

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



T E S I S

**Diseño y control de calidad para la mezcla de concreto lanzado vía húmeda
robotizado. Unidad Económica Animón Compañía Minera Chungar, S.A.**

Región Pasco.

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. Jhonatan Karol LEON AROTINCO

Asesor:

Mg. Silvestre Fabian BENAVIDES CHAGUA

Cerro de Pasco – Perú – 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



T E S I S

**Diseño y control de calidad para la mezcla de concreto lanzado vía húmeda
robotizado. Unidad Económica Animón Compañía Minera Chungar, S.A.**

Región Pasco.

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Edwin Elías SANCHEZ ESPINOZA
PRESIDENTE

Ing. Toribio GARCIA CONTRERAS
MIEMBRO

Ing. Julio Cesar SANTIAGO RIVERA
MIEMBRO



Firmado digitalmente por CONDOR
SURICHAQUI Sarita Silvia FAU
20154605046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 02.06.2024 20:22:56 -05:00



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
Facultad de Ingeniería de Minas



Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 013-2024

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el Software Turnitin Originality, que a continuación se detalla:

Presentado por:

Bach. Jhonatan Karol, LEON AROTINCO.

Escuela de Formación Profesional
Ingeniería de Minas

Tipo de trabajo:
Tesis

Título del trabajo

“Diseño y control de calidad para la mezcla de concreto lanzado vía húmeda robotizado. Unidad Económica Animón Compañía Minera Chungar, S.A. Región Pasco”

Asesor:

Mg. Silvestre Fabián, BENAVIDES CHAGUA

Índice de Similitud: **5 %**

Calificativo
APROBADO

Se adjunta al presente el informe y el reporte de evaluación del software similitud.

Cerro de Pasco, 2 de junio de 2024.

Sello y Firma del responsable
de la Unidad de Investigación

DEDICATORIA

A mis hijos Hank y Shon, por ser quienes me impulsan a ser mejor cada día.

De forma especial a mi madre Ana María por ser mi modelo a seguir, por creer en mi capacidad y brindarme su dedicación pese a todos los contratiempos e imprevistos de la vida.

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser dador de inteligencia y vida, por ser el creador del futuro y porvenir.

A mis hijos, por ser mi inspiración y fuerza, que impulsa mi desarrollo profesional, coadyuvando al cumplimiento de mis metas, a mi esposa por ser tan especial en mi vida y apoyo incondicional en momentos buenos y malos.

A mi madre que, con su ejemplo, pundonor, determinación y enseñanzas forjaron en mí, una persona de bien.

A mis docentes de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, quienes con su ciencia y experiencia brindaron una formación académica digna de resaltar.

El autor.

RESUMEN

En el tratamiento de la tesis de diseño y control de calidad para la mezcla de concreto lanzado vía húmeda robotizado. U.E. Animón Compañía Minera Chungar, S.A. Región Pasco, se desarrolló mediante el tratamiento y análisis de la totalidad de horas de labor, costo total de labor de shotcrete, los cuales muestran datos reales para el diseño y control del shotcrete en labores de sostenimiento subterráneo. El proceso facilita datos reales en el proceso de mezcla y labor de shotcrete, a fin de incrementar el índice de seguridad en labores subterráneas. Para materializar el diseño y control de mezcla de concreto, se tendrá que concluir si la presentación y características de la mezcla de concreto, es adecuada, cumpliendo los estándares de calidad y requerimientos para una labor de sostenimiento con shotcrete. Durante los últimos años, la tecnología se encuentra a la vanguardia en los avances para el sostenimiento de labores mineras, puesto que ello, brinda un alto índice de seguridad, lo cual reduce accidentes o incidentes ocupacionales, del mismo modo posterior al análisis de datos, procesos y resultados, se concluye que la totalidad de horas de empleo de concreto proyectado, en el transcurso de mayo, junio y julio, acumularon una totalidad de 1,474.5 h, en consecuencia, la labor que produce más alta consumición de concreto proyectado es el TJ_SN400E y el TJ_SN600W, con un acumulado de 1,260 h y una influencia de 85.45 %, el SN200W y el SN100W, con un acumulado de 168 h y una influencia de 11.39 %, asimismo la RP4025, tiene en consideración un acumulado de 46.5 h y una influencia de 3.15 %. Cabe indicar, la reducción del índice de accidentes. Asimismo, se optimizó el nivel de producción de 1,300 T.M.D. a 3,500 T.M.D. en los cuatro años pasados. Por otro lado, se generó el ambiente laboral óptimo, brindando confianza y seguridad a los colaboradores.

Palabras clave: diseño, mezcla, concreto, shotcrete, labor, seguridad, sostenimiento

ABSTRACT

In the treatment of the design and quality control thesis for the robotic wet shotcrete mix. U.E. Animón Mining company Chungar, S.A. Pasco Region, was developed through the treatment and analysis of all labor hours, total cost of shotcrete work, which show real data for the design and control of shotcrete in underground maintenance work. The process provides real data in the mixing and shotcrete working process, in order to increase the safety index in underground work. To materialize the design and control of the concrete mix, it will have to be concluded whether the presentation and characteristics of the concrete mix are adequate, meeting the quality standards and requirements for maintenance work with shotcrete. During the last few years, technology has been at the forefront of advances in the maintenance of mining work, since it provides a high safety index, which reduces accidents or occupational incidents, in the same way after data analysis, processes and results, it is concluded that the total hours of use of shotcrete, during May, June and July, accumulated a total of 1,474.5 h, consequently, the work that produces the highest consumption of shotcrete is the TJ_SN400E and the TJ_SN600W, with a cumulative of 1,260 h and an influence of 85.45%, the SN200W and SN100W, with a cumulative of 168 h and an influence of 11.39%, likewise the RP4025, takes into consideration a cumulative of 46.5 h and an influence of 3.15 %. It should be noted the reduction in the accident rate. Likewise, the production level of 1,300 T.M.D. was optimized. to 3,500 T.M.D. in the past four years. On the other hand, the optimal work environment was generated, providing confidence and security to collaborators.

Keywords: design, mix, concrete, shotcrete, work, production, security, support.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis, es el resultado de la formación profesional, obtenida mediante la instrucción en la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, la referida educación, la cual permitió cubrir todos los requisitos y normas vigentes en nuestra alma mater, permite finalizar de manera exitosa el proceso de titulación, donde antes de la formulación de la presente, se efectuó un análisis detallado del diseño y control del concreto lanzado por vía húmeda robotizado, el mismo que brinda posibilidades de incrementar el índice de seguridad y lograr labores subterráneas más seguras, evitando posibles accidentes o incidentes ocupacionales.

Las causas que motivaron el desarrollo de la presente, responden al requerimiento de reconocer, formular y generar un óptimo diseño y control del shotcrete por vía húmeda robotizado, del mismo modo reconocer sus propiedades y beneficios para la actividad minera subterránea, asimismo cumplir con el estándar de calidad y procedimientos establecidos, cabe resaltar que, el presente estudio muestra los cálculos numéricos para obtener una mezcla óptima para el shotcrete y su proyección mediante medios robotizados. Motivo por el cual se procedió a ejecutar un estudio cualitativo para dicho diseño y control.

La tesis plantea como objetivo general: Realizar un estudio de los procedimientos para el diseño de mezcla y control de calidad del concreto lanzado vía húmeda robotizado en la Compañía Minera Chungar, S.A. Unidad Económica Animón. Asimismo, se propusieron objetivos específicos tales como: Elaborar el diseño de mezcla para el concreto lanzado vía húmeda robotizado, establecido en las normas vigentes. Desarrollar pruebas de laboratorio que están relacionadas con el diseño y control de calidad de mezclas de concreto lanzado vía húmeda robotizado. Determinar la relación entre el diseño de mezcla y control de calidad del concreto lanzado vía húmeda robotizado.

La presente se distingue por relevar la importancia de los efectos de un sostenimiento eficiente y efectivo para incrementar el índice de seguridad y reconocer datos y realizar cálculos para el diseño y control de shotcrete por vía húmeda robotizado, causando un efecto positivo en labores mineras, involucrando directamente a la Unidad Minera Animón S.A. y sus colaboradores; mantener un alto índice de seguridad mediante el resultado del diseño y control, brinda la confianza de realizar trabajos en zonas seguras, buscando reducir costos y optimizar operaciones.

El capítulo I, plantea el estudio del diseño de mezcla y control de calidad en los procesos y parámetros básicos que se requieren para obtener un concreto de calidad, durabilidad en el tiempo, con los estándares de seguridad que exige las normas vigentes para concreto lanzado vía húmeda robotizado en la Compañía Minera Chungar, S.A. Unidad Económica Animón, del mismo modo sugiere como problema general: ¿Cómo realizar el diseño de mezcla y control de calidad del concreto lanzado vía húmeda robotizado en la Compañía Minera Chungar, S.A. Unidad Minera Animón?, la misma que será desarrollada en el transcurso de la investigación. El capítulo II, precisa los antecedentes de estudio, bases teóricas y definición de términos, tanto a nivel nacional e internacional, los cuales sirven como pilares para la presente, formulando una hipótesis general refiriendo que, el diseño de mezcla y control de calidad del concreto lanzado vía húmeda robotizado optimizará el sostenimiento de labores mineras en interior mina de la Compañía Minera Chungar, S.A. Unidad Económica Animón, asimismo se define como variable independiente al diseño de mezcla y control de calidad y variable dependiente al concreto lanzado vía húmeda y su operacionalización. El capítulo III, explica la metodología y técnicas de investigación aplicada en el diseño y control de shotcrete por vía húmeda robotizado, asimismo muestra el procesamiento de datos, procedimiento de muestreo, técnicas e instrumentos de recolección de datos entre otros. El capítulo IV,

define la presentación de resultados, análisis y su interpretación, generalidades de la Compañía Minera Chungar, S.A. Unidad Económica Animón, minado subterráneo, sostenimiento de labores, minado con asistencia del sistema de explotación basado en NAMT, estándares, mejora continua y diseño de concreto lanzado, asimismo en la discusión de resultados, obtenemos resultados de tratamiento y análisis de horas de labor, costo total de labores de shotcrete, comentario económico, análisis de relación de horas entre metros cúbicos y análisis de pérdidas de tiempo por labor de rampa. Finalmente contamos con las conclusiones y recomendaciones basadas en el diseño y control de concreto lanzado vía húmeda robotizado.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE GRÁFICOS

ÍNDICE DE CUADROS

ÍNDICE DE ANEXOS

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema.	1
1.2.	Delimitación de la investigación	2
1.3.	Formulación del problema.....	2
1.3.1.	Problema general	2
1.3.2.	Problemas específicos.	2
1.4.	Formulación de Objetivos	3
1.4.1.	Objetivo General	3
1.4.2.	Objetivos Específicos	3
1.5.	Justificación de la investigación	4
1.6.	Limitaciones de la investigación	4

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio	5
2.2.	Bases teóricas - científicas.....	8
2.3.	Definición de términos básicos	27
2.4.	Formulación de Hipótesis.....	29
2.4.1.	Hipótesis General	29
2.4.2.	Hipótesis Específicas.....	29
2.5.	Identificación de Variables.....	30
2.6.	Definición Operacional de variables e indicadores.....	30

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación	32
3.2.	Nivel de investigación	32
3.3.	Métodos de investigación.....	33
3.4.	Diseño de la investigación.....	33
3.5.	Población y muestra.	34
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	34
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	35
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.	35
3.9.	Tratamiento Estadístico.....	36
3.10.	Orientación ética, filosófica y epistémica.	36

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo	37
------	----------------------------------------	----

4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	88
4.3.	Prueba de Hipótesis	96
4.4.	Discusión de resultados	97

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Cemento portland Andino y Sol.....	8
Gráfico 2 Agregados, arena fina, arena gruesa.....	10
Gráfico 3 Aditivos superplastificantes	14
Gráfico 4 Aditivo acelerante.....	14
Gráfico 5 Arenas puzolanas naturales	15
Gráfico 6 Concreto lanzado vía húmeda	19
Gráfico 7 Secuencia de aplicación de shotcrete	21
Gráfico 8 Equipo Alpha 20.....	23
Gráfico 9 Ubicación y accesibilidad: Unidad Económica Animón.....	24
Gráfico 10 Unidad Económica Animón	25
Gráfico 11 Afloramiento de las capas rojas de la formación Casapalca	26
Gráfico 12 Plano geológico Unidad Económica Animón	27
Gráfico 13 Ubicación de la Unidad Minera Chungar.....	38
Gráfico 14 Vista panorámica U. M. Chungar.....	39
Gráfico 15 Formación de laguna	40
Gráfico 16 Rocas intrusivas hipabisales.....	40
Gráfico 17 Principales estructuras mineralizadas U.M. Chungar	42
Gráfico 18 Esquema estructural de la U.M. Chungar.....	43
Gráfico 19 Análisis geomecánico de labores	45
Gráfico 20 Método de corte y relleno ascendente Mina Chungar.....	48
Gráfico 21 Método de taladros largos U. M. Animón Chungar	49
Gráfico 22 Estructura típica de vetas de mineral, Pb y Cu masivo	52
Gráfico 23 Diseño Estándar típico de Barretillas UM. Animón.....	66
Gráfico 24 Cruceos principales	67

Gráfico 25 Sostenimiento en chimeneas	67
Gráfico 26 Sostenimiento en galerías	68
Gráfico 27 Sostenimiento en tajeos	68
Gráfico 28 Diferencia uso de shotcrete con fibra y shotcrete con malla.....	71
Gráfico 29 Infraestructura de la Planta de concreto U. M. Chungar	72
Gráfico 30 Diferencia tipos de fibras para shotcrete	72
Gráfico 31 Diseño de labor subterránea para cálculo de shotcrete.....	73
Gráfico 32 Abastecimiento de material para el shotcrete vía húmeda	76
Gráfico 33 Proceso de lanzado del concreto robotizado vía húmeda.....	76
Gráfico 34 Proceso de empernado de las rocas Jumbo 281-RE-77.....	77
Gráfico 35 Diseño de labor sub., para cálculo de cantidad de pernos.....	77
Gráfico 36 Proceso de expansión el perno Hydrabolt	79
Gráfico 37 Pernos de expansión para sostenimiento.	80
Gráfico 38 Pernos de Fricción (Split Set).....	81
Gráfico 39 Malla Electro-soldada.....	82
Gráfico 40 Jackpot.....	82
Gráfico 41 Estructura y versatilidad del equipo Alpha U. M. Animón.....	84
Gráfico 42 Insumos componentes de la mezcla para el shotcrete	87
Gráfico 43 Diagrama de barras de horas de labor de shotcrete	89
Gráfico 44 Diagrama de barras costo total - labor shotcrete	92
Gráfico 45 Horas de labor shotcrete vía seca vs vía húmeda	94
Gráfico 46 Diagrama de barras de la relación horas vs M3 de shotcrete	94

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Operacionalización de Variables.....	31
Cuadro 2 Ruta geográfica - tres accesos	38
Cuadro 3 Unidades lito estratigráficas y crono estratigráficas.....	43
Cuadro 4 Mapeo geomecánico RP: Nv. 4025 Veta Gisela	47
Cuadro 5 Clasificación RMR de la tabla geomecánica.....	51
Cuadro 6 Características del agregado para la mezcla.....	56
Cuadro 7 Estándar de Barreta usadas para el proyecto	65
Cuadro 8 Composición Promedio de shotcrete vía húmeda	75
Cuadro 9 Cálculo de la cantidad de material para shotcrete húmedo	77
Cuadro 10 Cálculo de la cantidad de pernos	83
Cuadro 11 Cálculo de la cantidad de malla.....	83
Cuadro 12 Total de horas de labor de shotcrete, por labor, período	88
Cuadro 13 Costo total de horas de lanzamiento de shotcrete, mayo a julio.....	92
Cuadro 14 Relación de horas y m ³ de shotcrete por labor de mayo a julio	94

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Prueba de slump o asentamiento.

Anexo 2 Termómetro digital Traceable - temperatura de concreto.

Anexo 3 Método penetrometro digital Mecmesin AFG 1000.

Anexo 4 Método equipo pistola Hilti DX 450 con el equipo de Pull Test.

Anexo 5 Armado de Jackpot.

Anexo 6 Vista Transversal del posicionamiento y lanzado del shotcrete vía húmeda.

Anexo 7 Armado de Jackpot.

Anexo 8 Pernos de compresión y fricción uniaxial (HIDRABOLT).

Anexo 9 Matriz de consistencia.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.

El diseño de mezcla y control de calidad del concreto lanzado vía húmeda, es imprescindible, puesto que las diferentes empresas mineras, no obtienen datos que logren ser homologados en base a las características que brinda el concreto lanzado, empleando diversas clases de cemento y aditivos acorde al uso que, el concreto tendrá en los diferentes tipos de terrenos que se muestran en cada distrito minero y que, al no aplicar un correcto diseño de mezcla considerando el tipo de cemento y otros elementos podemos tener un pésimo comportamiento del concreto, a consecuencia de no cumplir correctamente los procedimientos de elaboración, manejo y colocación del concreto lanzado vía húmeda. En la Unidad Económica Animón, donde se utiliza concreto lanzado vía húmeda con equipo robotizado, para el sostenimiento de labores mineras subterráneas, se realizan pruebas a los insumos: cemento, agregados, aditivos, adiciones; con la finalidad de conseguir mejoras en su uso, tratando en lo posible de minimizar costos, guardando la eficiencia y calidad.

En el presente se plantea el estudio del diseño de mezcla y control de calidad en los procesos y parámetros básicos que, se requieren para obtener un concreto de calidad, durabilidad en el tiempo, con los estándares de seguridad que exige las normas vigentes para el concreto lanzado vía húmeda robotizado en la Compañía Minera Chungar, S.A. Unidad Económica Animón.

1.2. Delimitación de la investigación

Delimitación espacial, el estudio se circunscribirá en la Compañía Minera Chungar, S.A. Unidad Económica Animón, ubicada en el Distrito de Huayllay, Provincia y Región Pasco.

Delimitación temporal, la ejecución del presente estudio tendrá un tiempo de seis (6) meses: febrero del 2023 hasta agosto del 2023.

Delimitación temática, el motivo del presente reside en evidenciar el diseño de mezcla y el control de calidad para una mejor eficiencia del concreto lanzado robotizado en la Unidad Económica Animón, Pasco.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cómo realizar el diseño de mezcla y control de calidad del concreto lanzado vía húmeda robotizado, para mejorar el sostenimiento en la unidad económica Animón Compañía Minera Chungar, S.A.?

1.3.2. Problemas específicos.

- a. ¿Cómo efectuar el diseño de mezcla para el concreto lanzado vía húmeda robotizado, establecido en las normas vigentes, para mejorar el sostenimiento en la Unidad Económica Animón Compañía Minera Chungar, S.A.

- b. ¿Cómo desarrollar las pruebas de laboratorio que están relacionadas con el diseño y control de calidad de mezclas de concreto lanzado vía húmeda robotizado para mejorar el sostenimiento en la Unidad Económica Animón Compañía Minera Chungar, S.A.?
- c. ¿Cómo evaluar la relación entre el diseño de mezcla y control de calidad del concreto lanzado vía húmeda robotizado, mejorar el sostenimiento en la Unidad Económica Animón Compañía Minera Chungar, S.A.?

1.4. Formulación de Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Realizar un estudio de los procedimientos para el diseño de mezcla y control de calidad del concreto lanzado vía húmeda robotizado, para mejorar el sostenimiento en la unidad económica Animón Compañía Minera Chungar, S.A.

1.4.2. Objetivos Específicos

- a. Elaborar el diseño de mezcla para el concreto lanzado vía húmeda robotizado, establecido en las normas vigentes para mejorar el sostenimiento en la Unidad Económica Animón Compañía Minera Chungar, S.A.
- b. Desarrollar pruebas de laboratorio que están relacionadas con el diseño y control de calidad de mezcla de concreto lanzado vía húmeda robotizado para mejorar el sostenimiento en la Unidad Económica Animón Compañía Minera Chungar, S.A.
- c. Determinar la relación entre el diseño de mezcla y control de calidad del concreto lanzado vía húmeda robotizado, para mejorar el sostenimiento en la Unidad Económica Animón Compañía Minera

Chungar, S.A.

1.5. Justificación de la investigación

Demostrar que, el diseño de mezcla y control de calidad en el concreto lanzado robotizado es eficiente en el revestimiento de labores subterráneas en la Unidad Económica Animón.

Para el diseño de mezcla y control de calidad en el concreto lanzado, se tuvo en cuenta las características geológicas, geométricas, geomecánicas y el tipo de la masa rocosa de las labores mineras.

