shuchshapa.
- Circuito de acceso Catuva.

Para la evacuación de aire viciado es realizado por un circuito de RBs llamada umbral que lleva el aire viciado hacia la zona norte ayudado con ventiladores centrífugos desde superficie es evacuado con un ventilador de 180 000 CFM.

Los dispositivos del Reglamento de Seguridad e Higiene Minera (Artº 292-293) nos dicen:

De cero a 1,500 m.s.n.m. la cantidad de aire necesaria es 3 m³/min por hombre.

De 1,500 a 3,000 m.s.n.m. agregar al valor establecido 40%.

De 3,000 a 4,000 m.s.n.m. agregar al valor establecido 70%.

De 4,000 a más m.s.n.m. agregar al valor establecido 100%.

Para equipos Diessel la Ley establece 3 m³/min de aire por cada HP desarrollado para toda altura.

Por lo tanto, los requerimientos de aire fresco que debe tener la explotación en la Empresa Minera Raura (a 4,661.30 m.s.n.m.) son las siguientes:

Personal: por turno promedio	de 12 hombres
Equipos: 1 Scoop de 3,5 yd ³	de 150 HP
2 camiones de bajo perfil	de 150 HP
1 Jumbo de 2 brazos	de 55 HP
1 camioneta para la Supervisión	de 100 HP

Tabla 2.5 Cálculo del requerimiento de aire

Personas y Equipos	Totales de HP	Volumen de aire	Caudal (m ³ /min)
12 hombres		6 m ³ /min/Hombre	72
1 Scoop	150	3 m ³ /min/HP	450
2CBP	150	3 m ³ /min/HP	900
1 Jumbo	55	3 m ³ /min/HP	165
1 Camioneta	100	3 m ³ /min/HP	300
Total de aire fresco que necesita las operación de Mina Raura (m ³ /min)			1,887
Total de aire fresco que necesita las operación de Mina Raura (pies ³ /min)			66,699

Fuente: Mina Raura

Adicionalmente se requiere evacuar los gases productos de la voladura, para lo cual se requiere del siguiente caudal:

$$Q = 20 \text{ m/min} \times (3,5 \times 3,0 \text{ m})$$

$$Q = 210 \text{ m}^3/\text{min}$$

La velocidad del aire está dada por: (1 m³/min = 35,31466 pies³/min)

$$V = (1887 \text{ m}^3/\text{min} \times 35,31466) / 113,02 \text{ pies}^2$$

$$V = 589,62 \text{ pies/min}$$

$$V = 179,72 \text{ m/min}$$

La sección de la manga debe ser de 20 a 40 veces menor que la sección del tunal, por lo tanto:

$$S(\text{manga}) = (113,02 \text{ pies}^2) / (20)$$

$$S(\text{manga}) = 5,65 \text{ pies}^2$$

Se conoce como: $S(\text{manga}) = 3,1416 \times (D^2/4)$

Reemplazando en la ecuación: $5,65 \text{ pies}^2 = 3,1416 \times (D^2/4)$

$$D(\text{manga}) = 2,68 \text{ pies}$$

$$D(\text{manga}) = 32,16 \text{ pulg}$$

Luego, la velocidad del aire dentro de la manguera se calcula:

$$V = (1,887 \text{ m}^3/\text{min} \times 35,314666)/(5,65\text{pies}^2)$$

$$V = 11,794,47 \text{ pies}/\text{min}$$

$$V = 3,594,95 \text{ m}/\text{min}$$

Con los datos de velocidad, volumen y diámetro para la manga, se obtiene una caída de presión de 6 pulg. De agua por cada 100 pies.

2.8.2. Agua

El agua a ser empleada básicamente en la perforación se tomará de superficie, con la comunicación de la chimenea Alimak se procederá a captar el agua del deshielo de los glaciares circundantes. Esta agua es permanente por lo que no habría problema alguno durante la vida estimada de explotación de la mina; lo único que hay que hacer es una pequeña obra civil (Dique) para represar el agua y dirigirlo con tubería hacia la chimenea y de allí a las labores.

2.8.3. Aire comprimido

El suministro de aire comprimido necesario para la operación será atendida por una compresora marca INGERSOLL RANO modelo XLE 17 - 10x7 de 200HP. Esta compresora debe satisfacer una demanda de 220 pies³/min a una presión de 100 lbs/pulg². La demanda que debe de cubrir durante el carguío de los taladros con el cargador de anfo Pemberty (100 pies³/min) y cuando se emplee la perforadora neumática Jack Leg para el sostenimiento (120 pies³/min); por lo tanto el volumen de aire requerido para obtener 220 pies³/min a 100 lbs/pulg² de presión se calcula de la siguiente manera:

La compresora trabaja a 4,640,50 m.s.n.m. donde la presión atmosférica es de 8,70 lbs/pulg², con aire de 36% de humedad relativa, llevándose a cabo la compresión del aire en proceso adiabático.

$$P_2 V_2^n = V_1 P_1^n$$

Dónde:

$$P_1 : 8,70 \text{ lbs/pulg}^2$$

$$P_2 : 100 + 8,70 = 108,70 \text{ lbs/pulg}^2$$

$$V_1 : ?$$

$$V_2 : 220 \text{ pies}^3/\text{min}$$

$$n : 1,3947$$

Reemplazando en la ecuación, determinaremos el valor de V1:

$$108,70 \times 220^{1,3947} = V_1 \times 8,70^{1,3947}$$

$$V_1 = 1,344,20 \text{ pies}^3/\text{min}$$

Para determinar los HP necesarios para efectuar la referida compresión, este último valor "V1" se lleva a la fórmula:

$$HP = \frac{2 \times 144 \times n \times V_1 \times P_1 (P_2)^a - (P_1)^a}{33,000(n - 1) (P_1)^a}$$

Dónde:

$$n : 1,3947$$

$$a : 0,1415$$

Reemplazando en la ecuación, determinaremos el valor de HP:

$$HP = \frac{2 \times 144 \times 1,3947 \times 1,344,20 \times 8,70 (108,70)^{0,1415} - (8,70)^{0,1415}}{33,000(1,3947 - 1) (8,70)^{0,1415}}$$

$$HP = 155$$

Obteniendo el valor de la capacidad del motor que resulta ser de 155 HP. Para una eficiencia del motor de 0,75, se requiere por minuto:

$$W = 155/0,75$$

$$W = 206$$

Por lo tanto se dispondrá de 01 compresora de 200 HP con la que se atenderá la demanda de aire comprimido en el momento de la operación.

2.8.4. Energía eléctrica

La unidad minera Raura para el normal desenvolvimiento de las operaciones cuenta con 04 grupos hídricos ubicados en la Central Hidroeléctrica de Cashaucro y 05 grupos térmicos ubicados en la Central Térmica de Raura. El suministro de energía eléctrica total en promedio es de 40'411,384 Kw-Hr, de los cuales 26'555,064 Kw-Hr (65.7%) es aportado por la Central Hidroeléctrica de Cashaucro, 13'721,348 Kw-Hr (34.0%) lo aporta el sistema Interconectado Centro Norte (SICN) y 134,952 Kw-Hr (0.3%) son aportes de los grupos térmicos diesel.

El consumo unitario en Kw-hr/TM tratada a nivel de toda la unidad minera es de 60.41, tratando de mejorarse el costo unitario por los ahorros de energía. En la Tabla 2.6 se observa el requerimiento de energía en el abra que se dá en función de las horas de los equipos que operarán.

Tabla 2.6 Cálculo del consumo mensual total estimado de energía

Equipo	Potencia (kw)	Horas de trabajo (Mes)	Consumo (Mes)
01 Jumbo	02 x 45 kw	150 hr	13,500 kw-hr
02 Ventiladores	02 x 55,95 kw	480 hr	53,712 kw-hr
01 Compresora	01 x 150 kw	480 hr	72,000 kw-hr
Consumo Total por Mes			139,212 kw-hr

Fuente: Mina Raura

CAPÍTULO III

APLICACIÓN Y RESULTADOS

3.1. Geomecánica de la Unidad Minera Raura

3.1.1. Condiciones estructurales de la Unidad Minera Raura.

Horizontalmente se observa fracturas tensionales en el techo y el piso de la Veta Rubí, Margot cuyo análisis mayormente da movimiento siniestral, y con menor frecuencia movimiento dextral.

Las fallas en echelon inicialmente fueron reactivadas y unidas por fracturas tensionales a causa de movimientos de fallas sinestrales. Estas fallas al ser rellenadas por las soluciones mineralizantes formaron grandes cuerpos mineralizados de mineral.

Con mayor frecuencia en la Veta Rubí, Margot el cambio de rumbo a la izquierda es más ancha, propia de vetas sinestrales.

La veta Rubí y Margot es un relleno de soluciones mineralizantes hidrotermales en fallas normales con reactivaciones inversas y fallas sinestrales con reactivaciones dextrales.

3.1.2. Clasificación geomecánica del macizo rocoso y criterios de falla

Puchoc (2002) menciona la clasificación geomecánica de la masa rocosa en esta Zona de evaluación. Se muestra en la Tabla 3.1 los valores de RMR, como podemos señalar los siguientes:

- Cercano a la Falla Oriental, por la influencia de la misma masa rocosa presenta calidad de Mala a Muy Mala.
- En la Fm. Celedín, porción fuera de la influencia de la Falla Oriental, la masa rocosa presenta calidad regula.
- La masa rocosa de la Fm. Jumasha presenta calidad de Regular a Buena.

Tabla 3.1 Clasificación geomecánica del macizo rocoso

RMR	Q	Tipo de roca	Calidad de roca según RMR
65	7,5	Caliza	Buena
564	4	Caliza	Regular
49	2,6	Calz. Marm	Regular
68	10	Calz. Marm	Buena
55	2,64	Calz. Skarn	Regular
51	2,5	Marga	Regular
66	7,5	Caliza	Buena
52	2,11	Calz. Marm.	Regular
55	3,2	Calz. Skarn	Regular
63	9,33	Calz. Skarn	Buena
65	7,5	Calz. Marm.	Buena
50	3,2	Calz. Skarn	Regular
51	2,6	Calz. Skarn	Regular
67	7,5	Calz. Marm.	Buena
55	3,2	Calz. Skarn	Regular
55	3,2	Calz. Skarn	Regular
54	4	Calz. Skarn	Regular

Fuente: Puchoc (2002)

3.1.3. Zonificación geomecánicas del macizo rocoso.

Para los diseñar las labores de desarrollo en el 2013, se ha clasificado la roca en cinco grupos, según a la calidad de roca predominante en la estructura, tomando en cuenta las condiciones estructurales de la roca y la resistencia a la compresión simple; con esta zonificación se ha diseñado el tipo de sostenimiento a utilizar para garantizar la estabilidad de las diferentes labores donde se trabajará en el año 2013 y 2014. Los cuales deben ser actualizados mensualmente, ante la eventualidad de que cambien las condiciones estructurales. Usando la clasificación geomecánicas RMR89 (Bieniawski), se puede definir lo siguiente:

El 70% de las labores de desarrollo y el 30% de las labores de preparación se encuentran en un rango de RMR entre 50 - 60, clasificándose como roca tipo Regular A, clase III-A y su equivalente en el sistema de clasificación G.S.I. (Geological Strenght Index) es F/R, LF/R. El sostenimiento en este tipo de roca es empernado sistemático en labores de desarrollo y preparación combinado con malla electrosoldada como se muestra los valores del GSI en el Anexo 4.

3.1.4. Caracterización geomecánica del macizo rocoso.

En la Tabla 3.2 se muestra los valores de la caracterización geomecánica del macizo rocoso en la Unidad minera Raura, se realiza en cada frente de avances, la caracterización de las familias de las discontinuidades para poder realizar el tipo de sostenimiento que se realizara en cada tramo del avance. En los testigos de la perforación diamantina realizada, los que han sido registrados en los formatos de mapeo geomecánica, con los que se han elaborado los planos geomecánicos.

Tabla 3.2 Caracterización geomecánica del macizo rocoso.

Tipo	Calidad	Algunas características y sostenimiento asociado	Tipos de GSI	GSI		RMR	
I	MUY BUENA	Macizo rocoso duro con pocas fracturas, será o ligeramente alteradas, seca o con poca humedad en algunos casos SIN SOPORTE	LF/B	75	85	80	90
II	BUENA	Macizo rocoso duro con pocas fracturas, ligera alteración y en algunos caso húmeda. Sin SIN SOPORTE O PERNOS Y/O PUNTALES OCASIONAL	LF/R,F/B	65	75	70	80
			LF/P,F/R,MF/B	55	65	60	70
IIIA	REGULAR	Macizo rocoso medianamente duro con regular cantidad de fracturas, presencia de algunas fallas menores de moderada o fuerte alteración, con goteo permanente por fracturas. PERNOS + MALLA O PERNOS Y/O PUNTALES SISTEMÁTICOS	LF/MP,F/P,MF/R,IF/B	45	55	50	60
IIIB			F/MP,MF/P,IF/R	35	45	40	50
IV A	MALA	Macizo rocoso suave, muy fracturado con algunas fallas panizadas, fuertemente alterado con mucho goteo continuo y flujo de agua. CUADROS DE MADERA O SHOCRETE CIMBRA	MF/MP,IF/P	25	35	30	40
IV B			IF/MP	15	25	20	30
V	MUY MALA	Macizo rocoso suave, totalmente triturado o brechado, con muchas fallas panizadas, altamente alterados flujo constante de agua. CIMBRAS METALIZAS O ENCOFRADOS DE CONCRETO.	T/MP	5	15	10	20

Fuente: Departamento de Geomecánica Raura

3.1.5. Calidad del macizo rocoso (RMR) Vs tipo de explosivo a usar

En la Tabla 3.3 menciona el tipo de roca y la selección de los explosivos que realiza la voladura en la unidad minera Raura, primero debemos evaluar un elemento fundamental que es el tipo de roca según RMR, y así seleccionar el tipo de explosivos adecuado para

obtener una voladura eficiente para lograr el grado de fragmentación y el desplazamiento adecuado del material volado.

