

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Análisis de las variables operacionales de shotcrete y
sobrerotura en el CX 2713, NV 1565, zona centro para
la reducción de costos en sostenimiento - Consorcio
Minero Horizonte, 2023**

Ronald Baltazar Ramos

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2023

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 : 8 de Diciembre de 2023

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 OPERACIONALES DE SHOTCRETE Y SOBROTURA EN EL CX 2713, NV 1565, ZONA CENTRO PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS EN SOSTENIMIENTO - CONSORCIO MINERO HORIZONTE, 2023", perteneciente al estudiante RONALD BALTAZAR RAMOS, 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 14 % 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

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, Ronald Baltazar Ramos, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 76614190, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "ANÁLISIS DE LAS VARIABLES OPERACIONALES DE SHOTCRETE Y SOBROTURA EN EL CX 2713, NV 1565, ZONA CENTRO PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS EN SOSTENIMIENTO - CONSORCIO MINERO HORIZONTE, 2023", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

08 de diciembre de 2023.



Ronald Baltazar Ramos

DNI. No. 76614190

ANÁLISIS DE LAS VARIABLES OPERACIONALES DE SHOTCRETE Y SOBREROTURA EN EL CX 2713, NV 1565, ZONA CENTRO PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS EN SOSTENIMIENTO - CONSORCIO MINERO HORIZONTE, 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	6%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	3%
4	pt.scribd.com Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.uchile.cl Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%

9	Submitted to uarm Trabajo del estudiante	<1%
10	www.kvt.lt Fuente de Internet	<1%
11	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Trabajo del estudiante	<1%
12	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1%
13	1library.co Fuente de Internet	<1%
14	doku.pub Fuente de Internet	<1%
15	repositorio.unah.edu.pe Fuente de Internet	<1%
16	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
17	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%
18	www.dinero.com Fuente de Internet	<1%
19	www.ocpi.cu Fuente de Internet	<1%
20	repositorio.unc.edu.pe	

Fuente de Internet

<1%

Excluir citas Apagado

Excluir coincidencias Apagado

Excluir bibliografía Apagado

ASESOR

Ing. Javier Córdova Blancas

AGRADECIMIENTO

A Dios y mis padres, por guiarme en el camino y formarme con buenos principios morales en lo personal y profesional, por ser mi guía en tiempos difíciles.

A los catedráticos de la Universidad Continental por las enseñanzas que me brindaron durante mi vida académica para formarme como ingeniero de minas. Así mismo al Ing. Javier Córdova Blancas por la guía en el desarrollo del presente trabajo, también a Digno Cerda Gomes maestro de ingenieros, por el apoyo incondicional para mi realización como persona y profesionalmente.

A los compañeros y maestros de trabajo en distintas áreas quienes me ayudaron a reforzar con la practica a la teoría aprendido en la universidad.

DEDICATORIA

A mis padres: Socimo Máximo Baltazar Abregu y Lucy Ramos Lanazca, a mi hermana Katherine Acuña por su apoyo constante durante mi vida académica y profesional.

Asimismo, a los diferentes trabajadores de la unidad minera, quienes me ayudaron durante mi vida profesional, en el día a día por su experiencia y apoyo en el desarrollo del presente trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	I
ASESOR	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO	V
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT	XII
INTRODUCCIÓN	XIV
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	15
1.1. Planteamiento y formulación del problema	15
1.1.1. Planteamiento del problema	15
1.1.2. Formulación del problema	16
1.2. Objetivos	16
1.2.1. Objetivo general	16
1.2.2. Objetivos específicos	17
1.3. Justificación e importancia	17
1.3.1. Justificación social - práctica	17
1.3.2. Justificación académica	17
1.4. Hipótesis de la investigación	18
1.4.1. Hipótesis general	18
1.4.2. Hipótesis específicas	18
1.5. Identificación de las variables	18
1.5.1. Variable independiente	18
1.5.2. Variable dependiente	18
1.5.3. Matriz de operacionalización de variables	18
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	20
2.1 Antecedentes del problema	20
2.1.1 Antecedentes nacionales	20
2.1.2 Antecedentes internacionales	21

2.2	Generalidades de la unidad minera Parcoy -----	22
2.2.1	Ubicación de la UM Parcoy -----	22
2.2.2	Accesibilidad a la UM Parcoy -----	23
2.3	Geología regional -----	23
2.3.1	Consideraciones geomecánicas de la UM Parcoy-----	28
2.4	Bases teóricas -----	30
2.4.1	Parámetros diseño de <i>shotcrete</i> -----	30
2.4.2	Criterios de dosificación -----	34
2.4.3	Criterios de diseño de perforación y voladura en el Cx 2713 – Nv 1565-----	37
2.4.4	Recomendaciones geomecánicas – <i>shotcrete</i> -----	42
2.4.5	Consideraciones económicas de <i>shotcrete</i> -----	47
	CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN -----	51
3.1	Método y alcances de la investigación-----	51
3.1.1	Método de la investigación-----	51
3.1.2	Alcances de la investigación -----	52
3.2	Diseño de la investigación -----	52
3.3	Población y muestra -----	52
3.3.1	Población -----	52
3.3.2	Muestra -----	52
3.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos -----	52
3.4.1	Técnicas utilizadas en la recolección de datos -----	52
3.4.2	Instrumentos utilizados en la recolección de datos -----	53
	CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	54
4.1	Parámetros iniciales de operación -----	54
4.2	Análisis de la dosificación de <i>shotcrete</i> -----	57
4.3	Análisis de la sobrerotura relacionado al <i>shotcrete</i> -----	61
4.4	Análisis económico de consumo de <i>shotcrete</i> -----	65
4.5	Análisis de la validación de la hipótesis -----	70
	CONCLUSIONES -----	76
	RECOMENDACIONES -----	78
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	79
	ANEXOS-----	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de matriz de operacionalización de variables	19
Tabla 2. Acceso a la UM Parcoy	23
Tabla 3. Consideraciones técnicas de shotcrete	31
Tabla 4. Cubicación de mezcla de shotcrete	31
Tabla 5. Regulación del shotcrete	34
Tabla 6. Resumen de dosificación de shotcrete, diseño 1 - DI	35
Tabla 7. Resumen de dosificación de shotcrete, diseño 1 - DI	36
Tabla 8. Resumen de dosificación de shotcrete, diseño 2 - DII	36
Tabla 9. Resumen de dosificación de shotcrete, diseño 2 - DII	37
Tabla 10. Costo de mixer	48
Tabla 11. Costo de robot lanzador	49
Tabla 12. Costo total de instalación de shotcrete	50
Tabla 13. Resumen de dosificación de shotcrete, diseño 1 - DI	55
Tabla 14. Resumen de dosificación de shotcrete, diseño 2 - DII	57
Tabla 15. Parámetros de dosificación de shotcrete	57
Tabla 16. Parámetros de dosificación de shotcrete, diseño 1 – Crucero 2713	58
Tabla 17. Dosificación de shotcrete, diseño 1 – Crucero Cx 2713.....	59
Tabla 18. Parámetros de dosificación de shotcrete, diseño 2 – Crucero 2713	60
Tabla 19. Dosificación de shotcrete, diseño 2 – Crucero Cx 2713.....	61
Tabla 20. Sobrerotura relacionado al shotcrete, diseño 1 – crucero Cx 2713.....	62
Tabla 21. Dosificación de shotcrete, diseño 2 (35 kg), Cx 2713	63
Tabla 22. Sobrerotura relacionado al consumo de shotcrete, diseño 2 – Crucero Cx 2713	64
Tabla 23. Sobrerotura relacionado al shotcrete, diseño 2 – Crucero Cx 2713	65
Tabla 24. Costo de instalación de shotcrete – Crucero Cx 2713	66
Tabla 25. Costo de sobrerotura de shotcrete, diseño 1 - Crucero Cx 2713	67
Tabla 26. Costo de sobrerotura relacionado al shotcrete, diseño 1- Cx 2713.....	68
Tabla 27. Costo de sobrerotura de shotcrete, diseño 2 - Crucero Cx 2713	69

Tabla 28. Costo de sobrerotura relacionado al shotcrete, diseño 2 - Cx 2713.....	70
Tabla 29. Comparativo de dosificación de shotcrete - Cx 2713.....	71
Tabla 30. Comparativo de sobrerotura en el Cx 2713	73
Tabla 31. Costo comparativo de sobrerotura en el Cx 2713.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la UM Parcoy	22
Figura 2. Geología regional de la UM Parcoy.....	24
Figura 3. Estratigrafía de la UM Parcoy.....	25
Figura 4. Sección geológica, UM Parcoy.....	27
Figura 5. Sostenimiento según Q Barton de la UM Parcoy	28
Figura 6. Caracterización de la masa rocosa, Nv 1565, UM Parcoy.....	29
Figura 7. Lanzado de shotcrete, Cx 2713, Nv 1565	32
Figura 8. Resane de shotcrete, Cx 2713, Nv 1565.....	32
Figura 9. Colocado de calibradores Cx 2713, Nv 1565	33
Figura 10. Cálculo del slump de shotcrete, Cx 2713, Nv 1565	33
Figura 11. Malla de perforación, Cx 2713, Nv 1565, RMR 21 - 30	38
Figura 12. Distribución de carga, Cx 2713, Nv 1565, RMR 21 - 30	39
Figura 13. Malla de perforación, Cx 2713, Nv 1565, RMR 31 - 40	40
Figura 14. Distribución de carga, Cx 2713, Nv 1565, RMR 31 - 40	41
Figura 15. Recomendación geomecánica - 1, Cx 2713	43
Figura 16. Recomendación geomecánica - 2, Cx 2713	44
Figura 17. Recomendación geomecánica - 3, Cx 2713	45
Figura 18. Recomendación geomecánica - 4, Cx 2713	46
Figura 19. Costo de preparación de shotcrete	47
Figura 20. Sostenimiento según Q Barton de la UM Parcoy	55
Figura 21. Caracterización de la masa rocosa, Nv 1565, UM Parcoy.....	56
Figura 22. Dosificación de shotcrete, diseño 1 (30 kg), Cx 2713.....	59
Figura 23. Dosificación de shotcrete, diseño 2 (35 kg), Cx 2713.....	61
Figura 24. Relación de la sobrerotura, diseño 1, Cx 2713.....	63
Figura 25. Relación de la sobrerotura, diseño 2, Cx 2713.....	65
Figura 26. Costo de instalación de shotcrete, Cx 2713	66
Figura 27. Costo de sobrerotura relacionado al shotcrete, diseño 1- Cx 2713	68
Figura 28. Costo de sobrerotura relacionado al shotcrete, diseño 2 - Cx 2713	70
Figura 29. Comparativo de la dosificación de shotcrete . Cx 2713	72
Figura 30. Comparativo de la sobrerotura en el Cx 2713	73
Figura 31. Costo comparativo de la sobrerotura en el Cx 2713.....	74

RESUMEN

La tesis titulada “Análisis de las variables operacionales de shotcrete y sobrerotura en el CX 2713, NV 1565, zona centro para la reducción de costos en sostenimiento - Consorcio Minero Horizonte, 2023” permitió realizar el análisis del *shotcrete*, considerando la dosificación, m³ solicitados y m³ cubitados para poder relacionar a la sobrerotura y los costos que inciden este incremento.

La tesis aplica el método inductivo y deductivo en el que los parámetros analizados están relacionados al consumo del *shotcrete*, relacionando a los diseños planteados por efecto de su dosificación y su implicancia en la sobrerotura.

Durante el estudio se consideró 2 tipos de diseño de dosificación (diseño 1 y diseño 2), para lo que se analiza la dosificación asociada, el consumo de m³ de *shotcrete* solicitado y cubitado para luego ser evaluado económicamente durante los periodos de abril, mayo y junio.

El análisis comparativo de dosificación de *shotcrete* entre los escenarios programado y el diseño 1 y 2 indica un incremento sustancial en consumo de cemento de 400 a 995 a 1043.9 kg respectivamente, en el caso de arena de 1590 a 4034.9 a 4233.2 kg, SC-100LT de 2.30 a 5.97 a 6.26; asimismo, con el consumo de la fibra de 30 – 35 a 74.6 a 91.34 kg y para el agua en 131.88 a 328.05 a 344.17 litros.

La sobrerotura generada en el diseño 1 considera un consumo de *shotcrete* de 114.42 m³ solicitado y de 119.09 m³ cubitado, existiendo un incremento de 4.7 m³ de *shotcrete*. Asimismo, la sobrerotura asociada al diseño 2 considera un consumo de *shotcrete* de 52.2 m³ solicitado y de 54.8 m³ cubitado, existiendo un incremento de 2.6 m³.

Los costos de shotcrete involucran el costo de lanzado, costo de transporte (Mixer) y el costo de preparación de *shotcrete* (robot lanzador), considerado en un costo unitario total de 361.80 \$/m³.

La reducción del consumo de *shotcrete* en el diseño 2 comparado con el diseño 1 indica una reducción de costos de 43,088 \$ a 19,827 \$, con una reducción de costo de 23,261 \$, producto de un mejor control de la sobrerotura.

Palabras clave: shotcrete, aditivo, cemento, arena, agua, crucero, costo unitario, diseño, slump, dosificación, etc.

ABSTRACT

The thesis titled “Analysis of the operational variables of shotcrete and overbreaking in CX 2713, NV 1565, central area for the reduction of costs in sustainance - Consorcio Minero Horizonte, 2023”, which allowed the analysis of the shotcrete, considering the dosage m^3 of shotcrete requested and m^3 of shotcrete cubed to be able to relate the overbreak and the costs that affect this increase.

The thesis applies the inductive and deductive method, where the analyzed parameters are related to the consumption of shotcrete, relating to the proposed designs due to the effect of its dosage and its implication in over-breaking.

During the study, 2 types of dosage design were considered (design 1 and design 2), for which the associated dosage, the consumption of m^3 of shotcrete requested and cubed, were analyzed, and then economically evaluated, during the periods of April, May and June.

The comparative analysis of shotcrete dosage between the programmed scenarios and design 1 and 2, a substantial increase in consumption of: cement is observed from 400 to 995 to 1043.9 kg respectively, in the case of sand from 1590 to 4034.9 to 4233.2 kg, SC-100LT from 2.30 to 5.97 to 6.26, likewise with fiber consumption from 30 - 35 to 74.6 to 91.34 kg and for water in 131.88 to 328.05 to 344.17 liters.

The overbreak generated in design 1 considers a shotcrete consumption of $114.42 m^3$ requested and $119.09 m^3$ cubic, with an increase of $4.7 m^3$ of shotcrete. Likewise, the overbreak associated with design 2 considers a shotcrete consumption of $52.2 m^3$ requested and $54.8 m^3$ cubed, with an increase of $2.6 m^3$.

The shotcrete costs involve the casting cost, transportation cost (Mixer) and the cost of preparing shotcrete (robot launcher), considered in a total unit cost of 361.80 US $\$/m^3$.

The reduction in shotcrete consumption in design 2 compared to design 1, a cost reduction from US\$43,088 to US\$19,827 is observed, with a cost reduction of US\$23,261, as a result of better control of overbreak.

Keywords: shotcrete, additive, cement, sand, water, cruise, unit cost, design, slump, dosage, etc.

INTRODUCCIÓN

Uno de los efectos que se genera en el desarrollo de labores de profundización es poder controlar la estabilidad del macizo rocoso, por lo que definir un sostenimiento adecuado ayudará al cumplimiento de los planes de minado.

Las condiciones del macizo rocoso asociado al crucero Cx 2713, en el nivel 1565 de la zona centro en la unidad minera están asociadas a una granodiorita muy fracturada y con circulación de agua subterránea por las discontinuidades que generan una baja calidad del macizo rocoso. De acuerdo con los estudios realizados se considera un RMR entre 35 y 40, así mismo, realizando la correlación de Q de Barton, la calidad del macizo rocoso es de 0.35 a 0.65 considerado como un terreno de clase E o considerado como bastante malo.

Por tal motivo, la aplicación del *shotcrete* influye directamente en los altos costos de sostenimiento en la unidad minera, siendo la dosificación adecuada una variable muy importante en el consumo de *shotcrete*, así como la sobrerotura, el que incide en los mayores costos de sostenimiento.

El trabajo analiza la dosificación, consumo y costos asociada al *shotcrete*, siendo el parámetro por analizar la sobrerotura generada en el desarrollo del crucero. El consumo de m³ de *shotcrete* solicitado y m³ de *shotcrete* cubicado se relacionará directamente con la sobrerotura generada.

El trabajo se describe en cuatro capítulos: el Capítulo 1 describe el tema forma, considerando el análisis de los problemas, objetivos e hipótesis generales y específicos. El capítulo 2 está relacionado a los antecedentes, generalidades de la unidad minera, marco teórico, etc. El capítulo 3 está relacionado a la metodología de investigación aplicada en el trabajo, así como la población y muestra del área de trabajo. En el capítulo 4 se analiza e interpreta los resultados, considerando la solución e interpretación de la hipótesis planteada.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

La aplicación del concreto proyectado o hormigón lanzado, también denominado *shotcrete*, cuya aplicabilidad en operaciones subterráneas son óptimas y seguras en referencia a otros tipos de sostenimiento.

En la actualidad, en la unidad minera Consorcio Minero Horizonte se encuentra en etapas de profundización, desarrollo y explotación, esta no presenta una gestión adecuada de costos en lanzado de concreto, como consecuencia tenemos grandes sobre costos en sostenimiento; es por ello, se viene generando gastos innecesarios que afectan a la rentabilidad de operación en la unidad, para ello se formula su análisis de precios unitarios en su dosificación, y lanzado de *shotcrete*.

Este incremento de costos de *shotcrete* tiene un efecto directo en la sobrerotura en las diferentes labores de profundización; por lo que, el presente estudio permitirá analizar las variables operacionales post voladura y su influencia en el mayor consumo de *shotcrete*, por ende, el incremento de costos de sostenimiento.

Por lo tanto, se hace necesario realizar un análisis de las variables operacionales de *shotcrete* y sobrerotura, con los costos unitarios y optimizar los procesos unitarios asociados a ellos.

Es importante actualizar los costos generados actualmente y dirigir los intereses con prontitud para mantener los niveles de beneficio que hacen concebir las actividades. Esta mejora tendrá como fundamento un análisis de estas variables y generar programas de optimización y reducción de costos.

1.1.2. Formulación del problema

Problema general

¿Cómo influye el análisis de las variables operacionales de *shotcrete* y sobrerotura en el Cx 2713, Nv 1565, zona centro para la reducción de costos en sostenimiento de Consorcio Minero Horizonte, 2023?

Problemas específicos

- a) ¿Cómo influye la dosificación de *shotcrete* en el Cx 2713, Nv 1565, zona centro para la reducción de costos en sostenimiento de Consorcio Minero Horizonte, 2023?

- b) ¿Cómo influye la sobrerotura en el incremento de *shotcrete* en el Cx 2713, Nv 1565, zona centro para la reducción de costos en sostenimiento de Consorcio Minero Horizonte, 2023?

- c) ¿Cómo influye la sobrerotura e incremento de *shotcrete* en los costos de sostenimiento en el Cx 2713, Nv 1565, zona centro de Consorcio Minero horizonte, 2023?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar la influencia del análisis de las variables operacionales de *shotcrete* en el Cx 2713, Nv 1565, zona centro para la reducción de costos en sostenimiento de Consorcio Minero Horizonte, 2023.

1.2.2. Objetivos específicos

- a) Determinar la influencia en la dosificación de shotcrete en el Cx 2713, Nv 1565, zona centro para la reducción de costos en sostenimiento de Consorcio Minero Horizonte, 2023.

- b) Determinar la influencia de la sobrerotura en el incremento de shotcrete en el Cx 2713, Nv 1565, zona centro para la reducción de costos en sostenimiento de Consorcio Minero Horizonte, 2023.

- c) Determinar la influencia de la sobrerotura e incremento de shotcrete en los costos de sostenimiento en el Cx 2713, Nv 1565, zona centro de Consorcio Minero horizonte, 2023.

1.3. Justificación e importancia

Al desarrollar el trabajo, se realiza un análisis de las variables operacionales de *shotcrete* y sobrerotura en el Cx 2713, Nv 1565 de la zona centro para la reducción de costos de sostenimiento en Consorcio Minero Horizonte.

1.3.1. Justificación social - práctica

Hoy en día, la aplicación de *shotcrete* en sostenimiento de labores mineras y toneleras se está masificando, porque este se adecua a los trabajos subterráneos dando una mayor seguridad durante el proceso y dando celeridad durante el proceso de explotación de recursos. Con el lanzado de shotcrete vía húmeda mecanizada se obtendrá disminución de tiempos de exposición del personal a labores inestables, menor desperdicio por rebote de concreto, menor exposición del personal a la polución de partículas, y sobre todo dar soporte y mejorar la estabilidad del macizo rocoso.

1.3.2. Justificación académica

Con la aplicación de *shotcrete* vía húmeda robotizado se tendrá celeridad en el proceso de minado, directamente disminuyendo en horas hombre (hr/h), horas equipo, y perdida de materiales.

En este trabajo se considerará precios unitarios de todos los recursos empleados para la dosificación y lanzamiento de shotcrete y con ello tener una adecuada gestión de recursos y costos.

1.4. Hipótesis de la investigación

1.4.1. Hipótesis general

El análisis de las variables operacionales de shotcrete en el Cx 2713, Nv 1565, zona centro influye positivamente en la reducción de costos en sostenimiento de Consorcio Minero Horizonte, 2023.

1.4.2. Hipótesis específicas

- a) El análisis de la dosificación de shotcrete en el Cx 2713, Nv 1565, zona centro influye positivamente en la reducción de costos en sostenimiento de Consorcio Minero Horizonte, 2023.

- b) El análisis de la influencia de la sobrerotura en el Cx 2713, Nv 1565, zona centro influye positivamente en la reducción de los costos en sostenimiento de Consorcio Minero Horizonte, 2023.

- c) El análisis de la influencia de la sobrerotura e incremento de shotcrete influye en los costos de sostenimiento en el Cx 2713, Nv 1565, zona centro de Consorcio Minero horizonte, 2023.

1.5. Identificación de las variables

1.5.1. Variable independiente

Análisis de las variables operacionales de shotcrete y sobre rotura en el Cx 2713, Nv 1565, zona centro de Consorcio Minero Horizonte.

1.5.2. Variable dependiente

Reducción de costos de sostenimiento.

1.5.3. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1. Tabla de matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición		Definición operacional	
	Conceptual	Dimensiones	Sub-Dimensiones	Indicadores
VI:				
Análisis de las variables operacionales de shotcrete y sobre rotura en el Cx 2713, Nv 1565, Zona Centro de Consorcio Minero Horizonte.	Las deficiencias en el avance del sostenimiento con shotcrete, debido a las malas prácticas operativas, la más representativa es la sobre rotura generada en labores de avance, producto de un mayor consumo de explosivo.	• Caracterización geomecánica	Dominios geológicos	RMR, RQD y Q de Barton, discontinuidades
		• Dosificación de shotcrete	Propiedades geomecánicas	Kg de cemento, Kg de aditivo, Kg de arena y litros de agua.
		• Sobrerotura	Propiedades operacionales	Metros perforados, Factor de potencia y Volumen de material
VD:				
Reducción de costos de sostenimiento.	El control de las variables operacionales de shotcrete, ayudan a disminuir los costos de sostenimiento, considerando la incidencia de la sobre rotura.	• Evaluación técnica	Dosificación de shotcrete.	Consumo cemento, aditivo, arena y agua.
		• Evaluación económica de costos de sostenimiento	Consumo de de shotcrete	M3 solicitado y M3 cubicados.
			Costos asociado al consumo de shotcrete.	Costo unitario de shotcrete y sobrecosto asociado.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

2.1.1 Antecedentes nacionales

- Investigación titulada: "*Gestión de calidad en el proceso de lanzamiento de shotcrete en túneles*". El objetivo de la investigación fue realizar un análisis del uso del *shotcrete* como base de un sostenimiento primario en obras civiles como la construcción de túneles. El resultado de la investigación permite analizar los diferentes errores realizados en el uso de sostenimiento en túneles, considerando el lanzamiento de *shotcrete* como uno de los costos de mayor incidencia. En el presente estudio se asume un incremento de costos de 475,114 \$ a 1,018,520 \$ producto de un deficiente uso del *shotcrete* y exceso de calidad en la dosificación del *shotcrete* (1).
- Estudio titulado: "*Diseño y aplicación del shotcrete vía húmeda como elemento de sostenimiento en labores mineras*". El objetivo del presente trabajo es determinar la dosificación asociada al *shotcrete* y su importancia como sostenimiento. El estudio concluye que la resistencia mínima que debería tener en la unidad minera Buenaventura es de 210 kg/cm², siendo que para un total de 9 bolsas de cemento y su dosificación asociada genera una resistencia óptima de 223.06 kg/cm² considerando estudios según el espesor del *shotcrete* en 2, 3, 4 y 5 pulgadas se considera un costo de 3.68 S/m² (2).

- Tesis titulada: “*Influencia de la aplicación del soporte con shotcrete en la ocurrencia de desprendimiento de rocas en la empresa MARSA Minera Aurífera Retamas S. A.*”. El objetivo del presente trabajo es sobre la aplicación del soporte con shotcrete en el desprendimiento del macizo rocoso en la unidad minera. Se concluye, que en la dosificación es importante los materiales asociados al shotcrete, el cual considera los áridos grandes y angulosos limpios (sin presencia de arcilla), el cual influye en el buen sostenimiento con shotcrete y obteniendo el control del desprendimiento de las rocas (3).

2.1.2 Antecedentes internacionales

- Tesis titulada: “*Análisis del concreto lanzado como revestimiento definitivo para túneles*”. El objetivo de la investigación fue realizar un análisis comparativo entre el concreto lanzado y el concreto convencional. El estudio considera que el uso de concreto se debe utilizar con pernos de anclaje y arcos de acero (mallas) como base del sostenimiento primario controlando las deformaciones y manteniendo la resistencia a los esfuerzos generados en diferentes direcciones del túnel, controlando la resistencia a la compresión y a la flexión. Así mismo, se determina la importancia que la capa de concreto sea delgada y considerando diferentes tiempos para que sea flexible y se amolde a los cambios (4).
- Tesis titulada: “*Aplicación de filosofía LEAN en la preparación minera mina El Teniente Codelco Chile*”. El objetivo de la investigación es determinar la aplicación del *shotcrete* en áreas limpias (lavadas) y preparadas, sin elementos que interfieran en el lanzado, empezando desde los hastiales hasta la corona y en avance. La rotación del pistón se realiza en pequeños círculos, considerando inclinaciones no $> 45^\circ$, para evitar las ondulaciones y el rechazo del material o rebote asociado. Para considerar escenarios óptimos de lanzado de *shotcrete*, el estudio concluye que la distancia de proyección debe de estar entre 0.60 y 1.80 metros, considerando la presión de aire asociada (5).

2.2 Generalidades de la unidad minera Parcoy

2.2.1 Ubicación de la UM Parcoy

La UM Parcoy de Consorcio Minero Horizonte (CMH) se ubica en el distrito de Parcoy, provincia de Pataz, región de la Libertad, entre una altitud de 2600 a 2700 m s. n. m. y coordenadas geográficas: 77°38' W y 8°00' S.

