

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Análisis de las variables de perforación y voladura en
la rampa (-) RP 5585 SW-NV 1070 para la mejora en el
avance efectivo en la mina Yauricocha de Sierra
Metals Inc., 2023**

John Alexei Lopez De La Cruz
Henry Rodrigo Yauri Lujan

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS

A : Ing. Felipe Néstor Gutarra Meza
Decano de la Facultad de Ingeniería

DE : Ing. Javier Carlos Córdova Blancas
Asesor de tesis

ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

FECHA : 26 de Marzo de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "ANÁLISIS DE LAS VARIABLES DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN LA RAMPA (-) RP 5585 SW – NV 1070, PARA LA MEJORA EN EL AVANCE EFECTIVO, EN LA MINA YAURICOCHA DE SIERRA METALS INC, 2023", perteneciente a los estudiantes JOHN ALEXEI LOPEZ DE LA CRUZ y HENRRY RODRIGO YAURI LUJAN, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 18 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas: 10) SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

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

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,




Ing. Javier Carlos Córdova Blancas
Asesor de tesis

Cc.
Facultad
Oficina de Grados y Títulos
Interesado(a)

ANÁLISIS DE LAS VARIABLES DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN LA RAMPA (-) RP 5585 SW – NV 1070, PARA LA MEJORA EN EL AVANCE EFECTIVO, EN LA MINA YAURICOCHA DE SIERRA METALS INC, 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	8%
2	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	5%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
4	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1%

repository.eafit.edu.co

8	Fuente de Internet	<1 %
9	ia801606.us.archive.org Fuente de Internet	<1 %
10	"Advances in Manufacturing, Production Management and Process Control", Springer Science and Business Media LLC, 2020 Publicación	<1 %
11	Submitted to Universidad Tecnologica del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
12	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1 %
13	CESEL S A. "Plan de Cierre de Minas a Nivel de Factibilidad de la Unidad Minera Yauricocha-IGA0008103", R.D. N° 258-2009-MEM/AAM, 2020 Publicación	<1 %
14	www.revistacseducacion.unr.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
15	sedici.unlp.edu.ar Fuente de Internet	<1 %

Exclure bibliografia

Activo

ASESOR

Ing. Javier Córdova Blancas

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestra gratitud inicial a Dios, por velar por nuestro camino y darnos el coraje necesario para vencer todos los obstáculos que encontramos a lo largo de nuestra vida.

A nuestras familias por estar a nuestro lado en todo momento, ofreciéndonos sus apoyos incondicionales para nuestro desarrollo personal.

A la plana docente de la EAP Minas de la Universidad Continental, por sus valiosas enseñanzas durante nuestra vida universitaria.

Asimismo, a la unidad minera Yauricocha por apoyarnos en nuestro crecimiento profesional, demostrando todas nuestras habilidades y rendimiento laboral.

DEDICATORIA

A Dios, a nuestros familiares, a nuestros jefes de área, a nuestros compañeros de trabajo y de estudio que han escalado junto a nosotros hasta alcanzar la meta soñada.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ASESOR-----	II
AGRADECIMIENTO-----	III
DEDICATORIA-----	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO-----	V
ÍNDICE DE TABLAS-----	VII
ÍNDICE DE FIGURAS-----	IX
RESUMEN-----	XII
ABSTRACT-----	XIV
INTRODUCCIÓN-----	XVI
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO-----	17
1.1. Planteamiento y formulación del problema-----	17
1.1.1. Planteamiento del problema-----	17
1.1.2. Formulación del problema-----	18
1.2. Objetivos-----	19
1.2.1. Objetivo general-----	19
1.2.2. Objetivos específicos-----	19
1.3. Justificación e importancia-----	19
1.3.1. Justificación social - práctica-----	19
1.3.2. Justificación académica-----	20
1.4. Hipótesis de la investigación-----	20
1.4.1. Hipótesis general-----	20
1.4.2. Hipótesis específicas-----	20
1.5. identificación de las variables-----	21
1.5.1. Variable independiente-----	21
1.5.2. Variable dependiente-----	21
1.5.3. Matriz de operacionalización de variables-----	21
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO-----	23
2.1 Antecedentes del problema-----	23
2.1.1 Antecedentes internacionales-----	23
2.1.2 Antecedentes nacionales-----	24

2.2 Generalidades de la unidad minera Yauricocha -----	25
2.2.1 Ubicación de la mina Yauricocha-----	25
2.2.2 Accesibilidad a la mina Yauricocha -----	26
2.3 Geología general -----	26
2.3.1 Geología local -----	27
2.3.2 Tipo de yacimiento -----	28
2.3.3 Consideraciones geomecánicas -----	29
2.3.4 Consideraciones operacionales-----	30
2.4 Bases teóricas del estudio -----	34
2.4.1 Consideraciones técnicas de la rampa Rp 5585, Nv 1070-----	34
2.4.2 Consideraciones económicas de la rampa Rp 5585, Nv 1070-----	38
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN -----	41
3.1 Método y alcances de la investigación -----	41
3.1.1 Método de la investigación -----	41
3.1.2 Alcances de la investigación -----	42
3.2 Diseño de la investigación -----	42
3.3 Población y muestra-----	42
3.3.1 Población -----	42
3.3.2 Muestra-----	42
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos -----	43
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	44
4.1 Consideraciones operacionales -----	44
4.2 Análisis del avance efectivo – Rp 5585 SW, Nv 1070 -----	46
4.3 Análisis del factor de carga – Rp 5585 SW, Nv 1070-----	60
4.4 Análisis del consumo de explosivo – Rp 5585 SW, Nv 1070 -----	72
4.5 Análisis de los costos unitarios – Rp 5585 SW, Nv 1070-----	76
4.6 Validación de la hipótesis -----	79
CONCLUSIONES -----	86
RECOMENDACIONES -----	89
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	90
ANEXOS-----	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de matriz de operacionalización de variables	21
Tabla 2. Acceso a mina Yauricocha	26
Tabla 3. Propiedades geomecánicas, mina Yauricocha	29
Tabla 4. Tipo de sostenimiento, mina Yauricocha	29
Tabla 5. Distribución de taladros y carga Rp 5585, Nv 1070	36
Tabla 6. Distribución de taladros y carga Rp 5585, Nv 1070	38
Tabla 7. Parámetros técnicos de perforación, voladura y limpieza Rp 5585, Nv 1070	39
Tabla 8. Precio unitario de la Rp 5585, Nv 1070	40
Tabla 9. Avance efectivo Rp 5585 SW - Nv 1070, mes de enero	47
Tabla 10. Avance efectivo Rp 5585 - Nv 1070, mes de febrero.....	49
Tabla 11. Avance efectivo Rp 5585 SW - Nv 1070, mes de marzo	51
Tabla 12. Resumen avance efectivo Rp 5585 SW - Nv 1070, enero a marzo	53
Tabla 13. Avance efectivo Rp 5585 SW - Nv 1070, mes de abril	54
Tabla 14. Avance efectivo Rp 5585 SW - Nv 1070, mes de mayo	56
Tabla 15. Resumen avance efectivo Rp 5585 SW - Nv 1070, abril a mayo.....	58
Tabla 16. Resumen total del avance efectivo Rp 5585 SW - Nv 1070, enero a mayo	59
Tabla 17. Factor de carga real y programado Rp 5585 SW - Nv 1070, mes de enero	61
Tabla 18. Factor de carga real y programado Rp 5585 SW - Nv 1070, mes de febrero	63
Tabla 19. Factor de carga real y programado Rp 5585 SW - Nv 1070, mes de marzo.....	64
Tabla 20. Resumen factor de carga Rp 5585 SW - Nv 1070, enero a marzo	66
Tabla 21. Factor de carga real y programado Rp 5585 SW - Nv 1070, mes de abril.....	67
Tabla 22. Factor de carga real y programado Rp 5585 SW - Nv 1070, mes de mayo.....	68

Tabla 23. Resumen factor de carga Rp 5585 SW - Nv 1070, abril a mayo.....	70
Tabla 24. Resumen total del factor de carga Rp 5585 SW - Nv 1070, enero a mayo	71
Tabla 25. Resumen del consumo de explosivos, Rp 5585 SW - Nv 1070, enero a marzo	72
Tabla 26. Resumen del consumo de explosivos, Rp 5585 SW - Nv 1070, abril a mayo.....	73
Tabla 27. Resumen total del factor de carga Rp 5585 SW - Nv 1070, enero a mayo	75
Tabla 28. Costo parcial Rp 5585 SW - Nv 1070, enero a marzo	76
Tabla 29. Costo parcial Rp 5585 SW - Nv 1070, abril a mayo.....	77
Tabla 30. Resumen costo parcial Rp 5585 SW - Nv 1070, enero a mayo	78
Tabla 31. Análisis comparativo del avance efectivo Rp 5585 SW - Nv 1070	80
Tabla 32. Análisis comparativo del avance efectivo Rp 5585 SW - Nv 1070	81
Tabla 33. Análisis comparativo del consumo de explosivo Rp 5585 SW - Nv 1070.....	83
Tabla 34. Análisis comparativo del costo parcial Rp 5585 SW - Nv 1070.....	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la mina Yauricocha	25
Figura 2. Geología regional, mina Yauricocha.....	27
Figura 3. Geología local, mina Yauricocha.....	28
Figura 4. Análisis de estabilidad, Tj 1050, Nv 1020 – Nv 1070.....	30
Figura 5. Plano en planta, nivel Nv 1070, mina Yauricocha	31
Figura 6. Método de minado corte y relleno ascendente, mina Yauricocha.	32
Figura 7. Método de minado sublevel caving, mina Yauricocha	33
Figura 8. Perfil de la mina Yauricocha.....	35
Figura 9. Rampa 5585, nivel Nv 1070, mina Yauricocha.....	36
Figura 10. Diseño de malla de perforación Rp 5585, Nv 1070, mina Yauricocha	37
Figura 11. Zona central, rampa Rp 5585 SW, Nv 1070, mina Yauricocha.....	45
Figura 12. Análisis de esfuerzos y deformaciones, Rp 5585 SW, Nv 1070	46
Figura 13. Relación avance efectivo programado y ejecutado en la Rp 5585 SW, enero.....	47
Figura 14. Relación avance efectivo programado–ejecutado y el RMR en la Rp 5585 SW, enero	48
Figura 15. Relación avance efectivo periodo anterior y actual en la Rp 5585 SW, enero.....	48
Figura 16. Relación avance efectivo programado y ejecutado en la Rp 5585 SW, febrero.....	49
Figura 17. Relación avance efectivo programado–ejecutado y el RMR en la Rp 5585 SW, febrero	50
Figura 18. Relación avance efectivo periodo anterior y actual en la Rp 5585 SW, febrero.....	50
Figura 19. Relación avance efectivo programado y ejecutado en la Rp 5585 SW, marzo	51
Figura 20. Relación avance efectivo programado–ejecutado y el RMR en la Rp 5585 SW, marzo	52

Figura 21. Relación avance efectivo periodo anterior y actual en la Rp 5585 SW, marzo	52
Figura 22. Resumen avance efectivo, Rp 5585 SW, enero a marzo	53
Figura 23. Relación avance efectivo programado y ejecutado en la Rp 5585 SW, abril	54
Figura 24. Relación avance efectivo programado–ejecutado y el RMR en la Rp 5585 SW, abril.....	55
Figura 25. Relación avance efectivo periodo anterior y actual en la Rp 5585 SW, abril	55
Figura 26. Relación avance efectivo programado y ejecutado en la Rp 5585 SW, mayo	56
Figura 27. Relación avance efectivo programado–ejecutado y el RMR en la Rp 5585 SW, mayo.....	57
Figura 28. Relación avance efectivo periodo anterior y actual en la Rp 5585 SW, mayo	57
Figura 29. Resumen avance efectivo, Rp 5585 SW, abril a mayo	58
Figura 30. Resumen total avance efectivo, Rp 5585 SW, enero a mayo	59
Figura 31. Resumen total avance efectivo, Rp 5585 SW, enero a mayo	60
Figura 32. Factor de carga y avance efectivo, Rp 5585 SW, enero.....	61
Figura 33. Factor de carga y RMR, Rp 5585 SW, enero	62
Figura 34. Factor de carga y avance efectivo, Rp 5585 SW, febrero.....	63
Figura 35. Factor de carga y RMR, Rp 5585 SW, febrero	64
Figura 36. Factor de carga y avance efectivo, Rp 5585 SW, marzo	65
Figura 37. Factor de carga y RMR, Rp 5585 SW, marzo	65
Figura 38. Resumen factor de carga, Rp 5585 SW, enero a marzo	66
Figura 39. Factor de carga y avance efectivo, Rp 5585 SW, abril	67
Figura 40. Factor de carga y RMR, Rp 5585 SW, abril.....	68
Figura 41. Factor de carga y avance efectivo, Rp 5585 SW, mayo	69
Figura 42. Factor de carga y RMR, Rp 5585 SW, mayo.....	69
Figura 43. Resumen factor de carga, Rp 5585 SW, enero a marzo	70
Figura 44. Resumen factor de carga, avance efectivo y RMR, Rp 5585 SW, enero a mayo	71

Figura 45. Resumen consumo de explosivo, avance efectivo y eficiencia de PyV, Rp 5585 SW, enero a marzo	72
Figura 46. Resumen consumo de explosivo, avance efectivo y RMR, Rp 5585 SW, enero a marzo	73
Figura 47. Resumen consumo de explosivo, avance efectivo y eficiencia de PyV, Rp 5585 SW, abril a mayo	74
Figura 48. Resumen consumo de explosivo, avance efectivo y RMR, Rp 5585 SW, abril a mayo.....	74
Figura 49. Resumen consumo explosivo, avance efectivo y % eficiencia de PyV, Rp 5585 SW, enero a mayo	75
Figura 50. Resumen consumo explosivo, avance efectivo y RMR, Rp 5585 SW, enero a mayo	76
Figura 51. Costo parcial Rp 5585 SW, enero a marzo	77
Figura 52. Costo parcial Rp 5585 SW, abril a mayo	78
Figura 53. Resumen costo parcial Rp 5585 SW, enero a mayo	79
Figura 54. Análisis comparativo de Avance efectivo, Rp 5585 SW, enero a mayo	80
Figura 55. Análisis comparativo de Factor de carga y avance efectivo, Rp 5585 SW, enero a mayo	82
Figura 56. Análisis comparativo del consumo de explosivo y avance efectivo, Rp 5585 SW, enero a mayo	83
Figura 57. Análisis comparativo de costo parcial, Rp 5585 SW, enero a mayo	84

RESUMEN

El desarrollo de la presente tesis permite realizar el análisis de las variables de perforación y voladura para la mejora del avance efectivo de la rampa Rp 5585 SW, Nv 1070 de la unidad minera Yauricocha.

El método aplicado en el presente trabajo es el método inductivo – deductivo, donde se analiza los escenarios programados y ejecutados considerando los metros perforados, factor de carga, consumo de explosivo y su costo asociado. Para entender el comportamiento del avance efectivo se relacionará estas variables con el RMR asociado al desarrollo de la rampa durante los periodos de enero a marzo y de abril a mayo.

El programa de desarrollo de la rampa de 3.5 x 3.5 m., Rp 5585 SW, Nv 1070 se programó en 179.40 m durante el periodo planificado de enero a mayo, siendo el ejecutado de 173.87 m. Este desarrollo se caracterizó geomecánicamente con un RMR de 41 a 50 considerado como una roca semi dura tipo IIIB, de acuerdo a los estudios realizados por la empresa.

El presente estudio permitió entender el comportamiento del RMR del macizo rocoso en el desarrollo de la rampa y su influencia en el avance efectivo, esta variabilidad de RMR menores a lo programado en 30,31,33 y 35 (roca suave – tipo IVA), y el RMR mayores como 51 y 52 (roca dura – tipo IIIA), alteró el avance efectivo de la rampa de acuerdo a lo que se programó inicialmente.

El avance efectivo durante el periodo enero a marzo tuvo un déficit de 7.09 m considerando un porcentaje de cumplimiento del 92.85 %, mejorando en el segundo periodo de estudio de abril a mayo en un incremento de 1.56 m con un porcentaje de cumplimiento del 101.94 %.

El costo y avance efectivo programado durante el periodo de enero a marzo fue de 99.20 m y 49,058.91 \$ respectivamente y el ejecutado en el mismo periodo fue

un menor avance y costo de 92.11 m y 45,552.58 \$, generando un mayor costo por el no cumplimiento del avance programado en 3,506.33 \$.

El costo y avance efectivo durante el periodo de abril a mayo fue de 80.20 m y 39,662.55 \$ respectivamente y el ejecutado en el mismo periodo se incrementó con un mayor avance y costo de 81.76 m y 40,431.56 \$, generando una reducción de costo por un mayor avance programado en 769.02 \$.

La mejora del avance efectivo del desarrollo de la rampa Rp 5585 SW, Nv 1070 se observó durante el segundo periodo abril y mayo, fue producto de una menor variabilidad del RMR del macizo rocoso, controlando la malla de perforación y voladura programada con un RMR de 41 a 50, considerada como una roca semidura tipo IIIB.

Palabras clave: avance efectivo, factor de carga, metros perforados, kilogramos de explosivo, RMR, costos unitarios, etc.

ABSTRACT

The development of this thesis allows the analysis of drilling and blasting variables to improve the effective advancement of the Rp 5585 SW, Lv 1070 ramp of the Yauricocha Mining Unit.

The method applied in this work is the inductive-deductive method, where the programmed and executed scenarios are analyzed, considering the meters drilled, load factor, explosive consumption, and its associated cost. To understand the behavior of the effective advance, these variables will be related to the RMR associated with the development of the ramp during the periods from January to March and from April to May.

The development program of the 3.5 x 3.5 m ramp, Rp 5585 SW, Lv 1070 was programmed at 179.40 m during the planned period from January to May, with the execution being 173.87 m. This development was characterized geomechanically with an RMR of 41 to 50 considered as a type IIIB semi-hard rock, according to studies carried out by the company.

The present study allowed us to understand the behavior of the RMR of the rock mass in the development of the ramp and its influence on the effective advance, this variability of RMR lower than that programmed in 30,31,33 and 35 (Soft Rock – Type IVA), and the larger RMRs such as 51 and 52 (Hard rock – Type IIIA), altered the effective advancement of the ramp, according to what was initially programmed.

The effective progress during the period January to March had a deficit in progress of 7.09 m., considering a compliance percentage of 92.85%, improving in the second study period from April to May by an increase of 1.56 m., with a compliance percentage of 101.94%.

The cost and effective progress programmed during the period from January to March was 99.20 m., and 49,058.91 US\$ respectively and that executed in the same

period was a lower progress and cost of 92.11 m., and 45,552.58 US \$, generating a higher cost due to non-compliance with the scheduled progress of 3,506.33 US \$.

The effective cost and progress during the period from April to May was 80.20 m., and 39,662.55 US\$ respectively, and that executed in the same period increased with a greater progress and cost of 81.76 m., and 40,431.56 US\$, generating a cost reduction due to a greater advance scheduled at 769.02 US \$.

The improvement in the effective progress of the development of the ramp Rp 5585 SW, Lv 1070 was observed during the second period, April and May, was the product of a lower variability of the RMR of the rock mass, controlling the drilling and blasting mesh programmed with an RMR of 41 to 50, considered a type IIIB semi-hard rock.

Keywords: effective advance, load factor, meters drilled, kilograms of explosive, RMR, unit costs, etc.

INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos principales en toda operación minera es maximizar la rentabilidad operacional cumpliendo en tiempo y costo los diferentes programas de desarrollo, preparación y explotación en el planeamiento de corto, mediano y largo plazo.

Por tal motivo, cumplir con los programas de avance en los diferentes frentes operacionales ayudará a cumplir con los diferentes KPIs programados en el ciclo de minado. El presente trabajo de investigación realizará el análisis de las variables de perforación y voladura en la rampa negativa Rp 5585 SW del nivel Nv. 1070, para la mejora en el avance efectivo en la mina Yauricocha.

Uno de los objetivos del presente trabajo de investigación es analizar el avance efectivo en periodos anteriores de la Rp 5585 SW – Nv 1070 y poder comparar con el escenario de estudio midiendo diferentes variables de perforación y voladura y ver la incidencia en los KPIs asociados.

El desarrollo del presente trabajo considera diferentes etapas para su desarrollo. En el Capítulo I se desarrolla el planteamiento problema, objetivo e hipótesis, general y específicos a ser planteado en el presente trabajo. Para el Capítulo II se describe antecedentes nacionales e internacionales orientados al tema de investigación, así como las bases teóricas que plantean la validación de las hipótesis planteadas. En el Capítulo III se presenta la metodología de investigación y su aplicación en el presente trabajo, así como el área a ser estudiado en la tesis. Finalmente, en el Capítulo IV se analiza e interpreta los resultados obtenidos para luego ser planteados y explicados en la validación de la hipótesis planteada, considerando la mejora en el avance efectivo en la rampa Rp 5585 SW – Nv 1070, de la mina Yauricocha.

Los autores

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

El cumplimiento del avance efectivo en operaciones mineras subterráneas permite cumplir con el planeamiento de minado de corto, mediano y largo plazo. Los metros programados en labores de desarrollo, preparación y producción es de vital importancia para poder cumplir con el ciclo de minado, siendo las variables operacionales y económicas de vital importancia.

Las variables operacionales están directamente relacionadas al cumplimiento de análisis de las áreas de perforación y voladura teniendo en consideración las propiedades del macizo rocoso como el RMR, RQD, GSI, etc. y los costos unitarios asociados a cada labor a desarrollar.

Los métodos de minado aplicados en la unidad minera de Yauricocha considera el corte y relleno ascendente, así como el *sublevel caving* y busca alcanzar producciones de 2,600 tpd de los diferentes frentes operacionales, por tal motivo es de vital importancia el cumplimiento de los programas de avance en la unidad minera.

El presente trabajo de investigación realizará un estudio para la mejora en el avance efectivo de la rampa Rp 5585 SW del nivel Nv 1070, teniendo en cuenta los

parámetros de perforación y voladura. Se considera la rampa 5585, ya que tiene diferentes avances efectivos, no llegando al cumplimiento programado, generando una pérdida de tiempo en el ciclo de minado y el incremento de costos asociados.

El estudio se desarrollará durante los periodos de análisis de enero a marzo con los parámetros actuales y el periodo de abril a mayo considerando la mejora. Los parámetros analizados durante ambos periodos tienen presente los metros perforados programados y las mediciones del avance topográfico, el RMR, el factor de carga, los kg de explosivos programados y reales, asociados a los costos unitarios en el desarrollo de la rampa 5585, nivel 1070.

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿Cómo influye el análisis de las variables de perforación y voladura en la rampa Rp 5585 SW del nivel Nv 1070 para la mejora del avance efectivo en la mina Yauricocha, 2023?

1.1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuál es el resultado al relacionar los metros perforados programados y ejecutados con el RMR para la mejora del avance efectivo de la Rp 5585 SW del Nv 1070 de la mina Yauricocha, 2023?

- b) ¿Cuál es el resultado al relacionar el factor de carga programado y real con el RMR para la mejora del avance efectivo de la Rp 5585 SW del Nv 1070 de la mina Yauricocha, 2023?

- c) ¿Cómo relacionar el avance efectivo, el factor de carga y el consumo de explosivos con los costos unitarios de la Rp 5585 SW del Nv 1070 de la mina Yauricocha, 2023?.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar la influencia de las variables de perforación y voladura en la rampa Rp 5585 SW del nivel Nv 1070 para la mejora del avance efectivo en la mina Yauricocha, 2023.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Determinar la relación de los metros perforados programados y ejecutados con el RMR para la mejora del avance efectivo de la Rp 5585 SW del Nv 1070 de la mina Yauricocha, 2023.

- b) Determinar la relación del factor de carga programado y real con el RMR para la mejora del avance efectivo de la Rp 5585 SW del Nv 1070 de la mina Yauricocha, 2023.

- c) Determinar la relación del avance efectivo, el factor de carga y el consumo de explosivos con los costos unitarios de la Rp 5585 SW del Nv 1070 de la mina Yauricocha, 2023.

1.3. Justificación e importancia

El desarrollo del trabajo de investigación permitirá realizar el análisis de la mejora del avance efectivo en la rampa Rp 5585 SW del nivel Nv 1070 mediante el análisis de las variables de perforación y voladura en la mina Yauricocha.

Los resultados que se obtengan ayudarán a relacionar las variables operacionales y económicas, considerando la mejora en el cumplimiento del ciclo de minado.

1.3.1. Justificación social - práctica

Los resultados obtenidos en la mejora del avance efectivo en la rampa Rp 5585 SW, Nv 1070 permitirán realizar el análisis de variables operacionales como el avance efectivo, consumo de explosivos, factor de carga, etc., y así poder

relacionarlo con los costos unitarios. Además, permitirán la mejora del avance efectivo de la Rp 5585 y por lo tanto al cumplimiento del plan de minado en el corto, mediano y largo plazo, considerando la mejora de la rentabilidad operacional. Esto ayudará a la obtención de mejores ingresos y un apoyo directo en la gestión social en las comunidades aledañas al proyecto minero.

1.3.2. Justificación académica

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación contribuirán con investigaciones similares. Así mismo, servirá como una herramienta académica en estudios de benchmarking, además los estudiantes y docentes podrán realizar comparaciones con los resultados obtenidos.

1.4. Hipótesis de la investigación

1.4.1. Hipótesis general

Al determinar la influencia de las variables de perforación y voladura en la rampa Rp 5585 SW del nivel Nv 1070 se influye en la mejora del avance efectivo en la mina Yauricocha, 2023.

1.4.2. Hipótesis específicas

- a) Al relacionar los metros perforados programados y ejecutados con el RMR se influye en la mejora del avance efectivo de la Rp 5585 SW del Nv 1070 de la mina Yauricocha, 2023.
- b) Al relacionar el factor de carga programado y real con el RMR se influye en la mejora del avance efectivo de la Rp 5585 SW del Nv 1070 de la mina Yauricocha, 2023.
- c) Al relacionar el avance efectivo, el factor de carga y el consumo de explosivos se influye en los costos unitarios de la Rp 5585 SW del Nv 1070 de la mina Yauricocha, 2023.

metros perforados, factor de carga, kg de explosivo, RMR, etc.	desarrollo, están directamente relacionados a los parámetros de perforación y voladura.	<ul style="list-style-type: none"> • Condiciones económicas 	Variables Económicas.	PU de metro de avance en Rp 5585, costo unitario y parcial de avance programado y real.
----------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------	-----------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

2.1.1 Antecedentes internacionales

- ✓ Tesis titulada: «*Estabilidad evaluación de métodos de planificación de largo plazo en mina Chuquicamata*». El objetivo de la investigación es evaluar diferentes planes de largo plazo con la finalidad de definir el plan base. El criterio base de los planes de largo plazo fueron evaluados mediante los resultados del NPV. Una de las variables a ser analizadas y que genera la mayor incidencia en los planes fue la extracción de las leyes más altas de cobre considerando sus mejores precios, considerando el mejor escenario. De acuerdo al análisis de los resultados, el que generó el mejor escenario generando el planeamiento tipo LOM desde el año 2010 hasta finalizar la explotación de la mina. De acuerdo al escenario planteado, consideró la sensibilidad en diferentes precios del mineral para mejorar la robustez del plan propuesto y buscar más alternativas que validen la mejor rentabilidad operacional (1).

- ✓ Tesis titulada: «*Secuenciamiento multicriterio para minería subterránea selectiva*». La investigación propone definir una serie de situaciones para identificar la mejor secuencia del ciclo de minado. Para lo cual, consideró las diferentes restricciones como el tonelaje extraído, los m³ de relleno utilizados y los metros de perforación planificados, considerados durante diferentes meses.

Uno de los parámetros que inciden directamente para el cumplimiento de los planes de minado es la variabilidad de la dilución de acuerdo al tamaño de los tajos diseñados. De los parámetros operacionales consideran el que genera mayor incidencia en los resultados obtenidos del plan de minado es la dilución, siendo este afectado directamente por el tamaño del tajo, por lo que es de vital importancia controlar la dilución mediante ELOS (2).

2.1.2 Antecedentes nacionales

- ✓ Tesis titulada: «*Mejora de la 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*». El objetivo fue controlar la granulometría post voladura mediante un nuevo diseño de malla de perforación y voladura considerando un análisis de las propiedades de la roca, así como los tipos de explosivos y accesorios de voladura mediante Holmberg. Los resultados obtenidos, consideró una menor granulometría en 27.4 cm, producto de un incremento del 24.2 % de metros perforados, mejoran del avance en 11.9 % y un menor consumo de explosivos de en 45 % (3).

- ✓ Tesis titulada: «*Optimización de la fragmentación en las rocas con la aplicación de la doble iniciación electrónica en la explotación de cobre porfirítico a cielo abierto*». La aplicación de la doble iniciación en la diorita y brecha mineralizada tiene el objetivo de controlar la granulometría. El resultado obtenido generó una reducción del espaciamiento de 7.0 a 6.5 metros, los tacos de 7.0 a 5.5 metros. Así mismo, el uso de los iniciadores electrónicos, controlaron y disminuyeron el grado de fragmentación, incrementando el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo cumpliendo con e incrementando la producción planificada (4).

- ✓ Tesis titulada: «*Implementación de taladros largos en vetas angostas para determinar su incidencia en la productividad, eficiencia y seguridad de las operaciones mineras – Pashsa, Mina Huarón S.A*». El objetivo es implementar la aplicación de taladros largos por subniveles en vetas angostas, definiendo la incidencia de la producción, rendimiento y las condiciones de seguridad en los

procesos unitarios. Los resultados fueron relacionados en función a los costos y tonelaje producido con otros métodos de minado aplicados en la unidad minera, así mismo, una evaluación técnica y económica para el cumplimiento del plan de minado (5).

2.2 Generalidades de la unidad minera Yauricocha

2.2.1 Ubicación de la mina Yauricocha

La mina Yauricocha pertenece al distrito de Alis, provincia de Yauyos, departamento de Lima. Ubicado a 344.70 kilómetros al SE de la ciudad de Lima a una altura de 4600 msnm aproximadamente.



**Figura 1. Ubicación de la mina Yauricocha
Tomada del área de Geología**

2.2.2 Accesibilidad a la mina Yauricocha

Para llegar a la mina Yauricocha se puede considerar desde la ciudad de Lima y Junín y las rutas son las siguientes:

- ✓ Lima a la Oroya, de allí a subestación de Pachacayo y luego a la mina Yauricocha con una distancia de 341.10 kilómetros.

- ✓ Huancayo a la Oroya, de allí a subestación de Pachacayo y luego a la mina Yauricocha con una distancia de 195.0 kilómetros.

Tabla 2. Acceso a mina Yauricocha

TRAMO	DISTANCIA	TIEMPO	CONDICIONES DE VÍA
Lima – Oroya – Pachacayo – Mina Yauricocha	344.70 kilómetros	8.10 horas	Vía asfaltada - afirmada
Junín – Oroya – Pachacayo - Mina Yauricocha	195.0 kilómetros	4.0 horas	Vía asfaltada - afirmada
Lima - Canta – Mina Animón	219 kms	4.0 hrs	Vía asfaltada (30%)

Tomada del área de Geología

2.3 Geología general

Regionalmente, la unidad minera Yauricocha está relacionada principalmente a ambientes sedimentarios de edades del Cretácico Inferior al Cuaternario, siendo las areniscas de la formación Goyllarisquizga las más antiguas.

Las formaciones presentes desde las rocas más antiguas hasta el presente están asociadas según el siguiente orden: formación Goyllarisquizga (areniscas del Cretáceo Inferior), formación Jumasha (caliza del Cretáceo Medio), formación Celendín (lutitas silicificadas del Cretáceo Superior), Capas Rojas Casapalca (lutitas rojas calcáreas del Terciario), intrusivos complejo granodiorita y monzonita (terciario) y Cuaternarios.

La presencia de intrusivos en las rocas sedimentarias ha generado diferentes grados de metamorfismo, formando cuarcitas, hornfels y calizas recristalizadas.

2.3.1 Geología local

La mina Yauricocha está asociada a zonas importantes de metasomatismo de contacto, donde los sedimentos se plegaron y formaron zonas de debilidad para la circulación de soluciones mineralizantes y la formación de áreas mineralizadas de Cu en la parte central y en la periferia minerales de Pb y Zn, con presencia de Au, en algunas fases minerales.