Tabla 3.3 Calidad del macizo rocoso (RMR) Vs tipo de explosivo a usar

Tipo	Calidad	RMR Rock Mass Rating	Tipo de explosivo	Método de perforación Tajeos
I	MUY BUENA	100	ANFO + GELATINA ESPECIAL 75	FRENTE
		81-90	ANFO + GELATINA ESPECIAL 75	
II	BUENA	71-80	ANFO + SEMEXSA 65	INCLINADO
		61-70	ANFO + SEMEXSA 65	INCLINADO
III A	REGULAR	51-60	ANFO + SEMEXSA 45	INCLINADO
III B		41-50	SEMEXSA 45 + SEMEXSA 65	BREASTING
IV A	MALA	31-40	SEMEXSA 45 + SEMEXSA 65	BREASTING
IV B		21-30	EXADIT 45	AVANCE CON CUADRO
V	MUY MALA	0-20	NO SE USA	AVANCE CON CUADRO

Fuente: Departamento de Geomecánica Minera Raura S.A.

3.2. Diseño de labores horizontales del Nivel 4100

Para la realización del proyecto se ha tenido que realizar diferentes labores tales como Rampas, Crucero, By pass, cámaras de carguío, galerías y ventanas. Todas ellas varían el diseño y construcción de labor por ser diferentes secciones y labores, por lo cual tendrán diferentes estándares.

3.3. Perforación y Voladura

3.3.1. La perforación.

La operación de perforación en la Unidad Minera Raura. Es la primera operación que se realiza; se traza la malla de perforación según el diseño establecido.

Las labores han sido estandarizadas con una sola malla de perforación y varía según las secciones 3,50x3,50 m ver Figura 3.1. 4,00x4,00 m. ver Figura 3,2y 4,50x4,00 m ver Figura 3.3. El diseño de las mallas tiene diferentes tipos de salida de arranque

Seguidamente se realiza la perforación con Jumbos de marcas Atlas Copco Modelo Boomer 282 y Sandvik Modelo Axera DD311 y DD321 con barras de perforación de 16 pies y brocas de diámetro de 45 mm para los taladros de producción y rimadoras de 105 mm de diámetro para los taladros de alivio como se muestra en la Figura 3.4. La perforación del frente con su respectivo marcado de malla.

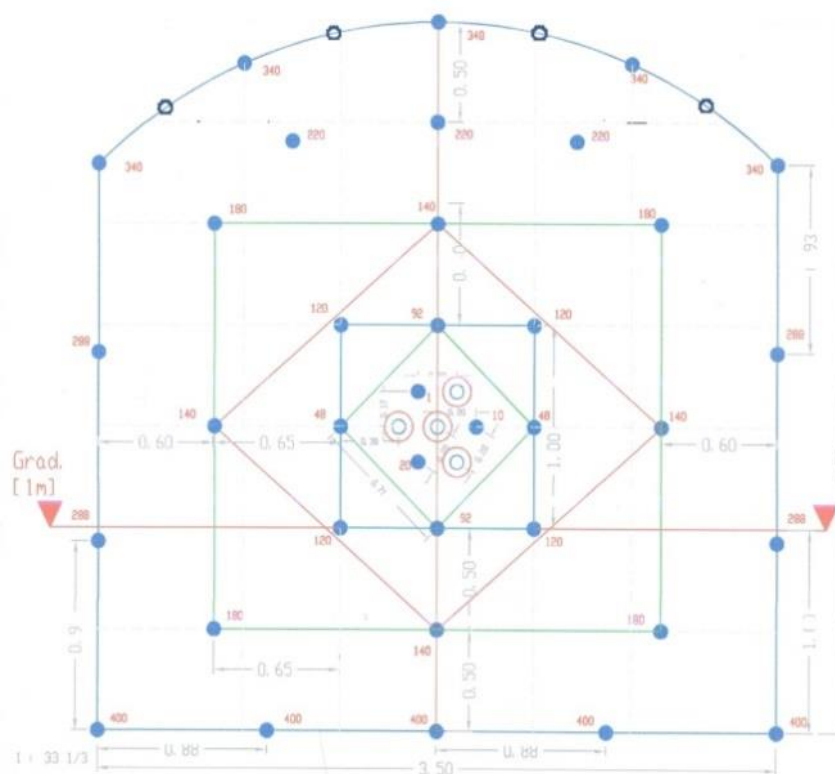


Figura 3.1 Malla de perforación para sección de 3,50x3,50 m.

Fuente: Departamento de Planeamiento Raura.

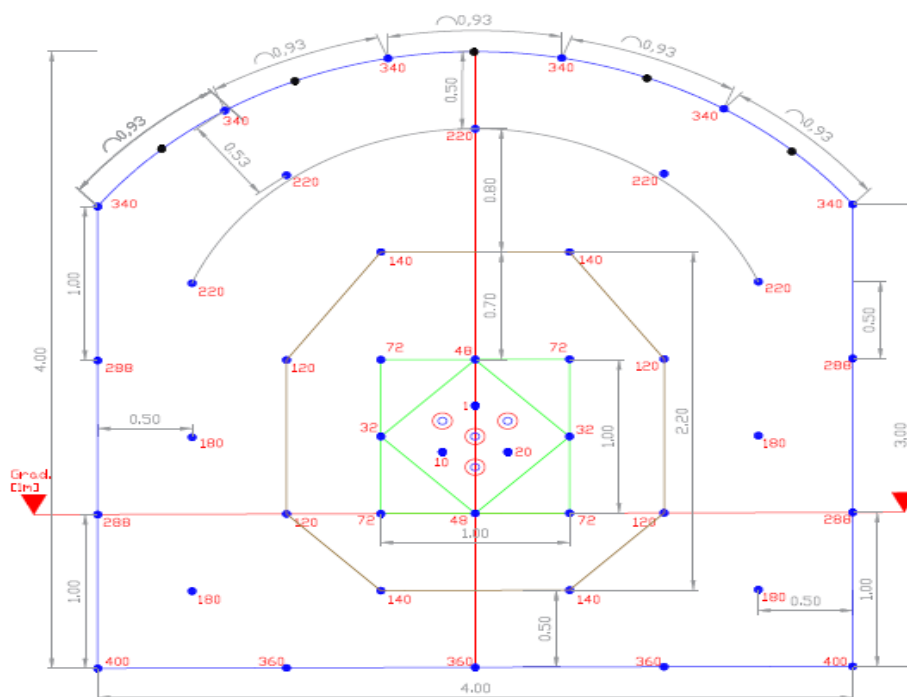


Figura 3.2 Malla de perforación para sección de 4,00x4,00 m.

Fuente: Departamento de Planeamiento Raura

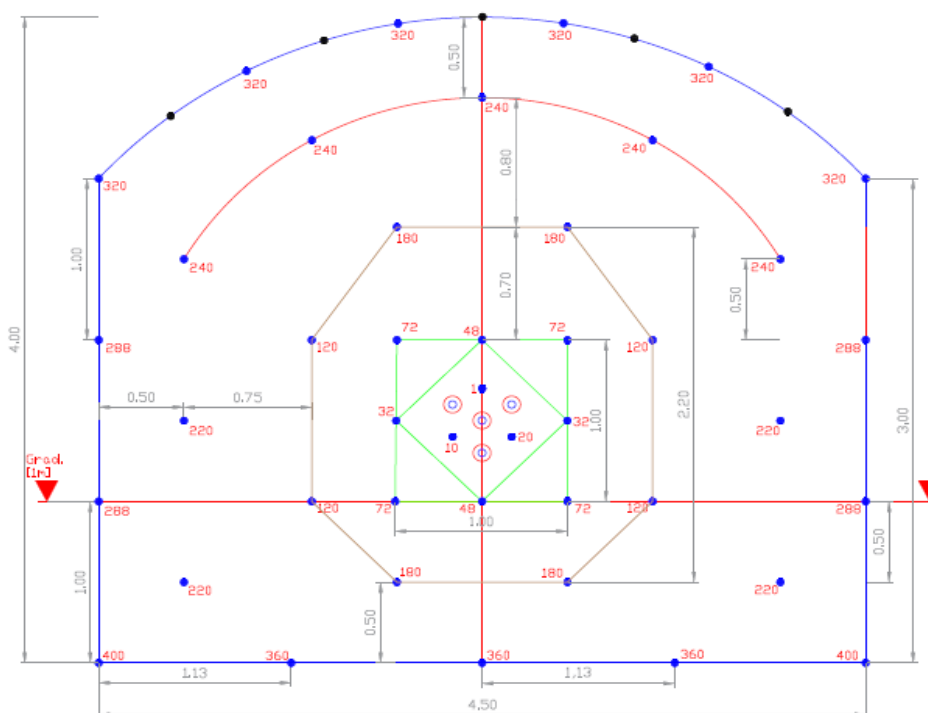


Figura 3.3 Malla de perforación para sección de 4,50x4,00 m.

Fuente: Departamento de Planeamiento Raura



Figura 3.4 Marcado de malla para perforar con Jumbo Sandvik DD321.

Fuente: Elaboración Propia.

3.3.2. Voladura.

La voladura es una de las operaciones principales, que se realiza en el ciclo de Minado en la Unidad Minera Raura, donde permite llegar a la producción planeada, obteniendo una voladura eficiente, luego pasar a la chancadora para su proceso de recuperación del Metal. En la Tabla 3.4 se muestra los explosivos usados en la voladura de frentes.

En la Unidad Minera Raura se emplea varios tipos de explosivos y accesorios usados en los frentes de las secciones 3,50x3,50 m ver las Tablas 3.5 y 3.6, para los frentes de secciones 4,0x4,0 m ver Tablas 3.7 y 3.8 y para las secciones 4,50x4,00 m ver las Tablas 3.9 y 3.10.

Tabla 3.4 Explosivos usados para la voladura en los frentes.

Explosivos: Dinamitas EXSA	Peso/ cartucho (Kg)	Cartuchos/ Caja (Unid.)	VOD (m/s)	Densidad (g/cm ³)
Semexsa 65% 1 1/2"x12"	0,368	68	4200	1,12
Gelatina 75% 1 1/8"X8"	0,174	144	5500	1,38
Semexsa 65% 1 1/8"X7"	0,123	204	4200	1,12
Semexsa 45% 7/8"x7"	0,079	316	3800	1,08

Fuente: Departamento de Mina Raura.

Tabla 3.5 La cantidad de explosivos y accesorios utilizados para la voladura en secciones de 3,50x3,50 m con una longitud de barra de perforación de 14 pies.

Explosivo: Dinamitas	Peso/cartucho (Kg)	Cartuchos /Arranque + 1° ayuda	Total cartuchos /Arranque + 1° ayuda	Cartuchos /taladros de arrastre	Total de cartuchos /taladros de arrastre	Cartuchos /taladros de corona	Total cartuchos /taladros de corona	Cartuchos /taladros de desq.	Total cartuchos /taladros de desq.	Total cartuchos	Total de dinamitas (Kg)
Semexa 65% 1 1/2" x 12"	0,3676	13	91		0	1	9	11	165	265	97,43
Semexa 45% 7/8" x 7"	0,0791		0		0	17	153		0	153	12,10
Semexa 75% 1 1/8" x 8"	0,1736		0	17	85		0		0	85	14,76
Semexa 65% 1 1/8" x 8"	0,01453		0		0		0		0	0	0,00
TOTAL		13,00	91,00	17,00	85,00	18,00	162,00	11,00	165,00		124,29

Fuente: Departamento de Mina Raura.

Tabla 3.6 Accesorios utilizados sección de 3,50x3,50 m

Accesorios	Cantidad
Cordón detonante 5P (m)	64
Mecha Rápida (m)	0,15
Carmex (detonador ensamblado) 14pies	2
Exsáneles (4,80 m)	36

Fuente: Departamento de Mina Raura.

