

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**“PERFORACIÓN CON BARRENO DE 14 PIES PARA MEJORAR EL
AVANCE EN LAS LABORES DE NIVEL 200 DE LA UNIDAD MINERA
RAURA”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

PRESENTADO POR:

MAURO GERMAN SUCASACA CALSIN

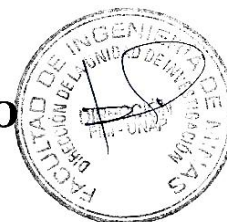
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PUNO - PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO



FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

**“PERFORACIÓN CON BARRENO DE 14 PIES PARA MEJORAR EL AVANCE EN LAS
LABORES DE NIVEL 200 DE LA UNIDAD MINERA RAURA”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PRESENTADO POR:

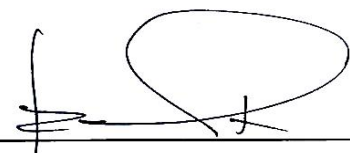
MAURO GERMAN SUCASACA CALSIN

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

APROBADO POR:


PRESIDENTE

: 
Dr. Eugenio Alfredo Cámac Torres

PRIMER MIEMBRO

: 
Dr. Fernando Benigno Salas Urviola.

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Ing. Amílcar Giovanni Terán Dianderas.

ÁREA: Ingeniería de Minas

TEMA: Desarrollo de Labores Mineras y Otras Excavaciones

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 07 de noviembre del 2019

DEDICATORIA

A mis queridos padres con mucho amor y cariño:
María F. Calsin y Mateo Sucasaca, por haber confiado
en que podía alcanzar la meta. Nunca los podre igualar
en su cariño y entrega.

INDICE GENERAL

Dedicatoria.....	3
Índice de figuras.....	5
Índice de tablas.....	6
Índice de acrónimos.....	7
1. Título.....	8
2. Autores, afiliación y dirección institucional.....	8
3. Resumen.....	10
4. Palabras claves.....	10
5. Abstract.....	10
6. Keywords.....	11
7. Introducción.....	11
8. Materiales y métodos.....	11
8.1. Tipo de investigación.....	11
8.2. Diseño metodológico.....	11
8.3. Población y muestra.....	12
8.4. Unidad de muestreo.....	12
8.5. Operacionalización de variables.....	13
8.6. Técnicas de recolección de datos.....	13
9. Resultados y discusión.....	13
9.1. Programa de producción.....	13
9.2. Característica geomecánica de las vetas de nivel 200 – Mina Raura.....	14
9.3. Aplicación de barreno de 14 pies en la Unidad Minera Raura.....	17
9.3.1. Programación para la perforación de las labores de preparación y desarrollo.....	17
9.3.2. Comparación de parámetros de perforación teórico y real.....	18
9.3.3. Diseño de mallas de perforación y voladura.....	19
9.3.4. Control de tiempo de perforación con barreno de 14 pies.....	20
9.3.5. Perforación mecanizada con barreno de 14 pies en nivel 200.....	21
9.3.6. Reporte semanal de la disponibilidad mecánica de los jumbos en nivel 200.....	22
9.3.7. Porcentaje de cumplimiento semanal del avance con barreno de 14 pies en nivel 200....	23
9.3.8. Cumplimiento de los avances de las perforaciones mecanizada mensuales.....	24
9.3.9. Producción mensual de los equipos de perforación.....	24
10. Conclusiones.....	25
11. Agradecimientos.....	25
12. Bibliografía.....	25

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estructura del diseño metodológico.....	12
Figura 2: Izq. Campamento de la Mina Raura; Der. planta concentradora - 2019	13
Figura 3: Malla de perforación para sección de 3.50 x 3.50 m.....	20

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Unidades de medida	13
Tabla 2: Compresión uniaxial de las vetas de nivel 200 – Mina Raura	14
Tabla 3: Ensayo de compresión triaxial en las vetas – Mina Raura.....	15
Tabla 4: Ensayo de constantes elásticas en las vetas – Mina Raura	16
Tabla 5: Ensayo de tracción indirecta en las vetas – Mina Raura.....	17
Tabla 6: Implementación del programa de ciclado de labores para voladura en la zona baja de la Mina Raura nivel 200.....	18
Tabla 7: Parámetros del labor 3.50x3.50 m	19
Tabla 8: Control de tiempo de perforación de 14 pies.	21
Tabla 9: Parámetros de perforación mecanizada con barrenos de 14 pies en nivel 200.....	21
Tabla 10: Disponibilidad mecánica de equipos jumbos – semana 09.....	22
Tabla 11: Disponibilidad mecánica de equipos jumbos – semana 10.....	22
Tabla 12: Disponibilidad mecánica de equipos jumbos – semana 11	22
Tabla 13: Disponibilidad mecánica de equipos jumbos – semana 12.....	22
Tabla 14: Porcentaje de cumplimiento semanal en las labores del nivel 200	23
Tabla 15: Cumplimiento de los porcentajes mensuales de los jumbos - 2018.....	24
Tabla 16: Producción mensual de los equipos	24

INDICE DE ACRONIMOS

P.U.	: Precio unitario
Und	: Unidad
g/cc	: Gramos por centímetro cúbico
MPa	: Mega pascal
m	: Metro
GPa	: Giga pascal
ml	: Metro lineal
m ² /día	: Metro cuadrado por día
NW	: Nor-Oeste
SE	: Sur Este
TM/h	: Tonelada métrica por hora
TM/día	: Tonelada métrica por día
US\$/TM	: Dólares por tonelada métrica

I. Título

“Perforación con barreno de 14 pies para mejorar el avance en las labores de nivel 200 de la Unidad Minera Raura.”

“Drilling with a 14-foot hole to improve the progress in the level 200 work of the Raura Mining Unit”

Bach. Mauro German Sucasaca Calsin

Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería de Minas, Av. Sesquicentenario N° 1154 Ciudad Universitaria, Puno, Perú, calsin_27@hotmail.com

2. Autores, Afiliación y Dirección Institucional

López, J.J. (2019) la presente investigación tuvo por objetivo determinar cómo influye la energía de los explosivos en la optimización de los avances en las labores subterráneas de la Compañía Minera Casapalca S.A. Las conclusiones más resaltantes de este estudio son: La energía de los explosivos, distribuidos adecuadamente en los frentes de desarrollo, permiten mejorar significativamente los avances como es el caso en que se redujo el consumo de explosivo de 46.07 kg/m a 43.64 kg/m y se mantuvo el mismo avance de 3.70 metros.

Quispe, N. (2019) la presente investigación tuvo por objetivo optimizar los costos unitarios de ejecución de labores de desarrollo. La conclusión más resaltante de este estudio realizado se optimiza en 0.75US\$/disparo, el cual nos indica que podemos generar utilidades favorables para la empresa debido a que con la misma mano de obra se pudo aumentar la longitud del taladro y la eficiencia.

Huacho, M. (2018) la presente investigación tuvo por objetivo determinar cómo influye la cantidad de energía explosiva para mejorar los avances en el Nv. 12 – veta Oroya - Compañía Minera Casapalca S.A. Las conclusiones más resaltantes de este estudio son: I) La cantidad de energía explosiva permite mejorar significativamente los avances en el Nv. 12 – veta Oroya Compañía Minera

Casapalca S.A.”II) Después de la voladura se obtuvieron resultados muy buenos ya que el avance fue de 96,81% (2,13) en la Galería 960W y 97,71% (2,15) en el XC 896E, mientras que anteriormente el avance de los disparos era menor al 88%, es decir solo de 1,94 m aproximadamente.