El diseño de mezcla y control de calidad en el concreto lanzado robotizado en la Unidad Económica Animón, tiene justificación técnica sustancial, logrando la prevención de caída de rocas y seguridad tanto para el personal como equipos.

1.6. Limitaciones de la investigación

En el transcurso de la investigación, no habrá restricciones en lo referente a la recopilación de datos, ello a consecuencia de la buena disposición y colaboración de profesionales quienes nos apoyarán a realizar el estudio planteado.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes nacionales

- a) Cruz (2019)**, en su tesis: Formulación de una mezcla de concreto con fines de optimizar el tiempo de fraguado en el concreto proyectado aplicado a la minería subterránea, en la Escuela Profesional de Ingeniería de Materiales de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Sus principales conclusiones son: Reducción del período de acción de la fragua en un 25 % en homologación a los datos resultantes previos de 4 a 3 horas, logrando resistencias al inicio de 2.5 Mpa, posterior a 3 horas del concreto proyectado con una correlación A/C de 0.46 y 0.8 % de aditivos híper plastificante Master Ease 3014 (D 1). La correlación A/C de 0.46 y 0.8 % de aditivos híper plastificante Master Ease 3014 se logró una mezcla óptima deseada y proba con fines de bombeo de concreto lanzado, con dicha mezcla se superó la solidez de 2 MPa transcurridas las 3 horas de concreto proyectado. Con niveles

reducidos de aditivos híper plastificante Master Ease 3014, se obtiene concreto bajo en maniobrabilidad al transcurso de 1 hora, en cambio si se utiliza un nivel superior de 1% el concreto, procede a exudar y expulsar peculiaridades que no son óptimas para aceptar dicho concreto.

- b)** Torres, (2016), en su tesis: Diseño y aplicación de shotcrete para optimizar el sostenimiento en la Unidad Económica San Cristóbal - Minera Bateas, en la E.P. de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. Sus terminaciones básicas son: El empleo de la técnica vía húmeda optimiza las labores mineras, puesto que muestra polución en poca proporción, por lo cual debe ser usado en toda operación minera, siempre y cuando cumpla con los requerimientos necesarios en los procesos de la U.M. San Cristóbal. Teniendo en consideración la velocidad y eficiencia del lanzamiento de concreto como un medio principal en el proceso de sostenimiento de minería subterránea, tenemos en aquel, un componente sustancial como respuesta tanto para controlar derrumbes, como para un sostenimiento provisorio para trabajos de avance y/o profundización. Con la sustitución de concreto lanzado en lugar de malla electro soldada, se reduce en un porcentaje de 83,3% los infortunios por accidentes por caída de roca.

2.1.2. Antecedentes internacionales

- a)** **Martínez**, en su tesis titulada Análisis del concreto lanzado como revestimiento definitivo para túneles, determinó los servicios del concreto echado como cubierta en túneles en concreto convencional, lo

cual propicia variabilidad en Colombia. Esta técnica permite la ejecución de más proyectos al reducir costos y mano de obra.

- b) Miguel Ángel Mejía** de la Universidad autónoma de México en su tesis: “Procedimientos Generales de Construcción para Obras Subterráneas en Roca” tiene como objetivo: “determinar las condiciones geotécnicas del terreno y que intervengan en el diseño y vida útil del proyecto ingenieril en función de la dimensión y naturaleza del proyecto y los estudios geológicos – geotécnicos” llegando a la conclusión: “que los estudios geológicos y geotécnicos son de gran relevancia”.
- c) Jorge Andrés MARTÍNEZ VARGAS** de la Pontificia Universidad Javariana – Bogotá - Colombia en su tesis: “Análisis del concreto lanzado como revestimiento definitivo para túneles”, se plantea como objetivo: “Analizar los 20 beneficios del concreto lanzado como revestimiento definitivo en túneles en comparación con el uso del concreto convencional”, llegando a la conclusión que: “un análisis de experiencias de túneles viales muestra que puede lograrse revestimientos con espesores entre 5 y 15 cm, en concreto lanzado con fibras, frente a más de 30 cm que exige el concreto convencional como requerimiento técnico”.

2.2. Bases teóricas - científicas

2.2.1. Mezcla

2.2.1.1. Cemento

Es un acumulante, con una presentación en polvo altamente fino de color gris que, al ser combinado con agua se apelmaza, teniendo como resultado una mezcla pareja y sólida, obteniendo características de resistencia y adherencia, pertenecen a la clase de materiales denominados aglomerados hidráulicos.

Gráfico 1 Cemento portland Andino y Sol



Es el resultado de la transfiguración de un elemento primo, el mismo que podría estar conformado de una mescolanza de diversos minerales, arcillas y calizas o básicamente de calizas. Este elemento primo, al final es molido y sometido a altos niveles de temperatura, un promedio de 1400° C a 1450° C, mediante un horno (vertical o rotatorio), obteniendo como resultado al Clinker, que al ser molido a niveles finos con un porcentaje de 5% en pesaje con yeso, resulta el cemento.

En la actualidad, el cemento es uno producto de la industria para la construcción muy aplicado, puesto que conlleva un segmento primordial

del concreto, un elemento material tenaz y sólido, que se manipula en manera líquida, siendo muy versátil en él logró de figuras y formas para el exterior.

2.2.1.2. Agregado

Se entiende por "agregado" a la mezcla de piedras y arena con nivel de granulometría alterable, son componentes pasivos en el concreto, los mismos que son agrupados por la pasta del producto, conteniendo un resultado estructural fuerte.

Considerando la interpretación, acorde a la ASTM C-125, es denominado como agregado a toda aquella materia granular, así como la roca chancada, gravas y arena fina con material cementante a fin de formar mortero o concreto hidráulico.

Por lo general el agregado tiene un porcentaje del 60% al 75% de volumen del concreto (de un 70% al 85% de peso), actuando de forma notable en las características del concreto recientemente combinado y tenaz, en la magnitud de la mezcla, y en lo económico.

Suelen tener proporciones, oscilantes entre partículas cuasi visibles a trozo de roca. Al combinarse agua, cemento y otros aditivos, componen el grupo de insumos requeridos y obtener el concreto.

Partiendo de una visión económica, es mucho más rentable tener mezclas con alta porción de agregados y mínimo volumen de cemento, del mismo modo es imprescindible hallar el equilibrio entre un buen nivel de concreto con alto estándar de calidad y un costo parcialmente bajo a fin de no situar en riesgo, las propiedades de una labor donde se emplea mezcla con cemento.

Es imperante considerar que cada uno de los agregados, mantiene diferentes propiedades, las mismas que, son dependientes básicamente de la roca en la cual fueron transformadas. En otros términos, depende del origen de su roca madre y la forma que se transformó la roca madre en agregado suelto.

Clasificación según el diámetro medio de sus partículas:

Agregados Finos, es aquel que posee un tamizaje de 3/8" y se retiene en una malla de número 200, la más común es la arena resultado de la descomposición de rocas.

Agregados Gruesos, es aquel que posee un tamizaje de número 4 y resulta de la disgregación de rocas; asimismo se puede clasificar en grava y roca chancada.

Gráfico 2 Agregados, arena fina, arena gruesa



2.2.1.3. Agua

Elemento esencial en la preparación del concreto lanzado, que se encuentra relacionado con la resistencia, manchado, corrosión del refuerzo y propiedades del concreto endurecido.

El líquido elemento (agua) usado para la producción de concreto, incorporando el agua inherente del agregado, tiene que ser pura y evitar el contenido dañino en cantidades de aceite, ácido, álcali, sal, material orgánico, entre otros elementos que perjudiquen al concreto o en su defecto al acero.

El líquido elemento, cumple dos funciones específicas tales como; ser parte de la mezcla de concreto a preparar, en la cual cumple la función de la hidratación del cemento, por otro lado, sanar al concreto a fin de respaldar un permanente beneficio de resistencia.

Primigeniamente el agua es utilizada, para mezclar y obtener concreto, es definido para utilizarlo de manera interna, por otro lado, es usada con fines de curado, es denominada como agua de uso externo. Tanto este como aquel uso de agua, generan diversos efectos y mantiene distinta importancia, es natural que los procedimientos señalen el uso de la misma calidad de agua orientada en ambos casos.

El líquido elemento incluido en la mezcla tiene primordial importancia, asimismo en la casi totalidad de los casos, el requerimiento está orientado a ceñirse al presente requisito, del mismo modo es recomendable que, el agua para el curado y para la mezcla, deberán ser la misma, a fin de impedir se menosprecie el empleo de curado y evitar el uso del agua con calidad no adecuada.

2.2.1.4. Aditivos

Componente o producto (orgánico e inorgánico) que, asociado al hormigón, anterior, durante o en el transcurrir del amasado complementario, en una magnitud que no supere un porcentaje del 5% de

peso del componente cemento, resulta una modificación esperada, en situación fresca y/o endurecida, de una de sus propiedades, de las características normales o de su conducta. Son capaces de ser solventes en el agua y son administrados como porcentaje de peso del cemento. Su repercusión es determinada en concordancia con el agua y la porción del agua necesaria para incrementar a la mezcla, ello a fin de alcanzar una mezcla compacta y dócil.

Por otro lado, estos se utilizan en la técnica de concreto proyectado, con la finalidad de optimizar o complementar las características del concreto, tanto concreto fresco, concreto endurecido o con fines de mejora de cualidades de fijación. Es primordial que, antes del uso de los aditivos, estos deben ser ensayados, con el fin de obtener resultados anhelados, Todo aditivo deberá ceñirse estrictamente a la normativa ASTM pormenorizada para cada tipo de aditivo.

Todo aditivo usado en el concreto lanzado, son aplicados con el fin de obtener características óptimas referente al concreto, para que, los mismos logren cumplir su cometido en las labores de sostenimiento. El aditivo utilizado en el procedimiento de lanzado, es el acelerador de fragua, el que es usado a fin de obtener gran resistencia al inicio en el concreto y conseguir el fenómeno de adherencia entre el sustrato y la mezcla proyectada.

Aditivo acelerante o el acelerante de fragua utilizado para shotcrete, se puede clasificar en base a su estructura química y su forma de acción y efectos en la fragua en el concreto.

El acelerante primigenio se formó en base al cloruro de calcio

(CaCl₂), se desfasó a causa que sus componentes corroen el acero. Posteriormente, con la vanguardia e investigaciones más a detalle, lograron producir aditivos acelerantes en base de componentes silicatos y aluminados, los silicatos como resultado de la fusión de sal sódica y cuarzo. Ésta clase de aditivo, evitan la corrosión del acero, por otro lado, es altamente dañino para los ecosistemas como para el propio ser humano, ello a causa que su grado de acidez (pH) es mayor a 10.

En la actualidad se amplifican tecnologías a la vanguardia, en el rubro del acelerante de fragua, los mismos que son no cáusticos y liberados de álcali, asimismo son dañinos en baja proporción, tanto para el ecosistema y seres humanos.

Aditivo súper plastificante o el aditivo plastificante y súper plastificante o comúnmente conocidos como reductores de agua, se utilizan a fin de optimizar la maniobrabilidad del concreto y su característica coercitiva en la condición plástica. Estos tienen la capacidad de incrementar su instalación, sin requerir el incremento o reducción de la relación o índice cemento y agua.

Un reducido índice en relación al cemento y agua, se correlaciona de manera directa con una elevada resistencia y un sustancial incremento en la suficiencia de bombeo. El aditivo actúa reduciendo la tensión en la superficie del agua, generando un período intermedio entre los componentes de la mezcla (agua y cemento), reduciendo la atracción de partículas y optimizando el fenómeno de hidratación.

Gráfico 3 Aditivos superplastificantes

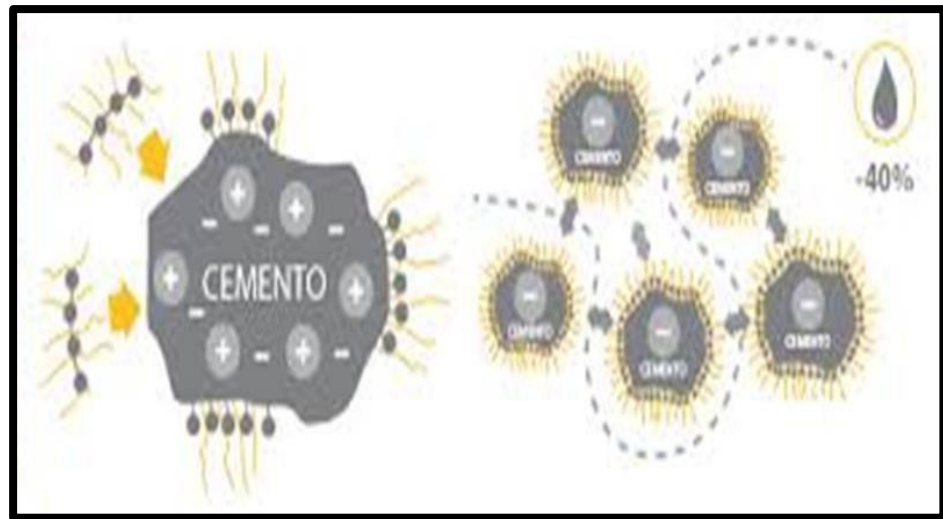


Gráfico 4 Aditivo acelerante



2.2.1.5. Adiciones

En disparidad del aditivo que, es un producto químico industrial, la adición tiene procedencia no metálica y mineral.

La integración de la adición, es efectuada para generar una reacción química con hidróxido de Ca, como resultado de la mojadura del cemento, con la finalidad de reducir poros capilares, incrementando la resistencia mecánica, se clasifican en adiciones minerales, tales como:

La puzolana, el cual es un Material silíceo o sílice/aluminoso, que

independientemente tienen baja o nulo proceso hidráulico, por otro lado, ante la existencia de agua, actúa a nivel químico con hidróxido de Ca, a fin de generar compuestos con características hidráulicas. Están sub divididas en: Naturales. Formados en la naturaleza. Como: Cenizas volcánicas, tufos o tobas volcánicas (zeolitas), tierras de diatomeas (diatomitas) y Artificiales, son sub productos industriales y materiales tratados, como: cenizas volantes, arcillas activadas térmicamente, cenizas de cáscara de arroz, micro sílice.

Gráfico 5 Arenas puzolanas naturales



La fibra de acero, esta brinda alta repulsión a la flexión, y normalmente continúan brindando resistencia a la flexión, posterior a la ruptura del concreto.

El vínculo de la resistencia de la tracción y a la compresión es muy reducida en el concreto. Del mismo modo, no es capaz de asimilar energía previa a la ruptura de concreto.

A fin de neutralizar las deficiencias, existe la posibilidad de integrar la denominada fibra metálica. Esta fibra contribuye a la absorbencia de energía anterior a la ruptura e incrementa gran resistencia a

la flexión, balanceando los niveles del concreto.

El motivo de optar por la fibra metálica, antes que la malla metálica, radica en, que la proporción de la fibra de acero es más reducida que las mallas, en consecuencia, es viable adherir una elevada cantidad de fibra en una determinada área.

Otro motivo, radica en la partición de la fibra metálica, puesto que, en conjunto son tridimensionales, contrario al comportamiento de la malla, la misma que trabaja en forma bidimensional. Esta clase de asignación genera un óptimo performance del concreto proyectado.

La proporción en fibras metálicas de acero a ser utilizada dentro de la mezcla del concreto lanzado, varía de acuerdo a las presiones que debe soportar del macizo rocoso.

2.2.2. Control de calidad.

Se determina como la realización de los procedimientos aplicados al proyecto en desarrollo. Asimismo, se precisa como un acoplamiento de toma de decisiones, acciones adoptadas, según los requerimientos de los procesos, del mismo modo supervisar la realización de procedimientos determinados.

Las labores de concreto proyectado, se debe realizar con personal debidamente capacitado y acreditado, liderado por un colaborador especializado y a cargo del Control de Calidad, el mismo que tendrá responsabilidad en todo el proceso.

2.2.2.1. Control de calidad del concreto lanzado.

El concreto es óptimo o de alta calidad, en la magnitud que los requerimientos para los que fue creado, se cumplan de manera eficiente. Todo ello es logrado, en base a técnicas y materiales de alta calidad, que

son utilizados en la producción del mismo.

Por otro lado, un alto déficit en la calidad del concreto a utilizar, significa un riesgo potencial para el sostenimiento e índice de seguridad de una labor.

El control de calidad del concreto al igual que, el de cualquier producto se basa en tres actividades:

- Control de materias primas.
- Supervisión del proceso completo de fabricación.
- Verificación total del producto terminado.

La verificación más utilizada para un control de calidad óptimo en el concreto fresco es:

- Asentamiento.
- Peso unitario.
- Contenido de aire.

El concreto proyectado es un elemento con múltiples aplicaciones, por lo mismo, es necesario mantener especial atención y cuidado. No obstante, es básico determinar los procesos para un control de calidad eficiente, con la finalidad de respaldar que, el resultado final cumpla con sus funciones para lo cual fue diseñado y mantenga una vida útil requerida.

2.2.2.2. Factores

Diseño, son usados para determinar moldeados, espesores, refuerzo y proporciones de mezcla.

Materiales, son el origen y la calidad de la totalidad de material, debe ser entregado al responsable de los diseños para su verificación y ser aprobados.

La entrega, manejo y almacenamiento de los materiales deben ser revisados para el cumplimiento de las especificaciones.

En el control de calidad de los materiales está incluido en un control, partiendo de las alternativas, hasta el uso en la producción de concreto, el control deberá efectuarse al agregado, cemento, agua, aditivos y adiciones a emplearse en el concreto lanzado.

Equipos y maquinarias. Exigencias mínimas de volumen, aire y presión, deberán ser supervisados de forma regular. Los compresores, mangueras, equipo de lanzado y mezcladora deberán contar con un adecuado mantenimiento, ser calibrados, limpiados y revisados de forma regular, a fin de garantizar un adecuado funcionamiento.

Personal capacitado. La calidad del producto (concreto proyectado), obedece básicamente al operador, es imprescindible que los operadores, se encuentren sujetos a los actos empíricos, aprendizaje y admitir determinada instrucción para la manipulación de la maquinaria.

Técnicas de aplicación, inspección y procedimientos de los ensayos en el concreto lanzado vía húmeda robotizado.

2.2.2.3. Concreto lanzado.

Según la Federación Europea de Productores y Aplicadores de Productos Especiales para Estructuras (EFNARC), “es una combinación de agregados, cemento y agua, siendo lanzado (proyectado) neumáticamente partiendo de una boquilla hacia un área determinada para generar una homogénea y densa masa.”

Denominación genérica del concreto, en cuyo caso los elementos requeridos son el cemento, agregados, agua, aditivo y material de refuerzo,

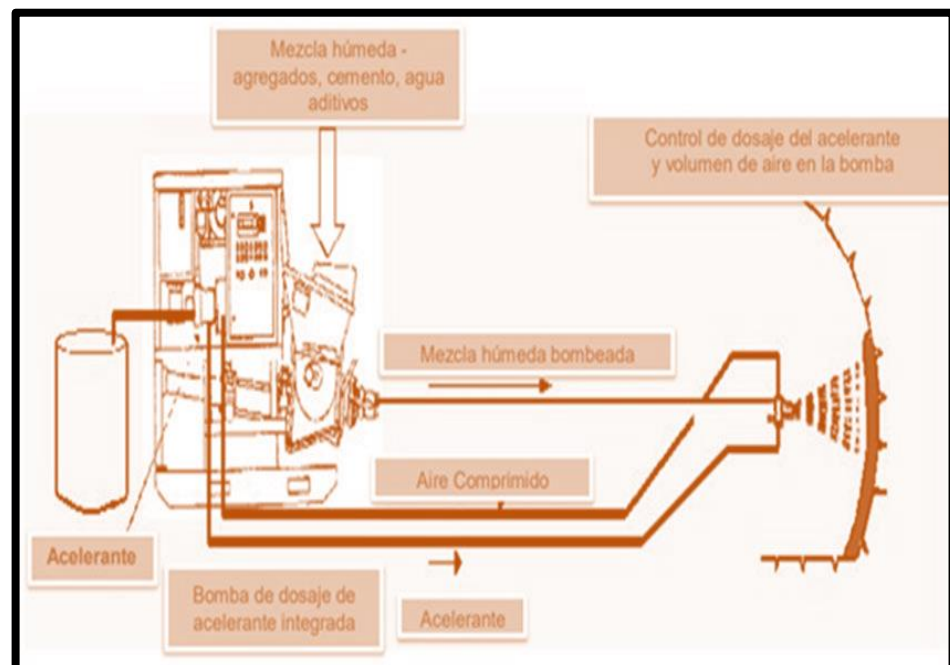
los mismos que son proyectados de forma neumática y son compactados de manera dinámica en altas velocidades en un área determinada.