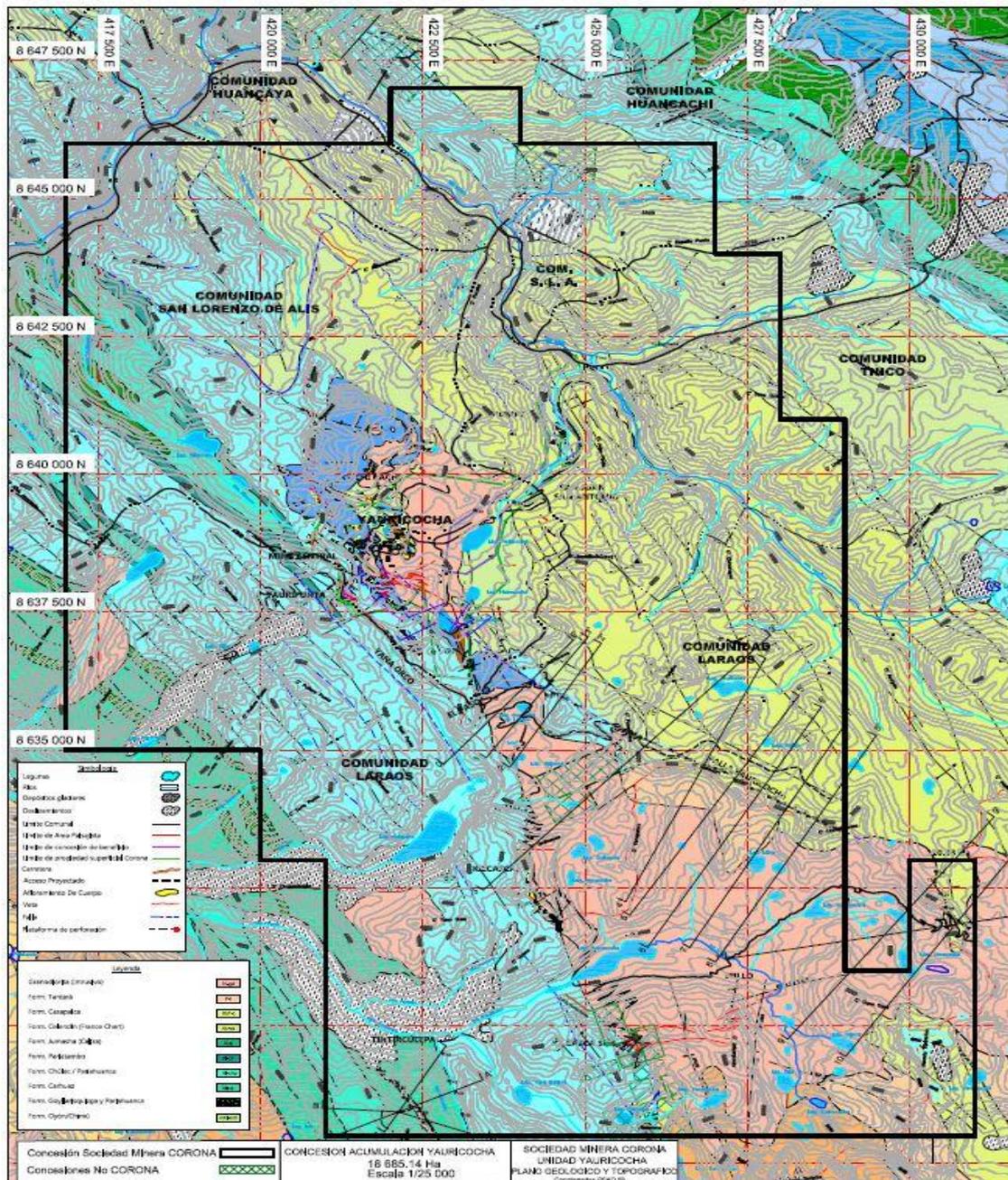
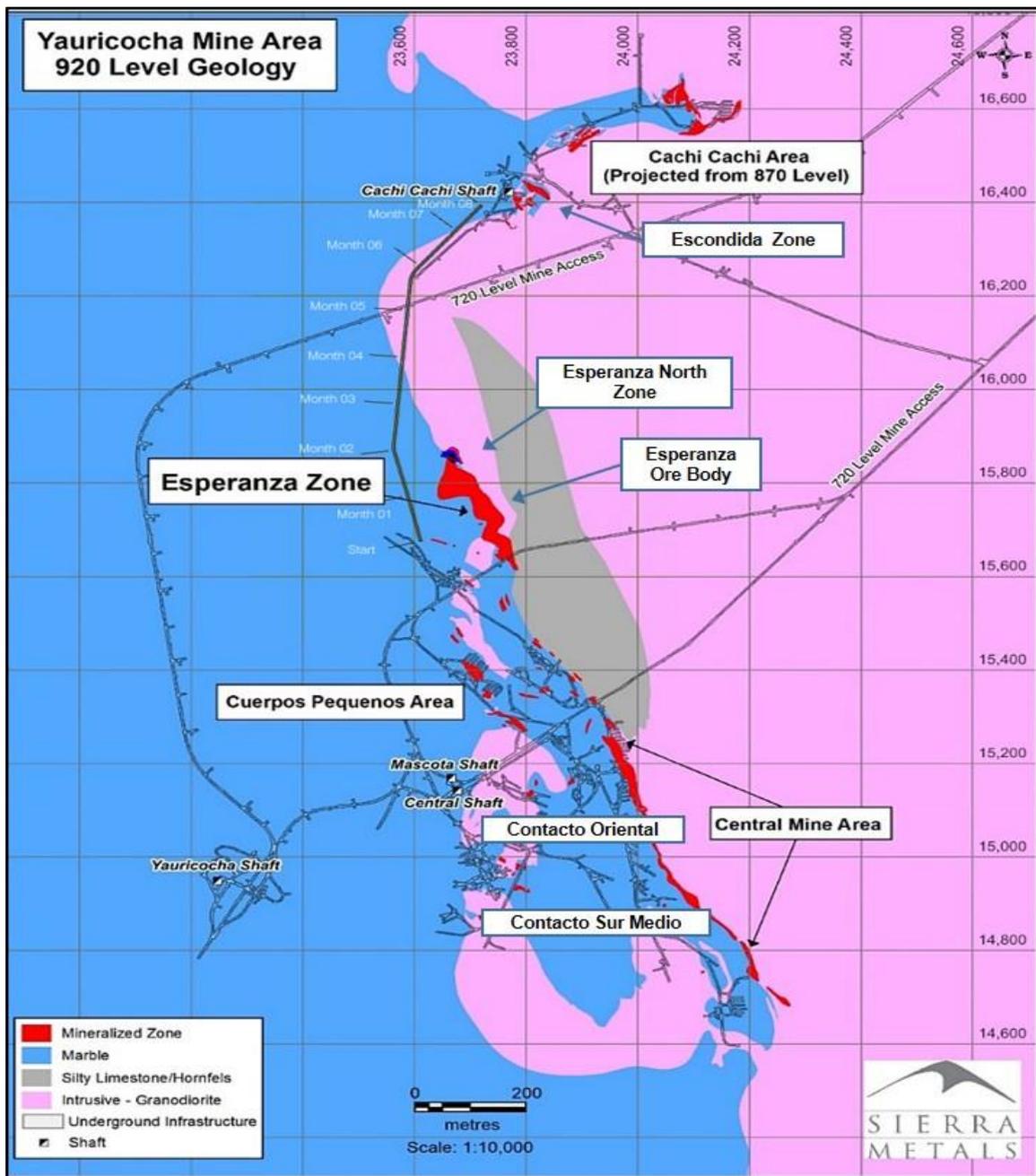


Figura 2. Geología regional, mina Yauricocha
Tomada del área de Geología

2.3.2 Tipo de yacimiento

El tipo de yacimiento presente en la mina Yauricocha está asociado principalmente a zonas de skarn, con formaciones de relleno de fracturas, asociadas a mineralización de menos temperatura. La mineralización presentes está conformado por minerales de Cu en la parte central (Cpy, Bo, Cc, etc) y de galena y esfalerita hacia la periferie.



**Figura 3. Geología local, mina Yauricocha
Tomada del área de Geología**

2.3.3 Consideraciones geomecánicas

Las características geomecánicas del macizo rocoso presente en el área de la mina Yauricocha está asociada al siguiente cuadro:

Tabla 3. Propiedades geomecánicas, mina Yauricocha

UNIDAD MINERA: Yauricocha				
DISTRIBUCIÓN DE CALIDAD GEOMECANICA POR TIPOS DE ROCAS				
Tipos de Rocas	RMR	% Distribución	Secciones	Zonas
II B	61-70	0,5%	3x3, 3.5x3, 3.5x3.5	II, III, V, Profundización
III A	51-60	10%	3x3, 3.5x3, 3.5x3.5	II, III, V, Profundización
III B	41-50	50%	3x3, 3.5x3, 3.5x3.5	II, III, V, Profundización
IV A	31-40	15%	3x3, 3.5x3, 3.5x3.5	II, III, V, Profundización
IV B	21-30	20%	3x3, 3.5x3, 3.5x3.5	II, III, V, Profundización
V A	11-20	5%	3x3, 3.5x3, 3.5	II, III, V, Profundización
		100%		

Tomada del área de Geomecánica

De acuerdo a las propiedades del macizo rocoso, la litología asociada varía desde un tipo de roca IIB a VA (buena IIB, regular IIIA – IIIB, mala IVA-IVB y muy mala VA) , con un rango de 70 a 10 RMR.

Tabla 4. Tipo de sostenimiento, mina Yauricocha

TABLA GEOMECANICA RMR							TIPO DE SOSTENIMIENTO			
RIESGO DE ESTABILIDAD	CODIGO DE COLORES	CLASE RMR	DESCRIPCIÓN CLASE DE ROCA	VALUACIÓN SEGUN RMR	GSE	GRADO DE ESTABILIDAD	AVANCES (PREPARACIONES Y EXPLORACION Y DESARROLLO)		EXPLOTACION (TAJEO)	
							TEMPORALES <= 3 años	PERMANENTES >3 años	CORTE Y RELLENO ASCENDENTE (CRA), SQUARE SET (SQ)	SUBLEVEL CAVING MECANIZADO (SLCM), SUBLEVEL CAVING CONVENCIONAL (SLCC)
RIESGO BAJO	[Color]	II A	BUENA A	71 - 80	F/R, F/B	ESTABLE	Split set y/o Swellex ocasional o puntual	Perno Helicoidal ocasional o puntual	---	---
		II B	BUENA B	61 - 70	F/R	ESTABLE	Split set y/o Swellex ocasional o puntual	Perno Helicoidal ocasional o puntual	---	---
RIESGO MEDIO	[Color]	III A	REGULAR A	51 - 60	F/P, M/R	MED. ESTABLE A MED.	Split set y/o Swellex sistem. 1.2 x 1.2m. ó malla ocasional	Perno Helicoidal sistemático espaciado según evál. geomec.	SS y/o SW sistemático espaciado según evaluación Geomecánica	Desmonte (Preparaciones): Malla+SS y/o SW y/o cimbra H4 e=1.2m.
		III B	REGULAR B	41 - 50	M/P, F/R	INESTABLE	Split set y/o Swellex sistem. con malla 1.0 x 1.0m ó 1.20 x 1.20	Perno Helicoidal y malla electro soldada esp. 1.00 ó 1.20m	Preparaciones (accesos) en desmonte: SS y/o SW sist. Tajeo: SS y/o SW + malla	Zona Mineralizada: Cimbras H6 e=1.0m
RIESGO ALTO	[Color]	IV A	POBRE A	31 - 40	M/P/R, F/P	INESTABLE	SH e=5-10 cm y SS o SW esp. 1.0-1.2m ó cuadro e=1.2-1.50	Shotcrete e=5-10cm y PH sistem. y/o CB H4 e=1.2-1.5m	SS y/o SW + malla o shotcrete e=5-10cm) o cuadros e=1.2-1.5m	Desmonte (Preparaciones): Cimbras H4 e=1.2m.
		IV B	POBRE B	21 - 30	F/M/P	INESTABLE	CB H6 ó Cuadros e=1.2-1.5 ó SH e=10 cm+SS ó SW e=1.0-1.20	Cimbras H4 e=1.0-1.2m	CB H6 y/o Cuadros e=1.2-1.5m ó SH e=10 cm y SS o SW esp. 1.0-1.2m	Zona Mineralizada: Cimbras H6 e=1.0m
		V	MUY POBRE	0 - 20	T/M/P	MUY INESTABLE	CB H6 y/o Cuadros e=0.5-1.0m	Cimbras H6 e=0.5-1.0m	CB H6 y/o Cuadros e=0.5-1.0m	Mineral y desmonte: Cimbras H6 e=0.50 a 1.0m

Tomada del área de Geomecánica

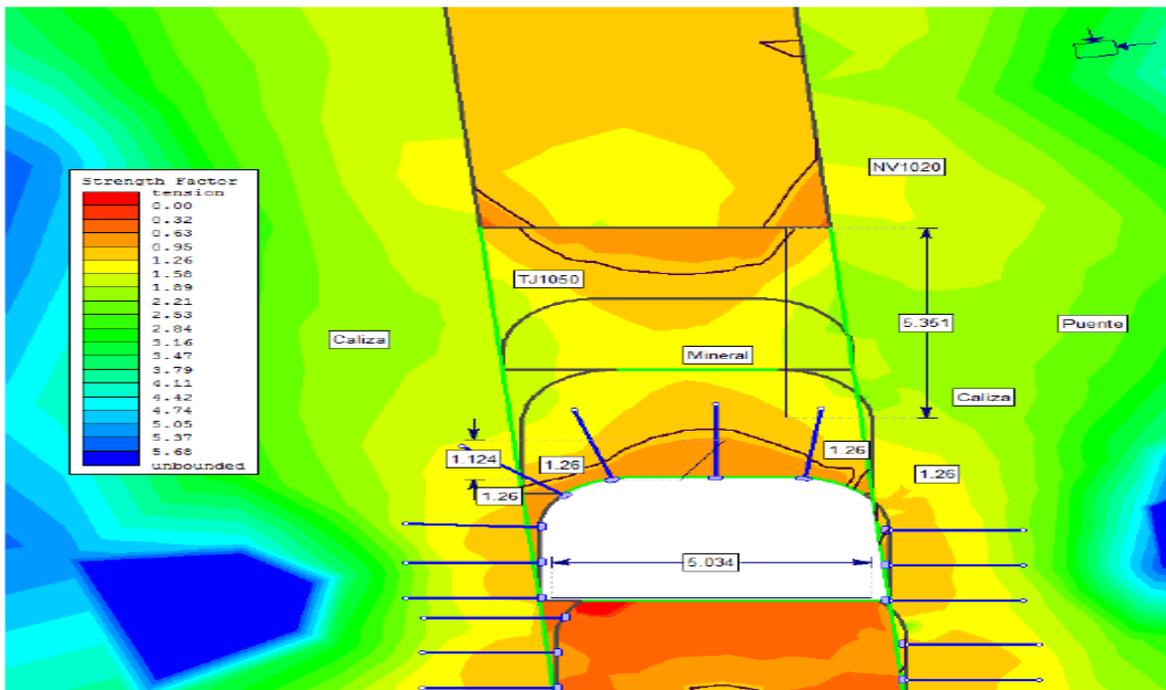
Para considerar el tipo de sostenimiento, se utiliza la tabla geomecánica RMR modificado de la unidad minera, si bien es cierto que los estándares brindan una buena referencia del sostenimiento, solo debe ser usado como guía, ya que el diseño de sostenimiento debe de estar sujeto a las características propias de la excavación a medida que se desarrollen las labores.

2.3.4 Consideraciones operacionales

Los métodos de minado que se aplican son el *sublevel caving*, en mayor incidencia, y en menor proporción el corte y relleno.

El tajo de contacto oriental se viene explotando mediante corte y relleno ascendente, el Tj1050 se caracteriza por su terreno IIIB en gran parte 60-70 % en los hastiales para garantizar la estabilidad del tajo durante la explotación del NV1070 hasta el NV1020 debajo del que se dejará un puente para garantizar la explotación del último corte.

El tajo considera un tipo de roca IIIB (mayor incidencia) y de IVA, con rangos de RMR de 42 y 39 respectivamente. La resistencia del macizo varía de 20 a 70 MPa. Se observa presencia de agua, considerando puentes de 5 metros, para garantizar el ciclo de minado.



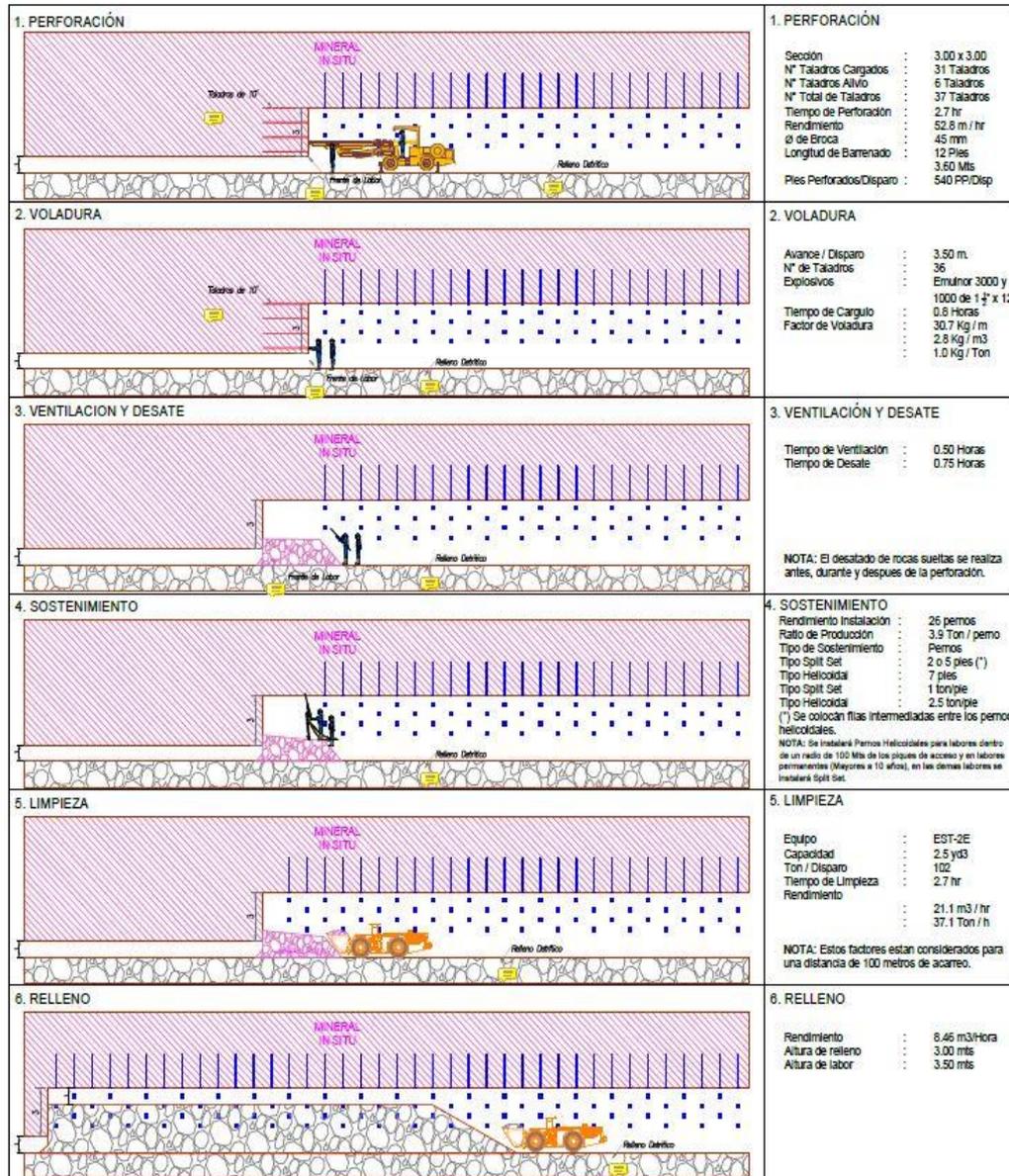
**Figura 4. Análisis de estabilidad, Tj 1050, Nv 1020 – Nv 1070
Tomada del área de Geomecánica**



**Figura 5. Plano en planta, nivel Nv 1070, mina Yauricocha
Tomado del área Mina**

- ✓ Método de minado corte y relleno ascendente

**CICLO DE MINADO CORTE Y RELLENO ASCENDENTE MECANIZADO - TAS: 7 DIAS
RMR: 41 - 50 (TIPO III-B)**

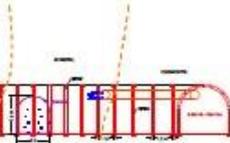
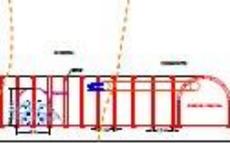
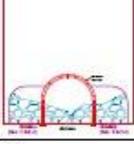
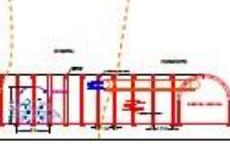
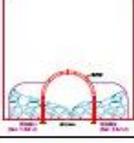
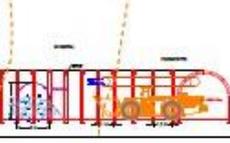
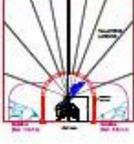
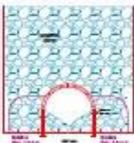
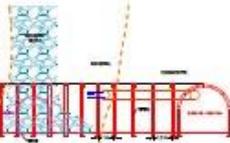
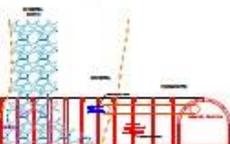
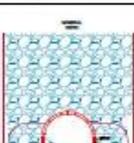
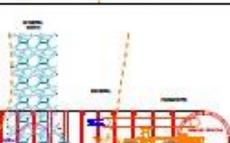


**Figura 6. Método de minado corte y relleno ascendente, mina Yauricocha.
Tomada del área de Geomecánica**

El método de minado corte y relleno ascendente es aplicado a rocas de tipo IIIB considerando un RMR entre 41 a 50. El ciclo de minado establece cortes horizontales o verticales de sección de 3 x 3 m, con longitud de perforación de 12 pies y la voladura con emulnor 3000 y 1000. El ciclo consiste en perforación y voladura, ventilación y desate, sostenimiento, limpieza y relleno.

✓ Método de minado *sublevel caving*

**CICLO DE MINADO SUBLEVEL CAVING MECANIZADO - TAS: 2 HRS.
RMR: 21 - 30 (TIPO IV-B)**

<p>1. PERFORACIÓN DE BOLSILLOS</p> 		<p>1. PERFORACIÓN</p> <p>Sección : 2.00 x 2.40 Nº de Taladros : 20 Tiempo de Perforación : 1.45 horas Rendimiento : 30 Mts/horas Ø de Broca : 41 mm Longitud de Barrenado : 6 Pies Pies Perforados/Disparo : 120 PP/Disp</p>
<p>2. VOLADURA DE BOLSILLOS</p> 		<p>2. VOLADURA</p> <p>Sección : 2.00 x 2.40 Avance / Disparo : 2.05 Mts Explosivos : Emulnor 1000 de 1" x 7" Tiempo de Carguo : 0.5 Horas Factor de Carga : 1.92 Kg/m³ 0.73 Kg/Ton 8.30 Kg/Mt</p>
<p>3. VENTILACIÓN</p> 		<p>3. VENTILACIÓN</p> <p>Tiempo de Ventilación : 0.5 Horas</p> <p>NOTA: Por seguridad del personal no se espere a realizar el desatado de rocas después de disparar el botello</p>
<p>4. LIMPIEZA DE BOLSILLOS</p> 		<p>4. LIMPIEZA</p> <p>Equipo : ST-2D Capacidad Equipo : 2.2 yds³ Rendimiento : 50 Tm/Horas</p>
<p>5. PERFORACIÓN DE TALADROS LARGOS</p> 		<p>5. PERFORACIÓN</p> <p>Sección : 2.00 x 2.40 Nº de Taladros : 18 Tiempo de Perforación : 3.38 horas Rendimiento : 20 Mts/horas Ø de Broca : 64 mm Pies Perforados/Disparo : 412.72 PP/Disp</p>
<p>6. VOLADURA DE TALADROS LARGOS</p> 		<p>6. VOLADURA</p> <p>Avance / Disparo : 18 Mts Nº de Taladros : 18 Explosivos : Emulnor Tiempo de Carguo : 2.40 horas Factor de Carga : 0.12 Kg/Tm</p>
<p>7. VENTILACIÓN</p> 		<p>7. VENTILACIÓN</p> <p>Tiempo de Ventilación : 0.5 Horas</p> <p>NOTA: Por seguridad del personal no se espere a realizar el desatado de rocas después de la voladura.</p>
<p>8. LIMPIEZA</p> 		<p>8. LIMPIEZA</p> <p>Equipo : ST-2D Capacidad Equipo : 2.2 yds³ Rendimiento (*) : 40 Tm/Horas</p> <p>(*) El rendimiento presentado este calculado con una distancia de ecorreo menor a 80 Mts</p>

**Figura 7. Método de minado *sublevel caving*, mina Yauricocha
Tomada del área de Geomecánica**

El método de minado *sublevel caving* aplicado a rocas de tipo IVB considera un RMR entre 21 a 30. El ciclo de minado considera el desarrollo de bolsillos de 2.0 x

2.4 m y la voladura con emulnor de 10000. Consiste en la preparación de los bolsillos considerando la perforación, voladura, ventilación y limpieza de los bolsillos. El ciclo continúa con la perforación de taladros largos, voladura, ventilación y limpieza de taladros largos.

2.4 Bases teóricas del estudio

El desarrollo del presente trabajo de investigación es de carácter operativo, realizando el análisis de las variables de perforación y voladura, en la rampa Rp 5585, Nv 1070, para la mejora del avance efectivo en la mina Yauricocha.

El cumplimiento de los programas de avance repercutirá en los planes de minado de corto, mediano y largo plazo; por tal motivo, es de vital importancia ir controlando el avance efectivo, en este estudio, la rampa Rp 5585 del nivel Nv 1070, analizando principalmente el comportamiento del RMR asociado.

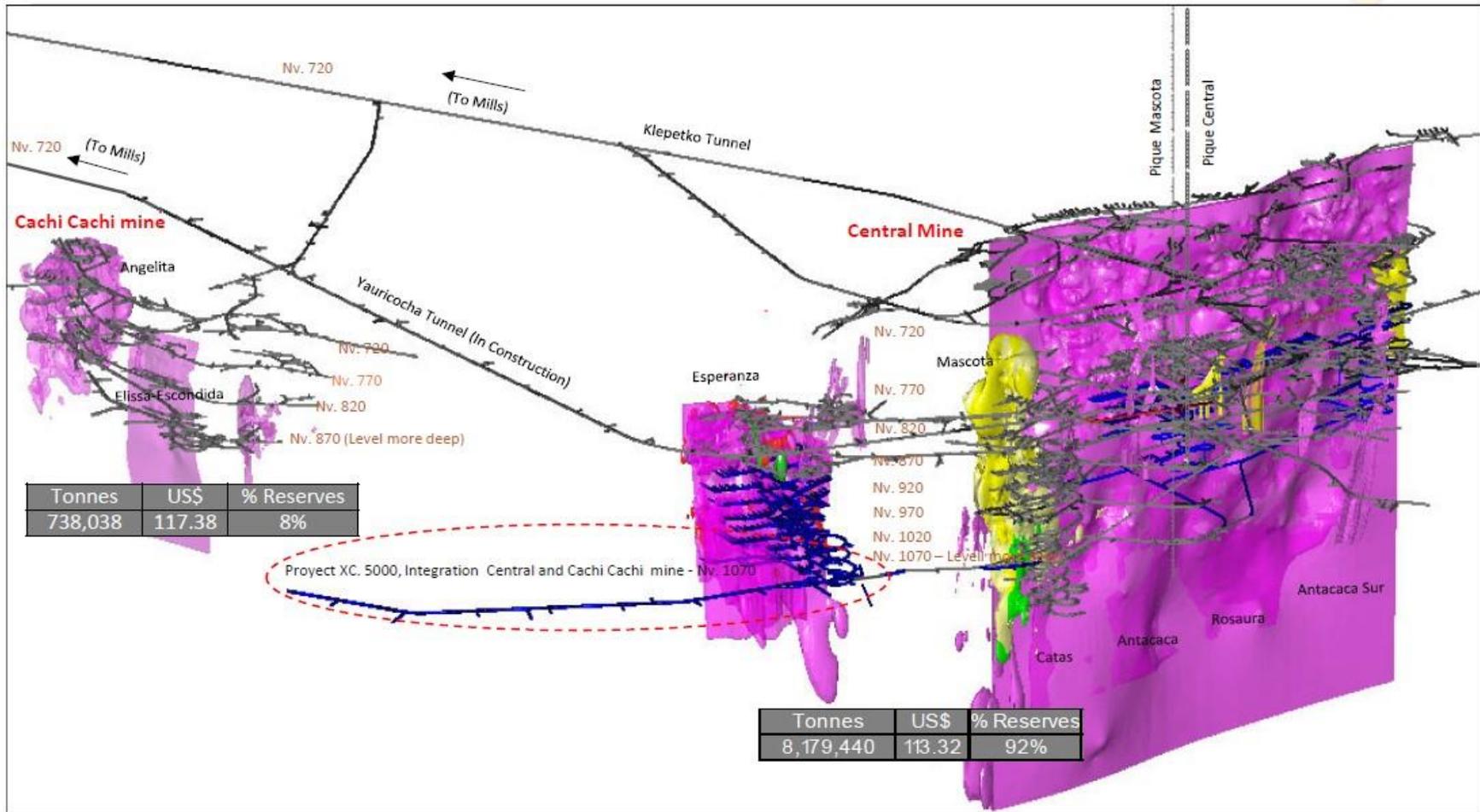
El estudio se desarrolla durante los meses de enero a mayo teniendo en consideración 2 periodos para sus análisis: de enero a marzo y el de la mejora los meses de abril y mayo.

El cumplimiento del desarrollo de la rampa Rp 5585 durante el periodo de estudio será relacionado con el RMR, su rendimiento y costo asociado para dar respuesta a las hipótesis planteadas.

2.4.1 Consideraciones técnicas de la rampa Rp 5585, Nv 1070

Durante el estudio de enero a mayo se consideró el desarrollo de la rampa Rp 5585, Nv 1070, con sección de 3.5 x 3.5 m con un programa de 179.40 metros, un avance programado de 3.0 metros/disparo.

De acuerdo a la validación o negación de las hipótesis planteadas en el presente estudio, se considera relacionar los metros programados y ejecutados con el RMR planificado, así mismo el factor de carga programado y real con el RMR planificado, para luego relacionar estos parámetros con los costos unitarios asociados en el desarrollo de la rampa Rp 5585.



**Figura 8. Perfil de la mina Yauricocha
Tomada del área de Planeamiento**



Figura 9. Rampa 5585, nivel Nv 1070, mina Yauricocha

a) Parámetros de perforación y voladura

El desarrollo de la rampa considera un RMR de 41 a 50 que considera longitudes de perforación de 12 pies, con 45 mm de diámetro y 43 taladros perforados: 33 taladros cargados y 10 taladros de alivio, para un adecuado sostenimiento se considera Split set + malla.

Tabla 5. Distribución de taladros y carga Rp 5585, Nv 1070

SECUENCIA DE SALIDA	DISTRIBUCIÓN POR TALADRO PARA JUMBO 3.5m x 3.5m - TIPO DE ROCA RMR 41 - 50										
	DISTRIBUCIÓN DE TALADROS			PARA 10 PIES				PARA 12 PIES			
				EMULNOR		TOTAL	DENSIDAD DE CARGA	EMULNOR		TOTAL	DENSIDAD DE CARGA
	1000	3000	1000	3000							
Denominación	Cargados	Vacios	(Und/1al)		Kg	Kg/1al	(Und/1al)		Kg	Kg/1al	
1	ARRANQUE	4	4				11	11.7			2.9
2	1ª AYUDA	4			10	10.6	2.7		11	11.7	2.9
3	2ª AYUDA	4			10	10.6	2.7		10	10.6	2.7
4	3ª AYUDA	4			10	10.6	2.7		9	9.5	2.4
5	AYUDA HASTIAL										
6	AYUDA CORONA	2			7	3.7	1.9		8	4.2	2.1
7	HASTIAL	4	2		8	8.5	2.1		9	9.5	2.4
8	CORONA	5	4	4	1	5.6	1.1	5	1	6.7	1.3
9	ARRASTRE	5			10	13.3	2.7		10	13.3	2.7
10	CUNETAS	1			5	1.3	1.3		5	1.3	1.3
	TOTAL CARGADOS	33	10		20	75.9	2.2	25	276	78.5	2.3

Tomada del área de Planeamiento

MALLA DE PERFORACIÓN CON JUMBO ROCA SEMIDURA - TIPO IIIB
Sección 3.5 m x 3.5 m RMR 41-50

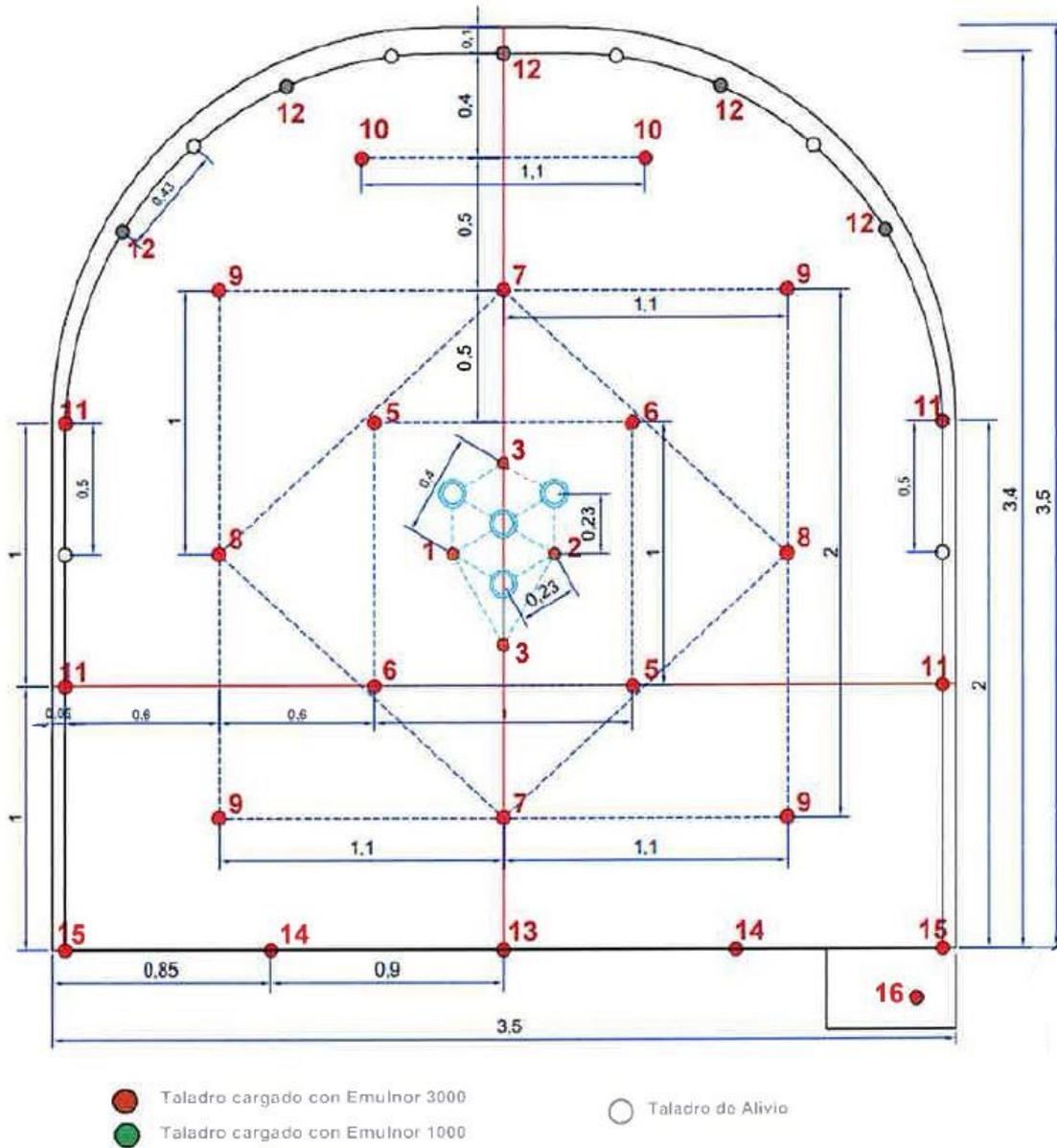


Figura 10. Diseño de malla de perforación Rp 5585, Nv 1070, mina Yauricocha Tomada del área de Planeamiento

La distribución de taladros en la rampa de 3.5 x 3.5 m, considerando longitudes de perforación de 12 pies, tiene en cuenta un total de 43 taladros perforados: 33 taladros cargados y 10 taladros de alivio, con un total de 25 unidades de emulnor 1000 y de 276 unidades de emulnor 3000 que genera un consumo total de explosivo de 78.5 kilogramos, y la densidad de carga es de 2.38 kg/tal.

b) Resultados programados de perforación y voladura

Los resultados programados en el desarrollo de la rampa Rp 5585, Nv 1070 de 3.5 x 3.5 m. considera los siguientes resultados programados para una longitud de perforación de 12 pies:

Tabla 6. Distribución de taladros y carga Rp 5585, Nv 1070

RESULTADOS			
ITEM	10 PIES	12 PIES	Und.
AVANCE POR DISPARO	2.60	3.00	m
LONG. PROMEDIO TACO	0.30	0.30	m
EXPLOSIVO POR DISPARO	75.9	78.5	Kg
VOLUMEN ROTO	36.8	44.1	m³
TONELAJE ROTO	97.0	116.4	Tn
FACTOR DE CARGA	2.06	1.78	Kg/m³
FACTOR DE POTENCIA	0.78	0.67	Kg/Tn
FACTOR DE AVANCE	29.17	26.17	Kg/m

Tomada del área de Planeamiento

El avance programado por disparo en la rampa Rp 5585 considera un RMR entre 41 a 50, se programa un avance por disparo de 3.0 m con un total de explosivo de 78.5 kg, programa un volumen roto de 44.1 m³ o un tonelaje de 116.4 t con un factor de carga de 1.78 kg/m³, un factor de potencia de 0.67 kg/t y un factor de avance de 26.17 kg/m.