Chávez, Y.R. (2018) la presente investigación tuvo por objetivo seleccionar el explosivo o agente de voladura a emplear en la Galería 370. Las conclusiones más resaltantes de este estudio son: I) Las técnicas de voladura contralada, el control de perforación y voladura y la selección correcta del explosivo en la corona (Exsablock 45%), reducirá un porcentaje significativo la sobre rotura en la Galería 370. II) El avance lineal será de 3.47 metros por disparo, cumpliendo el programa mensual a la fecha establecida.

Romero, J. & Otrilla, G. (2018) la presente investigación tuvo por objetivo comparar en toneladas las producciones y los avances obtenidos antes y después de mejorar los parámetros de perforación y voladura las conclusiones más resaltantes es: I) Se optimizaron los costos de avance en las labores de M684 para un avance de 3.49 m se gana 14.95 US\$ por metro, G1151 para un avance de 3.42 m se gana 13.29 US\$/por metro y en K1060 se obtuvo una ganancia de 8.82 US\$/por metro para un avance de 3.45 m II) Las toneladas obtenidas

con las mejoras realizadas, en el segundo semestre del año 2017 fueron de 34000 Tn de mineral; mientras que en el anterior semestre fueron de 28400 Tn de mineral, obteniendo así un aumento de la producción de 5600 Tn, representando un incremento del 8% de beneficio para la empresa minera, en cuanto a producción obtenida. Estos índices de producción se deben gracias a un incremento de los avances obtenidos en el segundo semestre del año 2017, que fue de 218.87 m.

Guillen, M.P. (2018) la presente investigación tuvo por objetivo identificar problemas en el avance lineal y sobrerotura de labores mineras. Las conclusiones más resaltantes de este estudio es el trabajo que se realiza en las operaciones unitarias donde están implicados desde un obrero hasta el superintendente es muy importante, ya que todos tienen el mismo fin de realizar la perforación y voladura de manera correcta y sin incidentes en avance y producción. Como también diseñar una malla de perforación y voladura en base a las clasificaciones geo mecánicas, permite optimizar la distribución de energía, con mucha más precisión, que de manera común o empleando otros modelos matemáticos.

Choque, E. (2017) la presente investigación tuvo por objetivo determinar la carga explosiva adecuada, según el postulado de Roger Holmberg para reducir las incidencias de voladuras deficientes en las labores de preparación y desarrollo e infraestructura ejecutados por la E.E. IESA S.A. en la U.O. ARCATA s.a. de la CÍA Minera ARES S.A.C. . Las conclusiones más resaltantes de este estudio: Se logra una eficiencia de voladura en cuanto a avances lineales, de un promedio de: 2.33 m/disparo a un avance promedio de 2.97 m/disparo. En el mes de julio, estos resultados se reflejan en el cumplimiento mensual de los metrajes programados durante el mes.

Pacahuala, M. (2015) en sus objetivos indica identificar y establecer el rendimiento del ciclo de minado con los estándares actualizados de perforación y voladura en los frentes de avance de la empresa especializada Mincotrall S.R.L – MARSA. En sus conclusiones indica que la actualización de los

estándares, de 6 pies a 8 pies, en la operación unitaria de perforación y voladura influyó positivamente para la disminución de 348 a 311 US\$/ml en frente de avance.

Carrasco, P. (2015) la presente investigación tuvo por objetivo mejorar la eficiencia y eficacia de la voladura que se realiza en la Unidad Parcoy. Las conclusiones más resaltantes es: I) Se mejoró la eficiencia de la voladura que se realiza en la Unidad Parcoy, mediante una óptima distribución de la energía en el macizo rocoso que asegura una eficiencia de la voladura de 92 % que equivale a un avance de 3.6 m promedio por disparo. II) Se perfora 52 de producción de 45 mm de diámetro y 02 de alivio de 102 mm de diámetro en una sección de 12.685m justifica una eficiencia de la voladura 92 %.

Mendoza, N. (2014) la presente investigación tuvo por objetivo evaluar los costos operativos de mina, aplicando para ello un control y seguimiento operativo de las operaciones unitarias de perforación y voladura. Las conclusiones más resaltantes de este estudio son: I) La mayor reducción de costo operativo se obtuvo en la operación unitaria de voladura a 59,70 US\$/ml (30,81% de la reducción total), seguido por la perforación 30,07 US\$/ml (42,41% de la reducción total), la limpieza-acarreo de 7,63 US\$/TM se redujo en 1,17 US\$/TM (9,51 % de la reducción total) , una importante mejora en el ciclo de extracción, se minimizó el sostenimiento y beneficios económicos interesantes no mapeados en este trabajo. II) El costo por metro de avance en un crucero antes 406,51 US\$/ml, al ser optimizado este costo bajo a 331,06 US\$/ml en caso se usara el Emulex los costos serios 290,18 US\$/ml.

Sánchez, Y.V. (2012) en sus objetivos indica elegir la mejor alternativa, en base al análisis de los resultados obtenidos. En sus conclusiones indica la industria minera, como toda actividad económico-productiva, demanda de una permanente y constante revisión de sus procesos, para ajustarlos a los avances técnico-científicos y operativos que se desarrollan para mejorar la eficiencia y rentabilidad de los proyectos, beneficios que se desconocen si se mantienen invariables su concepción, diseño y estructura original.

3. Resumen

En el presente informe de investigación trata sobre, la perforación con barreno de 14 pies para mejorar el avance en las labores de nivel 200 de la Unidad Minera Raura, inicia sus operaciones en 1960 mediante labores subterráneos para la producción de minerales (Cobre, Zinc y Plomo). Donde las acciones son de propiedad del Grupo Breca. El objetivo de este informe es realizar perforaciones con barreno de 14 pies en las labores de preparación y desarrollo en el nivel 200, para explotar las vetas: Margot, Hadas Skarn, Brenda y Farallón. Y desarrollar eficientemente el proceso de perforación con el máximo porcentaje de las metas programadas en el nivel 200. El tipo de investigación es descriptiva y explicativa, se describe las labores que serán perforados para alcanzar según el programado por el área de planeamiento de la Mina Raura, y así explotar el mineral para alimentar a la planta concentradora de la mina. Se realizó las perforaciones con barreno de 14 pies en las labores de preparación y desarrollo el mayor longitud es de 40 metros con una sección de 3.5x3.5 m, para construir una ventana para llegar a la veta Farallón. Y la menor longitud a perforar es de 10 m con una sección de 3.50x3.50 m, se ejecuta la perforación para construir ventajas de delimitación del Tj609N. En donde el costo unitario de barra de avance en una sección de 3.50x3.50 m, y la cantidad de 44 taladros perforados es 10.60 US\$/ml. y también se determinó el promedio de tiempo perforado de los 44 taladros de 14 pies, el tiempo promedio para perforar cada taladro de producción es de 3min7seg; y el tiempo promedio para perforar cada taladro de rimado es de 7min11seg. Se desarrolló la perforación de una sección de 3.50x3.50 m, con barreno de 14 pies, obteniendo una eficiencia de disparo máximo de 98% y mínimo de 82% en las labores del nivel 200. Y obteniendo de los reportes de la semana 09 a 12, los equipos de perforación se obtienen un promedio de la DM de 90% y con una promedio de confiabilidad de los equipos de 95%. Y el porcentaje del cumplimiento de las semanas 09, 10, 11 y12, el cumplimiento máximo es de 155% de

avance, donde se reduce el tiempo de explotación de las vetas.