2.2.2.4. Método por vía húmeda.

Concreto proyectado el mismo que, es preparado con una combinación de agregado y cemento en porciones por peso. A dicha combinación se incrementa diversos aditivos, diversos acelerantes (necesarios) y agua. La combinación se bombea mediante mangueras dirigidas a una boquilla, lugar donde es inyectado de aire altamente comprimido, sumado al acelerante, de ser el caso necesario, todo ello antes de proyectarlo, evitando interferencia y ser lanzado de manera permanente.

El aire se añade para aumentar la velocidad del hormigón para conseguir una buena compactación y adherencia al sustrato/superficie.

Gráfico 6 Concreto lanzado vía húmeda



El concreto lanzado por vía húmeda cuenta con las ventajas siguientes:

- Controlar la calidad de los materiales primarios y el producto terminado, conforme a la normativa vigente requerida.
- Alta facilidad para el uso de la mezcla al nivel superficial.
- Terminado óptimo, logrando un rendimiento alto de la mano humana en la labor.
- Disminuye el lapso para realizar la obra, reduciendo el costo operativo.
- Bajo rebote, al utilizar equipo apropiado y personal adiestrado, se logra mantener pérdidas habituales en el rango del 5% al 10 %, del mismo modo para casos de concreto proyectado, con refuerzo de fibras.
- Óptimo ambiente laboral, ello a causa de la disminución de polvo.
- Capas amplias y anchas, como consecuencia de la combinación efectiva de componentes.
- Controles de la correlación entre calidad, cemento y agua.
- Distribución fiscalizada de agua, manteniendo un índice constante y definido entre el cemento y el agua.
- Superior disposición de la producción.
- Empleo de fibra sintética o acero, con la probabilidad de emplear componentes y aditivos a la vanguardia tecnológica.
- Adherencia superior.
- Máximo aguante ante la compresión y homogeneidad en resultados.

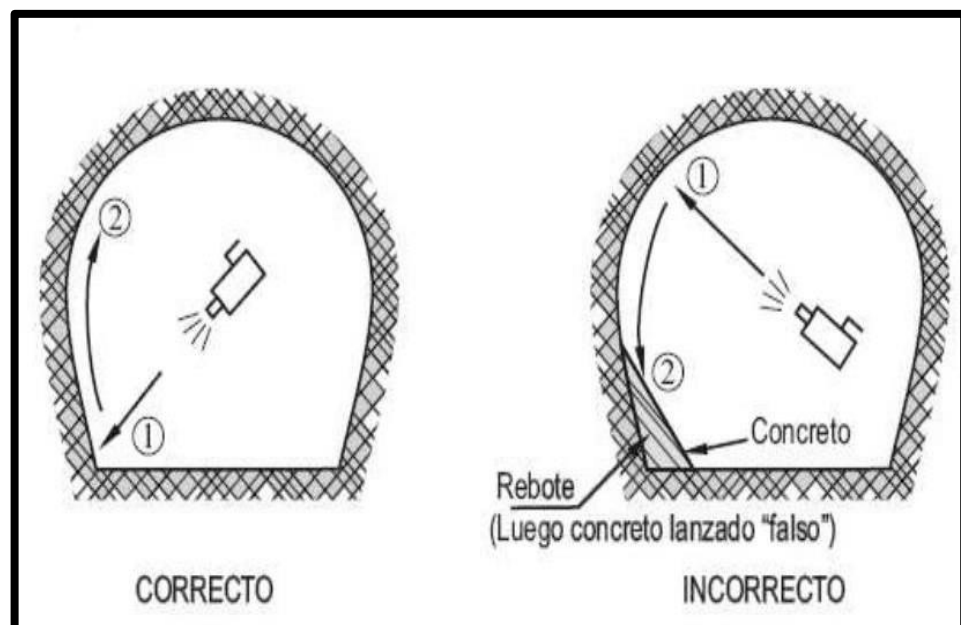
El concreto lanzado por vía húmeda cuenta con las ventajas siguientes:

- Requerimiento de una planta de concreto para el preparado de mezcla

con las dosificaciones de diseño

- Requerimiento de Mixer (transporte de hormigón pre mezclado) para transportar la mezcla.
- Máximos controles en el índice de correlación agua/cemento.
- Para la maniobrabilidad de maquinaria y equipo, se requiere de personal calificado y certificado.
- Los mantenimientos preventivos y correctivos, genera costos altos.
- Es imposible ejecutar trabajos en áreas menores a 3,5 mts x 4,0 mts, ello a causa de las proporciones del equipo.
- Altos estándares en el requerimiento de agregados.
- A diferencia del concreto por vía seca; por vía húmeda es significativamente más costoso.

Gráfico 7 Secuencia de aplicación de shotcrete



2.2.2.5. Equipo robotizado.

Compañía Minera Chungar, S.A., Unidad Económica Animón en el concreto proyectado por vía húmeda emplea robot Alpha 20 fabricado con fines operativos en construcciones y minería subterránea.

Alpha 20, es una maquinaria diésel hidráulica con alta disposición para bombear y sencilla de maniobrar y conservar. El brazo mecánico fue creado a fin de brindar un excelente empleo de los elementos mezclados para la vía húmeda, logrando una altura óptima de hasta 7 metros. Asimismo, la bomba de hormigón BS 7622 se fabricó fundamentalmente para el disparo de concreto proyectado en vía húmeda, manteniendo una amplitud máxima de 18 metros cúbicos por hora.

La operación del concreto proyectado es manipulada por personal capacitado mediante un panel remoto inalámbrico, a fin de aumentar el índice de seguridad del colaborador.

Alpha 20, está provisto de un motor diésel de 145 caballos de fuerza (HP), ceñida a la normativa TIER II. Posee transferencia hidrostática con capacidad de tracción y direcciones independientes en cada una de las cuatro ruedas, a fin de simplificar su traslado y manipuleo en toda clase de túneles y mínimo aire inyectado y acelerantes al difusor. Tareas íntegramente proporcionales, maniobradas en absoluto en base a control remoto, con probabilidad de graduar la velocidad de desplazamiento.

Las dimensiones del equipo ALPHA 20 son:

- Largo: 5 metros y 50 centímetros
- Ancho: 2 metros y 20 centímetros
- Altura: 2 metros y 40 centímetros

- Peso: Cargado, con combustible y acelerante: 7 toneladas.

El equipo Alpha 20 cuenta con las siguientes ventajas:

Gráfico 8 Equipo Alpha 20



- Seguridad: Disminuye los accidentes por caída de rocas.
- Ciclo de minado: Disminuye el ciclo de minado, mejoran los rendimientos de producción.
- Ahorro en costo: Menor costo en mano de obra y menores pérdidas del material (rebote).
- Mejor ambiente de trabajo: Disminuye la polución de polvo.
- Equipos modernos: Cumplen con los límites permisibles de emisión de monóxido.

2.2.3. U. E. Animón - Chungar.

2.2.3.1. Ubicación y accesos.

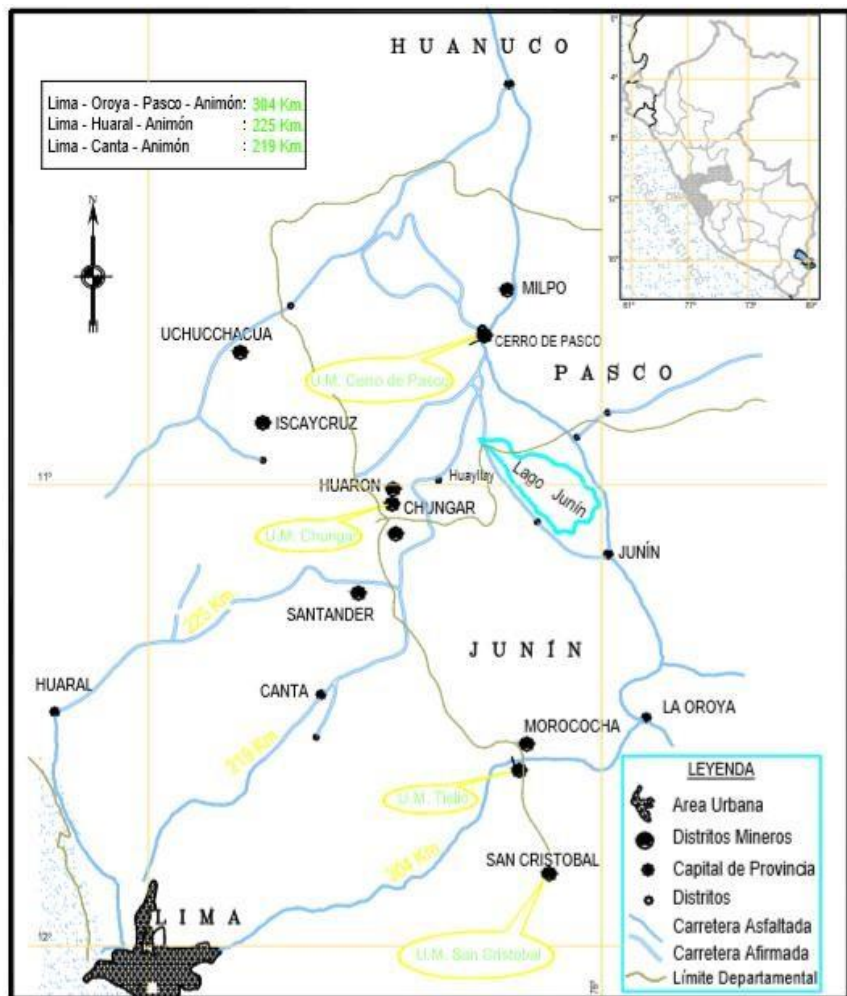
1. Ubicación. La U. E. Animón, perteneciente la Empresa Administradora Chungar, Cerro S.A.C., tiene como producción básicamente concentrado de Zn, Pb y Cu. Está situada por el flanco asiático en la cordillera americana. En el campo político se ubica el distrito de Huayllay, provincia de

Pasco y departamento de Pasco, con una altitud de 4,600 msnm, a 46 kilómetros. al Sudeste de la ciudad más alta del Perú, Cerro de Pasco, en la hoja 23 kilómetros de Ondores, Junín, sito en las coordenadas UTM: N - 8780,728 E - 344654.

2. Accesos. Animón Chungar tiene acceso por 3 rutas:

- De Lima a la Oroya al cruce Villa de Pasco a Huayllay y Animón: 304 Kilómetros. 6 hrs
- De Lima a Huaral a Animón: 225 Kilómetros. 5 hrs.
- De Lima a Canta a Animón: 219 Kilómetros. 5 hrs.

Gráfico 9 Ubicación y accesibilidad: Unidad Económica Animón



2.2.3.2. Flora y Factor Climatológico.

El área registra un clima seco y frío, clásico en la región natural puna, oscilando en una temperatura de entre: 3 grados centígrados a 4 grados centígrados debajo del nivel cero, en el lapso del mes de enero y el mes de marzo registra actividades pluviales (precipitaciones) y el remanente del año, mantiene un clima seco con existencia de heladas desde el mes de abril al mes de junio.

La flora del área de estudio es muy pobre, ello a causa del clima rudo y frío, las plantas son escasas, a mérito que, las condiciones tanto de afluencia de agua y climatológicas no son favorables para las mismas. Es clásico de la región natural puna o janca, donde prolifera el ichu y otras clases de pastos característicos de la región.

Gráfico 10 Unidad Económica Animón



Fuente. Planeamiento Chungar

2.2.3.3. Geología local

Animón en litología se encuentra compuesto por roca sedimentaria que evidencia un ciclo de emersión y una fuerte denudación.

Las "capas rojas" del grupo Casapalca muestran 2 períodos sedimentarios: El periodo más antiquísimo representa al más energético con 1,400 hasta 1,500 metros de anchura y el periodo con más juventud mantiene una potencia de 800 a 900 mts. Estos períodos en su área inferior tienen la característica de abundancia de conglomerado y arenisca, en su área contienen el horizonte de Chert o sílice, yeso y rocas piro clásticas.

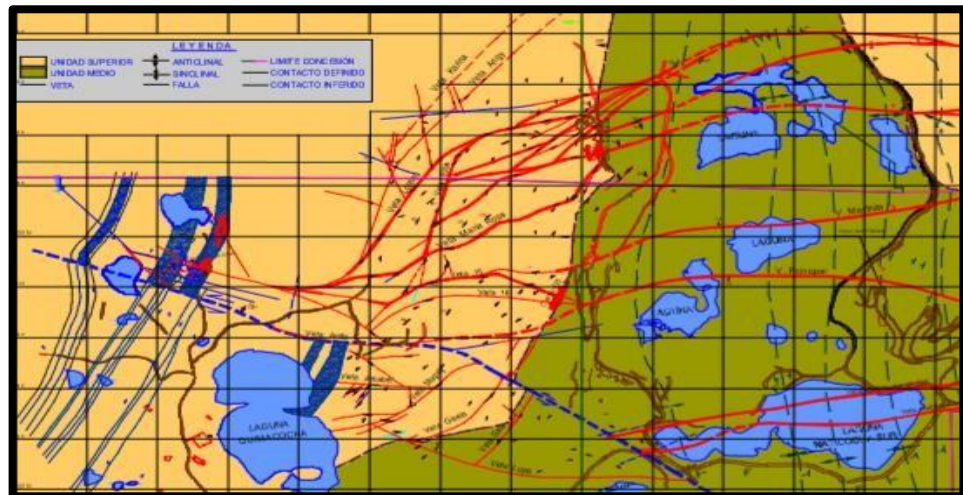
La progresión y dirección de clastos, sugieren que, el material se constituyó desde el Este, posiblemente del área que, en la actualidad ocupa la zona oriental de la Cordillera de los Andes. En la zona minera se diferencia 2 formaciones muy pronunciadas tales como las formaciones inferiores y formaciones superiores.

Gráfico 11 Afloramiento de las capas rojas de la formación Casapalca



Fuente. Planeamiento Chungar.

Gráfico 12 Plano geológico Unidad Económica Animón



Fuente. Planeamiento Chungar.

2.3. Definición de términos básicos

Aditivos: Materiales agregados al concreto base (aditivos y acelerantes, retardadores de fraguado y aditivos para el control de la hidratación).

Capa: Espesor de Shotcrete (fraguado) formado por varias pasadas de la boquilla.

Cemento: Aglomerante hidráulico activo que se obtiene por pulverización de un clínker.

Equipo: Grupo de diversas maquinarias indispensables que logran un determinado objetivo.

Equipo Lanzador: maquinaria robotizada que proyecta concreto con gran presión con el fin de adherir el concreto en el área proyectada, básico para mitigar condiciones sub estándar e impedir accidentes ocupacionales en colaboradores, equipos de sostenimiento y diversos accesorios para reforzar las rocas.

Estallido de roca: Suceso que tiene relación con grandes esfuerzos en el tipo de roca frágil y competente. Falla o ruptura sin control de las rocas coligadas con una manumisión de energía violenta que se almacena en dichas rocas

Falla: Sector de rozamiento efectuado por bloques independientes (placas tectónicas) que logran desplazarse de manera distintiva uno en relación del otro. Este sector puede ampliar unos centímetros o en su defecto su ampliación con lleva cientos de kilómetros, asimismo el lapso de tiempo puede ser reducido o por miles de millones de años.

Fisura: Rotura, grieta y/o fractura que presente en la superficie del macizo rocoso.

Galería: Labor de excavación horizontal, o poco inclinada, en que una de las dimensiones es mucho mayor que las otras dos.

Geomecánica: Ciencia sujeta a la conducta mecánica del macizo rocoso, al sector de las fuerzas en su entorno en materia física.

Labor: Denominación común asignada a las operaciones mineras subterráneas, como, por ejemplo: galerías, rampas, túneles, chimeneas, sub niveles, socavones etc.

Método por vía húmeda: Concreto lanzado o Shotcrete, en cuyo método es preparada la mezcla de agregado y cemento administrado por peso por peso. A dicha combinación se suministra diversos acelerantes, de ser el caso; aditivo y agua obligatoriamente. La mezcla se bombea a través de mangueras conducidas a la boquilla, lugar en el cual se alimenta aire altamente comprimido y acelerantes, si el caso lo amerita, todo ello previo a la proyección sin interferencia y de manera ininterrumpida, este método brinda mucha versatilidad en el uso del concreto y su composición.

Operación minera: Grupo de labores ejecutadas para los arranques, explotación, procesamientos, extracción, acarreo, transporte y comercio de los elementos económicamente explotables, del mismo modo los servicios auxiliares

brindados con el fin económico descrito.

Rebote: Se manifiesta a nivel porcentual, se relaciona a las cantidades de mezcla no aprovechada en el transcurso del procedimiento del shotcrete, dicha cantidad no se adhiere en la cara lateral, roca o corona de una labor subterránea.

Robot Alpha 20: Robot para la proyección de shotcrete vía húmeda especialmente diseñado para la minería y construcción subterránea.

Roca: Cualquier combinación natural de minerales, las rocas forman parte de la corteza terrestre.

Shotcrete: Concreto transportado por vía seca o por vía húmeda, mediante mangueras, proyectado de forma neumática en altas velocidades sobre un determinado sector, del mismo modo es denominado hormigón proyectado por medio neumático; hormigón en polvo u hormigón gunitado.

Sostenimiento: Término usado a fin de describir los materiales y procedimientos utilizados para mejorar la estabilidad y mantener la capacidad portante en la roca y al borde en una excavación subterránea.

Tajo: Denominación usada para indicar un lugar de labor asignada.

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

Si realizamos el diseño y control de calidad para la mezcla de concreto lanzado vía húmeda robotizado, mejorará el sostenimiento de la unidad económica Animón Compañía Minera Chungar, S.A.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- a. Si elaboramos el diseño y control de calidad para la mezcla de concreto lanzado vía húmeda robotizado, mejorará el sostenimiento de la Unidad Económica Animón Compañía Minera Chungar, S.A.

- b. Si desarrollamos pruebas de laboratorio al diseño y control de calidad para la mezcla de concreto lanzado vía húmeda robotizado, mejorará el sostenimiento en la Unidad Económica Animón Compañía Minera Chungar, S.A.
- c. Si determinamos la relación entre el diseño y control de calidad para la mezcla de concreto lanzado vía húmeda robotizado, mejorará el sostenimiento en la Unidad Económica Animón Compañía Minera Chungar, S.A.

2.5. Identificación de Variables.

2.5.1. Variable independiente:

X: Diseño de mezcla y control de calidad.

2.5.2. Variable dependiente:

Y: Concreto lanzado vía húmeda.

2.6. Definición Operacional de variables e indicadores.

En toda labor subterránea, es imperante realizar el diseño y control de sostenimiento, a fin de evitar accidentes o incidentes ocupacionales, lo cual brinda efectividad al proceso minero y así incrementar el índice de seguridad, por lo cual tenemos como indicadores Estudios geomecánicos. Estándares. Control. Resistencia a la compresión. Durabilidad, Diseño Capacidad de soporte. Eficacia Costos. Seguridad, los cuales será aplicados a la Mina Animón, Chungar.

Cuadro 1 Operacionalización de Variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	INDICADORES
Variable independiente: Diseño de mezcla y control de calidad	Diseño de mezcla. Proceso de combinar los componentes del concreto, cemento, agregados, agua, fibras y aditivos en proporciones predeterminadas para lograr un propósito particular	Estudios geomecánicos. Estándares. Control. Resistencia a la compresión.
	El control de calidad. Cumplimiento de las especificaciones aplicadas al proyecto a desarrollar	Durabilidad
Variable dependiente: Concreto lanzado por vía húmeda	Mezcla de cemento y agregados dosificados por peso. A la mezcla se agrega agua y aditivos.	Diseño. Capacidad de soporte. Eficacia. Costos. Seguridad

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La clase de investigación es aplicada en el proceso de sostenimiento en el lanzado de shotcrete en labores mineras, asimismo es documental, por la interpretación y comparación de la información obtenida, por otro lado la investigación será de campo y laboratorio, por los resultados obtenidos en el proceso y en el shotcrete, finalmente experimental, puesto que la investigación a ejecutarse, será mediante la observación, evaluación y análisis de lo estudiado en el campo, que consentirá de manera directa la recopilación de los datos.

3.2. Nivel de investigación

El nivel que se ajusta a la presente investigación es el nivel descriptivo, puesto que no existe aplicaciones, experimentos, solo existirá una propuesta o caso para el concreto proyectado, asimismo se describe los fenómenos en la aplicación del shotcrete, para finalmente realizar la estimación y descripción de parámetros en el proceso de concreto lanzado.