2.4.2 Consideraciones económicas de la rampa Rp 5585, Nv 1070

El precio unitario o costo unitario del desarrollo de la rampa Rp 5585, Nv 1070 considera las áreas de perforación, voladura y limpieza, considerando los siguientes parámetros técnicos:

- ✓ La eficiencia de perforación programada es del 92 %, considerando una perforación de 12 pies, su eficiencia de perforación es de 3.52 m y la eficiencia de voladura considerada es del 91 % con un 3.05 m.
- ✓ El total de horas de jumbo por guardia considerada es de 2.67 horas.

- ✓ El total de horas de limpieza del scoop de 4.1 yd³ será de 2.94 h/gdia, considerando un tonelaje de 99.40 toneladas.

Tabla 7. Parámetros técnicos de perforación, voladura y limpieza Rp 5585, Nv 1070

EFICIENCIA DE PERFORACION Y VOLADURA			
1 PIE =		92%	91%
0.3048	EQUIV. EN MTS	EFIC. PERF	EFIC. VOLAD.
12	3.6576	3.3522	3.0505
CALCULO HORAS UTILIZACION JUMBO x DISPARO			
Per./Tal (min.)			2.3
Maniobra/Tal (min.)			0.7
Per./Tal. Rimado (min.)			4.75
Insta. - Desinta. (min.)			18
Total Per. Taladros (min.)			102
Total Tal. Rimados (min.)			19
Instalacion - Desinstalacion (min-)			18
		Total minutos	139
		Total Hora	2.32
Movilizacion			0.35
		Total Hora Jumbo / Guardia	2.67
CALCULO HORAS UTILIZACION SCOOP x DISPARO			
Rendimiento Scoop Tn/Hr			33.80
Tonelaje			99.40
		Total Horas Scoop / Guardia	2.94

Tomada del área de Planeamiento

El costo unitario del desarrollo de la rampa Rp 5585, Nv 1070 considera una sección de 3.5 x 3.5 m y un RMR entre 41 a 50, se detalla las siguientes partidas: mano de obra con un costo de 1,866.12 \$, máquinas con un costo de 1,686.45 \$, suministros con un costo de 1021.60 \$, implementos de seguridad con un costo de 46.76 \$, movilidad para traslado de materiales con un costo 186.65 \$ y combustible con un costo de 376.79 \$.

El costo total considera gastos generales y utilidad programado es de 5,808.15 \$, tiene en cuenta un factor de avance de 3.05 m., el costo por metro lineal programado será de 1,904.0 S/m o de 494.55 \$/m (TC: 3.85).

Tabla 8. Precio unitario de la Rp 5585, Nv 1070

DATOS:		RANCHA DE 3.5x3.5 - JUMBO DE 12' & SCOOP DE 4.1 yd3 - CTTA (desde -3% hasta -12%)		Tipo Roca:		RMR>40
Tipo:		TRACKLESS				
Tamaño del Taladro:	12 pies	Seccion:	3.5	3.5	m.	
Taladros de arranque -rimado:	4 Und	Avance Disp.:	3.05		m.	
Taladros de servicio:	3	Volumen:	37.37		m3	
Taladros a cargar:	34	Volumen Esponjado	56.05		m3	
Taladros perforados:	42	TMS	99.40		Tn	
Taladros de alivio corona:	5	Tiempo Limpieza:	2.94		Hrs	
Distancia de Limpieza:	150 m	Tipo de material	Desmonte	Densidad		2.66
Mano de Obra						
Código	Descripción	Cantidad	Factor de Pago	Incidencia	Costo Unit del recurso	Costo Real S/
MOD-011	Maestro perforista	1	2.346	0.64 TAR	72.29	108.95
MOD-020	Ayudante perforista	1	2.346	0.64 TAR	66.70	100.52
MOD-029	Bombero	0	2.346	0.00 TAR	66.70	0.00
MOD-033	Traslado de materiales	1	2.346	0.10 TAR	66.70	15.65
MOD-001	Operador de Jumbo	1	2.346	0.64 TAR	100.48	151.43
MOD-002	Ayudante de Jumbo	1	2.346	0.64 TAR	66.70	100.52
MOD-006	Operador de Scoop		2.346	0.63 TAR	100.48	148.51
MO-LAH	MOI Labores Avances Horizontales				1,240.54	1,240.54
				3.30		1,866.12
Maquinas						
Código	Descripción	Vida Util	Consumo por Guardia	Costo Unit del recurso	Costo Real S/	
EQ-003	Jumbo Sandvik DD210		2.67	321.13	856.35	
EQ-001	Scooptram de 4.1yd3		2.94	271.29	797.75	
EQ-010	Bomba de 15HP		4.17	7.16	29.83	
	Perforacion por pie		6.00	0.42	2.52	
						1,686.45
Suministros:						
Perforación de taladros a cargar:						
HS200	BARRA CONICA 78766112-11 G.11", 108 X 22 X 4		1.83	m	0.60	1.10
HS201	BROCAS DESCART. 77764440-B45 40MM. 11"		1.83	m	0.41	0.75
HS202	BARRA 73246537-20 T38 H35 R32 M/F 12		154.20	m	1.14	175.79
AC103	ACOPLAMIENTO P/ BARRA 73143555 T38 R32		154.20	m	0.22	33.92
AC107	SHANK ADAPTER		154.20	m	0.79	121.82
AC101	BROCA DE BOTONES R28 X 41 MM RT 300		154.20	m	1.28	197.38
AC116	BROCA RIMADORA DOMO 4" R32 / 7733-5602P-S48		13.41	m	9.99	133.95
AC116	ADAPTADOR PILOTO RIMADORA		13.41	m	8.17	109.55
	AFILADORA DE BROCAS		154.20	m	0.36	55.51
	COPA P AFILAR BROCA 7975270-10 10MM		8.40	m	3.72	31.25
Herramientas:						
HS206	Lampa Minera Tipo Cuchara		1.00	PZ	0.45	0.45
HS208	Pico Acero De Punta Y Pala C/ Mango		1.00	PZ	0.38	0.38
HS209	Llave Francesa De 12"		1.00	PZ	0.26	0.26
HS227	Llave Stillson De 18"		1.00	PZ	1.71	1.71
HS212	Wincha Metalica 5 M		1.00	PZ	0.14	0.14
HS214	Barretilla De Fierro Corrugado De 1" X 4' Pies.		1.00	PZ	0.14	0.14
HS216	Barretilla De Fierro Corrugado De 1" X 6' Pies.		1.00	PZ	0.21	0.21
HS217	Barretilla De Aluminio De 1' X 6'		1.00	PZ	0.45	0.45
HS219	Barretilla De Aluminio De 1' X 8'		1.00	PZ	0.48	0.48
HS225	Barretilla De Aluminio De 1' X 10'		1.00	PZ	0.59	0.59
HS229	Barretilla De Aluminio De 1' X 12'		1.00	PZ	0.88	0.88
HS230	Sacabroca		1.00	0	0.52	0.52
HS234	Sacabarreno		1.00	0	0.26	0.26
HS235	Gas Propano		1.00	KG	0.04	0.04
HS231	Pintura En Spray		1.00	PZ	0.48	0.48
HS209	Arco De Sierra De 1/2" X 12"		1.00	PZ	0.15	0.15
HS227	Hoja De Sierra De 1/2" X 1/2" X 18"		1.00	PZ	0.23	0.23
HS212	Funson		1.00	0	0.21	0.21
HS214	Cuchanilla (Fe Corrug. 3/8")		1.00	0	0.26	0.26
	Plomada		1.00	0	0.12	0.12
HS216	Manguera De Jefe Y Lona De 1"		1.00	m	0.26	0.26
HS217	Manguera De Jefe Y Lona De 1/2"		1.00	m	0.22	0.22
HS219	Gamarrilla De 1/2 X 0.50M Completa Aba-Gam-K		1.00	PZA	0.05	0.05
HS225	Alambre De Amarre # 16		1.00	kg.	0.05	0.05
HS229	Aceite Texaco Aries 100.		1.00	gln	0.30	0.30
HS230	Copla Y Niple De 3/8", 1/2" Y 3/4", 1, 1/2, 2"		1.00	Jgo	0.13	0.13
HS234	Valvula De Bola De 1"		1.00	PZA	0.04	0.04
HS235	Valvula De Bola De 2"		1.00	PZ	1.87	1.87
HS231	Pintura Esmalte Blanco		3.05	GL	10.76	32.82
HS232	Tubo Pvc Precorte 1 1/2"		17.00	PZ	6.55	111.35
EA526	Atacador De Madera En Eucalipto De 1 Mm X 10'		7.00	PZ	0.79	5.53
						1,021.60
Implementos de Seguridad						
EPP002	Labor Horizontal - Perforista Y Ayudante		1.93	Tar	15.19	29.28
EPP006	Operadores (Scoop - Dumper - Jumbo - Winche)		1.27	Tar	13.74	17.49
		Tareas Totales	3.20			46.76
Estandarización labor		Cuneta De 0.4 Cuneta De 0.4 X 0.4 Mts	3.1		0.00	0.00
						0.00
Movilidad para traslado de materiales						
EQ-012	Camioneta Hilux 4x4		1.00		22.47	22.47
EQ-007	Camion utilitario 7 tn		1.00		129.42	129.42
EQ-009	Cuatrimoto Kawasaki		1.00		34.76	34.76
						186.65
Combustible						
EQ-012	Camioneta Hilux 4x4		1.0	0.60	18.24	11.02
EQ-007	Camion utilitario 7 tn		1.0	2.45	18.24	44.76
EQ-009	Cuatrimoto Kawasaki		1.0	0.82	18.24	14.92
EQ-003	Jumbo Sandvik DD210		2.7	1.81	18.24	87.97
EQ-001	Scooptram de 4.1yd3		2.9	4.07	18.24	218.12
						376.79
		Gastos Generales			2.97%	143.02
		Utilidad			10.00%	480.76
		Total Indirectos			12.97%	623.78
					Sub Total Costos	5,808.15
					Costo por Disparo	5,808.15
					Factor de Avance (MT)	3.05
					Costo por Metro (S/)	1,904.00
					Costo por Metro (US \$)	494.55

Tomada del área de Planeamiento

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Método y alcances de la investigación

3.1.1 Método de la investigación

El método de investigación asociada al presente estudio es el descriptivo, ya que permite describir las variables de perforación y voladura en la rampa Rp 5585 SW, para determinar la mejora de su avance efectivo entre diferentes periodos.

a) Método general

El método aplicado en el presente trabajo es el método inductivo - deductivo. El objetivo del presente trabajo analiza e interpreta las variables de perforación y voladura, para la mejora del avance efectivo en el desarrollo de la rampa Rp 5585 SW, Nv 1070 en la mina Yauricocha.

b) Métodos específicos

Para el desarrollo del presente trabajo, se realiza diferentes trabajos para la obtención, análisis e interpretación de las variables de perforación y voladura, para la mejora del avance efectivo del desarrollo de la rampa Rp 5585 SW, Nv 1070, para lo cual se considera las siguientes etapas:

- ✓ Recopilación de informes. Se obtiene diferente data de las áreas de mina, geología, planeamiento, geomecánica, etc., con el objetivo de visualizar y analizar las variables de perforación y voladura en la rampa Rp 5585 SW.

- ✓ Trabajo de campo. Considera la observación en la etapa de perforación y voladura programada y ejecutada, relacionada al RMR del desarrollo de la rampa Rp 5585 SW, Nv 1070.

- ✓ Trabajo de gabinete. Considera el análisis de las variables de perforación y voladura programada y ejecutada, considerando los metros perforados, la cantidad de explosivos utilizados, el factor de carga y su relación económica.

- ✓ Resultados. Los resultados obtenidos serán comparados en dos escenarios para determinar la mejora en el avance del desarrollo de la rampa Rp 5585 SW, Nv 1070.

3.1.2 Alcances de la investigación

La investigación es aplicada, busca la mejora en el avance efectivo del desarrollo de la rampa Rp 5585 SW, Nv 1070 teniendo en cuenta el análisis de las variables de perforación y voladura, relacionándolas con el RMR del macizo rocoso.

3.2 Diseño de la investigación

El diseño de investigación es descriptivo longitudinal, donde se describe y evalúa los parámetros de perforación y voladura con el RMR de la rampa Rp 5585 SW, Nv 1070 durante los periodos de enero a mayo y ver su comportamiento en el avance efectivo programado y ejecutado.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

Pertenece a la mina Yauricocha de Sierra Metals INC.

3.3.2 Muestra

Asociado al análisis de los parámetros de perforación y voladura de la rampa Rp 5585 SW, nivel Nv 1070, de la mina Yauricocha.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas de recolección de información, está relacionado al método y tipo de investigación a desarrollar.

3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos

- ✓ Referencias bibliográficas (biblioteca e internet)
- ✓ Análisis de data, informes anteriores de mina, geología, geomecánica y planeamiento
- ✓ Observación de campo, en el proceso de perforación y voladura programada y ejecutada

3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos

- ✓ Cuadernillo de apuntes
- ✓ Plantilla de parámetros de perforación
- ✓ Plantilla de parámetros de voladura
- ✓ Plantilla de Excel
- ✓ Otros

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio permite realizar el análisis del avance efectivo de la rampa Rp 5585 SW, Nv 1070 mediante los parámetros de perforación y voladura durante el periodo de enero a mayo. Los parámetros analizados para validar las hipótesis planteadas considerarán los escenarios programados y ejecutados (reales) para ser comparados con la calidad del macizo rocoso, en este estudio solo será analizado el RMR, quedando abierta el análisis con otras variables a futuro. Los parámetros analizados son los metros perforados, el factor de carga, el consumo de explosivos y su relación con los costos unitarios del desarrollo de la rampa Rp 5585 SW, Nv 1070 en los periodos de enero a mayo.

4.1 Consideraciones operacionales

Los parámetros operacionales aplicados están relacionados al desarrollo de la rampa Rp 5585 SW, Nv 1070, con una sección de 3.5 x 3.5 m., se programó un avance de 179.40 metros en el sector de la mina Central. Las características del macizo rocoso donde se desarrolló la rampa Rp 5585 SW, Nv 1070 tiene un RMR entre 41 a 50. El estudio se realizó en 2 periodos de enero a marzo y de abril a mayo, los que fueron comparados en función a la variabilidad del RMR en dichos periodos.

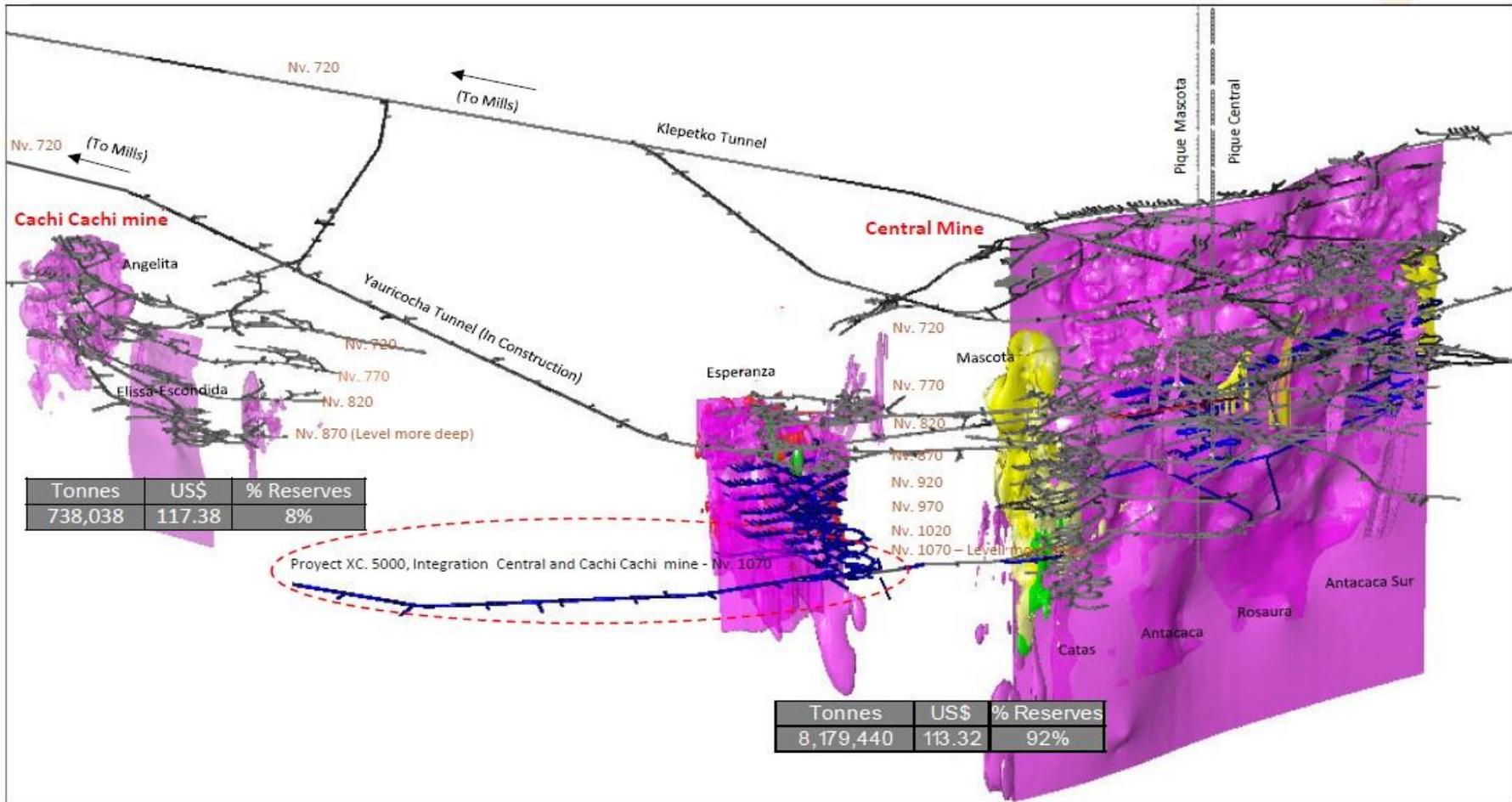
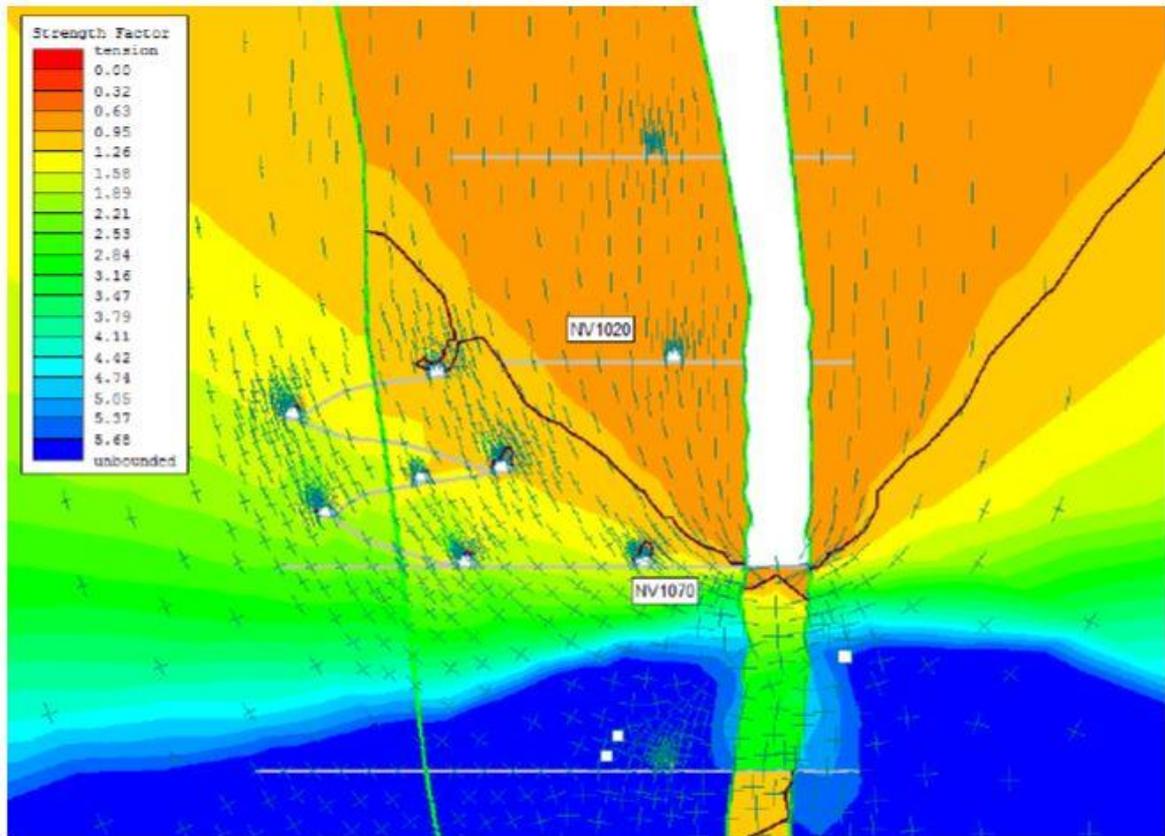


Figura 11. Zona central, rampa Rp 5585 SW, Nv 1070, mina Yauricocha Tomada del área de Planeamiento



**Figura 12. Análisis de esfuerzos y deformaciones, Rp 5585 SW, Nv 1070
Tomada del área de Geomecánica**

Los estudios realizados por la empresa mediante el estudio por el método de elementos finitos con el software Phase 2.0 y Rocscience realizó el análisis del comportamiento de los esfuerzos y deformaciones de la rampa, producto de la explotación de los diferentes tajos mediante el método de minado sublevel caving.

De acuerdo a los estudios realizados se observa que cuando el minado haya culminado en el nivel Nv 1070, la rampa no sufre efectos.

4.2 Análisis del avance efectivo – Rp 5585 SW, Nv 1070

Para realizar el análisis del avance efectivo en el periodo de estudio se consideró analizar la perforación programada, avance topográfico (avance ejecutado), avance topográfico turno anterior y el RMR.

- a) Periodo enero a marzo
- ✓ Avance efectivo – enero

Tabla 9. Avance efectivo Rp 5585 SW - Nv 1070, mes de enero

AVANCE EFECTIVO RP 5585 - NV 1070
MES DE ENERO

FECHA	PERFORACIÓN PROGRAMADO (m)	AVANCE TOPOGRÁFICO (m)	AVANCE TOPOG. TURN ANTER (m)	DIFERENCIA TOPO - PROG	DIFERENCIA TOPO - ANTERIOR	RMR
02-Ene	3.00	2.80	2.70	-0.20	-0.10	41
03-Ene	3.00	3.05	3.02	0.05	-0.03	41
04-Ene	3.00	3.01	3.01	0.01	0.00	41
06-Ene	3.00	3.01	3.00	0.01	-0.01	41
08-Ene	3.00	3.00	3.00	0.00	0.00	50
09-Ene	3.00	3.30	3.00	0.30	-0.30	50
10-Ene	2.80	2.80	3.00	0.00	0.20	50
12-Ene	3.00	2.36	2.40	-0.64	0.04	41
15-Ene	3.00	3.00	3.00	0.00	0.00	41
17-Ene	3.00	2.80	2.80	-0.20	0.00	41
18-Ene	3.00	2.40	2.40	-0.60	0.00	31
26-Ene	3.00	2.00	2.00	-1.00	0.00	42
PROMEDIO	2.98	2.79	2.78	-0.19	-0.02	43
TOTAL	35.80	33.53	33.33	-2.27	-0.20	43

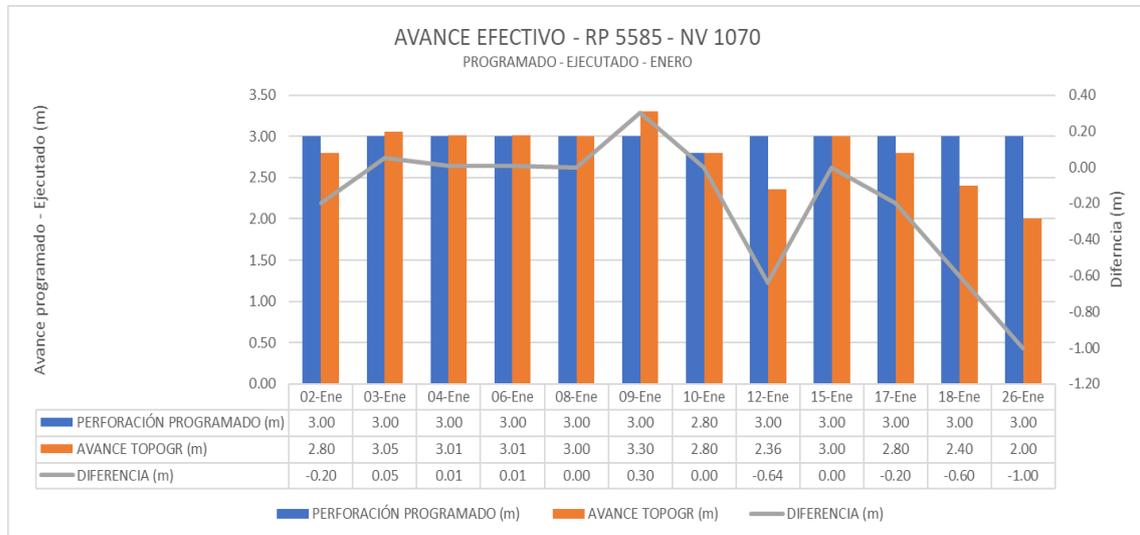


Figura 13. Relación avance efectivo programado y ejecutado en la Rp 5585 SW, enero

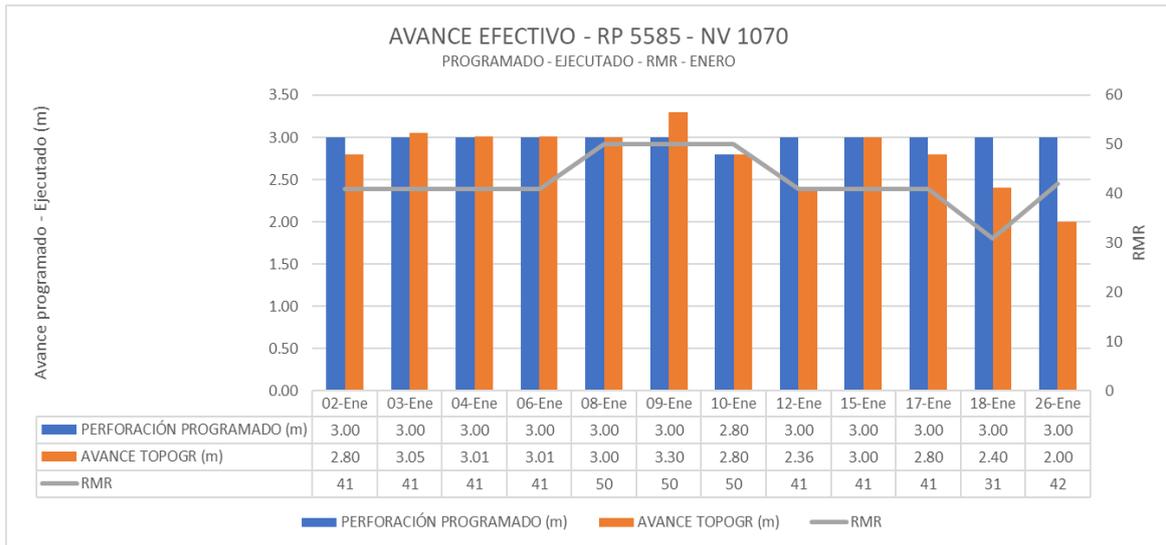


Figura 14. Relación avance efectivo programado–ejecutado y el RMR en la Rp 5585 SW, enero

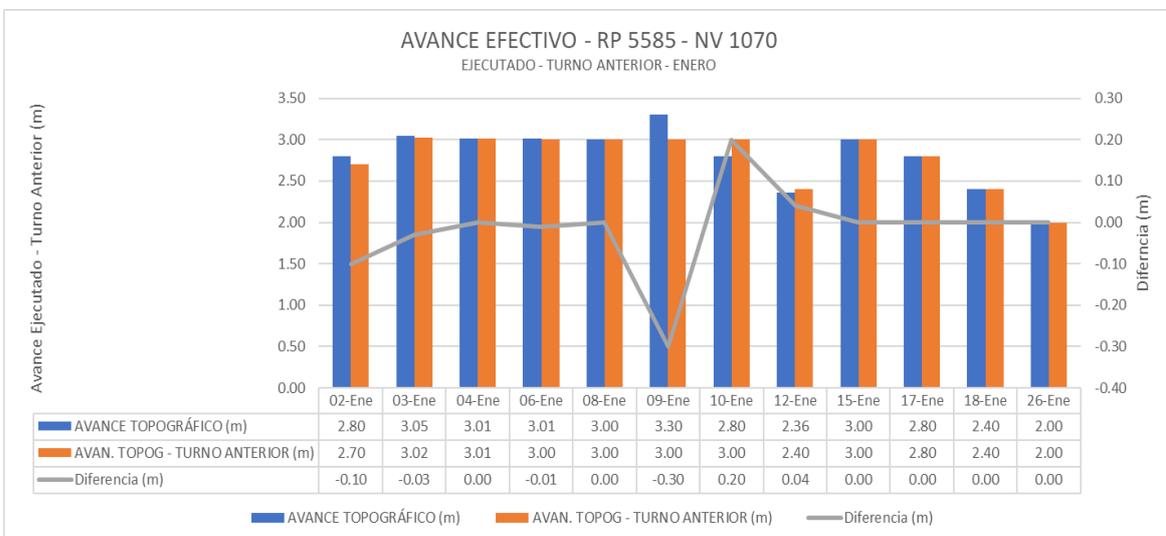


Figura 15. Relación avance efectivo periodo anterior y actual en la Rp 5585 SW, enero

El estudio desarrollado durante el mes de enero considera un avance programado de la Rp 5585 SW, Nv 1070 en 35.80 m., siendo el ejecutado en 33.53 m con una diferencia de 2.27 m, la variabilidad del RMR a lo largo del desarrollo de la rampa fue de 31 a 50 con un promedio de 43. La diferencia entre los promedios periodo anterior y evaluado considera una diferencia de 0.20 m.