4. Palabras claves

Perforación, mejorar, avance, labor, nivel, voladura.

5. Abstract

This research report is about, drilling with 14-foot drilling to improve the progress in the level 200 work of the Raura Mining Unit, begins operations in 1960 through underground workings for the production of minerals (Copper, Zinc and Lead). Where the shares are owned by the Breca Group. The objective of this report is to drill with 14-foot holes in the preparation and development work at level 200, to exploit the veins: Margot, Fairy Skarn, Brenda and Farallón. And efficiently develop the drilling process with the maximum percentage of the goals set at Level 200. The type of research is descriptive and explanatory, it describes the work that will be drilled to achieve as scheduled by the planning area of the Raura mine and thus exploit the ore to feed the mine's concentrator plant. Perforations with 14-foot drilling were carried out in the preparation and development work, the greatest length is 40 meters with a section of 3.5x3.5 m, to build a window to reach the Farallon vein. And the shortest length to be drilled is 10 m with a section of 3.50x3.50 m, drilling is performed to build advantages of delimitation of the Tj609N. Where the unit cost of progress bar in a section of 3.50x3.50 m, and the amount of 44 drilled holes is 10.60 US \$ / m. and the average perforated time of the 44 14-foot drills was also determined, the average time to drill each production drill is 3min7sec; and the average time to drill each rim drill is 7min11sec. The drilling of a section of 3.50x3.50 m was developed, with a 14-foot hole, obtaining a maximum firing efficiency of 98% and a minimum of 82% in the work of level 200. And obtaining from the reports of week 09 At 12, the drilling rigs get an average DM of 90% and with an average equipment reliability of 95%. And the percentage of compliance with weeks 09, 10, 11 and 12, the maximum compliance is 155%

progress, where the operating time of the veins is reduced.

6. Keywords

Drilling, improve, advance, labor, level, blasting

7. Introducción

El presente informe de investigación se realiza en la Unidad Minera Raura. Se encuentra ubicado el yacimiento polimetálico (Cobre, Zinc y Plomo), en la cuenca de la Cordillera Occidental Peruana, incluye la divisoria continental entre la cuenta del pacifico y del atlántico, entre los Departamentos de Huánuco (Distrito de San Miguel de Cauri, Provincia de Lauricocha) y Lima (Distrito y Provincia de Oyón), La topografía es abrupta con valles y circos glaciares, la altura varia de 4300 m.s.n.m. hasta cumbres glaciares que alcanzan los 5700 m.s.n.m.(Guerrero, 2015); 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. (Ccaso, 2018). El objetivo de este informe es realizar perforaciones con barreno de 14 pies en las labores de preparación y desarrollo en el nivel 200, para explotar las vetas: Margot, Hadas Skarn, Brenda y Farallón. Logrando un mayor rendimiento de los equipos y un mayor avance por disparo y desarrollar eficientemente el proceso de perforación con el máximo

porcentaje de las metas programadas en el Nivel 200.

8. Materiales y métodos

8.1. Tipo de investigación

El presente informe de investigación es de tipo descriptivo y explicativo donde se realiza una explicación detallada de la situación actual de la perforación de las labores en el nivel 200 de la Mina Raura.

Descriptivo: describimos en el presente informe las labores de desarrollo y preparación, que son planeadas para perforar y llegar a las vetas en un tiempo programado de acuerdo al área de planeamiento de mina. Y también se incluye los informes semanales y mensuales de los porcentajes de avances.

Explicativo: Explicamos los porcentajes de los avances del cumplimiento semanal y mensual de las labores para explotar las vetas (Karol, Hadas Skarn, Farallon y Santa Rosa). Y también el porcentaje de la disponibilidad mecánica de los jumbos que se utilizan en la perforación.

8.2. Diseño metodológico

En el informe de investigación, se presenta una metodología para evaluar los resultados de perforación con barreno de 14 pies y así obtener los resultados de las metas programadas como se muestra en la Figura 1.

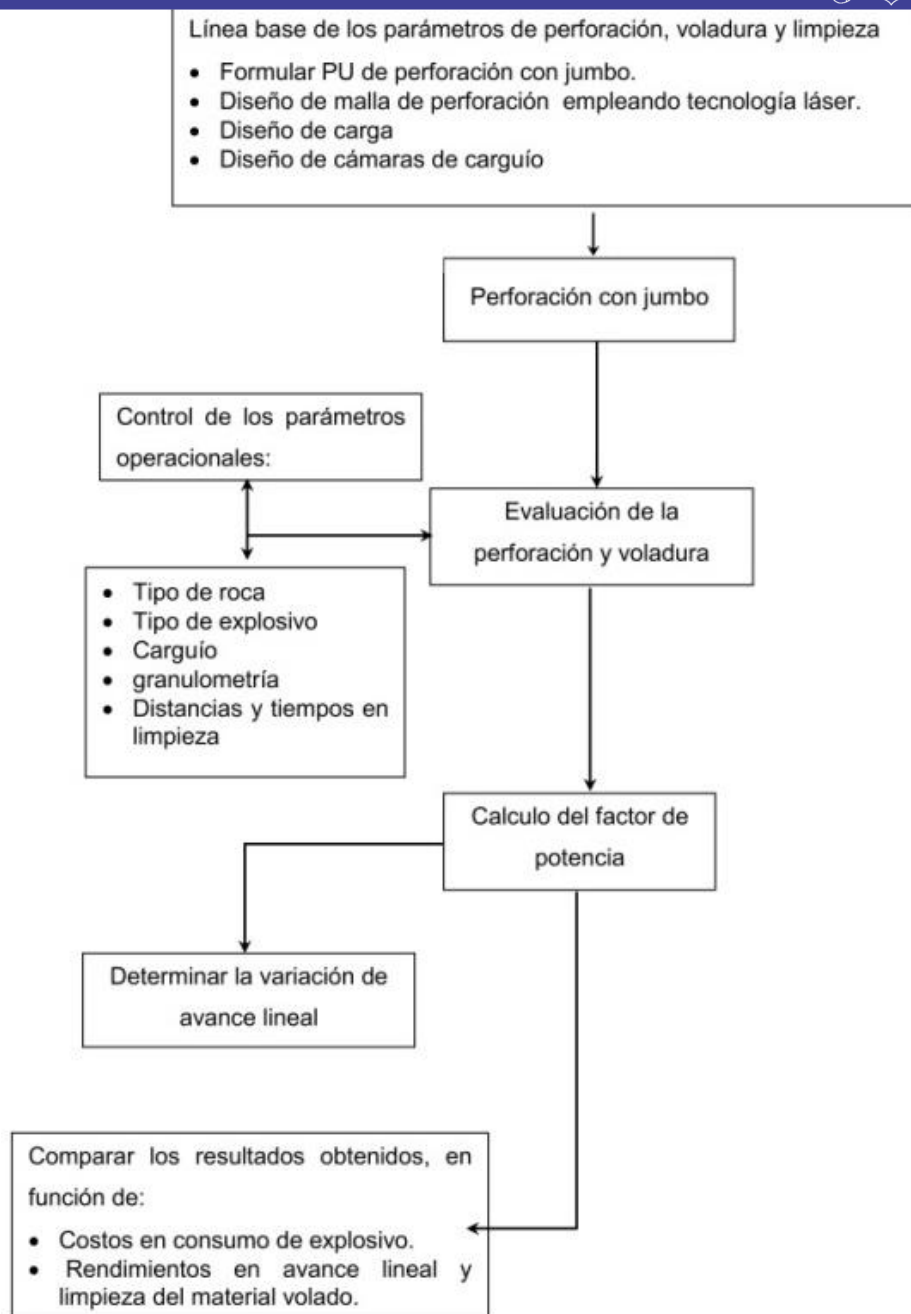


Figura 1: Estructura del diseño metodológico

Fuente: Mina Raura

8.3. Población y muestra

Población: En caso de nuestro informe de investigación la población estará constituida por la Empresa Minera Raura.