3.3. Métodos de investigación

El presente método es descriptivo, puesto que, se basa en el análisis, descripción e interpretación sistémica del universo de fenómenos y acontecimientos, con sus respectivas variables, que los identifica de tal manera como se realiza en la presente investigación, cabe indicar que, es el método de recolección de información más eficiente, porque muestra índices y descripciones del proceso tal conforme se observa en la presente.

Mediante el método hipotético deductivo. partimos de una hipótesis o explicación inicial, para luego obtener conclusiones particulares de ella, que luego serán a su vez comprobadas experimentalmente. Es decir, comprende un paso inicial de inferencias empíricas que permiten deducir una hipótesis inicial que sea luego sometida a experimentación.

3.4. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es cuantitativo puesto que considera en la investigación el diseño y control de calidad del concreto lanzado vía húmeda robotizado, para obtención del proceso real como una construcción subjetiva, en la misma son posibles muchas construcciones de una misma realidad; además, en este caso el sujeto y el objeto de conocimiento son interdependientes, se efectúa estableciendo una relación de datos recopilados y la observación sobre la base de datos estadísticos y cálculos matemáticos, realizados para obtener los resultados requeridos para un diseño y control de calidad del shotcrete que determine un buen sostenimiento en la unidad económica Animón Chungar.

3.5. Población y muestra.

3.5.1. Población.

La población estará conformada por las labores mineras subterráneas donde se usa sostenimiento con concreto lanzado vía húmeda robotizado en la Unidad Económica Animón.

3.5.2. Muestra.

La muestra está considerada por las labores mineras subterráneas, donde la masa rocosa es de regular a mala calidad, en la que se requiere como sostenimiento la aplicación de concreto lanzado vía húmeda empleando robot Alpha 20.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.6.1. Técnicas Observación directa.

La técnica empleada es la observación directa en el estudio del diseño de mezcla y control de la calidad del concreto proyectado por vía húmeda, que son los dispositivos, medidas, operaciones e instrumentos que son ejecutados a fin de localizar la existencia de errores. Por lo mismo, se contará con el laboratorio para los controles de la calidad, lugar en el cual se efectúa las acciones y controles imprescindibles que garanticen un alto estándar de la calidad, teniendo el apoyo y aplicación la siguiente normativa: ASTM (Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales), ACI (Instituto Americano del Concreto) y NTP (Norma técnica peruana).

3.6.2. Instrumentos para ensayo en el concreto:

Control de Slump. Se obtendrán muestras representativas del concreto fresco a fin de efectuar ensayos para verificar el cumplimiento de las especificaciones según la normativa vigente.

Nivel de temperatura del concreto. Es el signo tomado con el fin de ejecutar el control de Slump (ensayo), se calculará la temperatura en el concreto, normalmente en grados centígrados (°C) a través del termómetro modelo aguja.

Método penetrómetro. Se aplica una fuerza perpendicular a la superficie, presionando hasta una profundidad de 15 mm, nos indicará la fuerza realizada por compresión en Newton (N).

Método pistola HILTI. Mediante la pistola HILTI se dispara clavos dentro de la muestra del hormigón proyectado y se determina la profundidad de penetración. Luego se mide la fuerza de extracción mediante el equipo Pull Off.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.

- a. Verificación de fuentes bibliográficas referente a la argumentación de investigación (revistas, publicaciones, libros, informe de tesis, etc.)
- b. Comparaciones de tablas.
- c. Observaciones del participante y de los colaboradores, con fundamentos técnicos y científicos relacionado al shotcrete y sostenimiento, materia de la investigación.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

3.8.1. Procesamiento.

Se estudiará los reportes e informes del diseño de mezcla y el control de calidad del concreto lanzado vía húmeda robotizado para su mejor aplicación en el sostenimiento de labores mineras subterráneas.

Se ejecutará un rastreo de todas las zonas de labor minera, con el propósito de confirmar el comportamiento y solidez final en el concreto proyectado.

3.8.2. Análisis.

Recopilados los datos, se efectuará el análisis a detalle, posterior a ello, se realiza una interpretación gráfica, empleando diagramas estadísticos y el análisis de datos se explicarán en cuadros de manera numeral que admite una interpretación y análisis real.

3.9. Tratamiento Estadístico.

La estadística se encuentra aunada a la totalidad de procesos operativos en la actividad minera, puesto que, por medio de esta herramienta, estos procesos obtienen una óptima secuencia de datos en el proceso ejecutado, logrando determinar, parámetros de explotación, datos de sostenimiento, costos, parámetros geológicos y geotécnicos, diseño de shotcrete, medidas de control, control de equipos, rendimientos mecánico, Kpi de colaboradores, entre otros, esta información es manejada en una secuencia de datos estadísticos, en la Unidad Económica Animón Chungar, para la obtención de dicha información, se implementa una secuencia de datos estadísticos reales, los cual se materializa en la presente investigación.

3.10. Orientación ética, filosófica y epistémica.

El presente estudio se realizará preservando las condiciones de autenticidad, por lo cual los colaboradores de la Unidad Económica Animón, se encuentran enterados de la finalidad del presente estudio, manteniendo en reserva la identidad de los concurrentes, manteniendo irrestricto respeto a las opiniones emitidas en el transcurso del desarrollo de la presente investigación. Por otro lado, debemos tener en consideración cualidades como la curiosidad, trabajo en equipo, puntualidad, disciplina, orden, compromiso y honestidad, las cuales son inherentes al ser humano para desarrollar la presente investigación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Generalidades de la unidad minera.

4.1.1.1. Ubicación y acceso

La unidad minera Chungar, UM Animón, está constituida por una mina polimetálica de zinc (Zn), plomo (Pb), plata (Ag) y cobre (Cu), del cual es titular la Empresa Administradora Chungar S. A. C., está ubicado geográficamente al occidente de los andes de la zona centro de Perú.

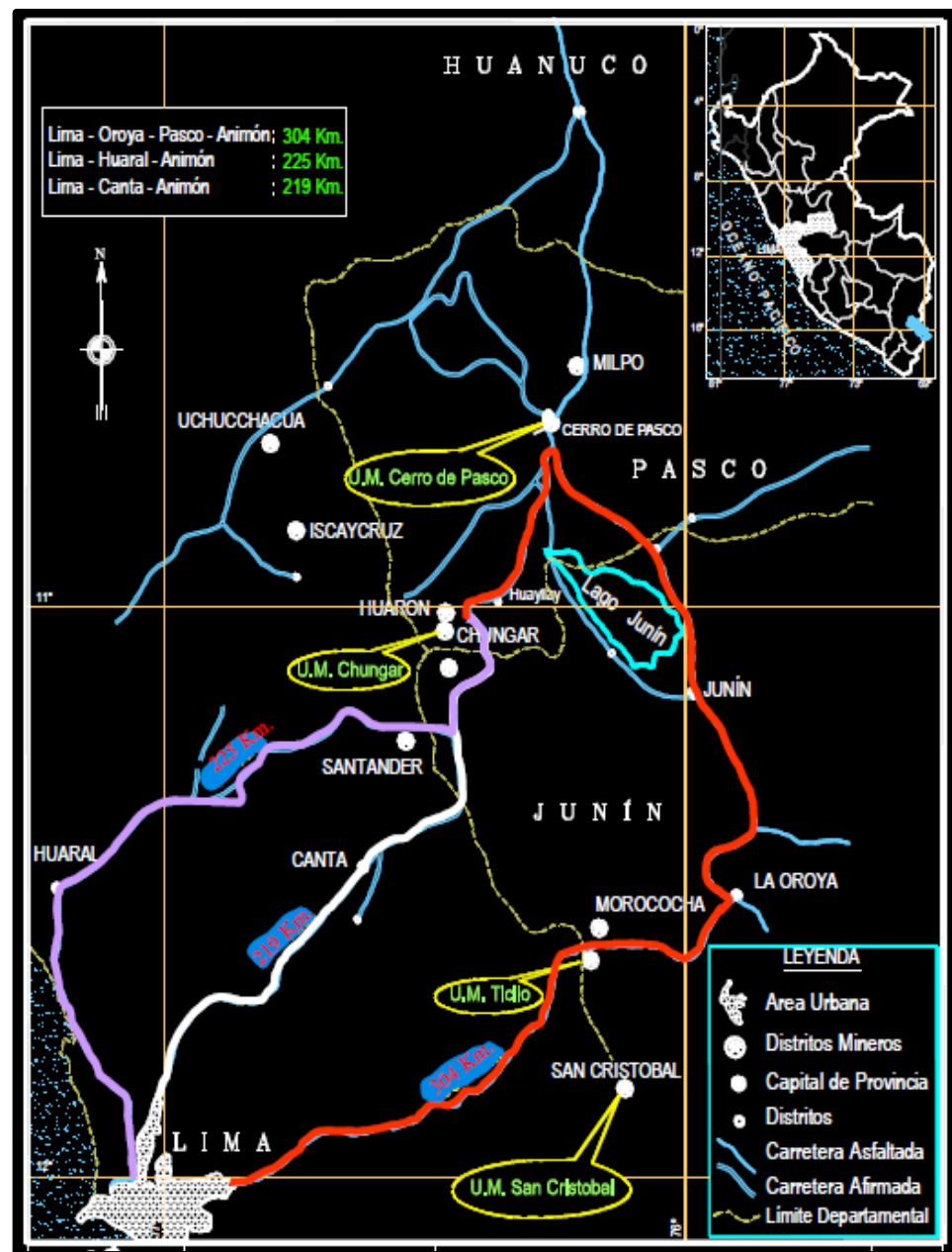
La Unidad minera está situada en la región de Pasco, distrito de Huayllay, a una altitud promedio de 4,600 m.s.n.m. a 46 km al sudeste del distrito de Yanacancha Pasco. Teniendo ubicación en coordenadas UTM.: Norte 8'780,728 y Este 344,654, de la carta geográfica en la hoja 23K – Hoja de Ondores en la Región Pasco. Su accesibilidad son las rutas más notables que mostramos en el cuadro adjunto.

Cuadro 2 Ruta geográfica - tres accesos

RUTA	Kilómetros
Lima - Oroya - Pasco - Chungar	+/- 304 Km
Lima - Huaral - Chungar	+/- 225 Km
Lima - Canta - Chungar	+/- 219 Km

Nota. Fuente propia.

Gráfico 13 Ubicación de la Unidad Minera Chungar



Fuente. Planeamiento U.M. Chungar

Gráfico 14 Vista panorámica U. M. Chungar



Fuente. Central de comunicaciones U. M. Chungar.

4.1.1.2. Geología general

La Litología característica principal que se asocia al plan minero está constituido básicamente por roca sedimentaria, denominada en su conjunto como capas rojas y sumadas a roca intrusiva hipabisales. En el sector del proyecto de la mina, la capa roja se asocia al grupo Casapalca, el mismo que se asocia y está desarrollado en el trayecto de la cordillera de los andes (occidental), conformada básicamente por marga, arenisca y arcilla de color verde gris y de color rojizo, incluyendo estrato de conglomerados y esporádico horizonte de caliza y arenisca gris, Se asigna un espesor de 2.378 mts., aproximados, teniendo en consideración una edad aproximada en el Eoceno (cretáceo superior terciario inferior).

El plano geológico se complementa con la morfología subsiguiente con erosión glaciár durante el Pleistoceno, significando la importancia de la región, Producto de esta actividad glaciár se generaron las subsidencias y formación de grandes lagunas como observamos en las fotos adjuntas.

Gráfico 15 Formación de laguna



Fuente. Departamento de geología Chungar.

Gráfico 16 Rocas intrusivas hipabisales



Fuente. Departamento de geología Chungar.

4.1.1.3. Geología económica

La mineralización se inicia en la parte central del distrito, por infiltración de soluciones hidrotermales que circularon a lo largo de ellas a temperaturas relativamente altas. Estas soluciones se introducen y precipitan siguiendo un orden siguiente: cuarzo ópalo, pirita, enargita y tetraedrita, siendo la enargita la más abundante en la parte central del yacimiento, la tetraedrita es abundante, pero con bajo contenido de Plata.

Los sistemas de vetas pertenecen al ciclo de precipitación mineral estas son: veta Travieso, veta Alianza, Veta 4, veta Tapada en la zona sur, se encuentra la veta Fasprisosa (mineral de baja ley), en la zona norte la Veta San Narciso donde el proceso de precipitación prolongado que permite la formación de estructuras cristalinas de tamaño medio. Debido a los movimientos tectónicos se presentan apertura y ampliación de las grietas estas han desarrollado y generado grietas adyacentes por lo que podemos inducir una nueva actividad magmática, en esta se inyectan otro ciclo de mineralización a mediana temperatura.

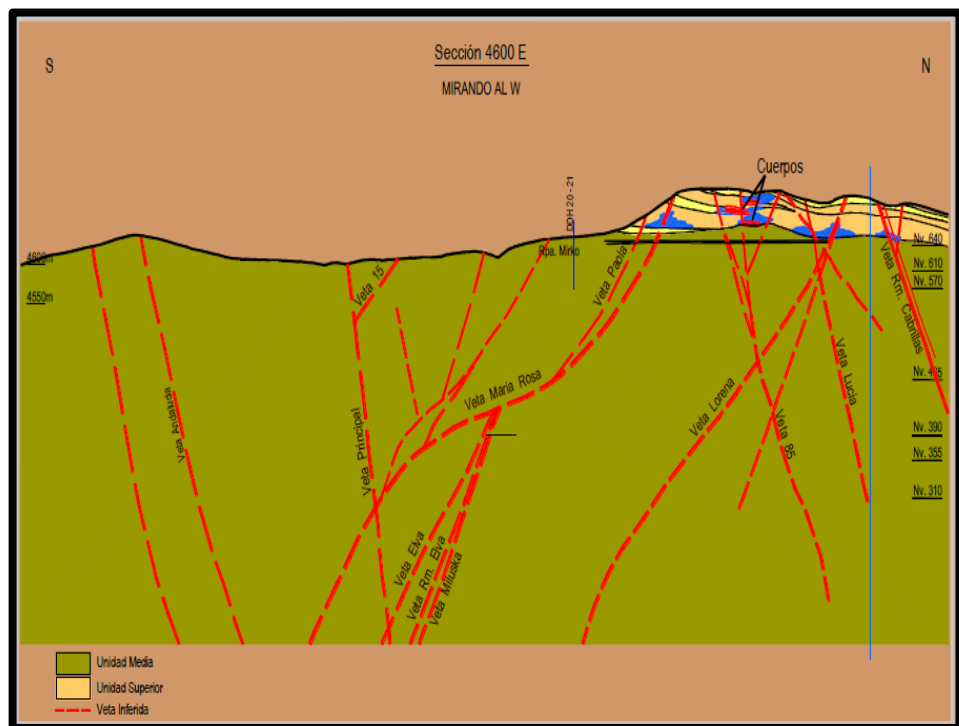
Dentro del movimiento tectónico observamos el rompimiento, la penetración y combinación de los precipitados del primer ciclo de la mineralización con el siguiente orden de mineralización, brocado opalescente, pirita, marmatita y galena.

Geológicamente observamos por el tiempo de precipitación en un ciclo más largo que del primer ciclo debido al enfriamiento lento de la masa por eso se presentan cristales de mayor diámetro provocando la formación de las vetas: Veta Santa Rita, Veta Cometa, Veta Providencia, Veta Elena, en la parte occidental de Tapada, en la parte de los extremos occidentales

de la Alianza, en la Veta 4, en la veta Yanacreston, veta Patrik, Veta 17, Veta Shiusha, Veta Pozo D y las bolsas mineralizadas de Bernabe y bolsa Sevilla en la secundaria mineralización del período. Estos sistemas de vetas mineralizadas aportan del 50 al 60% de la precipitación mineral total.

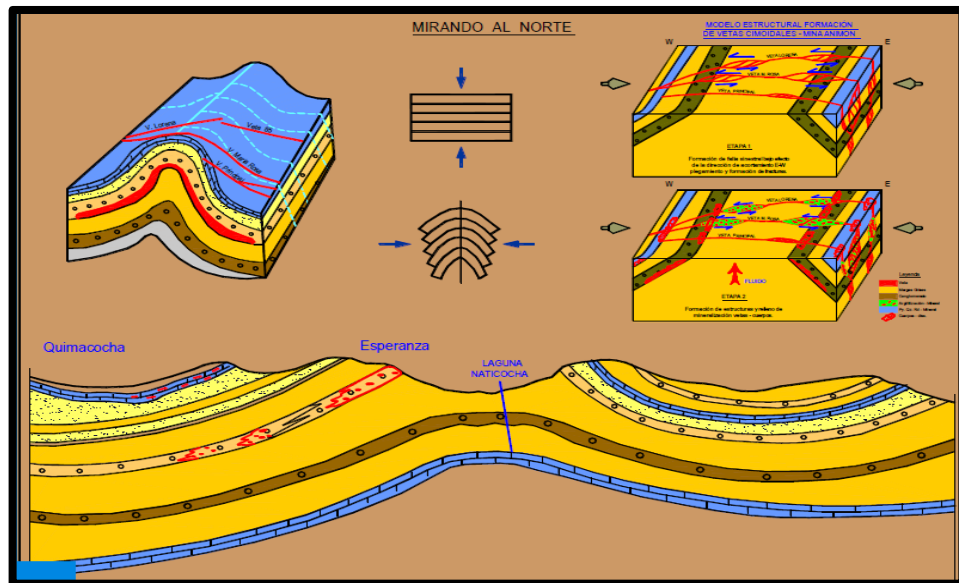
La característica principal del periodo es el apremio de gran cantidad de sal carbonatada; como la Siderita que logró evolucionar de forma gradual a dolomita, rodocrosita y calcita, muy al margen del carbonato, del periodo de barita, la esfalerita con coloración amarilla pálida, la esfalerita con coloración amarilla rojiza, la galenita (PbS), la tetraedrita poliédrica, la poli basita y por último la calcopirita. Como componentes mineralógicos del yacimiento de Chungar.

Gráfico 17 Principales estructuras mineralizadas U.M. Chungar



Fuente. Departamento de geología Chungar.

Gráfico 18 Esquema estructural de la U.M. Chungar



Fuente. Departamento de geología Chungar.

Cuadro 3 Unidades lito estratigráficas y crono estratigráficas

UNIDADES CRONOESTRATIGRAFICAS				UNIDADES LITO ESTRATIGRAFICAS				SUCESO GEOLOGICO	MILLONES AÑOS	ROCAS INTRUSIVAS					
ERATEMA	SISTEMA	SERIE	EDAD	GRUPO	FORMACION	UNIDAD	COLUMNA				SIMBOLO	GROSOR (mts)	LITOLOGIA		
MESOZOICO	CRETACEO	SUPERIOR	PALEOCENO	C A S A P A L C A	JUMASHA	INFERIOR	BASE	Jm	550	Calizas masivas de colores claros.	PERUANA	FORMACION DE LOS ANDES	90		
									800	Areniscas calcareas, limolitas y margas rojizas.					
	CENOZOICO	TERCIARIO	INFERIOR	EOCENO	CALIPUY	C A S A P A L C A	SUPERIOR	TECHO	K ₂ g	40	Conglomerados Bernabé con clastos de caliza.	PERUANA	ANTICLINAL DE HUAYON	63	
										420	Areniscas calcareas y margas rojizas.				
										25	Chert calcareo violaceo.				
										>50	Margas limolíticas rojizas con Nvs. areniscas, lodolitas, limolitas y ctz.				
			MEDIO SUP.	OLIGO-MIO-CENO	CALIPUY	C A S A P A L C A	CALIPUY	SUPERIOR	TECHO	K ₂ g	300	Margas limolíticas rojizas con delgados nvs. de areniscas rojizas.	PERUANA	ANTICLINAL DE HUAYON	58
											400	Conglom. heterolítico "San Pedro"			
											200	Margas limolíticas rojizas.			
											175	Calizas finas con chert irregular.			
MEDIOSUP.	PLIO-CENO	CALIPUY	C A S A P A L C A	CALIPUY	SUPERIOR	TECHO	K ₂ g	200	tobas ignimbritas riolitas y andesitas	PERUANA	ANTICLINAL DE HUAYON	13			
								1000	Volcanicos, piroclásticos, lavas de andesitas y dacitas porfiríticas.						
PLEISTOCENO	REGL. ENTE	QUATERNARIO	CUATERNARIO	QUATERNARIO	QUATERNARIO	QUATERNARIO	QUATERNARIO	Q-Dep-R	10	Depositos fluvio-glaciares Limo-Arcilla-gravoso	PERUANA	ANTICLINAL DE HUAYON	1		
									20	morrenas con clastos angulosos a subredondeados en matriz arenosa.					