Tabla 3.7 Cantidad de explosivo y accesorios utilizados para la voladura en secciones de 4,0x4,0 m con una longitud de barra de perforación de 14 pies

Explosivo: Dinamitas	Peso/cartucho (Kg)	Cartuchos /Arranque + 1° ayuda	Total cartuchos /Arranque + 1° ayuda	Cartuchos /taladros de arrastre	Total de cartuchos /taladros de arrastre	Cartuchos /taladros de corona	Total cartuchos /taladros de corona	Cartuchos /taladros de desq.	Total cartuchos /taladros de desq.	Total cartuchos	Total de dinamitas (Kg)
Semexa 65% 1 1/2" x 12"	0,3676	13	91		0	1	10	11	231	332	122,06
Semexa 45% 7/8" x 7"	0,0791		0		0	17	170		0	170	13,45
Gelatina 75% 1 1/8" x 8"	0,1736		0	17	85		0		0	85	14,76
Semexa E-65% 1 1/8" x 8"	0,1453		0		0		0		0	0	0,00
TOTAL		13,00	91,00	17,00	85,00	18,00	180	11,00	231,00		150,26

Fuente: Departamento de Mina Raura.

Tabla 3.8 Accesorios utilizados sección de 4,00x4,00 m.

Accesorios	Cantidad
Cordón detonante 5P (m)	75
Mecha Rápida (m)	0,15
Carmex (detonador ensamblado) 14 pies	2
Exsáneles (4.80 m)	43

Fuente: Departamento de Mina Raura.

Tabla 3.9 Cantidad de explosivo y accesorios utilizados para la voladura en secciones de 4,50x4,00m con una longitud de barra de perforación de 14 pies

Explosivo: Dinamitas	Peso/cartucho (Kg)	Cartuchos /Arranque + 1° ayuda	Total cartuchos /Arranque + 1° ayuda	Cartuchos /taladros de arrastre	Total de cartuchos /taladros de arrastre	Cartuchos /taladros de corona	Total cartuchos /taladros de corona	Cartuchos /taladros de desq.	Total cartuchos /taladros de desq.	Total cartuchos	Total de dinamitas (Kg)
Semexa 65% 1 1/2" x 12"	0,368	13	91	0	1	10	11	231	332	122,06	
Semexa 45% 7/8" x 7"	0,079		0		17	170		0	170	13,45	
Semexa 75% 1 1/8" x 8"	0,174		0	17	85	0		0	85	14,76	
Semexa 65% 1 1/8" x 8"	0,145		0		0	0		0	0	0,00	
TOTAL		13,00	91,00	17,00	85,00	18,00	180,00	11,00	231,00	150,26	

Fuente: Departamento de Mina Raura.

Tabla 3.10 Accesorios utilizados sección de 4,50x4,0 m

Accesorios	Cantidad
Cordón detonante 5P (m)	78
Mecha Rápida (m)	0,15
Carmex (detonador ensamblado) 14 pies	2
Exsáneles (4,20 m)	43

Fuente: Departamento de Mina Raura.

La secuencia de exsaneles usados en la Unidad Minera Raura, se muestran en las siguientes Tablas para las secciones de: 3,50x3,50 m ver la Tabla 3.11, para la sección 4,00x4,00 m ver Tabla 3.12 y para la sección 4,50x4,00 m ver Tabla 3.13.

Tabla 3.11 Exsaneles para sección de 3,50x3,50 m

EXSANELES PARA SECCIÓN 3,50x3,50 m en Frentes	
Numero de Exsaneles	Tiempo de retardo (m/s)
EXSANEL N° 1	25
EXSANEL N° 10	250
EXSANEL N° 20	500
EXSANEL N° 48	1200
EXSANEL N° 92	2400
EXSANEL N°120	3000
EXSANEL N° 140	3500
EXSANEL N° 180	4500
EXSANEL N° 220	5500
EXSANEL N° 288	7400
EXSANEL N° 340	8500
EXSANEL N° 400	10000

Fuente: Departamento de Mina Raura.

Tabla 3.12 Exsaneles para sección de 4,00x4,00 m

EXSANELES PARA SECCIÓN 4,00x4,00 m en Frentes	
Numero de Exsaneles	Tiempo de retardo (m/s)
EXSANEL N° 1	25
EXSANEL N° 10	250
EXSANEL N° 20	500
EXSANEL N° 32	800
EXSANEL N° 48	1200
EXSANEL N°72	1800
EXSANEL N° 120	3000
EXSANEL N° 140	3500
EXSANEL N° 180	4500
EXSANEL N° 220	5500
EXSANEL N° 288	7200
EXSANEL N° 340	8500
EXSANEL N° 360	9000
EXSANEL N° 400	10000

Fuente: Departamento de Mina Raura.

Tabla 3.13 Exsaneles para sección de 4,50x4,00 m

EXSANELES PARA SECCIÓN 4,50m x 4,00 m en Frentes	
Numero de Exsaneles	Tiempo de retardo (m/s)
EXSANEL N° 1	25
EXSANEL N° 10	250
EXSANEL N° 20	500
EXSANEL N° 32	800
EXSANEL N° 48	1200
EXSANEL N°72	1800
EXSANEL N° 120	3000
EXSANEL N° 180	4500
EXSANEL N° 220	5500
EXSANEL N° 240	6000
EXSANEL N° 288	7200
EXSANEL N° 320	8000
EXSANEL N° 360	9000
EXSANEL N° 400	10000

Fuente: Departamento de Mina Raura.

3.4. Resultados obtenidos con el cambio de barras de perforación de 14 a 16 pies.

Actualmente se presenta problemas en lo que respecta al avance, dando como resultado el incumplimiento con los objetivos de los proyectos en el programa de avance.

Por lo tanto la coordinación con la gerencia de operaciones y la superintendencia de mina, realizar este proyecto en las labores del Nivel 4100 en los proyectos de preparación, desarrollo y explotación como piloto.

Para ello se ha definido realizar el estudio técnico y económico con respecto a nuestras operaciones unitarias de perforación y voladura con el cambio de barra de perforación de 14 a 16 pies, que tiene como objetivo principal lograr un incremento en los avances lineales y que el tiempo sea sostenible e implementar para todo nuestro laboreo.

3.4.1. Perforación.

Las pruebas de perforación y voladura en diferentes turnos y las diferentes secciones del Nivel 4100. Se realizó la perforación con Jumbo en los diferentes secciones de la labor obteniendo resultados en: cantidad de accesorios de voladura, tipo de explosivos a emplearse y obteniendo valores de factor de carga y factor de avance.

Los resultados de la sección 4,50x4,00 m ver el Anexo 5, sección de 4,00x4,00 m ver Anexo 6 y sección 3,50x3,50 m ver Anexo 7. Se llevan a cabo en diferentes labores en coordinación con los Jefes de Guardia.

A continuación, se muestran en las siguientes Tablas los resultados de la perforación con equipo de perforación Jumbo Sandvik DD321 en el Nivel 4100, controlando el número de taladros a perforar, tiempo total de perforación y calcular la eficiencia del disparo en las diferentes secciones como son: En sección de 3,50x3,50 m ver Tabla 3.14. 4,00x4,00 m ver Tabla 3.15 y 4,50x4,00 m ver Tabla 3.16.

Tabla 3.14 Resultado de perforación con barra de 16 pies sección 3,50x3,50 m.

RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS DE PERFORACION CON BARRA DE 16 PIES SECCION DE 3.5X3.5m											
FECHA	EQUIPO	NIVEL	LABOR	Long Barra (m)	Nº de Taladros		Tiempo Total Perf/frente (h:m:s)	Long. Promedio m.perf./Tal	Metros perf/frente (m)	Avance efectivo / disparo (m)	Ef. De disparo %
					Perf.	Rimados					
28/10/2017	JUMBO SANDVIK DD321	4100	VE003WW	4.80	44	4	01:54:32	4.46	196.24	4.20	100%
29/10/2017	JUMBO SANDVIK DD321	4100	VE003WW	4.80	44	4	02:04:41	4.50	198.00	4.30	102%
30/10/2017	JUMBO SANDVIK DD321	4100	VE003WW	4.80	44	4	01:46:16	4.44	195.36	4.32	103%
31/10/2017	JUMBO SANDVIK DD321	4100	VE003WW	4.80	44	4	02:10:24	4.51	198.44	4.26	101%
01/11/2017	JUMBO SANDVIK DD321	4100	VE003WW	4.80	44	4	01:58:08	4.48	197.12	4.16	99%
04/11/2017	JUMBO SANDVIK DD321	4100	VE608SS	4.80	44	4	02:06:20	4.50	198.00	4.33	103%
17/11/2017	JUMBO SANDVIK DD321	4100	BP690SS	4.80	44	4	01:56:42	4.52	198.88	4.20	100%
18/11/2017	JUMBO SANDVIK DD321	4100	VE773SE	4.80	44	4	02:15:37	4.47	196.68	4.12	98%
19/11/2017	JUMBO SANDVIK DD321	4100	VE608SS	4.80	44	4	01:50:27	4.46	196.24	4.24	101%
22/11/2017	JUMBO SANDVIK DD321	4100	BP690SS	4.80	44	4	01:59:38	4.49	197.56	4.40	105%
TOTAL PROMEDIO							02:00:17	4.48	197.25	4.25	101%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.15 Resultado de perforación con barra de 16 pies sección 4,00x4,00 m.

RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS DE PERFORACIÓN CON BARRA DE 16 PIES SECCION DE 4.0X4.0m												
FECHA	EQUIPO	NIVEL	LABOR	Long barra (m)	N° de Taladros		Tiempo Total (h:m:s)	Long. Promedio m.Perf./Tal.	Metros perf/frente (m)	Avance efectivo / disparo (m)	Ef. de disparo %	
					Perf.	Rimados						
21/08/2017	JUMBO SANDVIK DD321	4100	CR796NN	4.80	52	4	02:36:37	4.47	232.44	4.40	105%	
24/08/2017	JUMBO SANDVIK DD321	4100	CR796NN	4.80	52	4	02:50:19	4.51	234.52	4.18	100%	
26/08/2017	JUMBO SANDVIK DD321	4100	CR796NN	4.80	52	4	02:42:24	4.45	231.40	4.24	101%	
28/08/2017	JUMBO SANDVIK DD321	4100	CR796NN	4.80	52	4	02:40:41	4.50	234.00	4.30	102%	
29/08/2017	JUMBO SANDVIK DD321	4100	CR796NN	4.80	52	4	02:38:25	4.48	232.96	4.26	101%	
30/08/2017	JUMBO SANDVIK DD321	4100	CR796NN	4.80	52	4	02:40:34	4.52	235.04	4.40	105%	
02/09/2017	JUMBO SANDVIK DD321	4100	CR796NN	4.80	52	4	02:48:10	4.46	231.92	4.32	103%	
05/10/2017	JUMBO SANDVIK DD321	4100	BP796SS	4.80	52	4	02:45:28	4.52	235.04	4.30	102%	
13/10/2017	JUMBO SANDVIK DD321	4100	CM634SE	4.80	52	4	02:52:08	4.46	231.92	4.22	100%	
14/10/2017	JUMBO SANDVIK DD321	4100	BP796SS	4.80	52	4	02:39:14	4.51	234.52	4.42	105%	
TOTAL PROMEDIO							02:43:24	4.49	233.38	4.30	102%	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.16 Resultado de perforación con barra de 16 pies sección 4,50x4,00 m.

RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS DE PERFORACION CON BARRA DE 16 PIES SECCION DE 4.5X4.0m												
FECHA	EQUIPO	NIVEL	LABOR	Long Barra (m)	N° de Taladros		Tiempo Total (h:m:s)	Long. Promedio m.Perf./tal.	Metros Perf/frente (m)	Avance efectivo / disparo (m)	Ef. De disparo %	
					Perf.	Rimados						
11/09/2017	JUMBO SANDVIK DD321	4100	R-615NE	4.80	52	4	02:40:14	4.46	231.92	3.90	93%	
12/09/2017	JUMBO SANDVIK DD321	4100	R-615NE	4.80	52	4	02:52:45	4.52	235.04	4.18	100%	
13/09/2017	JUMBO SANDVIK DD321	4100	R-615NE	4.80	52	4	02:48:52	4.48	232.96	4.16	99%	
20/09/2017	JUMBO SANDVIK DD321	4100	R-615NE	4.80	52	4	02:45:25	4.50	234.00	4.28	102%	
22/09/2017	JUMBO SANDVIK DD321	4100	R-615NE	4.80	52	4	02:50:48	4.47	232.44	4.34	103%	
22/09/2017	JUMBO SANDVIK DD321	4100	BP664NN	4.80	52	4	02:54:27	4.51	234.52	4.23	101%	
23/09/2017	JUMBO SANDVIK DD321	4100	R-615NE	4.80	52	4	02:57:35	4.49	233.48	4.50	107%	
24/09/2017	JUMBO SANDVIK DD321	4100	BP664NN	4.80	52	4	02:49:41	4.46	231.92	4.30	102%	
25/09/2017	JUMBO SANDVIK DD321	4100	R-615NE	4.80	52	4	02:55:44	4.50	234.00	4.31	103%	
27/09/2017	JUMBO SANDVIK DD321	4100	R-615NE	4.80	52	4	02:49:24	4.51	234.52	4.22	100%	
TOTAL PROMEDIO							02:50:29	4.49	233.48	4.24	101%	

Fuente: Elaboración Propia.