Muestra: En nuestra investigación la muestra está constituida por las labores de desarrollo y preparación en secciones 3.50x3.50m ejecutados en el nivel 200.

8.4. Unidad de muestreo

En las unidades de medida de la perforación con barreno de 14 pies para mejorar el avance en las labores de nivel 200 de la Unidad Minera Raura que se encuentran en la siguiente Tabla 1.

Tabla 1: Unidades de medida

Descripción	Unidad de medida
Diámetro	cm
Altura	m
Resistencia a la compresión uniaxial	kg/cm
Resistencia a la compresión uniaxial	MPa
Módulo de Young "E"	GPa
Relación de Poisson	v
Densidad	g/cm ³
Avance lineal	ml
Costo de metro perforado	US\$/ml
Diámetro de la broca	mm

Fuente: Propio del autor

8.5. Operacionalización de variables

Las variables de operación en perforación de barreno de 14 pies para el avance de las labores serán operacionalizadas en cada prueba a realizar.

Variable independiente: Perforación con barreno de 14 pies en la Unidad Minera Raura – 2019.

Variable dependiente: El avance en las labores de nivel 200 de la Unidad Minera Raura – 2019.

8.6. Técnicas de recolección de datos

Reportes diarios de trabajo: En la empresa contratista Aesa, se tiene registrado toda la base de datos de cada equipo y personal, para poder llegar un mejor control de las operaciones.

9. Resultados y discusión

9.1. Programa de producción

Compañía Minera Raura, del grupo Brea, ha dado con una mineralización a profundidad que garantiza que la operación estará en pleno funcionamiento por 25 años más y el zinc seguirá siendo el principal metal de este depósito polimetálico. La mina está situada en la provincia de Oyón, en el departamento de Lima. Actualmente, Raura tiene una capacidad de tratamiento de 2,500 toneladas por día (tpd), con una producción real de aproximadamente 1,600 toneladas diarias de mineral como se muestra en la Figura 2.



Figura 2: Izq. Campamento de la Mina Raura; Der. Planta concentradora - 2019

Fuente: Propio del autor

9.2. Característica geomecánica de las vetas de nivel 200 – Mina Raura

Según los estudios geomecánicos que realizó en el laboratorio de mecánica de rocas de la universidad nacional de ingeniería, la roca intacta tiene los siguientes valores mecánicos y físicos: Se realizaron los siguientes ensayos en el nivel 200 de la mina Raura se muestran en las Tablas 2, 3, 4, 5.

a) Ensayo de compresión uniaxial: Una medida de la resistencia de un material. La resistencia a la compresión uniaxial (UCS) es el esfuerzo de compresión axial máximo que puede tolerar una muestra cilíndrica recta de material antes de fracturarse. Se conoce también como la resistencia a la compresión no confinada de un material porque el esfuerzo de confinamiento se fija en cero. Las pruebas de compresión uniaxial del nivel 200, se muestran en la siguiente Tabla 2.

Tabla 2: Compresión uniaxial de las vetas de nivel 200 – Mina Raura

Veta	Nivel	Labor	Ubicación	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Carga (KN)	Resistencia a la compresión uniaxial(kg/cm)	Resistencia a la compresión uniaxial (MPa)
Margot	200	Tj821	Ct	4.44	8.97	136.5	900	88.3
Margot	200	Tj821	Cp	4.44	8.93	84.8	559	54.8
Margot	200	Tj821	M	4.44	9.00	219.6	1449	142.1
Hadas skarn	200	Tj609	Ct	4.44	9.00	117.8	777	76.2
Hadas skarn	200	Tj609	Cp	4.43	8.61	90.4	596	58.4
Hadas skarn	200	Tj609	M	4.44	8.90	139.3	918	90.0

Fuente: Laboratorio de mecánica de rocas - UNI

b) Ensayo de compresión triaxial: Un ensayo de corte triaxial es un método de medición de las propiedades mecánicas de

muchos sólidos deformables, especialmente rocas, hay muchas variantes del ensayo como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3: Ensayo de compresión triaxial en las vetas – Mina Kaura

Veta/ Nivel	Labor/ Ubicación	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Confin. σ_3 (MPa)	Esfuerzo rotura σ (MPa)	Resisten. Compres. (MPa)	Paramt.Hoek- Brown (mi)	Cohesión (MPa)	Ángulo Fricción Interno(“)
Margot 200	Tj821CP	4.44	9.00	2	60.04				
		4.44	8.99	4	73.48	47.09	12.9	10.7	43.64
		4.44	9.02	6	81.86				
Margot 200	Tj821M	4.44	8.99	2	186.49				
		4.44	9.01	4	202.46	167.33	17.5	29.2	51.94
		4.44	9.01	6	220.12				
Hadas skarn 200	Tj609CT	4.44	9.07	2	85.93				
		4.43	9.03	4	98.83	71.75	13.2	15.0	45.79
		4.43	9.00	6	110.18				
Hadas skarn 200	Tj609CP	4.43	9.05	2	68.30				
		4.43	9.08	4	76.53	52.11	14.4	11.0	45.97
		4.43	9.06	6	92.77				
Hadas skarn 200	Tj609M	4.44	8.96	2	107.85				
		4.44	8.98	4	126.38	93.59	14.6	18.5	47.73
		4.44	8.99	6	134.61				
Brenda 200	Tj678CT	4.43	9.07	2	159.02				
		4.43	9.04	4	181.14	140.04	19.3	24.2	52.62
		4.43	9.00	6	193.97				

Fuente: Laboratorio de mecánica de rocas – UNI

c) Ensayo de constantes elásticas (Módulo de Young y Relación de Poisson):

El módulo de Young (E) y la relación de Poisson (ν) estiman el comportamiento de los esfuerzos y las deformaciones en el macizo rocoso. Valores que se emplean generalmente en el diseño de excavaciones en roca utilizando métodos de cálculo numérico como

se muestra en la Tabla 4. La elasticidad es una propiedad que se asume posee todo material ideal y que algunas rocas presentan en mayor o menor grado y para lo cual deben tenerse en cuenta tres factores principales: homogeneidad, isotropía y continuidad (Vargas *et al.* 2014)

Tabla 4: Ensayo de constantes elasticas en las vetas – Mina Kaura

Veta	Nivel	Labor	Ubicación	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Resist. a la compresión uniaxial (MPa)	Módulo de Young "E" (GPa)	Relación de Poisson "v"
Margot	200	Tj821	Ct	4.44	9.04	76.4	16.10	0.24
Margot	200	Tj821	Cp	4.44	8.96	48.1	10.52	0.25
Margot	200	Tj821	M	4.44	8.99	162.1	32.02	0.22
Hadas skarn	200	Tj609	Ct	4.43	9.07	52.5	13.44	0.27
Hadas skarn	200	Tj609	Cp	4.44	9.05	72.1	20.32	0.25
Hadas skarn	200	Tj609	M	4.44	8.95	113.5	21.01	0.24