Fuente. Departamento de geología Chungar.

4.1.1.4. Geomecánica

Descripción Geomecánica – litológica, la geomecánica asociada a nuestro proyecto es esencial el conocimiento de las características del macizo rocoso que se encuentran arraigadas a roca sedimentaria en conjunto demasiado divididas y modificadas por la conducta tectónica en el área a investigar, porque se asocian a la ejecución de trabajos subterráneos por debajo de 450 mts, donde se proyecta un diseño de concreto lanzado vía húmeda, para el sistema de sostenimiento de las labores en la U.E Animón Unidad Minera de Chungar.

Para nuestro proyecto de investigación entendemos que la litología, en la UE, Animón Chungar, se encuentra asociada a un tipo de roca de mala calidad, es incompetente a muy incompetente, que originan en algunos sectores la caída de rocas asociado a derrumbes de diferentes magnitudes, como de 0.05 m., a 0,30 m., de aberturas, presentado resistencias a la compresión de menores a 15 Mpa., en los hastiales y menores a 60 Mpa., en las estructuras mineralizadas. Además, se observa un constante alteración hidrotermal en los hastiales y alteración reducida en la estructura mineral, asimismo, se nota que las fisuras están rellenas por material arcilloso por ello se presenta la existencia persistente de goteo de agua en las cajas y en mayor proporción en la estructura mineral es por ello que se toma la decisión de preparar el material de shotcrete a ser lanzado vía húmeda que será la solución para estabilizar el macizo rocoso constituyéndose esta de una capa de mezcla con las características técnicas que se comenta en los ítems correspondientes más adelante.

Gráfico 19 Análisis geomecánico de labores



Fuente. Departamento de geomecánica U. M. Animón Chungar.

4.1.1.5. Criterios de evaluación geomecánica de Chungar

Para implementar el proyecto hemos evaluado los aspectos geomecánicos que se encuentran asociados al macizo principalmente en las tres propiedades como son:

- Las propiedades físicas del macizo rocoso.
- Las propiedades geológicas del yacimiento.
- La clasificación geomecánica del macizo rocoso.

4.1.1.6. Aspecto Geomecánicos para el diseño del concreto.

El proyecto necesita tener en cuenta las siguientes características conceptuales y técnicas que deben estar bien definidas, estas son:

- Analizar las técnicas geomecánicas, para nuestra estructura.
- Analizar el comportamiento físico, cualitativo, relacionado con la geología de la zona.
- Analizar el macizo rocoso en función a las teorías científicas

principalmente la clasificación de Terzaghi, Bieniawski, Q de Barton y Hoek, GSI.

4.1.1.7. Tipos de Sostenimiento en la Unidad Minera

En unidad minera de Chungar, se aplica el sostenimiento de las labores adecuados a las características del macizo rocoso que se presenta, estas son:

- Concreto proyectado
- Pernos hidráulicos o fricción axial (Hydrabolt)
- Malla electro soldada galvanizada
- Cimbras metálicas rígidas tipo H.
- Sostenimiento ocasional con madera (Jack Pot).

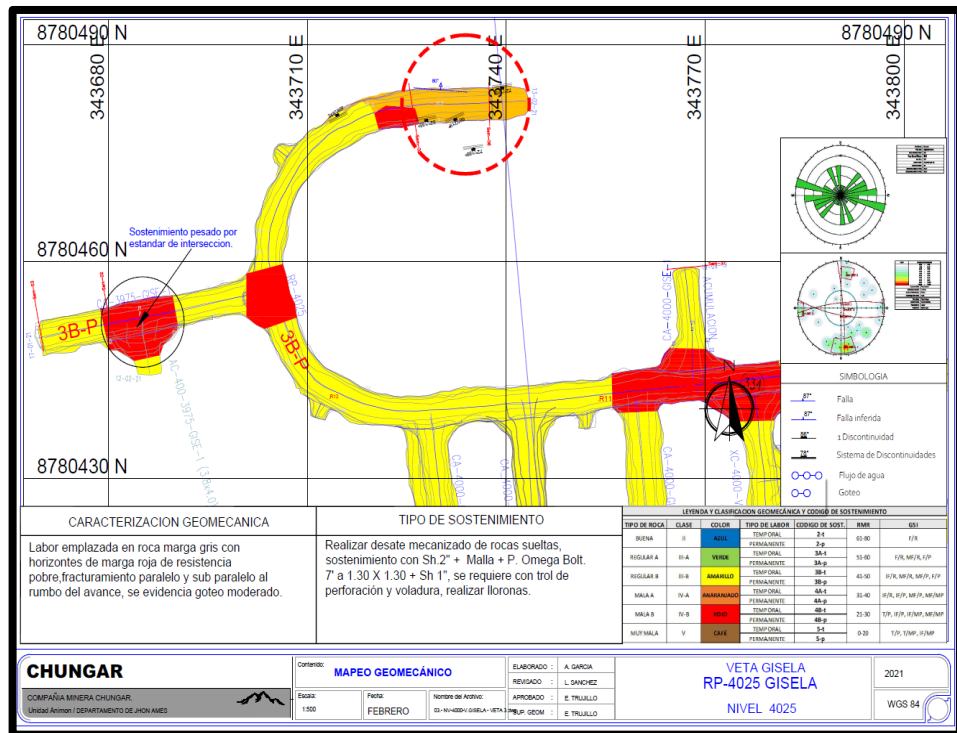
En la Unidad el sostenimiento está definido por el tiempo de auto soporte mínimo, considerando la máxima abertura permisible sin ningún soporte, relacionado con el índice de calidad de roca., esta se determina con la siguiente relación:

$$**Abertura máxima = 2(ESR)Q^{0.4}**$$

4.1.1.8. Caracterización geomecánica de las rocas y minerales de las labores mineras.

La unidad Minera está constituida por labores mineras de explotación en las cajas sedimentarias de material calcáreo con vetas en estructuras tabulares de consistencia polimetálica como se ha descrito en la caracterización geomecánica comentada líneas arriba. Las labores mineras de explotación están en rocas sedimentarias de naturaleza calcárea descritas líneas arriba.

Cuadro 4 Mapeo geomecánico RP: Nv. 4025 Veta Gisela



Fuente: Proyecto de concreto lanzado en la U. M. Chungar.

4.1.2. Minado subterráneo.

4.1.2.1. Métodos de minado

1. Método de Corte y Relleno Ascendente (CRAM):

Geometría de la infraestructura del tajo.

- Longitud de tajeo aproximado: 160 m.
- Alto de tajeo: 50 m.
- Ancho de variable: 3 a 12 m.

2. Preparación del tajeo.

- 01 chimenea echadero de material: 1.5m.x 1.5m.
- 02 accesos: rampa – Veta: 3.5m.x3m.
- 01 By pass de transporte de material: 3 m. x 3 m.
- 02 rampas acceso (Positivo/Negativo)3.5 mx3.0 m.
- 02 chimeneas para servicios: 1.2m.x1.2m.

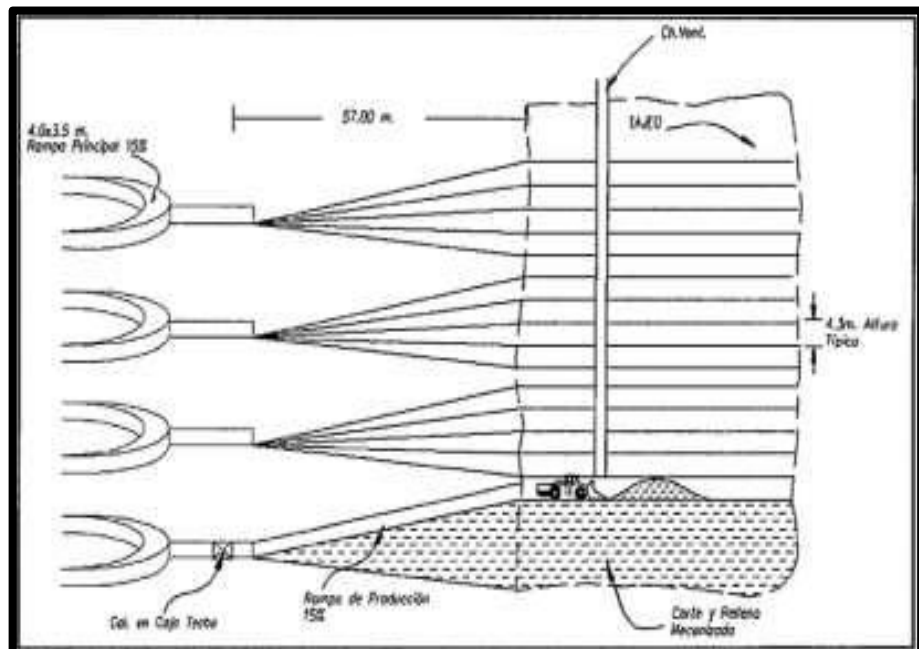
3. Minado.

- Perforación horizontal con uso de jumbo.
- Alto del corte Horizontal: 3 m.
- Acarreo con Scooptram: 6 yd³ y 3.5yd³

4. Relleno hidráulico.

- Dilución variable: 20 % - 25 %
- Avance efectivo planeado: 3.30 mt.
- Tonelaje de mineral producido por disparo: 113 TM.
- Cantidad de explosivos consumido: 0.35 Kg. /Ton.
- Longitud de taladro de avance: 3.40 mt
- Productividad aproximada: 20 Ton/H
- Recuperación del mineral: 90%
- Sostenimiento temporal: Shotcrete.

Gráfico 20 Método de corte y relleno ascendente Mina Chungar



Fuente. Departamento de Planeamiento U. M. Animón Chungar.

5. Método de taladros largos (Sub Level Stopping -SLS)

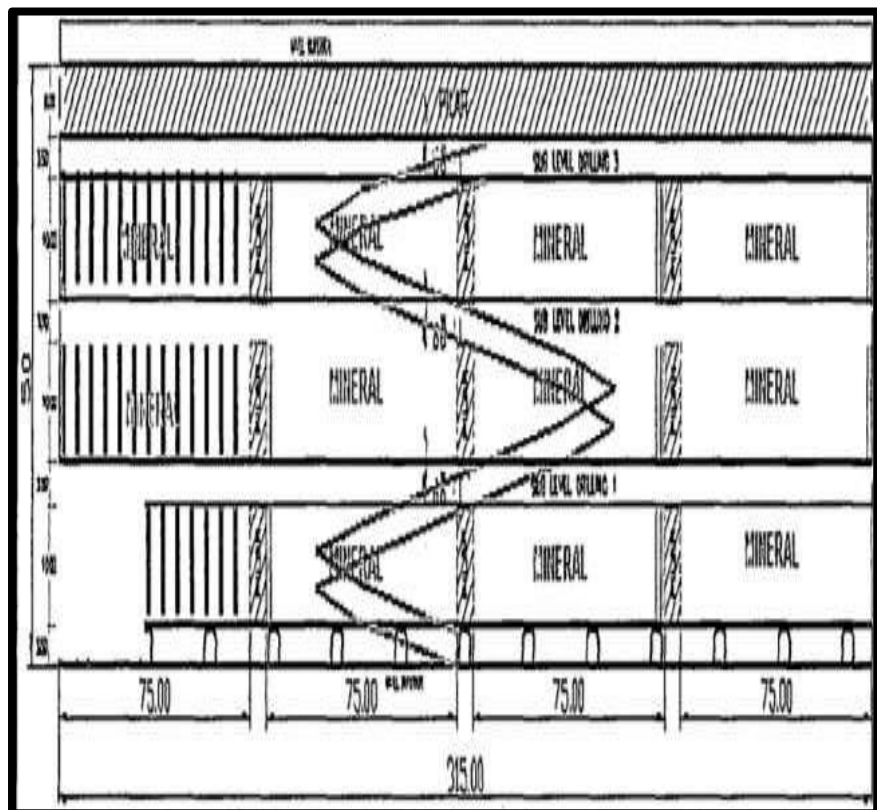
Dimensionamiento de Infraestructura del Tajeo.

- Longitud tajeo: 75 m.
- Altura variable 50 m.
- Ancho de tajeo variable: 3 a 12 m.

6. Labores de Preparaciones.

- Tajos de tajeo: 50 m.
- Longitud de tajeo: 250 m.
- Rampa de acceso a subnivel: 02
- Chimenea paso de desmonte centro de block: 01
- Crucero de extracción del material de eje/eje: 12 m.
- Cruceros de perforación (eje/eje): 20 m.

Gráfico 21 Método de taladros largos U. M. Animón Chungar



Fuente. Departamento de Planeamiento U. M. Animón Chungar.

4.1.2.2. Sostenimiento de labores.

Análisis del fragmento rocoso en vetas, de acuerdo análisis de las rocas para nuestro diseño del material de concreto lanzado esta se encuentra asociada a la roca sedimentaria, conocida como marga gris, originada por alteraciones de la marga roja en el yacimiento que constituye la mayoría de las zonas de producción de la Unidad Minera de Chungar. Estas tienen unas peculiares características a considerar son:

1. Componentes y Dimensiones de rocas:

- Limo a arcilla.
- Textura: capas y estratificada.
- Color: gris verdoso a gris blanquecino alterados.

2. Meteorización:

- Fragmentos Ligera a alta.

3. Relleno de discontinuidad:

- Calcita, óxidos, carbonatos.

4. Humedad y permeabilidad del relleno:

- Escasa humedad, permeabilidad inicial.

5. Aguas subterráneas:

- Goteo y Ocasionalmente flujos regulares.

6. Grado de alteración:

- Arenisca insipiente coloración rojiza ligeramente.

7. Cantidad de discontinuidades:

- Asociada en sistemas de tres hasta cuatro discontinuidades en forma paralela al área estructural del mineral.

8. Proporción de bloques y resistencia al cizallamiento:

- Es de forma cúbica a romboedros.

9. Proporción de los bloques y nivel de fracturamiento:

- Areniscas fracturadas a duramente fracturadas, densidad mayor a 15 fracturas/ metro cúbico.
- Además, para el proyecto hemos tenido en cuenta el criterio geomecánico que se presenta en el cuadro adjunto.

Cuadro 5 Clasificación RMR de la tabla geomecánica

TIPO DE ROCA	RANGO RMR	RANGO Q	CALIDAD RMR
II	> 60	> 5.92	BUENA
IIIA	51 - 60	2.18 - 5.92	REGULAR A
IIIB	41 - 50	0.72 - 1.95	REGULAR B
IVA	31 - 40	0.24 - 0.64	MALA A
IVB	21 - 30	0.08 - 0.21	MALA B
V	< 20	< 0.07	MUY MALA

Fuente. Departamento de Minas U. M. Animón Chungar.

4.1.2.3. Minado en Chungar Asistido con el sistema de explotación basados en NATM.

1. NATM: Método de minado según la geometría del yacimiento en función de la potencia de la veta.
2. La finalidad primordial, es la aplicación de las rocas circundantes de trabajo subterráneo como un componente activo del método de sostenimiento, en conclusión, auto sostenimiento con roca propia.

Gráfico 22 Estructura típica de vetas de mineral, Pb y Cu masivo



Fuente: Departamento de geomecánica U. M. Animón Chungar.

4.1.2.4. Estándares para el procedimiento de sostenimiento en la UM. Chungar S.A.

- 1. Objetivo primario**, establecer la responsabilidad en el trabajo de sostenimiento la Empresa ha dispuesto el siguiente procedimiento en gestión del sostenimiento bajo el principio de sistema de explotación N.A.T.M.
- 2. Bases fundamentales del NATM (nuevo método austriaco de construcción de túneles).**
 - Tenemos en consideración que, el fragmento con mayor importancia en la estructura del trabajo minero, es considerado el macizo rocoso adyacente.
 - Buscar sostener la resistencia nata del macizo rocoso, al máximo en toda posibilidad, puesto que este es su elemento básico de resistencia.
 - Se evita la descomposición o modificación del macizo rocoso, en la medida más alta posible, puesto que ello,

genera considerables pérdidas de resistencia en la roca.

- Se impide en la mayor posibilidad la presión de esfuerzos bi o uniaxiales, a través del confinamiento de arco adyacente en una labor subterránea.
- Se modera la deformación y relajaciones tempranas de la roca; a fin de evitar que la roca sea inestable o se realce.
- El recubrimiento de concreto proyectado, se da, en el lapso de tiempo estimado, en cuyo caso, su resistencia muestra una regulación acorde al diseño desarrollado en mina, ello a base de ensayos múltiples.
- El concreto proyectado, suprime la relajación original de la roca, por consiguiente, impide que la roca se deforme en la excavación.
- El método de sostenimiento en consideración nos brinda ajustes con relación a espesadores de concreto lanzado y óptima distribución de los pernos de anclaje. En determinadas situaciones el macizo rocoso requiere de sostenimiento activo o pasivo tal como la malla electro soldada.
- Se tiene en consideración la consecuencia de las fases de la ejecución de una labor y las consecuencias del tiempo en la conducta de la labor subterránea, reconocido como tiempo de auto soporte. La planificación del proceso de construcción es un buen procedimiento o herramienta que sirve para ejercer control en la conducta del macizo

rocoso.

- Con el fin de evitar la aglomeración de esfuerzos que desplazan el macizo rocoso, debe obviarse los ángulos y trabajar cada sección con un contorno redondeado.
- La labor de excavación y el primer nivel de soporte, denominado soporte temporal, se considera un segmento fundamental para los controles del proceso de excavación en una labor, puesto que evita la relajación de origen e influye significativamente en el accionar de los soportes finales. En honor a la verdad, el soporte temporal es el elemento básico para controlar fenómenos de deformación y brinda equilibrios definitivos.
- Una absoluta estabilidad se adquiere a través del soporte terminante (definitivo) ejecutado mediante anclaje. El soporte terminante o definitivo, es utilizado a fin de aislar a la roca, constituyendo el arco de auto soporte. Las técnicas descritas sobre soporte, se encuentran a la vanguardia del mercado a nivel mundial, los mismos que respaldan una definitiva estabilidad.
- En determinados casos de existencia de circulación de aguas subterráneas, se debe considerar anclaje de pernos huecos y perforación de taladros con fines de drenaje.
- Además, debemos Establecer las pautas para la realizar la operación del Shotcrete lanzado en labores seleccionados, desarrollando siempre el trabajo seguro y de calidad,

operativa y ambiental. (L.V. Rabcewicz 1965).

3. **Alcance**, involucra a todas las áreas de la Unidad, Empresas especializadas, Planeamiento, a la Supervisión de CMCHSA y UE de mina, Área de planeamiento de mina, Área de geología, Área de seguridad, Área de producción Mina, Perforación y voladura y el personal especializado para los procedimientos de concreto proyectado.
4. **Preceptos legales y normativa vigente**, D.S. 024 -2016-EM, desate y sostenimiento (Art. 224 –Art. 228), vigente.
5. **Especificaciones del procedimiento estándar de trabajo actividad de los colaboradores**
 - Antes de iniciar los trabajos se debe ventilar e iluminar la labor de trabajo.
 - Desatado completo y supervisado de la zona programada para iniciar el lanzado del concreto.
 - Mantenerse suficientemente alejado de la descarga del material.
 - Las cámaras de descarga deben estar dispuestas para descargar la mezcla.
 - Se debe disponer adecuadamente los EPP, adecuados para el trabajo a realizar, para evitar controlar los riesgos y evitar los accidentes.
 - Toda la operación de lanzado debe ser realizado por personal capacitado previamente.
 - El entorno de la actividad en la labor debe estar despejado

en un radio de aprox. 10 mt., mínimamente para evitar ser alcanzado por el rebote de la mezcla.

- Utilizar pantallas de iluminación con pantallas de 500w. para tener mejor visualización algunas anomalías de orden geológico antes durante el proceso de lanzado del concreto.
- Para evitar accidentes y preservar la seguridad es necesario colocar las mallas electro soldada, con los aditivos de sostenimiento necesarios.

6. Actividad de lanzado de la mezcla.

- La mezcla a lanzar debe ser previamente supervisada libre de materias orgánicas, libres de partículas y polvo seco.
- Los agregados deben tener la granulometría en porcentajes calculados en tamaño máximo establecido como se muestra y obtenida en las pruebas de tamizaje de los agregados.
- Presión de aire para la maquina Shotcretera es de 5 bares.
- El mortero de mezcla para el shotcrete, debe tener las características de resistencia y compresión uniaxial que debe estar preparado en las siguientes condiciones con la prueba de gabinete: A siete (7) días, resistencia mínima de 13.0 mega pascales o 130 kg/cm²; A veintiocho (28)

1/2"	3/8"	4	8	16"	30"	50"	100"
------	------	---	---	-----	-----	-----	------

Cuadro 6 Características del agregado para la mezcla

días, resistencia mínima de 21.0 mega pascales o 210 kg/cm²

Fuente: Área de planeamiento U. M. Animón Chungar.