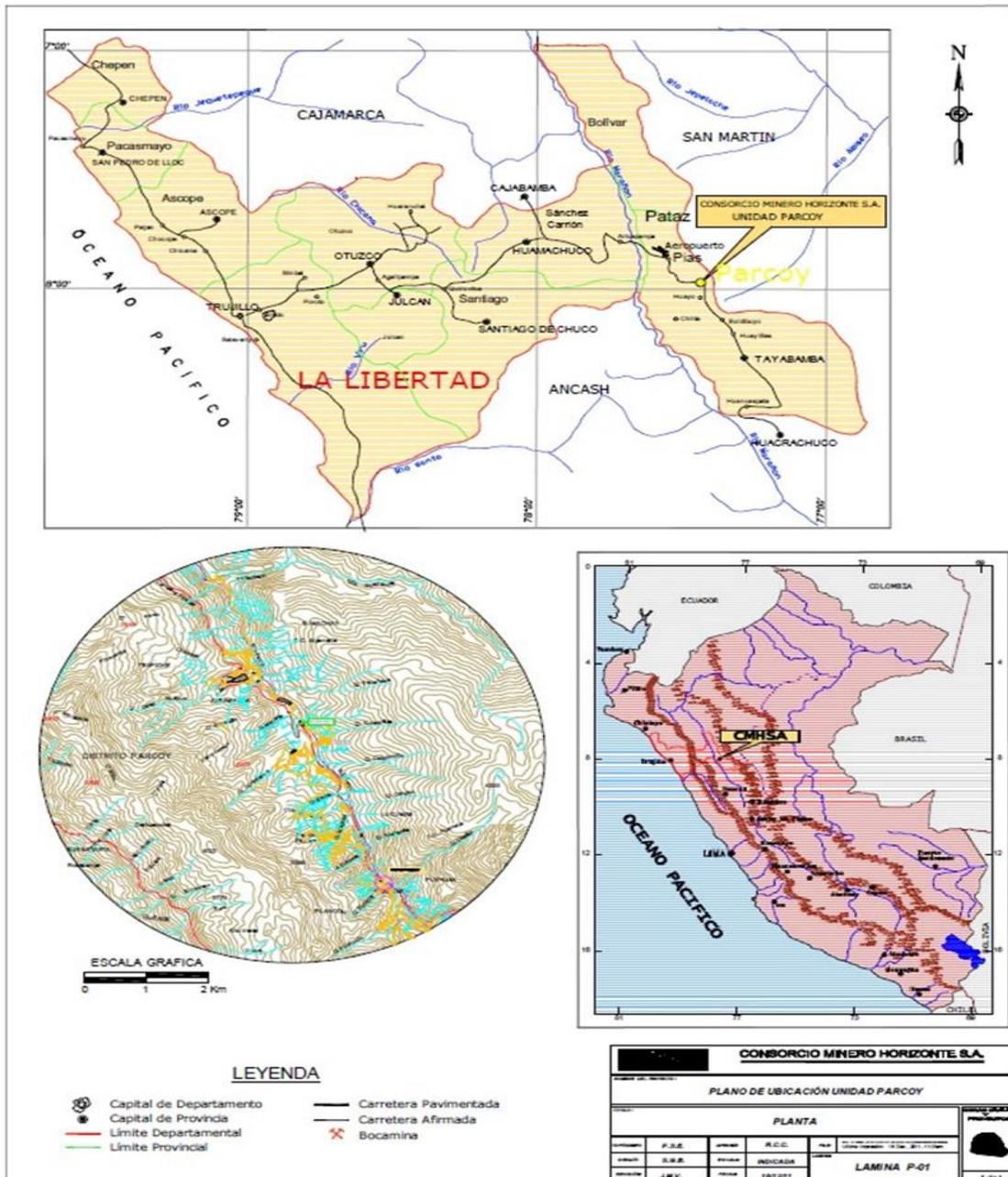


Figura 1. Ubicación de la UM Parcoy
Tomada del Área de Geología

2.2.2 Accesibilidad a la UM Parcoy

Se puede llegar a la unidad minera Parcoy por vía terrestre y aérea, siendo el de la vía terrestre el de mayor tiempo, aproximadamente en más de 24 horas sin escalas desde Trujillo.

Los tramos consideran la vía terrestre y aérea:

Por vía terrestre: desde Lima - Trujillo – Huamachuco – Retamas con 398 kilómetros.

Por vía aérea: desde Lima - Aeródromo desvío Pías - Retamas (vía terrestre) 1 hora

Tabla 2. Acceso a la UM Parcoy

Tramo	Distancia	Tipo de vía	Tiempo
De Lima – Trujillo	555 kilómetros	Carretera asfaltada - afirmada	9.20 horas
De Trujillo – Huamachuco - Retamas	398 kilómetros	Carretera asfaltada - afirmada	11.30 horas

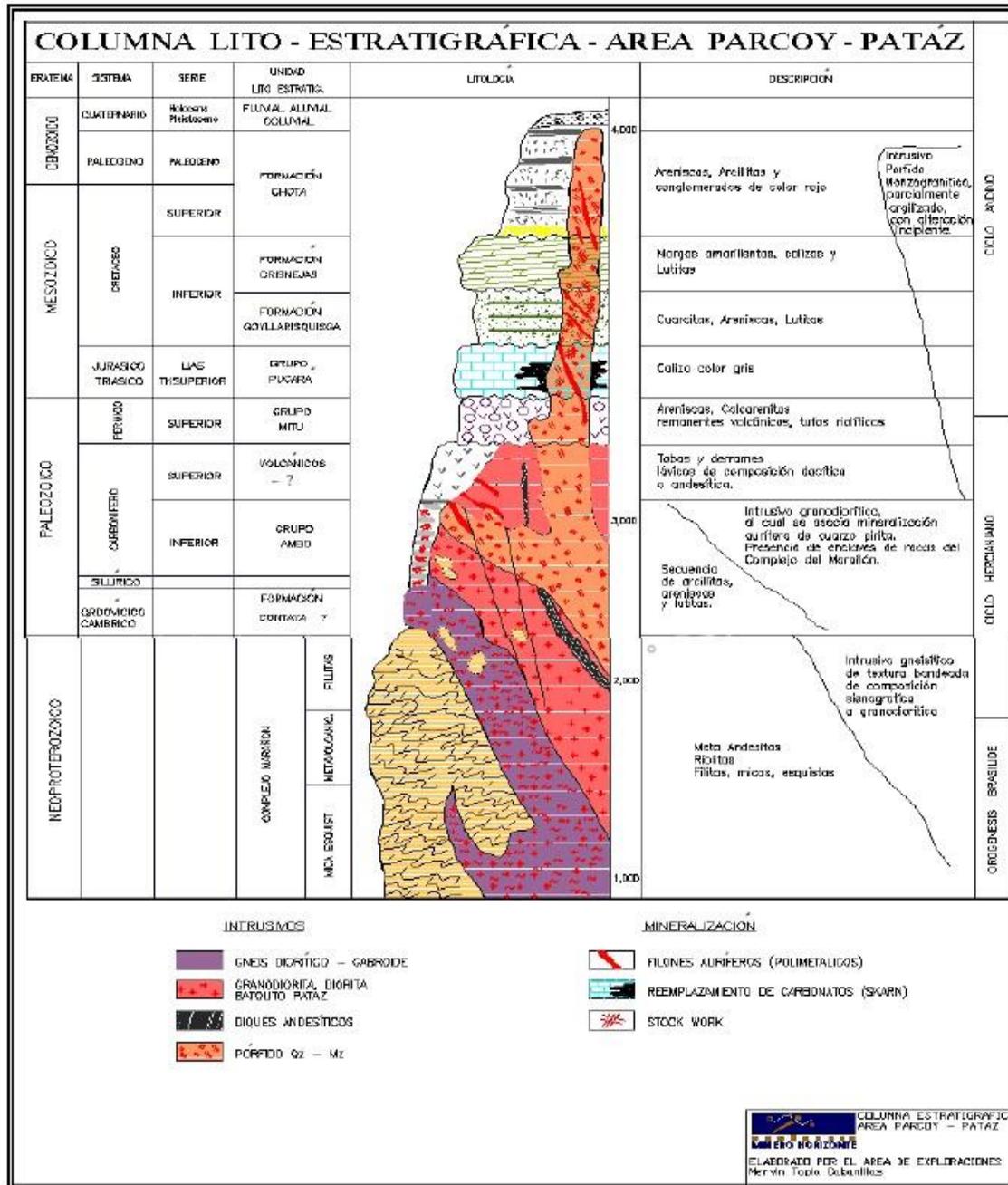
Tomada del Área de Geología

2.3 Geología regional

La unidad minera está ubicada en el flanco occidental de la cordillera occidental, compuesto principalmente por tres unidades principales como el complejo Marañón, el batolito de Pataz y los estratos deformados.

El complejo Marañón compuesto principalmente por meta sedimentos de pizarras a esquistos y meta volcánicos de edad del Precámbrico.

El batolito de Pataz, compuesta principalmente por intrusivos de tipo granodiorita, diorita y cuarzo monzonita, y por intrusiones tardías asociadas a diques y aplitas de composición andesíticas.



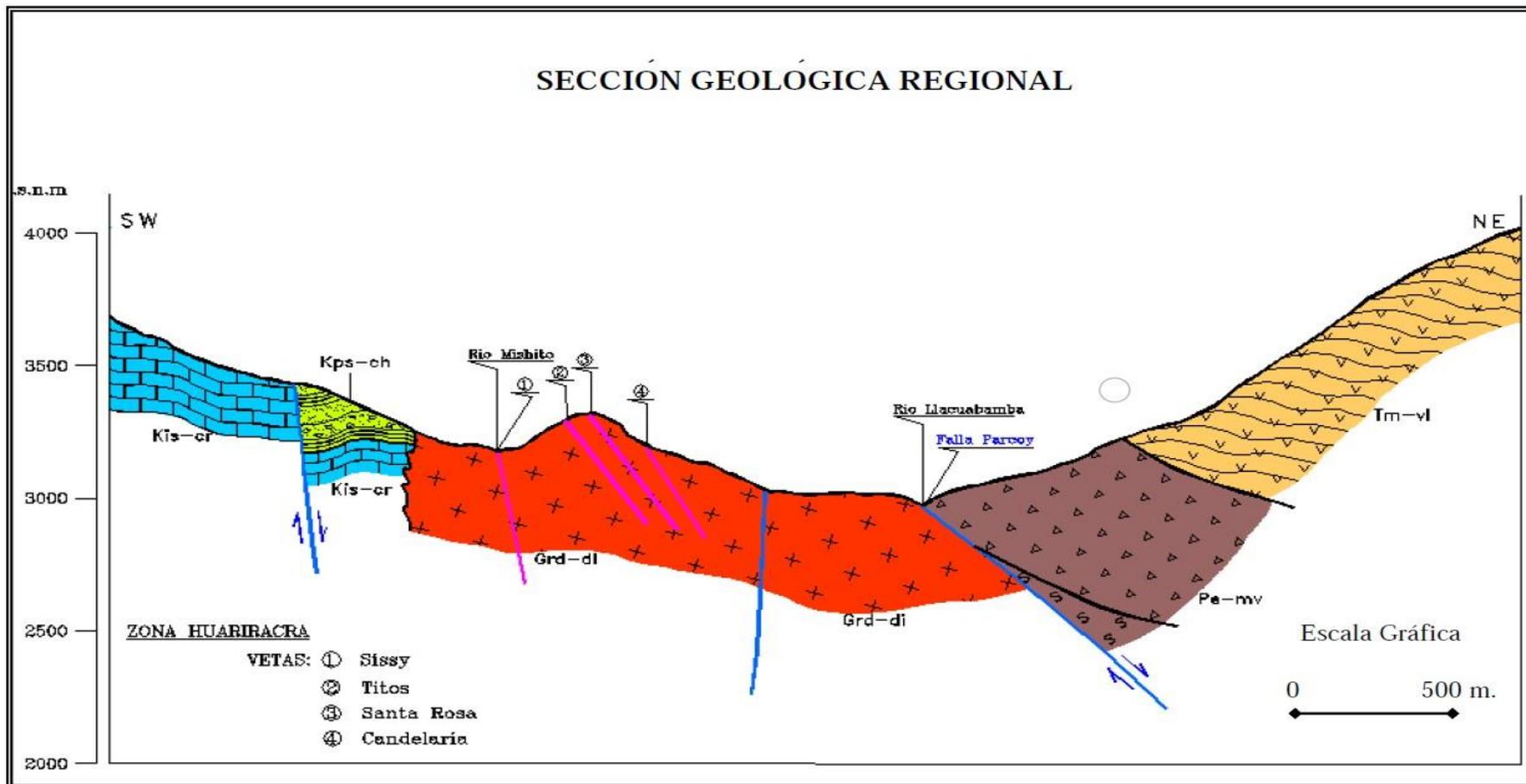
**Figura 3. Estratigrafía de la UM Parcoy
Tomada del Área de Geología**

La estratigrafía asociada al área de estudio está compuesta por rocas de edad antigua a más recientes, siendo el complejo de marañón asociada a las rocas más antiguas consideradas como el precámbrico y siendo la formación Chota de las rocas más jóvenes del cenozoico y finalmente el cuaternario.

- a) Complejo Maraón, compuesta por micas y esquistos, meta volcánicos y filitas, consideradas de edad del precámbrico.

- b) La formación Contaya, asociada a cuarcitas masivas, areniscas oscuras, lutitas y en menor cantidad calizas, asociada al paleozoico inferior.
- c) El Paleozoico Superior asociado a:
- ✓ Grupo Ambo, compuesto por areniscas, lutitas y conglomerados.
 - ✓ Volcánicos, asociado a piroclastos y derrames volcánicos de tipo riolítico a andesítico.
 - ✓ Grupo Mitu, compuesto por remenentes volcánicos, por tufos y aglomerados riolíticos.
- d) Grupo Pucará, asociado principalmente a calizas grises con intercalaciones de lutitas, dolomitas, margas y areniscas. Se observan diferentes formaciones sedimentarias como:
- ✓ formación Chambará
 - ✓ formación Aramachay
 - ✓ formación Condorsinga.
- e) El cretaceo está asociado a las formaciones:
- ✓ Grupo Goyllarisquizga, compuesta por sus unidades Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat, compuesta por secuencias volcánicas del terciario, así como de ambientes volcano sedimentarios.
 - ✓ Formación Crisnejas, compuestas por calizas, areniscas calcáreas y margas.
 - ✓ Formación Chota, asociada a conglomerados, areniscas, lutitas y limonitas de color rojo intenso.
- f) Depósitos cuaternarios, asociados a depositos eluviales, coluviales (asociados a la descomposición de rocas *in situ*, fm. Chota) y aluviales.

La mineralización presente, está emplazada en vetas en el batolito de Pataz, compuesta principalmente por oro nativo, minerales sulfuros como: esfalerita, galena, calcopirita, bornita, covelina, pirita, pirrotita y arsenopirita. Así mismo, minerales óxidos como limonita, y fases no metálicas como: cuarzo, calcita, cerucita y sericita.



**Figura 4. Sección geológica, UM Parcoy
 Tomada de Tapia Cabanillas (2008)**

2.3.1 Consideraciones geomecánicas de la UM Parcoy

Las condiciones del macizo rocoso, asociados a una granodiorita muy fracturada y con circulación de agua subterránea por las discontinuidades, generando una baja calidad del macizo rocoso.

Las labores principales están asociadas al sistema principal de extracción y emplazada en las granodioritas fracturadas y las labores secundarias a las labores sobre estructura mineralizada, considerando vetas tipo sigmoide, con cajas poco competentes, por lo que es necesario el sostenimiento adecuado.

De acuerdo a los estudios realizados por el área de geomecánica se considera un RMR entre 35 y 40, así mismo, realizando la correlación de Q de Barton, la calidad del macizo rocoso es de 0.35 a 0.65 considerado como un terreno de clase E o considerado como bastante malo, por lo que el uso del shotcrete es de vital importancia, para mantener las condiciones de estabilidad adecuadas del macizo rocoso disturbado.

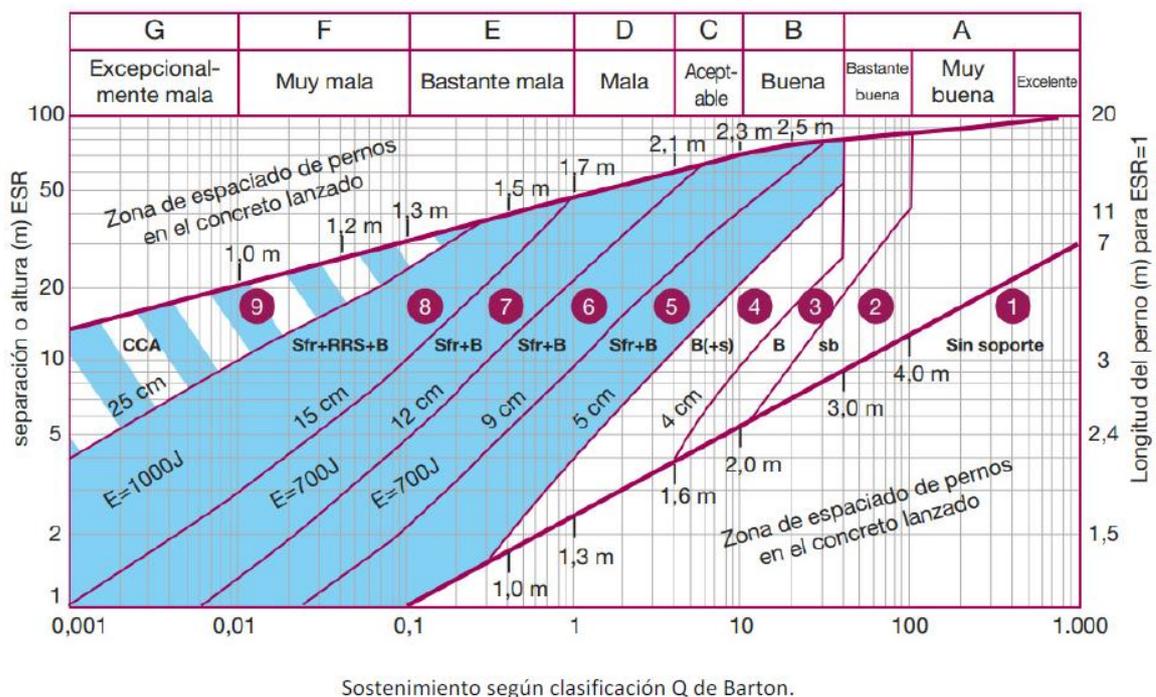


Figura 5. Sostenimiento según Q Barton de la UM Parcoy Tomada del Área de Geomecánica

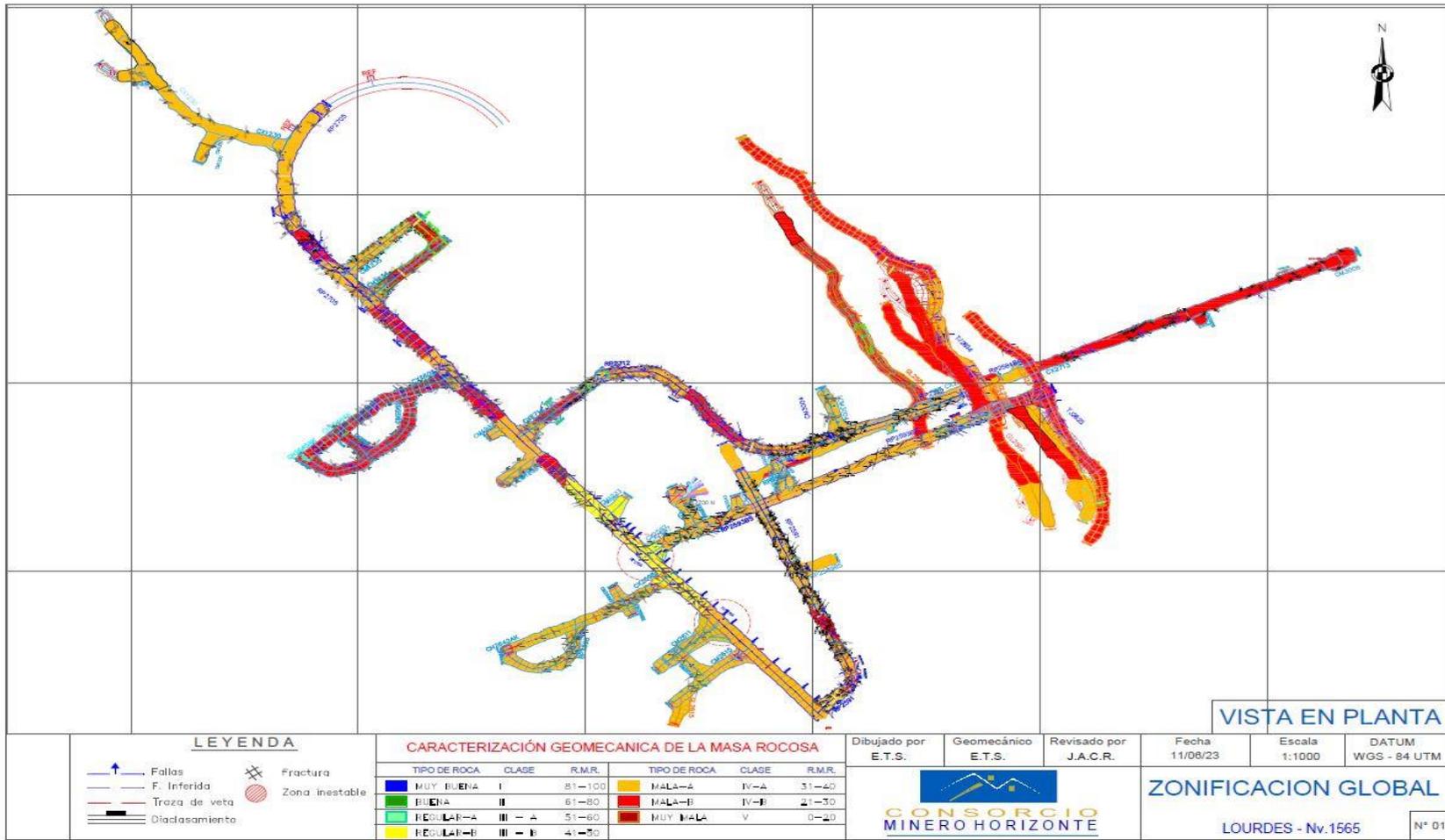


Figura 6. Caracterización de la masa rocosa, Nv 1565, UM Parcoy Tomada del Área de Geomecánica

De acuerdo a las evaluaciones geomecánicas (Sistema RMR), el macizo rocoso no mineralizado que es aprovechado para efectuar rampas, cruceros y galerías de acceso presenta en mayor porcentaje rocas de calidad IV Mala A, seguido de rocas de calidad IV Mala B y en menor porcentaje rocas III Regular B y limitados tramos de roca III Regular A; en cuanto a las zonas de mineralización el macizo rocoso en tajos y subniveles presenta mayormente rocas de calidad de rocas de calidad IV Mala B, seguido de roca V Muy Mala, luego por rocas de calidad IV Mala A y en menor porcentaje zonas de rocas de calidad Regular IIIB. El espaciado de las juntas es mayormente entre 0,02 a 0,20 m, con 4 a 5 familias de discontinuidades, la resistencia de la roca se encuentra entre 30 a 75 Mpa, la alteración es intensa en las cajas y moderado en el mineral, el relleno de fisuras es por calcita, cuarzo, clorita y limpia, las 22 aguas subterráneas es por goteo en las cajas y pequeños flujos en la estructura mineralizada. (Juan Yana, 2014).

En CMHSA se tiene roca de mala calidad, por lo que el presente estudio, involucra conceptos de sostenimiento y su influencia en las variables operacionales.

2.4 Bases teóricas

El desarrollo del presente trabajo considera el análisis de las variables operacionales de *shotcrete* y la sobrerotura en el crucero Cx 2713, nivel Nv 1565 de unidad minera Parcoy de Consorcio Minero Horizonte con la finalidad de reducir costos en sostenimiento.

Durante el desarrollo del presente trabajo, se analiza e interpreta variables asociadas a la dosificación, consumo de *shotcrete* y sobrerotura, cuya influencia directa está asociada al costo de sostenimiento.

2.4.1 Parámetros diseño de *shotcrete*

El estándar operativo de sostenimiento mecanizado definido por el Área de Geomecánica considera la aplicación del *shotcrete* (concreto fibro reforzado) vía húmeda y vía seca, y de instalación de pernos de anclaje con la finalidad de cumplir el programa de avances en la unidad minera.

Las consideraciones técnicas de resistencia de shotcrete como elemento de sostenimiento se resume en la siguiente tabla:

Tabla 3. Consideraciones técnicas de shotcrete

Tiempo	Resistencia a	Resistencia a la flexión tracción (mínimo)	
	compresión vía húmeda (kg/cm ²)	vía húmeda / vía seca (fibra metálica)	(Joules)
3 horas	30	-	-
24 horas	150 ± 30 kg	-	-
03 días	220± 20 kg	-	-
28 días	300± 40 kg	25 kg/m ³ = 800J	25 kg/m ³ = 600 J
		30 kg/m ³ =1000J	35 kg/m ³ = 900 J
		35 kg/m ³ =1100 J	40 kg/m ³ = 1000 J
		40 kg/m ³ =1200 J	50 kg/m ³ = 1100 J

Tomada del Área de Geomecánica

De acuerdo a los estudios realizados por el Área de Geomecánica, considera las diferentes resistencias de acuerdo al tiempo analizado al shotcrete como elemento de sostenimiento en las diferentes labores permanentes y temporales como cámaras, cruceros, *by pass*, rampas, etc., considerando una resistencia mínima de 30 kg/cm² a un tiempo de 3 horas y una resistencia máxima de 300 (+- 40 kg) kg/cm² a 28 días.

La cubicación de la mezcla a lanzarse considerando el espesor (pulgadas) y el rendimiento asociado, se considera lo siguiente:

Tabla 4. Cubicación de mezcla de shotcrete

Cubicación por rendimiento

Espesor	Rendimiento
2 in	1m ³ = 10m ²
3 in	1m ³ = 7m ²

Tomada del Área de Geomecánica

La cantidad de *shotcrete* a usar estará relacionada a condiciones adecuadas en cada labor a sostener siendo estos: frentes completamente desatados, los hastiales limpios y el frente de mineral cubierto con manta. Los diferentes trabajos realizados se visualizan en las siguientes fotografías:



Figura 7. Lanzado de shotcrete, Cx 2713, Nv 1565



Figura 8. Resane de shotcrete, Cx 2713, Nv 1565



Figura 9. Colocado de calibradores, control espesor de shotcrete, Cx 2713, Nv 1565



Figura 10. Cálculo del slump de shotcrete, Cx 2713, Nv 1565

2.4.2 Criterios de dosificación

Las plantas de *shotcrete* deben cumplir con las dosificaciones de los diseños establecidos en peso y el tiempo óptimo de mezclado (6 - 15 minutos) para garantizar la homogeneidad de la mezcla con la finalidad de obtener la consistencia especificada a pie de planta (9 ½ +/- ¼ in.). La consistencia de la mezcla a pie de planta se debe verificar en todos los despachos mediante la prueba de *slump* para generar una data la cual será validada por el supervisor de planta de concreto.

La consistencia de la mezcla de *shotcrete* despachada en las plantas debe garantizar una trabajabilidad de tres horas, considerando que la pérdida de consistencia es de 1 in/hora.

Los operadores de *mixer* y robot deberán realizar la prueba de *slump* antes de iniciar el sostenimiento con *shotcrete*; si el *mixer* demora 1 hora en su traslado después de salir de planta, el operador de *mixer* deberá verificar la consistencia de la mezcla a lanzar. (Consistencia óptima 8 ½ - 7 in.).