Fuente: Laboratorio de mecánica de rocas - UNI

d) Ensayo de tracción indirecta: El ensayo consiste en someter un cilindro a compresión sobre un plano diametral como se muestra en la siguiente Tabla 5. Debido al estado tensional del cilindro, la rotura se produce por tracción cuando las tensiones que aparecen en el plano de aplicación de las cargas alcanzan el valor de la resistencia a tracción del material. En ese instante el

material comienza su fractura y ésta se propaga a lo largo de este plano diametral. Sin embargo el estado tensional no es uniaxial, y el material soporta tensiones de compresión que son normales a las tensiones de tracción, con valores absolutos que sobrepasan en más de tres veces la resistencia a tracción en el momento de la fractura (Muñoz, 2015)

Tabla 5: Ensayo de tracción indirecta en las vetas – Mina Raura

Veta	Nivel	Labor	Ubicación	Díámetro (cm)	Altura (cm)	Carga de Rotura (KN)	Resistencia tracción (kg/cm ³)	Resistencia Tracción (MPa)
Farallón	200	TJ709	M	4.96	2.39	26.2	144	14.1
				4.96	2.39	24.6	135	13.2
				4.96	2.50	22.5	118	11.6
				Promedio				132
Margot	200	TJ821	CT	4.43	2.11	12.5	87	8.5
				4.43	2.09	12.9	90	8.9
				4.43	2.11	13.7	95	9.3
				Promedio				91
Margot	200	TJ821	CP	4.44	2.07	9.1	64	6.3
				4.44	2.15	10.5	71	7.0
				4.44	2.11	10.3	71	7.0
				Promedio				69
Margot	200	TJ821	M	4.44	2.09	13.4	94	9.2
				4.44	2.11	12.4	86	8.4
				4.44	2.20	10.6	70	6.9
				Promedio				83
Hadas skarn	200	TJ609	CT	4.44	2.10	8.2	57	5.6
				4.44	2.11	8.9	62	6.0
				4.44	2.07	7.2	51	5.0
				Promedio				57
Hadas skarn	200	TJ609	CP	4.96	2.37	11.2	62	6.1
				4.95	2.41	11.5	63	6.1
				4.96	2.36	12.8	71	7.0
				Promedio				65
Hadas skarn	200	TJ609	M	4.44	2.16	20.6	139	13.7
				4.44	2.15	17.0	116	11.3
				4.44	2.09	22.2	155	15.2
				Promedio				137

Fuente: Laboratorio de mecánica de rocas - UNI

9.3. Aplicación de barrenos de 14 pies en la Unidad Minera Raura.

9.3.1. Programación para la perforación de las labores de preparación y desarrollo

La Compañía Minera Raura, programa sus labores de desarrollo y preparación a las contratas que ejecutan trabajos de perforación y voladura para luego realizar sus explotaciones de sus vetas. En esta tabla se observa la veta que se explotó según la

planificación del área de planeamiento. Para poder explotar las vetas como: santa rosa, karol, farallón y otros. Se requieren llegar de acuerdo a la programación, en donde se observa las labores de mayor longitud que en este caso es de 40 metros que debe culminarse en la fecha exacta para poder explotar el mineral y así abastecer a la planta procesadora y también cumplir con las metas de producción en la minera Raura como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6: Implementación del programa de ciclado de labores para voladura en la zona baja de la Mina Raura nivel 200

Veta	Nivel	Labor	prioridad mes	Nuevo concepto	Sección	Programa (m)	Objetivo
Karol	200	CM778V VV	2	Preparación	3.5x3.5m	13	Bp de preparación tj658ss
Farallon	200	VE772SE	1		3.5x3.5m	40	Ventana con farallon
Karol	200	CM777V VVV	2		3.5x3.5m	35	Comunicación tj488ee
Karol	200	BP778EE	2		3.5x3.5m	15	By pass de preparación tj488ee
Karol	200	BP778VV VV	1		3.5x3.5m	15	By pass de preparación tj487vvvv
Karol	200	VE727SV V	1		3.5x3.5m	35	By pass de preparación tj487vvvv y tj657ss
Santa Rosa	200	BP742SS	1		3.5x3.5m	20	By pass de preparación
Farallon	200	SN336EE	3		3.5x3.5m	40	tercer subnivel de preparación tj750evvramal farallón
Farallon	200	SN336VV VV	3		3.5x3.5m	20	tercer subnivel de preparación tj750evvramal farallón
Farallon	200	SN770VV VV	2		3.5x3.5m	35	Subnivel de delimitación al oeste
Farallon	200	VE818EV V	0		3.5x3.5m	10	Ventana de preparación para ch slot
Farallon	200	VE798NN	1		3.5x3.5m	10	Ventana de preparación
Hadas skarn	200	VE580VV VV	2		3.5x3.5m	10	Ventanas de delimitación tj609nn
Hadas skarn	200	VE590VV VV	2		3.5x3.5m	10	Ventanas de delimitación tj609nn
Katty	200	CM918NE	1		3.5x3.5m	15	Cámara de acumulación
Katty	200	RN918NE	2	3.5x3.5m	25	Rampa negativa hacia tj731ne	
Rubí	200	CR894NN	1	desarrollo	4.0x4.0m	30	Crucero hacia rubí

Fuente: Área planeamiento – Mina Raura

9.3.2. Comparación de parámetros de perforación teórico y real.

un frente del nivel 200 como se muestra en la Tabla 7.

En presente informe se observa los parámetros de perforación teórico y real que se obtiene en

Tabla 7: Parametros del labor 3.50x3.50 m

Parámetros de labor	Unidad	Caso A Teórico	Caso B Real
Tipo de roca		IIIA	IIIA
Sección de labor	m	3.5x3.5m	3.5x3.5m
N. taladros	unid	44	44
Longitud de la barra	m	4.27	4.27
Longitud de perforación		4.27	3.34
Avance real		3.84	3.03
Eficiencia operativo		90%	91%
Parámetros de tiempos			
Producción	TMS	201.25	143.08
Rendimiento sc-4.0 yd ³	TMS/h	53.4	52.32
Tiempo de limpieza	h	3.77	2.73
Tiempo de perforación	h	3.06	2.17
Ciclo operativo de guardia			
Traslado de personal a interior mina	h	1.00	1.00
Inducción de seguridad y herramientas	h	0.50	0.50
Ventilación ,regado	h	0.50	0.50
Desate	h	0.50	0.50
Piso para sostenimiento	h	1.21	0.98
Sostenimientos con pernos y malla	h	4.50	4.00
Refrigerio	h	1.00	1.00
Marcado de malla	h	0.20	0.20
Perforación de frente	h	3.06	2.17
Carguío/chispeo	h	1.50	1.00
Traslado de personal a superficie	h	1.00	1.00
Total		14.97	12.85
Parámetros de costos			
Precio unitario de barra	US\$	338.34	338.34
Vida útil	PP	7000	6484
Costo unitario	US\$	0.048	0.052
Total pp		616.00	616.00
Costo de perforación	US\$	29.77	32.14
Costo unitario de barra de avance	US\$/m	7.75	10.60

Fuente: Área planeamiento – Mina Raura

9.3.3. Diseño de mallas de perforación y voladura

El diseño de la malla de perforación es la forma en la que se distribuye los taladros de una voladura considerando básicamente a la relación del burden y espaciamiento; y su directa vinculación con la profundidad del

taladro. Como también debe tener una geometría, simetría, ubicación e inclinación. Y el objetivo de diseñar es reducir los gastos de perforación y cantidad de explosivos, obtener buen avance determinar el orden y salida de los taladros como se muestra en la Figura 3.