3.4.2. Voladura.

El consumo de los explosivos es proporcionado por la Empresa Minsur S.A. para lo cual no se considerará en la Tabla de costos, por la petición de la Empresa Minsur S.A. Si, se detallara el consumo de explosivos debido al incremento en la longitud de la perforación, los explosivos utilizados son los mismos para perforación de 14 pies la variante es en la cantidad lo cual se muestra en la Tabla 3.17 el consumo de explosivos para la sección 3,50

x3,50 m, el consumo de los explosivos para la sección 4,00x4,00 m ver Tabla 3.18 y para la sección 4,50x4,00 m ver la Tabla 3.19.

Tabla 3.17 Consumo de explosivos para 16 pies sección 3,50x3,50 m

CANTIDAD DE EXPLOSIVO 3,50x3,50 m 16 pies (ROCA DE TIPO IIIA y B)													
Explosivo: Dinamitas	Peso/cartucho (Kg)	Cartuchos /tal. Arranque + 1° ayuda	Total cartuchos /Arranque + 1° ayuda	Cartuchos /taladros de arrastre	Total de cartuchos /taladros de arrastre	Cartuchos /taladros de corona	Total cartuchos /taladros de corona	Cartuchos /taladros de hastiales.	Total cartuchos /taladros de hastiales	Cartuchos/tal. de desq.	Total cartuchos/tal. de desq.	Total cartuchos	Total de dinamitas (Kg)
Semexa 65% 1 1/2'' x 12''	0,368	15	105		0	1	5	1	4	15	225	339	124,63
Gelatina 75% 1 1/8'' x 8''	0,174		0	22	110		0				0	110	19,10
Semexsa 65% 1 1/8'' x 7''	0,145		0		0	11	55	22	88		0	143	20,78
TOTAL		15	105	22	110	12	60			15	225		164,51
Accesorios										Cantidad			
Cordón detonante 5P (m)										65			
Mecha rápida (m)										0,15			
Carmex (detonador ensamblado) 14 pies										2			
Exsaneles (5,20 m)										36			

Fuente: Departamento de Mina Raura.

Tabla 3.18 Consumo de explosivos para 15 pies sección 4,00x4,00 m.

CANTIDAD DE EXPLOSIVO 4,0x4,0 m 15 Pies (ROCA DE TIPO IIIA y B)													
Explosivo: Dinamitas	Peso/cartucho (Kg)	Cartuchos /tal. Arranque + 1° ayuda	Total cartuchos /Arranque + 1° ayuda	Cartuchos /taladros de arrastre	Total de cartuchos /taladros de arrastre	Cartuchos /taladros de corona	Total cartuchos /taladros de corona	Cartuchos /taladros de hastiales.	Total cartuchos /taladros de hastiales	Cartuchos/tal. de desq.	Total cartuchos/tal. de desq.	Total cartuchos	Total de dinamitas (Kg)
Semexa 65% 1 1/2'' x 12''	0,368	15	105		0	1	6	1	4	15	315	430	158,09
Gelatina 75% 1 1/8'' x 8''	0,174		0	22	110		0				0	110	19,10
Semexsa 65% 1 1/8'' x 7''	0,145		0		0	11	66	22	88		0	154	22,38
TOTAL		15	105	22	110	12	72			15	315		199,57
Accesorios										Cantidad			
Cordón detonante 5P (m)										70			
Mecha rápida (m)										0,15			
Carmex (detonador ensamblado) 14 pies										2			
Exsaneles (5,20 m)										43			

Fuente: Departamento de Mina Raura.

Tabla 3.19 Consumo de explosivos para 15 pies sección 4,50x4,00 m

CANTIDAD DE EXPLOSIVO 4,5 x 4,0 m 15 Pies (ROCA DE TIPO IIIA y B)													
Explosivo: Dinamitas	Peso/cartucho (Kg)	Cartuchos /tal. Arranque + 1° ayuda	Total cartuchos /Arranque + 1° ayuda	Cartuchos /taladros de arrastre	Total de cartuchos /taladros de arrastre	Cartuchos /taladros de corona	Total cartuchos /taladros de corona	Cartuchos /taladros de hastiales.	Total cartuchos /taladros de hastiales	Cartuchos/tal. de desq.	Total cartuchos/tal. de desq.	Total cartuchos	Total de dinamitas (Kg)
Semexa 65% 1 1/2'' x 12''	0,368	15	105		0	1	6	1	4	15	315	430	158,09
Gelatina 75% 1 1/8'' x 8''	0,174		0	22	110		0				0	110	19,10
Semexsa 65% 1 1/8'' x 7''	0,145		0		0	11	66	22	88		0	154	22,38
TOTAL		15	105	22	110	12	72		15	315			199,57
Accesorios										Cantidad			
Cordón detonante 5P (m)										75			
Mecha rápida (m)										0,15			
Carmex (detonador ensamblado) 14 pies										2			
Exsaneles (5,20 m)										43			

Fuente: Departamento de Mina Raura.

En las siguientes tablas se mostrarán los resultados obtenidos de la voladura con los explosivos Semexsa 65% y Gelatina esp. 75% la eficiencia del disparo, con barra de 16 pies en las diferentes secciones como son: Sección 3,50x3,50 m ver la Tabla 3.20, sección 4,00x4,00 m ver Tabla 3.21 y sección 4,50x4,00 m ver Tabla 3.22.

Tabla 3.20 Consumo de explosivos para 16 pies sección 3,50x3,50 m

RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS DE PERFORACIÓN CON BARRA DE 16 PIES SECCIÓN DE 3.5X3.5m																	
FECHA	NIVEL	LABOR	TURNO	N° de Tal. Cargados	Long. Prom. de perf. (m)	Det. Ensambl. 14 pies (piezas)	Cord. Det. 5G (m)	Mecha Rapida (m)	Explosivos			Total Kg. De Explosivo/Frente	Avance Efectivo/Disparo (m)	Factor de avance Kg Explosivo / m	Factor de carga Kg Explosivo/m3	Factor de potencia Kg Explosivo/ton	Eficiencia de disparo %
									Semexsa 65% 1 1/8''x7''	Semexsa 65% 1 1/2''x12''	Gelatina esp. 75% 1 1/8''x8''						
28/10/2017	4100	VE003WW	Noche	36	4.52	2	65	0.15	143	339	110	164.51	4.20	39.17	2.89	1.07	100%
29/10/2017	4100	VE003WW	Noche	36	4.47	2	65	0.15	143	339	110	164.51	4.30	38.26	2.75	1.02	102%
30/10/2017	4100	VE003WW	Día	36	4.54	2	65	0.15	143	339	110	164.51	4.32	38.08	2.75	1.02	103%
31/10/2017	4100	VE003WW	Noche	36	4.50	2	65	0.15	143	339	110	164.51	4.26	38.62	2.86	1.06	101%
01/11/2017	4100	VE003WW	Noche	36	4.46	2	65	0.15	143	339	110	164.51	4.16	39.55	2.83	1.05	99%
04/11/2017	4100	VE608SS	Noche	36	4.51	2	65	0.15	143	339	110	164.51	4.33	37.99	2.82	1.05	103%
17/11/2017	4100	BP690SS	Día	36	4.52	2	65	0.15	143	339	110	164.51	4.20	39.17	2.80	1.04	100%
18/11/2017	4100	VE773SE	Noche	36	4.49	2	65	0.15	143	339	110	164.51	4.12	39.93	2.89	1.07	98%
19/11/2017	4100	VE608SS	Noche	36	4.50	2	65	0.15	143	339	110	164.51	4.24	38.80	2.80	1.04	101%
22/11/2017	4100	BP690SS	Noche	36	4.52	2	65	0.15	143	339	110	164.51	4.40	37.39	2.66	0.98	105%
TOTAL PROMEDIO									143	339	110	164.51	4.25	38.70	2.81	1.04	101%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.21 Consumo de explosivos para 16 pies sección 4,00x4,00 m

RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS DE PERFORACION CON BARRA DE 16 PIES SECCION DE 4.0X4.0m																	
FECHA	NIVEL	LABOR	TURNO	N° de Tal. Cargados	Long. Prom. de Perf. (m)	Det. Ensamb. 14 pies (piezas)	Cord. Det. 5G (m)	Mecha Rapida (m)	Explosivos			Total Kg. De Explosivo/Frente	Avance Efectivo/Disparo (m)	Factor de avance Kg Explosivo / m	Factor de carga Kg Explosivo/m ³	Factor de potencia Kg Explosivo/ton	Eficiencia de disparo %
									Semexsa 65% I 1/8"x7"	Semexsa 65% I 1/2"x12"	Gelatina esp. 75% I 1/8"x8"						
21/08/2017	4100	CR796NN	Día	43	4.53	2	70	0.15	154	430	110	199.57	4.40	45.36	2.51	0.93	105%
24/08/2017	4100	CR796NN	Noche	43	4.47	2	70	0.15	154	430	110	199.57	4.18	47.74	2.63	0.97	100%
26/08/2017	4100	CR796NN	Noche	43	4.50	2	70	0.15	154	430	110	199.57	4.24	47.07	2.72	1.01	101%
28/08/2017	4100	CR796NN	Día	43	4.48	2	70	0.15	154	430	110	199.57	4.30	46.41	2.71	1.00	102%
29/08/2017	4100	CR796NN	Noche	43	4.52	2	70	0.15	154	430	110	199.57	4.26	46.85	2.66	0.99	101%
30/08/2017	4100	CR796NN	Noche	43	4.50	2	70	0.15	154	430	110	199.57	4.40	45.36	2.60	0.96	105%
02/09/2017	4100	CR796NN	Noche	43	4.46	2	70	0.15	154	430	110	199.57	4.32	46.20	2.52	0.93	103%
05/10/2017	4100	BP796SS	Noche	43	4.52	2	70	0.15	154	430	110	199.57	4.30	46.41	2.72	1.01	102%
13/10/2017	4100	CM634SE	Día	43	4.50	2	70	0.15	154	430	110	199.57	4.22	47.29	2.71	1.00	100%
14/10/2017	4100	BP796SS	Día	43	4.48	2	70	0.15	154	430	110	199.57	4.42	45.15	2.62	0.97	105%
TOTAL PROMEDIO									154	430	110	199.57	4.30	46.38	2.64	0.98	102%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.22 Consumo de explosivos para 16 pies sección 4,50x4,00 m

RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS DE PERFORACION CON BARRA DE 16 PIES SECCION DE 4.5X4.0m																	
FECHA	NIVEL	LABOR	TURNO	N° de Tal. Cargados	Long. Prom. de Perf. (m)	Det. Ensamb. 14 pies (piezas)	Cord. Det. 5G (m)	Mecha Rapida (m)	Explosivos			Total Kg. De Explosivo/Frente	Avance Efectivo/Disparo (m)	Factor de avance Kg Explosivo / m	Factor de carga Kg Explosivo/m ³	Factor de potencia Kg Explosivo/ton	Eficiencia de disparo %
									Semexsa 65% I 1/8"x7"	Semexsa 65% I 1/2"x12"	Gelatina esp. 75% I 1/8"x8"						
11/09/2017	4100	R-615NE	Día	43	4.54	2	75	0.15	143	339	110	199.57	3.90	51.17	2.69	1.00	93%
12/09/2017	4100	R-615NE	Noche	43	4.47	2	75	0.15	143	339	110	199.57	4.18	47.74	2.46	0.91	100%
13/09/2017	4100	R-615NE	Noche	43	4.50	2	75	0.15	143	339	110	199.57	4.16	47.97	2.38	0.88	99%
20/09/2017	4100	R-615NE	Noche	43	4.48	2	75	0.15	143	339	110	199.57	4.28	46.63	2.42	0.90	102%
22/09/2017	4100	R-615NE	Día	43	4.53	2	75	0.15	143	339	110	199.57	4.34	45.98	2.33	0.86	103%
22/09/2017	4100	BP664NN	Noche	43	4.49	2	75	0.15	143	339	110	199.57	4.23	47.18	2.39	0.89	101%
23/09/2017	4100	R-615NE	Noche	43	4.53	2	75	0.15	143	339	110	199.57	4.50	44.35	2.21	0.82	107%
24/09/2017	4100	BP664NN	Noche	43	4.51	2	75	0.15	143	339	110	199.57	4.30	46.41	2.35	0.87	102%
25/09/2017	4100	R-615NE	Día	43	4.48	2	75	0.15	143	339	110	199.57	4.31	46.30	2.40	0.89	103%
27/09/2017	4100	R-615NE	Día	43	4.50	2	75	0.15	143	339	110	199.57	4.22	47.29	2.40	0.89	100%
TOTAL PROMEDIO									143	339	110	199.57	4.24	47.10	2.40	0.89	101%

Fuente: Elaboración Propia.

3.5. Evaluación económica

3.5.1. Costos de ejecución de labores horizontales

Se muestra la ejecución de las labores horizontales en los Anexos 8,9 y 10. Los costos para diferentes secciones de las labores. En la Unidad Minera Raura los costos para el desarrollo de las labores horizontales son establecidos por un precio unitario para diferentes tipos de secciones en el laboreo minero como son:

- By pass
- Rampas
- Cruceros
- Ventanas
- Estocadas
- Subniveles

3.6. Análisis comparativo de perforación de 14 y 16 pies.

Se realiza el análisis comparativo de la utilización de barras de 14 pies y 16 pies, se tomará las muestras de los disparos en base a las barras de 14 y 16 pies.