En caso la consistencia del *shotcrete* al realizar la prueba de *slump* sea menor a las especificadas, el operador de *mixer* procederá a regular la mezcla con aditivo súper plastificante, con la finalidad de recuperar la trabajabilidad o consistencia de la mezcla (estándar operativo, CMH).

Tabla 5. Regulación del shotcrete
Tabla de regulación del shotcrete

Tipo de mezcla vía	Slump en planta - tiempo - caída del slump	Aditivo regulador - sh6	Mezcla regulada
húmeda	9" - 1 hora - 7"	Dosis de 200 ml/m ³	200 ml/m ³ + 2 l de agua = 1" +/- 0.5
	7" - 2 horas - 5"	Dosis de 400 ml/m ³	400 ml/m ³ + 4 l de agua = 2" +/- 0.5

Tomada del Área de Geomecánica

La presión de aire para el lanzamiento de *shotcrete* debe ser mayor 2.5 bares y mantener un caudal de aire constante durante el lanzamiento de entre 10 a 12 m³/h.

El porcentaje de rebote de *shotcrete* generado durante el lanzamiento deberá ser menor a 5 %.

Posterior a la instalación del concreto fibro reforzado (*shotcrete*) pasadas las tres horas de fragua se realizará la instalación de pernos de anclaje, previa inspección de las condiciones de estabilidad de la excavación y el fraguado del *shotcrete*.

a) Resumen de dosificación de mezcla para concreto armado

La dosificación de *shotcrete* considerando la cantidad de cemento a usar son para 1m³ y en estado seco, el cual se resume en las siguientes tablas:

✓ Dosificación de *shotcrete* – diseño I (DI)

Tabla 6. Resumen de dosificación de shotcrete, diseño 1 - DI

RESUMEN DOSIFICACIONES DE MEZCLA PARA CONCRETO LANZADO							Revisión N° 02		
	DISEÑO DI - PLANTAS PREMEZCLADO - CMH 2022						Fecha de última revisión		
							06/06/2022		
TIPO DE CEMENTO		CEMENTO PACASMAYO TIPO I (Plus)						Fecha de actualización	
								06/06/2022	
TIPO DE CONCRETO	Shotcrete	Shotcrete	Shotcrete	Shotcrete	Convencional	Convencional			
CANTIDAD FIBRA (kg)	25	30	35	40	LOSA/MURO	LOSA/MURO	BOLSA CRETE		
ID DISEÑO OPTIMIZADO	DI-1	DI-2	DI-3	DI-4	DLM	DLM	DBC	Tolerancia %	
MATERIALES	f c=350 kg/cm2 (25kg)	f c=350 kg/cm2 (30kg)	f c=350 kg/cm2 (35kg)	f c=350 kg/cm2 (40kg)	f c=210 kg/cm2	f c=280 kg/cm2			
CEMENTO(kg)	400	400	400	400	280	300	200	± 1.0	
AGUA (Lts)	164	164	164	164	157	162	0	± 3.0	
AGREGADO FINO (Kg)	1,629	1,629	1,629	1,629	1,717	1,687	2,280	± 1.22	
ADIT PLASTF. - SC-100 (Lts)	2.30	2.30	2.30	2.30	2.00	2.10	0.00	± 2.27	
ADIT 2 - ACELERANTE (Lts)	09 a 10	09 a 10	09 a 10	09 a 10	-	-	-		
FIBRA - DRAMIX 3D (kg)	25	30	35	40	-	-	-	± 5	
PUC. Kg/m3	2,256	2,261	2,266	2,271	2,193	2,188	2,480		
DÑO SLUMP (Pulg.)	9 3/4" +/- 1/4	9 3/4" +/- 1/4	9 3/4" +/- 1/4	9 3/4" +/- 1/4	9 3/4" +/- 1/4	9 3/4" +/- 1/4	-		
RELACIÓN A/C	0.41	0.41	0.41	0.41	0.56	0.54	-	± 3.0	
% CEMENTO	17.73%	17.69%	17.66%	17.62%	12.77%	13.71%	8.07%		

Tomada del Área de Geomecánica

Tabla 7. Resumen de dosificación de shotcrete, diseño 1 - DI

Insumos de Shotcrete	Dosificación de Shotcrete / m3	Variación permitida- Geomecánica (%)	Permitido por la NTP para plantas de premezclado	Variación permitida- Geomecánica (kg o lts) / m3	Rango permitido
Cemento (kg)	400	1.00%	< 1.0 %	4 (+/-)kg	396.0 a 404.0 kg
Agua (litros o lt)	164	3.00%	< 5.0 %	5 (+/-)lt	159.1 a 168.9 lt
Agregado fino (kg)	1629	1.22%	< 1.0 %	20 (+/-)kg	1609 a 1649 kg
SC-100 (litros)	2.3	2.27%	< 3.0 %	52 (+/-)ml	2.25 a 2.35 lt
Fibra de acero en encolada (kg)	25	5.00%	< 5.0 %	1 (+/-)kg	24 a 26 kg
	30	5.00%	< 5.0 %	2 (+/-)kg	29 a 32 kg
	35	5.00%	< 5.0 %	2 (+/-)kg	33 a 37 kg
	40	5.00%	< 5.0 %	2 (+/-)kg	38 a 42 kg

Tomada del Área de Geomecánica

El diseño 1 de *shotcrete* para 1 m³ considera para 400 kg de cemento, un total de 164 litros de agua, 1629 kilogramos de agregado fino, aditivo plastificante (SC) con 2.3 litros y fibra de acero de 25 a 40 kilogramos.

✓ Dosificación de shotcrete – diseño II (DII)

Tabla 8. Resumen de dosificación de shotcrete, diseño 2 - DII

RESUMEN DOSIFICACIONES DE MEZCLA PARA CONCRETO LANZADO						Revisión N° 02	
	DISEÑO DII - PLANTAS PREMEZCLADO - CMH 2022					Fecha de última revisión 06/06/2022	
	TIPO DE CEMENTO					Fecha de actualización 06/06/2022	
CEMENTO PACASMAYO TIPO I (Plus)							
TIPO DE CONCRETO	Shotcrete	Shotcrete	Shotcrete	Shotcrete	Shotcrete		
CANTIDAD FIBRA (kg)	25	30	35	40	45		
ID DISEÑO OPTIMIZADO	DII-1	DII-2	DII-3	DII-4	DII-5	Tolerancia %	Tolerancia (unidad) (+/-)
MATERIALES	f c=350 kg/cm2 (25kg)	f c=350 kg/cm2 (30kg)	f c=350 kg/cm2 (35kg)	f c=350 kg/cm2 (40kg)	f c=350 kg/cm2 (45kg)		
CEMENTO(kg)	425	425	425	425	425	± 1.0	4
AGUA (Lts)	166	166	166	166	166	± 3.0	5
AGREGADO FINO (Kg)	1,604	1,604	1,604	1,604	1,604	± 1.22	20
ADIT PLASTIF. - SC-100 (Lts)	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	± 2.27	52.00
ADIT 2 - ACELERANTE (Lts)	09 a 10	09 a 10	09 a 10	09 a 10	09 a 10		
FIBRA - DRAMIX 3D (kg)	25	30	35	40	45	± 5	-
PUC. Kg/m3	2,257	2,262	2,267	2,272	2,277		
DÑO SLUMP (Pulg.)	9 3/4" +/- 1/4	9 3/4" +/- 1/4	9 3/4" +/- 1/4	9 3/4" +/- 1/4	9 3/4" +/- 1/4		
RELACIÓN A/C	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	± 3.0	0.012
% CEMENTO	18.83%	18.79%	18.75%	18.71%	18.66%		

Tomada del Área de Geomecánica

Tabla 9. Resumen de dosificación de shotcrete, diseño 2 - DII

Insumos de Shotcrete	Dosificación de Shotcrete / m ³	Variación permitida- Geomecánica (%)	Permitido por la NTP para plantas de premezclado	Variación permitida- Geomecánica (kg o lts) / m ³	Rango permitido
Cemento (kg)	425	1.00%	< 1.0 %	4 (+/-)kg	420.8 a 429.3 kg
Agua (litros o lt)	166	3.00%	< 5.0 %	5 (+/-)lt	161.0 a 171.0 lt
Agregado fino (kg)	1604	1.22%	< 1.0 %	20 (+/-)kg	1584 a 1624 kg
SC-100 (litros)	2.3	2.27%	< 3.0 %	52 (+/-)ml	2.25 a 2.35 lt
Fibra de acero en encolada (kg)	25	5.00%	< 5.0 %	1 (+/-)kg	24 a 26 kg
	30	5.00%	< 5.0 %	2 (+/-)kg	29 a 32 kg
	35	5.00%	< 5.0 %	2 (+/-)kg	33 a 37 kg
	40	5.00%	< 5.0 %	2 (+/-)kg	38 a 42 kg
	45	5.00%	< 5.0 %	2 (+/-)kg	43 a 47 kg

Tomada del Área de Geomecánica

El diseño 2 de *shotcrete* para 1 m³, considera para 425 kg de cemento, un total de 166 litros de agua, 1604 kilogramos de agregado fino, aditivo plastificante (SC) con 2.3 litros y fibra de acero de 25 a 45 kilogramos.

2.4.3 Criterios de diseño de perforación y voladura en el Cx 2713 – Nv 1565

Para considerar el análisis de las variables operacionales de *shotcrete* y sobrerotura se tomará como referencia el crucero Cx 2713 en el nivel Nv 1565, de la zona centro de la unidad minera.

Los estudios realizados consideran las variables de dosificación en el *shotcrete* como consumo de cemento, *slump* y otros, así mismo, se relacionan a los parámetros de perforación y voladura considerado en el desarrollo del crucero Cx 2713 y nivel Nv 1565. Así mismo, las consideraciones de diseño de malla de perforación y voladura relacionadas a su RMR asociada, definidas como: RMR de 21 a 30 y RMR de 31 a 41.

a) Crucero Cx 2713 – RMR 21 a 30

El desarrollo del crucero CX 2713, considera secciones de 3.5 x 3.5 metros, y longitudes de perforación de 12 pies, relacionados con un RMR de 21 a 30, se describe a continuación los siguientes parámetros de perforación y voladura:

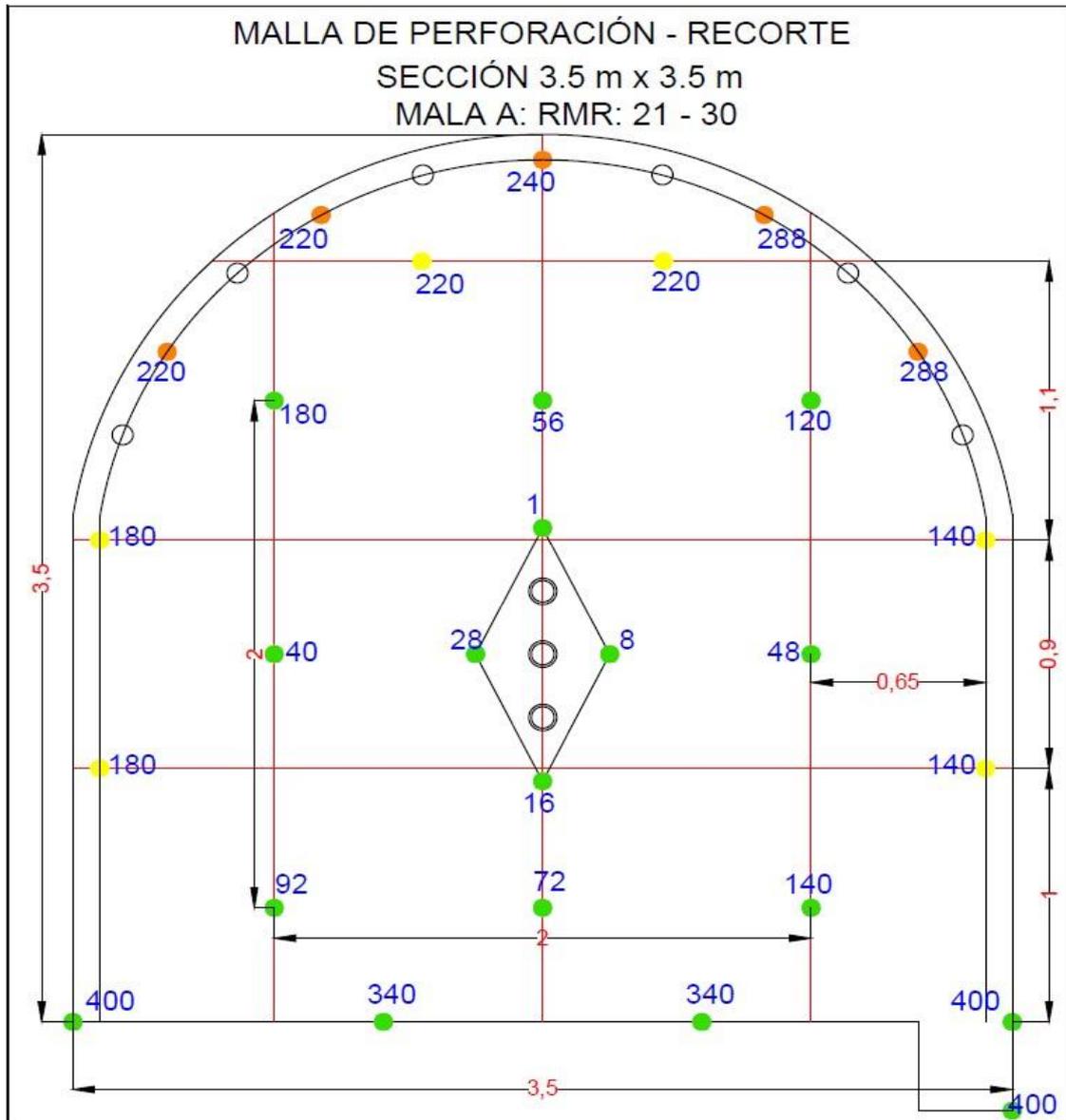


Figura 11. Malla de perforación, Cx 2713, Nv 1565, RMR 21 - 30
Tomada del Área de Perforación y Voladura

La longitud de perforación considerada es de 12 pies, con una eficiencia del 92%, con un total de 38 taladros, con 28 taladros cargados, 4 taladros rimados y 6 taladros de recorte.

La sección considerada es de 3.5 x 3.5 metros, un avance programado de 3.0 metros, con una eficiencia de voladura del 91%, con un volumen roto de 33.1 m³, con 92.7 toneladas.



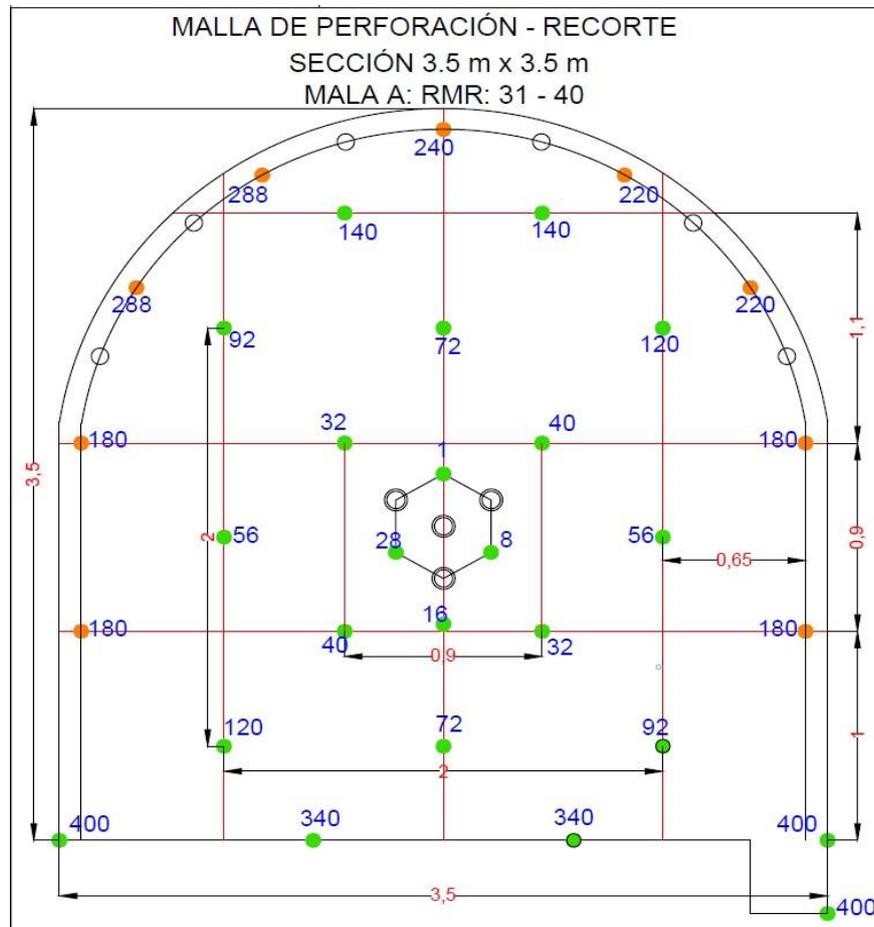
Distribución	N° Taladro	Long. De Carga	Taco	Cartucho por Taladro				EMULNOR 3000 (Kg)	EMULNOR 1000 (Kg)	EMULNOR 500 (Kg)	Famecorte (Kg)	Total (Kg)
				EMULNOR 3000 (Cart)	EMULNOR 1000 (Cart)	EMULNOR 500 (Cart)	Famecorte (Cart)					
Arranque	4	2.50	0.8	1	8			0.9	6.9			7.8
1 Ayuda	4	2.50	0.8	1	8			0.9	6.9			7.8
2 Ayuda	4	2.50	0.8	1	8			0.9	6.9			7.8
Ayuda Corona	2	2.10	1.2	1		6		0.4		1.9		2.4
Hastiales	4	2.10	1.2	1		6		0.9		3.9		4.8
Corona	5	2.80	0.5	1			5	1.1			3.5	4.5
Piso	5	2.30	1.0	1	7			1.1	7.6			8.7
Total Taladros	28	Totales		28	131	36	25					43.7

**Figura 12. Distribución de carga, Cx 2713, Nv 1565, RMR 21 - 30
Tomada del Área de Perforación y Voladura**

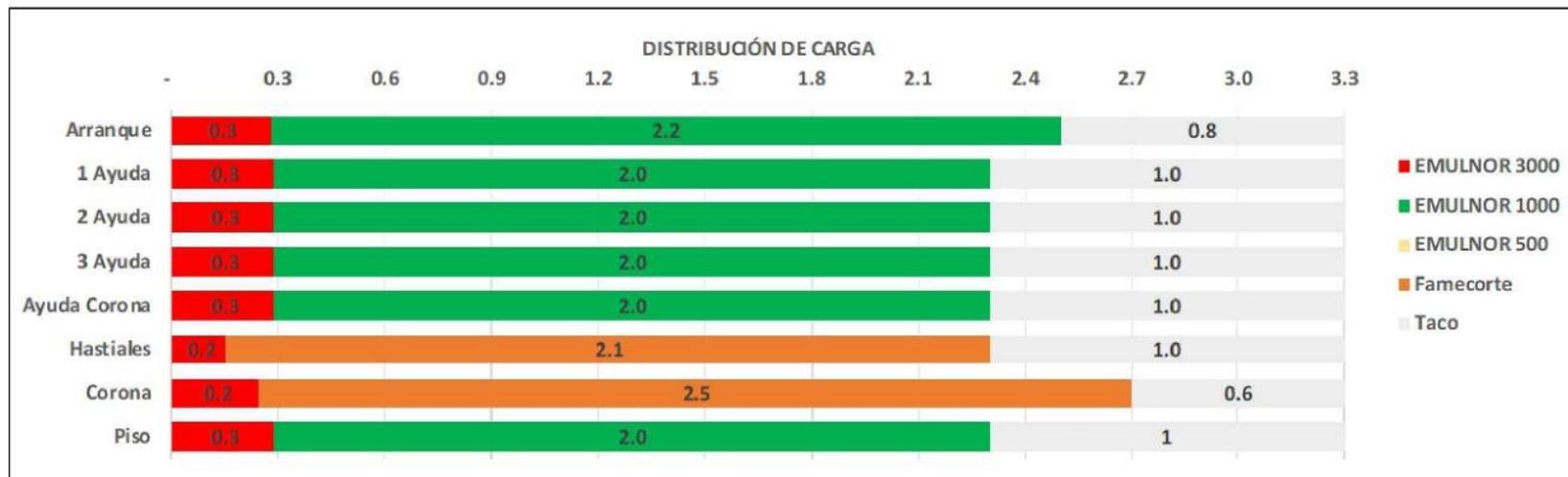
Los explosivos a utilizar son: emulnor 3000 (1 1/8 x 12") con 28 cartuchos, emulnor 1000 (1 1/8 x 12") con 131 cartuchos, emulnor 500 (1 1/8 x 12") con 36 cartuchos, famecorte con 25 cartuchos, total de explosivo con 43.7 kilogramos, cordón detonante 20 metros, mecha rápida con 0.1 metros y carmex con 2 unidades. El factor de carga considerada es de 14.6 kg/m y un factor de potencia de 0.47 kg/t.

b) Crucero Cx 2713 – RMR 31 a 41

El desarrollo del crucero CX 2713, considera secciones de 3.5 x 3.5 metros, y longitudes de perforación de 12 pies, relacionados con un RMR de 31 a 41, se describe a continuación los siguientes parámetros de perforación y voladura:



**Figura 13. Malla de perforación, Cx 2713, Nv 1565, RMR 31 - 40
 Tomada del Área de Perforación y Voladura**



Distribución	N° Taladro	Long. De Carga	Taco	Cartucho por Taladro 1 1/8 x 12								Total (Kg)
				EMULNOR 3000 (Cart)	EMULNOR 1000 (Cart)	EMULNOR 500 (Cart)	Famecorte (Cart)	EMULNOR 3000 (Kg)	EMULNOR 1000 (Kg)	EMULNOR 500 (Kg)	Famecorte (Kg)	
Arranque	4	2.50	0.8	1	8			0.9	6.9			7.8
1 Ayuda	4	2.30	1.0	1	7			0.9	6.0			6.9
2 Ayuda	4	2.30	1.0	1	7			0.9	6.0			6.9
3 Ayuda	4	2.30	1.0	1	7			0.9	6.0			6.9
Ayuda Corona	2	2.30	1.0	1	7			0.4	3.0			3.5
Hastiales	4	2.30	1.0	1			7	0.9			3.9	4.7
Corona	5	2.70	0.6	1			5	1.1			3.5	4.5
Piso	5	2.30	1	1	7			1.1	7.6			8.7
Total Taladros	32	Totales		32	165	0	53					50.0

**Figura 14. Distribución de carga, Cx 2713, Nv 1565, RMR 31 - 40
Tomada del Área de Perforación y Voladura**

La longitud de perforación considerada es de 12 pies, con una eficiencia del 92 %, con un total de 42 taladros, con 32 taladros cargados, 4 taladros rimados y 6 taladros de recorte.

La sección considerada es de 3.5 x 3.5 metros, un avance programado de 3.0 metros, con una eficiencia de voladura del 91 %, con un volumen roto de 33.1 m³, con 92.7 toneladas.

Los explosivos a utilizar son: emulnor 3000 (1 1/8 x 12") con 32 cartuchos, emulnor 1000 (1 1/8 x 12") con 165 cartuchos, emulnor 500 (1 1/8 x 12") con 0 cartuchos, famecorte con 53 cartuchos, total de explosivo con 50 kg, cordón detonante 20 metros, mecha rápida con 0.1 metros y carmex con 2 unidades. El factor de carga considerada es de 16.6 kg/m y un factor de potencia de 0.54 kg/t.

2.4.4 Recomendaciones geomecánicas – *shotcrete*

Uno de los objetivos del desarrollo del presente trabajo es analizar las variables operacionales para el sostenimiento del crucero Cx 2713, en el nivel Nv 1565 zona centro, mediante la aplicación del *shotcrete* (concreto fibro reforzado) vía húmeda y vía seca, con la instalación de pernos de anclaje y poder continuar con el cumplimiento de los programas de avance.

Así mismo, al establecer controles que permitan la continuidad de las operaciones, producto de una buena supervisión y recomendaciones asociadas al sostenimiento con *shotcrete* es identificar *in situ* y dar solución a los diferentes inconvenientes asociados a este proceso de sostenimiento, siendo algunos de ellos:

- ✓ Realizar un minucioso desate de las rocas sueltas post voladura, eliminando cuñas y bloques en los hastiales y corona, considerando su limpieza completa de piso a piso antes de realizar el sostenimiento con *shotcrete*.
- ✓ El sostenimiento debe de ser al tope, de acuerdo a los criterios de supervisión del área de geomecánica, el cual validará las condiciones previas al sostenimiento.

- ✓ Así mismo, el tiempo de fraguado de *shotcrete* (vía húmeda y vía seca), después del lanzado, deberá cumplir de acuerdo a los estándares definidos para realizar el empernado y/o otra actividad, considerando el tiempo de curado, manteniéndose húmedo durante 7 días.