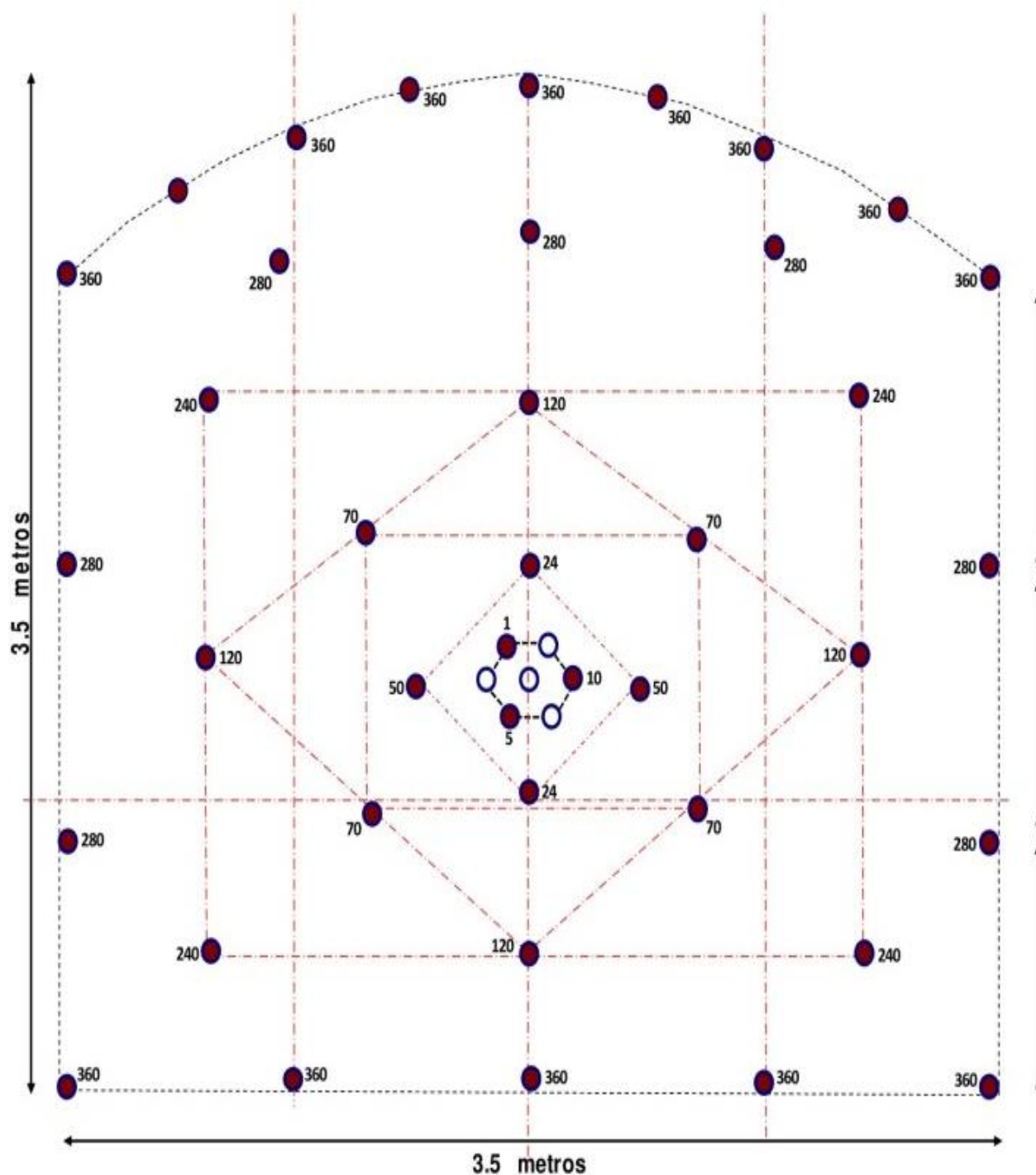


Figura 3: Malla de perforación para sección de 3.50 x 3.50 m

Fuente: Departamento de planeamiento Raura

9.3.4. Control de tiempo de perforación con barreno de 14 pies

siguientes tiempos como se muestra en la siguiente Tabla 8.

Realizando los tres controles de perforación de 14 pies, se obtiene los

Tabla 8: Control de tiempo de perforacion de 14 pies

		Long. tal	Número de Taladros	Posicionado	Tiempos/Taladros (h:m:s)			Vp (m/min)
					Penetrado	Retiro	Tiempo Total	
Control I	Prom.Tiempo Perf.	3.85	40	00:00:13	00:02:41	00:00:09	00:03:03	1.26
	Prom.Tiempo Rimad		4	00:00:09	00:06:26	00:00:19	00:06:54	0.56
Control 2	Prom.Tiempo Perf.	3.87	40	00:00:14	00:02:42	00:00:09	00:03:05	1.25
	Prom.Tiempo Rimad		4	00:00:09	00:06:32	00:00:21	00:07:22	0.53
Control 3	Prom.Tiempo Perf.	3.86	40	00:00:17	00:02:47	00:00:08	00:03:13	1.20
	Prom.Tiempo Rimad		4	00:00:08	00:06:54	00:00:16	00:07:17	0.53
Promedio	Prom.Tiempo Perf.	3.86	40	00:00:15	00:02:43	00:00:09	00:03:07	1.24
	Prom.Tiempo Rimad		4	00:00:08	00:06:44	00:00:18	00:07:11	0.56

Fuente: Departamento de planeamiento Raura

9.3.5. Perforación mecanizada con barreno de 14 pies en nivel 200

Las perforaciones que se ejecutaron en el nivel 200, se realizaron las perforaciones con un sistema mecanizado, utilizando los jumbos modelo Sandvik con barreno de 14 pies en tipo

de roca de dureza medio, teniendo los modelos DD310, DD311 y J60. También teniendo en cuenta los parámetros de perforación y la eficiencia de voladura; como se muestra en siguiente Tabla 9.