7. La resistencia del mortero de 21 Mega pascales, para 1 m³ de mezcla:

- Cemento en bolsa: 9 (01 bolsa = 42.5 kg.)
- Agregados: 1 m³ (1815 kg.) (equivalente a 14 carretillas, 196 lampas)
- Aditivo en galones (acelerante): 4
- Agua en galones: 49 o 187 L.
- Relación de agua y cemento: 0.55
- Fibra metálica: 20 kg (acorde a las indicaciones de Área geomecánica)
- Si el sector tiene goteras ($25 > x < 125$ L/min para una longitud de 10 metros.) debemos incrementar 6 galones de aditivos, a fin de quedar sellado y colocar taladros llorones o para drenaje.
- Las magnitudes posteriormente se podrían afinar a través de evaluaciones para compresión uniaxial de shotcrete.

8. Para el lanzamiento de concreto

- El montaje de la maquinaria para Shotcrete deberá ubicarse en un sector sin goteras y plano o nivelado a efectos de mantener una posición horizontal.
- El sistema eléctrico de la máquina para shotcrete y diversas pantallas se debe encontrar en óptimas

condiciones de operatividad. Verificar equipo e instalaciones antes de iniciar labores.

- La manguera para el desplazamiento de concreto mezclado, deberá estar tendida lo más recta posible, con la finalidad de impedir curvaturas o zonas dobladas en el recorrido de concreto proyectado.
- La maquinaria que funciona con fluido eléctrico debe estar conectado a un tablero eléctrico que cumpla estándares de protección termo magnética y diferencial, asimismo conexión a tierra, teniendo en consideración una magnitud de treinta mega amperios para sobrecargas de tensión y corto circuito.
- Sostener cada conexión con cadena y abrazaderas. Verificar dicha acción previo al inicio de labores, ejecutando la herramienta de gestión check list.
- Sujetar de forma correcta la manguera y proceder a la aplicación oscilando en forma de círculos o abanico.
- Si, en un caso existiera contacto directo con ojos o piel, se debe lavar inmediatamente con cuantiosa agua. El área de influencia deberá estar implementado un lavaojos., Sucedido el hecho, desplazarse de forma inmediata al médico.
- Se deberá tener de forma permanente las hojas y fichas de seguridad de los artículos, asimismo la totalidad de colaboradores deberá haber hecho lectura del mismo.

- El espacio máximo de la punta de la tobera a la pared es de 2 mts.
- En determinado caso, donde tengamos que proyectar coronas altas, se debe tener carga en el trabajo, de manera que, al culminar la zona alzada del concreto proyectado, se proseguirá posterior a una limpieza de dicha carga y adherir en el sector bajo.
- En determinados casos en trabajos mayores a 4 metros, se debe ubicar piso de carga o en su defecto un andamio o camión elevador.
- El proceso de concreto proyectado (shotcrete) se ejecutará acorde a la clase de macizo rocoso.
- Será 2" mínimo de espesor del concreto proyectado: acorde a las recomendaciones del área de geomecánica.
- Previo al inicio del procedimiento del shotcreteado, los hastiales deberán ser limpiados para proyectar concreto sobre las cajas y acabar en el piso.
- Terminado el proceso de concreto proyectado (shotcrete), se deberá proceder a sostener la labor, asimismo esta labor deberá ostentar un sostenimiento integro.

9. Responsables y responsabilidades

- **Colaboradores**, realizar el cumplimiento y hacer cumplir los estándares de labor
- **Supervisor o Jefe de Turno**, conocer y ejecutar labores, en concordancia con el estándar actual, acorde a la clase

de equipo a emplear en el trabajo.

Retroalimentación de actividades, de ser el caso.

- **Jefe de Mina o Residente E.E.**, comprobar el cumplimiento adecuado del estándar actual.
- **Superintendente de Mina**, controlar, auditar y supervisar la ejecución del estándar actual.

10. Registros, controles y documentación

- Hojas de Check list propios en cada trabajo.
- Libreta Inspecciones de Procedimientos, I.P.
- Cuadernos de control para orden de labores.

11. Frecuencia de inspecciones

- De forma mensual, a la semana y diaria.

12. Equipo de trabajo

- Colaboradores de interior mina, residente, Jefe de guardia, Jefe de sección, inspector de seguridad y capataz.

13. Revisión y mejoramiento continuo

- La totalidad del personal de trabajo y encargados en la aplicación del concreto lanzado (shotcrete) deben contar obligatoriamente con el E.P.P.

14. Definiciones

Shotcrete: Se conceptualiza como concreto lanzado o mortero proyectado de manera neumática con altas velocidades encima de un área fija o predeterminada.

Máquina para Shotcrete o Shotcretera: Son Equipos diseñados con la finalidad de realizar mezclas a base de

concreto por vía húmeda (agua), con aditivo y fibra de acero o en su defecto con material sintético. Con el fin de ser proyectado con aire comprimido sobre una superficie que requiera sostenimiento y así crear una capa de concreto, la misma que brindará estabilidad a la zona.

Arena zarandeada: Material preparado, arena tamizado por pasada por zaranda de malla de ½ pulgada de abertura cuadrada, con granulometría adecuada para ser utilizado como agregado a ser lanzado en la obra.

Cemento: Material fino inorgánico utilizado como aglomerante que se obtiene del proceso de molido de materia prima como son, Oxido de Calcio, Silicio, Aluminio, Hierro y Magnesio que mezclados con los áridos proporcionan un compuesto o masa que al endurecerse son muy resistentes que se denominan concreto.

Aditivo: Compuesto químico, líquido que se añade a la masa de concreto en proporciones adecuadas con el único fin de mejorar las propiedades físicas del concreto con las que obtendremos los siguientes aspectos del concreto:

- Disminuir la cantidad de agua, es decir disminuir la relación agua/cemento.
- Incrementar la cohesión, disminuir la segregación y la exudación.
- Incrementar el proceso del movimiento de la masa a bombear.

- Optimizar los parámetros de resistencia iniciales y finales.
- Optimizar el endurecimiento en función al tiempo de fragua.
- Mejorar el proceso de hidratación de la masa.
- Mejorar la madurez del concreto de acuerdo a ACI 308R.
- Controlar el porcentaje de aire a la mezcla.

Fibras: Elementos finos (Viruta) de acero o de material sintético diminutas que incorporados a la mezcla proporciona mayor tenacidad y plasticidad al concreto, asimismo, esta mejorar la resistividad y evitan la deformación de la estructura en el shotcrete, estas fibras pueden ser fibras metálicas o sintéticas,

Barretas: Barras de acero para trabajos de chuteo o desate de las rocas antes del proceso del lanzado del concreto.

Cizalla: Varilla de acero con filo de corte en forma de tenaza, utilizado preparar y cortar alambres y mallas con diámetros, es una herramienta manual de uso intenso en el proceso de enmallado y empernado.

Jackpot: Es una herramienta de acero de en forma de plato de diferentes diámetros, utilizado en minería subterráneas, para fijar los puntales de madera en sostenimiento de rocas eventualmente.

4.1.2.5. Proceso de mejora del concreto lanzado vía húmeda

1. Procedimiento estándar del desatado de rocas en Minera

Chungar, en mina se realiza el desatado de rocas si es necesario en la labor para ello se debe seguir el procedimiento de trabajo con las pautas siguientes:

2. **Objetivo**, mantener labores y trabajos seguros; garantizar la característica de estabilidad en el macizo rocoso, suprimiendo **cualquier** clase de pérdidas.

3. **Alcance**, la **totalidad** de labores subterráneas de la mina Animón.

4. **Referencias legales y otras normas**, D.S. -024-2016 EM, Artículo 224 **Desate** de rocas vigentes

5. Especificaciones del estándar

- Todo trabajador debe usar correctamente los E.P.P. y herramientas respectivas normalizados para realizar el desatado.
- Las barretas de acero de forma hexagonal (barrenos descartados) de 7/8 pulgadas de diámetro, de aluminio y de tubo de fierro. Según tabla adjunta:
- En cada labor se debe tener dos (2) juegos de barretillas, cuatro de uña y cuatro de punta.
- En ningún caso se empleará barreta con punta doble en la parte extrema, se limitará a tener un extremo, solo de uña o solo de punta y en la otra llevará un asa cerrada con forma de triángulo.

- Para ejecutar desate de rocas, se necesita como mínimo dos (2) colaboradores.
- Las barretas de doce (12) y catorce (14) pies, deberá estar constituido por aluminio.
- El grupo o juego de barretas deberán ubicarse en zona de labor.
- La bodega en cada nivel subterráneo de mina deberá existir stock de un porcentaje de veinte por ciento (20 %) de barretas obligatorias a fin de sustituir las desgastadas o con deterioro.
- En las labores para desatar rocas, se tendrá un reflector de trescientos (300) watts.
- Para ejecutar la labor de desatado de rocas, las barretas deberán establecer un ángulo, con los intervalos de 45° a 70° con referencia de la horizontal.
- El proceso de desatado de rocas se efectuará en avance, situándose en zonas seguras, con la barreta constatar si las rocas se encuentran estables en las zonas con sostenimiento.
- Para efectuar el desatado de roca al Nivel tres mil seiscientos (3,600) zona de extracción minera, el primer lugar el área de mantenimiento eléctrico, desenergizará la línea trolley, por el lapso que durará el desatado de rocas.

Cuadro 7 Estándar de Barreta usadas para el proyecto

SECCIÓN	LONGITUD DE BARRETILLA
1.5 m x 1.5 m	4' y 6'
2.4 m x 2.4 m	4' , 6' y 8'
3.0 m x 3.0 m	6' , 8' y 10'
3.5 m x 3.0 m	6' , 8' y 10'
3.5 m x 3.5 m	6' , 8' , 10' y 12'
4.0 m x 4.0 m	6' , 8' , 10' y 12'
Chimenea	4' , 6' y 8'

Fuente: Departamento de minas U. M. Animón Chungar.

6. Responsabilidades y responsabilidades

- **Colaborador**, dar cumplimiento al estándar actual.
- **Jefe de Turno o Supervisor**, tomar conocimiento y dar cumplimiento al estándar, ejecutar la supervisión y monitorear los trabajos o labores, el principio de cada guardia o turno de labor.

Retroalimentación de ser el caso.
- **Residente E.E. o Jefe de Mina**, comprobar el cumplimiento del estándar actual.
- **Superintendente de Mina**, evaluar que colaboradores y labores cumplan con el estándar actual.
- **Jefe de Seguridad o Asistente**, evaluar y auditar que el actual estándar se cumpla.

7. Registro, control y documentaciones

- Hojas de lista de verificación (Check list) de la actividad de la labor.
- Tarjeta o Libreta procedimientos (I.P.)
- Cuadernos de órdenes de labor.

8. Frecuencia de inspección

- De forma diaria, a la semana y mensualmente

9. Equipo de trabajo

- Colaboradores de interior mina, Jefe de Sección, Capataz, Jefe de Guardia, e inspector de seguridad.

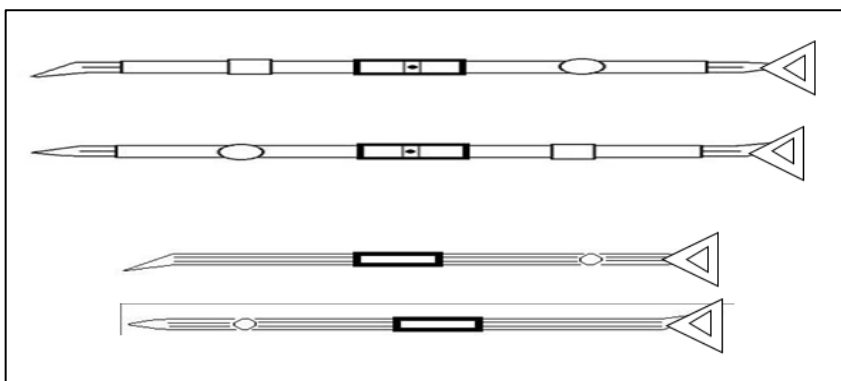
10. Revisión y mejora continua

- La revisión se ejecutará de forma anual o de ser el caso al momento de generar cambio de operaciones o legislación.

11. Definiciones

Barretas: Componente de metal en la punta o en la uña de múltiple longitud, que permite ejecutar actividades para el desate de roca.

Gráfico 23 Diseño Estándar típico de Barretillas UM. Animón



Fuente: Departamento de minas U. M. Animón Chungar.

12. Sostenimiento de labores Mineras Chungar

- Perno helicoidal (foto).
- Perno Split set y malla electro soldada (foto).
- Cimbra con plancha acanalada (foto).

- Concreto proyectado (Shotcrete) por vía seca y húmeda (foto).

Gráfico 24 *Cruceros principales*



Fuente: Área de geomecánica U. M. Animón Chungar.

Gráfico 25 *Sostenimiento en chimeneas*



Fuente: Área de geomecánica U. M. Animón Chungar.

Gráfico 26 Sostenimiento en galerías



Fuente: Área de geomecánica U. M. Animón Chungar.

Gráfico 27 Sostenimiento en tajeos



Fuente: Área de geomecánica U. M. Animón Chungar.

4.1.2.6. Diseño del concreto lanzado vía húmeda para la UE Animón

Para mejorar las condiciones del sosteniente el proyecto en su proceso de mejora continua ha propuesto el presente proyecto y basado en las normas de técnicas de normalización de mezclas del concreto y adecuado para el sostenimiento de labores subterráneas en minería

subterránea, en la Unidad Minera de Chungar se toma en cuenta para todos los casos requiere una que el shotcrete los 28 días consolide una resistencia de 210 kg/cm².

1. Administración de concreto proyectado (shotcrete), el shotcrete, es un procedimiento muy requerido para labores de sostenimiento de labores, para la U.M. Chungar, la mezcla por vía húmeda es proyectada a presión, el mismo que logra el fortalecimiento en gran magnitud, en la labor, teniendo determinada dosis para cada clase de rocas. La clase de sostenimiento es aplicado acorde a la clase de las rocas, siendo clasificadas de acuerdo a su competitividad, va desde roca muy buena (I) hasta roca muy mala (V). El procedimiento de sostener con concreto proyectado, utiliza maquinaria destinada a la proyección del concreto mezclado. La dosis del concreto mezclado, se emplea en base a la clase de labor ejecutado en el interior mina, teniendo en consideración si una labor es temporal o permanente, en consecuencia, serán sometidos al análisis para cada metro cúbico, utilizando lo siguiente:

2. Labor temporal: considerando tajos y subniveles se empleará;

- Cuatrocientos kilogramos (400 kg.) de cemento.
- Mil quinientos noventa y cinco kilogramos (1,595 kg.) de arena.
- Ciento setenta y ocho litros (178 lt) de agua.
- Veinticinco kilogramos (25 kg) de fibras
- Dos y medio litros (2.5 L) de aditivos
- Slump en 9 pulgadas

3. Labor permanente: considera rampa, crucero, by pass y cámara, se empleará;

- Cuatrocientos cuarenta kilogramos (440 kg.) de cemento.
- Mil quinientos sesenta y siete (1,567 kg.) de arena.
- Ciento cincuenta y seis litros (156 L.) de agua.
- Veinticinco kilogramos (25 kg.) de fibras.
- Dos punto siete litros (2.7 L) de aditivos.
- Slump de 8.5 pulgadas.
- Del mismo modo, consideramos para el concreto mezclado normal, emplear una combinación de veinticinco kilogramos de fibras y para el concreto mezclado especial una combinación de cuarenta y cinco kilogramos de fibras.

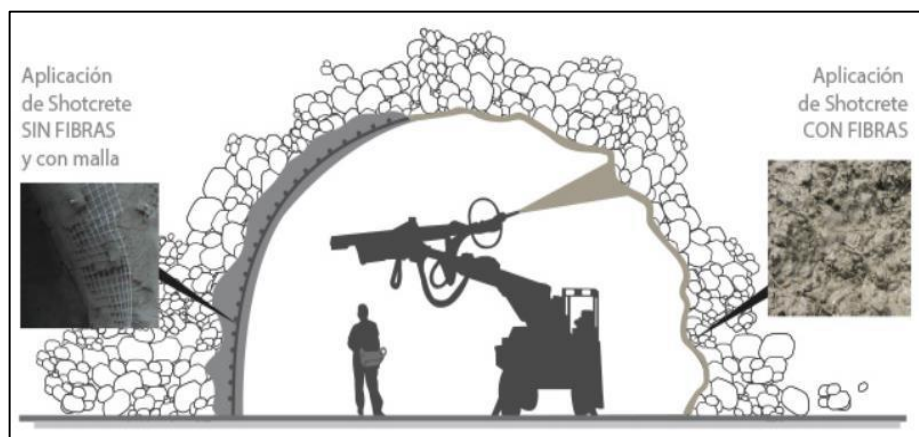
4. Shotcrete reforzado con fibra, un objetivo del proceso de sostenimiento con lanzado de concreto, es producir mayor tiempo de durabilidad del mismo, aconteciendo que, el fenómeno de figuración de la roca, será una dificultad a ser controlada, por lo mismo, el empleo del concreto proyectado con fibra, es aplicado desde hace cuarenta años, a fin de controlar dicha dificultad.

5. Propiedades de shotcrete reforzado con fibra, el empleo de concreto proyectado, con refuerzo de fibra, evidencia una alta flexibilidad, la misma que tolera la deformación, logrando mantener una alta resistencia, de igual forma admite oposición a la difusión de las fisuras en la roca, produciendo gran durabilidad y tiempo de vida del proceso culminado de sostenimiento. Por otro lado, con el empleo de malla, la

utilización de concreto lanzado reforzado con fibra, brinda cierto beneficio, tales como:

- Mayor asignación de refuerzo en el sector de influencia.
- Apropiaada adaptabilidad al perfil no regular del macizo rocoso.
- Uso de medios logísticos simples y disminución del efecto rebote.
- Mejoramiento del compactado.

Gráfico 28 Diferencia uso de shotcrete con fibra y shotcrete con malla



Fuente: Departamento de planeamiento U. M. Animón Chungar.

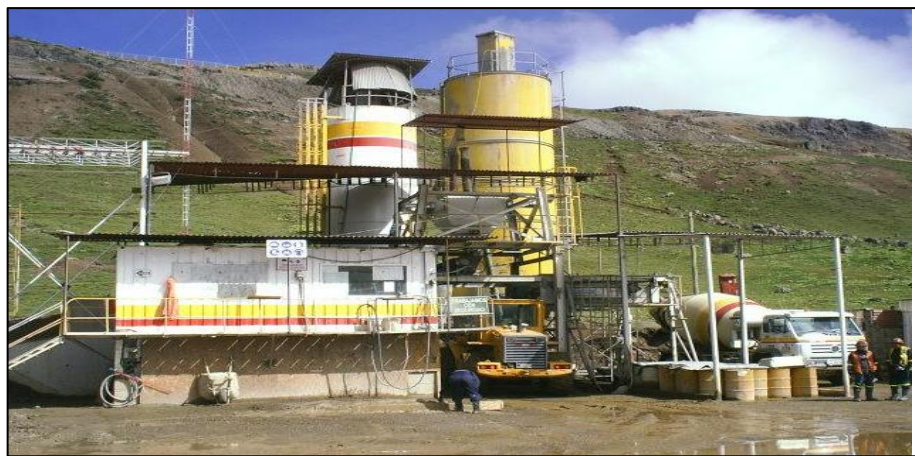
6. Clases de fibra para concreto lanzado (shotcrete), el empleo de fibra en concreto lanzado, se distingue por sus proporciones, materiales o funciones.

- **Por su tamaño:** Micro fibra, menor a 0.3 milímetros de diámetro, disminuyen fisuras en el hormigón en situación fresca, optimiza la durabilidad, administración usual de uno a tres kilogramos por metro cúbico (1 a 3 kg. /m³). Macro fibra, mayor a 0.3 milímetros de diámetro, incremento de tenacidad y ductibilidad de la fibra de acero y macro fibra sintética, restringe la multiplicación de fisuras, en el momento que, el hormigón se encuentre duro, la administración estará desde veinticinco a sesenta kilogramos por

metro cúbico (25 – 60 kg. /m³.) en fibra de acero y cuatro punto cinco a nueve kilogramos por metro cúbico (4.5 – 9 kg. /m³.) de macro fibra sintética.

- **Según el material**, tenemos a la fibra metálica, fibra sintética, fibra de vidrios, fibra combinada. El aspecto de la fibra, supedita la adherencia entre las fibras y el hormigón.