MINERO HORIZONTE		RECOMENDACIÓN GEOMECÁNICA				U. MINERA: ACUMULACIÓN PARCOY N° 1																			
				CÓDIGO : F-08-E001		SECCIÓN : GEOMECÁNICA																			
				VERSIÓN : 06																					
NIVEL	1565	CONTRATA	Corumayo		SUPERVISOR GEOMECANICA																				
LABOR	Cx 2713	ZONA	Bajo		TIEMPO DE AUTOSOORTE																				
FECHA/HORA	PROGRESIVA DE (m) A (m)	TIPO DE ROCA	A (m)	H (m)	L (m)	Shotcrete (m ²)	RMR v	RMR s	OBSERVACIÓN																
13/03	601105	Mala A/B	6.1	6.1	30	2"	35	28	Est. Sacaba DPH																
1																									
1																									
TIPO DE SOSTENIMIENTO			VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKY RMR '89)																						
<input type="checkbox"/> Espesor del Shotcrete: 2" <input type="checkbox"/> Fibra Metálica (Kg/m ³): 35 D2 <input type="checkbox"/> Tipo de Anclaje: Swellex <input type="checkbox"/> Longitud: 10 <input type="checkbox"/> Espaciamiento: 1.2x1.2 <input type="checkbox"/> Malla Electrosoldada: Espaciamiento <input type="checkbox"/> Cimbra Metálica: Espaciamiento <input type="checkbox"/> Cuadro de Madera: Espaciamiento <input type="checkbox"/> Cuadro Metálicos (m): Espaciamiento			<p>Diagrama de un arco de sostenimiento con anotaciones de espesores y tipos de anclaje. Se indica un espesor de 2" y un tipo de anclaje Swellex. Se muestran también las dimensiones de los anclajes (1.2x1.2).</p>																						
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>TIPO DE ROCA</th> <th>Muy Buena (I)</th> <th>Buena (II)</th> <th>Regular A (III-A)</th> <th>Regular B (III-B)</th> <th>Mala A (IV-A)</th> <th>Mala B (IV-B)</th> <th>Muy Mala (V)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RMR</td> <td>81-100</td> <td>61-80</td> <td>41-60</td> <td>41-50</td> <td>21-40</td> <td>11-30</td> <td>0-20</td> </tr> </tbody> </table>							TIPO DE ROCA	Muy Buena (I)	Buena (II)	Regular A (III-A)	Regular B (III-B)	Mala A (IV-A)	Mala B (IV-B)	Muy Mala (V)	RMR	81-100	61-80	41-60	41-50	21-40	11-30	0-20
TIPO DE ROCA	Muy Buena (I)	Buena (II)	Regular A (III-A)	Regular B (III-B)	Mala A (IV-A)	Mala B (IV-B)	Muy Mala (V)																		
RMR	81-100	61-80	41-60	41-50	21-40	11-30	0-20																		
RECOMENDACIÓN GEOMECÁNICA:																									
<ol style="list-style-type: none"> Se debe realizar un minucioso desate de rocas sueltas, eliminar cuñas y/o bloques en hastiales y corona (cumplir el PETS de desate de rocas); así mismo realizar la limpieza completa de los hastiales antes de realizar el sostenimiento con Shotcrete de piso a piso de la labor. El sostenimiento debe ser al tope según la recomendación de la supervisión de Geomecánica, los responsables de la ejecución deben validar las condiciones previas al proceso de sostenimiento, de presentarse problemas de estabilidad durante el proceso se comunicará al Área de Geomecánica. El tiempo de fraguado del Shotcrete (Vía Húmeda y vía Seca): Después del lanzado se deberá cumplir según estándar para realizar el empernado y/o cualquier otra actividad o posterior voladura (antes de ingresar se debe validar las condiciones de la excavación, si el Shotcrete no ha fraguado no ingresar), y el tiempo de curado: se debe mantener húmedo mínimo 7 días (Estándar EO-01 A Sostenimiento Mecanizado). 																									
<ol style="list-style-type: none"> 1. Ralajar el frente mínimo de rocas 2. Bono de explotación de sección a 6.0x6.0 para diamantina 3. Sostenimiento con shotcrete a piso a piso 4. Espacido de piso a 1.2x1.2 de 10pa. 																									
SUPERVISOR DE GEOMECÁNICA CMH		SUPERVISOR DE MINA E.E		SUPERVISOR DE SEGURIDAD E.E		SUPERVISOR DE SOSTENIMIENTO E.E																			
DNI: 93809763		DNI:		DNI:		DNI:																			
O. Salgado 13 03 23		/ /		/ /		/ /																			
/ /		/ /		/ /		/ /																			
/ /		/ /		/ /		/ /																			

Figura 15. Recomendación geomecánica - 1, Cx 2713 Tomada del Área de Geomecánica

MINERO HORIZONTE		RECOMENDACIÓN GEOMECÁNICA							U. MINERA: ACUMULACIÓN PARCOY N° 1	
									CÓDIGO : F-08-E001	
									SECCIÓN : GEOMECÁNICA	
									VERSIÓN : 06	
NIVEL	1565	CONTRATA	Cormayo				SUPERVISOR GEOMECANICA	O Salcedo		
LABOR	Cx 2713	ZONA	Bajo				TIEMPO DE AUTOSOORTE	± 4-6 Hr		
FECHA/HORA	PROGRESIVA DE (m)	A (m)	TIPO DE ROCA	A (m)	H (m)	L (m)	Shotcrete (m ³)	RMR v	RMR s	OBSERVACIÓN
03/05/23	4CF20		Mala A	3.7	3.6	28	2 ^u	35	30	Control de sección
1										
1										
TIPO DE SOSTENIMIENTO			VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKY RMR '89)							
<input type="checkbox"/>	Esesor del Shotcrete	2 ^u								
<input type="checkbox"/>	Fibra Metálica (Kg/m ³)	30 D1								
<input type="checkbox"/>	Tipo de Anclaje	Suello								
<input type="checkbox"/>	Longitud	7								
<input type="checkbox"/>	Espaciamiento	1.2 x 1.2								
<input type="checkbox"/>	Malla Electrosoldada	Espaciamiento								
<input type="checkbox"/>	Cimbra Metálica	Espaciamiento								
<input type="checkbox"/>	Cuadro de Madera	Espaciamiento								
<input type="checkbox"/>	Cuadro Metálicos (m)	Espaciamiento								
			RMR	81-100	61-80	51-60	41-50	31-40	21-30	0-20
RECOMENDACIÓN GEOMECÁNICA:										
<ol style="list-style-type: none"> Se debe realizar un minucioso desate de rocas sueltas, eliminar cuñas y/o bloques en hastiales y corona (cumplir el PETS de desate de rocas); así mismo realizar la limpieza completa de los hastiales antes de realizar el sostenimiento con Shotcrete de piso a piso de la labor. El sostenimiento debe ser al tope según la recomendación de la supervisión de Geomecánica, los responsables de la ejecución deben validar las condiciones previas al proceso de sostenimiento, de presentarse problemas de estabilidad durante el proceso se comunicará al Área de Geomecánica. El tiempo de fraguado del Shotcrete (Vía Húmeda y vía Seca): Después del lanzado se deberá cumplir según estándar para realizar el empernado y/o cualquier otra actividad o posterior voladura (antes de ingresar se debe validar las condiciones de la excavación, si el Shotcrete no ha fraguado no ingresar), y el tiempo de curado: se debe mantener húmedo mínimo 7 días (Estándar EO-01A Sostenimiento Mecanizado). 										
<ol style="list-style-type: none"> Desate constante de rocas Control de coladura Rantoneo adecuado de piso a piso para lanzado el Shotcrete hasta piso 										
SUPERVISOR DE GEOMECÁNICA CMH			SUPERVISOR DE MINA E.E			SUPERVISOR DE SEGURIDAD E.E			SUPERVISOR DE SOSTENIMIENTO E.E	
DNI: 43509762			DNI:			DNI:			DNI:	
O Salcedo 03/05/23			/ /			/ /			/ /	
/ /			/ /			/ /			/ /	
/ /			/ /			/ /			/ /	

Figura 16. Recomendación geomecánica - 2, Cx 2713
Tomada del Área de Geomecánica

MINERO HORIZONTE		RECOMENDACIÓN GEOMECÁNICA						U. MINERA: ACUMULACIÓN PARCOY N° 1		
								CÓDIGO : F-08-E001		
								SECCIÓN : GEOMECÁNICA		
								VERSIÓN : 06		
NIVEL	1565	CONTRATA	Cormayo			SUPERVISOR GEOMECANICA				O. Salgado
LABOR	Cx2713	ZONA	Bajo			TIEMPO DE AUTOSOPORTE				≤ 2-4Hv
FECHA/HORA	PROGRESIVA DE (m)	A (m)	TIPO DE ROCA	A (m)	H (m)	L (m)	Shotcrete (m ³)	RMR v	RMR s	OBSERVACIÓN
22/04	20	22	Mala B	4.1	38	2.0	2'4"	30	20	Torreno inestable
1										
1										
TIPO DE SOSTENIMIENTO			VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKY RMR '89)							
<input type="checkbox"/>	Espesor del Shotcrete	2'4"	<p>Diagrama de un sostenimiento de túnel con anclajes y malla. Se muestran anclajes de 1.5m, 1.5m, 1.5m, 1.5m, 1.5m, 1.5m, 1.5m, 1.5m, 1.5m, 1.5m. Se indica un espesor de shotcrete de 2'4", una malla de 3x3, y un mallo de 3'x3'. Se muestran también anclajes de 1.5m y 1.5m.</p>							
<input type="checkbox"/>	Fibra Metálica (Kg/m ³)	35 D2								
<input type="checkbox"/>	Tipo de Anclaje	sueltos								
<input type="checkbox"/>	Longitud	7								
<input type="checkbox"/>	Espaciamiento	10x1.0								
<input type="checkbox"/>	Malla Electrosoldada	Malla 3x3								
<input type="checkbox"/>	Cimbra Metálica	Espaciamiento								
<input type="checkbox"/>	Cuadro de Madera	Espaciamiento								
<input type="checkbox"/>	Cuadro Metálicos (m)	Espaciamiento								
			RMR	81-100	61-80	51-60	41-50	31-40	21-30	0-20
RECOMENDACIÓN GEOMECÁNICA:										
<ol style="list-style-type: none"> Se debe realizar un minucioso desate de rocas sueltas, eliminar cuñas y/o bloques en hastiales y corona (cumplir el PETS de desate de rocas); así mismo realizar la limpieza completa de los hastiales antes de realizar el sostenimiento con Shotcrete de piso a piso de la labor. El sostenimiento debe ser al tope según la recomendación de la supervisión de Geomecánica, los responsables de la ejecución deben validar las condiciones previas al proceso de sostenimiento, de presentarse problemas de estabilidad durante el proceso se comunicará al Área de Geomecánica. El tiempo de fraguado del Shotcrete (Vía Húmeda y vía Seca): Después del lanzado se deberá cumplir según estándar para realizar el empernado y/o cualquier otra actividad o posterior voladura (antes de ingresar se debe validar las condiciones de la excavación, si el Shotcrete no ha fraguado no ingresar), y el tiempo de curado: se debe mantener húmedo mínimo 7 días (Estándar E0-01A Sostenimiento Mecanizado). 										
<ol style="list-style-type: none"> Control de voladura 4 P/S Torreno inestable Sostenimiento inmediato Realizar un buen fijado de malla para pisado con sh2° s/f 										
SUPERVISOR DE GEOMECÁNICA CMH			SUPERVISOR DE MINA E.E			SUPERVISOR DE SEGURIDAD E.E			SUPERVISOR DE SOSTENIMIENTO E.E	
DNI: 43809163			DNI:			DNI:			DNI:	
O. Salgado 22/04/23			/ /			/ /			/ /	
/ /			/ /			/ /			/ /	
/ /			/ /			/ /			/ /	

Figura 17. Recomendación geomecánica - 3, Cx 2713
Tomada del Área de Geomecánica

MINERO HORIZONTE		RECOMENDACIÓN GEOMECÁNICA				U. MINERA: ACUMULACIÓN PARCOY N° 1				
						CÓDIGO : F-08-E001				
						SECCIÓN : GEOMECÁNICA				
						VERSIÓN : 06				
NIVEL	1565	CONTRATA	Cominayo			SUPERVISOR GEOMECANICA				O. Salgado
LABOR	Cx 2713	ZONA	Bajo			TIEMPO DE AUTOSOORTE				< 2.4H
FECHA/HORA	PROGRESIVA		TIPO DE ROCA	A (m)	H (m)	L (m)	Shotcrete (m³)	RMR v	RMR s	OBSERVACIÓN
	DE (m)	A (m)								
06/04	01	7.5	Molca B	3.8	3.9	2.5	212	30	20	Terrano inestable
1										
1										
TIPO DE SOSTENIMIENTO			VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKY RMR '89)							
<input type="checkbox"/>	Esesor del Shotcrete	2"x2"								
<input type="checkbox"/>	Fibra Metálica (Kg/m3)	30 0								
<input type="checkbox"/>	Tipo de Anclaje	Swellex								
<input type="checkbox"/>	Longitud	7								
<input type="checkbox"/>	Espaciamiento	1.0 x 1.0								
<input type="checkbox"/>	Malla Electrosoldada	3" x 3								
<input type="checkbox"/>	Cimbra Metálica	Espaciamiento								
<input type="checkbox"/>	Cuadro de Madera	Espaciamiento								
<input type="checkbox"/>	Cuadro Metálicos (m)	Espaciamiento								
			RMR	81-100	61-80	51-60	41-50	31-40	21-30	0-20
RECOMENDACIÓN GEOMECÁNICA:										
<p>1. Se debe realizar un minucioso desate de rocas sueltas, eliminar cuñas y/o bloques en hastiales y corona (cumplir el PETS de desate de rocas); así mismo realizar la limpieza completa de los hastiales antes de realizar el sostenimiento con Shotcrete de piso a piso de la labor.</p> <p>2. El sostenimiento debe ser al tope según la recomendación de la supervisión de Geomecánica, los responsables de la ejecución deben validar las condiciones previas al proceso de sostenimiento, de presentarse problemas de estabilidad durante el proceso se comunicará al Área de Geomecánica.</p> <p>3. El tiempo de fraguado del Shotcrete (Vía Húmeda y vía Seca): Después del lanzado se deberá cumplir según estándar para realizar el empernado y/o cualquier otra actividad o posterior voladura (antes de ingresar se debe validar las condiciones de la excavación, si el Shotcrete no ha fraguado no ingresar), y el tiempo de curado: se debe mantener húmedo mínimo 7 días (Estándar EO-01A Sostenimiento Mecanizado).</p>										
<p>1. Terrano inestable sostenimiento inmediato</p> <p>2. Desate constante de rocas</p> <p>3. Sostenimiento estructural malla bien fijada para su topado con shotcrete sin fibra</p>										
SUPERVISOR DE GEOMECÁNICA CMH			SUPERVISOR DE MINA E.E			SUPERVISOR DE SEGURIDAD E.E			SUPERVISOR DE SOSTENIMIENTO E.E	
DNI: 43809763			DNI:			DNI:			DNI:	
O. Salgado 06/04/23			/ /			/ /			/ /	
/ /			/ /			/ /			/ /	
/ /			/ /			/ /			/ /	

Figura 18. Recomendación geomecánica - 4, Cx 2713
Tomada del Área de Geomecánica

2.4.5 Consideraciones económicas de *shotcrete*

El desarrollo del presente trabajo de investigación involucra el análisis económico del costo unitario de *shotcrete*, considerando mano de obra, materiales y equipo, con un costo unitario de 7.79 \$/m³, 163.3 \$/m³ y de 12.80 \$/m³. El costo unitario total del *shotcrete* es de 183.89 \$/m³.

ANALISIS DEL COSTO DE PREPARACION DE SHOTCRETE					
US \$/M3					
PRODUCCION MENSUAL PLANTA	3,333	M3/Mes	PRODUCC./GDIA	27.78	M3/Gdia
HORAS TRABAJADAS/ GUARDIA	8	Hr/Gdia			
COSTO DIRECTO					
					US\$/M3
MANO DE OBRA					
	Operador de planta	79.53			2.86
	Ayudante1 + Ayudante2	136.72			4.92
					7.79
MATERIALES					
	Cemento Portland 1	kg	400	0.18	72
	Arena gradacion 2	kg	1610		0
	Fibra Metalica 65/35	kg	20	1.5	30
	Aditivo Super Plastificante	lt	5	2.9	14.5
	Aditivo Acelerante de Fragua	lt	26	1.8	46.8
	Agua	lt	185		0
					163.3
EQUIPO					
	Planta de concreto	2,000,000	US\$		
	Vida util Planta	45,000	Hr		
	Produccion gdia	27.78	M3/Gdia		
	Produccion total	156,234	m3		12.80
	Vida util Planta	3.9	años		
TOTAL DE COSTO DIRECTO /M3				US\$/M3	183.89

**Figura 19. Costo de preparación de shotcrete
Tomada del Área de Geomecánica**

El costo de propiedad del Mixer es de 19.76 \$/m³ y el costo de operación es de 50.60 \$/m³, siendo el total de 84.42 \$/m³.

Tabla 10. Costo de mixer

ANÁLISIS DE COSTO MIXER					
US \$/M3					
MARCA:	MIXER				
MODELO:					
TIPO:	DIESEL				
Sección I: COSTOS DE ADQUISICIÓN Y AJUSTES					
Precio de Lista Ex-fábrica (Precio FOB)					\$ 200,000 US\$
Embarque, Flete, Seguro, Otros Honorarios		3%	del FOB		6,000 US\$
Precio CIF Callao					206,000 US\$
Derechos de Aduana, Impuestos		38%	del FOB		76,000 US\$
Precio de Entrega Almacén Distribuidor Lima (sin IGV).					282,000 US\$
Costo de Neumáticos	\$ 800	US\$/unid.	4	Unids.	3,200 US\$
VALOR NETO PARA DEPRECIACION					278,800 US\$
Sección II: COSTOS DE PROPIEDAD					
					US\$/HM
Horas Netas de Operación / Año					
Horas / Día	12				
Días / Semana	14				
Semanas / Año	52				
Horas / Año	8,736				
Años de Depreciación Equipo			6000	hr	
Vida Util Estimada (Tabla 2)	18,000	m3			
	2.06	años			
Costo de Inversión Horaria					4.27
AAI =	74.27%				
II & T =	18.00%				
Costo de Depreciación Horaria					15.49
COSTO TOTAL DE PROPIEDAD					19.76
Sección III: COSTOS DE OPERACIÓN					
Transporte					2.32
Valor de entrega	3	m3/hr			
Costo neumático	15%				0.73
Factor de operación	30%				
Vida útil (Hrs)	2000	hr.			
Reencauche/reparación de llanta					
Juego de llantas = Costo Reencauche	1600.00		50%		
Vida útil = Vida adicional por reencauche	1500		75%		
Costo de Aceite Hidráulico	0.02	glns/hr			0.37
	20.41	US\$/Gal.			
Costo combustible					
Costo combustible	4.10	US\$/Gal.			24.60
Petroleo D-2	6.00	glns/hr			
Mant. Preventivo (incluye Lubricantes, Filtros, M. de O.)					8.61
	35%	del item (Costo de Combustible)			
Costo de Reparaciones, basado sobre un % del Precio de Entrega					5.42
Factor de Reparación	35%	Precio de Entrega de equipo en Lima			
Costo de Mano de Obra (Operador)					
Salario Básico	68.36	US\$ / gdia.			8.55
COSTO TOTAL DE OPERACION					50.60
COSTO DIRECTO TOTAL (PROPIEDAD + OPERACIÓN)					70.35
COSTO DIRECTO SIN E.E., OPERADOR, NI COMBUSTIBLE					37.21
COSTO DIRECTO EQUIPO SECO (PROPIEDAD)					19.76
GASTOS GENERALES	10.00%				7.04
UTILIDAD	10.00%				7.04
COSTO TOTAL (Directo + Indirecto)					84.42

Tomada del Área de Geomecánica

Asimismo, el costo de propiedad del robot lanzador es de 20 \$/m³ y el costo de operación es de 57.91 \$/m³, siendo el total de 93.49 \$/m³.

Tabla 11. Costo de robot lanzador
ANÁLISIS DE COSTO DE ROBOT LANZADOR

US \$/M3

MARCA:	ALPHA
MODELO:	20
TIPO:	ELECTROHIDRAULICO

Sección I: COSTOS DE ADQUISICIÓN Y AJUSTES					
Precio de Lista Ex-fábrica (Precio FOB)					\$ 250,000 US\$
Embarque, Flete, Seguro, Otros Honorarios	3%	del FOB			7,500 US\$
Precio CIF Callao					257,500 US\$
Derechos de Aduana, Impuestos	38%	del FOB			95,000 US\$
Precio de Entrega Almacén Distribuidor Lima (sin IGV).					352,500 US\$
Costo de Neumáticos	\$ 1,000	US\$/unid.	4	Unids.	4,000 US\$
VALOR NETO PARA DEPRECIACION					348,500 US\$

Sección II: COSTOS DE PROPIEDAD					US\$/M3
Produccion M3 / Año					
Produc/Guardia	4.56	m3/Gdia			
Días / Semana	14				
Semanas / Año	52				
m3/año	3,320	6000		hr	
Años de Depreciación Equipo					
Vida Util Estimada (Tabla 2)	36,000	m3			
	10.84	años			
Costo de Inversión Horaria					10.32
AAI =	54.61%				
II & T =	18.00%				
Costo de Depreciación m3					9.68
COSTO TOTAL DE PROPIEDAD					20.00

Sección III: COSTOS DE OPERACIÓN					
Tiempo de lanzado de shotcrete		6	m3/hr		
Costo de Energía Eléctrica					4.46
KW del Motor	55	Kw.			
Eficiencia Operativa	70%				
Costo de Energía eléctrica	0.066	US\$/Kw-hr.			
Costo de Aceite Hidráulico	0.30	glns/m3			3.60
	12.00	US\$/Gal.			
Costo del Cable de Operación + 15% de Reparación					4.73
Diametro del Cable		pulg			
Longitud del cable	75	m			
Costo Unitario	50	US\$/m			
Vida útil	1,600	hr			
Mant. Preventivo (incluye Lubricantes, Filtros, M. de O.)					1.26
	35%	del item 14 (Costo de Combustible)			
Costo de Reparaciones, basado sobre un % del Precio de Entrega					6.85
Factor de Reparación	70%	Precio de Entrega de equipo en Lima			
Costo de Neumáticos					4.86
Factor de operación		30%			
Vida Util sin Recapado	2,000	Horas			
Reencauche/reparacion de llanta					
Juego de llantas = Costo Reencauche	2,000	50%			
Vida util = Vida adicional por reencauche	1,000	50%			
Costo de Mano de Obra (Operador + Ayudante)					
Salario Básico	146.56	US\$ / gdia.			32.14
COSTO TOTAL DE OPERACION					57.91

COSTO DIRECTO TOTAL (PROPIEDAD + OPERACIÓN)		77.91
COSTO DIRECTO SIN ENERGIA ELECTRICA (E.E.)		73.45
COSTO DIRECTO EQUIPO SECO (PROPIEDAD)		20.00
GASTOS GENERALES	10.00%	7.79
UTILIDAD	10.00%	7.79
COSTO TOTAL (Directo + Indirecto)		93.49

Tomada del Área de Geomecánica

El costo de instalación de *shotcrete*, considerando: el costo de lanzado de *shotcrete*, el costo de transporte de planta a labor (equipo mixer) y el costo de preparación, considera un costo unitario total de 361.80 \$/m³.

Tabla 12. Costo total de instalación de shotcrete

COSTO DE INSTALACIÓN DE SHOTCRETE	
US \$/M3	
COSTO DE LANZADO DE SHOTCRETE	183.89
COSTO TRANSPORTE DE SHOTCRETE PLANTA - LABOR - EQ. MIXER	84.42
COSTO PREPARACION DE SHOTCRETE - ROBOT LANZADOR	93.49
COSTO TOTAL (US \$/M3)	361.80

Tomada del Área de Geomecánica

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Método y alcances de la investigación

3.1.1 Método de la investigación

El análisis del trabajo desarrollado presenta una investigación aplicada, de un nivel explicativo, donde se expondrá las variables operacionales de *shotcrete* y sobrerotura en el cruce Cx 2713, nivel Nv 1565, zona centro para reducir los costos de sostenimiento en Consorcio Minero Horizonte.

a) Método general

La investigación aplica el método inductivo y deductivo, donde se analizan las variables de *shotcrete*, sobrerotura y su influencia en la reducción de costos de sostenimiento.

b) Métodos específicos

Los parámetros a ser analizados, está relacionado a la dosificación asociada al *shotcrete*, considerando los siguientes ítems:

- ✓ Recopilación de informes previos. Se analiza la información asociada a la dosificación del *shotcrete*, considerando como parámetro principal el consumo de cemento, aditivo, etc., en Consorcio Minero Horizonte.

- ✓ Trabajo de campo. Se realizó el trabajo de campo, considerando el uso del *shotcrete*, en el avance del crucero Cx 2713, nivel Nv 1565, durante la ejecución del presente trabajo.
- ✓ Trabajo de gabinete: Los resultados obtenidos analizan la sobrerotura y dosificación de *shotcrete*, con su implicancia en la reducción de costos de sostenimiento.
- ✓ Resultados. Se relaciona el uso del *shotcrete* con la sobrerotura y los costos asociados, a la dosificación como el consumo de cemento.

3.1.2 Alcances de la investigación

El trabajo de investigación es aplicado, donde se analiza el consumo de cemento, arena, aditivo y fibra, asociada a la dosificación de *shotcrete* y su influencia en los costos de sostenimiento.

3.2 Diseño de la investigación

El trabajo es del tipo descriptivo, donde analizamos e interpretamos los resultados obtenidos, para validar la hipótesis planteada, en el uso del *shotcrete* del crucero Cx 2713, Nv 1565.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

Asociado principalmente a Consorcio Minero Horizonte.

3.3.2 Muestra

Representa al crucero Cx 2713, en el nivel Nv 1565, de la zona centro de Consorcio Minero Horizonte.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos

- ✓ Observación presencial en el crucero CX 2713, Nv 1565.

- ✓ Observación de variables de *shotcrete*
- ✓ Observación del consumo de cemento
- ✓ Observación de la dosificación del *shotcrete*

3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos

- ✓ Tablas de registro de uso de *shotcrete*
- ✓ Ficha de información de *shotcrete* (área de geomecánica).
- ✓ Uso de hoja de cálculo
- ✓ Bibliografía relacionada al uso del *shotcrete*
- ✓ Uso de información de internet, etc.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

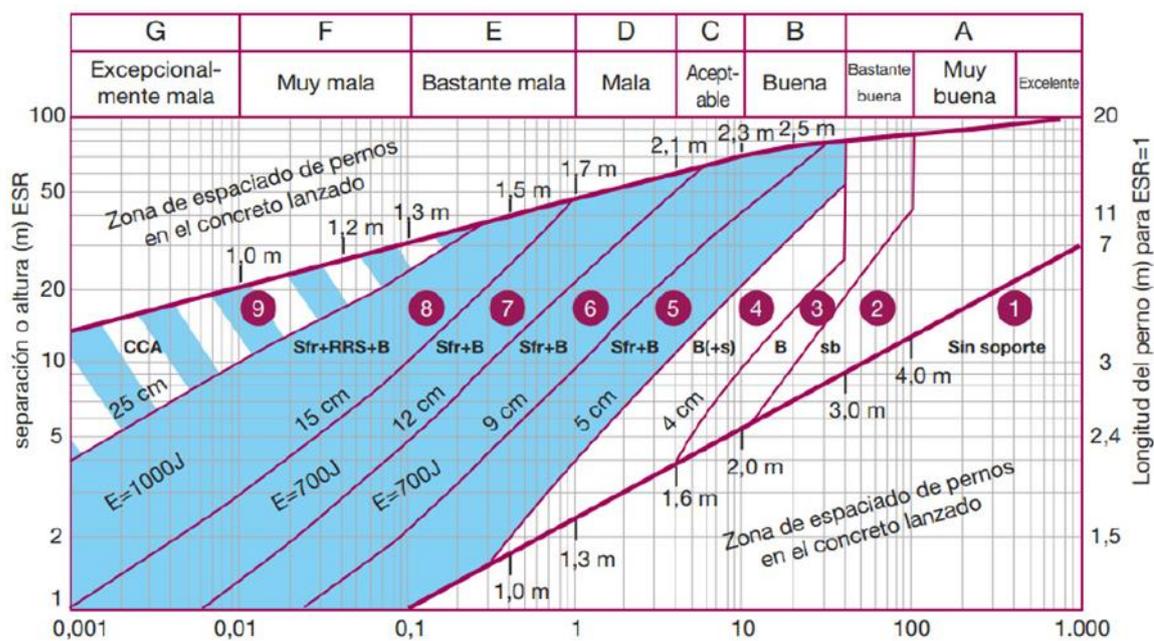
El análisis de las variables operacionales de *shotcrete* y sobrerotura en el crucero Cx 2713, nivel Nv 1565 de la zona centro permitirá entender el comportamiento en la dosificación de *shotcrete* mediante su mayor consumo, producto de la sobrerotura generada durante el desarrollo del crucero analizado en Consorcio Minero Horizonte.

4.1 Parámetros iniciales de operación

Las condiciones del macizo rocoso están asociadas a una granodiorita muy fracturada y con circulación de agua subterránea por las discontinuidades, generan una baja calidad del macizo rocoso.

Las labores principales están asociadas al sistema principal de extracción y emplazada en las granodioritas fracturadas y las labores secundarias a las labores sobre estructura mineralizada, considerando vetas tipo sigmoide, con cajas poco competentes, por lo que es necesario el sostenimiento adecuado.

De acuerdo a los estudios realizados por el Área de Geomecánica se considera un RMR entre 35 y 40, así mismo, realizando la correlación de Q de Barton, la calidad del macizo rocoso es de 0.35 a 0.65 considerado como un terreno de clase E o considerado como bastante malo, por lo que el uso del *shotcrete* es de vital importancia, para mantener las condiciones de estabilidad adecuadas del macizo rocoso disturbado.