Tabla 9: Parámetros de perforación mecanizada con barreno de 14 pies en nivel 200

Equipo	Nivel	Labor	Sección	Tipo de disparo	Terreno	Densidad	N.º tal.cargados (unidad)	N.º tal.alivo(unid)	N.º tal.recorte	Total tal. perforados	Long (Fts) barra. utilizado	Long(Fts)	Diámetro perforación	Long(Fts)	Long(m)	Avance(m)	N.º disparo	m/disparo	Taco(m)	Eficiencia disparo
Dd310-3	200	SN692EW	3.50X3.50	Frente	M	3.50	36	4	4	44	14	11	45	495	3.05	3.0	1.0	3.00	0.0	98%
J60		SN611NN										13	45	572	3.88	3.2	1.0	3.20	0.7	82%
J60		SN611NN										13	45	572	3.88	3.5	1.0	3.48	0.4	90%
DD311-2		SN611NN										12	45	528	3.65	3.5	1.0	3.48	0.2	95%
J60		SN611S										13	45	572	3.85	3.2	1.0	3.20	0.7	83%
DD311-2		SN611NN										12	45	528	3.62	3.5	1.0	3.45	0.2	95%
DD311-3		SN611NN										11	45	484	3.30	3.1	1.0	3.10	0.2	94%
DD311-2		SN611NN										12	45	528	3.60	3.6	1.0	3.55	0.1	99%
J60		SN611NN										13	45	572	3.90	3.1	1.0	3.10	0.8	79%
DD311-2		SN611NN										11	45	484	3.35	3.0	1.0	3.00	0.4	90%
J60		SN611NN										11	45	484	3.35	3.1	1.0	3.10	0.3	93%
DD311-3		SN678W										11	45	484	3.35	3.3	1.0	3.30	0.1	99%
W																				
DD311-2		SN657NS										11	45	484	3.30	2.7	1.0	2.70	0.6	82%

Fuente: Mina Raura

9.3.6. Reporte semanal de la disponibilidad mecánica de los jumbos en nivel 200

mecánica de los equipos de perforación aquí tenemos los reportes de las semanas 09, 10, 11 y 12 como se muestran en las Tablas 10,11,12,13.

Los reportes de cada jefe de guardia realizan el porcentaje de la disponibilidad

Tabla 10: Disponibilidad mecánica de equipos jumbos – semana 09

Equipo	Dispon. mecánica real (%)	Utiliz. real (%)	TPEF	TPER	Confiabilidad (%)
DD-311(1)	82.29%	50.99%	35.25	11.88	74.80%
DD-311(2)	95.24%	37.54%	30.03	0.50	98.36%
DD-311(3)	92.86%	47.81%	74.58	6.00	92.55%
J-60	90.63%	52.35%	15.94	2.15	88.11%

Fuente: Mina Raura

Tabla 11: Disponibilidad mecánica de equipos jumbos – semana 10

Equipo	Dispon. mecánica real (%)	Utiliz. real (%)	TPEF	TPER	Confiabilidad (%)
DD-311(1)	89.64%	53.61%	42.69	1.00	83.17%
DD-311(2)	90.83%	48.83%			
DD-311(3)	89.67%	44.41%	70.00	7.00	82.42%
J-60	64.29%	55.67%	60.00	57.50	55.90%

Fuente: Mina Raura

Tabla 12: Disponibilidad mecánica de equipos jumbos – semana 11

Equipo	Dispon. mecánica real (%)	Utiliz. real (%)	TPEF	TPER	Confiabilidad (%)
DD-311(1)	90.65%	51.73%	82.49	1.50	88.33%
DD-311(2)	84.23%	45.61%	17.14	6.63	80.06%
DD-311(3)	73.09%	49.89%	13.10	9.04	69.90%
J-60	89.63%	57.17%	26.33	6.37	85.31%

Fuente: Mina Raura

Tabla 13: Disponibilidad mecánica de equipos jumbos – semana 12

Equipo	Dispon. mecánica real (%)	Utiliz. real (%)	TPEF	TPER	Confiabilidad (%)
DD-311(1)	82.29%	50.99%	35.25	11.88	74.80%
DD-311(2)	95.24%	37.54%	30.03	0.50	98.36%
DD-311(3)	92.86%	47.81%	74.58	6.00	92.55%
J-60	90.63%	52.35%	15.94	2.15	88.11%

Fuente: Mina Raura

9.3.7. Porcentaje de cumplimiento semanal del avance con barrenos de 14 pies en nivel 200

El factor de porcentaje del cumplimiento se debe a la disponibilidad mecánica de los equipos de perforación que en este caso, se muestra los porcentajes de la disponibilidad de

los equipos que se utilizaron para perforar en el nivel 200, las semanas 09, 10, 11 y 12. Y también en esta tabla se muestra el porcentaje del cumplimiento que llega a un porcentaje que superan el 100%, para perforar las labores de desarrollo y preparación como se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14: Porcentaje de cumplimiento semanal en las labores del nivel 200

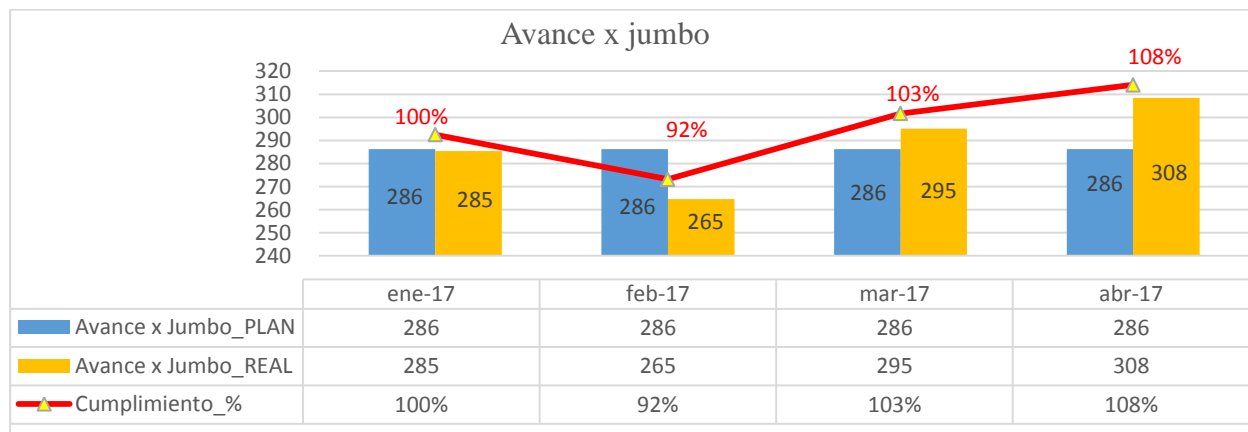
Veta/ Cuerpo	Labor	Sección (m)	Prog. (m)	Semana 09 (m)	Semana 10 (m)	Semana 11 (m)	Semana 12 (m)	Total ejec. (m)	% de cumplimiento
Santa Rosa	VE743WW	3.50x3.50	30	3.25	6.80	0.00	1.30	11.35	38
Santa Rosa	VE743NE	3.50x3.50	20	0.00	1.75	12.59	16.71	31.05	155
Karol	SN730EW	3.50x3.50	50	14.31	18.38	25.47	11.88	70.04	140
Karol	VE771SE	3.50x3.50	20	12.45	6.45	3.12	3.50	25.52	128
Farallon	BP771EW	3.50x3.50	20	0.00	0.00	1.38	0.00	1.38	7
Farallon	SN729EW	3.50x3.50	50	11.45	9.12	11.85	18.20	50.62	101
Farallon	SN770EW	3.50x3.50	50	9.83	9.80	14.95	11.03	45.61	91
Farallon	SN335EW	3.50x3.50	40	0.00	5.92	15.75	10.70	32.37	81
Farallon	CM726SW	3.50x3.50	9	0.00	3.60	3.71	0.00	7.31	81
Katy	R-769NE	3.50x3.50	20	9.26	0.00	0.00	0.00	9.26	46
Margot	VE632SW	3.50x3.50	11	5.48	3.14	0.00	0.00	8.62	78