Desde el mes de agosto del 2017 en adelante porque se inicia las pruebas, se detallará la comparación con los avances de último semestre. Se muestra en la Tabla 3.23 la comparación para una sección 3,50x3,50 m, sección 4,00x4,00 m ver Tabla 3.24 y sección 4,50x4,00 m ver Tabla 3.25.

Tabla 3.23 Comparación de perforación y voladura sección 3,50x3,50 m

Parámetros	Sección de 3,50 x 3,50 m		Incrementos
	Promedios 14 pies	Promedios 16 pies	
Longitud de barra (m)	4,20	4,80	14,29%
Longitud de perforación (m)	3,78	4,49	18,78%
Avance en voladura (m)	3,53	4,25	20,40%
Cantidad de explosivo (kg)	124,29	164,51	32,36%
Factor de carga (kg/m ³)	2,72	2,81	3,31%
Factor de potencia (kg/TM)	0,98	1,04	6,12%
Factor de avance (kg/ml)	36,72	38,70	5,12%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.24 Comparación de perforación y voladura sección 4,00x4,00 m

Parámetros	Sección de 4,00 x 4,00 m		Incrementos
	Promedios		
	14 pies	16 pies	
Longitud de barra (m)	4,20	4,80	14,29%
Longitud de perforación (m)	3,80	4,50	18,42%
Avance en voladura (m)	3,55	4,22	19,15%
Cantidad de explosivo (kg)	150,26	199,57	32,81%
Factor de carga (kg/m ³)	2,47	2,69	8,81%
Factor de potencia (kg/TM)	0,91	1,00	9,59%
Factor de avance (kg/ml)	42,33	47,29	11,72%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.25 Comparación de perforación y voladura sección 4,50x4,00 m

Parámetros	Sección de 4,50x4,00 m		Incrementos
	Promedios		
	14 pies	16 pies	
Longitud de barra (m)	4,20	4,80	14,29%
Longitud de perforación (m)	3,83	4,50	17,49%
Avance en voladura (m)	3,54	4,19	18,36%
Cantidad de explosivo (kg)	124,29	164,51	32,36%
Factor de carga (kg/m ³)	1,82	1,99	9,32%
Factor de potencia (kg/TM)	0,62	0,74	9,32%
Factor de avance (kg/ml)	35,11	39,26	11,83%

Fuente: Elaboración Propia

3.6.1. Valorizaciones semestrales Agosto – Diciembre 2017.

Valorizaciones del segundo Semestre se muestran en las Tablas de 3.26 hasta Tabla 3.30. Las valorizaciones de precio unitario, avance lineal y obteniendo el valor total del disparo de los meses de Agosto a Diciembre. El total se encuentra con los disparos de barra de 14 y 16 pies.

Tabla 3.26 Valorización mes de Agosto 2017.

Resumen de valorización mes de Agosto.			
Tipo de labor	Precio unitario	Agosto	
		Avance	Valor (\$)
Rampa, CR, BP mecanizado 4,50x4,00	732,07 US\$/m	4	2635,452
Rampa, CR, BP mecanizado 4,00x4,00	697,72 US\$/m	98	68167,244
Rampa, VE, BP, GL, SN mecanizado 3,50x3,50	631,98 US\$/m	1142	721563,165
Refugios mecanizado 2,00x2,00	409,22 US\$/m	53	21627,277
Total		1296	\$ 813 993,14

Fuente: Departamento de Planeamiento y costos Aesa.

Tabla 3.27 Valorización mes de Setiembre 2017.

Resumen de valorización mes de Setiembre			
Tipo de labor	Precio unitario	Setiembre	
		Avance	Valor (\$)
Rampa, CR, BP mecanizado 4,50x4,00	732,07 US\$/m	30	21962,100
Rampa, CR, BP mecanizado 4,00x4,00	697,72 US\$/m	187	130543,412
Rampa, VE, BP, GL, SN mecanizado 3.50x3,50	631,98 US\$/m	977	617381,262
Refugios mecanizado 2,00x2,00	409,22 US\$/m	55	22425,256
Total		1249	\$ 792312,03

Fuente: Departamento de Planeamiento y costos Aesa.

Tabla 3.28 Valorización mes de Octubre 2017.

Resumen de valorización mes de Octubre			
Tipo de labor	Precio unitario	Octubre	
		Avance	Valor (\$)
Rampa, CR, BP mecanizado 4,50x4,00	732,07 US\$/m	139	101538,109
Rampa, CR, BP mecanizado 4,00x4,00	697,72 US\$/m	124	86517,280
Rampa, VE, BP, GL, SN mecanizado 3,50x3,50	631,98 US\$/m	915	578324,898
Refugios mecanizado 2,00x2,00	409,22 US\$/m	27	11212,628
Total		1205	\$ 777 592,92

Fuente: Departamento de Planeamiento y costos Aesa.

Tabla 3.29 Valorización mes de Noviembre 2017

Resumen de valorización mes de Noviembre			
Tipo de labor	Precio unitario	Noviembre	
		Avance	Valor (\$)
Rampa, CR, BP mecanizado 4,50x4,00	732,07 US\$/m	20	14787,814
Rampa, CR, BP mecanizado 4,00x4,00	697,72 US\$/m	189	131869,080
Rampa, VE, BP, GL, SN mecanizado 3,50x3,50	631,98 US\$/m	781	493576,380
Refugios mecanizado 2,00x2,00	409,22 US\$/m	28	11621,848
Total		1019	\$ 651 855,12

Fuente: Departamento de Planeamiento y costos Aesa.

Tabla 3.30 Valorización mes de Diciembre 2017.

Resumen de valorización mes de Diciembre			
Tipo de labor	Precio unitario	Diciembre	
		Avance	Valor (\$)
Rampa, CR, BP mecanizado 4,50x4,00	732,07 US\$/m		0,000
Rampa, CR, BP mecanizado 4,00x4,00	697,72 US\$/m	59	41095,708
Rampa, VE, BP, GL, SN mecanizado 3,50x3,50	631,98 US\$/m	1057	667686,870
Refugios mecanizado 2,00x2,00	409,22 US\$/m	50	20403,709
Total		1165	\$ 729 186,29

Fuente: Departamento de Planeamiento y costos Aesa.

3.6.2. Comparación de Avance y Valorizaciones.

La comparación de avances se realiza desde el mes de Agosto – Diciembre 2017 por inicio de Disparos con barra de 16 pies. Se muestra en la Tabla 3.31 para una sección 3,50x3,50 m, sección 4,00x4,00 m ver Tabla 3.32 y sección 4,50x4,00 m ver Tabla 3.33.

Tabla 3.31 Resumen de diferencia en costos sección 3,50x3,50 m.

Meses	Precio unitario (US\$/m)	Sección de 3,50x3,50 m				Diferencia en avance (m)	Costo en diferencia (US\$/m)
		N° disparos (Unidades)		Prom. Avance (m)			
		14 pies	16 pies	14 pies	16 pies		
Agosto	631,98	186	0	3,52	0	0	0
Setiembre	631,98	133	0	3,55	0	0	0
Octubre	631,98	156	6	3,49	4,21	4,32	2730,15
Noviembre	631,98	113	9	3,54	4,28	6,66	4208,99
Diciembre	631,98	133	5	3,53	4,25	3,60	2275,13
Total						14,58	\$9214,27

Fuente: Departamento de Planeamiento y costos Aesa.

Tabla 3.32 Resumen de diferencia en costos sección 4.00x4.00 m.

Meses	Precio unitario (US\$/m)	Sección de 4,00x4,00 m				Diferencia en avance (m)	Costo en diferencia (US\$/m)
		N° disparos (Unidades)		Prom. Avance (m)			
		14 pies	16 pies	14 pies	16 pies		
Agosto	697,72	25	6	3,57	4,20	3,78	2637,38
Setiembre	697,72	17	11	3,51	4,24	8,03	5602,69
Octubre	697,72	22	5	3,55	4,22	3,35	2337,36
Noviembre	697,72	14	11	3,53	4,25	7,92	5525,94
Diciembre	697,72	9	22	3,57	4,18	13,42	9363,40
Total						36,50	\$25466,78

Fuente: Departamento de Planeamiento y costos Aesa.

Tabla 3.33 Resumen de diferencia en costos sección 4.50x4.00 m.

Meses	Precio unitario (US\$/m)	Sección de 4,50x4,00 m				Diferencia en avance (m)	Costo en diferencia (US\$/m)
		N° disparos (Unidades)		Prom. Avance (m)			
		14 pies	16 pies	14 pies	16 pies		
Agosto	732,07	0	0	0	0	0	0
Setiembre	732,07	5	3	3,55	4,18	1,89	1383,61
Octubre	732,07	4	9	3,51	4,21	6,3	4612,04
Noviembre	732,07	3	0	3,50	0	0	0
Diciembre	732,07	2	0	3,58	0	0	0
Total						8,19	\$5995,65

Fuente: Departamento de Planeamiento y costos Aesa.

3.6.3. Comparación de Análisis con barra de 14 y 16 pies.

Tabla 3.34 Costo unitario de barra por avance sección 3,50x3,50 m

Sección 3,50x3,50 m		CASO A	CASO B
Parámetros de labor	Unidad	Barra T38-H35-R32 14''	Barra MFT38-H35-R32 16''
Tipo de roca		III A y III B	III A y III B
Sección de labor	m	3,50x3,50	3,50x3,50
N° taladros	Und	44	44
Longitud de barra	m	4,2	4,8
Longitud de perforación	m	3,89	4,48
Avance real		3,54	4,25
Eficiencia operativo		89%	93%
Parámetros de costos			
Precio unitario barra	US\$	480	560
Vida útil	pp	7500	7500
Costo unitario	US\$/pp	0,064	0,075
Total PP		563,2	651,2
Costo de perforación	US\$	36,04	48,84
Costo unitario de barra por avance	US\$/m	10,18	11,49

Fuente: Departamento de Planeamiento y costos Aesa.

Tabla 3.35 Costo unitario de barra por avance sección 4.00x4.00 m.

Sección 3,50x3,50 m		CASO A	CASO B
Parámetros de labor	Unidad	Barra T38-H35-R32 14''	Barra MFT38-H35-R32 16''
Tipo de roca		III A y III B	III A y III B
Sección de labor	m	4,00x4,00	4,00x4,00
N° taladros	Und	52	52
Longitud de barra	m	4,2	4,8
Longitud de perforación	m	3,9	4,49
Avance real		3,56	4,3
Eficiencia operativo		89%	94%
Parámetros de costos			
Precio unitario barra	US\$	480	560
Vida útil	pp	7500	7500
Costo unitario	US\$/pp	0,064	0,075
Total PP		665,6	769,6
Costo de perforación	US\$	42,60	57,72

Costo unitario de barra por avance	US\$/m	11,97	13,42
------------------------------------	--------	-------	-------

Fuente: Departamento de Planeamiento y costos Aesa.

Tabla 3.36 Costo unitario de barra por avance sección 4,00x4,00 m.

Sección 3,50x3,50 m		CASO A	CASO B
Parámetros de labor	Unidad	Barra T38-H35-R32 14''	Barra MFT38-H35-R32 16''
Tipo de roca		III A y III B	III A y III B
Sección de labor	m	4,50x4,50	4,50x4,50
N° taladros	Und	52	52
Longitud de barra	m	4,2	4,8
Longitud de perforación	m	3,9	4,49
Avance real		3,57	4,24
Eficiencia operativo		90%	92%
Parámetros de costos			
Precio unitario barra	US\$	480	560
Vida útil	pp	7500	7500
Costo unitario	US\$/pp	0,064	0,075
Total PP		670,8	774,8
Costo de perforación	US\$	42,93	58,11
Costo unitario de barra por avance	US\$/m	12,03	13,71

Fuente: Departamento de Planeamiento y costos Aesa.

3.6.4. Estimación del Beneficio Económico barra de 14 y 16 pies.

Se estandariza la perforación de frentes en mineral utilizando solamente barras de 12 pies, se tendría un beneficio económico como se detalla en las Tablas 3.37, 3.38 y 3.39:

Tabla 3.37 Estimación del beneficio económico 3,50x3,50 m.

Sección de 3,50x3,50		
Costo unitario con barra de 14 pies	US\$/m	10,18
Costo unitario con barra de 16 pies	US\$/m	11,49
Diferencia	US\$/m	1,31
Avance promedio mes	m	702
Beneficio económico con barra de 16 pies	US\$/m	919,62
Beneficio económico anual	US\$/m	11035,44

Fuente: Departamento de Planeamiento y costos Aesa.