✓ Avance efectivo – febrero

Tabla 10. Avance efectivo Rp 5585 - Nv 1070, mes de febrero

AVANCE EFECTIVO RP 5585 - NV 1070
MES DE FEBRERO

FECHA	PERFORACIÓN PROGRAMADO (m)	AVANCE TOPOGRÁFICO (m)	AVANCE TOPOG. TURN ANTER (m)	DIFERENCIA TOPO - PROG	DIFERENCIA TOPO - ANTERIOR	RMR
02-Feb	2.80	2.00	2.30	-0.80	0.30	45
03-Feb	2.80	1.56	2.00	-1.24	0.44	41
04-Feb	2.80	2.30	2.48	-0.50	0.18	51
05-Feb	2.80	2.40	2.70	-0.40	0.30	52
06-Feb	2.80	2.30	2.50	-0.50	0.20	52
16-Feb	2.80	2.50	2.80	-0.30	0.30	43
17-Feb	3.00	3.00	3.02	0.00	0.02	43
18-Feb	3.00	3.00	3.01	0.00	0.01	41
24-Feb	2.80	2.90	2.95	0.10	0.05	41
28-Feb	2.80	2.40	2.55	-0.40	0.15	41
PROMEDIO	2.84	2.44	2.63	-0.40	0.20	45
TOTAL	28.40	24.36	26.31	-4.04	1.95	45

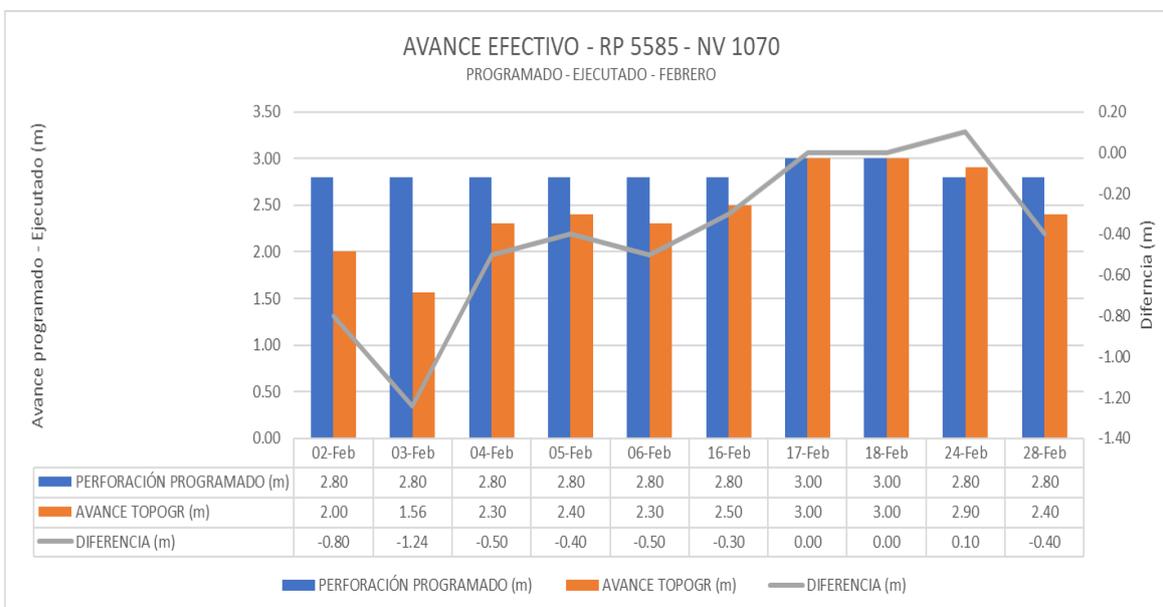


Figura 16. Relación avance efectivo programado y ejecutado en la Rp 5585 SW, febrero

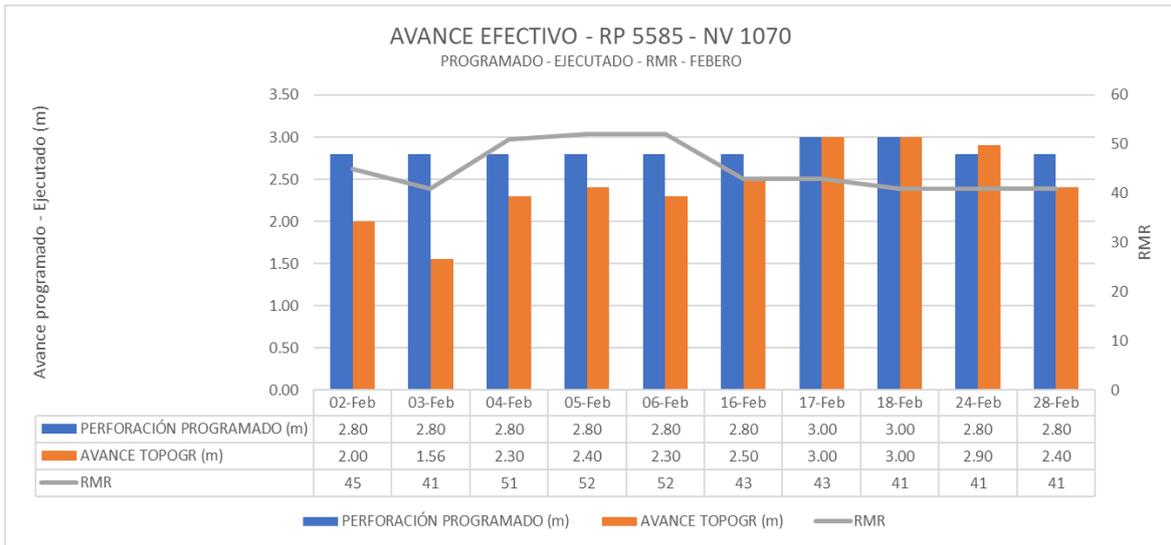


Figura 17. Relación avance efectivo programado–ejecutado y el RMR en la Rp 5585 SW, febrero

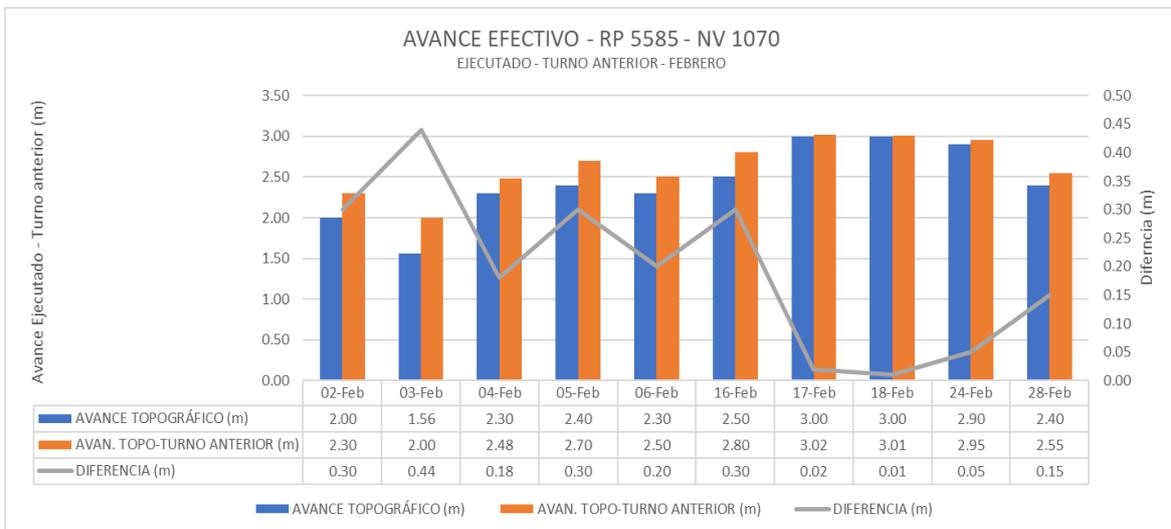


Figura 18. Relación avance efectivo periodo anterior y actual en la Rp 5585 SW, febrero

El estudio desarrollado durante el mes de febrero considera un avance programado de la Rp 5585 SW, Nv 1070 en 28.40 m, siendo el ejecutado en 24.36 m, con una diferencia de 4.04 m, la variabilidad del RMR a lo largo del desarrollo de la rampa fue de 41 a 52 con un promedio de 45. La diferencia entre los promedios periodo anterior y evaluado considera un excedente en 1.95 m.

✓ Avance efectivo – marzo

Tabla 11. Avance efectivo Rp 5585 SW - Nv 1070, mes de marzo

AVANCE EFECTIVO RP 5585 - NV 1070

MES DE MARZO

FECHA	PERFORACIÓN PROGRAMADO (m)	AVANCE TOPOGRÁFICO (m)	AVANCE TOPOG. TURN ANTER (m)	DIFERENCIA TOPO - PROG	DIFERENCIA TOPO - ANTERIOR	RMR
01-Mar	2.80	2.50	2.62	-0.30	0.12	41
05-Mar	3.00	3.05	3.08	0.05	0.03	30
08-Mar	3.00	3.01	3.00	0.01	-0.01	45
10-Mar	3.00	3.05	3.00	0.05	-0.05	45
15-Mar	2.80	2.46	2.60	-0.34	0.14	41
17-Mar	2.80	3.05	3.07	0.25	0.02	41
18-Mar	3.00	3.00	3.01	0.00	0.01	43
19-Mar	2.80	2.80	2.82	0.00	0.02	41
20-Mar	2.80	2.85	2.79	0.05	-0.06	41
21-Mar	3.00	3.00	3.04	0.00	0.04	41
22-Mar	3.00	2.98	3.01	-0.02	0.03	41
23-Mar	3.00	2.47	2.50	-0.53	0.03	45
PROMEDIO	2.92	2.85	2.88	-0.07	0.03	41
TOTAL	35.00	34.22	34.54	-0.78	0.32	41

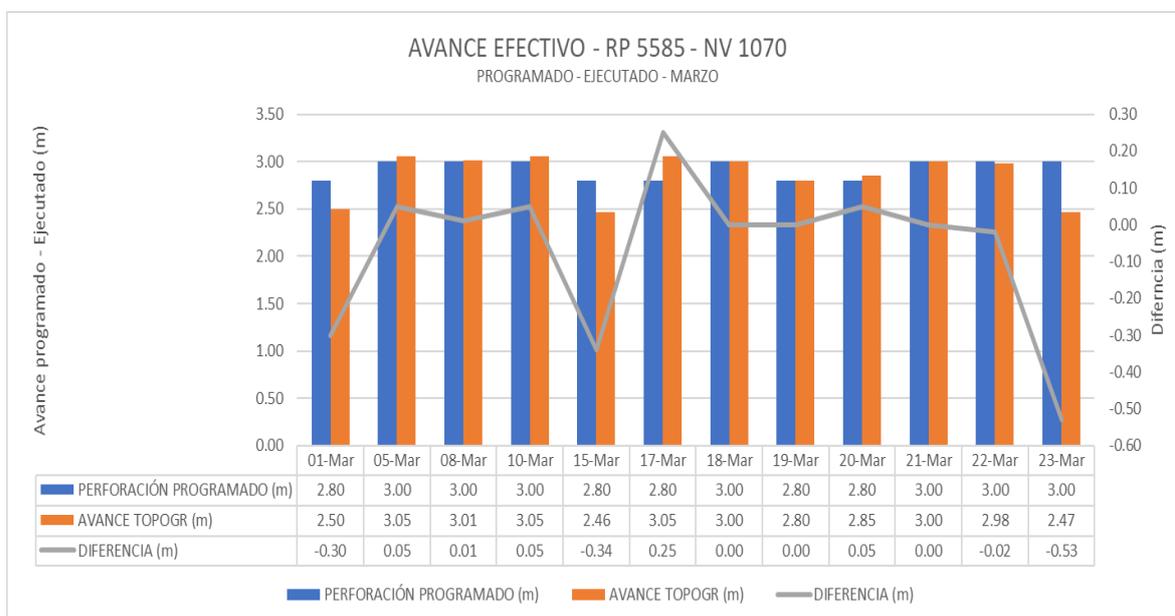


Figura 19. Relación avance efectivo programado y ejecutado en la Rp 5585 SW, marzo

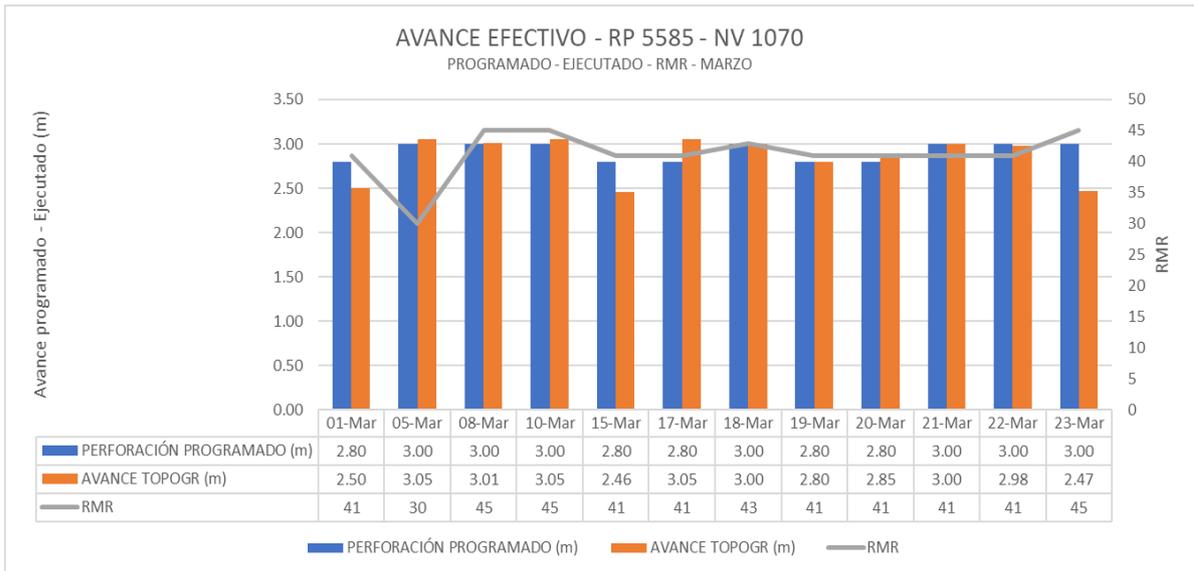


Figura 20. Relación avance efectivo programado–ejecutado y el RMR en la Rp 5585 SW, marzo

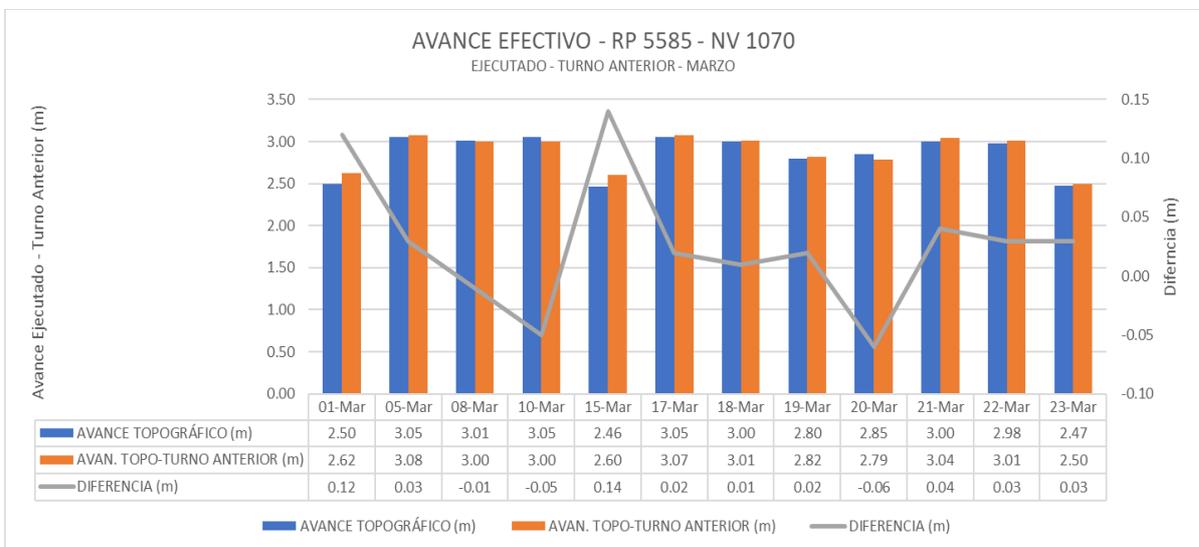


Figura 21. Relación avance efectivo periodo anterior y actual en la Rp 5585 SW, marzo

El estudio desarrollado durante el mes de marzo considera un avance programado de la Rp 5585 SW, Nv 1070 en 35.0 m, siendo el ejecutado en 34.22 m, con una diferencia de 0.78 m, la variabilidad del RMR a lo largo del desarrollo de la rampa fue de 30 a 45 con un promedio de 41. La diferencia entre los promedios periodo anterior y evaluado considera un excedente en 0.32 m.

b) Resumen periodo enero a marzo

Tabla 12. Resumen avance efectivo Rp 5585 SW - Nv 1070, enero a marzo

RESUMEN TOTAL AVANCE EFECTIVO RP 5585 - NV 1070

PERIODO: ENERO A MARZO

FECHA	PERFORACIÓN PROGRAMADO (m)	AVANCE TOPOGRÁFICO (m)	CUMPLIMIENTO (%)	DIFERENCIA TOPO - PROG	RMR
ENERO	35.80	33.53	93.7%	-2.27	43
FEBRERO	28.40	24.36	85.8%	-4.04	45
MARZO	35.00	34.22	97.8%	-0.78	41
TOTAL	99.20	92.11	92.4%	-7.09	43

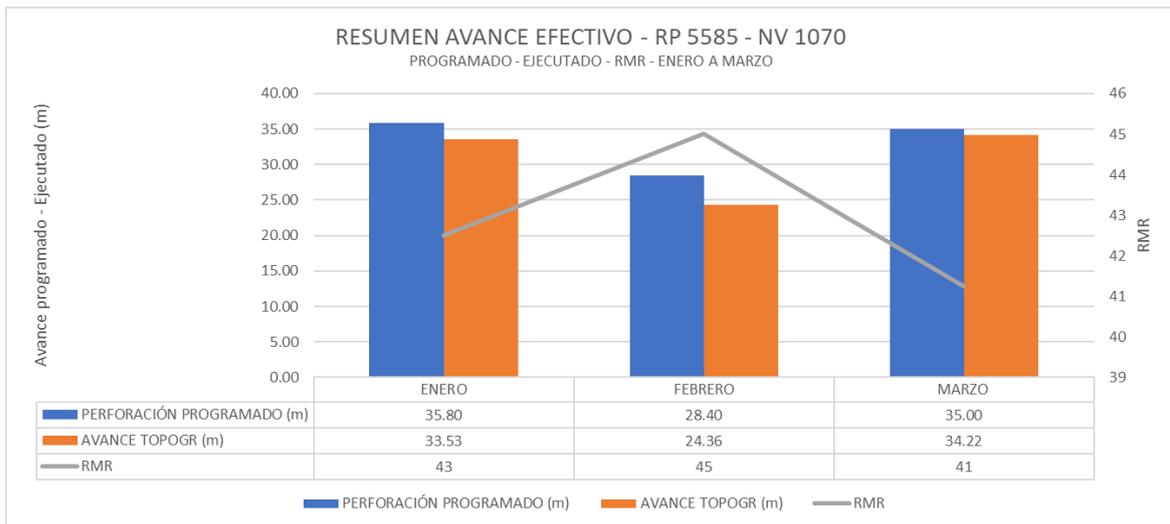


Figura 22. Resumen avance efectivo, Rp 5585 SW, enero a marzo

El estudio desarrollado durante el periodo de enero a marzo considera un avance programado de la Rp 5585 SW, Nv 1070 en 99.20 m, siendo el ejecutado en 92.11 m, con una diferencia de 7.09 m, la variabilidad del RMR a lo largo del desarrollo de la rampa fue de 41 a 45 con un promedio de 43.

El cumplimiento del avance en la rampa Rp 5585 SW en los periodos de enero, febrero y marzo considera valores de 93.7 %, 85.85 y 97.8 % respectivamente, con un promedio durante el periodo de enero a marzo del 92.4% .

- c) Periodo abril a mayo
- ✓ Avance efectivo – abril

Tabla 13. Avance efectivo Rp 5585 SW - Nv 1070, mes de abril

AVANCE EFECTIVO RP 5585 - NV 1070						
MES DE ABRIL						
FECHA	PERFORACIÓN PROGRAMADO (m)	AVANCE TOPOGRÁFICO (m)	AVANCE TOPOG. TURN ANTER (m)	DIFERENCIA TOPO - PROG	DIFERENCIA TOPO - ANTERIOR	RMR
03-Abr	3.00	3.06	3.05	0.06	-0.01	41
06-Abr	3.00	3.00	3.04	0.00	0.04	41
09-Abr	3.00	3.04	3.02	0.04	-0.02	41
11-Abr	3.00	3.02	3.03	0.02	0.01	41
13-Abr	3.00	3.10	3.04	0.09	-0.06	41
14-Abr	3.00	3.06	3.01	0.06	-0.05	41
15-Abr	3.00	3.06	3.05	0.06	-0.01	41
16-Abr	3.00	3.03	3.03	0.03	0.00	41
22-Abr	3.00	3.03	3.05	0.03	0.02	41
23-Abr	3.00	2.95	3.05	-0.05	0.10	41
27-Abr	3.00	3.02	3.00	0.02	-0.02	41
28-Abr	3.00	3.04	3.02	0.04	-0.02	41
29-Abr	3.00	3.02	3.02	0.02	0.00	41
PROMEDIO	3.00	3.03	3.03	0.03	0.00	41
TOTAL	39.00	39.43	39.41	0.43	-0.02	41

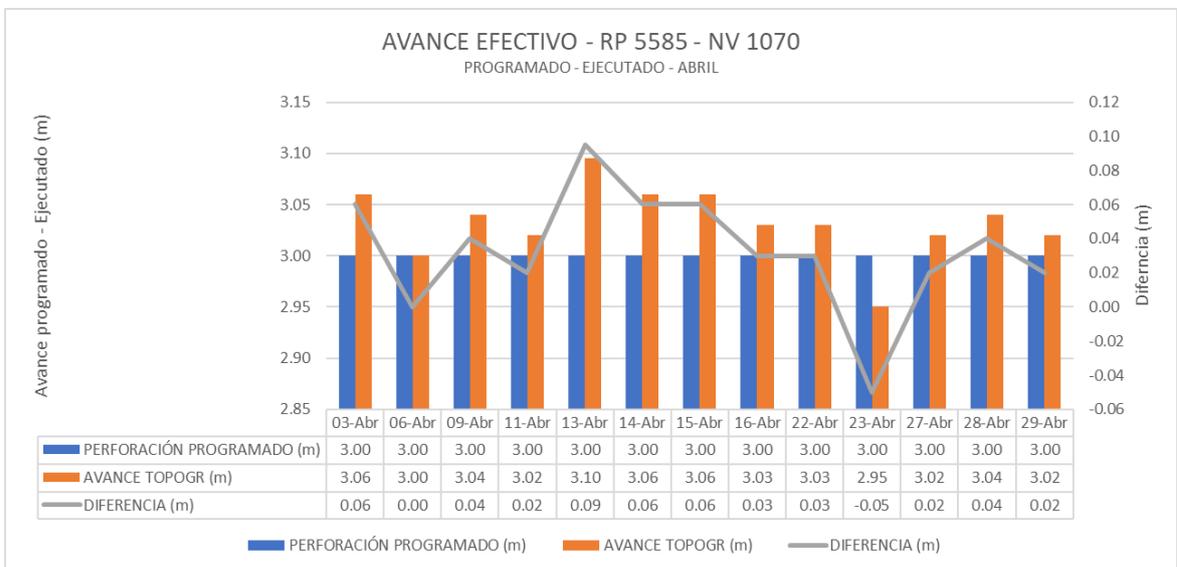


Figura 23. Relación avance efectivo programado y ejecutado en la Rp 5585 SW, abril

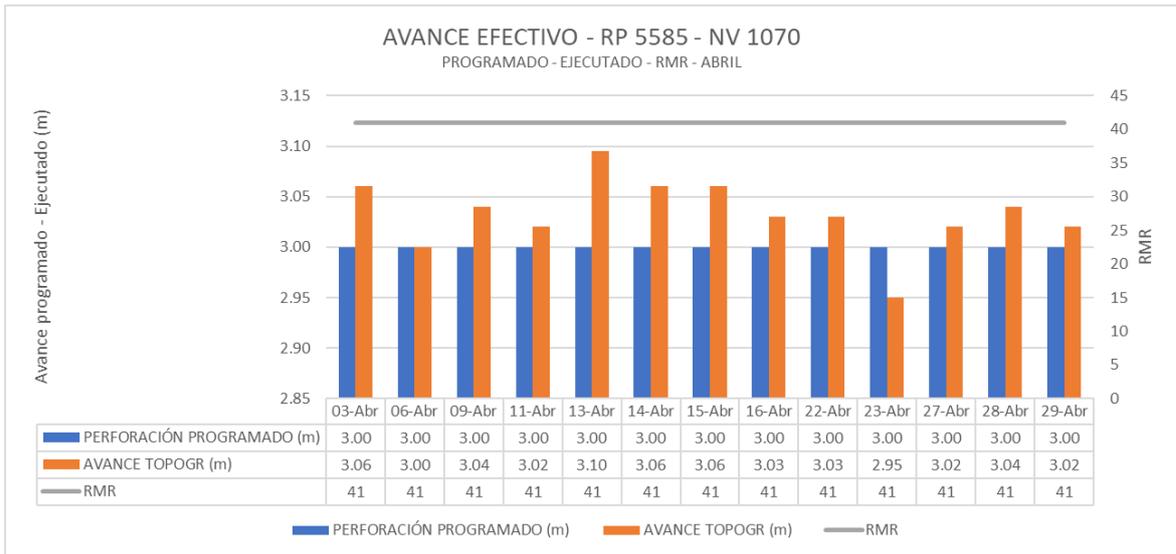


Figura 24. Relación avance efectivo programado–ejecutado y el RMR en la Rp 5585 SW, abril

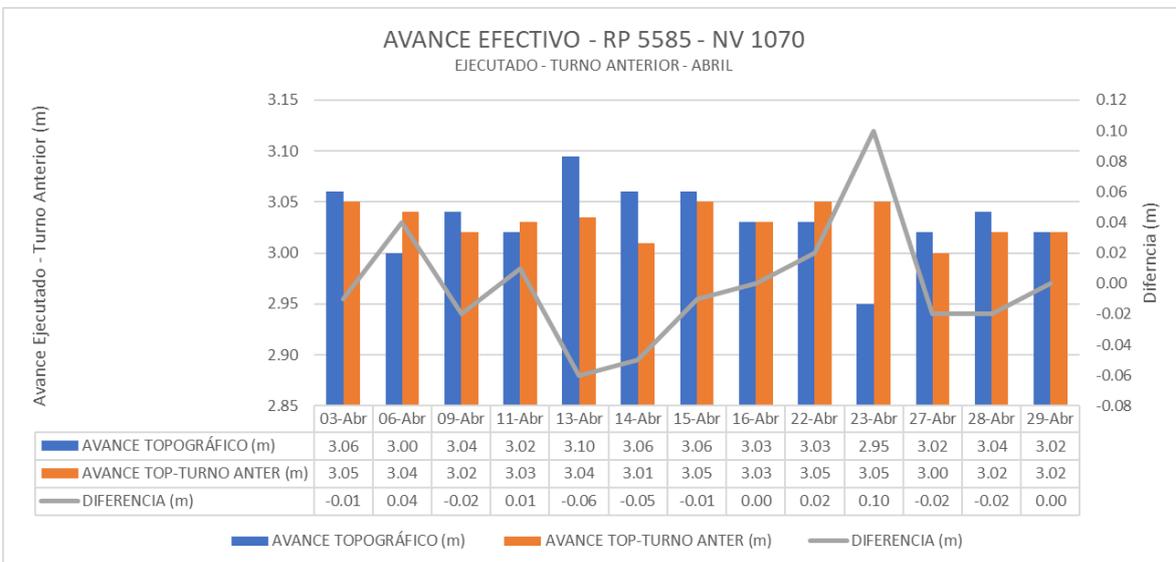


Figura 25. Relación avance efectivo periodo anterior y actual en la Rp 5585 SW, abril

El estudio desarrollado durante el mes de abril considera un avance programado de la Rp 5585 SW, Nv 1070 en 39.0 m, siendo el ejecutado en 39.43 m, con una diferencia de 0.43 m. El promedio del RMR a lo largo del desarrollo de la rampa fue de 41. La diferencia entre los promedios periodo anterior y evaluado considera una diferencia en 0.02 m.

✓ Avance efectivo - mayo

Tabla 14. Avance efectivo Rp 5585 SW - Nv 1070, mes de mayo

AVANCE EFECTIVO RP 5585 - NV 1070

MES DE MAYO

FECHA	PERFORACIÓN PROGRAMADO (m)	AVANCE TOPOGRÁFICO (m)	AVANCE TOPOG. TURN ANTER (m)	DIFERENCIA TOPO - PROG	DIFERENCIA TOPO - ANTERIOR	RMR
05-May	2.80	3.00	3.02	0.20	0.02	42
06-May	2.80	3.00	2.90	0.20	-0.10	41
07-May	3.00	3.00	3.02	0.00	0.02	41
08-May	3.00	3.00	3.00	0.00	0.00	41
09-May	3.00	2.90	2.90	-0.10	0.00	45
11-May	3.00	2.90	2.90	-0.10	0.00	41
13-May	2.80	3.00	3.00	0.20	0.00	41
14-May	3.00	3.10	3.10	0.10	0.00	35
16-May	3.00	3.28	3.30	0.28	0.02	41
17-May	3.00	3.25	3.30	0.25	0.05	35
18-May	3.00	3.00	3.00	0.00	0.00	33
20-May	3.00	3.02	3.00	0.02	-0.02	41
22-May	3.00	3.00	3.05	0.00	0.05	41
31-May	2.80	2.88	2.90	0.08	0.02	45
PROMEDIO	2.94	3.02	3.03	0.08	0.00	40
TOTAL	41.20	42.33	42.39	1.13	0.06	40

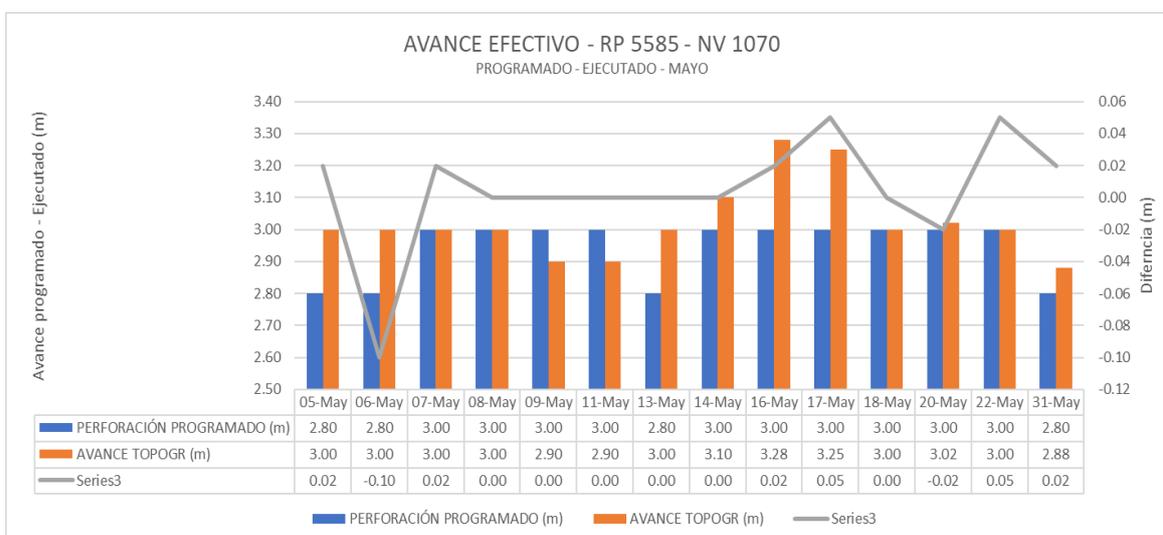


Figura 26. Relación avance efectivo programado y ejecutado en la Rp 5585 SW, mayo

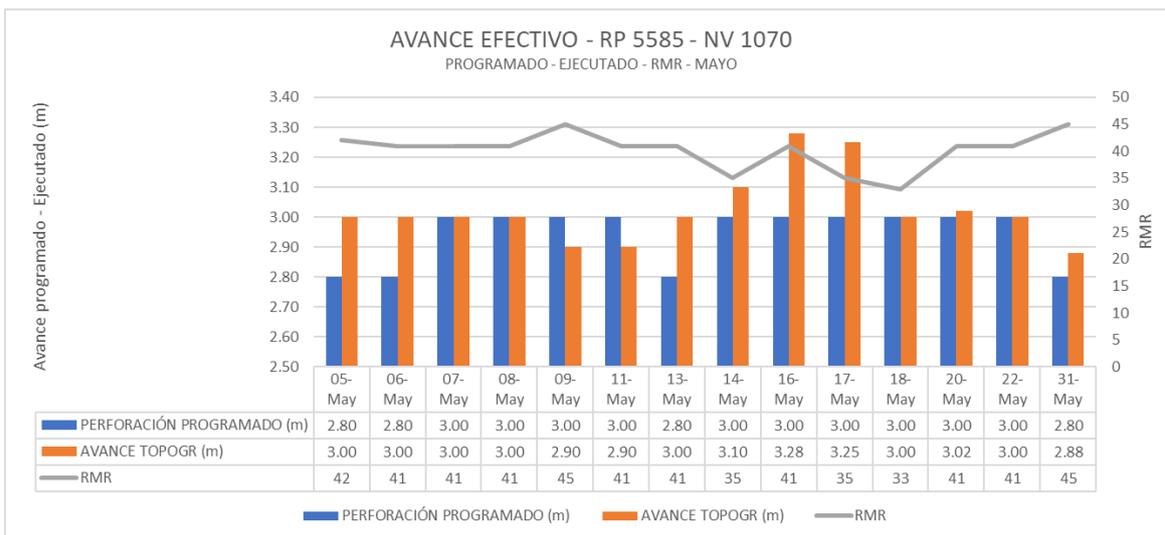


Figura 27. Relación avance efectivo programado–ejecutado y el RMR en la Rp 5585 SW, mayo

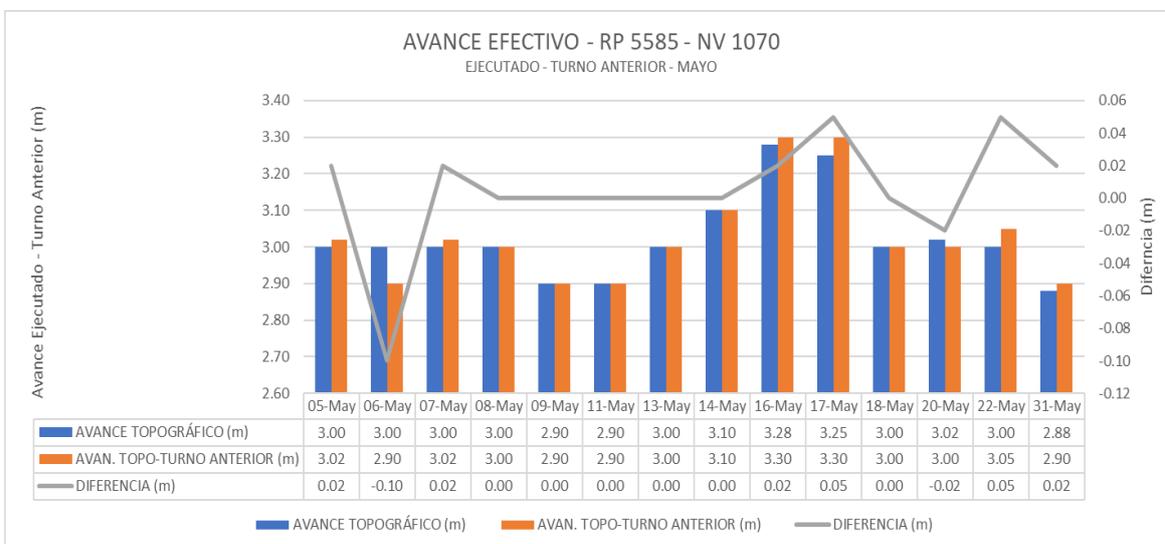


Figura 28. Relación avance efectivo periodo anterior y actual en la Rp 5585 SW, mayo

El estudio desarrollado durante el mes de mayo considera un avance programado de la Rp 5585 SW, Nv 1070 en 41.20 m, siendo el ejecutado en 42.33 m, con una diferencia de 1.13 m. El rango del RMR es de 33 a 45 con un promedio de 40. La diferencia entre los promedios periodo anterior y evaluado considera un excedente de 0.06 m.

d) Resumen periodo abril a mayo

Tabla 15. Resumen avance efectivo Rp 5585 SW - Nv 1070, abril a mayo

RESUMEN TOTAL AVANCE EFECTIVO RP 5585 - NV 1070

PERIODO: ABRIL A MAYO

FECHA	PERFORACIÓN PROGRAMADO (m)	AVANCE TOPOGRÁFICO (m)	CUMPLIMIENTO (%)	DIFERENCIA TOPO - PROG	RMR
ABRIL	39.00	39.43	101.09%	0.43	41
MAYO	41.20	42.33	102.74%	1.13	40
TOTAL	80.20	81.76	101.92%	1.56	41

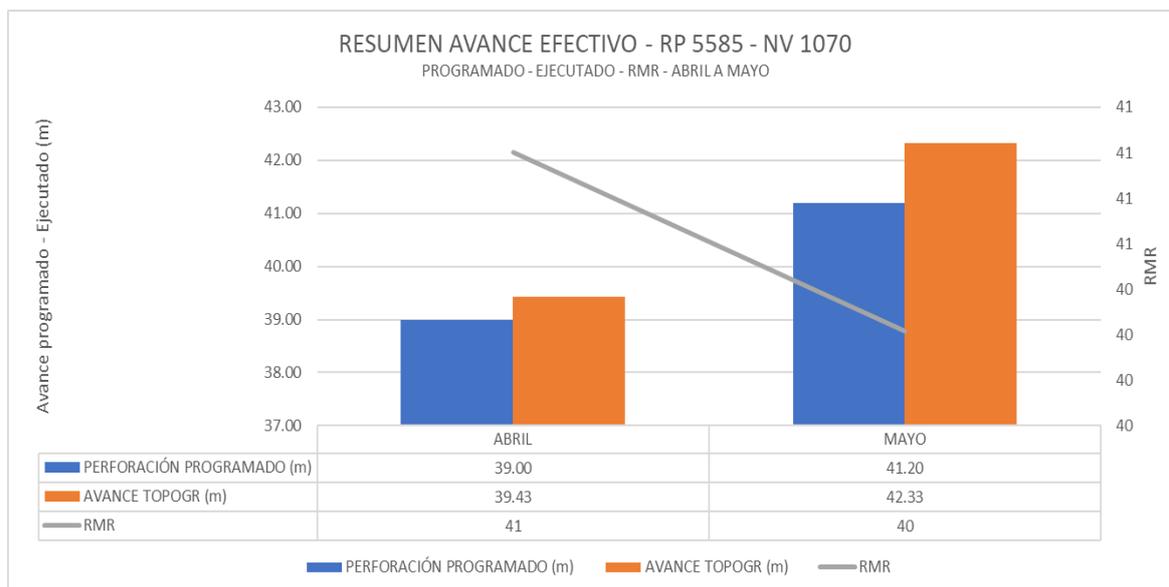


Figura 29. Resumen avance efectivo, Rp 5585 SW, abril a mayo

El estudio desarrollado durante el periodo de abril a mayo considera un avance programado de la Rp 5585 SW, Nv 1070 en 80.20 m, siendo el ejecutado en 81.76 m, con un excedente de 1.56 m, la variabilidad del RMR a lo largo del desarrollo de la rampa fue de 40 a 41 con un promedio de 41.