Fuente: Mina Raura

9.3.8. Cumplimiento de los avances de las perforaciones mecanizada mensuales

Tabla 15: Cumplimiento de los porcentajes mensuales de los jumbos – 2017

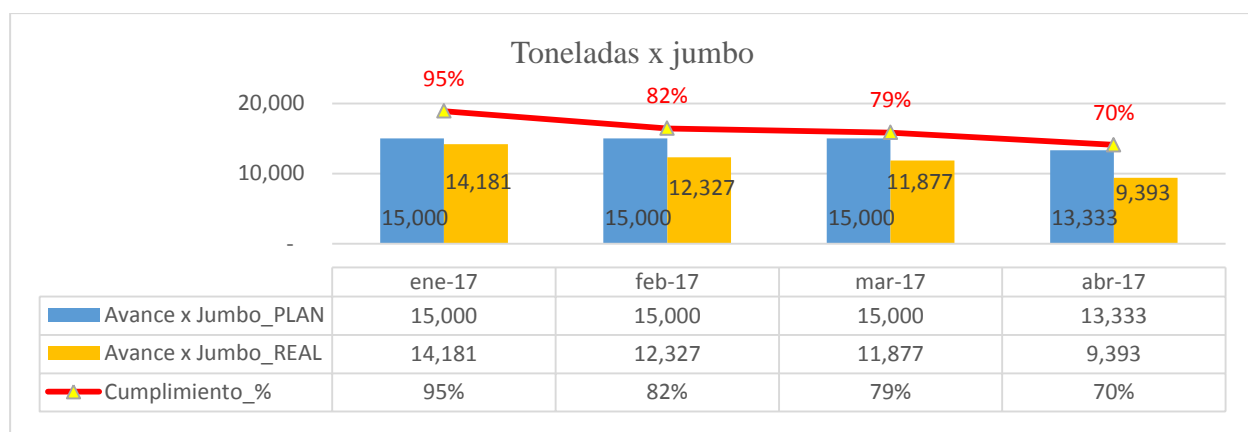
Equipo	Ene-2017	Feb-2017	Mar-2017	Abr-2017
Avance x jumbo PLANEADO	286	286	286	286
Avance x jumbo REAL	285	265	295	308
Cumplimiento %	100%	92%	103%	108%



9.3.9. Producción mensual de los equipos de perforación

Tabla 16: Producción mensual de los equipos

Equipo	Ene-2017	Feb-2017	Mar-2017	Abr-2017
Producción x jumbo PLANEADO (TM/jumbo)	15,000	15,000	15,000	3,333
Producción x jumbo REAL (TM/jumbo)	14,181	12,327	11,877	9,393
Cumplimiento %	95%	82%	79%	70%



10. Conclusiones

Se realizó las perforaciones con barreno de 14 pies en las labores de preparación y desarrollo el mayor longitud es de 40 metros con una sección de 3.5x3.5 m, para construir una ventana para llegar a la veta Farallon. Y la menor longitud a perforar es de 10 m con una sección de 3.50x3.50 m, se ejecuta la perforación para construir ventajas de delimitación del Tj609N. En donde el costo unitario de barra de avance en una sección de 3.50x3.50 m, y la cantidad de 44 taladros perforados es 10.60 US\$/m. y también se determinó el promedio de tiempo perforado de los 44 taladros de 14 pies, el tiempo promedio para perforar cada taladro de producción es de 3min7seg; y el tiempo promedio para perforar cada taladro de rimado es de 7 min11seg.

Se desarrolló la perforación de una sección de 3.50x3.50 m, con barreno de 14 pies, obteniendo una eficiencia de disparo máximo de 98% y mínimo de 82% en las labores del nivel 200. Y obteniendo de los reportes de la semana 09 a 12, los equipos de perforación se obtienen un promedio de la disponibilidad mecánica de 90% y con una promedio de confiabilidad de 95%. Y el porcentaje del cumplimiento de las semanas 09, 10, 11 y12, el cumplimiento máximo es de 155% de avance y con un mínimo de 7% de avance.

11. Agradecimientos

En primer lugar, agradezco a Dios, por concederme salud, bendición, protección, sabiduría y fortaleza para poder cumplir con esta meta de ser Ingeniero de Minas. A mi alma mater, a la Universidad Nacional del Altiplano - Puno, a mi Facultad de Ingeniería de Minas y a los Ingenieros y docentes, que me formaron profesionalmente en los aspectos teóricos y prácticos para seguir en el camino de la Minería. Agradecimiento infinito a mis padres; Mateo Sucasaca Illanes y María F. Calsin Quispe por el sacrificio incondicional que hicieron posible mi formación profesional. También agradezco a la Unidad Minera Raura de la Compañía Minera Minsur S.A, a la E.E. AESA por haberme dado la oportunidad de

desarrollar este trabajo de investigación, a todos mis compañeros de trabajo y amigos de la Empresa Especializada AESA por su apoyo durante la ejecución del trabajo de suficiencia profesional y por compartir sus experiencias.

12. Bibliografía

- CARRASCO, P. V. (2015). *Aplicación del método Holmberg para optimizar la malla de perforación y voladura en la Unidad Parcoy - CIA Consorcio Minero Horizonte S.A.* (Tesis pregrado), Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú.
- CCASO, E. I. (2018). *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 profesional), Universidad Nacional del Altiplano, Puno,Perú.
- CHAVEZ, Y. R. (2018). *Mejora de granulometría mediante el diseño de malla de perforación y voladura aplicando el modelo de Holmberg en la galería 370 de la zona Coturcan en la mina Huancapeti - Año 2015.* (Tesis pregrado), Universidad Nacional de Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz,Perú.
- CHOQUE, 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 pregrado), Universidad Nacional del Altiplano, Puno,Perú.
- GUERRERO, 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 pregrado), Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú.
- GUILLEN, M. P. (2018). *Reducción de factor de carga y optimización de costos con la aplicación de corte cilíndrico en arranque de labores de avance en roca*

- sedimentaria Marga - Mina Animon - IESA.* (Tesis pregrado), Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.
- HUACHO, M. (2018). *Diseño de mallas de perforación y voladura para mejorar avances en el Nivel 12 - veta Oroya - Compañía Minera Casapalca S.A.* (Tesis pregrado), Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- LOPEZ, J. J. (2019). *Voladura de rocas con anfo para optimizar avances en labores subterráneos de Compañía Minera Casapalca.* (Tesis pregrado), Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- MENDOZA, N. (2014). *Optimización de la voladura controlada aplicando un modelo matemático en la Unidad Minera Paraíso - Ecuador.* (Tesis pregrado), Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- MUÑOZ, B. F. (2015). *Determinación del efecto del curado en la resistencia a fatiga del hormigón.* (Tesis pregrado), Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- OTRILLA, G., & ROMERO, J. D. (2018). *Mejora en los parámetros de perforación y voladura para optimizar costos operacionales en la Compañía Minera San Lucia S.A. Unidad Pallca.* (Tesis pregrado), Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
- PACAHUALA, M. C. (2015). *Reducción de costos operativos en desarrollos mediante actualización de estándares en perforación y voladura, caso de la Empresa Especializada Mincotrail s.r.l.* (Tesis pregrado), Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- QUISPE, N. (2019). *Diseño de mallas de perforación y voladura y su incidencia en los costos unitarios en la Unidad Minera Chalhuane.* (Tesis pregrado), Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.
- SANCHEZ, Y. V. (2012). *Optimización de los procesos de perforación y voladura en el avance de la rampa en la mina Bethzabeth.* (Tesis pregrado), Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- VARGAS, E., Vega, J. P., Alcarraz, F., Chavarría, E., & Castañeda, A. (2014). *Informe de la visita al laboratorio de Mecánica de rocas de la FIGMM.* (Informe pregrado), Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.