Sostenimiento según clasificación Q de Barton.

Figura 20. Sostenimiento según Q Barton de la UM Parcoy Tomada del Área de Geomecánica

Las variables de operación considerada en la dosificación de shotcrete y sobre rotura está asociada a 2 tipos de diseño.

a) Diseño 1

Tabla 13. Resumen de dosificación de shotcrete, diseño 1 - DI

Insumos de Shotcrete	Dosificación de Shotcrete / m ³	Variación permitida- Geomecánica (%)	Permitido por la NTP para plantas de premezclado	Variación permitida- Geomecánica (kg o lts) / m ³	Rango permitido
Cemento (kg)	400	1.00%	< 1.0 %	4 (+/-)kg	396.0 a 404.0 kg
Agua (litros o lt)	164	3.00%	< 5.0 %	5 (+/-)lt	159.1 a 168.9 lt
Agregado fino (kg)	1629	1.22%	< 1.0 %	20 (+/-)kg	1609 a 1649 kg
SC-100 (litros)	2.3	2.27%	< 3.0 %	52 (+/-)ml	2.25 a 2.35 lt
Fibra de acero en encolada (kg)	25	5.00%	< 5.0 %	1 (+/-)kg	24 a 26 kg
	30	5.00%	< 5.0 %	2 (+/-)kg	29 a 32 kg
	35	5.00%	< 5.0 %	2 (+/-)kg	33 a 37 kg
	40	5.00%	< 5.0 %	2 (+/-)kg	38 a 42 kg

Tomada del Área de Geomecánica

El diseño 1 de *shotcrete* para 1 m³, considera para 400 kg de cemento un total de 164 litros de agua, 1629 kilogramos de agregado fino, aditivo plastificante (SC) con 2.3 litros y fibra de acero de 25 a 40 kilogramos.

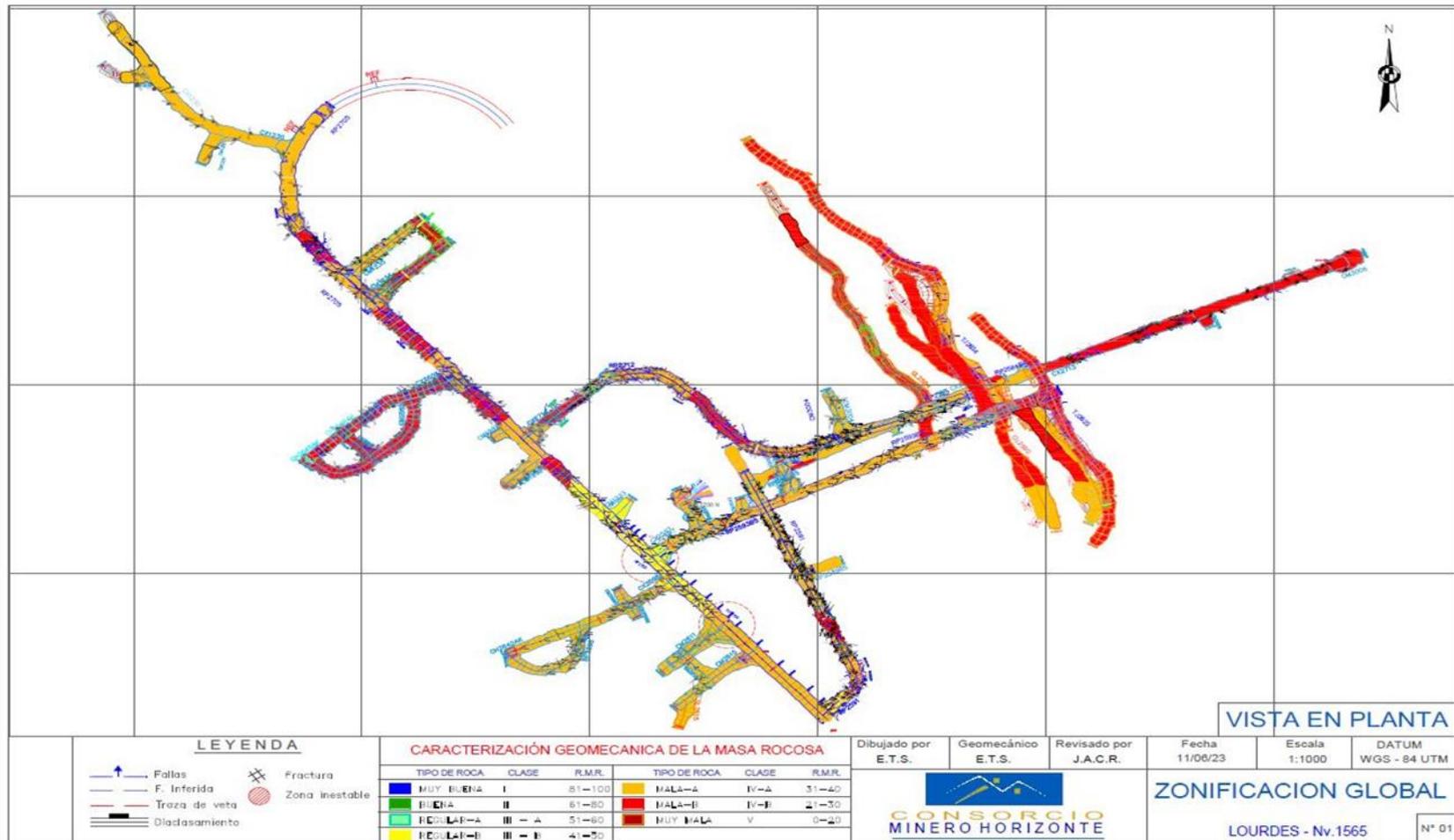


Figura 21. Caracterización de la masa rocosa, Nv 1565, UM Parcoy Tomada del Área de Geomecánica

b) Diseño 2

Tabla 14. Resumen de dosificación de shotcrete, diseño 2 - DII

Insumos de Shotcrete	Dosificación de Shotcrete / m ³	Variación permitida-Geomecánica (%)	Permitido por la NTP para plantas de premezclado	Variación permitida-Geomecánica (kg o lts) / m ³	Rango permitido
Cemento (kg)	425	1.00%	< 1.0 %	4 (+/-)kg	420.8 a 429.3 kg
Agua (litros o lt)	166	3.00%	< 5.0 %	5 (+/-)lt	161.0 a 171.0 lt
Agregado fino (kg)	1604	1.22%	< 1.0 %	20 (+/-)kg	1584 a 1624 kg
SC-100 (litros)	2.3	2.27%	< 3.0 %	52 (+/-)ml	2.25 a 2.35 lt
Fibra de acero en encolada (kg)	25	5.00%	< 5.0 %	1 (+/-)kg	24 a 26 kg
	30	5.00%	< 5.0 %	2 (+/-)kg	29 a 32 kg
	35	5.00%	< 5.0 %	2 (+/-)kg	33 a 37 kg
	40	5.00%	< 5.0 %	2 (+/-)kg	38 a 42 kg
	45	5.00%	< 5.0 %	2 (+/-)kg	43 a 47 kg

El diseño 2 de *shotcrete* para 1 m³ considera para 425 kg de cemento, un total de 166 litros de agua, 1604 kilogramos de agregado fino, aditivo plastificante (SC) con 2.3 litros y fibra de acero de 25 a 45 kilogramos.

4.2 Análisis de la dosificación de shotcrete

De acuerdo con las características de consumo de *shotcrete* asociada a los 2 diseños planteados y a los parámetros de consumo de cemento, arena, SC-100, fibra y agua, considera los siguientes parámetros:

Tabla 15. Parámetros de dosificación de shotcrete

DISEÑO	25 KG	30 KG	35 KG	40 KG	45 KG
Cemento KG	400 Kg	400 Kg	400 Kg	400 Kg	400 Kg
Arena KG	1590.0	1590.0	1590.0	1590.0	1620.0
SC-100	2.30 Lt				
Fibra KG	25	30	35	40	45
Agua LT	131.9	131.9	131.9	131.9	131.9
164.0 Lt					

Tomada del Área de Geomecánica

a) Diseño 1

Los parámetros operacionales obtenidos en el análisis de *shotcrete* en 46 pruebas, con un tipo de diseño de 30 kg, obtiene los siguientes resultados:

Tabla 16. *Parámetros de dosificación de shotcrete, diseño 1 – Crucero 2713*

PARÁMETROS DE DOSIFICACIÓN DE SHOTCRETE - CRUCERO CX 2713																				
DISEÑO 1																				
N°	N° de Planta	Tipo Diseño	Espesor	Fecha	Turno	Zona	Labor	Altura (m)	Ancho (m)	Avance (m)	DOSIFICACIÓN					Slump Planta (in)	Condición de la labor (bar)	Consumo de aditivo 2.7 litros min2	Sección típica	COMENTARIO
											Cemento KG	Arena KG	SH-6 LT	Fibra KG	Agua LT					
1	PLANTA 5	30 KG	0.0508	02-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	4.0	3.9	3.7	1280.0	5191	7.68	96.0	422	9 1/2		28.77	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
7	PLANTA 5	30 KG	0.0508	08-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.5	3.6	3.3	999.0	4051	5.99	74.9	329	9		22.46	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
8	PLANTA 5	30 KG	0.0508	10-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.7	3.5	3.0	933.9	3787	5.60	70.0	308	9 1/2		20.99	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
9	PLANTA 5	30 KG	0.0508	11-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713				800.0	3244	4.80	60.0	264	9 1/2	Desate	17.98	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
10	PLANTA 5	30 KG	0.0508	12-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713				800.0	3244	4.80	60.0	264	9 1/2		17.98	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
11	PLANTA 5	30 KG	0.0508	13-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.9	4.0	3.2	1078.4	4373	6.47	80.9	356	9 1/2		24.24	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
12	PLANTA 5	30 KG	0.0508	16-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.5	3.5	3.0	899.6	3648	5.40	67.5	297	9 1/2		20.22	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
13	PLANTA 5	30 KG	0.0508	17-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.5	3.3	3.1	911.9	3698	5.47	68.4	301	9		20.50	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
14	PLANTA 5	30 KG	0.0508	19-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	4.0	3.8	3.4	1145.8	4647	6.87	85.9	378	9 1/2		25.76	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
15	PLANTA 5	30 KG	0.0508	20-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.9	4.0	2.7	909.9	3690	5.46	68.2	300	9 1/2		20.45	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
16	PLANTA 5	30 KG	0.0508	22-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.7	3.9	3.0	968.2	3926	5.81	72.6	319	9 1/4		21.76	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
17	PLANTA 5	30 KG	0.0508	23-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.9	3.7	3.6	1182.4	4795	7.09	88.7	390	9		26.58	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
18	PLANTA 5	30 KG	0.0508	25-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	4.2	3.8	3.5	1219.5	4945	7.32	91.5	402	9		27.41	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
19	PLANTA 5	30 KG	0.0508	27-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.6	3.6	2.5	771.1	3127	4.63	57.8	254	9 1/2		17.33	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
20	PLANTA 5	30 KG	0.0508	29-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.7	3.9	3.0	968.2	3926	5.81	72.6	319	9 1/2		21.76	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
21	PLANTA 5	30 KG	0.0508	30-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.8	3.9	2.9	952.5	3863	5.71	71.4	314	9 1/2		21.41	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
22	PLANTA 5	30 KG	0.0508	02-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	3.7	4.0	3.3	1074.4	4357	6.45	80.6	354	9 1/2		24.15	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
23	PLANTA 5	30 KG	0.0508	03-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	3.9	4.1	3.2	1087.6	4410	6.53	81.6	359	9		24.45	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
33	PLANTA 5	30 KG	0.0508	19-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	3.5	3.6	3.1	938.5	3806	5.63	70.4	309	9 1/2		21.09	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
34	PLANTA 5	30 KG	0.0508	20-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713				1120.0	4542	6.72	84.0	369	9 1/2	Desate	25.17	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
35	PLANTA 5	30 KG	0.0508	21-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	4.0	3.8	2.1	707.7	2870	4.25	53.1	233	9 1/2		15.91	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
39	PLANTA 5	30 KG	0.0508	02-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.7	3.8	3.2	1023.6	4151	6.14	76.8	337	9 1/2		23.01	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
40	PLANTA 5	30 KG	0.0508	03-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	4.0	4.3	3.4	1194.4	4844	7.17	89.6	394	9		26.85	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
41	PLANTA 5	30 KG	0.0508	07-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.5	3.7	3.3	1003.7	4070	6.02	75.3	331	9		22.56	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
42	PLANTA 5	30 KG	0.0508	08-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.4	3.5	3.0	882.5	3579	5.30	66.2	291	9 1/4		19.84	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
43	PLANTA 5	30 KG	0.0508	10-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.7	3.6	3.4	1068.1	4332	6.41	80.1	352	9 1/4		24.01	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
44	PLANTA 5	30 KG	0.0508	12-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.9	3.8	3.4	1126.4	4568	6.76	84.5	371	9 1/2		25.32	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
45	PLANTA 5	30 KG	0.0508	14-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.9	4.1	3.4	1155.5	4686	6.93	86.7	381	9 1/2		25.97	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
46	PLANTA 5	30 KG	0.0508	15-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713				1200.0	4866	7.20	90.0	396	9 1/2	Desate	26.97	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
47	PLANTA 5	30 KG	0.0508	16-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.7	3.7	3.4	1062.0	4307	6.37	79.7	350	9 1/2		23.87	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
48	PLANTA 5	30 KG	0.0508	17-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.6	3.9	3.5	1109.6	4500	6.66	83.2	366	9 1/2		24.94	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
49	PLANTA 5	30 KG	0.0508	18-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.9	3.9	3.6	1202.9	4878	7.22	90.2	397	9 1/2		27.04	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
50	PLANTA 5	30 KG	0.0508	19-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713				1080.0	4380	6.48	81.0	356	9	Desate	24.28	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
51	PLANTA 5	30 KG	0.0508	20-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713				1080.0	4380	6.48	81.0	356	9 1/2	Desate	24.28	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
55	PLANTA 5	30 KG	0.0508	30-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.7	3.6	3.3	1036.7	4204	6.22	77.8	342	9 1/2		23.30	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
56	PLANTA 5	30 KG	0.0508	01-Jul	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713				1000.0	4055	6.00	75.0	330	9 1/2	Desate	22.48	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
57	PLANTA 5	30 KG	0.0508	02-Jul	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	3.5	3.8	2.4	740.3	3002	4.44	55.5	244	9 1/2		16.64	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
58	PLANTA 5	30 KG	0.0508	05-Jul	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	3.7	3.6	3.4	1068.1	4332	6.41	80.1	352	9 1/4		24.01	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
59	PLANTA 5	30 KG	0.0508	06-Jul	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	4.0	3.9	3.5	1189.5	4824	7.14	89.2	392	9		26.74	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
60	PLANTA 5	30 KG	0.0508	09-Jul	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713				1080.0	4380	6.48	81.0	356	9 1/2	Desate	24.28	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
61	PLANTA 5	30 KG	0.0508	10-Jul	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713				1200.0	4866	7.20	90.0	396	9 1/2	Desate	26.97	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
62	PLANTA 5	30 KG	0.0508	12-Jul	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	3.6	3.7	3.2	996.2	4040	5.98	74.7	328	9 1/2		22.39	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
63	PLANTA 5	30 KG	0.0508	13-Jul	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	3.5	3.5	3.1	920.8	3734	5.52	69.1	304	9 1/2		20.70	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
64	PLANTA 5	30 KG	0.0508	14-Jul	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713				600.0	2433	3.60	45.0	198	9 1/2	Desate	13.49	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
65	PLANTA 5	30 KG	0.0508	15-Jul	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713				600.0	2433	3.60	45.0	198	9 1/2	Desate	13.49	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
66	PLANTA 5	30 KG	0.0508	16-Jul	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713				400.0	1622	2.40	30.0	132	9	Desate	8.99	3.5 x 3.5	DISEÑO D1
TOTAL										108.05	45,769.15	185,607.42	274.61	3,432.69	15,090.32					
PROMEDIO										3.2	995.0	4034.9	6.0	74.6	328.1	9 3/8	Desate	22.36	3.5x3.5	DISEÑO D1

Tabla 17. Dosificación de shotcrete, diseño 1 – Crucero Cx 2713

DOSIFICACIÓN DE SHOTCRETE - CX 2713			
DISEÑO 1 - 30 KG			
	Programado	Ejecutado	Diferencia
Cemento KG	400.0	995.0	595.0
Arena KG	1590.0	4034.9	2444.9
SC-100 LT	2.30	5.97	3.67
Fibra KG	30.0	74.6	44.62
Agua LT	131.88	328.05	196.17

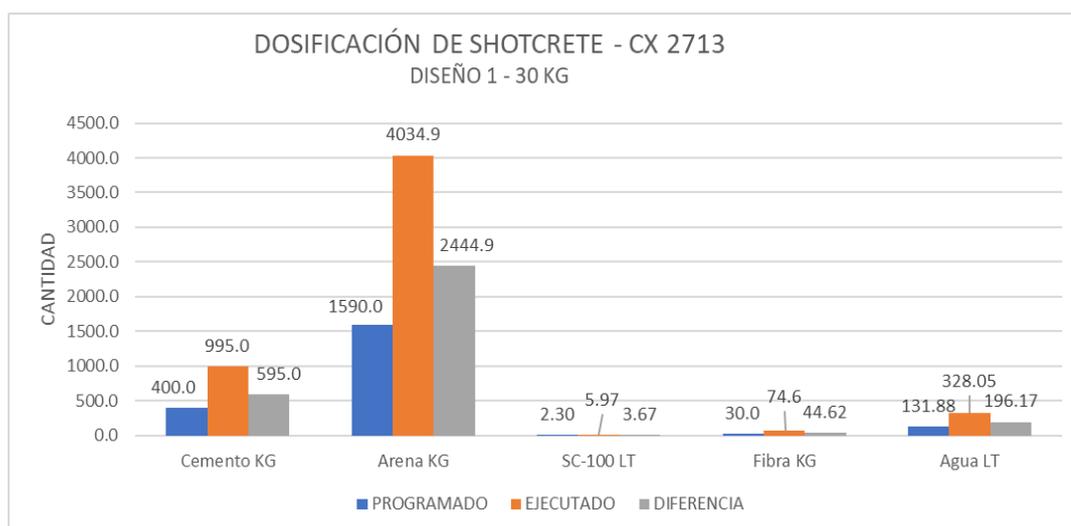


Figura 22. Dosificación de shotcrete, diseño 1 (30 kg), Cx 2713

Durante el uso del *shotcrete* en el crucero Cx 2713, diseño 1 (30 kg) se generó un mayor incremento en la dosificación aplicando el diseño, esto producto de la sobre rotura generada, en el desarrollo del crucero, siendo estos incrementos en promedio: cemento en 595 kg, arena en 2444.9 kg, SC-100 en 3.67 litros, fibra en 44.62 kg y agua en 196.17 litros.

b) Diseño 2

Los parámetros operacionales obtenidos en el análisis de *shotcrete* en 46 pruebas, con un tipo de diseño de 30 kg, presenta los siguientes resultados:

Tabla 18. Parámetros de dosificación de shotcrete, diseño 2 – Crucero 2713

PARÁMETROS DE DOSIFICACIÓN DE SHOTCRETE - CRUCERO CX 2713

DISEÑO 2

N°	N° de Planta	Tipo Diseño	Espesor	Fecha	Turno	Zona	Labor	Altura (m)	Ancho (m)	Avance (m)	DOSIFICACIÓN					Slump Planta (in)	Condición de la labor (bar)	Consumo de aditivo 2.7 litros min2	Sección típica	COMENTARIO
											Cemento KG	Arena KG	SH-6 LT	Fibra KG	Agua LT					
2	PLANTA 5	35 KG	0.0508	03-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.6	3.5	3.0	916.8	3718	5.50	80.2	302	9 1/2		20.61	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
3	PLANTA 5	35 KG	0.0508	04-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.9	3.6	3.0	976.8	3961	5.86	85.5	322	9		21.95	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
4	PLANTA 5	35 KG	0.0508	05-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.8	3.7	3.6	1161.8	4712	6.97	101.7	383	9 1/4		26.11	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
5	PLANTA 5	35 KG	0.0508	06-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.9	4.0	3.0	1011.0	4100	6.07	88.5	333	9		22.73	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
6	PLANTA 5	35 KG	0.0508	07-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.7	3.5	3.5	1089.6	4419	6.54	95.3	359	9 1/4		24.49	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
24	PLANTA 5	35 KG	0.0508	05-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	5.0	6.0	4.5	2056.3	8339	12.34	179.9	678	9 1/2		46.22	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
25	PLANTA 5	35 KG	0.0508	06-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	3.7	3.9	2.8	903.6	3665	5.42	79.1	298	9 3/4		20.31	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
26	PLANTA 5	35 KG	0.0508	08-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	3.9	4.0	2.7	909.9	3690	5.46	79.6	300	9 1/4		20.45	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
27	PLANTA 5	35 KG	0.0508	09-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	3.8	4.0	2.9	960.8	3896	5.76	84.1	317	9		21.60	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
28	PLANTA 5	35 KG	0.0508	10-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	3.7	3.9	3.0	968.2	3926	5.81	84.7	319	9 1/2		21.76	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
29	PLANTA 5	35 KG	0.0508	11-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713				1080.0	4380	6.48	94.5	356	9 1/2	Desate	24.28	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
30	PLANTA 5	35 KG	0.0508	14-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	4.0	3.9	3.2	1087.6	4410	6.53	95.2	359	9 1/2		24.45	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
31	PLANTA 5	35 KG	0.0508	15-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	4.2	3.7	2.9	1002.2	4064	6.01	87.7	330	9 1/2		22.53	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
32	PLANTA 5	35 KG	0.0508	16-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713				400.0	1622	2.40	35.0	132	9 1/2	Desate	8.99	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
36	PLANTA 5	35 KG	0.0508	22-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713				800.0	3244	4.80	70.0	264	9	Desate	17.98	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
37	PLANTA 5	35 KG	0.0508	24-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713				1000.0	4055	6.00	87.5	330	9	Desate	22.48	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
38	PLANTA 5	35 KG	0.0508	25-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	3.8	4.4	3.5	1199.5	4864	7.20	105.0	395	9 1/4		26.96	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
52	PLANTA 5	35 KG	0.0508	23-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	4.4	4.3	3.2	1197.2	4855	7.18	104.8	395	9 1/4		26.91	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
53	PLANTA 5	35 KG	0.0508	24-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	4.2	4.5	2.9	1068.4	4333	6.41	93.5	352	9 1/4		24.02	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
54	PLANTA 5	35 KG	0.0508	25-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.9	4.1	3.2	1087.6	4410	6.53	95.2	359	9		24.45	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
TOTAL										50.9	20,877.2	84,663	125.26	1826.8	6,883					
PROMEDIO										3.18	1,043.86	4,233.17	6.26	91.34	344.17	9 2/7	Desate	23.46	3.5x3.5	DISEÑO D2

Tabla 19. Dosificación de shotcrete, diseño 2 – Crucero Cx 2713

DOSIFICACIÓN DE SHOTCRETE - CRUCERO CX 2713			
DISEÑO 2 - 35 KG			
	Programado	Ejecutado	Diferencia
Cemento KG	400.0	1,043.86	643.9
Arena KG	1590.0	4,233.17	2643.2
SC-100 LT	2.30	6.26	3.96
Fibra KG	35.0	91.34	56.34
Agua LT	131.9	344.17	212.28

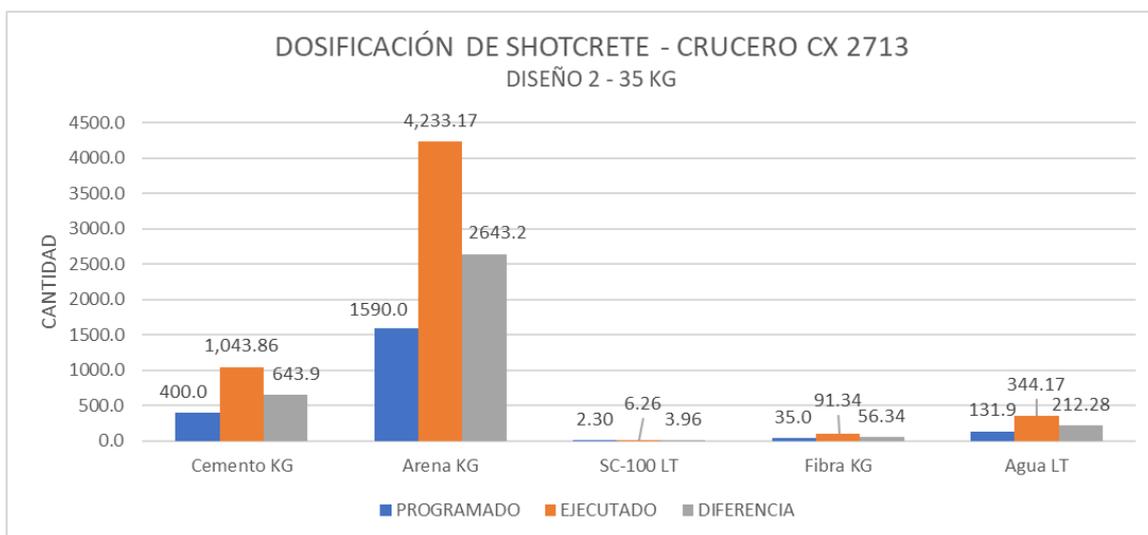


Figura 23. Dosificación de shotcrete, diseño 2 (35 kg), Cx 2713

Durante el uso del *shotcrete* en el crucero Cx 2713, diseño 2 (35 kg) se generó un mayor incremento en la dosificación aplicando el diseño, esto producto de la sobrerotura generada en el desarrollo del crucero, siendo estos incrementos en promedio: cemento en 643.9 kg, arena en 2643.2 kg, SC-100 en 3.96 litros, fibra en 56.34 kg y agua en 212.28 litros.

4.3 Análisis de la sobrerotura relacionado al shotcrete

De acuerdo con la dosificación analizada, se observa un incremento del consumo de los diferentes componentes, por lo que se analizará en los 2 diseños asociados.

a) Sobrerotura en el Diseño 1

Se considera los m³ solicitados y los m³ cubicados para su análisis y su relación con la sobrerotura.