El cumplimiento del avance en la rampa Rp 5585 SW en los periodos de abril y mayo considera valores de 101.09 % y 102.74 % respectivamente, con un promedio durante el periodo de abril a mayo del 101.92 %.

e) Resumen total avance efectivo – Rp 5585 SW, enero a mayo

El avance programado en la Rp 5585 SW fue de 179.40 m y el ejecutado fue de 173.87 m, considerando una diferencia o déficit de 5.53 m. El cumplimiento del avance efectivo considerado en los periodos de enero a mayo fue del 96.21 %.

El menor avance efectivo durante el estudio fue producto de la variabilidad del macizo rocoso, El rango del RMR en el área de estudio está entre 40 a 45, con un promedio de 42.

Tabla 16. Resumen total del avance efectivo Rp 5585 SW - Nv 1070, enero a mayo

RESUMEN TOTAL AVANCE EFECTIVO RP 5585 - NV 1070

PERIODO: ENERO A MAYO

FECHA	PERFORACIÓN PROGRAMADO (m)	AVANCE TOPOGRÁFICO (m)	CUMPLIMIENTO (%)	DIFERENCIA TOPO - PROG	RMR
ENERO	35.80	33.53	93.66%	-2.27	43
FEBRERO	28.40	24.36	85.77%	-4.04	45
MARZO	35.00	34.22	97.77%	-0.78	41
ABRIL	39.00	39.43	101.09%	0.43	41
MAYO	41.20	42.33	102.74%	1.13	40
TOTAL	179.40	173.87	96.21%	-5.53	42

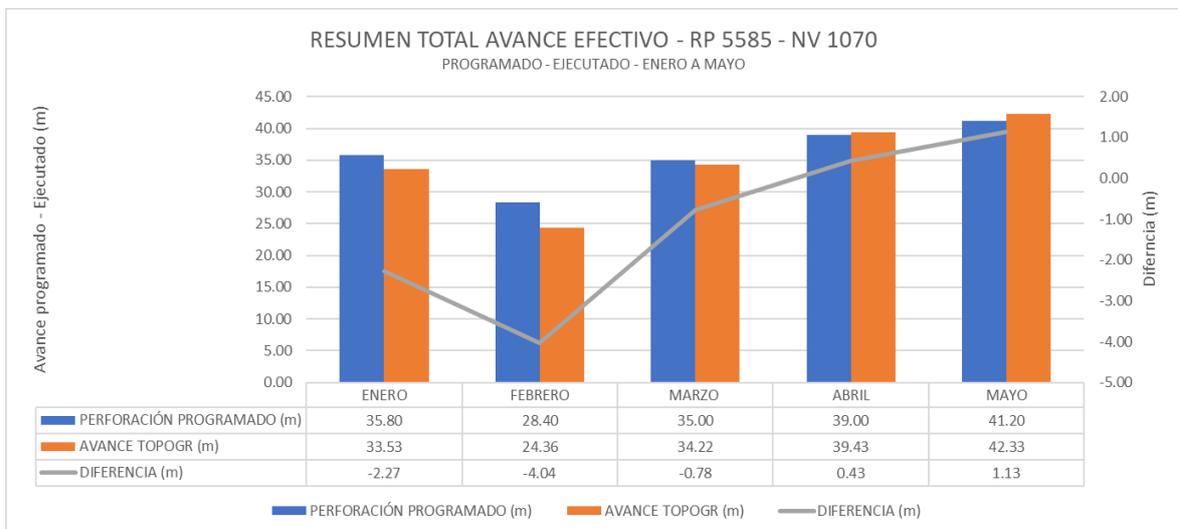


Figura 30. Resumen total avance efectivo, Rp 5585 SW, enero a mayo

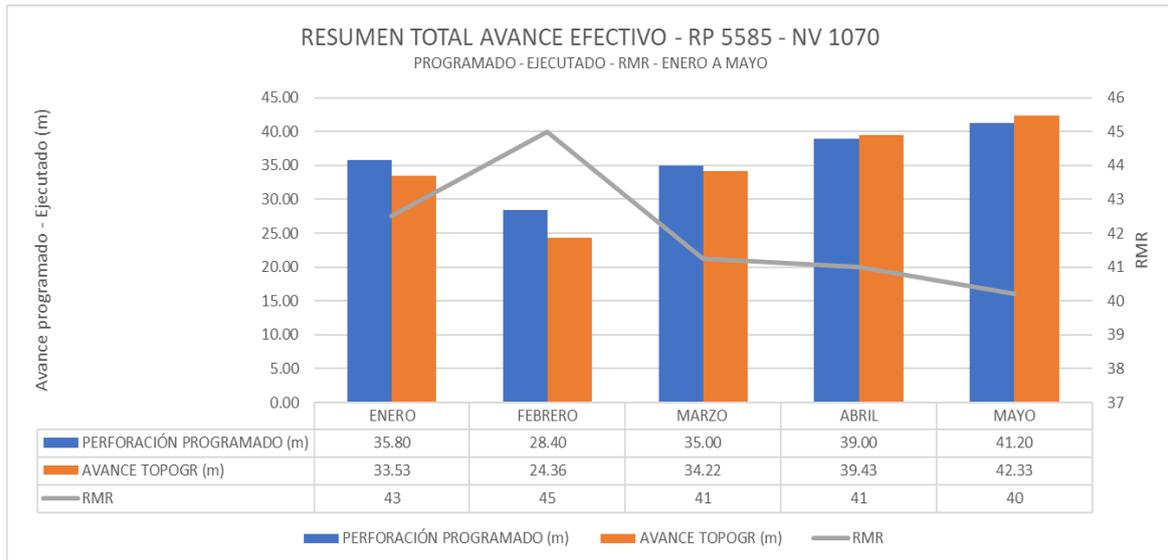


Figura 31. Resumen total avance efectivo, Rp 5585 SW, enero a mayo

Finalmente, el análisis del avance efectivo y su relación con el RMR en el desarrollo de la rampa Rp 5585 SW, Nv 1070 considerando el avance programado en 179.40 m y el avance efectivo en 173.87 m, con un déficit de 5.53 m.

De acuerdo a los periodos estudiados con un mejor control del RMR y definiendo mejor las características del macizo rocoso indican que el avance efectivo en el periodo enero a marzo fue de 92.11 m, con un nivel cumplimiento del 92.4 % y un RMR entre 41 a 45, y un mejor incremento del avance efectivo en el periodo abril a mayo con 81.76 m, con un nivel de cumplimiento del 101.92 % y una menor variabilidad del RMR entre 40 a 41.

El menor cumplimiento del avance efectivo está directamente relacionado al comportamiento con la variabilidad de las propiedades del macizo rocoso considerando el tipo de yacimiento asociado.

4.3 Análisis del factor de carga – Rp 5585 SW, Nv 1070

Para realizar el análisis del avance efectivo en el periodo de estudio se consideró analizar el factor de carga programado y real, relacionando con el RMR.

a) Factor de carga periodo enero a marzo

✓ Factor de carga – enero

Tabla 17. Factor de carga real y programado Rp 5585 SW - Nv 1070, mes de enero

FACTOR DE CARGA REAL Y PROGRAMADO RP 5585 - NV1070

MES DE ENERO

FECHA	AVANCE EFECTIVO (m)	FACTOR CARGA REAL (kg/m)	FACTOR CARGA PROGRAMADO (kg/m)	DIFERENCIA (KG/m)	RMR
02-Ene	2.80	28.04	29.07	1.04	41
03-Ene	3.05	25.74	25.99	0.26	41
04-Ene	3.01	26.08	26.08	0.00	41
06-Ene	3.01	26.08	26.17	0.09	41
08-Ene	3.00	26.17	26.17	0.00	50
09-Ene	3.30	25.82	26.17	0.34	50
10-Ene	2.80	25.82	24.33	-1.49	50
12-Ene	2.36	33.26	32.71	-0.55	41
15-Ene	3.00	26.17	26.17	0.00	41
17-Ene	2.80	25.00	25.00	0.00	41
18-Ene	2.40	32.50	32.50	0.00	31
26-Ene	2.00	39.10	39.10	0.00	42
PROMEDIO	2.79	28.31	28.29	-0.03	43
TOTAL	33.53	339.77	339.46	-0.32	43

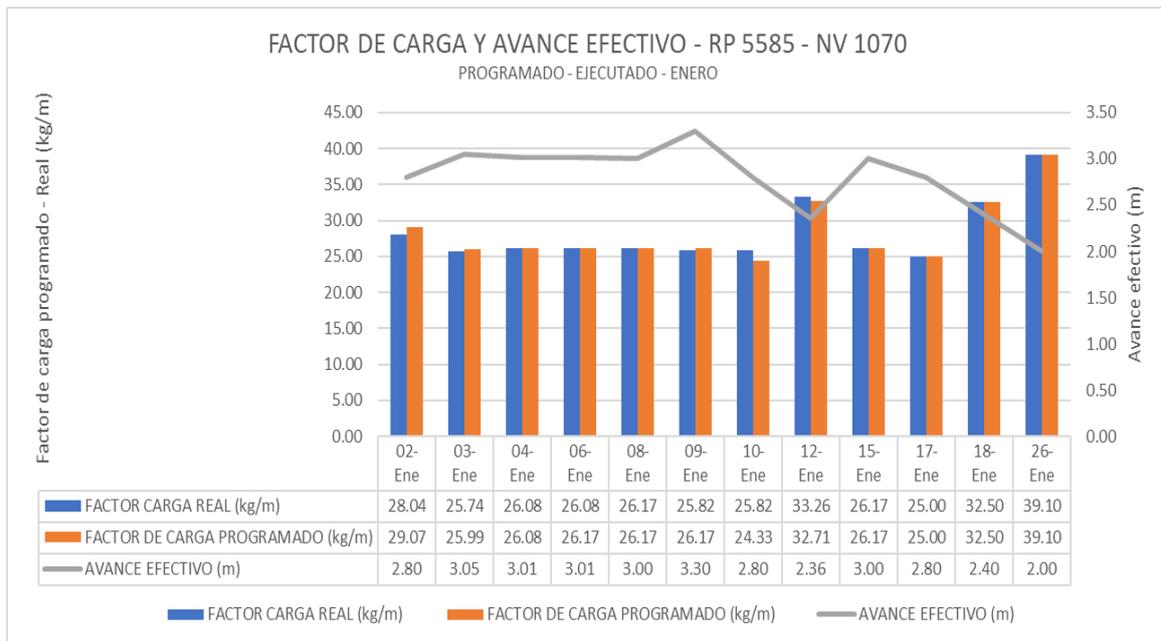


Figura 32. Factor de carga y avance efectivo, Rp 5585 SW, enero

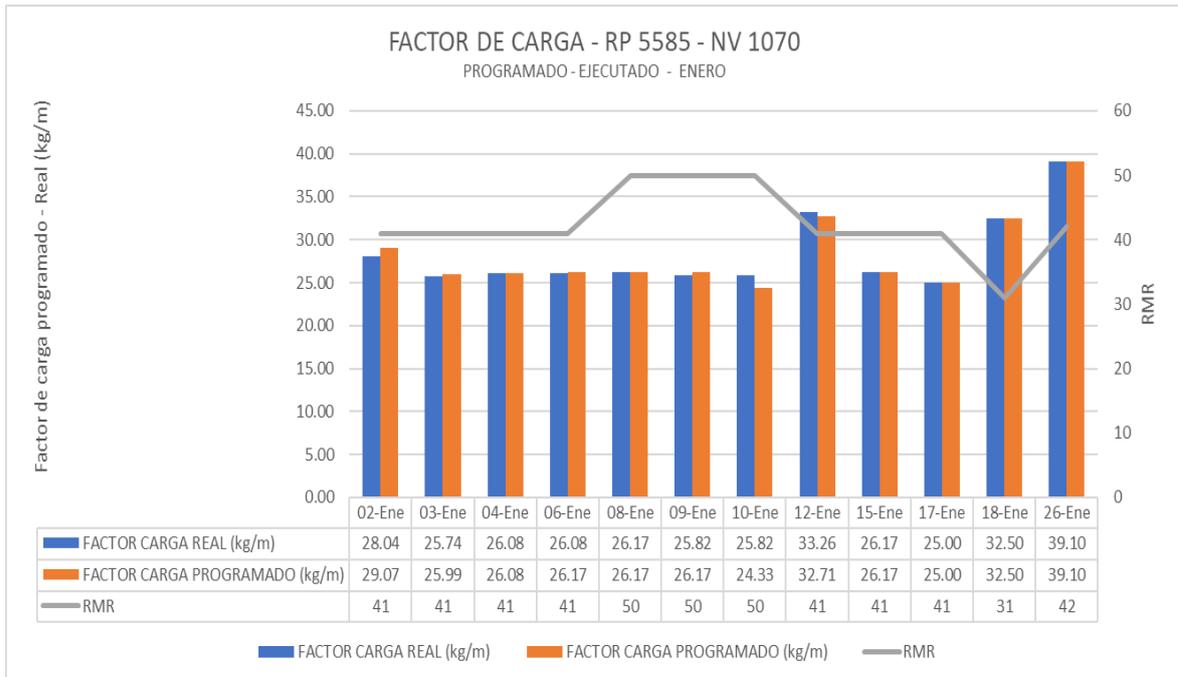


Figura 33. Factor de carga y RMR, Rp 5585 SW, enero

Uno de los parámetros de voladura que inciden directamente en el avance efectivo y su incidencia en los costos operacionales es el factor de carga, que está directamente relacionado a las características del macizo rocoso, en el presente estudio será relacionado al comportamiento del RMR siendo la variable que tiene muchos cambios.

El estudio desarrollado durante el mes de enero considera un factor de carga programado y real en el desarrollo de la Rp 5585 SW, Nv 1070 en 339.46 kg/m y en 339.77 kg/m respectivamente, con una diferencia de 0.32 kg de explosivo, el rango del RMR es de 31 a 50, con un promedio de 43.

La variabilidad del macizo rocoso influye directamente en el avance efectivo en este periodo con un déficit de 2.27 m, esto producto de una liberación de energía diferente en el macizo rocoso de menor RMR en el desarrollo de la rampa Rp 5585, Nv 1070.

✓ Factor de carga – febrero

Tabla 18. Factor de carga real y programado Rp 5585 SW - Nv 1070, mes de febrero

FACTOR DE CARGA REAL Y PROGRAMADO RP 5585 - NV1070

MES DE FEBRERO

FECHA	AVANCE EFECTIVO (m)	FACTOR CARGA REAL (kg/m)	FACTOR CARGA PROGRAMADO (kg/m)	DIFERENCIA (KG/m)	RMR
02-Febr	2.00	39.25	34.13	-5.12	45
03-Febr	1.56	50.32	39.25	-11.07	41
04-Febr	2.30	36.52	33.87	-2.65	51
05-Febr	2.40	30.06	26.72	-3.34	52
06-Febr	2.30	31.83	29.28	-2.55	52
16-Febr	2.50	28.86	28.86	0.00	43
17-Febr	3.00	0.00	0.00	0.00	43
18-Febr	3.00	24.05	24.05	0.00	41
24-Febr	2.90	27.07	26.61	-0.46	41
28-Febr	2.40	30.06	28.29	-1.77	41
PROMEDIO	2.44	29.80	27.11	-2.70	45
TOTAL	24.36	298.01	271.06	-26.96	45

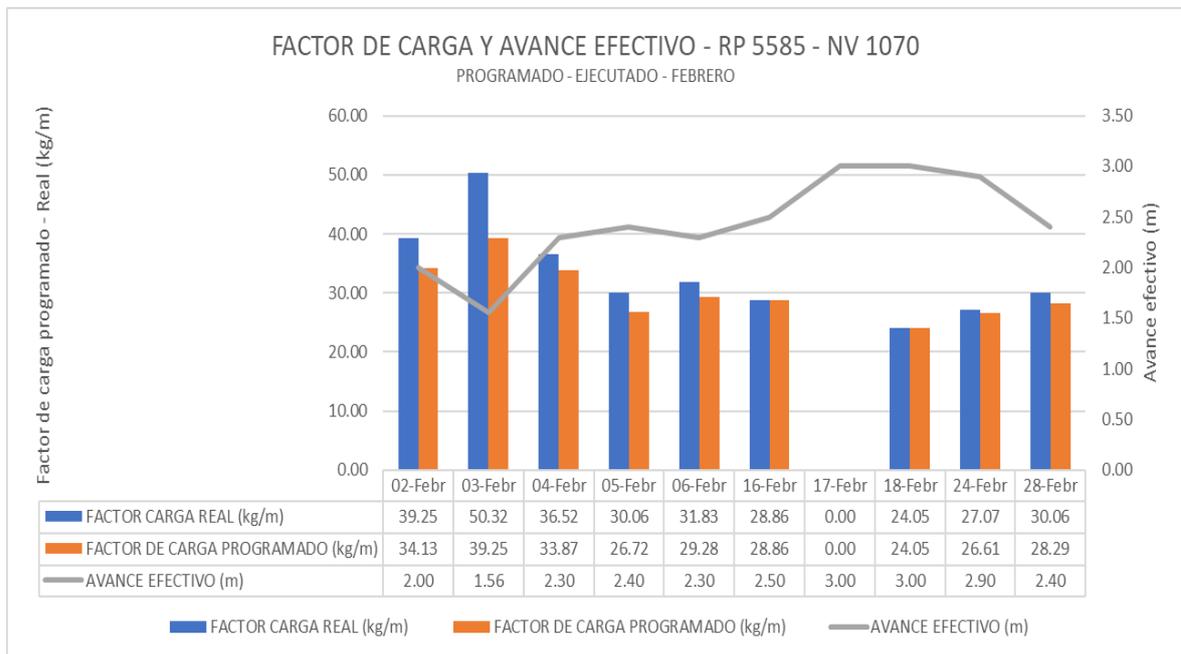


Figura 34. Factor de carga y avance efectivo, Rp 5585 SW, febrero

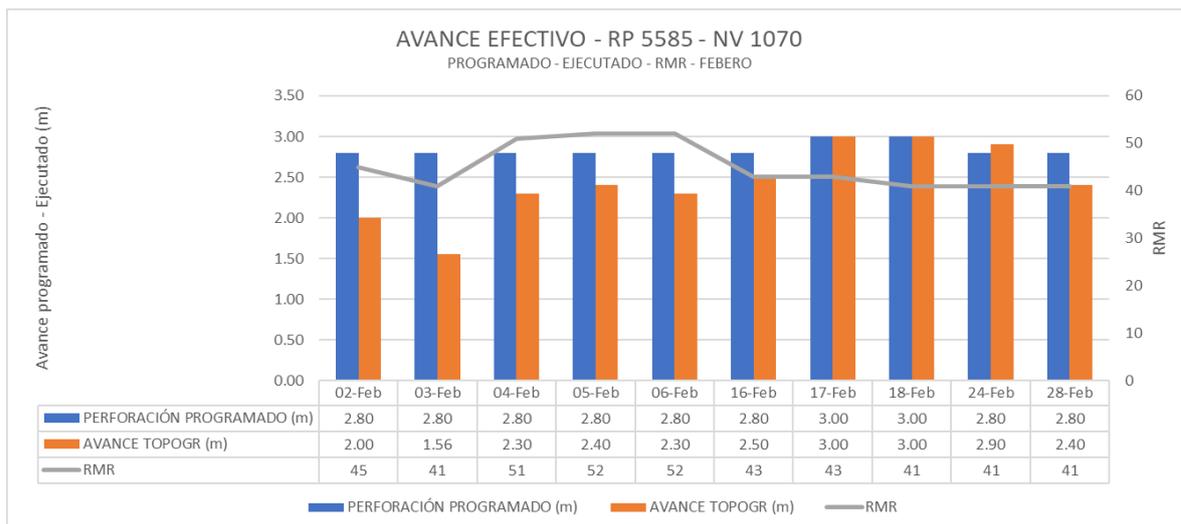


Figura 35. Factor de carga y RMR, Rp 5585 SW, febrero

El estudio desarrollado durante el mes de febrero considera un factor de carga programado y real en el desarrollo de la Rp 5585 SW, Nv 1070 en 271.06 kg/m y en 298.01 kg/m respectivamente, con una diferencia de 26.96 kg de explosivo, el rango del RMR es de 41 a 52, con un promedio de 45.

La variabilidad del macizo rocoso influye directamente en el avance efectivo en este periodo con un déficit de 4.04 m, esto producto de una liberación de energía diferente en el macizo rocoso de un mayor RMR de 52.

✓ Factor de carga – marzo

Tabla 19. Factor de carga real y programado Rp 5585 SW - Nv 1070, mes de marzo

FACTOR DE CARGA REAL Y PROGRAMADO RP 5585 - NV1070

MES DE MARZO

FECHA	AVANCE EFECTIVO (m)	FACTOR CARGA REAL (kg/m)	FACTOR CARGA PROGRAMADO (kg/m)	DIFERENCIA (KG/m)	RMR
01-Mar	2.50	26.40	25.19	-1.21	41
05-Mar	3.05	25.74	25.49	-0.25	30
08-Mar	3.01	26.08	26.17	0.09	45
10-Mar	3.05	30.95	31.47	0.52	45
15-Mar	2.46	25.45	24.08	-1.37	41
17-Mar	3.05	25.74	25.57	-0.17	41
18-Mar	3.00	26.17	26.08	-0.09	43
19-Mar	2.80	24.47	24.30	-0.17	41
20-Mar	2.85	23.86	24.37	0.51	41
21-Mar	3.00	26.17	25.82	-0.34	41
22-Mar	2.98	26.34	26.08	-0.26	41
23-Mar	2.47	31.78	31.40	-0.38	45
PROMEDIO	2.85	26.60	26.33	-0.26	41
TOTAL	34.22	319.14	316.01	-3.13	41

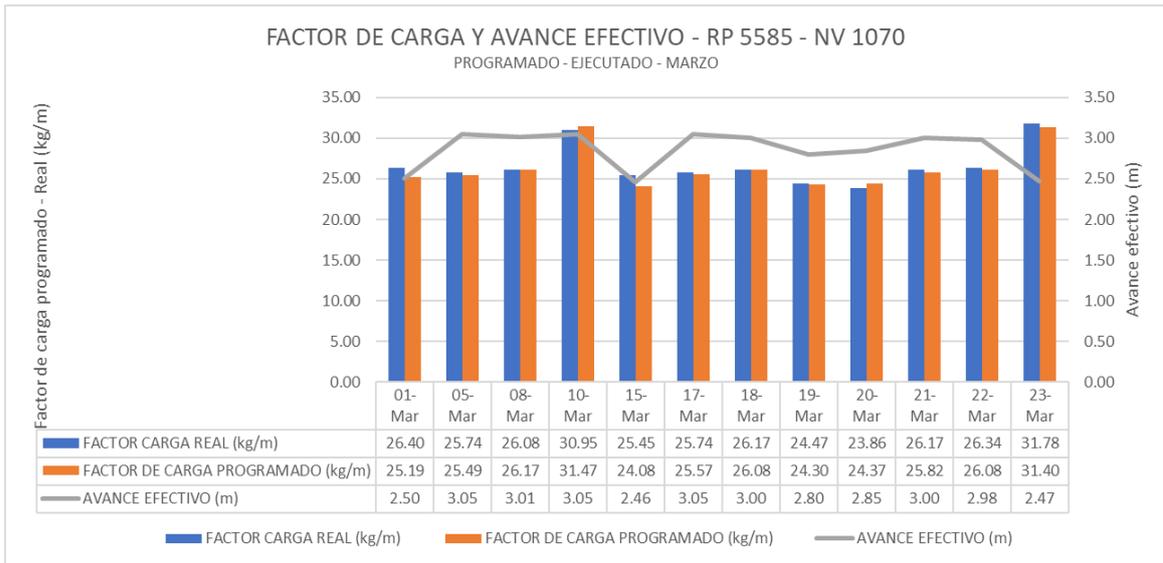


Figura 36. Factor de carga y avance efectivo, Rp 5585 SW, marzo

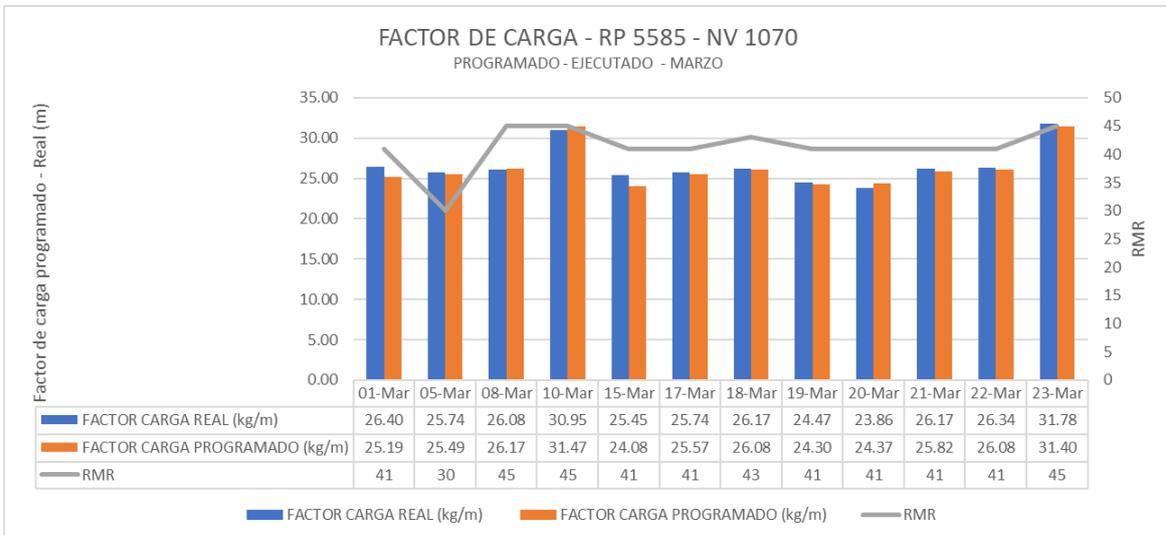


Figura 37. Factor de carga y RMR, Rp 5585 SW, marzo

El estudio desarrollado durante el mes de marzo considera un factor de carga programado y real en el desarrollo de la Rp 5585 SW, Nv 1070 en 316.01 kg/m y en 309.14 kg/m respectivamente, con una diferencia de 3.13 kg de explosivo, el rango del RMR es de 30 a 45, con un promedio de 41.

La variabilidad del macizo rocoso influye directamente en el avance efectivo en este periodo con un déficit de 0.78 m, esto producto de una liberación de energía diferente en el macizo rocoso de un menor RMR de 30.

b) Resumen periodo enero a marzo

Tabla 20. Resumen factor de carga Rp 5585 SW - Nv 1070, enero a marzo

RESUMEN FACTOR DE CARGA RP 5585 - NV1070					
PERIODO DE ENERO A MARZO					
FECHA	AVANCE EFECTIVO (m)	FACTOR CARGA REAL (kg/m)	FACTOR CARGA PROGRAMADO (kg/m)	Cumplimiento (%)	RMR
ENERO	33.53	339.8	339.5	99.91%	43
FEBRERO	24.36	298.0	271.1	90.96%	45
MARZO	34.22	319.1	316.0	99.02%	41
TOTAL	92.11	956.9	926.5	96.63%	43

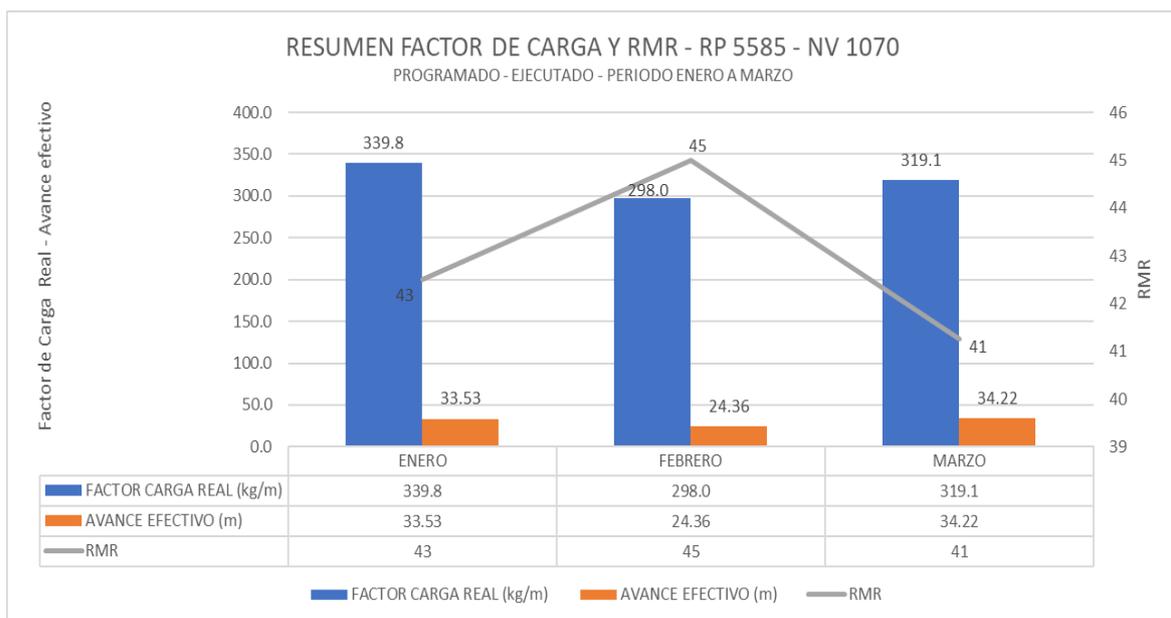


Figura 38. Resumen factor de carga, Rp 5585 SW, enero a marzo

El estudio desarrollado durante el periodo de enero a marzo considera un factor de carga programado de la Rp 5585 SW, Nv 1070 en 926.5 kg/m, siendo el ejecutado en 956.9 kg/m, con un excedente de 30.4 kg/m, la variabilidad del RMR a lo largo del desarrollo de la rampa fue de 41 a 45 con un promedio de 43.