Gráfico 29 Infraestructura de la Planta de concreto U. M. Chungar



Fuente: proyecto de concreto lanzado

Gráfico 30 Diferencia tipos de fibras para shotcrete



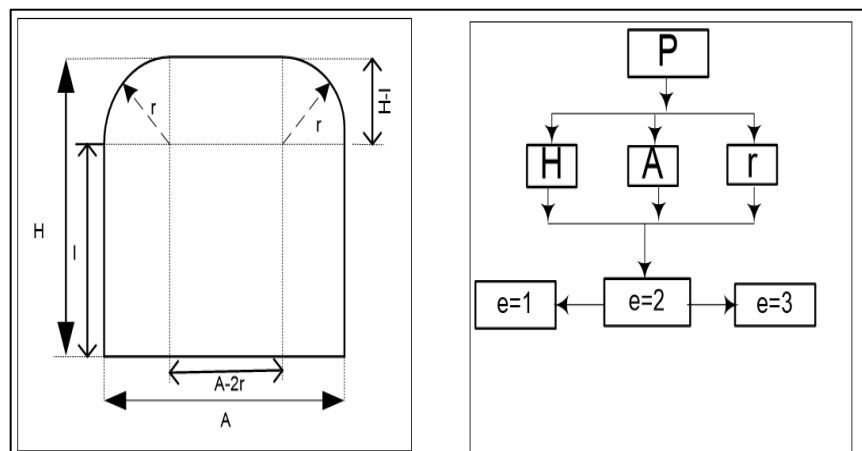
Fuente: Departamento de geomecánica U. M. Animón Chungar.

7. **Bombeo y administración de fibra**, la administración de fibra contenido en el concreto lanzado, se efectúa al término del hormigón mezclado y se evita hacerlo al principio, se efectúa de manera

progresiva, a fin de evitar cualquier tipo de aglomeración o atascamiento. Esta mezcla, se efectúa por lo general en la planta o en su defecto de forma directa en la hormigonera. Al bombear con fibra, se debe tener en consideración, que su largo no deberá exceder el sesenta por ciento del diámetro de los tubos, tener en cuenta que la fibra, disminuye la docilidad de la mezcla de hormigón, no obstante, es imperativo emplear plastificante.

8. **Cálculo de cantidad de materiales para sostenimiento**, el cómputo generado a fin de definir una cantidad de componentes para el sostenimiento, usando concreto lanzado, se divide en cálculos de malla, shotcrete y cantidad de pernos.

Gráfico 31 Diseño de labor subterránea para cálculo de shotcrete



Fuente: Departamento de geomecánica U. M. Animón Chungar.

9. **Cálculos para el shotcrete:** Tener en consideración el tamaño de una labor subterránea a fin de realizar el proceso de concreto proyectado.

- **Cálculos para el volumen del shotcrete:**

Fórmula general:

$$V = (P \times L) \times \% R_g \times \% R_b \times \% C \times C_p \times e$$

- **Cálculos de perímetro:**

$$P = 2 \times H - r \times (4 - \pi) + A$$

En el cual:

P : Perímetro (metros)

H : Altura (metros)

R : Radio (metros)

A : Ancho (metros)

π tiene un valor aprox., de 3.1416

- **Cálculos de cantidad para vía húmeda (TK):**

$$\text{Cantidad a determinar 1} = (P \times L) \times \% \text{ Rg.}$$

En el cual:

Rg : Rugosidad (30 por ciento).

Rb : Rebote (14 por ciento)

C : Cuba (2 por ciento)

Cp : Compactación (6 por ciento)

Para un espesor igual a 1" (0.0254 metros)

- **Cantidad a determinar 1 = Cantidad a determinar 1 x 0.0254 x 1.1**

Para un espesor igual a 2" (0.0508m)

- **Cantidad a determinar 2 = Cantidad a determinar 1 x 0.0508 x 1.1**

Para un espesor igual a 3" (0.0762m)

- **Cantidad a determinar 3 = Cantidad a determinar 1 x 0.0762 x 1.1**

4.1.2.7. Diseño de la Mezcla para Vía Húmeda

Para el proyecto se ha diseñado bajo los criterios técnicos y en relación a las características geomecánicas del macizo rocoso de la UM.

Cuadro 8 Composición Promedio de shotcrete vía húmeda

Shotcrete para 210 Kg/cm² a los 7 días Humedad permisible 5%	
INSUMO	CANTIDAD
Cemento Andino	360.00 Kg.
Arena gradación 2	1670.00 Kg
Fibra metálica	20.00 Kg.
Aditivo acelerante V-Lox.	3.50 Gl.
Agua	159.59 L.
Costo por m ³ US	\$ 240.00

Fuente: Propia del proyecto.

- 1. Proceso de producción de la mezcla del concreto lanzado vía Húmeda,** manteniendo prevista la organización de proporciones, esta acción colabora con la dosificación para el suministro del equipo de reducciones, eludiendo el ingreso de materiales, cuyos tamaños son inferiores a la configuración (Setting) de la maquinaria para triturar, o apartando materiales que cumplieron con las medidas del tamaño requerido. En el presente capítulo se estudiará los equipos de clasificación de tamaños en los que se incluye los clasificadores en seco y los húmedos. Resulta pues importante la inclusión de clasificadores en los circuitos de conminución a fin de optimizar su rendimiento.

2. Objetivos

- Describir los diferentes tipos de clasificadores en húmedo y en seco.
- Identificar los parámetros principales que gobiernan el funcionamiento de los clasificadores.
- Determinar la importancia que tienen los clasificadores en los circuitos de conminación.

Gráfico 32 Abastecimiento de material para el shotcrete vía húmeda



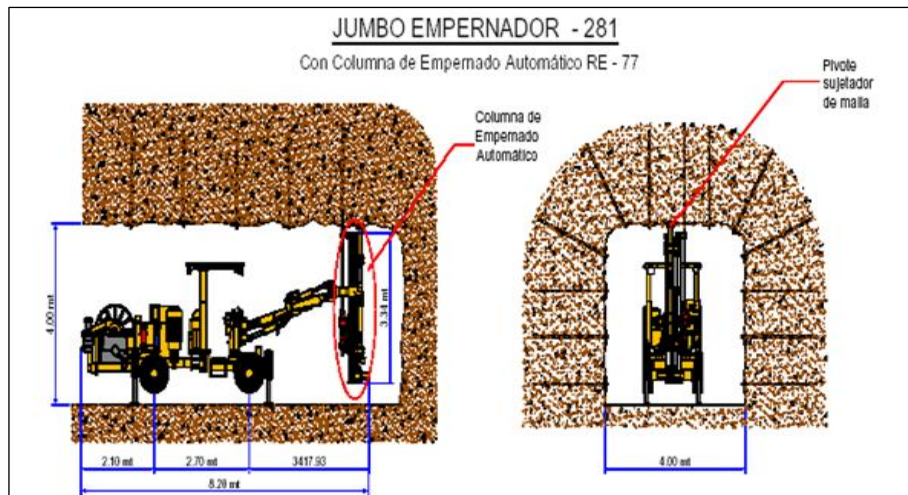
Fuente: Propia del proyecto.

Gráfico 33 Proceso de lanzamiento del concreto robotizado vía húmeda



Fuente: Propia del proyecto.

Gráfico 34 Proceso de empernado de las rocas Jumbo 281-RE-77



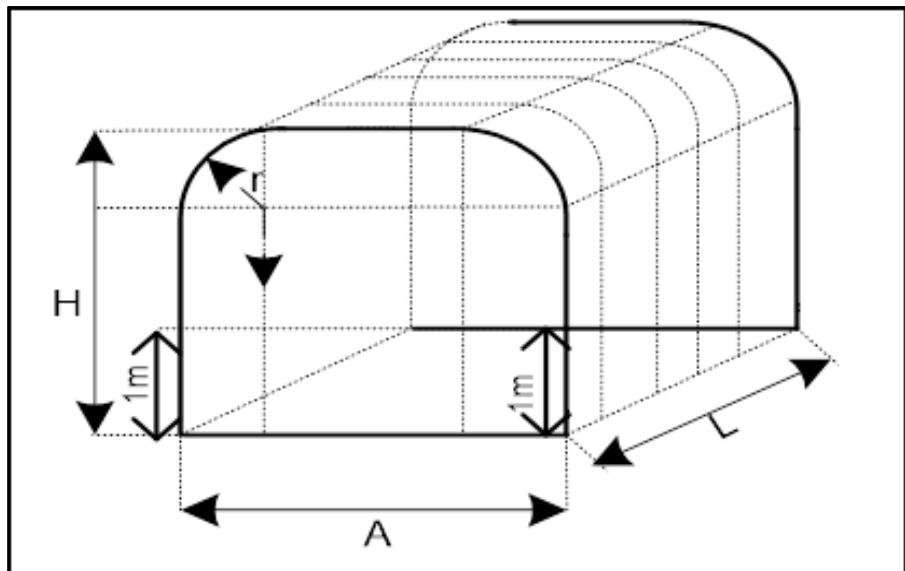
Fuente: Propia del proyecto.

Cuadro 9 Cálculo de la cantidad de material para shotcrete húmedo

INTRODUCIR DATOS			DATOS FIJOS				RESULTADOS		
SECCIÓN	AVANCE	ESPESOR	% Rg	% Rb	% C	% Cp	PERÍMETRO	SH SACRIFICIO	V=VOLUMEN (M3)
4.5 * 4	4.2	0.0254		1.10	1.10	1.10	54.60	0.20	1.73
4.5 * 4.2	4	0.0508		1.10	1.10	1.10	52.80	0.20	3.15
4.5 * 3.9	3.8	0.0762		1.10	1.10	1.10	48.26	0.20	4.25

Fuente: Departamento de geomecánica U. M. Animón Chungar.

Gráfico 35 Diseño de labor sub., para cálculo de cantidad de pernos



Fuente: Departamento de geomecánica U. M. Animón Chungar.

3. Cálculo del número de pernos:

- **Cantidad o número de pernos**

$$C = \left(\frac{L - 1}{S}\right) * \left[\left(\frac{P - 2}{S}\right) + 1\right]$$

- **Perímetro**

$$P = 2 \times H - r \times (4 - \pi) + A$$

En el cual:

P : Perímetro (metros)

S : Espaciamiento(metros)

L: Longitud de avance

- **Para los espaciamientos de 1 metro, 1.2 metros y 1.5 metros.**

$$A = ((\text{Longitud} - 1) / (\text{Espaciamiento}))$$

$$B = ((\text{Perímetro} - 2) / (\text{Espaciamiento}) + 1)$$

$$C = (A \times B)$$

4. Ventajas del Concreto Lanzado Vía Húmeda, dentro las principales

por las que se han decidido implementar son:

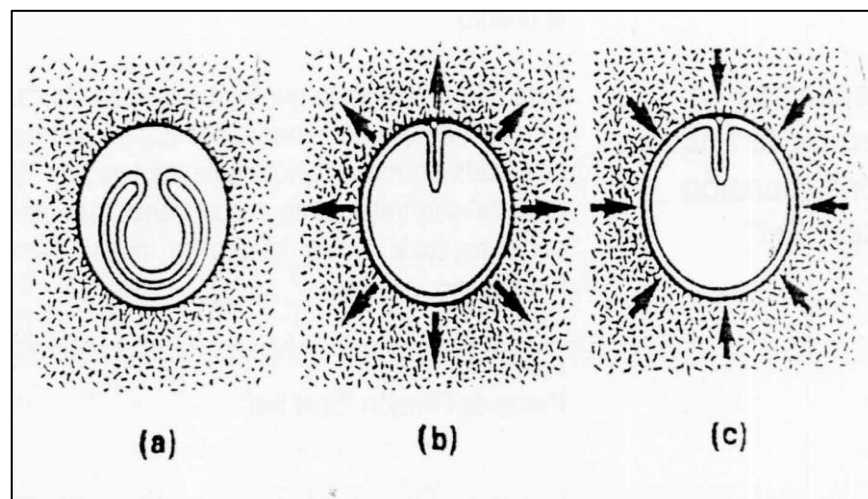
- Mínima cantidad de polvo, dando mejor visibilidad al operador en la labor.
- Porcentaje de rebote aproximado 10%.
- Mínimo riesgo del operador en la operación por utilizar el control remoto.
- Eficiente trabajo de sostenimiento por usar una pluma larga de alcance 7 metros de altura.
- Mínima pérdida del material en el proceso de transporte de la mezcla.
- Rendimiento por guardia por equipo lanzador en vía húmeda 30

m3.

- Mejor dosificación de la mezcla en la planta de concreto.
- Menor número de personal operador y ayudante.
- Mayor calidad de la mezcla al usar aditivos que contrarresten alguna perturbación en la mezcla y el transporte.

5. **Anclaje mecánico radial y por fricción axial**, el presente anclaje de basa en perno de anclaje formado de acero de forma tubular, que previamente son sometidos a compresión a fin de disminuir el diámetro y la bomba para agua de gran presión. Dicho perno es introducido al barreno, logrando expandirse a través de agua con altas presiones. En el transcurso de la fase de expansión los pernos Hydrabolt comprimirán los materiales alrededor del barreno, acondicionando su estructura a la irregularidad de la pared del taladro en la totalidad del largo de los pernos.

Gráfico 36 Proceso de expansión el perno Hydrabolt



Fuente: Propia del proyecto.

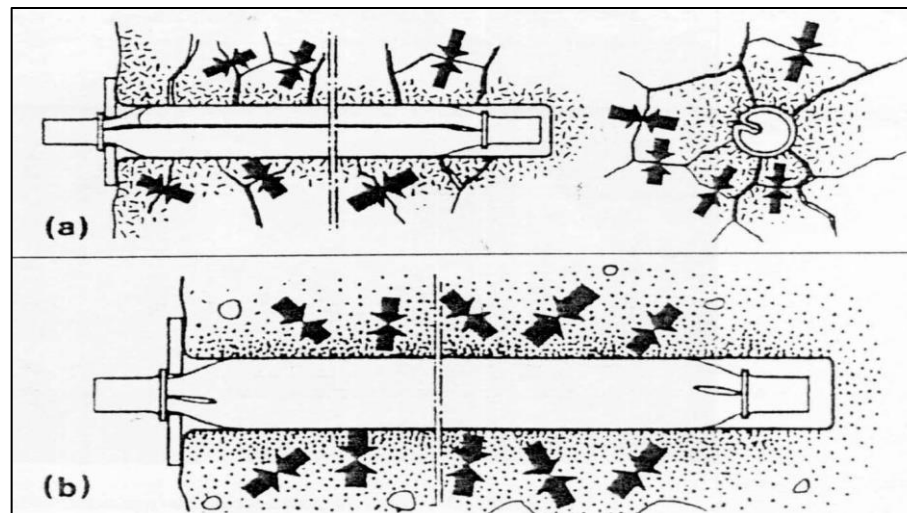
6. Mecanismos para anclaje de perno

- Barrenos y pernos sin proceso de expansión.
- Confinación de roca ante la expansión de los pernos.
- Respuesta de los esfuerzos de las rocas dirigido a los pernos.

7. Trabajabilidad del anclaje de expansión

- Confinación de las discontinuidades en la roca.
- Confinación de diversas partículas en el suelo.

Gráfico 37 Pernos de expansión para sostenimiento.



Fuente: HF. SAC. Para el Proyecto.

- ## 8. Anclaje de fricción o tubo partido, los pernos de estabilización denominados (Split set), inicialmente se desarrollaron por Scott entre los años de 1976 y 1983, se fabrican y distribuyen por la empresa transnacional INGERSOLL-RAND, anteriormente Gardner Denver Inc. El procedimiento ilustrado en la imagen, se constituye de tubos de acero con gran solidez ranurada y la platina. Estos son instalados, siendo empujados al interior de los taladros con medidas levemente menores y las fuerzas radiales de recuperación a las deformaciones, producida por las compresiones de los tubos en forma de la letra “C”,

brinda óptimo anclaje de fricción en la longitud completa de los taladros.

Gráfico 38 Pernos de Fricción (Split Set)



Fuente: Propia del proyecto.

9. **Malla Electro – soldada**, el presente elemento de sostenimiento, es aplicado para el reforzamiento del shotcrete y radica en cuadrículas de alambre de acero, los cuales son soldados en cada punto de las intersecciones. Este componente típico para emplearse para excavaciones, contiene alambre de 4.2 milímetros, ubicados en forma de cuadro de 100 milímetros; denominado malla de 100 x 100 x 4.2, por otro lado, es entregado en fragmentos que podrán ser maniobrados por dos o un hombre. Por lo general, las mallas electro soldadas, son fijadas en las rocas, a través de una placa secundaria que funciona con tuerca y retén o arandela colocada encima del anclaje previamente

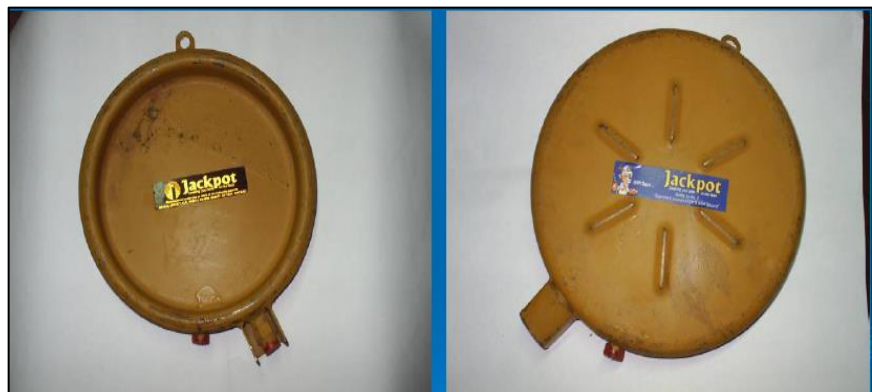
instalado. El anclaje medio es asegurado mediante anclas cortas encementadas por varias o un ancla con casquillo de expansión. Se requiere un número de anclas intermedias, con la finalidad que la malla se instale adherida en el área del macizo rocoso.

Gráfico 39 Malla Electro-soldada



Fuente: Propia del proyecto.

Gráfico 40 Jackpot



Fuente: Propia del proyecto.

Cuadro 10 Cálculo de la cantidad de pernos

INTRODUCIR DATOS			DATOS FIJOS			RESULTADOS
SECCIÓN	AVANCE	ESPACIAMIENTO	PERÍMETRO			C=NÚMERO DE PERNOS
3.5 * 3.5	3	1.2	9.64	1.67	7.37	12
4.5 * 4.2	6	1.5	12.34	3.33	7.89	26

Fuente: Propia del proyecto.

10. Cálculo para el número de mallas

- Cantidad a determinar = (Longitud x Perímetro)

$$P = 2 \times H - r \times (4 - \pi) + A$$

$$A = \text{Perímetro} - 2$$

$$\text{Perímetro} - 2 = (A \times 1.150)$$

Cuadro 11 Cálculo de la cantidad de malla

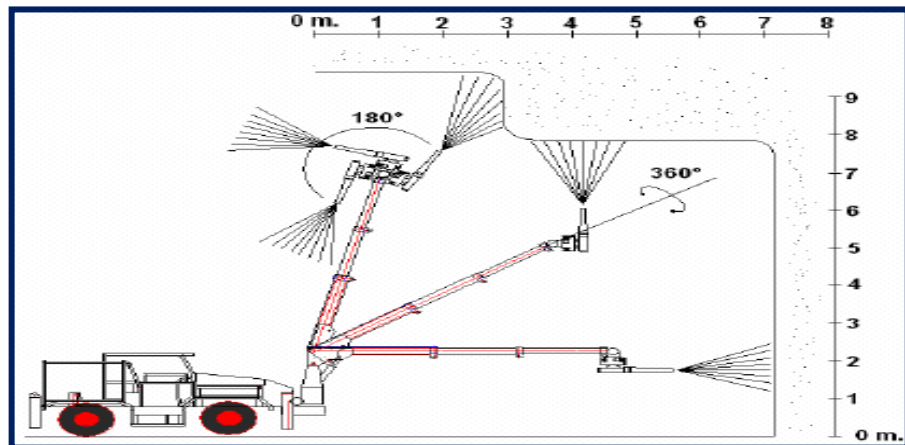
INTRODUCIR DATOS			DATOS FIJOS		RESULTADOS
SECCIÓN	AVANCE	FACTOR TRASLAPE	FACTOR TENZADO	PERÍMETRO	CANTIDAD DE MALLA (m2)
3.5 * 3.5	3	0.3	1.05	7.94	25.02
4.5 * 4.2	3	0.3	1.05	10.34	26.28
3.5 * 3.5	5	0.3	1.05	7.94	31.19

Fuente: Propia del proyecto.