Tabla 20. Sobrerotura relacionado al shotcrete, diseño 1 – crucero Cx 2713

SOBREROTURA RELACIONADO AL SHOTCRETE- CRUCERO CX 2713

DISEÑO 1

N°	N° de Planta	Tipo Diseño	Espesor	Fecha	Turno	Zona	Labor	Altura (m)	Ancho (m)	Avance (m)	SOBREROTURA			Condición de la labor (bar)	COMENTARIO
											M3 Solicitado	M3 Cubicado	Slump Planta (in)		
1	PLANTA 5	30 KG	0.0508	02-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	4.0	3.9	3.7	3.2	3.4	9 1/2		DISEÑO D1
7	PLANTA 5	30 KG	0.0508	08-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.5	3.6	3.3	2.5	2.7	9		DISEÑO D1
8	PLANTA 5	30 KG	0.0508	10-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.7	3.5	3.0	2.3	2.7	9 1/2		DISEÑO D1
9	PLANTA 5	30 KG	0.0508	11-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713				2.0	0.0	9 1/2	Desate	DISEÑO D1
10	PLANTA 5	30 KG	0.0508	12-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713				2.0	0.0	9 1/2	Desate	DISEÑO D1
11	PLANTA 5	30 KG	0.0508	13-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.9	4.0	3.2	2.7	2.7	9 1/2		DISEÑO D1
12	PLANTA 5	30 KG	0.0508	16-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.5	3.5	3.0	2.2	2.5	9 1/2		DISEÑO D1
13	PLANTA 5	30 KG	0.0508	17-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.5	3.3	3.1	2.3	2.3	9		DISEÑO D1
14	PLANTA 5	30 KG	0.0508	19-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	4.0	3.8	3.4	2.9	2.9	9 1/2		DISEÑO D1
15	PLANTA 5	30 KG	0.0508	20-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.9	4.0	2.7	2.3	2.7	9 1/2		DISEÑO D1
16	PLANTA 5	30 KG	0.0508	22-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.7	3.9	3.0	2.4	2.6	9 1/4		DISEÑO D1
17	PLANTA 5	30 KG	0.0508	23-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.9	3.7	3.6	3.0	3.7	9		DISEÑO D1
18	PLANTA 5	30 KG	0.0508	25-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	4.2	3.8	3.5	3.0	3.0	9		DISEÑO D1
19	PLANTA 5	30 KG	0.0508	27-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.6	3.6	2.5	1.9	2.4	9 1/2		DISEÑO D1
20	PLANTA 5	30 KG	0.0508	29-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.7	3.9	3.0	2.4	27.0	9 1/2		DISEÑO D1
21	PLANTA 5	30 KG	0.0508	30-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.8	3.9	2.9	2.4	2.4	9 1/2		DISEÑO D1
22	PLANTA 5	30 KG	0.0508	02-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	3.7	4.0	3.3	2.7	3.3	9 1/2		DISEÑO D1
23	PLANTA 5	30 KG	0.0508	03-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	3.9	4.1	3.2	2.7	2.9	9		DISEÑO D1
33	PLANTA 5	30 KG	0.0508	19-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	3.5	3.6	3.1	2.3	2.3	9 1/2		DISEÑO D1
34	PLANTA 5	30 KG	0.0508	20-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713				2.8	0.0	9 1/2	Desate	DISEÑO D1
35	PLANTA 5	30 KG	0.0508	21-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	4.0	3.8	2.1	1.8	2.5	9 1/2		DISEÑO D1
39	PLANTA 5	30 KG	0.0508	02-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.7	3.8	3.2	2.6	2.8	9 1/2		DISEÑO D1
40	PLANTA 5	30 KG	0.0508	03-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	4.0	4.3	3.4	3.0	3.0	9		DISEÑO D1
41	PLANTA 5	30 KG	0.0508	07-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.5	3.7	3.3	2.5	2.9	9		DISEÑO D1
42	PLANTA 5	30 KG	0.0508	08-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.4	3.5	3.0	2.2	2.2	9 1/4		DISEÑO D1
43	PLANTA 5	30 KG	0.0508	10-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.7	3.6	3.4	2.7	3.5	9 1/4		DISEÑO D1
44	PLANTA 5	30 KG	0.0508	12-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.9	3.8	3.4	2.8	3.2	9 1/2		DISEÑO D1
45	PLANTA 5	30 KG	0.0508	14-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.9	4.1	3.4	2.9	2.9	9 1/2		DISEÑO D1
46	PLANTA 5	30 KG	0.0508	15-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713				3.0	0.0	9 1/2	Desate	DISEÑO D1
47	PLANTA 5	30 KG	0.0508	16-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.7	3.7	3.4	2.7	2.7	9 1/2		DISEÑO D1
48	PLANTA 5	30 KG	0.0508	17-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.6	3.9	3.5	2.8	2.8	9 1/2		DISEÑO D1
49	PLANTA 5	30 KG	0.0508	18-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.9	3.9	3.6	3.0	3.0	9 1/2		DISEÑO D1
50	PLANTA 5	30 KG	0.0508	19-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713				2.7	0.0	9	Desate	DISEÑO D1
51	PLANTA 5	30 KG	0.0508	20-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713				2.7	0.0	9 1/2	Desate	DISEÑO D1
55	PLANTA 5	30 KG	0.0508	30-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.7	3.6	3.3	2.6	2.8	9 1/2		DISEÑO D1
56	PLANTA 5	30 KG	0.0508	01-Jun	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713				2.5	0.0	9 1/2	Desate	DISEÑO D1
57	PLANTA 5	30 KG	0.0508	02-Jun	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	3.5	3.8	2.4	1.9	2.2	9 1/2		DISEÑO D1
58	PLANTA 5	30 KG	0.0508	05-Jun	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	3.7	3.6	3.4	2.7	2.7	9 1/4		DISEÑO D1
59	PLANTA 5	30 KG	0.0508	06-Jun	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	4.0	3.9	3.5	3.0	3.2	9		DISEÑO D1
60	PLANTA 5	30 KG	0.0508	09-Jun	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713				2.7	0.0	9 1/2	Desate	DISEÑO D1
61	PLANTA 5	30 KG	0.0508	10-Jun	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713				3.0	0.0	9 1/2	Desate	DISEÑO D1
62	PLANTA 5	30 KG	0.0508	12-Jun	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	3.6	3.7	3.2	2.5	2.5	9 1/2		DISEÑO D1
63	PLANTA 5	30 KG	0.0508	13-Jun	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	3.5	3.5	3.1	2.3	2.8	9 1/2		DISEÑO D1
64	PLANTA 5	30 KG	0.0508	14-Jun	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713				1.5	0.0	9 1/2	Desate	DISEÑO D1
65	PLANTA 5	30 KG	0.0508	15-Jun	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713				1.5	0.0	9 1/2	Desate	DISEÑO D1
66	PLANTA 5	30 KG	0.0508	16-Jun	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713				1.0	0.0	9	Desate	DISEÑO D1
TOTAL										108.05	114.42	119.09			
PROMEDIO										3.2	2.5	2.6	9 3/8	Desate	DISEÑO D1

Tabla 21. Dosificación de shotcrete, diseño 2 (35 kg), Cx 2713

SOBREROTURA RELACIONADO AL SHOTCRETE - CX 2713			
DISEÑO 1 - 30 KG			
	M3 Solicitado	M3 cubicado	Diferencia
Diseño 1 - Total	114.42	119.09	4.7
Diseño 1 - Promedio	2.5	2.6	0.10

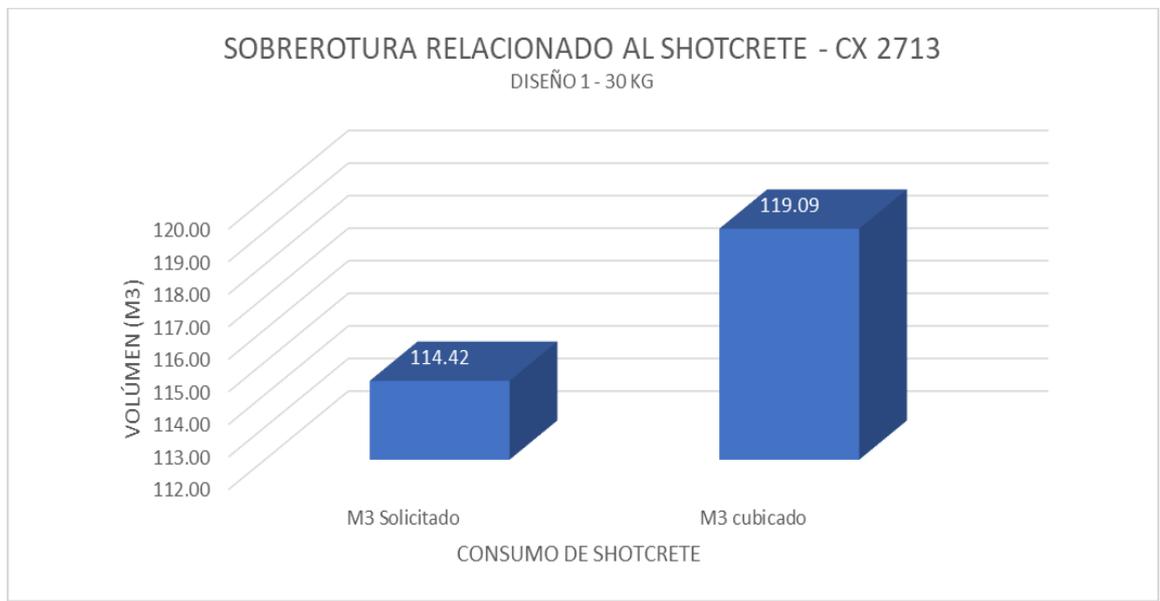


Figura 24. Relación de la sobrerotura, diseño 1, Cx 2713

Durante el análisis del mayor consumo de m³ de *shotcrete* relacionado a un incremento de la sobrerotura, se observa que para el diseño D1 se incrementó de 114.42 m³ solicitado a 119.09 m³ cubicados, observándose un incremento de *shotcrete* en 4.7 m³.

El promedio diario de consumo de *shotcrete* asociado a la sobrerptura involucra 2.5 m³ solicitados y 2.6 m³ cubicados, con una diferencia de 0.10 m³ de consumo de *shotcrete*.

b) Sobrerotura en el Diseño 2

Se considera los m³ solicitados y los m³ cubicados para su análisis y su relación con la sobrerotura.

Tabla 22. Sobrerotura relacionado al consumo de shotcrete, diseño 2 – Crucero Cx 2713

SOBREROTURA - CRUCERO CX 2713																	
DISEÑO 2																	
N°	N° de Planta	Tipo Diseño	Espesor	Fecha	Turno	Zona	Labor	Altura (m)	Ancho (m)	Avance (m)	SOBREROTURA			Condición de la labor (bar)	Consumo de aditivo 2.7 litros min2	Sección típica	COMENTARIO
											M3 Solicitado	M3 Cubicado	Slump Planta (in)				
2	PLANTA 5	35 KG	0.0508	03-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.6	3.5	3.0	2.3	2.8	9 1/2		20.61	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
3	PLANTA 5	35 KG	0.0508	04-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.9	3.6	3.0	2.4	2.4	9		21.95	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
4	PLANTA 5	35 KG	0.0508	05-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.8	3.7	3.6	2.9	3.7	9 1/4		26.11	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
5	PLANTA 5	35 KG	0.0508	06-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.9	4.0	3.0	2.5	3.2	9		22.73	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
6	PLANTA 5	35 KG	0.0508	07-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.7	3.5	3.5	2.7	3.6	9 1/4		24.49	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
24	PLANTA 5	35 KG	0.0508	05-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	5.0	6.0	4.5	5.1	5.7	9 1/2		46.22	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
25	PLANTA 5	35 KG	0.0508	06-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	3.7	3.9	2.8	2.3	2.3	9 3/4		20.31	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
26	PLANTA 5	35 KG	0.0508	08-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	3.9	4.0	2.7	2.3	2.7	9 1/4		20.45	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
27	PLANTA 5	35 KG	0.0508	09-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	3.8	4.0	2.9	2.4	3.4	9		21.60	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
28	PLANTA 5	35 KG	0.0508	10-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	3.7	3.9	3.0	2.4	3.4	9 1/2		21.76	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
29	PLANTA 5	35 KG	0.0508	11-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713				2.7	0.0	9 1/2	Desate	24.28	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
30	PLANTA 5	35 KG	0.0508	14-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	4.0	3.9	3.2	2.7	3.8	9 1/2		24.45	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
31	PLANTA 5	35 KG	0.0508	15-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	4.2	3.7	2.9	2.5	3.6	9 1/2		22.53	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
32	PLANTA 5	35 KG	0.0508	16-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713				1.0	0.0	9 1/2	Desate	8.99	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
36	PLANTA 5	35 KG	0.0508	22-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713				2.0	0.0	9	Desate	17.98	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
37	PLANTA 5	35 KG	0.0508	24-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713				2.5	0.0	9	Desate	22.48	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
38	PLANTA 5	35 KG	0.0508	25-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	3.8	4.4	3.5	3.0	3.7	9 1/4		26.96	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
52	PLANTA 5	35 KG	0.0508	23-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	4.4	4.3	3.2	3.0	3.6	9 1/4		26.91	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
53	PLANTA 5	35 KG	0.0508	24-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	4.2	4.5	2.9	2.7	3.4	9 1/4		24.02	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
54	PLANTA 5	35 KG	0.0508	25-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.9	4.1	3.2	2.7	3.5	9		24.45	3.5 x 3.5	DISEÑO D2
TOTAL										50.9	52.2	54.8					
PROMEDIO										3.18	2.61	2.74	9 2/7	Desate	23.46	3.5x3.5	DISEÑO D2

Tabla 23. Sobrerotura relacionado al shotcrete, diseño 2 – Crucero Cx 2713

SOBREROTURA RELACIONADO AL SHOTCRETE - CX 2713			
DISEÑO 2 - 35 KG			
	M3 Solicitado	M3 cubicado	Diferencia
Diseño 2- Total	52.2	54.8	2.6
Diseño 2 - Promedio	2.61	2.74	0.13

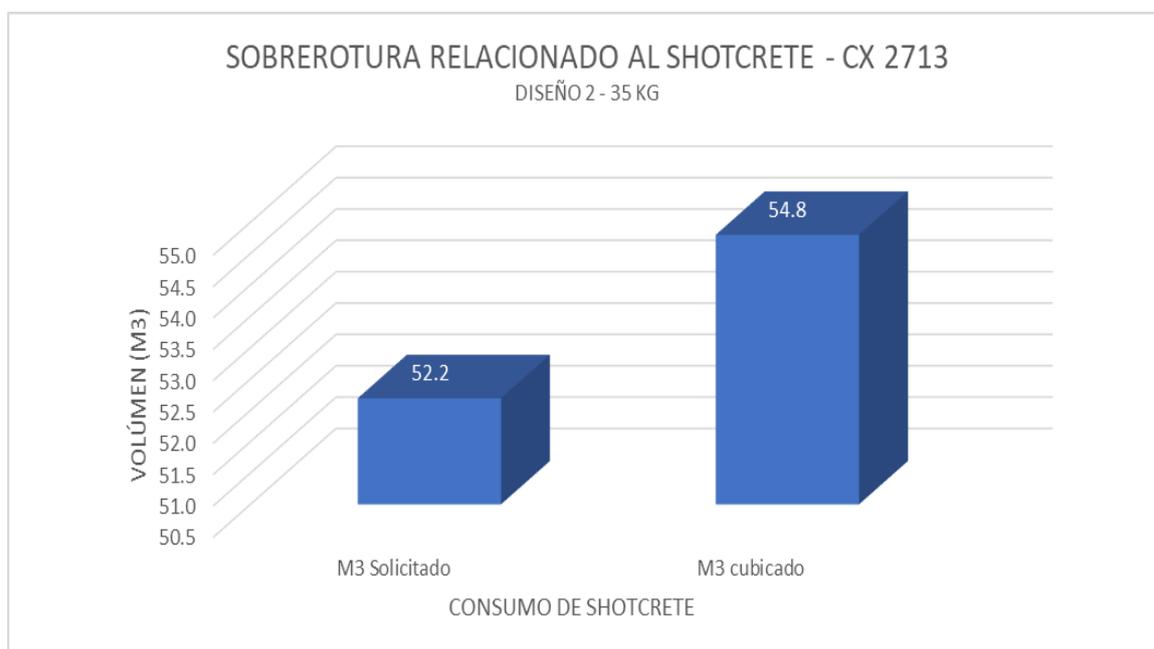


Figura 25. Relación de la sobrerotura, diseño 2, Cx 2713

Durante el análisis del mayor consumo de m³ de *shotcrete* relacionado a un incremento de la sobrerotura, se observa que para el diseño D2 con un incremento de 52.2 m³ solicitado a 54.8 m³ cubicados, observándose un incremento de *shotcrete* en 2.6 m³.

El promedio diario de consumo de *shotcrete* asociado a la sobrerptura involucra 2.61 m³solicitados y 2.74 m³ cubicados, con una diferencia de 0.13 m³ de consumo.

4.4 Análisis económico de consumo de *shotcrete*

En función a las variables operacionales analizados en el consumo de *shotcrete* y la sobrerotura asociada al crucero Cx 2713 y Nv 1565, se analizó la dosificación

y consumo de *shotcrete* en los diseños de sostenimiento D1 y D2, observándose un incremento de m³ cubicados en relación con los m³ solicitados.

Los costos de *shotcrete* involucran el costo de lanzado, costo de transporte (Mixer) y el costo de preparación de *shotcrete* (robot lanzador) en 361.80 US \$/ m³.

Tabla 24. Costo de instalación de shotcrete – Crucero Cx 2713

COSTO DE INSTALACIÓN DE SHOTCRETE	
US \$/M3	
COSTO DE PREPARACIÓN DE SHOTCRETE	183.89
COSTO TRANSPORTE DE SHOTCRETE PLANTA - LABOR - EQ. MIXER	84.42
COSTO DE LANZADO DE SHOTCRETE	93.49
COSTO TOTAL (US \$/M3)	361.80

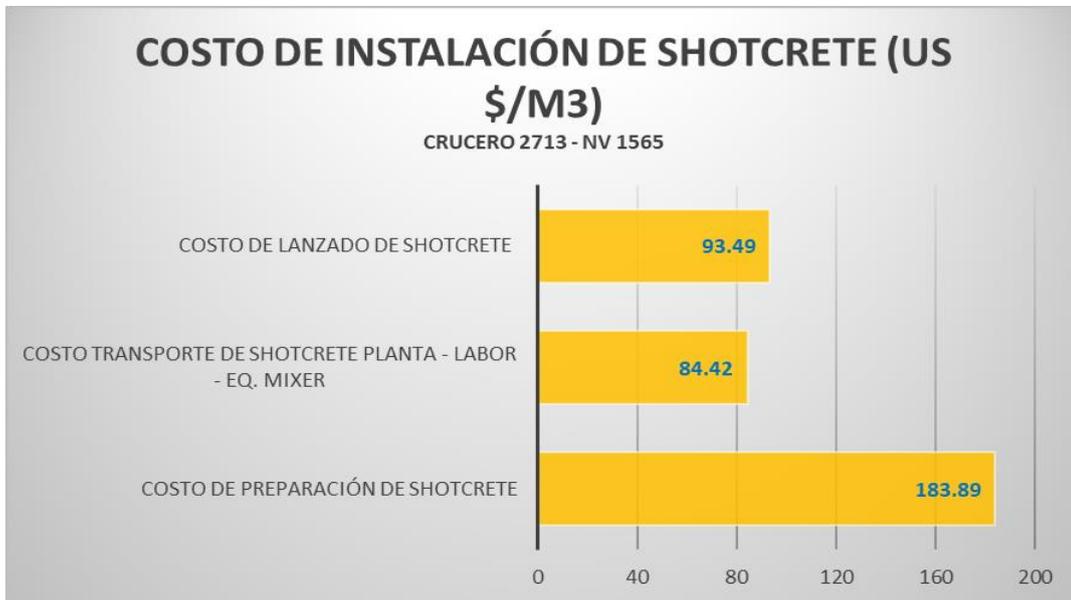


Figura 26. Costo de instalación de shotcrete, Cx 2713

a) Costos de *shotcrete* – Diseño 1

Los costos de *shotcrete* en el diseño 1 están asociados al consumo de concreto solicitado y cubicado los que se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 25. Costo de sobrerotura de shotcrete, diseño 1 - Crucero Cx 2713

COSTOS DE SOBREROTURA RELACIONADO AL SHOTCRETE- CRUCERO CX 2713

DISEÑO 1

N°	N° de Planta	Tipo Diseño	Espesor	Fecha	Turno	Zona	Labor	Altura (m)	Ancho (m)	Avance (m)	SOBREROTURA		COSTO SHOTCRETE (US \$/M3)	COSTO SHOTCRETE CUBICADO (US \$/M3)	COSTO SHOTCRETE SOLICITADO (US \$/M3)
											M3 Solicitado	M3 Cubicado			
1	PLANTA 5	30 KG	0.0508	02-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	4.0	3.9	3.7	3.2	3.4	361.80	1,230	1,158
7	PLANTA 5	30 KG	0.0508	08-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.5	3.6	3.3	2.5	2.7	361.80	977	904
8	PLANTA 5	30 KG	0.0508	10-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.7	3.5	3.0	2.3	2.7	361.80	977	845
9	PLANTA 5	30 KG	0.0508	11-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713				2.0	0.0	361.80	0	724
10	PLANTA 5	30 KG	0.0508	12-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713				2.0	0.0	361.80	0	724
11	PLANTA 5	30 KG	0.0508	13-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.9	4.0	3.2	2.7	2.7	361.80	975	975
12	PLANTA 5	30 KG	0.0508	16-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.5	3.5	3.0	2.2	2.5	361.80	905	814
13	PLANTA 5	30 KG	0.0508	17-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.5	3.3	3.1	2.3	2.3	361.80	825	825
14	PLANTA 5	30 KG	0.0508	19-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	4.0	3.8	3.4	2.9	2.9	361.80	1,036	1,036
15	PLANTA 5	30 KG	0.0508	20-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.9	4.0	2.7	2.3	2.7	361.80	977	823
16	PLANTA 5	30 KG	0.0508	22-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.7	3.9	3.0	2.4	2.6	361.80	941	876
17	PLANTA 5	30 KG	0.0508	23-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.9	3.7	3.6	3.0	3.7	361.80	1,339	1,069
18	PLANTA 5	30 KG	0.0508	25-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	4.2	3.8	3.5	3.0	3.0	361.80	1,103	1,103
19	PLANTA 5	30 KG	0.0508	27-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.6	3.6	2.5	1.9	2.4	361.80	868	697
20	PLANTA 5	30 KG	0.0508	29-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.7	3.9	3.0	2.4	2.7	361.80	9,769	876
21	PLANTA 5	30 KG	0.0508	30-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.8	3.9	2.9	2.4	2.4	361.80	862	862
22	PLANTA 5	30 KG	0.0508	02-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	3.7	4.0	3.3	2.7	3.3	361.80	1,194	972
23	PLANTA 5	30 KG	0.0508	03-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	3.9	4.1	3.2	2.7	2.9	361.80	1,049	984
33	PLANTA 5	30 KG	0.0508	19-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	3.5	3.6	3.1	2.3	2.3	361.80	849	849
34	PLANTA 5	30 KG	0.0508	20-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713				2.8	0.0	361.80	0	1,013
35	PLANTA 5	30 KG	0.0508	21-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	4.0	3.8	2.1	1.8	2.5	361.80	905	640
39	PLANTA 5	30 KG	0.0508	02-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.7	3.8	3.2	2.6	2.8	361.80	1,013	926
40	PLANTA 5	30 KG	0.0508	03-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	4.0	4.3	3.4	3.0	3.0	361.80	1,080	1,080
41	PLANTA 5	30 KG	0.0508	07-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.5	3.7	3.3	2.5	2.9	361.80	1,049	908
42	PLANTA 5	30 KG	0.0508	08-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.4	3.5	3.0	2.2	2.2	361.80	798	798
43	PLANTA 5	30 KG	0.0508	10-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.7	3.6	3.4	2.7	3.5	361.80	1,266	966
44	PLANTA 5	30 KG	0.0508	12-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.9	3.8	3.4	2.8	3.2	361.80	1,158	1,019
45	PLANTA 5	30 KG	0.0508	14-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.9	4.1	3.4	2.9	2.9	361.80	1,045	1,045
46	PLANTA 5	30 KG	0.0508	15-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713				3.0	0.0	361.80	0	1,085
47	PLANTA 5	30 KG	0.0508	16-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.7	3.7	3.4	2.7	2.7	361.80	961	961
48	PLANTA 5	30 KG	0.0508	17-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.6	3.9	3.5	2.8	2.8	361.80	1,004	1,004
49	PLANTA 5	30 KG	0.0508	18-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.9	3.9	3.6	3.0	3.0	361.80	1,088	1,088
50	PLANTA 5	30 KG	0.0508	19-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713				2.7	0.0	361.80	0	977
51	PLANTA 5	30 KG	0.0508	20-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713				2.7	0.0	361.80	0	977
55	PLANTA 5	30 KG	0.0508	30-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.7	3.6	3.3	2.6	2.8	361.80	1,013	938
56	PLANTA 5	30 KG	0.0508	01-Jul	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713				2.5	0.0	361.80	0	905
57	PLANTA 5	30 KG	0.0508	02-Jul	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	3.5	3.8	2.4	1.9	2.2	361.80	796	670
58	PLANTA 5	30 KG	0.0508	05-Jul	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	3.7	3.6	3.4	2.7	2.7	361.80	966	966
59	PLANTA 5	30 KG	0.0508	06-Jul	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	4.0	3.9	3.5	3.0	3.2	361.80	1,158	1,076
60	PLANTA 5	30 KG	0.0508	09-Jul	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713				2.7	0.0	361.80	0	977
61	PLANTA 5	30 KG	0.0508	10-Jul	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713				3.0	0.0	361.80	0	1,085
62	PLANTA 5	30 KG	0.0508	12-Jul	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	3.6	3.7	3.2	2.5	2.5	361.80	901	901
63	PLANTA 5	30 KG	0.0508	13-Jul	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	3.5	3.5	3.1	2.3	2.8	361.80	1,013	833
64	PLANTA 5	30 KG	0.0508	14-Jul	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713				1.5	0.0	361.80	0	543
65	PLANTA 5	30 KG	0.0508	15-Jul	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713				1.5	0.0	361.80	0	543
66	PLANTA 5	30 KG	0.0508	16-Jul	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713				1.0	0.0	361.80	0	362
TOTAL										108.05	114.42	119.09	361.80	43,088	41,398
PROMEDIO										3.2	2.5	2.6	361.80	936.7	900.0

Tabla 26. Costo de sobrerotura relacionado al shotcrete, diseño 1- Cx 2713

COSTO DE SOBREROTURA RELACIONADO AL SHOTCRETE - CX 2713			
DISEÑO 1 - 30 KG			
	Costo M3 Solicitado	Costo M3 cubicado	Diferencia (US \$/m3)
Diseño 1 - Total	41,398	43,088	1,690.27
Diseño 1 - Promedio	899.96	936.7	36.74

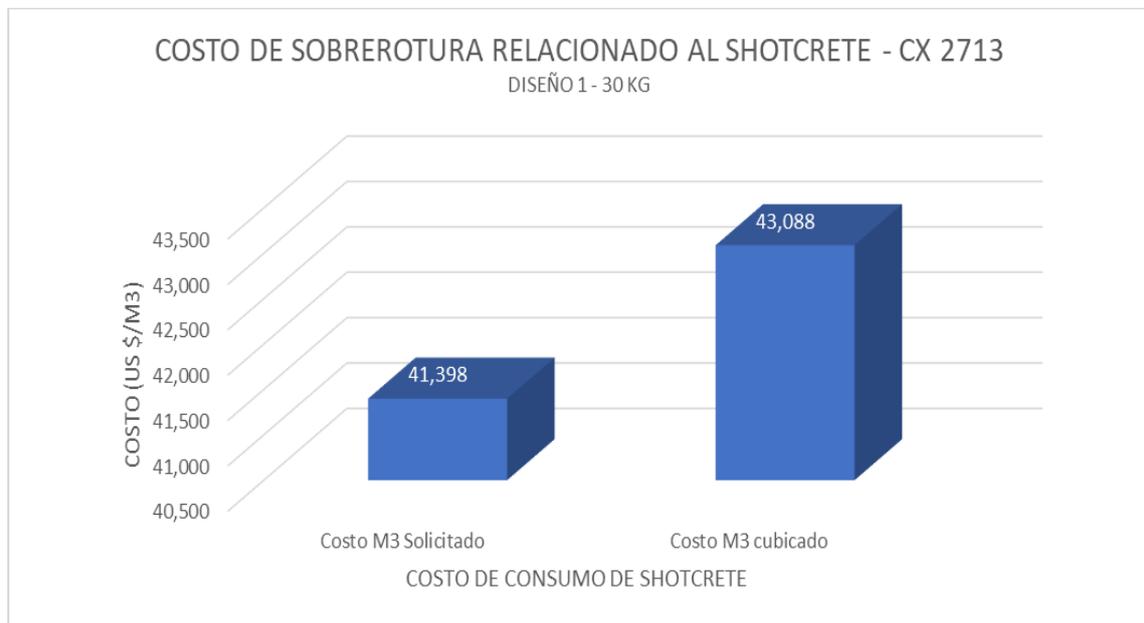


Figura 27. Costo de sobrerotura relacionado al shotcrete, diseño 1- Cx 2713

Los costos de *shotcrete* asociado al diseño 1, considera un total de 41,398 $\$/m^3$ en m^3 solicitado y de 43,088 $\$/m^3$ en m^3 cubicados, generando un incremento de costos en 1,690.27 $\$/m^3$, producto de una mayor sobrerotura generada durante los periodos de abril, mayo y junio.