El cumplimiento del factor de carga en la rampa Rp 5585 SW en los periodos de enero a marzo considera valores de 99.91 %, 90.96 % y 99.02 % respectivamente, con un promedio durante el periodo de enero a marzo del 96.63 %.

c) Factor de carga periodo abril a mayo

✓ Factor de carga abril

Tabla 21. Factor de carga real y programado Rp 5585 SW - Nv 1070, mes de abril

FACTOR DE CARGA REAL Y PROGRAMADO RP 5585 - NV1070

MES DE ABRIL

FECHA	AVANCE EFECTIVO (m)	FACTOR CARGA REAL (kg/m)	FACTOR CARGA PROGRAMADO (kg/m)	DIFERENCIA (KG/m)	RMR
03-Abr	3.06	25.65	25.74	0.08	41
06-Abr	3.00	25.99	25.82	-0.17	41
09-Abr	3.04	25.82	25.99	0.17	41
11-Abr	3.02	25.99	25.91	-0.09	41
13-Abr	3.10	24.05	24.29	0.23	41
14-Abr	3.06	25.65	26.08	0.43	41
15-Abr	3.06	25.65	25.74	0.08	41
16-Abr	3.03	25.91	25.91	0.00	41
22-Abr	3.03	25.91	25.74	-0.17	41
23-Abr	2.95	26.17	25.31	-0.86	41
27-Abr	3.02	25.99	26.17	0.17	41
28-Abr	3.04	25.82	25.99	0.17	41
29-Abr	3.02	25.82	25.99	0.17	41
PROMEDIO	3.03	25.73	25.74	0.02	41
TOTAL	39.43	334.45	334.67	0.23	41

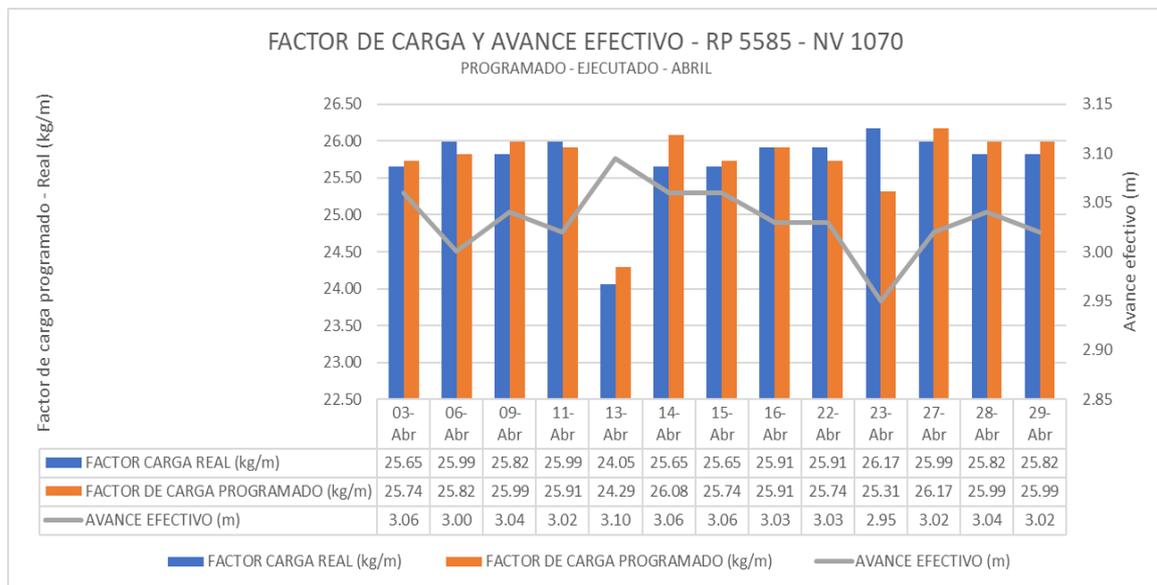


Figura 39. Factor de carga y avance efectivo, Rp 5585 SW, abril

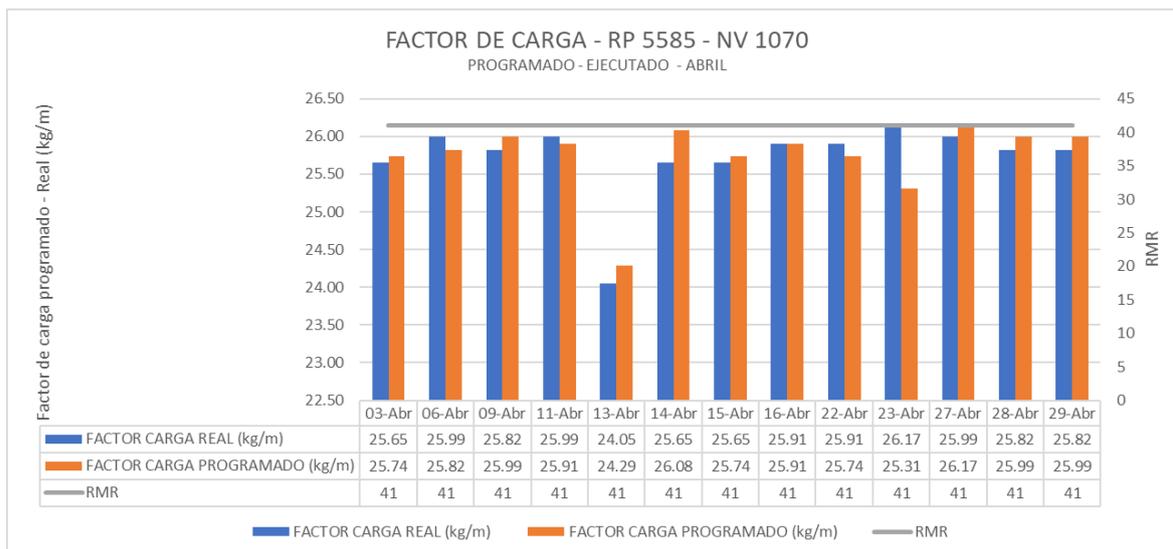


Figura 40. Factor de carga y RMR, Rp 5585 SW, abril

El estudio desarrollado durante el mes de abril considera un factor de carga programado y real en el desarrollo de la Rp 5585 SW, Nv 1070 en 334.67 kg/m y en 334.45 kg/m respectivamente, con una diferencia de 0.23 kg de explosivo, con un RMR homogéneo de 41.

La variabilidad del macizo rocoso influye directamente en el avance efectivo en este periodo con una reducción de 0.43 m., esto producto de una liberación de energía diferente en el macizo rocoso de un RMR homogéneo de 41.

✓ Factor de carga mayo

Tabla 22. Factor de carga real y programado Rp 5585 SW - Nv 1070, mes de mayo

FACTOR DE CARGA REAL Y PROGRAMADO RP 5585 - NV1070					
MES DE MAYO					
FECHA	AVANCE EFECTIVO (m)	FACTOR CARGA REAL (kg/m)	FACTOR CARGA PROGRAMADO (kg/m)	DIFERENCIA (KG/m)	RMR
05-May	3.00	25.28	25.12	-0.17	42
06-May	3.00	25.28	26.16	0.87	41
07-May	3.00	25.28	25.12	-0.17	41
08-May	3.00	26.33	26.33	0.00	41
09-May	2.90	28.66	28.66	0.00	45
11-May	2.90	26.16	26.16	0.00	41
13-May	3.00	23.67	23.67	0.00	41
14-May	3.10	20.32	20.32	0.00	35
16-May	3.28	23.18	23.04	-0.14	41
17-May	3.25	24.15	23.79	-0.37	35
18-May	3.00	24.57	24.57	0.00	33
20-May	3.02	11.08	11.15	0.07	41
22-May	3.00	26.17	25.74	-0.43	41
31-May	2.88	24.31	24.14	-0.17	45
PROMEDIO	3.02	23.89	23.85	-0.04	40
TOTAL	42.33	334.43	333.94	-0.49	40

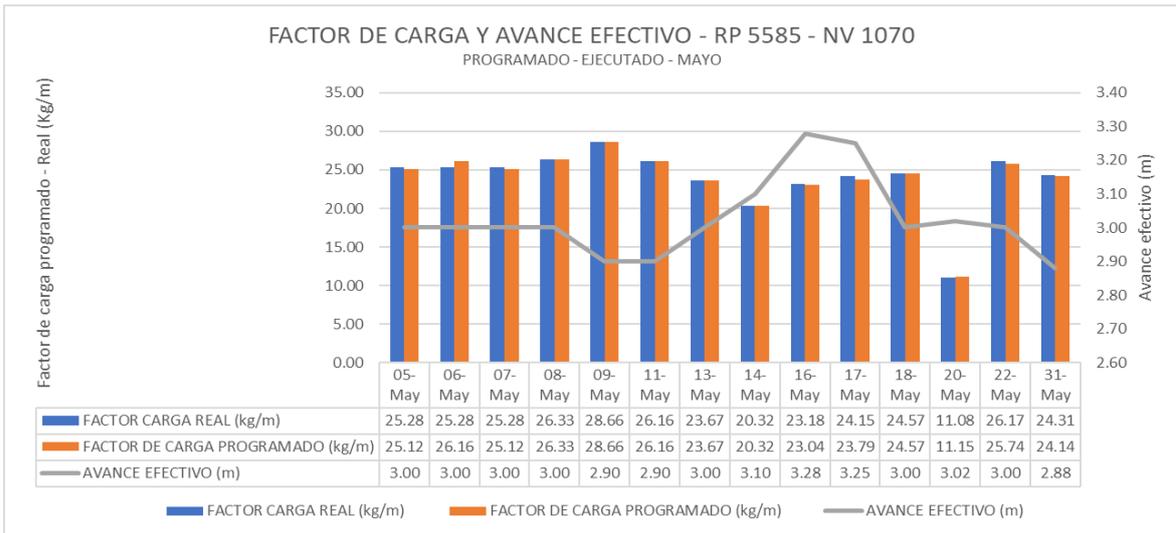


Figura 41. Factor de carga y avance efectivo, Rp 5585 SW, mayo

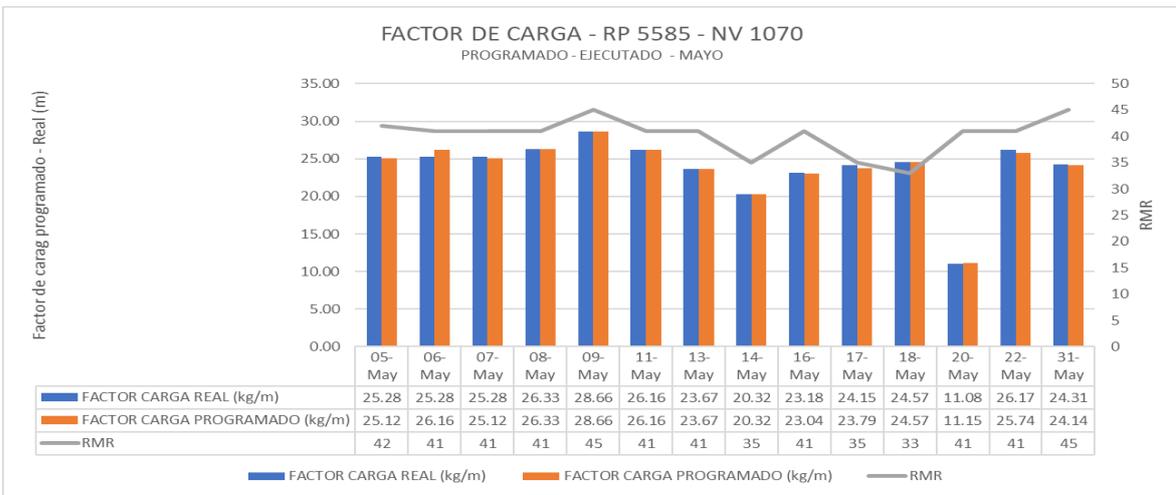


Figura 42. Factor de carga y RMR, Rp 5585 SW, mayo

El estudio desarrollado durante el mes de mayo considera un factor de carga programado y real en el desarrollo de la Rp 5585 SW, Nv 1070 en 333.94 kg/m y en 334.43 kg/m respectivamente, con una diferencia de 0.49 kg de explosivo, con un rango de RMR de 33 a 45, con un promedio de 40.

La variabilidad del macizo rocoso influye directamente en el avance efectivo en este periodo con un incremento del 0.49 m, esto producto de una liberación de energía diferente en el macizo rocoso que varía de un RMR mínimo de 33.

d) Resumen periodo abril a mayo

Tabla 23. Resumen factor de carga Rp 5585 SW - Nv 1070, abril a mayo

RESUMEN PROMEDIO FACTOR DE CARGA RP 5585 - NV1070

PERIODO DE ABRIL A MAYO

FECHA	AVANCE EFECTIVO (m)	FACTOR CARGA REAL (kg/m)	FACTOR CARGA PROGRAMADO (kg/m)	Cumplimiento (%)	RMR
ABRIL	39.43	334.45	334.67	100.07%	41
MAYO	42.33	334.43	333.94	99.85%	40
TOTAL	81.76	668.88	668.61	99.96%	41

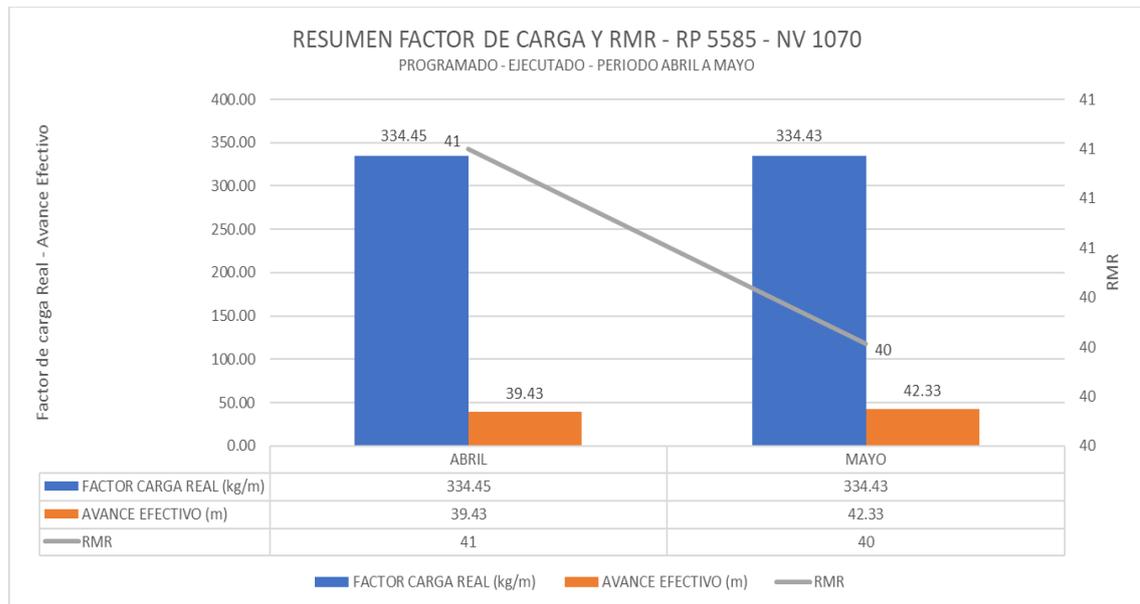


Figura 43. Resumen factor de carga, Rp 5585 SW, enero a marzo

El estudio desarrollado durante el periodo de abril a mayo considera un factor de carga programado de la Rp 5585 SW, Nv 1070 en 668.61 kg/m, siendo el ejecutado en 668.88 kg/m, con una diferencia de 0.26 kg, la variabilidad del RMR a lo largo del desarrollo de la rampa fue de 40 a 41 con un promedio de 41.

El cumplimiento del factor de carga en la rampa Rp 5585 SW en los periodos de abril y mayo considera valores de 100.07 % y 99.85 % respectivamente, con un promedio durante el periodo de abril a mayo del 99.96 %.

e) Resumen total avance efectivo – Rp 5585 SW, enero a mayo

El avance programado en la Rp 5585 SW fue de 179.40 m y el ejecutado fue de 173.87 m, considerando una diferencia o déficit de 5.53 m. El cumplimiento del avance efectivo considerado en los periodos de enero a mayo fue del 96.21 %.

El menor avance efectivo durante el estudio fue producto de la variabilidad del macizo rocoso. El rango del RMR en el área de estudio está entre 40 a 45, con un promedio de 42.

Tabla 24. Resumen total del factor de carga Rp 5585 SW - Nv 1070, enero a mayo

RESUMEN PROMEDIO FACTOR DE CARGA RP 5585 - NV1070

PERIODO DE ENERO A MAYO

FECHA	AVANCE EFECTIVO (m)	FACTOR CARGA REAL (kg/m)	FACTOR CARGA PROGRAMADO (kg/m)	CUMPLIMIENTO (%)	RMR
ENERO	33.53	339.8	339.5	99.91%	43
FEBRERO	24.36	298.0	271.1	90.96%	45
MARZO	34.22	319.1	316.0	99.02%	41
ABRIL	39.43	334.4	334.7	100.07%	41
MAYO	42.33	334.4	333.9	99.85%	40
TOTAL	173.87	1,625.8	1,595.1	97.96%	42

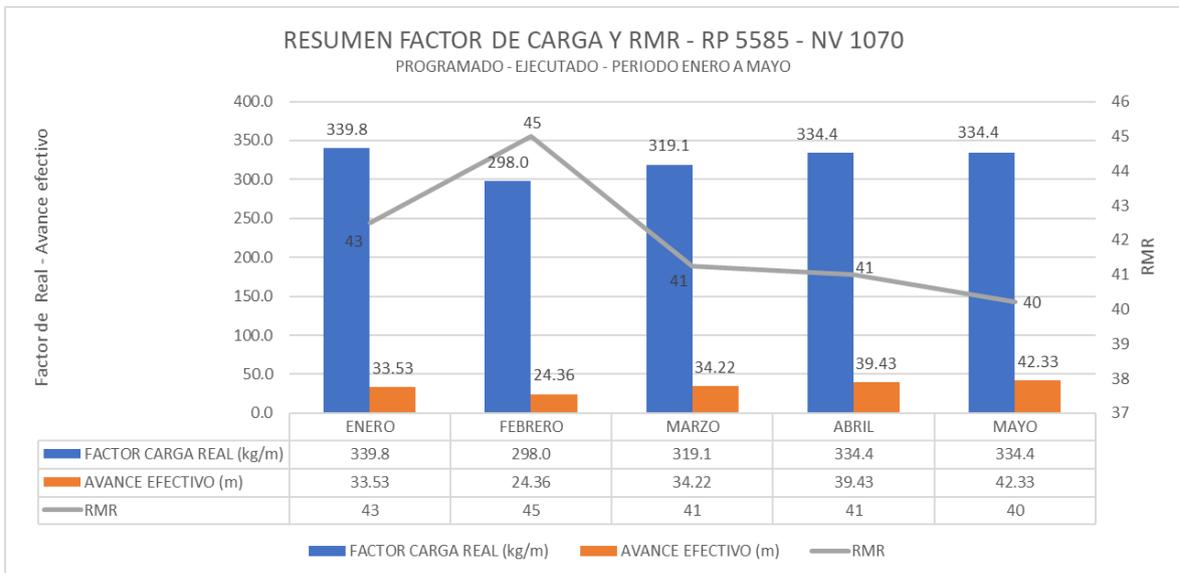


Figura 44. Resumen factor de carga, avance efectivo y RMR, Rp 5585 SW, enero a mayo

Finalmente, el análisis del avance efectivo y su relación con el RMR en el desarrollo de la rampa Rp 5585 SW, Nv 1070, considerando el avance programado en 179.40 m y el avance efectivo en 173.87 m, con un déficit de 5.53 m.

De acuerdo a los periodos estudiados con un mejor control del RMR y definiendo mejor las características del macizo rocoso, el avance efectivo en el periodo enero a marzo fue de 92.11 m., con un nivel cumplimiento del 92.4 % y un RMR entre 41 a 45 y un mejor incremento del avance efectivo en el periodo abril a mayo con 81.76

m, con un nivel de cumplimiento del 101.92 % y una menor variabilidad del RMR entre 40 a 41.

El menor cumplimiento del avance efectivo en el periodo enero a marzo está directamente relacionado al comportamiento con la variabilidad de las propiedades del macizo rocoso, considerando el tipo de yacimiento asociado.

4.4 Análisis del consumo de explosivo – Rp 5585 SW, Nv 1070

Para realizar el análisis del consumo total del explosivo durante el periodo de estudio, se tiene en cuenta los periodos analizados de enero a marzo y el periodo de abril a mayo y se consideró analizar el avance topográfico (avance efectivo), total de explosivo, % de eficiencia de P y V y el RMR asociado, al desarrollo de la rampa Rp 5585 SW, Nv 1070.

a) Consumo de explosivo periodo de enero a marzo

Tabla 25. Resumen del consumo de explosivos, Rp 5585 SW - Nv 1070, enero a marzo

RESUMEN TOTAL CONSUMO DE EXPLOSIVO RP 5585 - NV 1070

PERIODO ENERO A MARZO

FECHA	AVANCE TOPOGRÁFICO (m)	TOTAL EXPLOSIVOS (kg)	% EFICIENCIA P y V	RMR
ENERO	33.53	1,005.70	102%	43
FEBRERO	24.36	759.78	86%	45
MARZO	34.22	909.03	98%	41
TOTAL/ PROM	92.11	2,674.51	95%	43

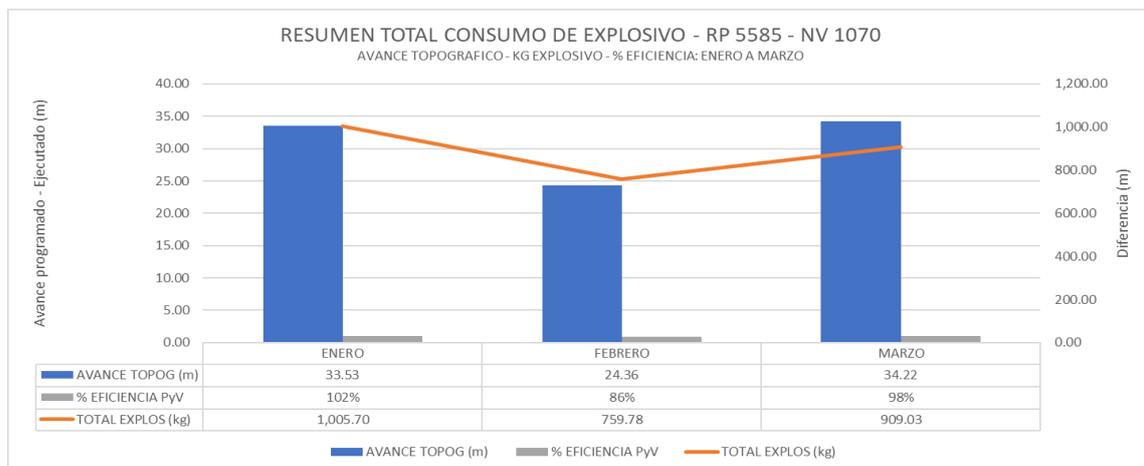


Figura 45. Resumen consumo de explosivo, avance efectivo y eficiencia de PyV, Rp 5585 SW, enero a marzo

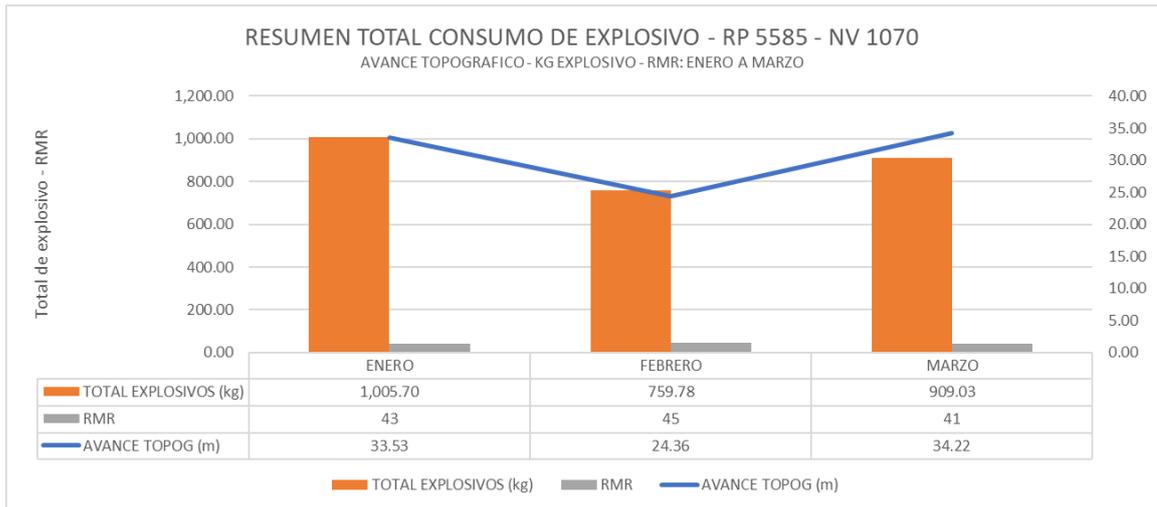


Figura 46. Resumen consumo de explosivo, avance efectivo y RMR, Rp 5585 SW, enero a marzo

El estudio desarrollado durante el periodo de enero a marzo considera el consumo de explosivo de la Rp 5585 SW, Nv 1070 en 2,674.51 kg, teniendo en cuenta un total de avance efectivo de 92.11 m.

El porcentaje de eficiencia de perforación y voladura en la rampa Rp 5585 SW en los periodos de enero a marzo considera valores de 102 %, 86 % y 98 % respectivamente, con un promedio durante dicho periodo del 95 %.

El RMR considerado durante dicho periodo fue del 43, 45 y 41, con un promedio de 43.

b) Consumo de explosivo periodo de abril a mayo

Tabla 26. Resumen del consumo de explosivos, Rp 5585 SW - Nv 1070, abril a mayo

RESUMEN TOTAL CONSUMO DE EXPLOSIVO RP 5585 - NV 1070

PERIODO ABRILA A MAYO

FECHA	AVANCE TOPOGRÁFICO (m)	TOTAL EXPLOSIVOS (kg)	% EFICIENCIA P y V	RMR
ABRIL	39.43	1,088.10	109%	41
MAYO	42.33	1,009.67	103%	40
PROMEDIO	81.76	2,097.77	106%	41

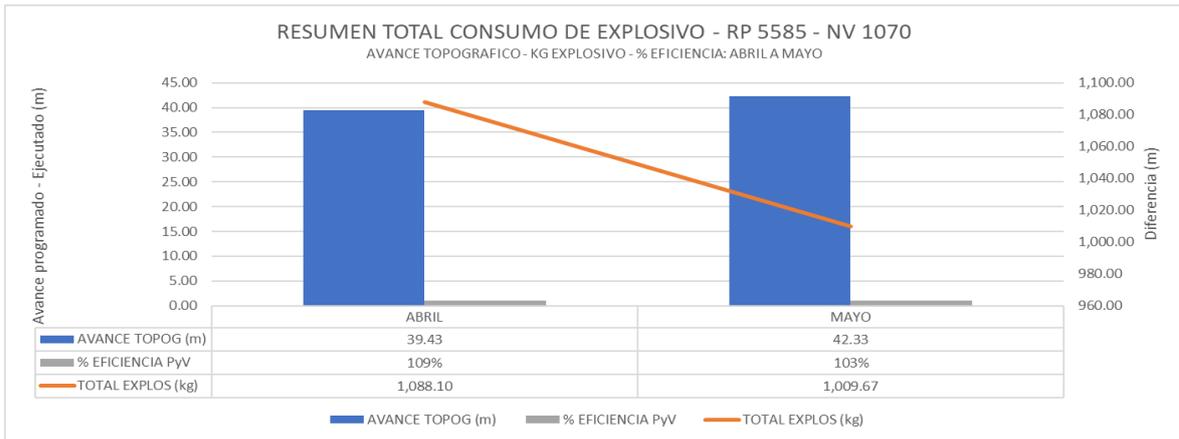


Figura 47. Resumen consumo de explosivo, avance efectivo y eficiencia de PyV, Rp 5585 SW, abril a mayo

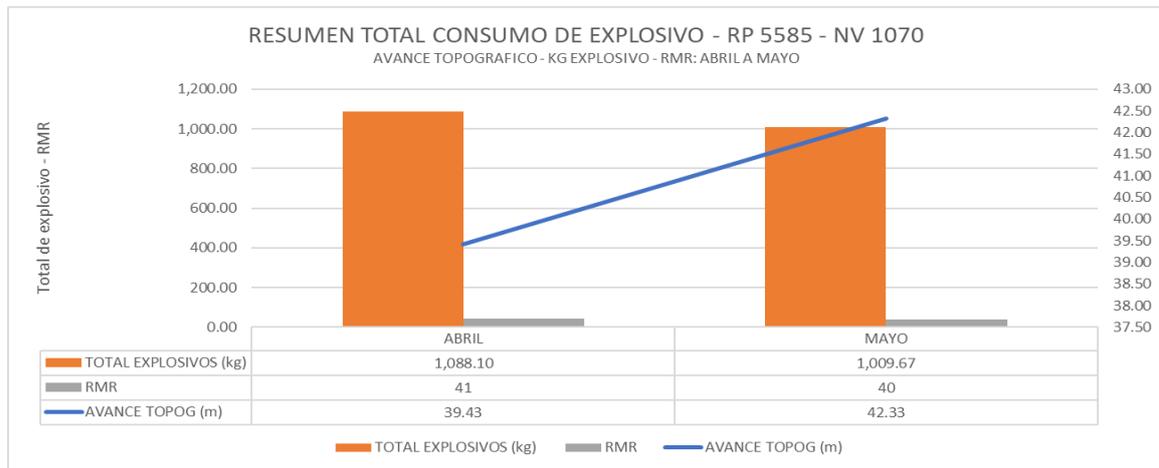


Figura 48. Resumen consumo de explosivo, avance efectivo y RMR, Rp 5585 SW, abril a mayo

El estudio desarrollado durante el periodo de abril a mayo considera el consumo de explosivo de la Rp 5585 SW, Nv 1070 en 2,097.77 kg, teniendo en cuenta un total de avance efectivo de 81.76 m.

El porcentaje de eficiencia de perforación y voladura en la rampa Rp 5585 SW en los periodos de abril a mayo considera valores de 109 % y 103 % respectivamente, con un promedio durante dicho periodo del 106 %. El RMR considerado durante dicho periodo fue del 41 y 40, con un promedio de 41.

c) Resumen total consumo de explosivo – Rp 5585 SW, enero a mayo

El consumo de explosivo en la Rp 5585 SW fue de 4,772.28 kg, con un avance efectivo de 173.87 m.

El porcentaje de eficiencia de perforación y voladura durante el periodo de estudio considera durante la primera etapa de estudio de enero a marzo el 102 %, 86 % y 98 % respectivamente y un promedio del 95 %, generando una mejora en el segundo periodo de abril a mayo con 109 % y 103 % y un promedio del 106 %, esta mejora se relaciona directamente a un mejor control del RMR en el desarrollo de la rampa Rp 5585 SW.

La variabilidad del RMR durante la primera etapa fue de enero a marzo fue de 43,45 y 41 respectivamente con un promedio de 43, y durante el segundo periodo de abril a mayo fue de 41 y 40 respectivamente con un promedio de 41. Este mejor control del RMR ayudó a la mejora del avance efectivo durante la segunda etapa.