Tabla 3.38 Estimación del beneficio económico 4,00x4,00 m

Sección de 4,00x4,00 m		
Costo unitario con barra de 14 pies	US\$/m	11,97
Costo unitario con barra de 16 pies	US\$/m	13,42
Diferencia	US\$/m	1,45
Avance promedio mes	m	366
Beneficio económico con barra de 16 pies	US\$/m	530,7
Beneficio económico anual	US\$/m	6368,4

Fuente: Departamento de Planeamiento y costos Aesa.

Tabla 3.39 Estimación del beneficio económico 4,50x4,00 m.

4,50x4,00 m.		
Costo unitario con barra de 14 pies	US\$/m	12,03
Costo unitario con barra de 16 pies	US\$/m	13,71
Diferencia	US\$/m	1,68
Avance promedio mes	m	254
Beneficio económico con barra de 16 pies	US\$/m	426,72
Beneficio económico anual	US\$/m	5120,64

Fuente: Departamento de Planeamiento y costos Aesa.

CONCLUSIONES

Se logró aumentar los avances en el Nivel 4100, realizando el seguimiento en las labores horizontales del proceso de perforación y voladura. Los resultados en una sección de 3,50x3,50 m, se obtenía con barra de 14 pies el avance de voladura en 3,78 m, factor de potencia 0,98 kg/TM. A inicios del mes de Agosto se realiza la perforación con barra de 16 y se obtiene el avance de voladura en 4,25 m, mejorando el avance en 20,40%. Y factor de potencia 1,04 kg/TM mejorando en 6,12 % y finalmente se logró mejorar con barra de 16 pies el factor de avance en 5,12%. Y para ver las mejoras en secciones: 4,00x4,00 m ver la Tabla 3.24 y para 4,50x4,00 ver en la Tabla 3.25

Se compara los 44 taladros de perforación en tipo de roca IIIA y IIIB. La eficiencia operativo para una sección de labor 3,50x3,50 m. al aplicar Jumbos T38-H35-R32 con una barra de 14 pies se obtiene una longitud de perforación de 3,89 m, con una eficiencia de perforación de 89%. Y con Jumbos MFT38-H35-R32 con barra de 16 pies se obtiene una longitud de perforación de 4,48 m con una eficiencia operativa de 93%. Las eficiencias operativo para las secciones de 4,00x4,00 m ver en la Tabla 3.35 y para 4,50x4,00 ver en la Tabla 3.36.

Se optimizó el proceso de las labores de desarrollo con una estimación de beneficio económico para una sección de 3,50x 50 m, donde el costo unitario con barra de 14 pies es 10,18 US\$/ml. Y el costo unitario con barra de 16 pies es 11,49 US\$/ml con una diferencia de 1,31 US\$/ml a favor de barra de 16 pies. Y finalmente el beneficio económico anual es de 11035,44 US\$/ml. Y también podemos apreciar en benefició económico para las secciones: 4,00x4,00 m ver en la Tabla 3.38 y para 4,50x4,00 ver en la Tabla 3.39.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar la estandarización de cambio de barra de 14 a 16 pies por el resultado que se tuvo y así optimizar en los avances horizontales de nuestras labores de operación mina.

Se recomienda realizar la revisión de sobre distancias; por generar mayor tiempo en traslado de los equipos incrementando los costos en la operación.

Incrementar cámaras de carguío y acumulación de mayor longitud para voladuras de 16pies; por generar más volumen de material volado, con finalidad de realizar mayores voladuras de 16 pies.

Seguir con los seguimientos y controles en perforación y voladura con la finalidad de mantener y mejorar el avance por disparo, sobre rotura y fragmentación.

Se recomienda cambiar la viga del jumbo para barra de 16 pies.

BIBLIOGRAFÍA

- Cámac Torres, A. (2005). *Manual Perforación y Voladura de Rocas*, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Choque Velarde, E. (2017). *Diseño de Perforación y Voladura por el Método Roger Holmberg Para Reducir las Incidencias de Voladuras Deficientes en CÍA Minera Ares S.A.C.-U.O. Arcata* (Tesis). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- López Jimeno, C. (2003); *Manual de Perforación y Voladura de Rocas*. Madrid, España.
- Exsa (2003). *Manual práctico de voladura* (4a ed.). Lima, Perú. Recuperado de <https://exsa.net/wp-content/publicacion/manual-de-voladura.pdf>.
- Calixto Sotelo, C. (2015). *Control de Dilución Optimizando los Procesos Unitarios de Perforación, Voladura y Acarreo: Caso Práctico; una Mina Subterráneo del Norte*. (Tesis). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Uribari Urbina, M. (2008). *Perforación*. Lima, Peru.
- Pernia Llera, J. M., Lopez Jimeno, C., Pla Ortiz de Urbina, F., y Lopez Jimeno, E. (1987). *Manual de perforación y voladura de rocas*. Madrid, España.
- Ojeda Mestas, R. W. (2008), *Diseño de Mallas de Perforación y Voladura Subterranea Aplicando un Modelo Matematico de Areas de Influencia*, Lima, Perú.
- Inga Muños, C. D. (2016). *La Geomecánica y Diseño de la Malla de Perforación para Mejorar la Eficiencia de Voladura en el Nivel 940 en Compañía Minera Raura S.A.C.* (Tesis). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- Gaona Gonzales, A. J. (2015) *Optimización de la Voladura, Mina Virgen-de la Compañía Minera San Simón S.A.-Huamachuco Trujillo*, (Tesis) Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú.

- Villanueva Paucar, M. P. & Manrique Quichica, R. (2016). *Optimización de la Perforacion y Voladura para Mejorar la Profundizacioin de la Unidad San Cristobal de la Compañía Minera Volcan S.A.A.*(Tesis), Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- Puchoc guerra, D. E. (2002). *Estudio de Aplicaciom de Taladros Largos Zona Gayco Compañía Minera Raura S.A.* (Informe) Universidad Nacional de Ingenieria, Lima, Perú.
- Guerrero Sandoval, M. A. (2015). *Aplicación del Programa de Aseguramiento y Control de Calidad (QA&QC) en el Muestreo Geológico de la Mina Subterránea Raura S.A.* (Tesis). Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú.
- Suaña Asillo, A. J. (2017). *Formulación de un Modelo Geológico – Estructural, en el Sistema Skarn Santa Rosa Compañía Minera Raura* (Tesis). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.
- Ramos Ramos, L.A. (2017). *Estudio Estratigráfico de la Formación Jumasha y su Relación Estructural en el Distrito Minero Raura-Huánuco* (Tesis). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.

ANEXOS

Anexo 1 Parametros y rango de valores para la clasificacion geomecanica RMR 89

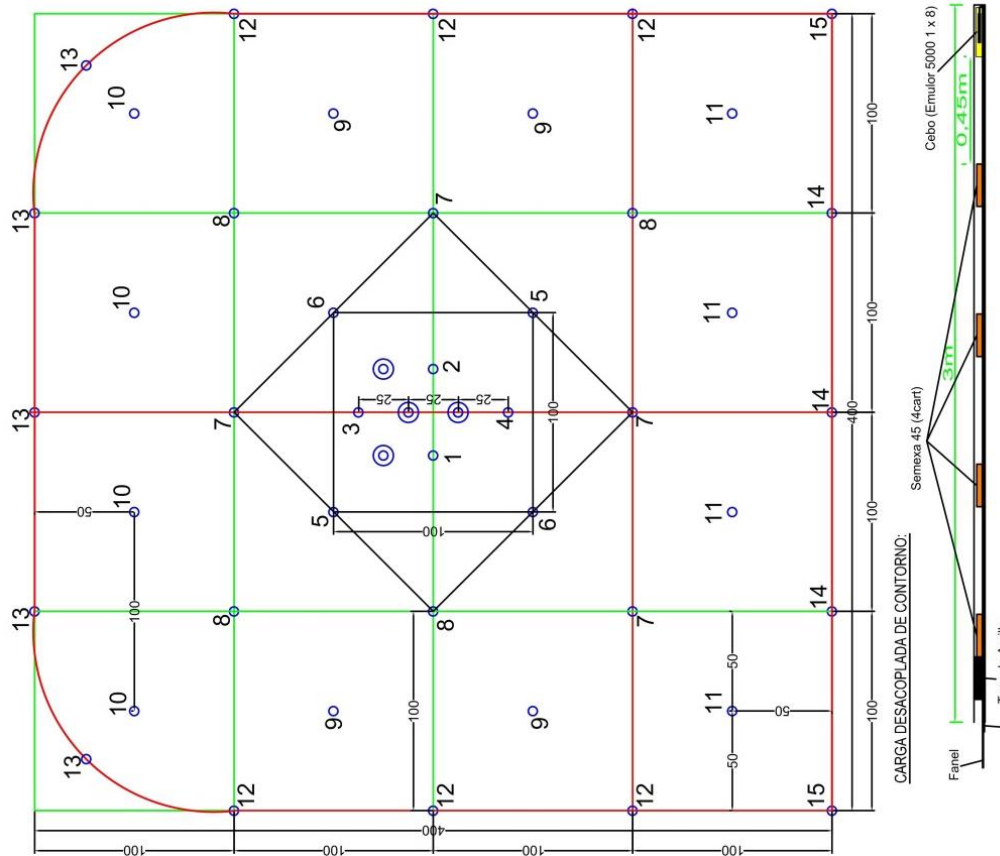
Parámetros			Rango de valores						
1	Resistencia de la roca intacta	Ensayo carga puntual	> 10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa			
		Compresión simple	> 250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	< 1 MPa
	Valor	15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD		90-	75-90%	50-75%	25-50%	25%		
	Valor		20	17	13	8	3		
3	Espaciado de las discontinuidades		> 2 m	0.6-2 m	0.2-0.6 m	6-20 cm	< 6 cm		
	Valor		20	15	10	8	5		
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m		
		Valor	6	4	2	1	0		
		Abertura	Nada	< 0.1 mm	0.1-1.0	1-5 mm	> 5 mm		
		Valor	6	5	3	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave		
		Valor	6	5	3	1	0		
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm		
		Valor	6	4	2	2	0		
		Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta		
		Valor	6	5	3	1	0		
5	Flujo de agua en las juntas	Relación Pagua / Pprinc	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	> 0.5		
		Condiciones generales	Completamente secas	Ligeramente húmedas	Húmedas	Goteando	Agua fluyendo		
	Valor		15	10	7	4	0		

Fuente: Bieniawski, Z.T. 1976. Rock mass classification in rock engineering. In Exploration for rock engineering, proc. of the symp., (ed. Z.T. Bieniawski) 1, 97-106. Cape Town: Balkema.

Anexo 2 Ubicación de la Unidad Minera Raura.



Anexo 3 Secuencia de salida de retardos
MALLA DE PERFORACION 4.0 x 4.0



PARAMETROS	
TIPO DE ROCA:	
-Tipo	II
-Peso Especifico	2.5
DATOS DE PERFORACION	
-Seccion	4.00 x 4.00
-Ø Taladros	45 mm
-Nº Taladros	48
-Nº Taladros Cargados	44
-Nº Taladros Rimados	4
-Nº Taladros Alivios	0
-Longitud del Barreno	12 pies
-Longitud de Perforación	3.60 m
-Avance Real	3.20 m
DATOS DE VOLADURA	
-Carmex	2 pza
-Mecha Rapida	0.5 m
-Pentacoard	35 mm
-Fanel	44 pza
-Antlo	110.00 kg
-Emulnor 5000 1x8	25 cart = 2.89 Kg
-Emulnor 5000 1 1/4 x 12"	44 cart = 12.22 Kg
TOTAL EXPLOSIVO	= 125.12 Kg
FACTORES	
-Volumen Roto	51.20 m ³
-Tonelaje Roto	128 TM
-Factor de Carga	2.44 Kg/m ³
-Factor de Potencia	0.98 Kg/tm
-Factor Lineal	34.75 Kg/m
-Factor de Energia	
-Kg Explosivo/Taladro	2.84 Kg/m
TIPO DE TALADRO	
Arranque	4
Ayuda	4
Sub Ayudas	4
Contra Ayudas	8
Ayuda Techo. Piso	8
Cuadradores	6
Techo	5
Arrastre	5
TOTAL	44
Retardo Fanel	
1-2-3-4	
5(2) - 6(2)	
7(4)	
8(4) - 9(4)	
10(4) - 11(4)	
12(6)	
13(5)	
14(3) - 15(2)	
Taladros	

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 5 Resultados de avances en sección 4,50x4,00 m