El promedio de costos unitarios en el *shotcrete* diseño 1 considera un promedio diario de 899.96 $\$/m^3$ en m^3 solicitados y de 936.7 US $\$/m^3$ en m^3 cubicados, considera una diferencia de 36.74 $\$/m^3$, producto de una mayor sobrerotura.

b) Costos de *shotcrete* – Diseño 2

Los costos de *shotcrete* en el diseño 2, están asociados al consumo de concreto solicitado y cubicado los que se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 27. Costo de sobrerotura de shotcrete, diseño 2 - Crucero Cx 2713

COSTOS DE SOBREROTURA ASOCIADA AL SHOTCRETE - CRUCERO CX 2713

DISEÑO 2

N°	N° de Planta	Tipo Diseño	Espesor	Fecha	Turno	Zona	Labor	Altura (m)	Ancho (m)	Avance (m)	SOBREROTURA		COSTO SHOTCRETE (US \$/M3)	COSTO SHOTCRETE CUBICADO (US \$/M3)	COSTO SHOTCRETE SOLICITADO (US \$/M3)
											M3 Solicitado	M3 Cubicado			
2	PLANTA 5	35 KG	0.0508	03-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.6	3.5	3.0	2.3	2.8	361.80	1,013	829
3	PLANTA 5	35 KG	0.0508	04-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.9	3.6	3.0	2.4	2.4	361.80	883	883
4	PLANTA 5	35 KG	0.0508	05-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.8	3.7	3.6	2.9	3.7	361.80	1,339	1,051
5	PLANTA 5	35 KG	0.0508	06-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.9	4.0	3.0	2.5	3.2	361.80	1,158	914
6	PLANTA 5	35 KG	0.0508	07-Abr	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.7	3.5	3.5	2.7	3.6	361.80	1,302	986
24	PLANTA 5	35 KG	0.0508	05-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	5.0	6.0	4.5	5.1	5.7	361.80	2,062	1,860
25	PLANTA 5	35 KG	0.0508	06-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	3.7	3.9	2.8	2.3	2.3	361.80	817	817
26	PLANTA 5	35 KG	0.0508	08-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	3.9	4.0	2.7	2.3	2.7	361.80	977	823
27	PLANTA 5	35 KG	0.0508	09-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	3.8	4.0	2.9	2.4	3.4	361.80	1,230	869
28	PLANTA 5	35 KG	0.0508	10-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	3.7	3.9	3.0	2.4	3.4	361.80	1,230	876
29	PLANTA 5	35 KG	0.0508	11-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713				2.7	0.0	361.80	0	977
30	PLANTA 5	35 KG	0.0508	14-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	4.0	3.9	3.2	2.7	3.8	361.80	1,375	984
31	PLANTA 5	35 KG	0.0508	15-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	4.2	3.7	2.9	2.5	3.6	361.80	1,302	906
32	PLANTA 5	35 KG	0.0508	16-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713				1.0	0.0	361.80	0	362
36	PLANTA 5	35 KG	0.0508	22-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713				2.0	0.0	361.80	0	724
37	PLANTA 5	35 KG	0.0508	24-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713				2.5	0.0	361.80	0	905
38	PLANTA 5	35 KG	0.0508	25-May	SEGUNDO TURNO	NORTE	CX2713	3.8	4.4	3.5	3.0	3.7	361.80	1,339	1,085
52	PLANTA 5	35 KG	0.0508	23-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	4.4	4.3	3.2	3.0	3.6	361.80	1,302	1,083
53	PLANTA 5	35 KG	0.0508	24-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	4.2	4.5	2.9	2.7	3.4	361.80	1,230	966
54	PLANTA 5	35 KG	0.0508	25-Jun	PRIMER TURNO	NORTE	CX2713	3.9	4.1	3.2	2.7	3.5	361.80	1,266	984
TOTAL										50.9	52.2	54.8		19,827	18,883
PROMEDIO										3.18	2.61	2.74	361.80	991	944

Tabla 28. Costo de sobrerotura relacionado al shotcrete, diseño 2 - Cx 2713

COSTO DE SOBREROTURA RELACIONADO AL SHOTCRETE - CX 2713			
DISEÑO 2 - 35 KG			
	Costo M3 Solicitado	Costo M3 cubicado	Diferencia (US \$/m3)
Diseño 2- Total	18,883.5	19,827	943.5
Diseño 2 - Promedio	944	991	47.18

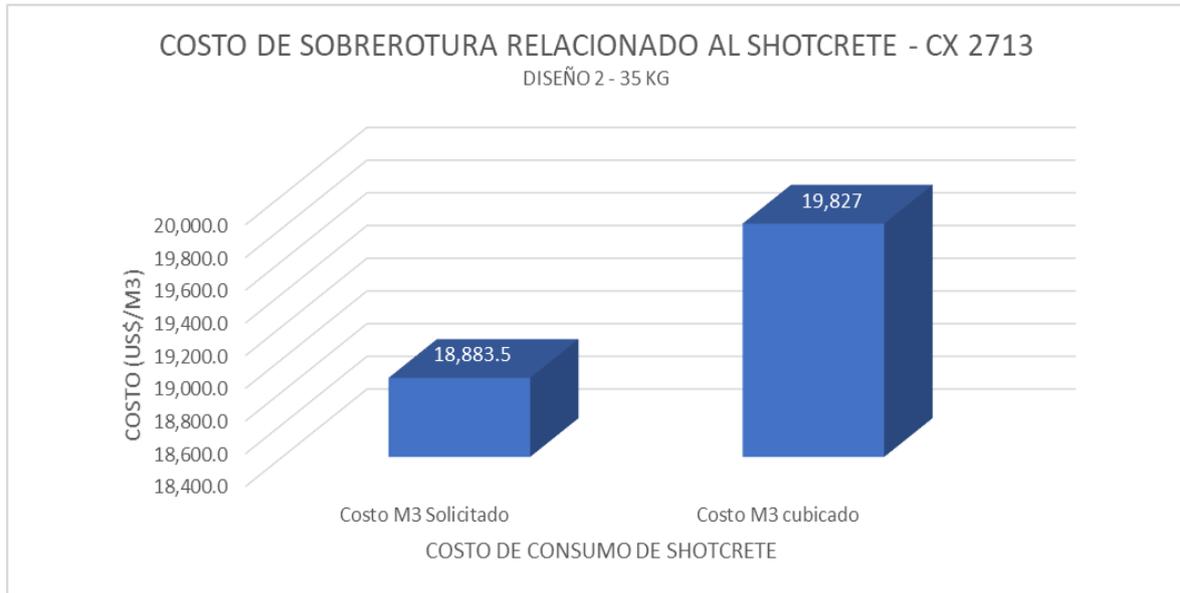


Figura 28. Costo de sobrerotura relacionado al shotcrete, diseño 2 - Cx 2713

Los costos de *shotcrete* asociado al diseño 2, considera un total de 18,883.5 $\$/m^3$ en m^3 solicitado y de 19,827 $\$/m^3$ en m^3 cubicados, generando un incremento de costos en 943.5 $\$/m^3$, producto de una mayor sobrerotura generada durante los periodos de abril, mayo y junio.

El promedio de costos unitarios en el *shotcrete* diseño 2, considera un promedio diario de 944 $\$/m^3$ en m^3 solicitados y de 991 $\$/m^3$ en m^3 cubicados, considera una diferencia de 47.18 $\$/m^3$, producto de una mayor sobrerotura.

4.5 Análisis de la validación de la hipótesis

El análisis de las variables operacionales de *shotcrete* y sobrerotura en el crucero Cx 2713, nivel Nv 1565 de la zona centro para la reducción de costos de sostenimiento en Consorcio Minero Horizonte ayudará a entender el presente

trabajo mediante el análisis de la dosificación, m³ cubicados y costos de *shotcrete* asociados, durante los meses de abril a junio.

El mayor consumo de *shotcrete* de acuerdo con lo programado, ayudará a entender la sobrerotura generada en el crucero Cx 2713, con sección programada de 3 x 3 metros. Este mayor consumo estará directamente relacionado a la dosificación de *shotcrete* en los 2 diseños analizados y su incremento de costos a mayor sobrerotura.

a) Validación de la dosificación de *shotcrete*

Durante el periodo de estudio considerando los 2 diseños analizados en el *shotcrete* se analizaron por el consumo de: cemento (kg), arena (kg), SC-100LT, fibra (kg) y agua (l).

Se realizó el análisis comparativo de dosificación de *shotcrete*, en el desarrollo del crucero Cx 2713, nivel Nv 1565, entre el escenario programado y los escenarios diseño 1 y diseño 2, los que son materia del presente estudio para su análisis correspondiente.

Tabla 29. Comparativo de dosificación de *shotcrete* - Cx 2713

COMPARATIVO DE DOSIFICACIÓN DE SHOTCRETE - CX 2713			
DISEÑO 1 - 2			
	Programado	Diseño 1	Diseño 2
Cemento KG	400.0	995.0	1,043.9
Arena KG	1590.0	4034.9	4,233.2
SC-100 LT	2.30	5.97	6.26
Fibra KG	30-35	74.6	91.34
Agua LT	131.88	328.05	344.17

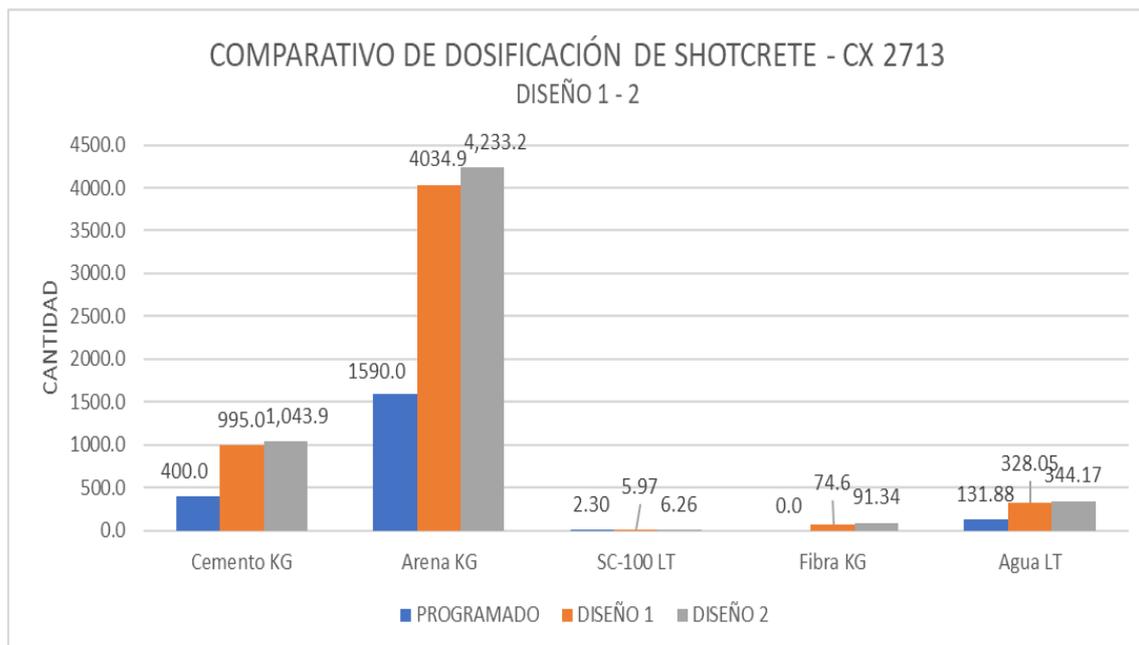


Figura 29. Comparativo de la dosificación de shotcrete . Cx 2713

El análisis comparativo de dosificación de *shotcrete* entre los escenarios programado y el diseño 1 y 2 indica un incremento sustancial en consumo de cemento de 400 a 995 a 1043.9 kg respectivamente, en el caso de arena de 1590 a 4034.9 a 4233.2 kg, SC-100LT de 2.30 a 5.97 a 6.26, así mismo con el consumo de la fibra de 30 – 35 a 74.6 a 91.34 kg y para el agua en 131.88 a 328.05 a 344.17 litros.

El incremento en la dosificación del *shotcrete* en los escenarios programados, diseño 1 y diseño 2, está relacionado directamente a un mayor consumo de *shotcrete* producto de la sobrerotura generada en el tiempo de estudio. Los mayores valores se observan en el diseño 2, comparado con el programado y diseño 1.

b) Validación del análisis de la sobrerotura en el consumo de shotcrete

De acuerdo con los resultados obtenidos en la dosificación del *shotcrete*, y el mayor incremento en el consumo de cemento, arena, SC-100, fibra y agua, permitió analizar los m³ de *shotcrete* solicitado y los m³ de *shotcrete* cubicado, siendo relacionados a un mayor consumo de *shotcrete* cubicado a la sobrerotura generada en el desarrollo del cruce Cx 2713.

Tabla 30. Comparativo de sobrerotura en el Cx 2713

COMPARATIVO DE SOBREROTURA - CX 2713			
DISEÑO 1 - 2			
	M3 Solicitado	M3 cubicado	Diferencia
Diseño 1	114.42	119.09	4.7
Diseño 2	52.2	54.8	2.6

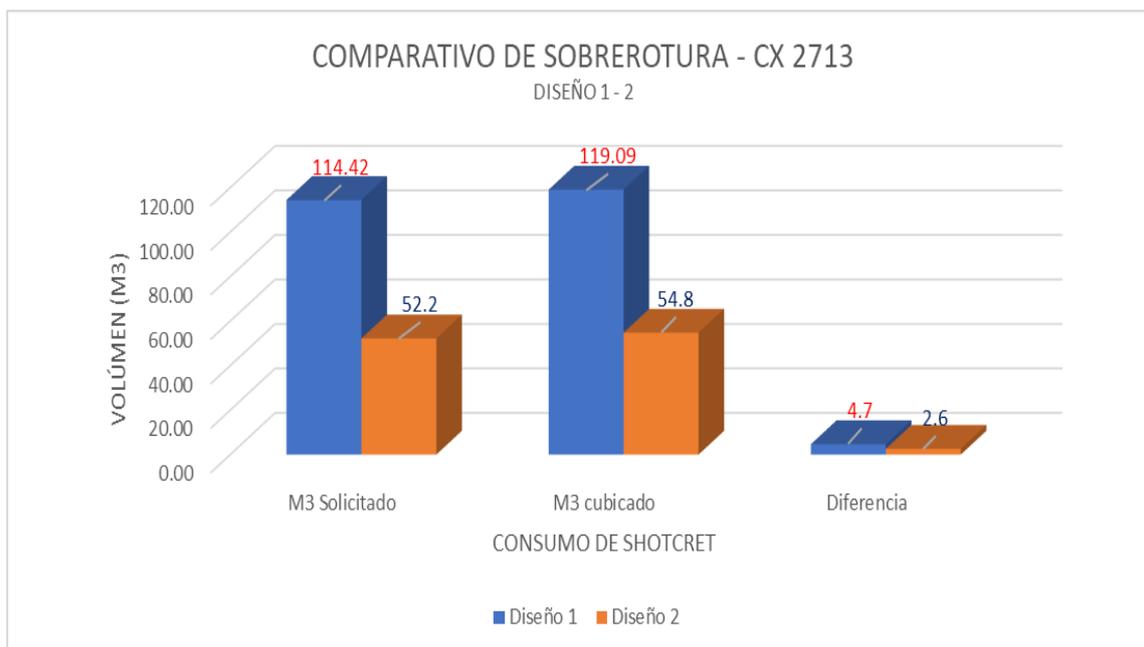


Figura 30. Comparativo de la sobrerotura en el Cx 2713

La sobrerotura generada por un mayor incremento en el consumo de *shotcrete* en el desarrollo del crucero Cx 2713 está directamente relacionado al incremento en la dosificación en los diseños programados, diseño 1 y diseño 2.

El diseño 1 considera un consumo de *shotcrete* de 114.42 m³ solicitado y de 119.09 m³ cubicado, existiendo un incremento de 4.7 m³ de *shotcrete* producto de la sobrerotura.

El diseño 2 considera un consumo de *shotcrete* de 52.2 m³ solicitado y de 54.8 m³ cubicado, existiendo un incremento de 2.6 m³ de *shotcrete* producto de la sobrerotura.

Durante el análisis de la sobrerotura en los 2 diseños (D1 y D2), se observa una reducción importante en el consumo de *shotcrete*, asociado a la sobrerotura, donde el caso del diseño 2 disminuye desde 119.09 m³ a 54.8 m³ de *shotcrete* cubicados. Así mismo, aún se genere una disminución en el consumo de *shotcrete* producto de una disminución de la sobrerotura, esta afectará directamente a los costos asociados al consumo de *shotcrete*.

c) Validación del análisis económico del consumo de *shotcrete*

En función a las variables operacionales analizados como la dosificación y consumo de *shotcrete* en los diseños de sostenimiento D1 y D2 del cruceo Cx 2713 y Nv 1565, se observa el incremento de m³ de *shotcrete* producto del incremento de la sobrerotura durante el periodo de estudio.

Los costos de *shotcrete* involucran el costo de lanzado, costo de transporte (Mixer) y el costo de preparación de *shotcrete* (robot lanzador), considerado en un costo unitario total de 361.80 US \$/m³.

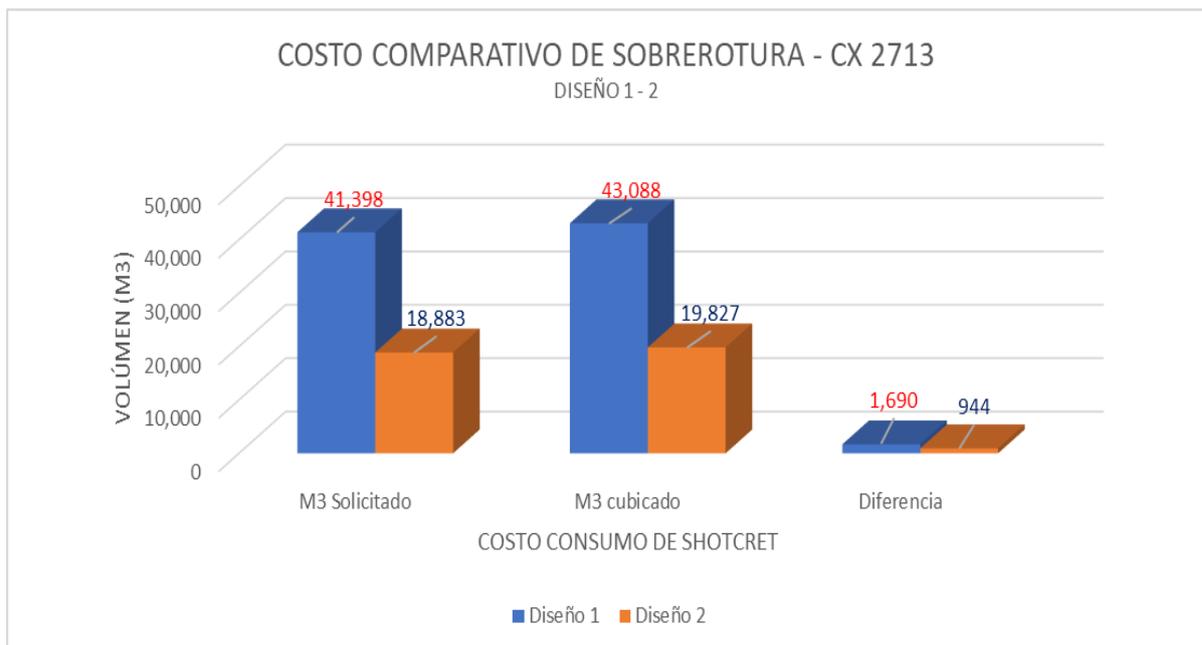


Figura 31. Costo comparativo de la sobrerotura en el Cx 2713

Tabla 31. Costo comparativo de sobrerotura en el Cx 2713

COSTO COMPARATIVO DE SOBREROTURA - CX 2713			
DISEÑO 1 - 2			
	M3 Solicitado	M3 cubicado	Diferencia
Diseño 1	41,398	43,088	1,690
Diseño 2	18,883	19,827	944

Los costos de *shotcrete* asociado al diseño 1 considera un total de 41,398 \$/m³ en m³ solicitado y de 43,088 US \$/m³ en m³ cubicados, generando un incremento de costos en 1,690.27 US \$/m³ producto de una mayor sobrerotura generada durante los periodos de abril, mayo y junio.

Los costos de *shotcrete* asociado al diseño 2 considera un total de 18,883.5 \$/m³ en m³ solicitado y de 19,827 \$/m³ en m³ cubicados, generando un incremento de costos en 943.5 \$/m³ producto de una mayor sobrerotura generada durante los periodos de abril, mayo y junio.

Finalmente, la reducción del consumo de *shotcrete* en el diseño 2 comparado con el diseño 1 indica una reducción de costos de 43,088 \$ a 19,827 \$, con un menor costo de 23,261 \$, producto de un mejor control de la sobrerotura.

CONCLUSIONES

1. El análisis de las variables operacionales de *shotcrete* y sobrerotura en el crucero Cx 2713, nivel Nv 1565 de la zona centro permitirá entender el comportamiento en la dosificación de *shotcrete* mediante su mayor consumo producto de la sobrerotura generada durante el desarrollo del crucero analizado en Consorcio Minero Horizonte.
2. Las condiciones del macizo rocoso están asociadas a una granodiorita muy fracturada y con circulación de agua subterránea por las discontinuidades, generan una baja calidad del macizo rocoso. De acuerdo con los estudios realizados por el Área de Geomecánica se considera un RMR entre 35 y 40, así mismo, realizando la correlación de Q de Barton, la calidad del macizo rocoso es de 0.35 a 0.65 considerado como un terreno de clase E o considerado como bastante malo.
3. Las variables de operación a analizar en el presente estudio son la dosificación y consumo de *shotcrete* asociada a la sobrerotura y sus costos asociados de acuerdo con dos tipos de diseño.
4. El análisis comparativo de dosificación de *shotcrete* entre los escenarios programado y el diseño 1 y 2 indica un incremento sustancial en consumo de cemento de 400 a 995 a 1043.9 kg respectivamente, en el caso de arena de 1590 a 4034.9 a 4233.2 kg, SC-100LT de 2.30 a 5.97 a 6.26, así mismo con el consumo de la fibra de 30 – 35 a 74.6 a 91.34 kg y para el agua en 131.88 a 328.05 a 344.17 litros.
5. El incremento en la dosificación del *shotcrete* en los escenarios programados, diseño 1 y diseño 2, está relacionado directamente a un mayor consumo de *shotcrete* producto de la sobrerotura generada en el tiempo de estudio. Los mayores valores se observan en el diseño 2, comparado con el programado y diseño 1.

6. La sobrerotura generada en el diseño 1 considera un consumo de *shotcrete* de 114.42 m³ solicitado y de 119.09 m³ cubicado, existiendo un incremento de 4.7 m³ de *shotcrete*. Así mismo, la sobrerotura asociada al diseño 2 considera un consumo de *shotcrete* de 52.2 m³ solicitado y de 54.8 m³ cubicado, existiendo un incremento de 2.6 m³.
7. Durante el análisis de la sobrerotura en los 2 diseños (D1 y D2) se observa una reducción importante en el consumo de *shotcrete* asociado a la sobrerotura, donde el caso del diseño 2 disminuye desde 119.09 m³ a 54.8 m³ de *shotcrete* cubicados.
8. Los costos de *shotcrete* involucran el costo de lanzado, costo de transporte (Mixer) y el costo de preparación, considerado en un costo unitario total de 361.80 \$/m³.
9. Los costos de *shotcrete* asociado al diseño 1, considera un total de 41,398 \$/m³ en m³ solicitado y de 43,088 \$/m³ en m³ cubicados, generando un incremento de costos en 1,690.27 \$/m³, producto de una mayor sobrerotura generada durante los periodos de abril, mayo y junio.
10. Los costos de *shotcrete* asociado al diseño 2 considera un total de 18,883.5 \$/m³ en m³ solicitado y de 19,827 \$/m³ en m³ cubicados, generando un incremento de costos en 943.5 \$/m³ producto de una mayor sobrerotura generada durante los periodos de abril, mayo y junio.
11. Finalmente, la reducción del consumo de *shotcrete* en el diseño 2 comparado con el diseño 1 indica una reducción de costos de 43,088 \$ a 19,827, con una reducción de costo de 23,261 \$, producto de un mejor control de la sobrerotura.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda seguir analizando el consumo de *shotcrete* y su dosificación asociada al sostenimiento primario en los diferentes frentes de desarrollo y producción en la unidad minera.
2. Se recomienda realizar estudios similares mediante la herramienta del *benchmarking* para comparar diferentes indicadores operacionales y económicos con operaciones similares.
3. Se recomienda realizar análisis de sensibilidad en estudios asociados al sostenimiento primario con *shotcrete*, considerando la variabilidad del cemento y los aditivos asociados.
4. Así mismo, se recomienda programas de optimización y reducción de costos, generando modelos de predictibilidad, mediante el análisis de información con *big data* o *data mining* en periodos anteriores de la unidad minera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CABRERA, Julio y LEONARDO, Henry. Gestión de calidad en el proceso de lanzamiento de shotcrete en túneles. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Ricardo Palma, 2015, 173 pp.
2. TAPIA, Juan. Diseño y aplicación del shotcrete vía húmeda como elemento de sostenimiento en labores mineras - INPECON SAC Mina Chipmo Cia Minera Buenaventura unidad Orcopampa. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa: Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, 2017, 143 pp.
3. TORRES, Luis. Diseño y aplicación de shotcrete para optimizar el sostenimiento en la unidad económica San Cristóbal - Minera Bateas. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa: Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, 2016.
4. MARTINEZ, Jorge. Análisis del concreto lanzado como revestimiento definitivo para túneles. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, 2011.
5. CCATAMAYO, Johnny. Aplicación de filosofía LEAN en la preparación minera, mina El Teniente CODELCO Chile. Tesis (Magister en Minería). Santiago de Chile: Universidad de Chile, 2017, 122 pp.