Tabla 27. Resumen total del factor de carga Rp 5585 SW - Nv 1070, enero a mayo

RESUMEN TOTAL CONSUMO DE EXPLOSIVO RP 5585 - NV 1070

PERIODO ENERO A MAYO

FECHA	AVANCE TOPOGRÁFICO (m)	TOTAL EXPLOSIVOS (kg)	% EFICIENCIA P y V	RMR
ENERO	33.53	1,005.70	102%	43
FEBRERO	24.36	759.78	86%	45
MARZO	34.22	909.03	98%	41
ABRIL	39.43	1,088.10	109%	41
MAYO	42.33	1,009.67	103%	40
PROMEDIO	173.87	4,772.28	99%	42

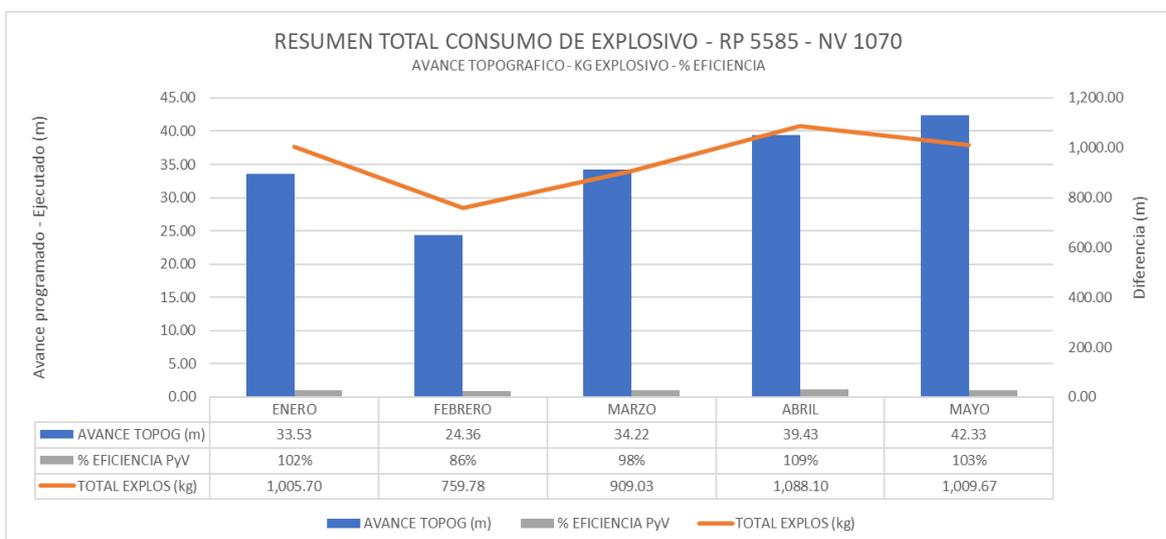


Figura 49. Resumen consumo explosivo, avance efectivo y % eficiencia de PyV, Rp 5585 SW, enero a mayo

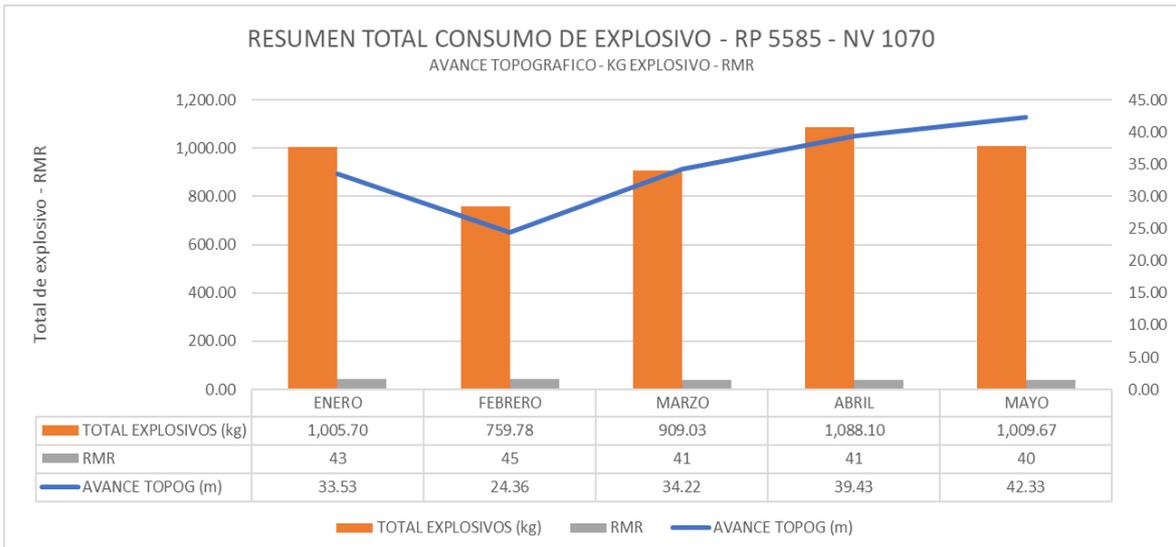


Figura 50. Resumen consumo explosivo, avance efectivo y RMR, Rp 5585 SW, enero a mayo

4.5 Análisis de los costos unitarios – Rp 5585 SW, Nv 1070

De acuerdo al análisis del avance efectivo realizado en el desarrollo de la rampa Rp 5585 SW, Nv 1070, se evaluó la incidencia de los costos asociados a los periodos de estudio enero a marzo y abril a mayo, relacionando así mismo con el RMR del macizo rocoso, y determinar su influencia.

a) Costos parciales Rp 5585 SW, Nv 1070 – enero a marzo

Tabla 28. Costo parcial Rp 5585 SW - Nv 1070, enero a marzo

COSTO PARCIAL RP 5585 - NV 1070						
PERIODO: ENERO A MARZO						
FECHA	PERFORACIÓN PROGRAMADO (m)	COSTO PROG. - RP 5585 (US \$/m)	AVANCE TOPOGRAFIO (EJECUTADO - m)	COSTO EJECUT. - RP 5585 (US \$/m)	DIFERENCIA US \$	RMR
ENERO	35.80	17,704.73	33.53	16,582.11	1,122.62	43
FEBRERO	28.40	14,045.09	24.36	12,047.13	1,997.96	45
MARZO	35.00	17,309.09	34.22	16,923.35	385.75	41
TOTAL	99.20	49,058.91	92.11	45,552.58	3,506.33	43

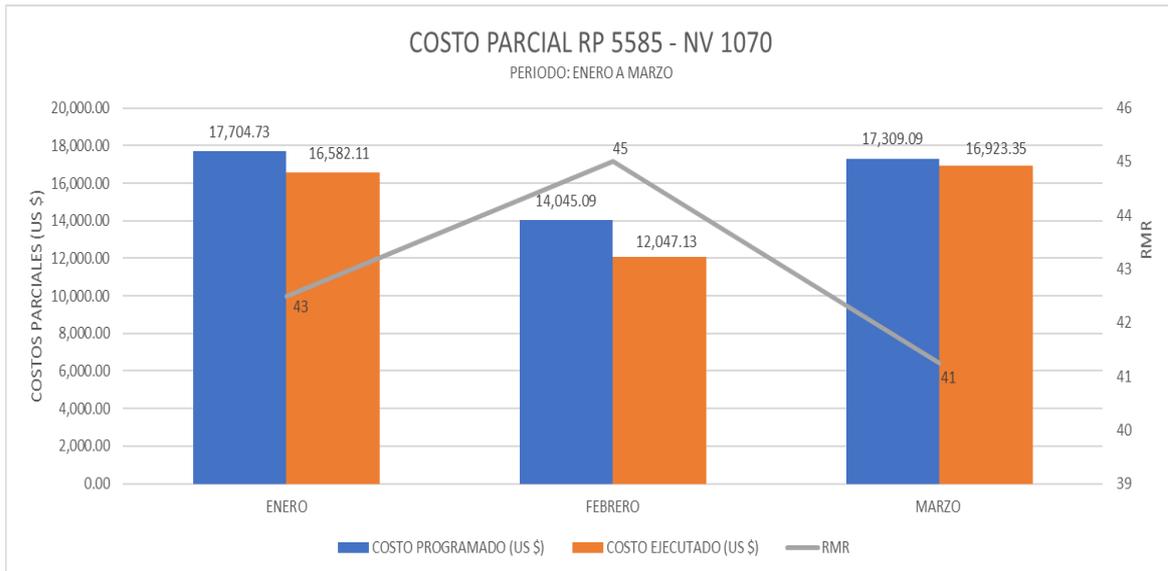


Figura 51. Costo parcial Rp 5585 SW, enero a marzo

El costo parcial teniendo en cuenta un avance efectivo ejecutado de 92.11 m fue de 45,552.58 \$ y el costo parcial con un avance programado de 99.20 m, se consideró en 49,058.91 \$, generando un sobre costo de 3,506.33 \$ por un déficit de avance programado de 7.09 m.

Este menor avance efectivo durante el periodo de enero a marzo fue producto de la variabilidad del RMR en el tramo ejecutado de la rampa Rp 5585 SW, teniendo mínimos de 30 y 31 y máximos de 51, 52, con un promedio de 43, de acuerdo a lo programado del RMR entre 41 a 50.

b) Costos unitarios Rp 5585 SW, Nv 1070 – abril a mayo

Tabla 29. Costo parcial Rp 5585 SW - Nv 1070, abril a mayo

COSTO PARCIAL RP 5585 - NV 1070						
PERIODO: ABRIL A MAYO						
FECHA	PERFORACIÓN PROGRAMADO (m)	COSTO PROG. - RP 5585 (US \$/m)	AVANCE TOPOGRAFICO (EJECUTADO - m)	COSTO EJECUT. - RP 5585 (US \$/m)	DIFERENCIA US \$	RMR
ABRIL	39.00	19,287.27	39.43	19,497.45	-210.18	41
MAYO	41.20	20,375.27	42.33	20,934.11	-558.84	40
TOTAL	80.20	39,662.55	81.76	40,431.56	-769.02	41

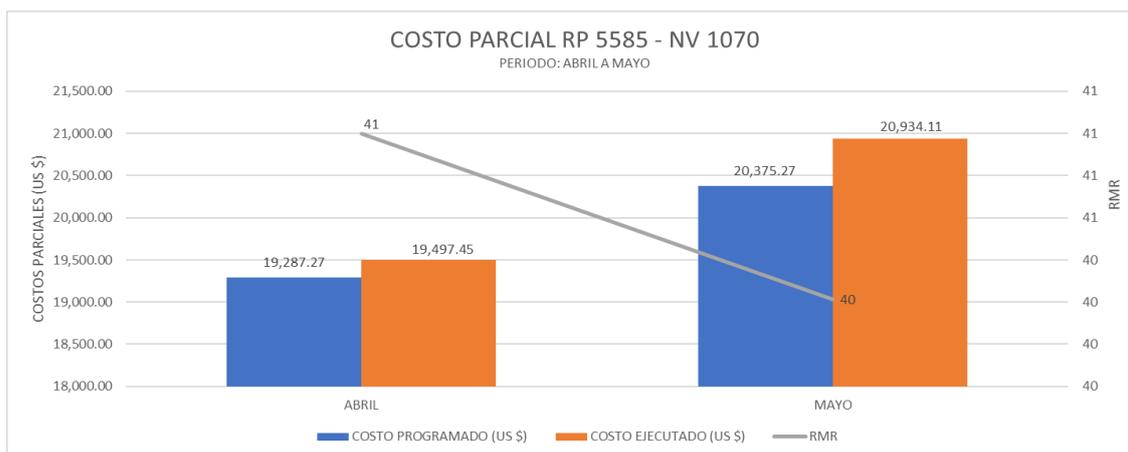


Figura 52. Costo parcial Rp 5585 SW, abril a mayo

El costo parcial teniendo en cuenta un avance efectivo ejecutado de 81.76 m fue de 40,431.56 \$ y el costo parcial con un avance programado de 80.20 m, se consideró en 39,662.55 \$, generando una reducción de costo en 769.02 \$ por un mayor avance programado de 1.56 m.

Este mayor avance efectivo durante el periodo de abril a mayo fue producto de una menor variabilidad del RMR en el tramo ejecutado de la rampa Rp 5585 SW comparado con el periodo enero a marzo, teniendo mínimos de 33 y 35, con un promedio de 41, en relación a lo programado del RMR entre 41 a 50.

c) Resumen de costo parcial Rp 5585 SW, Nv 1070 – enero a mayo

Tabla 30. Resumen costo parcial Rp 5585 SW - Nv 1070, enero a mayo

RESUMEN COSTO PARCIAL RP 5585 - NV 1070						
PERIODO: ENERO A MAYO						
FECHA	PERFORACIÓN PROGRAMADO (m)	COSTO PROG. - RP 5585 (US \$/m)	AVANCE TOPOGRÁFICO (m)	COSTO EJECUT. - RP 5585 (US \$/m)	DIFERENCIA US \$	RMR
ENERO	35.80	17,704.73	33.53	16,582.11	1,122.62	43
FEBRERO	28.40	14,045.09	24.36	12,047.13	1,997.96	45
MARZO	35.00	17,309.09	34.22	16,923.35	385.75	41
ABRIL	39.00	19,287.27	39.43	19,497.45	-210.18	41
MAYO	41.20	20,375.27	42.33	20,934.11	-558.84	40
TOTAL	179.40	88,721.45	173.87	85,984.15	2,737.31	40

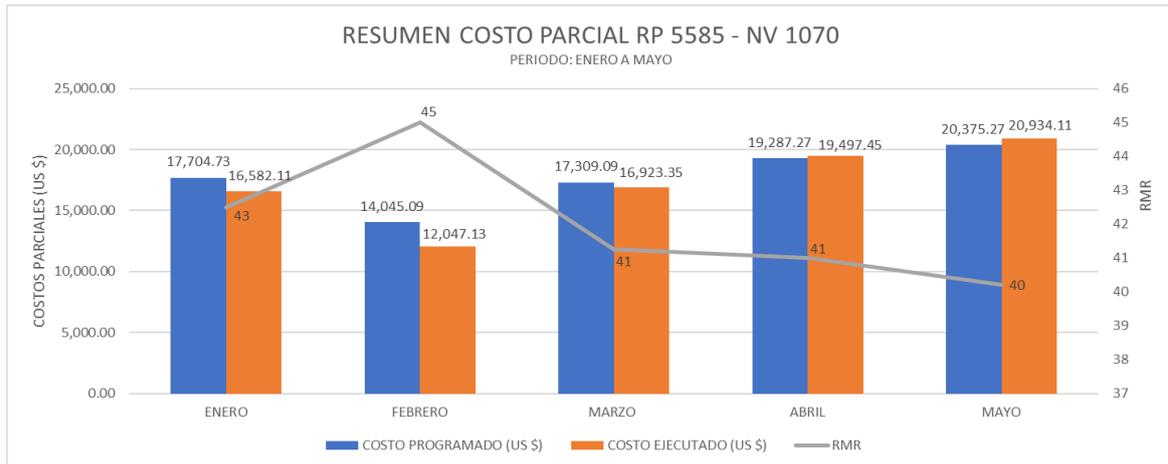


Figura 53. Resumen costo parcial Rp 5585 SW, enero a mayo

El costo parcial teniendo en cuenta un avance efectivo ejecutado de 173.87 m fue de 85,984.15 \$ y el costo parcial con un avance programado de 179.40 m, se consideró en 88,721.45 \$. El no cumplimiento del avance efectivo en el desarrollo de la rampa Rp 5585 SW en 5.53 m considera un incremento de costos de 2,737.31 \$.

Así mismo, la variabilidad del RMR programado de 41 a 50 definió un diseño de malla de perforación y voladura de acuerdo a las características del macizo rocoso, pero este al variar influirá directamente en el avance efectivo.

El rango de RMR menor al programado está en 30, 31, 33 y 35 y en el rango mayor al programado está en tramos de desarrollo de la rampa en RMR 51 y 52, variando significativamente los valores de RMR programados.

Esta variabilidad de las propiedades del macizo rocoso afectará directamente al diseño de malla de perforación y voladura programada, generando un no cumplimiento del avance efectivo programado.

4.6 Validación de la hipótesis

El objetivo del presente trabajo de investigación es determinar la influencia de las variables de perforación y voladura en el avance efectivo del desarrollo de la rampa Rp 5585 SW, Nv 1070.

Para obtener la validación de las hipótesis planteadas se analizarán los metros perforados programados y ejecutados, así como el factor de carga, el consumo de explosivos y relacionarlos a los costos parciales y el comportamiento del RMR a lo largo del desarrollo de la rampa planificada.

El diseño de malla de perforación y voladura está relacionado a un RMR de 41 a 50, considerando a una roca tipo IIIB, semi dura.

- a) La primera hipótesis está relacionada a los metros perforados programados y ejecutados para la mejora del avance efectivo del desarrollo de la rampa, considerando la variabilidad del RMR.

Tabla 31. Análisis comparativo del avance efectivo Rp 5585 SW - Nv 1070

ANÁLISIS COMPARATIVO DE AVANCE EFECTIVO RP 5585 - NV 1070

PERIODO: ENERO A MARZO Y ABRIL A MAYO

RMR: 41 -50 (Roca IIIB - Semi dura)

FECHA	PERFORACIÓN PROGRAMADO (m)	AVANCE TOPOGRAFICO EJECUTADO (m)	PORCENTAJE CUMPLIMIENTO (%)	DIFERENCIA TOPO - PROG	FACTOR POTENC. (Kg/ton)	VARIACIÓN RMR	RMR
ENERO A MARZO	99.20	92.11	92.85%	-7.09	0.67	30,31,51,52	43
ABRIL A MAYO	80.20	81.76	101.94%	1.56	0.67	33,35	41

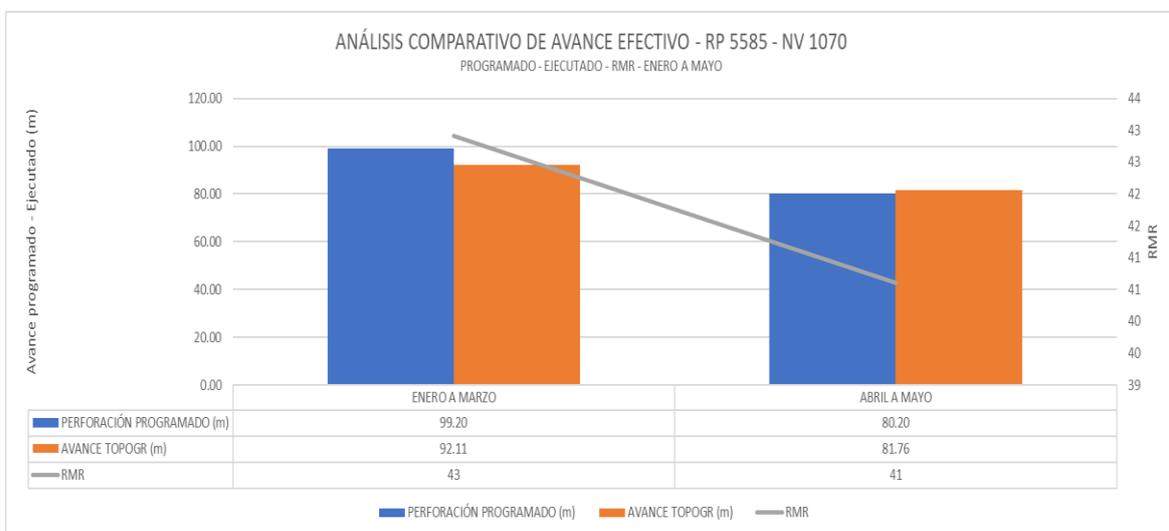


Figura 54. Análisis comparativo de Avance efectivo, Rp 5585 SW, enero a mayo

El avance efectivo durante el periodo enero a marzo tuvo un déficit en el avance de 7.09 m, considerando un porcentaje de cumplimiento del 92.85 %, mejorando en el segundo periodo de estudio de abril a mayo en un incremento de 1.56 m con un porcentaje de cumplimiento del 101.94 %.

La variación del avance efectivo estuvo directamente relacionado a la variabilidad del macizo rocoso representado en este estudio a su RMR, donde el periodo de enero a marzo tuvo tramos de avance con RMR de mínimos de 30 y 31 (roca suave – tipo IVA) y máximos de 51 y 52 (roca dura – tipo IIIA), influyendo directamente en el avance efectivo.

A diferencia del periodo de abril y mayo solo tuvo tramos con un RMR mínimos de 33 y 35 (roca suave – tipo IVA) con una mayor incidencia de un RMR 41, estos valores de RMR permitieron controlar el diseño de malla de perforación y voladura y mejorar su avance efectivo.

b) La segunda hipótesis está relacionada al factor de carga programado y real para la mejora del avance efectivo del desarrollo de la rampa, considerando la variabilidad del RMR.

Tabla 32. Análisis comparativo del avance efectivo Rp 5585 SW - Nv 1070

ANÁLISIS COMPARATIVO DE FACTOR DE CARGA RP 5585 - NV 1070							
PERIODO DE ENERO A MAYO							
RMR: 41 -50 (Roca IIIB - Semi dura)							
FECHA	AVANCE EFECTIVO (m)	PORCENTAJE CUMPLIMIENTO (%)	FACTOR CARGA REAL (kg/m)	FACTOR CARGA PROGRAMADO (kg/m)	DIFERENCIA (KG/m)	VARIACIÓN RMR	RMR
ENERO A MARZO	92.11	92.85%	956.93	926.53	30.40	30,31,51,52	43
ABRIL A MAYO	81.76	101.94%	668.88	668.61	0.26	33,35	41

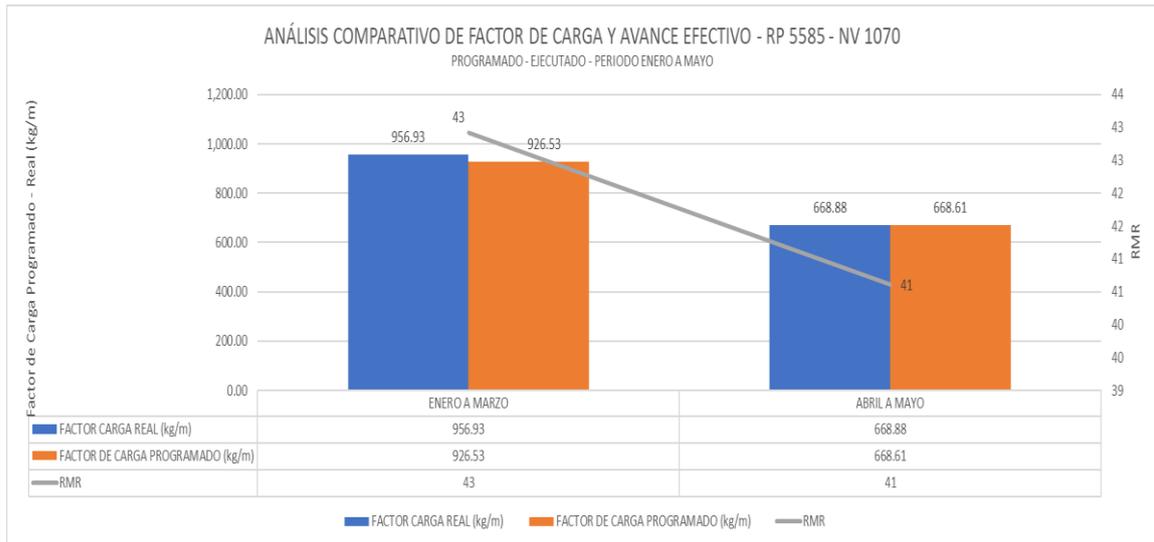


Figura 55. Análisis comparativo de Factor de carga y avance efectivo, Rp 5585 SW, enero a mayo

El avance efectivo durante el periodo enero a marzo fue de 92.11 m, con un porcentaje de cumplimiento del 92.85 %, mejorando en el segundo periodo de estudio de abril a mayo con un avance efectivo de 81.76 m, con un porcentaje de cumplimiento del 101.94 %, esto se ve reflejado en un mayor factor de carga de 30.40 kg/m en el periodo de enero a marzo y disminuyendo en 0.26 kg/m en el segundo periodo de abril a mayo.

La disminución del factor de carga estuvo directamente relacionado a la variabilidad del macizo rocoso representado en este estudio a su RMR, donde el periodo de enero a marzo tuvo tramos de avance con RMR de mínimos de 30 y 31 (roca suave – tipo IVA) y máximos de 51 y 52 (roca dura – tipo IIIA), influyendo directamente en el avance efectivo. A diferencia del periodo de abril y mayo solo tuvo tramos con un RMR mínimos de 33 y 35 (roca suave – tipo IVA) con una mayor incidencia de un RMR 41, estos valores de RMR permitieron controlar el diseño de malla de perforación y voladura y controlar el factor de carga programado.

- c) La tercera hipótesis está relacionada al consumo de explosivos para la mejora del avance efectivo del desarrollo de la rampa, considerando la variabilidad del RMR.

Tabla 33. Análisis comparativo del consumo de explosivo Rp 5585 SW - Nv 1070

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONSUMO DE EXPLOSIVO RP 5585 - NV 1070

PERIODO ENERO A MAYO

RMR: 41 -50 (Roca IIIB - Semi dura)

FECHA	AVANCE TOPOGRÁFICO EJECUTADO (m)	TOTAL EXPLOSIVOS (kg)	% EFICIENCIA P y V	VARIACIÓN RMR	RMR
ENERO A MARZO	92.11	891.50	95%	30,31,51,52	43
ABRIL A MAYO	81.76	1,048.89	106%	33,35	41

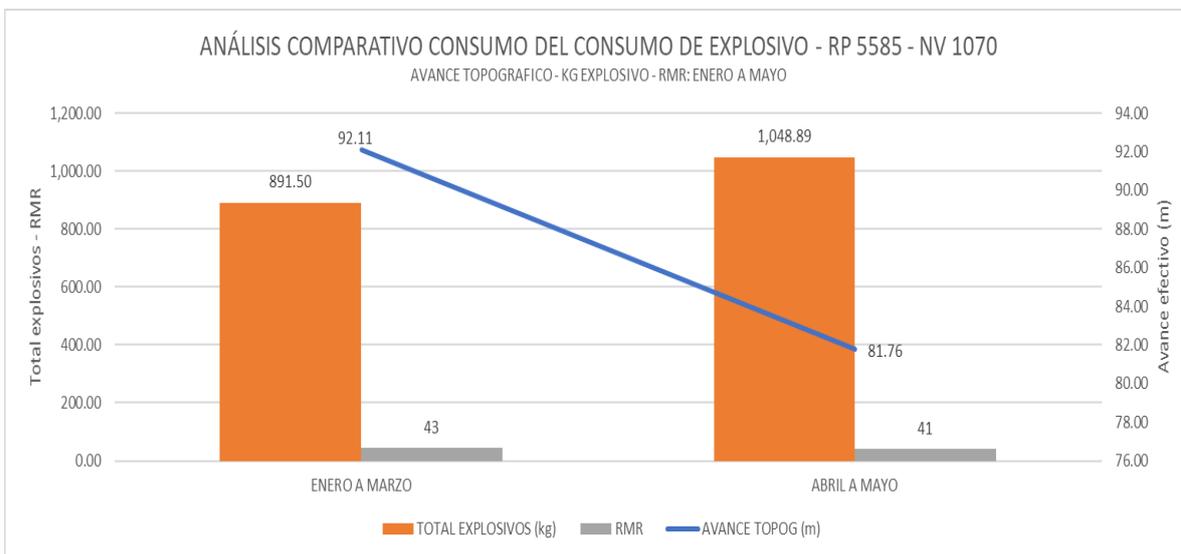


Figura 56. Análisis comparativo del consumo de explosivo y avance efectivo, Rp 5585 SW, enero a mayo

El avance efectivo durante el periodo enero a marzo fue de 92.11 m, con un consumo de explosivo de 891.50 kg y un porcentaje de eficiencia de perforación y voladura del 95 %, mejorando en el segundo periodo de estudio de abril a mayo con un avance efectivo de 81.76 m, con un consumo de explosivo de 1,048.89 kg y un incremento en el porcentaje de eficiencia de perforación y voladura del 106 %.

La mejora del porcentaje de la eficiencia de perforación y voladura con un mayor consumo de explosivo estuvo directamente relacionado a la variabilidad del macizo rocoso representado en este estudio a su RMR, donde el periodo de enero a marzo tuvo tramos de avance con RMR de mínimos de 30 y 31 (roca suave – tipo IVA) y máximos de 51 y 52 (roca dura – tipo IIIA), influyendo directamente en el avance efectivo. A diferencia del periodo de abril y mayo solo tuvo tramos con un RMR mínimos de 33 y 35 (roca suave – tipo IVA) con una mayor incidencia de un RMR

41, estos valores de RMR permitieron controlar el diseño de malla de perforación y voladura y controlar el consumo de explosivo programado.

d) La validación, de las hipótesis planteadas están relacionadas a los costos parciales para la mejora del avance efectivo del desarrollo de la rampa, considerando la variabilidad del RMR, durante los periodos analizados de enero a marzo y de abril a mayo.

Tabla 34. Análisis comparativo del costo parcial Rp 5585 SW - Nv 1070

ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO PARCIAL RP 5585 - NV 1070							
PERIODO: ENERO A MARZO - ABRIL A MAYO							
RMR: 41 -50 (Roca IIIB - Semi dura)							
FECHA	PERFORACIÓN PROGRAMADO (m)	COSTO PROG. - RP 5585 (US \$)	AVANCE TOPOGRÁFICO (m)	COSTO EJECUT. - RP 5585 (US \$)	DIFERENCIA US \$	VARIACIÓN RMR	RMR
ENERO A MARZO	99.20	49,058.91	92.11	45,552.58	3,506.33	30,31,51,52	43
ABRIL A MAYO	80.20	39,662.55	81.76	40,431.56	-769.02	33,35	41

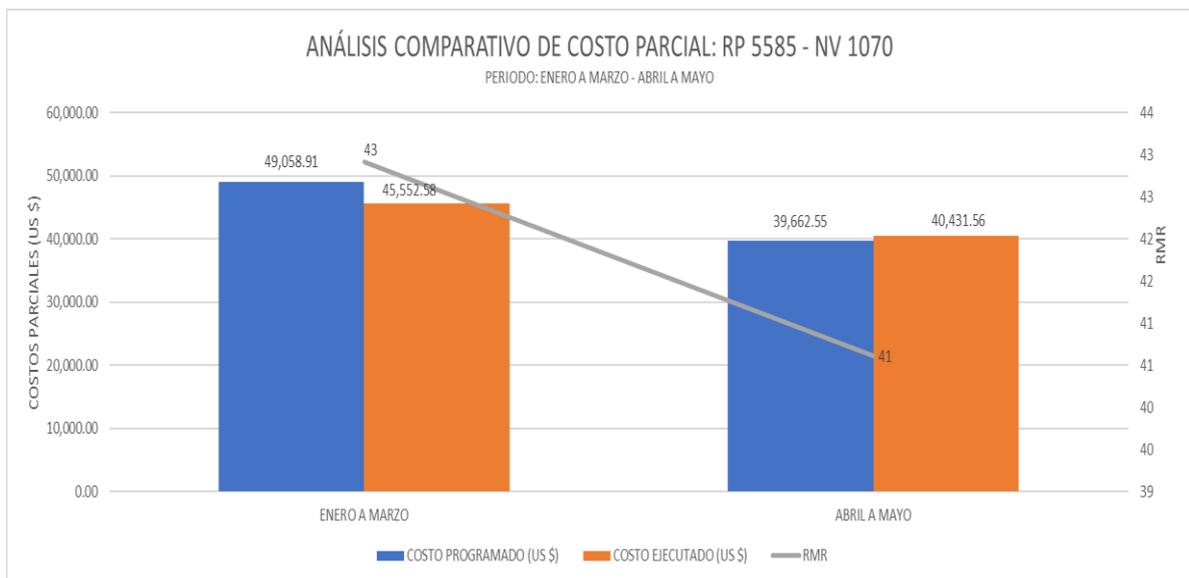


Figura 57. Análisis comparativo de costo parcial, Rp 5585 SW, enero a mayo

El costo y avance efectivo programado durante el periodo de enero a marzo fue de 99.20 m y 49,058.91 \$ respectivamente y el ejecutado en el mismo periodo fue un menor avance y costo de 92.11 m y 45,552.58 \$, generando un mayor costo por el no cumplimiento del avance programado en 3,506.33 \$.

El menor avance y mayor costo en el periodo de enero a marzo estuvo relacionado directamente a la variabilidad del RMR del macizo rocoso, hubo tramos de avance con RMR mínimos de 30 y 31 (roca suave – tipo IVA) y máximos de 51 y 52 (roca dura – tipo IIIA), influyendo directamente en un menor avance efectivo e incrementando los costos de desarrollo de la rampa Rp 5585 SW programado.

A diferencia del costo y avance efectivo programado durante el periodo de abril a mayo que fue de 80.20 m y 39,662.55 \$ respectivamente, el ejecutado en el mismo periodo se incrementó con un mayor avance y costo de 81.76 m y 40,431.56 \$, generando una reducción de costo por un mayor avance programado en 769.02 \$.

El mayor avance y menor costo en el periodo de abril y mayo solo tuvo tramos con un RMR mínimos de 33 y 35 (roca suave – tipo IVA) y con una mayor incidencia de un RMR 41, estos valores de RMR permitieron controlar el diseño de malla de perforación y voladura programado y mejorar así, el avance efectivo y una disminución de los costos unitarios de desarrollo de la rampa Rp 5585 SW, Nv 1070.

Finalmente, la mejora del avance efectivo del desarrollo de la rampa Rp 5585 SW, Nv 1070 durante el segundo periodo abril y mayo, fue producto de una menor variabilidad del RMR del macizo rocoso, controlando la malla de perforación y voladura programada con un RMR de 41 a 50, considerada como una roca semi dura tipo IIIB.

CONCLUSIONES

1. El presente trabajo de investigación permitió analizar el avance efectivo de la rampa Rp 5585 SW, Nv 1070 considerando las variables de perforación y voladura como los metros perforados programados y ejecutados, así como el factor de carga, el consumo de explosivos y relacionarlos a los costos parciales y el comportamiento del RMR a lo largo del desarrollo de la rampa planificada.
2. El avance efectivo durante el periodo enero a marzo tuvo un déficit en el avance de 7.09 m, considerando un porcentaje de cumplimiento del 92.85 %, mejorando en el segundo periodo de estudio de abril a mayo en un incremento de 1.56 m, con un porcentaje de cumplimiento del 101.94 %.
3. La variación del avance efectivo estuvo directamente relacionado a la variabilidad del macizo rocoso representado en este estudio a su RMR, donde el periodo de enero a marzo tuvo tramos de avance con RMR de mínimos de 30 y 31 (roca suave – tipo IVA) y máximos de 51 y 52 (roca dura – tipo IIIA), influyendo directamente en el avance efectivo. A diferencia del periodo de abril y mayo solo tuvo tramos con un RMR mínimos de 33 y 35 (roca suave – tipo IVA) con una mayor incidencia de un RMR 41, estos valores de RMR permitieron controlar el diseño de malla de perforación y voladura y mejorar su avance efectivo programado con un RMR de 41 a 50.
4. El avance efectivo durante el periodo enero a marzo fue de 92.11 m, con un porcentaje de cumplimiento del 92.85 %, mejorando en el segundo periodo de estudio de abril a mayo con un avance efectivo de 81.76 m, con un porcentaje de cumplimiento del 101.94 %. Esto se ve reflejado en un mayor factor de carga de 30.40 kg/m en el periodo de enero a marzo y disminuyendo en 0.26 kg/m en el segundo periodo de abril a mayo. La disminución del factor de carga estuvo directamente relacionado a la variabilidad del macizo rocoso representado en este estudio a su RMR con características del macizo rocoso diferentes en ambos periodos de estudio, influyendo directamente en el avance efectivo y el factor de carga.