Descripción	Unidad	Objetivos	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Prueba 6	Prueba 7	Prueba 8	Prueba 9	Prueba 10
			11-sep-17	12-sep-17	13-sep-17	20-sep-17	22-sep-17	22-sep-17	22-sep-17	23-sep-17	24-sep-17	25-sep-17
Fecha			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Nivel			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Labor		Diferentes Proyectos.	R-615NE	R-615NE	R-615NE	R-615NE	R-615NE	BP664NN	R-615NE	BP664NN	R-615NE	R-615NE
Turno			Día	Noche	Noche	Noche	Día	Noche	Noche	Noche	Día	Día
Ancho diseño	m	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Alto diseño	m	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Sección	m ²	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Volumen Roto	m ³	75.6	75.6	75.6	75.6	75.6	75.6	75.6	75.6	75.6	75.6	75.6
Toneladas	TM	204.12	204.12	204.12	204.12	204.12	204.12	204.12	204.12	204.12	204.12	204.12
N° de tal. Cargados	Unid.	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43
Long. Perforación Tal.	m	4.6	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Diámetro Broca	mm	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Metros Perforados	m	239.2	234.0	234.0	234.0	234.0	234.0	234.0	234.0	234.0	234.0	234.0
Avance Projectado	m	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
Densidad	TM/m ³	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
Accesorios de voladura												
Exsaneles	pza	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43
Cordón detonante	m	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
Explosivos												
Semexsa 65% 1 1/8"x7"	Unid.	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154
Semexsa 65% 1 1/2"x12"	Unid.	430	430	430	430	430	430	430	430	430	430	430
Gelatina esp. 75% 1 1/8"x8"	Unid.	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
Total de explosivos	Kg	199.57	199.57	199.57	199.57	199.57	199.57	199.57	199.57	199.57	199.57	199.57
Resultados												
Avance Real	m	4.2	4.18	4.16	4.28	4.34	4.23	4.23	4.50	4.30	4.31	4.22
Ancho Real	m	4.5	4.64	4.73	4.66	4.71	4.70	4.71	4.73	4.68	4.71	4.74
Alto Real	m	4.0	4.10	4.11	4.25	4.19	4.20	4.20	4.24	4.22	4.10	4.16
Sección	m ²	18	19.02	19.44	20.19	19.73	19.74	20.06	19.75	19.75	19.31	19.72
Volumen Roto	m ³	75.6	74.19	81.26	83.98	85.65	83.50	90.25	84.92	84.92	83.23	83.21
Sobrerotura	%	0.0	10%	11%	11%	11%	11%	12%	11%	11%	11%	11%
Eficiencia/Disparo	%	100	93%	100%	99%	102%	101%	107%	102%	102%	103%	100%
Factor de Carga	Kg/m ³	2.64	2.69	2.46	2.38	2.42	2.39	2.21	2.21	2.35	2.40	2.40
Factor de avance	Kg/m	47.52	51.17	47.74	47.97	46.63	47.18	44.35	46.41	46.30	47.29	47.29

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 6 Resultados de avances en sección 4,00x4,00 m

Descripción	Unidad	Objetivos	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Prueba 6	Prueba 7	Prueba 8	Prueba 9	Prueba 10
Fecha			21-ago-17	24-ago-17	26-ago-17	28-ago-17	29-ago-17	30-ago-17	02-sep-17	05-oct-17	13-oct-17	14-oct-17
Nivel	100		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Labor		Diferentes Proyectos.	CR796NN	CR796NN	CR796NN	CR796NN	CR796NN	CR796NN	CR796NN	BP796SS	CM634SE	BP796SS
Turno			Día	Noche	Noche	Día	Noche	Noche	Noche	Noche	Día	Día
Ancho diseño	m	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Alto diseño	m	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Sección	m ²	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Volumen Roto	m ³	67.2	67.2	67.2	67.2	67.2	67.2	67.2	67.2	67.2	67.2	67.2
Toneladas	Ton	181.44	181.44	181.44	181.44	181.44	181.44	181.44	181.44	181.44	181.44	181.44
N° de tal. Cargados	Unid.	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43
Long. Perforación Tal.	m	4.6	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Diámetro Broca	mm	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Metros Perforados	m	239.2	234	234	234	234	234	234	234	234	234	234
Avance Projectado	m	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
Densidad	ton/m ³	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
Accesorios de voladura												
Exsaneles	pza	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43
Cordon detonante	m	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Explosivos												
Semexsa 65% 1 1/8"x7"	Unid.	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154
Semexsa 65% 1 1/2"x12"	Unid.	430	430	430	430	430	430	430	430	430	430	430
Gelatina esp. 75% 1 1/8"x8"	Unid.	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
Total de explosivos	Kg	199.57	199.57	199.57	199.57	199.57	199.57	199.57	199.57	199.57	199.57	199.57
Resultados												
Avance Real	m	4.20	4.4	4.18	4.24	4.3	4.26	4.4	4.32	4.3	4.22	4.42
Ancho Real	m	4.00	4.30	4.32	4.22	4.08	4.25	4.16	4.30	4.16	4.20	4.10
Alto Real	m	4.00	4.20	4.20	4.10	4.20	4.14	4.20	4.26	4.10	4.16	4.20
Sección	m ²	16	18.06	18.14	17.30	17.14	17.60	17.47	18.32	17.06	17.47	17.22
Volumen Roto	m ³	67.2	79.46	75.84	73.36	73.68	74.95	76.88	79.13	73.34	73.73	76.11
Sobrerotura	%	0.0	8%	9%	9%	9%	9%	9%	8%	9%	9%	9%
Eficiencia/Disparo	%	100	105%	100%	101%	102%	101%	105%	103%	102%	100%	105%
Factor de Carga	Kg/m ³	2.97	2.51	2.63	2.72	2.71	2.66	2.60	2.52	2.72	2.71	2.62
Factor de avance	Kg/m	47.52	45.36	47.74	47.07	46.41	46.85	45.36	46.20	46.41	47.29	45.15

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 7 Resultados de avances en sección 3,50x3,50 m

Descripción	Unidad	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Prueba 6	Prueba 7	Prueba 8	Prueba 9	Prueba 10
Fecha	Objetivos	28-oct-17	29-oct-17	30-oct-17	31-oct-17	01-nov-17	04-nov-17	17-nov-17	18-nov-17	19-nov-17	22-nov-17
Nivel		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Labor	Diferentes Proyectos.	VE003WW	VE003WW	VE003WW	VE003WW	VE003WW	VE608SS	BP690SS	VE773SE	VE608SS	BP690SS
Turno		Noche	Noche	Día	Noche	Noche	Noche	Día	Noche	Noche	Noche
Ancho diseño	m	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Alto diseño	m	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Sección	m ²	12.25	12.25	12.25	12.25	12.25	12.25	12.25	12.25	12.25	12.25
Volumen Roto	m ³	51.45	51.45	51.45	51.45	51.45	51.45	51.45	51.45	51.45	51.45
Toneladas	Ton	138.92	138.92	138.92	138.92	138.92	138.92	138.92	138.92	138.92	138.92
N° de tal. Cargados	Unid.	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
Long. Perforación Tal.	m	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Diámetro Broca	mm	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Metros Perforados	m	202.4	198	198	198	198	198	198	198	198	198
Avance Projectado	m	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
Densidad	TM/m ³	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
Objetivos											
Accesorios de voladura		36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
Exsaneles	pza	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
Cordon detonante	m	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
Objetivos											
Semexsa 65% 1 1/8"x7"	Unid.	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143
Semexsa 65% 1 1/2"x12"	Unid.	339	339	339	339	339	339	339	339	339	339
Gelatina esp. 75% 1 1/8"x8"	Unid.	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
Total de explosivos	Kg	164.51	164.51	164.51	164.51	164.51	164.51	164.51	164.51	164.51	164.51
Resultados											
Avance Real	m	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
Ancho Real	m	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Alto Real	m	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Sección	m ²	12.25	12.25	12.25	12.25	12.25	12.25	12.25	12.25	12.25	12.25
Volumen Roto	m ³	51.45	51.45	51.45	51.45	51.45	51.45	51.45	51.45	51.45	51.45
Sobrerotura	%	0.0	11%	12%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	12%
Eficiencia/Disparo	%	100	100%	102%	103%	101%	103%	100%	98%	101%	105%
Factor de Carga	Kg/m ³	3.20	2.89	2.75	2.86	2.83	2.82	2.80	2.89	2.80	2.66
Factor de avance	Kg/m	39.17	38.26	38.08	38.62	39.55	37.99	39.17	39.93	38.80	37.39

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 8 Precio de avance por metro en sección 4,50x4,00 m

Rampa, Crucero, ByPass, Estocada, Cámara Carguío 4.50 x 4.00 m						
LABOR	Crucero, Rampas, Bypass			Taladros perforados: 52		Taladros cargados:43
SECCIÓN	4,5x4,0			Taladros de alivio: 4		Long. Efectiva/tal. 13-15 pies
CAMBIOS S/. / \$	3,225			Pies/disparo: 780		Sobrerotura :1,10
EFICIENCIA DEL DISPARO	90%			Bbss obrero: 105.89%		Factor carga : 2.85
AVANCE/DISPARO	3,67			Gravedad específica: 2,7		Ton/disp. 178,36
Distancia de acarreo:	Hasta 200m			Vol /Disp (m³): 66		
Rendimiento Jumbo 2 Brazo m/hr	100			Capacidad Scoop yd3		6
Rendimiento Scoop Ton/hr	75.53			Capacidad Cuchara m3		3.67
Factor Esponjamiento	35%			Traslado Jumbo hrs		0.5
Factor de Llenado	80%			Instalación hrs		0.25
Carguío Volquete min/Cuchara	3.5			Traslado Scoop hrs		0.52
N° Viajes	27					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/Unit	Vida Util	Costo Parcial	costo/m
PERSONAL						
Operador de Jumbo	Tarea	78	222.36	100%	5,378.04	
Ayudante de operador jumbo	Tarea	78	191.48	100%	4,631.09	
Operador de Scoop	Tarea	78	212.07	100%	5,129.06	
Cargador/Disparador	Tarea	78	170.89	100%	4,133.12	
Ayudante Cargador/Disparador	Tarea	78	157.09	100%	3,799.48	
Bombero	Tarea	78	164.71	100%	3,983.73	
	Total Tarea	468				90.18
VENTILACION						
Manga ventilación 36"	m	3.67	6.05		22.20	
Accesorios manga de ventilación	%		5%		1.11	6.35
MAQUINARIA Y EQUIPO						
Jumbo - Operación	hor	2.97	60.74		180.34	
Jumbo - Propiedad	hor	3.67	62.65		229.93	
scoop 6 yd3 - Operación	hor	4.72	52.54		248.22	
scoop 6 yd3 - Propiedad	hor	5.58	41.42		231.11	
Bomba eléctrica	hor	0.00	4.95		0.00	
Camión Volvo	ton	0.00	3.58		0.00	
						242.40
PERFORACION						
Barra MF 16' T38-H35-R32	pza	2	560.00		7,500.00	58.24
Broca R32 x 45 mm	pza	2	75.00		1,675.00	34.93
Shank adapter 1238 T38 rosca T	pza	2	255.00		9,000.00	22.10
Adapter pilot	pza	1	217.45		2,500.00	4.87
Broca rimadora 3"	pza	1	154.00		2,000.00	4.31
Afiladora de brocas	pza	1	1,750.00		100,000.00	13.65
Copas de afilado	pza	3	170.50		10,000.00	13.30
Unión rápida 2"	pza	1	20.00		16.00	1.25
Alcayata	pza	2	6.05		1.00	12.09
Manguera 1"	m	60	3.46		100.00	2.08
						45.45
HERRAMIENTAS						
Alambre	kg	1	1.11		10.00	0.11
Pintura spray	lat	1	1.82		1.00	1.82
Atacador	pza	2	3.44		10.00	0.69
Barretilla	jgo	1	167.33		150.00	1.12
Comba	pza	1	25.68		150.00	0.17
Escalera de aluminio	pza	1	155.33		180.00	0.86
Lampa	pza	1	10.29		25.00	0.41
Llave 14"	pza	1	27.42		150.00	0.18
Llave 18"	pza	1	39.38		150.00	0.26
Pico	pza	1	11.00		75.00	0.15
Punzón cebo	pza	1	10.00		150.00	0.07
Cucharilla	pza	1	5.00		75.00	0.07
Soplete	pza	1	35.00		150.00	0.23
Cuerda de nylon	m	1	1.86		20.00	0.09
Pantalla Reflector	pza	1	232.99		150.00	1.55
Tubo PVC Sal. 1.1/2" x 3 mts	pza	15	1.30		1.00	19.50
Tacos de arcilla	pza	42	0.52		1.00	21.75
Cintillos	pza	1	0.20		1.00	0.20
Válvulas 1"	pza	1	13.00		50.00	0.26
Pintura esmalte	gal	1	11.33		10.00	1.13
Varios						13.79

IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD						
Ropa de agua	jgo	234.00	27.81	90.00	72.32	
Bota de jebe	par	468.00	23.72	180.00	61.67	
Guante de jebe	par	312.00	6.40	30.00	66.56	
Guantes Dieléctrico	par	156.00	44.34	30.00	230.57	
Mameluco	pza	468.00	24.78	150.00	77.33	
Protector	pza	468.00	13.98	360.00	18.17	
Respirador	pza	468.00	20.77	180.00	54.00	
Cartucho para respirador	pza	468.00	10.80	25.00	202.18	
Filtros	par	468.00	7.63	15.00	238.09	
Correa seguridad	pza	468.00	8.93	150.00	27.86	
Lentes de seguridad	pza	468.00	6.98	150.00	21.77	
Barbiquejo	pza	468.00	0.67	60.00	5.23	
Tafilete para protector	pza	468.00	2.85	180.00	7.41	
Tapón oído	pza	468.00	1.30	30.00	20.28	
Orejera H7B PELTOR	pza	468.00	25.17	180.00	65.43	
Arnés de seguridad	pza	78.00	39.58	180.00	17.15	
Línea de vida	pza	78.00	64.86	90.00	56.21	
Lámpara	pza	468.00	307.00	900.00	159.64	
Mantenimiento lámpara	N/A	10%			15.96	
Varios (cobertores, conos, arnes y otros)		0%		1,417.84	0.00	4.73
SUB TOTAL						402.91
Utilidad	12%	Costo Directo				48.35
TOTAL COSTO DIRECTO						451.26
Gastos Generales/Supervisión y Servicios						280.81
TOTAL COSTO DIRECTO US\$/Mt						732.07