ANEXOS

Anexo 1

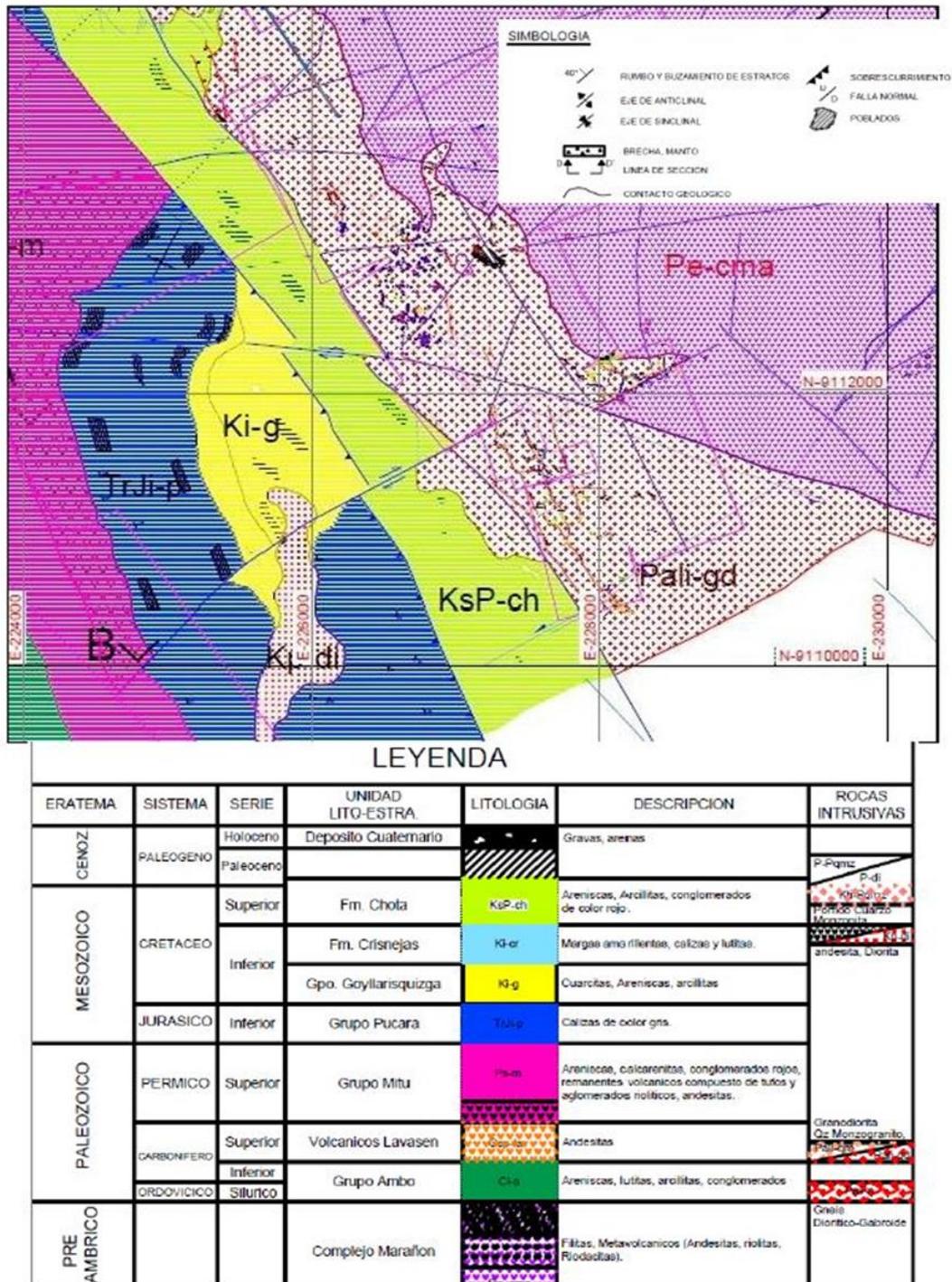
Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1. Tabla de matriz de operacionalización de variables

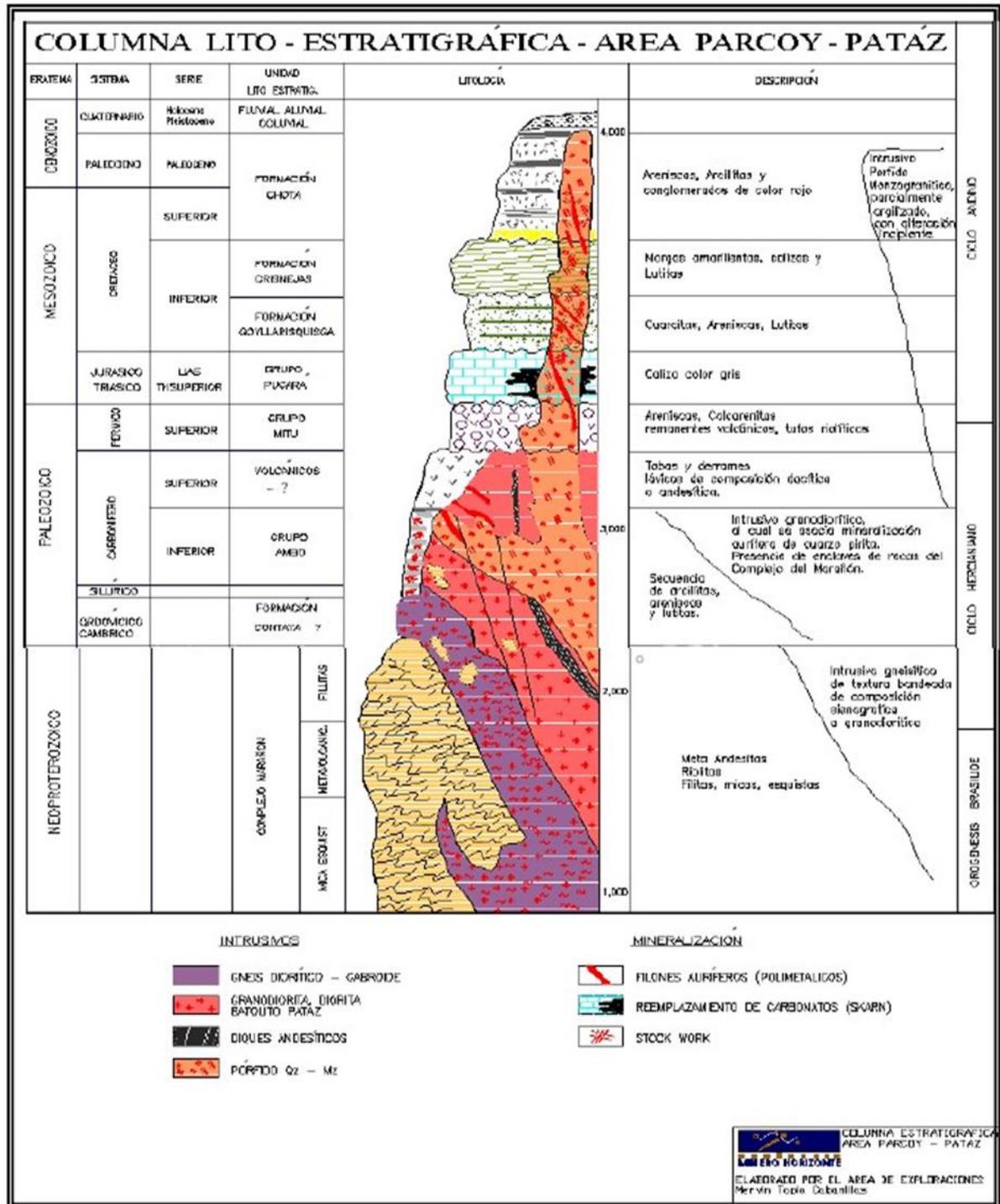
Variables	Definición		Definición operacional	
	Conceptual	Dimensiones	Sub-Dimensiones	Indicadores
VI:				
Análisis de las variables operacionales de shotcrete y sobre rotura en el Cx 2713, Nv 1565, Zona Centro de Consorcio Minero Horizonte.	Las deficiencias en el avance del sostenimiento con shotcrete, debido a las malas prácticas operativas, la más representativa es la sobre rotura generada en labores de avance, producto de un mayor consumo de explosivo.	• Caracterización geomecánica	Dominios geológicos	RMR, RQD y Q de Barton, discontinuidades
		• Dosificación de shotcrete	Propiedades geomecánicas	Kg de cemento, Kg de aditivo, Kg de arena y litros de agua.
		• Sobrerotura	Propiedades operacionales	Metros perforados, Factor de potencia y Volumen de material
VD:				
Reducción de costos de sostenimiento.	El control de las variables operacionales de shotcrete, ayudan a disminuir los costos de sostenimiento, considerando la incidencia de la sobre rotura.	• Evaluación técnica	Dosificación de shotcrete.	Consumo cemento, aditivo, arena y agua.
		• Evaluación económica de costos de sostenimiento	Consumo de de shotcrete	M3 solicitado y M3 cubicados.
			Costos asociado al consumo de shotcrete.	Costo unitario de shotcrete y sobrecosto asociado.

Anexo 2

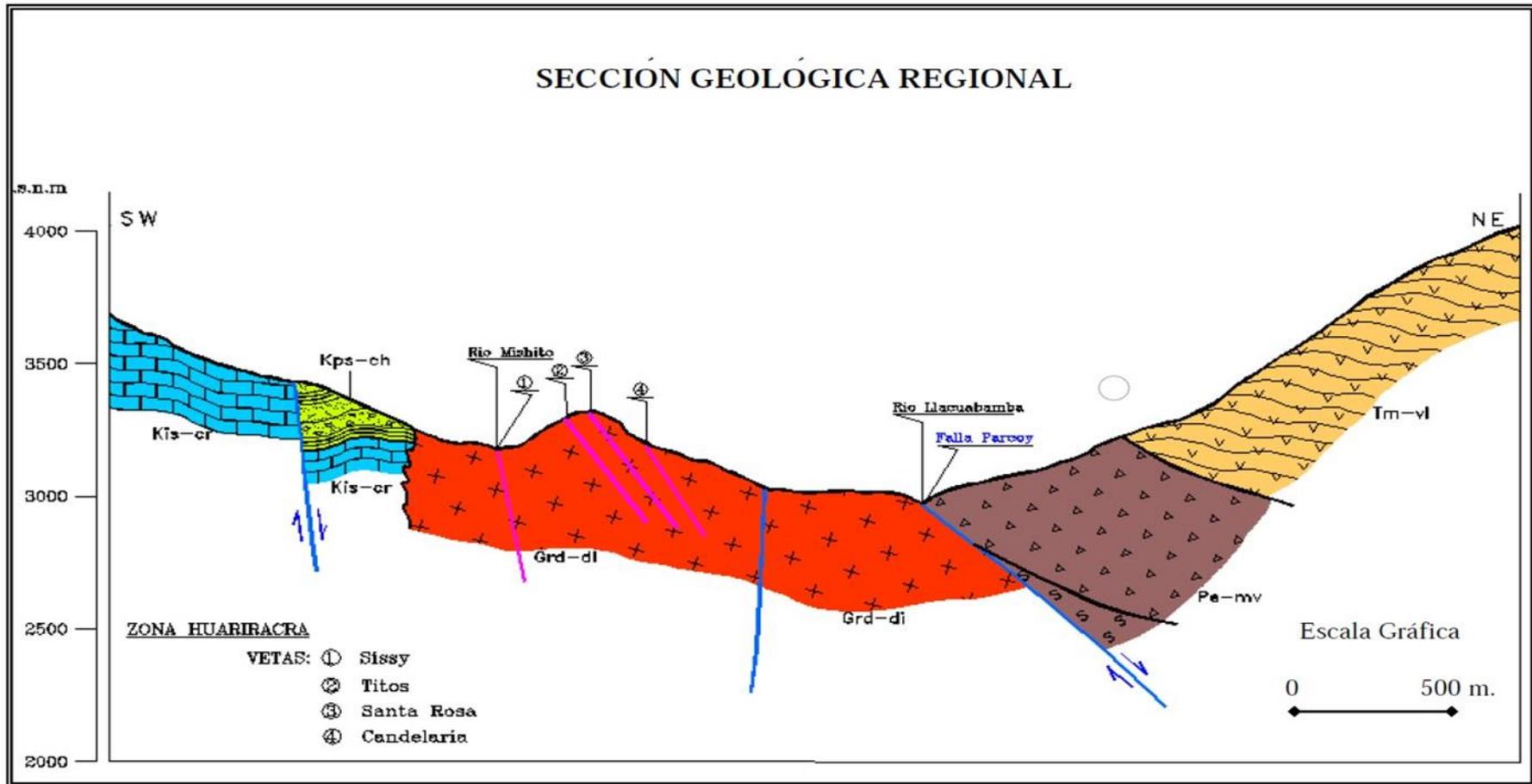
Planos en planta y perfil



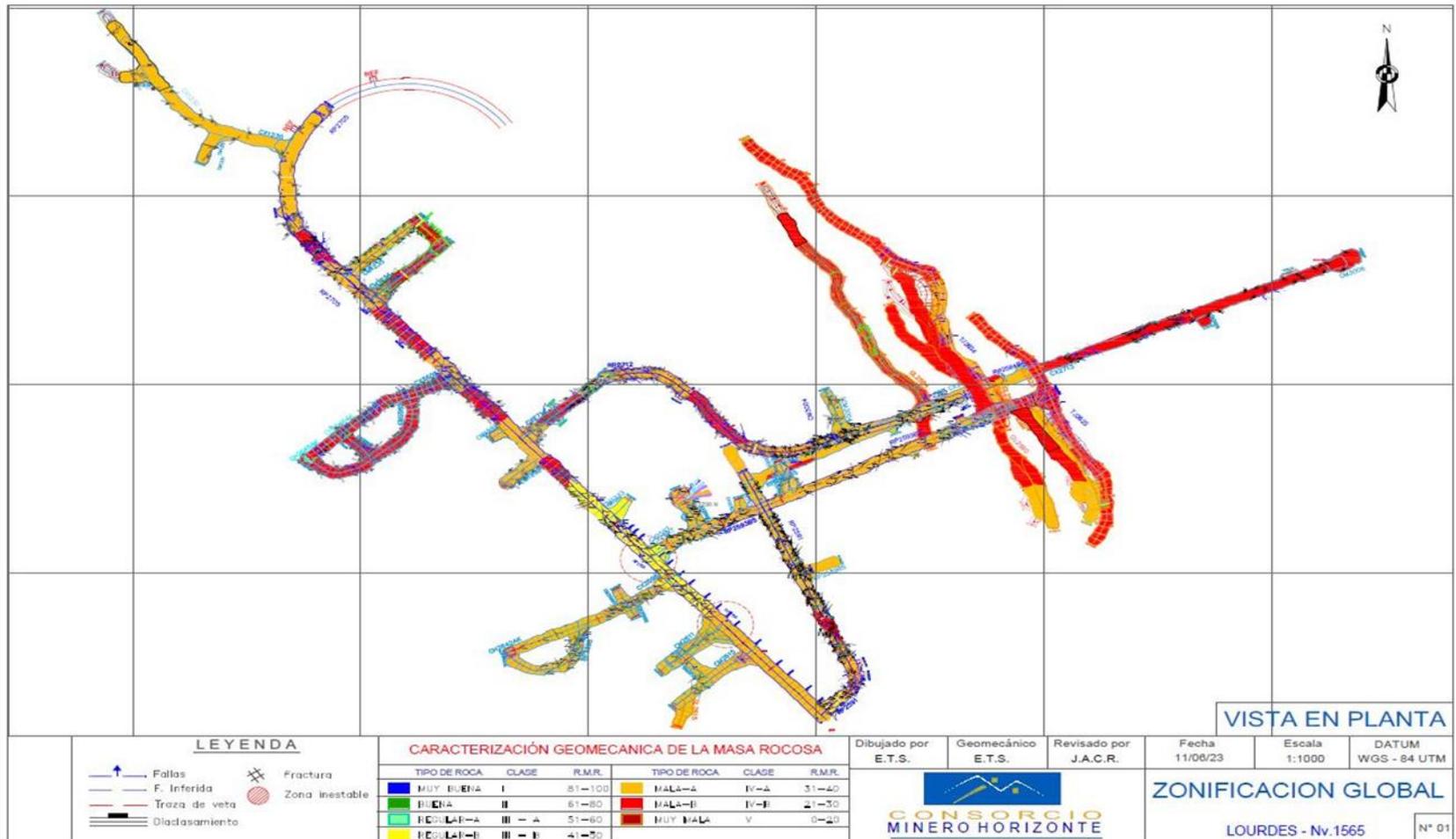
**Figura 2. Geología regional de la UM Parcoy
Tomada del Área de Geología**



**Figura 3. Estratigrafía de la UM Parcoy
Tomada del Área de Geología**



**Figura 4. Sección geológica, UM Parcoy
 Tomada de Tapia Cabanillas (2008)**



**Figura 6. Caracterización de la masa rocosa, Nv 1565, UM Parcoy
Tomada del Área de Geomecánica**

Anexo 3

Fichas de control geomecánico

MINERO HORIZONTE		RECOMENDACIÓN GEOMECÁNICA				U. MINERA: ACUMULACIÓN PARCOY N° 1			
						CÓDIGO : F-08-E001			
						SECCIÓN : GEOMECÁNICA			
						VERSIÓN : 06			
NIVEL	1565	CONTRATA	Corumayo		SUPERVISOR GEOMECANICA		O. Salcedo		
LABOR	Cx 2713	ZONA	Bajo		TIEMPO DE AUTOSOORTE				
FECHA/HORA	PROGRESIVA DE (m) A (m)	TIPO DE ROCA	A (m)	H (m)	L (m)	Shotcrete (m ²)	RMR v	RMR s	OBSERVACIÓN
13/08	60+105	Mala B	6.1	6.1	30	2"	35	28	En Sección DPH
1									
1									
TIPO DE SOSTENIMIENTO		VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKY RMR '89)							
<input type="checkbox"/>	Esesor del Shotcrete	2"							
<input type="checkbox"/>	Fibra Metálica (Kg/m ³)	35 D2							
<input type="checkbox"/>	Tipo de Anclaje	Swellex							
<input type="checkbox"/>	Longitud	10							
<input type="checkbox"/>	Espaciamiento	1.0x1.2							
<input type="checkbox"/>	Malla Electrosoldada	Espaciamiento							
<input type="checkbox"/>	Cimbra Metálica	Espaciamiento							
<input type="checkbox"/>	Cuadro de Madera	Espaciamiento							
<input type="checkbox"/>	Cuadro Metálicos (m)	Espaciamiento							
		TIPO DE ROCA	Muy Buena (I)	Buena (II)	Regular A (III-A)	Regular B (III-B)	Mala A (IV-A)	Mala B (IV-B)	Muy Mala (V)
		RMR	81-100	61-80	41-60	41-50	21-40	1-30	0-20
RECOMENDACIÓN GEOMECÁNICA:									
<ol style="list-style-type: none"> Se debe realizar un minucioso desate de rocas sueltas, eliminar cuñas y/o bloques en hastiales y corona (cumplir el PETS de desate de rocas); así mismo realizar la limpieza completa de los hastiales antes de realizar el sostenimiento con Shotcrete de piso a piso de la labor. El sostenimiento debe ser al tope según la recomendación de la supervisión de Geomecánica, los responsables de la ejecución deben validar las condiciones previas al proceso de sostenimiento, de presentarse problemas de estabilidad durante el proceso se comunicará al Área de Geomecánica. El tiempo de fraguado del Shotcrete (Vía Húmeda y vía Seca): Después del lanzado se deberá cumplir según estándar para realizar el empernado y/o cualquier otra actividad o posterior voladura (antes de ingresar se debe validar las condiciones de la excavación, si el Shotcrete no ha fraguado no ingresar), y el tiempo de curado: se debe mantener húmedo mínimo 7 días (Estándar E0-01A Sostenimiento Mecanizado). 									
<ol style="list-style-type: none"> Realizar el desate minucioso de rocas Bono de cumplimiento de sección a 6.0x6.0 para diamantina Sostenimiento con shotcrete a piso a piso Espacido de piso a 1.0x1.2 de 10pis. 									
SUPERVISOR DE GEOMECANICA CMH		SUPERVISOR DE MINA E.E		SUPERVISOR DE SEGURIDAD E.E		SUPERVISOR DE SOSTENIMIENTO E.E			
DNI: 93809763		DNI:		DNI:		DNI:			
O. Salcedo 13 08 23		/ /		/ /		/ /			
/ /		/ /		/ /		/ /			
/ /		/ /		/ /		/ /			

Figura 15. Recomendación geomecánica - 1, Cx 2713 Tomada del Área de Geomecánica

MINERO HORIZONTE		RECOMENDACIÓN GEOMECÁNICA				U. MINERA: ACUMULACIÓN PARCOY N° 1				
				CÓDIGO : F-08-E001		SECCIÓN : GEOMECÁNICA				
				VERSIÓN : 06						
NIVEL	1565	CONTRATA	Cormayo		SUPERVISOR GEOMECANICA	O Salcedo				
LABOR	Cx 2713	ZONA	Bajo		TIEMPO DE AUTOSOORTE	≤ 4-6 Hr				
FECHA/HORA	PROGRESIVA DE (m)	A (m)	TIPO DE ROCA	A (m)	H (m)	L (m)	Shotcrete (m ³)	RMR v	RMR s	OBSERVACIÓN
03/05/23	4CF20		Hala A	3.7	3.6	28	24	35	30	Control de sección
1										
1										
TIPO DE SOSTENIMIENTO			VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKY RMR '89)							
<input type="checkbox"/>	Esesor del Shotcrete	2"								
<input type="checkbox"/>	Fibra Metálica (Kg/m3)	30 D1								
<input type="checkbox"/>	Tipo de Anclaje	Sueltos								
<input type="checkbox"/>	Longitud	7								
<input type="checkbox"/>	Espaciamiento	1.2 x 1.2								
<input type="checkbox"/>	Malla Electrosoldada	Espaciamiento								
<input type="checkbox"/>	Cimbra Metálica	Espaciamiento								
<input type="checkbox"/>	Cuadro de Madera	Espaciamiento								
<input type="checkbox"/>	Cuadro Metálicos (m)	Espaciamiento								
			RMR	81-100	61-80	51-60	41-50	31-40	21-30	0-20
RECOMENDACIÓN GEOMECÁNICA:										
<ol style="list-style-type: none"> Se debe realizar un minucioso desate de rocas sueltas, eliminar cuñas y/o bloques en hastiales y corona (cumplir el PETS de desate de rocas); así mismo realizar la limpieza completa de los hastiales antes de realizar el sostenimiento con Shotcrete de piso a piso de la labor. El sostenimiento debe ser al tope según la recomendación de la supervisión de Geomecánica, los responsables de la ejecución deben validar las condiciones previas al proceso de sostenimiento, de presentarse problemas de estabilidad durante el proceso se comunicará al Área de Geomecánica. El tiempo de fraguado del Shotcrete (Vía Húmeda y vía Seca): Después del lanzado se deberá cumplir según estándar para realizar el empernado y/o cualquier otra actividad o posterior voladura (antes de ingresar se debe validar las condiciones de la excavación, si el Shotcrete no ha fraguado no ingresar), y el tiempo de curado: se debe mantener húmedo mínimo 7 días (Estándar EO-01A Sostenimiento Mecanizado). 										
<ol style="list-style-type: none"> Desate constante de rocas Control de coladura Rantoneo adecuado de piso a piso para lanzado de Shotcrete hasta piso 										
SUPERVISOR DE GEOMECANICA CMH			SUPERVISOR DE MINA E.E			SUPERVISOR DE SEGURIDAD E.E			SUPERVISOR DE SOSTENIMIENTO E.E	
DNI: 9350970			DNI:			DNI:			DNI:	
O Salcedo 03/05/23			/ /			/ /			/ /	
/ /			/ /			/ /			/ /	
/ /			/ /			/ /			/ /	

Figura 16. Recomendación geomecánica - 2, Cx 2713
Tomada del Área de Geomecánica

MINERO HORIZONTE		RECOMENDACIÓN GEOMECÁNICA						U. MINERA: ACUMULACIÓN PARCOY N° 1		
								CÓDIGO : F-08-E001		
								SECCIÓN : GEOMECÁNICA		
								VERSIÓN : 06		
NIVEL	1565	CONTRATA	Cormayo			SUPERVISOR GEOMECANICA				O. Salgado
LABOR	Cx2713	ZONA	Bajo			TIEMPO DE AUTOSOORTE				≤ 2-4Hv
FECHA/HORA	PROGRESIVA DE (m)	A (m)	TIPO DE ROCA	A (m)	H (m)	L (m)	Shotcrete (m ³)	RMR v	RMR s	OBSERVACIÓN
22/04	20	22	Mala B	4.1	38	2.0	2'4"	30	20	Torneo inestable
1										
1										
TIPO DE SOSTENIMIENTO			VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKY RMR '89)							
<input type="checkbox"/>	Espesor del Shotcrete	2'4"	<p>Diagrama de un sostenimiento de tipo cúpula con anclajes y malla. Se muestran los siguientes detalles: p.kwelloo, sh2° c/f, sh2° s/f, malla 3"x3".</p>							
<input type="checkbox"/>	Fibra Metálica (Kg/m ³)	35 D2								
<input type="checkbox"/>	Tipo de Anclaje	suellax								
<input type="checkbox"/>	Longitud	7								
<input type="checkbox"/>	Espaciamiento	10x1.0								
<input type="checkbox"/>	Malla Electrosoldada	Malla 3x3								
<input type="checkbox"/>	Cimbra Metálica	Espaciamiento								
<input type="checkbox"/>	Cuadro de Madera	Espaciamiento								
<input type="checkbox"/>	Cuadro Metálicos (m)	Espaciamiento								
			RMR	81-100	61-80	51-60	41-50	31-40	21-30	0-20
RECOMENDACIÓN GEOMECÁNICA:										
<ol style="list-style-type: none"> Se debe realizar un minucioso desate de rocas sueltas, eliminar cuñas y/o bloques en hastiales y corona (cumplir el PETS de desate de rocas); así mismo realizar la limpieza completa de los hastiales antes de realizar el sostenimiento con Shotcrete de piso a piso de la labor. El sostenimiento debe ser al tope según la recomendación de la supervisión de Geomecánica, los responsables de la ejecución deben validar las condiciones previas al proceso de sostenimiento, de presentarse problemas de estabilidad durante el proceso se comunicará al Área de Geomecánica. El tiempo de fraguado del Shotcrete (Vía Húmeda y vía Seca): Después del lanzado se deberá cumplir según estándar para realizar el empernado y/o cualquier otra actividad o posterior voladura (antes de ingresar se debe validar las condiciones de la excavación, si el Shotcrete no ha fraguado no ingresar), y el tiempo de curado: se debe mantener húmedo mínimo 7 días (Estándar E0-01A Sostenimiento Mecanizado). 										
<ol style="list-style-type: none"> Control de colgadura 4 ps Torneo inestable Sostenimiento inmediato Realizar un buen fijado de malla para pegado con sh2° s/f 										
SUPERVISOR DE GEOMECÁNICA CMH			SUPERVISOR DE MINA E.E			SUPERVISOR DE SEGURIDAD E.E			SUPERVISOR DE SOSTENIMIENTO E.E	
DNI: 43809163			DNI:			DNI:			DNI:	
O. Salgado 22/04/23			/ /			/ /			/ /	
/ /			/ /			/ /			/ /	
/ /			/ /			/ /			/ /	

Figura 17. Recomendación geomecánica - 3, Cx 2713
Tomada del Área de Geomecánica

Anexo 4

Fotos



Figura 7. Lanzado de shotcrete, Cx 2713, Nv 1565



Figura 8. Resane de shotcrete, Cx 2713, Nv 1565



Figura 9. Colocado de calibradores, control espesor de shotcrete, Cx 2713, Nv 1565



Figura 10. Cálculo del slump de shotcrete, Cx 2713, Nv 1565