5. El avance efectivo durante el periodo enero a marzo fue de 92.11 m, con un consumo de explosivo de 891.50 kg y un porcentaje de eficiencia de perforación y voladura del 95 %, mejorando en el segundo periodo de estudio de abril a mayo con un avance efectivo de 81.76 m, con un consumo de explosivo de 1,048.89 kg y un incremento en el porcentaje de eficiencia de perforación y voladura del 106 %, influenciados directamente por la variabilidad del RMR presente en el desarrollo de la rampa Rp 5585 SW, Nv 1070.
6. El costo y avance efectivo programado durante el periodo de enero a marzo fue de 99.20 m y 49,058.91 \$ respectivamente y el ejecutado en el mismo periodo fue un menor avance y costo de 92.11 m y 45,552.58 \$, generando un mayor costo por el no cumplimiento del avance programado en 3,506.33 \$.
7. El menor avance y mayor costo en el periodo de enero a marzo estuvo relacionado directamente a la variabilidad del RMR del macizo rocoso, hubo tramos de avance con RMR mínimos de 30 y 31 (roca suave – tipo IVA) y máximos de 51 y 52 (roca dura – tipo IIIA), influyendo directamente en un menor avance efectivo e incrementando los costos de desarrollo de la rampa Rp 5585 SW programado.
8. El costo y avance efectivo durante el periodo de abril a mayo fue de 80.20 m y 39,662.55 \$ respectivamente y el ejecutado en el mismo periodo se incrementó con un mayor avance y costo de 81.76 m y 40,431.56 \$, generando una reducción de costo por un mayor avance programado en 769.02 \$.
9. El mayor avance y menor costo en el periodo de abril y mayo solo tuvo tramos con un RMR mínimos de 33 y 35 (roca suave – tipo IVA) y con una mayor incidencia de un RMR 41, estos valores de RMR permitieron controlar el diseño de malla de perforación y voladura programado y mejorar así, el avance efectivo y una disminución de los costos unitarios de desarrollo de la rampa Rp 5585 SW, Nv 1070.

10. Finalmente, la mejora del avance efectivo del desarrollo de la rampa Rp 5585 SW, Nv 1070 se observó durante el segundo periodo abril y mayo, fue producto de una menor variabilidad del RMR del macizo rocoso, controlando la malla de perforación y voladura programada con un RMR de 41 a 50 considerada como una roca semi dura tipo IIIB.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar mapeos de geomecánica de detalle con la finalidad de poder identificar la variabilidad del macizo rocoso y así diseñar mallas de perforación y voladura de acuerdo a la variabilidad del macizo rocoso.
2. Se recomienda realizar estudios similares de medición del avance efectivo en otro tipo de labores de desarrollo, preparación y explotación considerando otras variables del macizo rocoso como el RQD y GSI.
3. Se recomienda generar modelos de predictibilidad utilizando información anterior en labores de desarrollo de características geomecánicas del macizo rocoso similares utilizando el *machine learning*.
4. Se recomienda realizar análisis de sensibilidad de las variables asociadas al macizo rocoso y ver su influencia en el cumplimiento de los programas de avance en la unidad minera y su influencia en el plan minero.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MOSCOSO, Christian Y CAMPOS Patricio. Evaluación de métodos de planificación de largo plazo en mina Chuquicamata. Memoria (Título de Ingeniero Civil de Minas). Santiago: Universidad de Chile, 2010, 128 pp.
2. GOMEZ, Alejandro. Secuenciamiento multicriterio para minería subterránea selectiva. Memoria (Título de Ingeniero Civil de Minas). Santiago: Universidad de Chile, 2015, 132 pp.
3. CHAVEZ, Yetzon. Mejora de la 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. Huaraz. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huaraz: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, 2018, 130 pp.
4. HINOSTROZA, Jaime. Optimización de la fragmentación en las rocas con la aplicación de la doble iniciación electrónica en la explotación de cobre porfirítico a cielo abierto. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2014, 174 pp.
5. APAZA, Edwin. Implementación de Taladros Largos en vetas Angostas para determinar su incidencia en la productividad, eficiencia Y seguridad de las operaciones mineras – Pashsa, Mina Huarón S.A. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2013, 154 pp.
6. UNIDAD MINERA YAURICOCHA, Mina Yauricocha. Data de operaciones de labores de desarrollo, 2023.

ANEXOS

Anexo 1

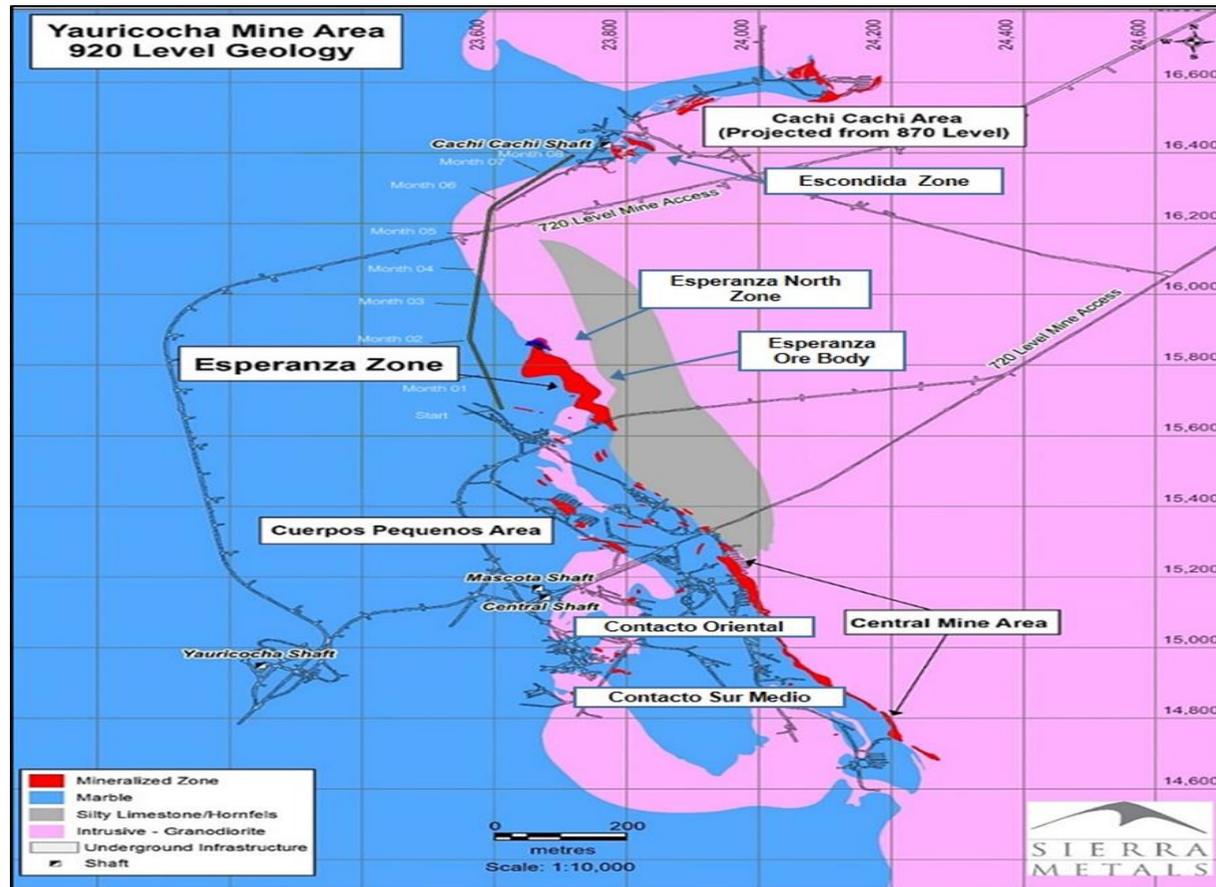
Matriz de operacionalización de variables

Tabla de matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición		Definición operacional	
	Conceptual	Dimensiones	Sub-Dimensiones	Indicadores
<p>VI:</p> <p>Mejora del avance efectivo de la rampa Rp 5585 SW, Nv 1070.</p>	<p>La mejora del avance efectivo en labores de avance en operaciones subterráneas, permitirá el cumplimiento del ciclo de minado en el planeamiento de corto, mediano y largo plazo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Geología • Geomecánica • Operación 	<p>Dominio Geológico</p> <p>Dominio Geomecánico</p> <p>Condiciones Operacionales</p>	<p>Tipo de roca, alteración hidrotermal, fallas, etc..</p> <p>Propiedades del macizo rocos: RMR, RQD, dureza, densidad, etc.</p> <p>Parámetros de perforación y voladura, avance efectivo, etc.</p>
<p>VD:</p> <p>Análisis de las variables de perforación y voladura: metros perforados, factor de carga, kg de explosivo, RMR, etc.</p>	<p>El cumplimiento de avance efectivo de las labores de desarrollo, están directamente relacionados a los parámetros de perforación y voladura.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Condiciones operacionales de perforación y voladura. • Condiciones económicas 	<p>Variables Técnicas.</p> <p>Variables Económicas.</p>	<p>Metros perforados, factor de carga, kg de explosivos, etc</p> <p>PU de metro de avance en Rp 5585, costo unitario y parcial de avance programado y real.</p>

Anexo 2

Planos en planta y perfil



**Figura 3. Geología local, mina Yauricocha
Tomada del área de Geología**

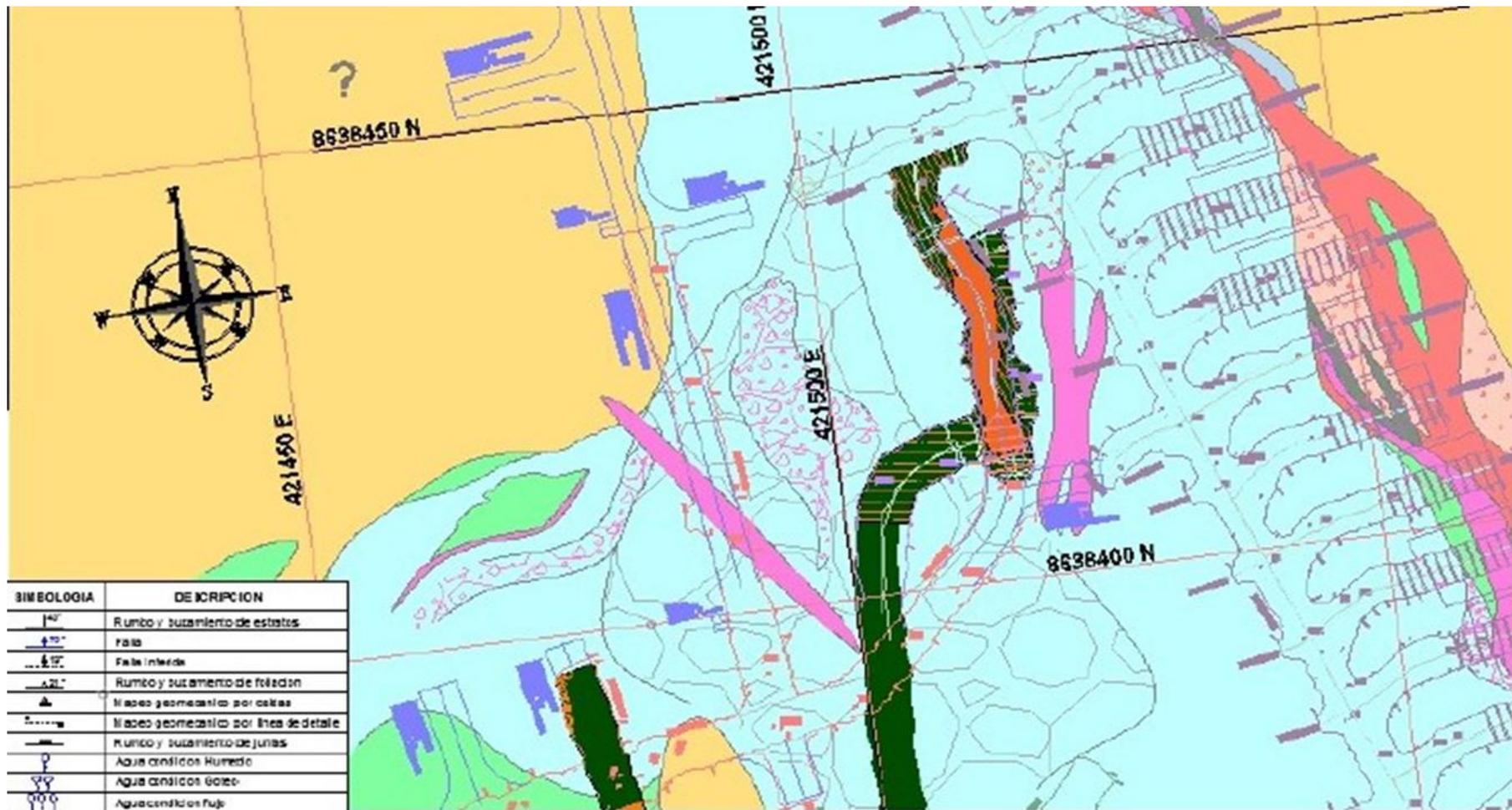
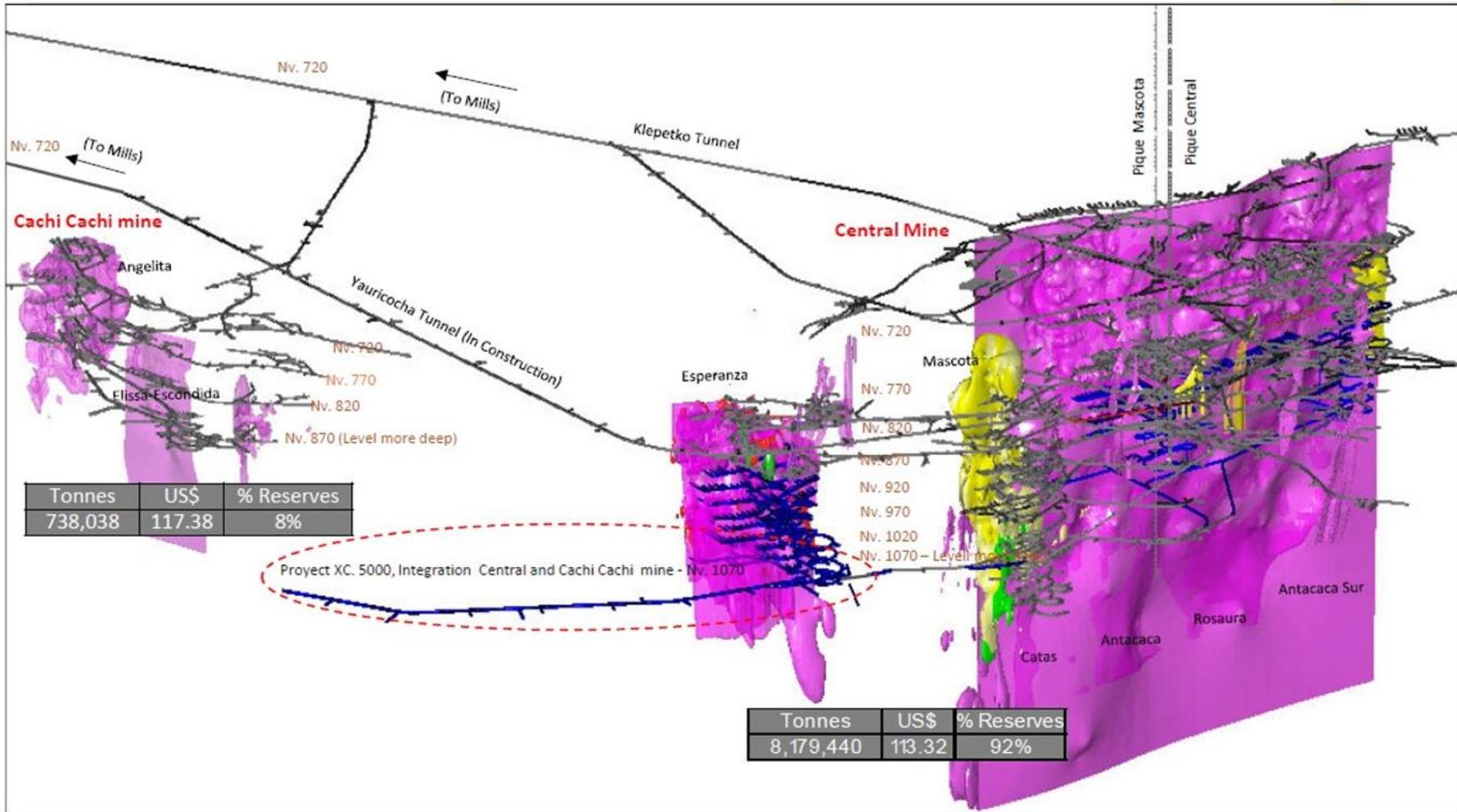
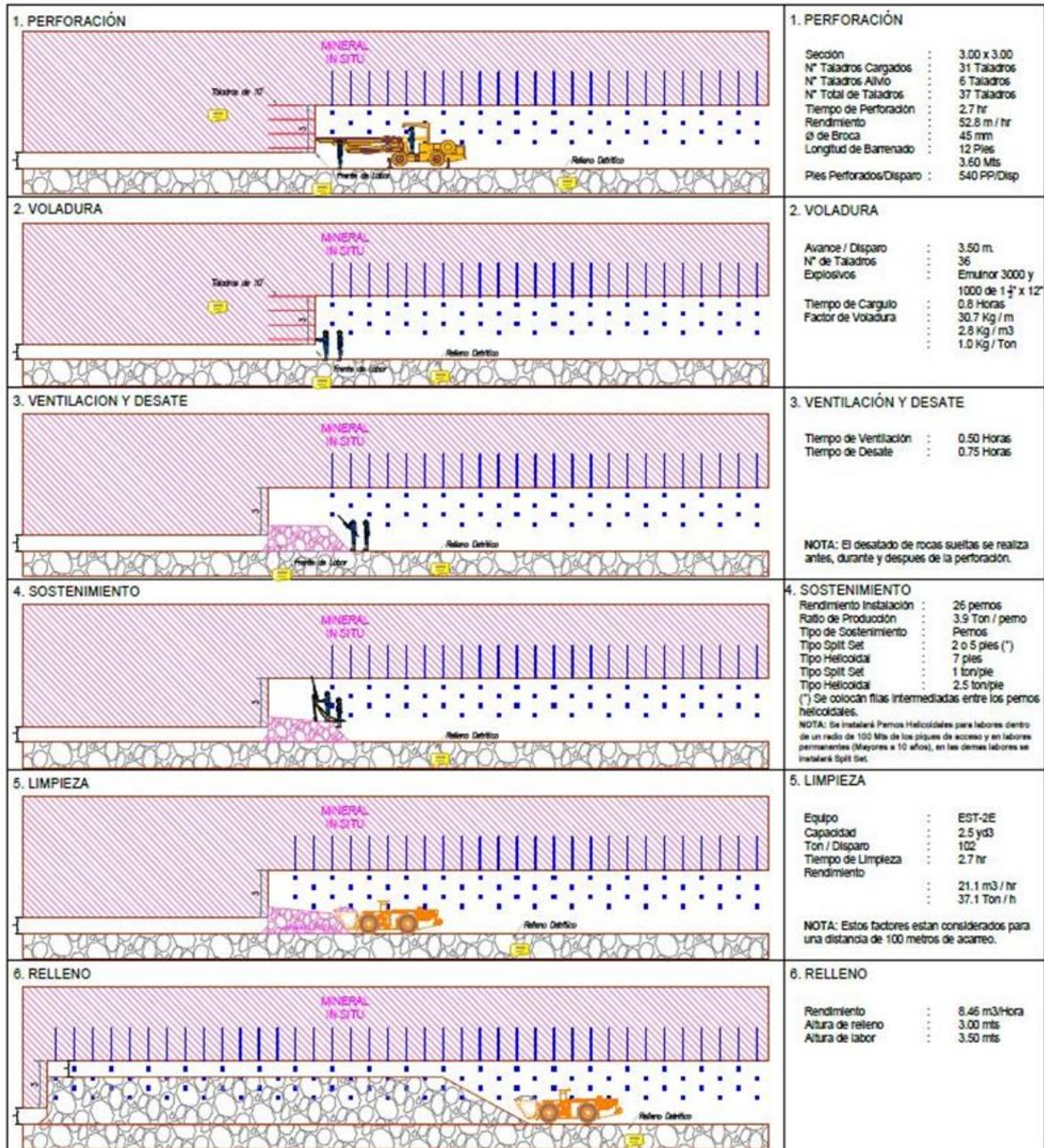


Figura 5. Plano en planta, nivel Nv 1070, mina Yauricocha
Tomado del área Mina



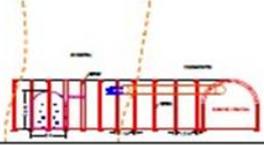
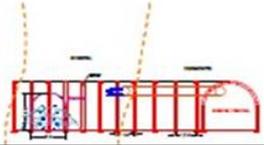
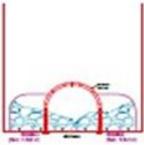
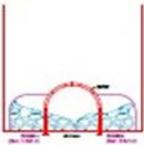
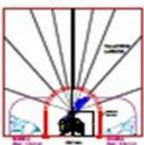
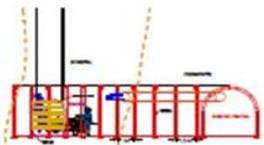
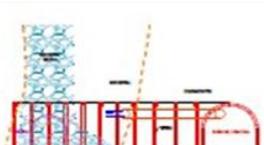
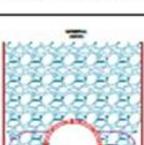
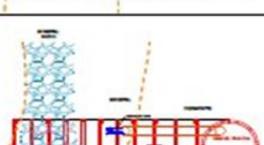
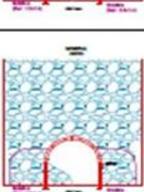
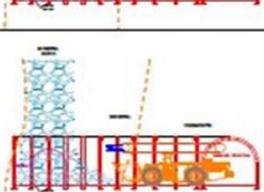
**Figura 8. Perfil de la mina Yauricocha
Tomada del área de Planeamiento**

**CICLO DE MINADO CORTE Y RELLENO ASCENDENTE MECANIZADO - TAS: 7 DIAS
RMR: 41 - 50 (TIPO III-B)**



**Figura 6. Método de minado corte y relleno ascendente, mina Yauricocha
Tomada del área de Geomecánica**

**CICLO DE MINADO SUBLEVEL CAVING MECANIZADO - TAS: 2 HRS.
RMR: 21 - 30 (TIPO IV-B)**

<p>1. PERFORACIÓN DE BOLSILLOS</p> 		<p>1. PERFORACIÓN</p> <p>Sección : 2.00 x 2.40 N° de Taladros : 20 Tiempo de Perforación : 1.45 horas Rendimiento : 30 Mts/horas Ø de Broca : 41 mm Longitud de Barrenado : 6 Pies Pies Perforados/Diámetro : 120 PPI/Diáp</p>
<p>2. VOLADURA DE BOLSILLOS</p> 		<p>2. VOLADURA</p> <p>Sección : 2.00 x 2.40 Avance / Diámetro : 2.06 Mts Explosivos : Emulnor 1000 de 1" x 7" Tiempo de Carga : 0.5 Horas Factor de Carga : 1.92 Kg/m³ 0.73 Kg/Ton 8.30 Kg/Mt</p>
<p>3. VENTILACIÓN</p> 		<p>3. VENTILACIÓN</p> <p>Tiempo de Ventilación : 0.5 Horas</p> <p>NOTA: Por seguridad del personal no se expondrá a realizar el desatado de rocas después de disparar el bolsillo</p>
<p>4. LIMPIEZA DE BOLSILLOS</p> 		<p>4. LIMPIEZA</p> <p>Equipo : ST-20 Capacidad Equipo : 2.2 yds³ Rendimiento : 50 Tn/horas</p>
<p>5. PERFORACIÓN DE TALADROS LARGOS</p> 		<p>5. PERFORACIÓN</p> <p>Sección : N° de Taladros : 18 Tiempo de Perforación : 3.36 horas Rendimiento : 20 Mts/horas Ø de Broca : 64 mm Pies Perforados/Diámetro : 412.72 PPI/Diáp</p>
<p>6. VOLADURA DE TALADROS LARGOS</p> 		<p>6. VOLADURA</p> <p>Avance / Diámetro : N° de Taladros : 18 Explosivos : Emulnor Tiempo de Carga : 2.40 horas Factor de Carga : 0.12 Kg/Tn</p>
<p>7. VENTILACIÓN</p> 		<p>7. VENTILACIÓN</p> <p>Tiempo de Ventilación : 0.5 Horas</p> <p>NOTA: Por seguridad del personal no se expondrá a realizar el desatado de rocas después de la voladura.</p>
<p>8. LIMPIEZA</p> 		<p>8. LIMPIEZA</p> <p>Equipo : ST-20 Capacidad Equipo : 2.2 yds³ Rendimiento (*) : 40 Tn/horas</p> <p>(*) El rendimiento presentado está calculado con una distancia de escaneo menor a 80 Mts</p>

**Figura 7. Método de minado sublevel caving, mina Yauricocha
Tomada del área de Geomecánica**

RESULTADOS			
ITEM	10 PIES	12 PIES	Und.
AVANCE POR DISPARO	2.60	3.00	m
LONG. PROMEDIO TACO	0.30	0.30	m
EXPLOSIVO POR DISPARO	75.9	78.5	Kg
VOLUMEN ROTO	36.8	44.1	m³
TONELAJE ROTO	97.0	116.4	Tn
FACTOR DE CARGA	2.06	1.78	Kg/m³
FACTOR DE POTENCIA	0.78	0.67	Kg/Tn
FACTOR DE AVANCE	29.17	26.17	Kg/m

EFICIENCIA DE PERFORACION Y VOLADURA			
1 PIE =		92%	91%
0.3048	EQUIV. EN MTS	EFIC. PERF	EFIC. VOLAD.
12	3.6576	3.3522	3.0505
CALCULO HORAS UTILIZACION JUMBO x DISPARO			
Per./Tal (min.)			2.3
Maniobra/Tal (min.)			0.7
Per./Tal. Rimado (min.)			4.75
Insta. - Desinta. (min.)			18
Total Per. Taladros (min.)			102
Total Tal. Rimados (min.)			19
Instalacion - Desinstalacion (min-)			18
		Total minutos	139
		Total Hora	2.32
Movilizacion			0.35
		Total Hora Jumbo / Guardia	2.67
CALCULO HORAS UTILIZACION SCOOP x DISPARO			
Rendimiento Scoop Tn/Hr			33.80
Tonelaje			99.40
		Total Horas Scoop / Guardia	2.94

Parámetros técnicos de perforación y voladura, Rp 5585 SW, Nv 1070

RA MPA DE 3.5x3.5 .JUMBO DE 12' & SCOOP DE 4.1 vd3 - CTTA (desde -3% hasta -12%)						Tipo Roca: RMR>40	
DATOS:							
CON JUMBO & SCOOP DIESEL 4.1 YD3 - CTTA							
TRACKLESS							
Tamaño del Taladro:	12 pies			Seccion:	3,5	3,5	m.
Taladros de arranque -rimado:	4 Und			Avance Disp.:	3.05		m.
Taladros de servicio	3			Volumen:	37.37		m3
Taladros a cargar:	34			Volumen Esponjado	56.05		m3
Taladros perforados	42			TMS	99.40		Tn
Taladros de olivo corona:	5			Tiempo Lim pieza:	2.94		Hrs
Distancia de Limpieza	150 m	2	Tiempos	Tipo de material			Densidad 2.66
Mano de Obrero							
Código	Descripción	Cantidad	Factos de Pago	Incidencia	Costo Unit del recurso	Costo Real S/	
MOD-011	Maestro perforista	1	2.346	0.64 TAR	72.29	108.95	
MOD-020	Ayudante perforista	1	2.346	0.64 TAR	66.70	100.52	
MOD-029	Bombero	0	2.346	0.00 TAR	66.70	0.00	
MOD-033	Traslado de materiales	1	2.346	0.10 TAR	66.70	15.65	
MOD-001	Operador de Jumbo	1	2.346	0.64 TAR	100.48	151.43	
MOD-002	Ayudante de Jumbo	1	2.346	0.64 TAR	66.70	100.52	
MOD-005	Operador de Scoop		2.346	0.63 TAR	100.48	148.51	
MOFLAH	MOI Labores Avances Horizontales				1,240.54	1,240.54	
					3.30	1,866.12	
Maquinas							
Código	Descripción	Vida Util	Consumo por Guardia		Costo Unit del recurso	Costo Real S/	
EQ-003	Jumbo Sandvik DD210		2.67	HM	321.13	856.35	
EQ-001	Scooptram de 4.1yd3		2.94	HM	271.29	797.75	
EQ-010	Bomba de 15HP		4.17	HM	7.16	29.83	
	Perforacion por pie		6.00	PP	0.42	2.52	
						1,686.45	
Suministros:							
Perforación de taladros a cargar:							
HS200	BARRA CONICA 78766112-11 G.11", 108 X 22 X 4		1.83	m	0.60	1.10	
HS201	BROCAS DESCART. 77764440-B45 40MM. 11º		1.83	m	0.41	0.75	
HS202	BARRA 73246537-20 T38 H35 R32 M/F 12		154.20	m	1.14	175.79	
AC103	ACOPLEAMIENTO P/ BARRA 73143555 T38 R32		154.20	m	0.22	33.92	
AC107	SHANK ADAPTER		154.20	m	0.79	121.82	
AC101	BROCA DE BOTONES R28 X 41 MM RT 300		154.20	m	1.28	197.38	
AC116	BROCA RIMADORA DOMO 4" R32/ 7733-5602P-S48		13.41	m	9.99	133.95	
AC116	ADAPTADOR PILOTO RIMADORA		13.41	m	8.17	109.55	
	AFILADORA DE BROCAS		154.20	m	0.36	55.51	
	COPA P AFILAR BROCA 7975270-10 10MM		8.40	m	3.72	31.25	
Herramientas:							
HS205	Lampa Minera Tipo Cuchara		1.00	PZ	0.45	0.45	
HS208	Pico Acero De Punta Y Pala C/ Mango		1.00	PZ	0.38	0.38	
HS209	Llave Francesa De 12"		1.00	PZ	0.26	0.26	
HS227	Llave Stillson De 18"		1.00	PZ	1.71	1.71	
HS212	Wincha Metalica 5 M		1.00	PZ	0.14	0.14	
HS214	Berretilla De Hierro Corrugado De 1' X 4' Pies.		1.00	PZ	0.14	0.14	
HS216	Berretilla De Hierro Corrugado De 1' X 6' Pies.		1.00	PZ	0.21	0.21	
HS217	Berretilla De Aluminio De 1' X 6'		1.00	PZ	0.45	0.45	
HS219	Berretilla De Aluminio De 1' X 8'		1.00	PZ	0.48	0.48	
HS225	Berretilla De Aluminio De 1' X 10'		1.00	PZ	0.59	0.59	
HS229	Berretilla De Aluminio De 1' X 12'		1.00	PZ	0.88	0.88	
HS230	Sacabroca		1.00	0	0.52	0.52	
HS234	Sacabarreno		1.00	0	0.26	0.26	
HS235	Gas Propano		1.00	KG	0.04	0.04	
HS231	Pintura En Spray		1.00	PZ	0.48	0.48	
HS209	Arco De Sierra De 1/2" X 12"		1.00	PZ	0.15	0.15	
HS227	Hoja De Sierra De 1/2" X 1/2" X 18"		1.00	PZ	0.23	0.23	
HS212	Punson		1.00	0	0.21	0.21	
HS214	Cucharella (Fe Corrug. 3/8")		1.00	0	0.26	0.26	
	Plomada		1.00	0	0.12	0.12	
HS216	Manguera De Jebe Y Lona De 1"		1.00	m	0.26	0.26	
HS217	Manguera De Jebe Y Lona De 1/2"		1.00	m	0.22	0.22	
HS219	Garrilla De 1/2 X 0.50M Completa Aba-Gam-K		1.00	PZA	0.05	0.05	
HS225	Alambre De Amarr #16		1.00	kg.	0.05	0.05	
HS229	Acete Texaco Aries 100.		1.00	gln	0.30	0.30	
HS230	Copla Y Niple De 3/8", 1/2" Y 3/4", 1, 1/2, 2"		1.00	Jgo	0.13	0.13	
HS234	Valvula De Bola De 1"		1.00	PZA	0.04	0.04	
HS235	Valvula De Bola De 2"		1.00	PZ	1.87	1.87	
HS231	Pintura Esmalte Blanco		3.05	GL	10.76	32.82	
HS232	Tubo Pvc Precorte 1 1/2"		17.00	PZ	6.55	111.35	
EAS26	Atacadador De Madera En Eucalipto De 1 Mm X 10'		7.00	PZ	0.79	5.53	
						1,021.60	
Implementos de Seguridad							
EPP002	Labor Horizontal - Perforista Y Ayudante		1.93	Tar	15.19	29.28	
EPP005	Operadores (Scoop - Dumper - Jumbo - Winche)		1.27	Tar	13.74	17.49	
Tareas Totales			3.20			46.76	
Estandarización labor							
	Cuneta De 0.4	Cuneta De 0.4 X 0.4 Mts	3.1		0.00	0.00	
						0.00	
Movilidad para traslado de materiales							
EQ-012	Camioneta Hilux 4x4		1.00		22.47	22.47	
EQ-007	Camion utilitario 7 tn		1.00		129.42	129.42	
EQ-009	Cuatrimoto Kawasaki		1.00		34.76	34.76	
						186.65	
Combustible							
EQ-012	Camioneta Hilux 4x4		1.0	0.60	18.24	11.02	
EQ-007	Camion utilitario 7 tn		1.0	2.45	18.24	44.76	
EQ-009	Cuatrimoto Kawasaki		1.0	0.82	18.24	14.92	
EQ-003	Jumbo Sandvik DD210		2.7	1.81	18.24	87.97	
EQ-001	Scooptram de 4.1yd3		2.9	4.07	18.24	218.12	
						376.79	
Gastos Generales						2.97%	143.02
Utilidad						10.00%	480.76
Total Indirectos						12.97%	623.78
						Sub Total Costos	5,808.15
						Costo por Disparo	5,808.15
						Factor de Avance (MT)	3.05
						Costo por Metro (S/)	1,904.00
						Costo por Metro (US \$)	494.55

**Precio unitario de la Rp 5585 SW, Nv 1070
Tomada del área de Planeamiento**