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 9 Precio de avance por metro en sección 4,00x4,00 m

Rampa, Crucero, ByPass, Estocada, Cámara Carguío 4.00 x 4.00 m							
LABOR	Crucero, Estocada	Rampas,	ByPass,				
SECCIÓN	4,0x4,0			Taladros perforados: 52		Taladros cargados:43	
CAMBIOS S/. / \$	3,225			Taladros de alivio: 4		Long. Efectiva/tal. 13-15 pies	
EFICIENCIA DEL DISPARO	90%			Pies/disparo: 780		Sobrerotura :1,10	
AVANCE/DISPARO	3,67			Bbss obrero: 105.89%		Factor carga : 2.85	
Distancia de acarreo:	Hasta 200m			Gravedad específica: 2,7		Ton/disp. 158,54	
Rendimiento Jumbo 2 Brazo m/hr	100			Vol /Disp (m ³): 58.72			
Rendimiento Scoop Ton/hr	75.53			Capacidad Scoop yd3	6		
Factor Esponjamiento	35%			Capacidad Cuchara m3	3.90		
Factor de Llenado	85%			Traslado Jumbo hrs	0.5		
Carguío Volquete min/Cuchara	2.5			Instalación hrs	0.25		
N° Viajes	16			Traslado Scoop hrs	0.52		
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/Unit	Vida Util	Costo Parcial	costo/m	
PERSONAL							
Operador de Jumbo	Tarea	78	222.36	100%	5,378.04		
Ayudante de operador jumbo	Tarea	78	191.48	100%	4,631.09		
Operador de Scoop	Tarea	78	212.07	100%	5,129.06		
Cargador/Disparador	Tarea	78	170.89	100%	4,133.12		
Ayudante Cargador/Disparador	Tarea	78	157.09	100%	3,799.48		
Bombero	Tarea	78	164.71	100%	3,983.73		
	Total Tarea	468					90.18
VENTILACION							
Manga ventilación 36"	m	3.67	6.05		22.20		
Accesorios manga de ventilación	%		5%		1.11		6.35
MAQUINARIA Y EQUIPO							
Jumbo - Operación	hor	2.97	60.74		180.34		
Jumbo - Propiedad	hor	2.97	62.65		186.01		
scoop 6 yd3 - Operación	hor	3.52	52.54		185.12		
scoop 6 yd3 - Propiedad	hor	5.58	41.42		231.11		
Bomba eléctrica	hor	0.00	4.95		0.00		
Camión Volvo	ton	0.00	3.58		0.00		
							213.24
PERFORACION							
Barra MF 16' T38-H35-R32	pza	2	560.00		7,500.00	58.24	
Broca R32 x 45 mm	pza	2	75.00		1,675.00	34.93	
Shank adapter 1238 T38 rosca T	pza	2	255.00		9,000.00	22.10	
Adapter pilot	pza	1	217.45		2,500.00	0.00	
Broca rimadora 3"	pza	1	194.42		2,000.00	5.44	
Afiladora de brocas	pza	1	1,750.00		100,000.00	13.65	
Copas de afilado	pza	3	170.50		10,000.00	13.30	
Unión rápida 2"	pza	1	20.00		16.00	1.25	
Alcayata	pza	2	6.05		1.00	12.09	
Manguera 1"	m	60	3.46		100.00	2.08	44.44
HERRAMIENTAS							
Alambre	kg	1	1.11		10.00	0.11	
Pintura spray	lat	1	1.82		1.00	1.82	
Atacador	pza	2	3.44		10.00	0.69	
Barretilla	jgo	1	167.33		150.00	1.12	
Comba	pza	1	25.68		150.00	0.17	
Escalera de aluminio	pza	1	155.33		180.00	0.86	
Lampa	pza	1	10.29		25.00	0.41	
Llave 14"	pza	1	27.42		150.00	0.18	
Llave 18"	pza	1	39.38		150.00	0.26	
Pico	pza	1	11.00		75.00	0.15	
Punzón cebo	pza	1	10.00		150.00	0.07	
Cucharilla	pza	1	5.00		75.00	0.07	
Soplete	pza	1	35.00		150.00	0.23	
Cuerda de nylon	m	1	1.86		20.00	0.09	
Pantalla Reflector	pza	1	232.99		150.00	1.55	
Tubo PVC Sal. 1.1/2" x 3 mts	pza	15	1.30		1.00	19.50	
Tacos de arcilla	pza	42	0.52		1.00	21.75	
Cintillos	pza	1	0.20		1.00	0.20	
Válvulas 1"	pza	1	13.00		50.00	0.26	
Pintura esmalte	gal	1	11.33		10.00	1.13	

Varios						13.79
IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD						
Ropa de agua	jgo	234.00	27.81	90.00		00.00
Bota de jebe	par	468.00	23.72	180.00		61.67
Guante de jebe	par	312.00	6.40	30.00		66.56
Guantes Dieléctrico	par	156.00	44.34	30.00		230.57
Mameluco	pza	468.00	24.78	150.00		77.33
Protector	pza	468.00	13.98	360.00		18.17
Respirador	pza	468.00	20.77	180.00		54.00
Cartucho para respirador	pza	468.00	10.80	25.00		202.18
Filtros	par	468.00	7.63	15.00		238.09
Correa seguridad	pza	468.00	8.93	150.00		27.86
Lentes de seguridad	pza	468.00	6.98	150.00		21.77
Barbiquejo	pza	468.00	0.67	60.00		5.23
Tafílete para protector	pza	468.00	2.85	180.00		7.41
Tapón oído	pza	468.00	1.30	30.00		20.28
Orejera H7B PELTOR	pza	468.00	25.17	180.00		65.43
Arnés de seguridad	pza	78.00	39.58	180.00		0.00
Línea de vida	pza	78.00	64.86	90.00		0.00
Lámpara	pza	468.00	307.00	900.00		159.64
Mantenimiento lámpara	N/A	10%				15.96
Varios (cobertores, conos, arnes y otros)		0%		1,417.84		0.00
SUB TOTAL						372.24
Utilidad	12%	Costo Directo				44.67
TOTAL COSTO DIRECTO						416.91
Gastos Generales/Supervisión y Servicios						280.81
TOTAL COSTO DIRECTO US\$/Mt						697.72

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 10 Precio de avance por metro en sección 3,50x3,50 m

Rampa, Crucero, ByPass, Galería, Subnivel 3.50 x 3.50 m						
LABOR	Crucero, Rampas, Bypass					
SECCIÓN	Subnivel		Taladros perforados: 44	Taladros cargados:36		
CAMBIOS S/. / \$	3,50x3,50		Taladros de alivio: 4	Long. Efectiva/tal. 13-15 pies		
EFICIENCIA DEL DISPARO	3,225		Pies/disparo: 616	Sobrerotura :1,10		
AVANCE/DISPARO	90%		Bbss obrero: 105.89%	Factor carga : 2.75		
Distancia de acarreo:	3,67		Gravedad específica: 2,7	Ton/disp. 121.39		
Rendimiento Jumbo 1 Brazo m/hr	Hasta 200m		Vol /Disp (m ³): 44.96			
Rendimiento Scoop Ton/hr	60		Capacidad Scoop yd3	4.2		
Factor Esponjamiento	50.35		Capacidad Cuchara m3	2.73		
Factor de Llenado	35%		Traslado Jumbo hrs	0.5		
Carguio Volquete min/Cuchara	85%		Instalación hrs	0.25		
N° Viajes	2.5		Traslado Scoop hrs	0.5		
N° Viajes	17					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/Unit	Vida Util	Costo Parcial	costo/m
PERSONAL						
Operador de Jumbo	Tarea	78	222.36	100%	5,378.04	
Ayudante de operador jumbo	Tarea	78	191.48	100%	4,631.09	
Operador de Scoop	Tarea	78	212.07	100%	5,129.06	
Cargador/Disparador	Tarea	78	170.89	100%	4,133.12	
Ayudante Cargador/Disparador	Tarea	78	157.09	100%	3,799.48	
Bombero	Tarea	78	164.71	100%	3,983.73	
	Total Tareas	468				87.27
VENTILACION						
Manga ventilación 36"	m	3.67	6.05		22.20	
Accesorios manga de ventilación	%		5%		1.11	6.35
MAQUINARIA Y EQUIPO						
Jumbo 1 brazo - Operación	hor	3.88	44.55		172.83	
Jumbo 1 brazo - Propiedad	hor	3.88	44.31		171.88	
scoop 4.2 yd3 - Operación	hor	3.91	40.89		160.04	
scoop 4.2 yd3 - Propiedad	hor	3.91	26.98		105.57	
Bomba electrica	hor	0.00	4.95		0.00	
Camion Volvo	ton	0.00	3.58		0.00	
						166.30
PERFORACION						
Barra MF 16' T38-H35-R32	pza	2	560.00	7,500.00	45.99	
Broca R32 x 45 mm	pza	2	75.00	1,675.00	27.58	
Shank adapter 1238 T38 rosca T	pza	2	255.00	9,000.00	17.45	
Adapter pilot	pza	1	217.45	2,500.00	0.00	
Broca rimadora 4"	pza	1	194.42	2,000.00	5.44	
Afiladora de brocas	pza	1	1,750.00	100,000.00	10.78	
Copas de afilado	pza	3	170.50	10,000.00	10.50	
Unión rápida 2"	pza	1	20.00	16.00	1.25	
Alcayata	pza	2	6.05	1.00	12.09	
Manguera 1"	m	60	3.46	100.00	2.08	36.29
HERRAMIENTAS						
Alambre	kg	1	1.11	10.00	0.11	
Pintura spray	lat	1	1.82	1.00	1.82	
Atacador	pza	2	3.44	10.00	0.69	
Barretilla	jgo	1	167.33	150.00	1.12	
Comba	pza	1	25.68	150.00	0.17	
Escalera de aluminio	pza	1	155.33	180.00	0.86	
Lampa	pza	1	10.29	25.00	0.41	
Llave 14"	pza	1	27.42	150.00	0.18	
Llave 18"	pza	1	39.38	150.00	0.26	
Pico	pza	1	11.00	75.00	0.15	
Punzon cebo	pza	1	10.00	150.00	0.07	
Cucharilla	pza	1	5.00	75.00	0.07	
Soplete	pza	1	35.00	150.00	0.23	
Cuerda de nylon	m	1	1.86	20.00	0.09	
Pantalla Reflector	pza	1	232.99	150.00	1.55	
Tubo PVC Sal. 1.1/2" x 3 mts	pza	15	1.30	1.00	19.50	
Tacos de arcilla	pza	38	0.52	1.00	19.68	
Cintillos	pza	1	0.20	1.00	0.20	
Válvulas 1"	pza	1	13.00	50.00	0.26	
Pintura esmalte	gal	1	11.33	10.00	1.13	

Varios					13.23
IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD					
Ropa de agua	jgo	234.00	27.81	90.00	0.00
Bota de jebe	par	468.00	23.72	180.00	61.67
Guante de jebe	par	312.00	6.40	30.00	66.56
Guantes Dieléctrico	par	156.00	44.34	30.00	230.57
Mameluco	pza	468.00	24.78	150.00	77.33
Protector	pza	468.00	13.98	360.00	18.17
Respirador	pza	468.00	20.77	180.00	54.00
Cartucho para respirador	pza	468.00	10.80	25.00	202.18
Filtros	par	468.00	7.63	15.00	238.09
Correa seguridad	pza	468.00	8.93	150.00	27.86
Lentes de seguridad	pza	468.00	6.98	150.00	21.77
Barbiquejo	pza	468.00	0.67	60.00	5.23
Tafílete para protector	pza	468.00	2.85	180.00	7.41
Tapón oído	pza	468.00	1.30	30.00	20.28
Orejera H7B PELTOR	pza	468.00	25.17	180.00	65.43
Arnés de seguridad	pza	78.00	39.58	180.00	0.00
Línea de vida	pza	78.00	64.86	90.00	0.00
Lámpara	pza	468.00	307.00	900.00	159.64
Mantenimiento lámpara	N/A	10%			15.96
Varios (cobertores, conos, arnés y otros)		0%		1,272.16	0.00
SUB TOTAL					313.54
Utilidad	12%	Costo Directo			37.63
TOTAL, COSTO DIRECTO					351.17
Gastos Generales/Supervisión y Servicios					280.81
TOTAL, COSTO DIRECTO US\$/Mt					631.98

Fuente: Elaboración Propia