11. Equipos aprovechados:

- **Robot Alpha:** Es una maquinaria, ensamblada encima de neumáticos, un motor diésel, para el desplazamiento y proyectar concreto, el operario emplea controles remotos, que oscilan señales en un rango de 30 metros. La disposición de concreto proyectado, acorde al catálogo, será de treinta metros cúbicos por hora (30m3/hora), por otro lado, la disposición de concreto proyectado real (11m3/hora).

Gráfico 41 Estructura y versatilidad del equipo Alpha U. M. Animón



Fuente: Propia del proyecto.

- **Característica técnica:**

Dimensiones equipo Alpha 20

Altura 2.40 metros.

Anchura 2.20 metros.

Largo 5.50 metros.

Motor diesel, de marca Deutz B F M 1 0 1 3 9 3 K w. a 2,300 r.p.m., integra un catalizador de gas.

Robot proyector

Ángulo de rotación de la boquilla: (360°)

Ángulo de inclinación de la boquilla: (180°)

Orbitación Automática 10 - 50 r.p.m.

Control remoto, mando a distancia sin cableado (no obligatorio)

Hetronic. Joy sticks destinados al movimiento proporcional

Hetronic. Control de Bomba de Hormigón Hetronic.

- **Equipos Mixers.** Maquinaria de desplazamiento y mezcla de shotcrete por vía húmeda, la suficiencia para transportar mezcla en el Mixer será de tres metros cúbicos, sin embargo, la capacidad

actual para el transporte de mezcla será de dos punto cinco metros cúbicos, a causa de una pendiente de trece % en la rampa, quince % en accesos, en dichas estructuras se precipita mucha mezcla.

- **Procedimiento:** Agregar agua al Mixer (70 % aproximadamente), posteriormente fibras metálicas, (tres bolsas) y aditivos (100 %). Adicionar arena (30 %). Agregar de forma conjunta y simultanea: agregado de arena (70 %), posteriormente fibras metálicas, (tres bolsas) y aditivos (100 %). Añadir el agua sobrante (30 %), constatando que dicha mezcla mantenga la homogeneidad. Para el presente caso, posteriormente vertido el 100 % de agua, no visualizamos mezcla homogénea, por el contrario, se observaba terrones, a mérito de ello, el operador de planta, en base a su empirismo, incrementó agua en las proporciones de 5 L, posteriormente 5 L y finalmente 5 L más. Obteniendo en totalidad 415 L., al fin con dicha magnitud de agua, la mezcla se encontraba homogénea, acorde a la impericia del operador de planta Impecon. Obteniendo una desproporción de 13 L, adicional a la estimación.

12. Características del Shotcrete

- Componente secundario de sostenimiento.
- El período para el fraguado son cuatro horas, obteniendo resistencias de 25 Kg / cm²
- El performance será de 10 m² / m³, por vía húmeda y 7 m² / m³ por vía seca.
- El porcentaje del efecto de rebote por vía seca será de 25 % al 30 % y por vía húmeda será de 7 % al 10 % aprox.

- La proporción óptima para el transporte del Mixer será de 2.5 m³
- El volumen requerido de mezcla de concreto para determinada labor se calcula a través de la siguiente fórmula.

$$V = P \times L \times e \times R \times Rb$$

En el cual:

P = perímetro de labor.

L = longitud de labor.

E = espesor del shotcrete acorde a recomendación geomecánica,” estándar 2”.

Frg. = factor de rugosidad

Frg : 1.3 (paredes y techo de labor rugosidad baja)

Frg : 1.4 (paredes de labor rugosidad regular)

Frg : 1.5 (paredes de labor rugosidad alta)

Para Nuestro caso tenemos un valor intermedio de: 1.40.

Frb = factor de rebote

Frb : 1.1 para vía húmeda.

Frb : 1.3 para vía seca.

- Como modelo, clásico: Si ostentamos una labor, la misma que deberá sostenerse mediante concreto proyectado por vía húmeda, se debe tener en cuenta cual será el volumen requerido para dicho trabajo, si tenemos los datos siguientes:

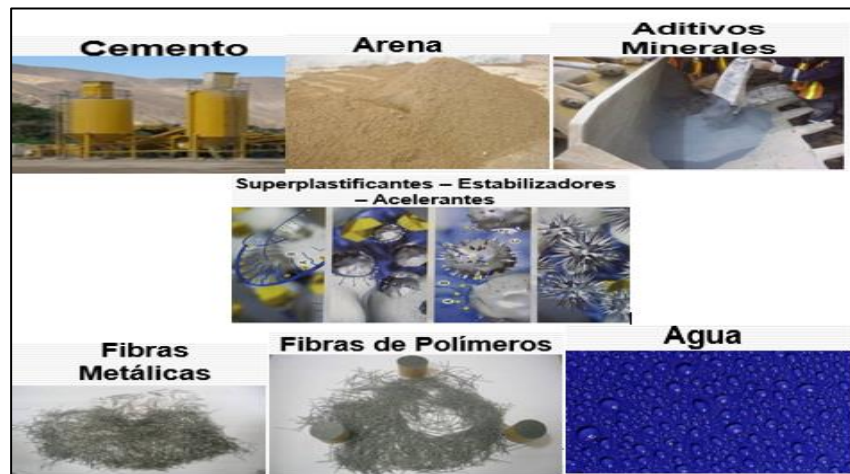
- Anchura de labor : 4 metros.
- Alto de labor : 3.5 metros.
- Longitud de labor : 6 metros.
- Espesor : 2 pulgadas o 0.05 metros.

- Rugosidad : 1.3
- Rebote : 1.1
- Vía Húmeda : 10 por ciento.
- Vía seca : 30 por ciento.
- Por lo tanto, el Volumen necesario para dicha labor será:

$$V = 11 \times 6 \times 0.05 \times 1.3 \times 1.1 = 4.719 \text{ m}^3 = 4.7 \text{ m}^3 = 5 \text{ m}^3$$

13. Insumos para la Mezcla de Concreto, para lograr y establecer la mejor calidad del concreto lanzado para vía húmeda se han seleccionado insumos industriales de manera que se brinde la mejor calidad de la mezcla que deben estar normalizados para garantizar el producto en las proporciones indicadas determinadas.

Gráfico 42 Insumos componentes de la mezcla para el shotcrete



Fuente: Propia del proyecto.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.

4.2.1. Resultados del tratamiento y análisis

Haciendo algunos comentarios al respecto, presentamos a continuación, el detalle de la aplicación del concreto lanzado específicamente al trabajo realizado en la rampa 4000, para la explotación de la veta respectiva. En la U.E. Animón – Chungar.

4.2.2. Análisis de la totalidad de horas de labor para el shotcrete

En el transcurso de lapso del mes de mayo, junio y julio del 2023, se efectuaron diversos tipos de evaluación del empleo de concreto proyectado (shotcrete) en la rampa 4,025 del nivel 4,000, a fin de explotar la veta.

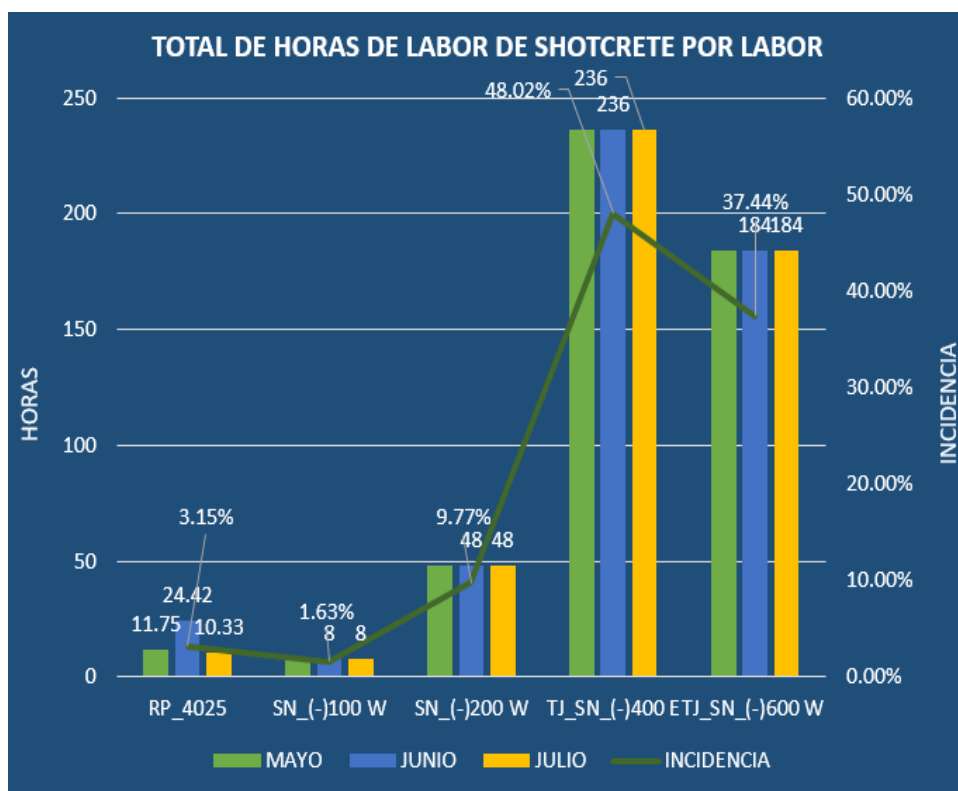
La totalidad de horas de empleo de concreto lanzado (shotcrete) en el transcurso del mes de mayo, junio y julio, fue un acumulado de 1,474.5 de horas promedio, los que consideran las labores subterráneas de sostenimiento mediante el concreto lanzado vía húmeda.

Cuadro 12 Total de horas de labor de shotcrete, por labor, período

TOTAL DE HORAS DE LABOR SHOTCRETE						
PERÍODO	RP_4025	SN_(-)100 W	SN_(-)200 W	TJ_SN_(-)400 E	TJ_SN_(-)600 W	TOTAL
MAYO	11.75	8	48	236	184	487.75
JUNIO	24.42	8	48	236	184	500.42
JULIO	10.33	8	48	236	184	486.33
TOTAL	46.5	24	144	708	552	1474.5
INCIDENCIA	3.15%	1.63%	9.77%	48.02%	37.44%	100%

Fuente: Propia del proyecto.

Gráfico 43 Diagrama de barras de horas de labor de shotcrete



Fuente: Propia del proyecto.

Las labores que generan mayor consumo de shotcrete son las Rampas y tajeos que se han tabulado son: T J _ S N 4 0 0 E y T J _ S N 6 0 0 W, con un acumulado de 1,260 horas e incidencia de un 85.45%, los subniveles S N 2 0 0 W y S N 1 0 0 W, con una totalidad de 168 horas e incidencia de un 11.39% y la rampa R P 4 0 2 5, contempla un acumulado de 46.5 horas e incidencia de un 3.15 %, en el transcurso del ciclo de los meses del progreso del proyecto (mayo, junio y julio de 2023).

La más alta repercusión de uso de concreto lanzado (shotcrete) en la rampa R P 4 0 2 5, fue generado durante junio, con un acumulado de 24.42 horas, significando los totales de 11.75 y 10.33 horas, en los ciclos de mayo y julio de forma respectiva.

4.2.2.1. Comentario

En el transcurso de mayo, los lapsos de tiempo de labor del concreto proyectado en más alta incidencia, se efectuaron en el T J _ S N 4 0 0 E, contando doscientos treinta y seis (236) h y la de menos incidencia se efectuó al S N 1 0 0 W contabilizando ocho (8) h.

La influencia de horas de trabajabilidad de concreto lanzado en todas las áreas de labor sin tener en consideración la rampa 4,025, son de 476 h, teniendo incidencia de un 97.59 %. Del mismo modo las horas de trabajo del concreto proyectado en la rampa R P 4 0 2 5, acumuló 11.75 h, teniendo en cuenta una incidencia de un 2.41 % del total de horas del mes de mayo.

Junio: El estudio de cada variable del tiempo en hora de trabajo del concreto proyectado, en el transcurso de junio, se tendrá en consideración las horas de concreto proyectado y su impacto en cada labor del ciclo en junio, se considera el diferendo con el estudio de labor de la rampa R P 4 0 2 5.

4.2.2.2. Comentario

En el transcurso de junio el tiempo de trabajo de concreto lanzado con alta influencia se ejecutaron en T J _ S N 4 0 0 E acumulando doscientos treinta y seis (236) h y la de mínima influencia se efectuó en S N 1 0 0 W, con ocho (8) h.

La incidencia de cada hora de labores de concreto proyectado en la totalidad de trabajos, excluyendo la rampa 4,025, tuvo un acumulado de cuatrocientos setenta y seis (476) h, teniendo una incidencia al 97.12 %.

Del mismo modo el tiempo en horas de trabajo del concreto

lanzado en la rampa R P 4 0 2 5, tuvo un acumulado de 24.42 h, teniendo en consideración la incidencia al 4.88 %, de la totalidad de h en junio.

Julio: El estudio de cada variable del tiempo en horas de trabajo de concreto proyectado de julio, tenemos en consideración las horas de concreto proyectado y su influencia en toda labor en el ciclo del mes de julio, así mismo se considera el diferendo con el estudio de labora rampa R P 4 0 2 5.

4.2.2.3. Comentario

En el transcurso de julio el tiempo en horas de trabajo de concreto proyectado con alta influencia se ejecutaron el T J _ S N 4 0 0 E, acumulando doscientos treinta y seis (236) h y con mínima influencia se efectuó en S N 1 0 0 W, con ocho (8) h.

La incidencia en cada hora de trabajo de concreto proyectado de la totalidad de labores, excluyendo la rampa 4,025 fue un acumulado de cuatrocientos ochenta y seis (486) h, manteniendo una influencia de 97.88 %. Del mismo modo, el tiempo en horas de trabajo de concreto proyectado en rampa R P 4 0 2 5, acumuló 10.33 h, teniendo en consideración una influencia del 2.12 % de la totalidad de horas en julio.

4.2.3. Costo total de labor de Shotcrete

El estudio para los costos totales de horas de trabajo de concreto lanzado, en el transcurso del ciclo de análisis, se tendrá en consideración, el costo de horas de concreto lanzado en diversas zonas de labor subterránea, siendo incisivos en costos vinculados a los trabajos en análisis de la rampa R P 4 0 2 5, teniendo en consideración costos totales de \$143,955.43, en el transcurso del ciclo de análisis.

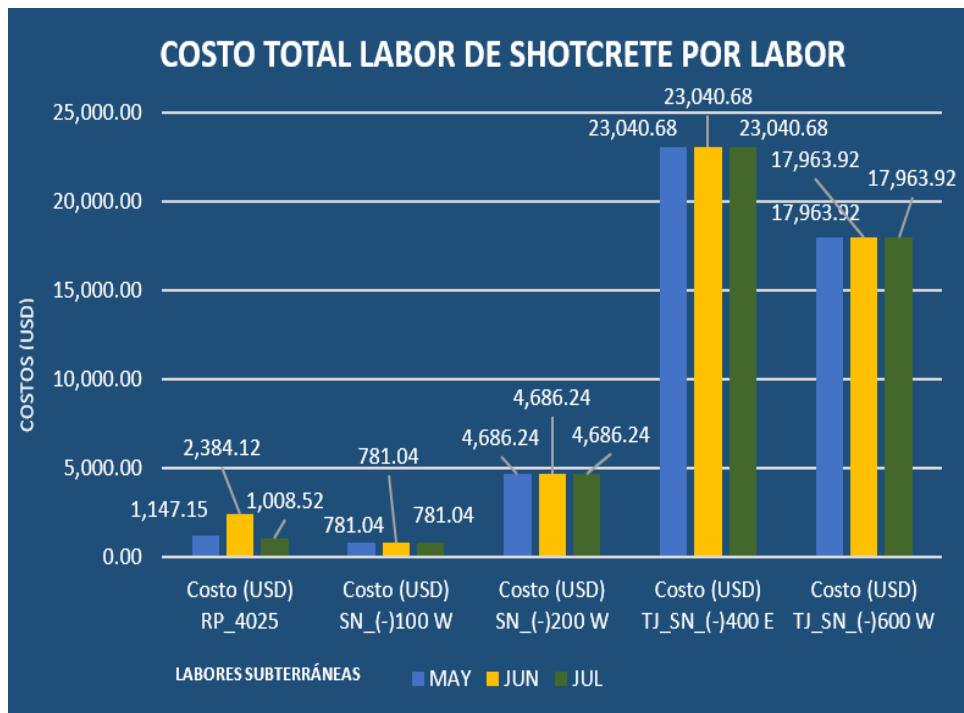
4.2.4. Comentario Económico del Proyecto

Cuadro 13 Costo total de horas de lanzado de shotcrete, mayo a julio

PERIODO	RP_4025	TOTAL DE COSTO DE HORAS TOTALES DE LANZADO DE SHOTCRETE											
		Costo (USD)	SN_(-)100 W	Costo (USD)	SN_(-)200 W	Costo (USD)	TJ_SN_(-)400 E	Costo (USD)	TJ_SN_(-)600 W	Costo (USD)	Total Horas	Costo Total (USD)	
MAY	11.75	1,147.15	8	781.04	48	4,686.24	236	23,040.68	184	17,963.92	487.75	47,619.03	
JUN	24.42	2,384.12	8	781.04	48	4,686.24	236	23,040.68	184	17,963.92	500.42	48,856.00	
JUL	10.33	1,008.52	8	781.04	48	4,686.24	236	23,040.68	184	17,963.92	486.33	47,480.40	
TOTAL	46.5	4,539.79	24	2,343.12	144	14,058.72	708	69,122.04	552	53,891.76	1,474.5	143,955.43	

Fuente: Propia del proyecto.

Gráfico 44 Diagrama de barras costo total - labor shotcrete



Fuente: Propia del proyecto.

4.2.4.1. Comentario

Los costos totales en horas de trabajo de concreto proyectado, en la duración de los meses de mayo, junio y julio, se contabilizaron 1,474.5 h, con un acumulado de costos de 143,955.43 USD \$, por lo cual consideramos costos de 97.63 \$ / h.

De la totalidad de horas de trabajo de concreto lanzado, tiene en consideración labores clase tajo T J _ S N 4 0 0 E y T J _ S N 6 0 0 W, con una totalidad de mil doscientos sesenta (1,260) h y costos totales de 123,013.80 USD \$, los sub niveles S N 2 0 0 W y S N 1 0 0 W, con un

acumulado de ciento sesenta y ocho (168) h. y costos totales de 16,401.84 USD \$ y la rampa R P 4 0 2 5 con una totalidad de 46.5 h y costos totales de 4,539.80 USD \$.

Los costos totales de la rampa R P 4 0 2 5, mantiene mayor incidencia en el ciclo de junio con 2384.12 USD \$, acumulando 24.42 h, por otro lado, en mayo con 1147.45 USD \$, con un acumulado de 11.75 h y en el transcurso de julio con costos de 1008.52 USD \$ con un acumulado de 10.33 h.

4.2.5. Análisis de la relación entre horas y m3 de shotcrete por labor

A fin de comprender las horas de trabajo de concreto lanzado en el transcurso del ciclo de análisis, se vinculó con cada metro cúbico (m3) de concreto proyectado empleado en las labores subterráneas. Influyendo básicamente en la rampa 4,025 nivel 4,000, a fin de ejecutar la explotación de veta “Guísela”.

En el lapso de mayo, junio y julio, se tuvo en consideración la totalidad de 1,474.50 h, se emplearon 1,055.02 metros cúbicos (m3) de shotcrete, teniendo en consideración labores subterráneas tales como: rampa R P 4 0 2 5, sub niveles S N 1 0 0 W, S N 2 0 0 W y tajo T J _ S N 4 0 0 E y T J _ S N 6 0 0 W. El más alto consumo de concreto proyectado se efectuó en las labores siguientes: tajo T J _ S N 4 0 0 E y T J _ S N 6 0 0 W con un total de 1,260 h. y 816 metros cúbicos (m3) de concreto proyectado, la labor del sub nivel S N 1 0 0 W y S N 2 0 0 W, acumulando 168 h y 144 metros cúbicos (m3) y la rampa R P 4 0 2 5, acumuló 46.50 h y 95.02 metros cúbicos (m3).

La más alta influencia de uso de concreto lanzado en cada labor subterránea, fueron considerados: tajo T J _ S N 4 0 0 E y el tajo T J _ S N 6 0 0 W, con un porcentaje de 44.36% y 32.99% de forma respectiva, cada labor que genera

mínimas horas serían S N 2 0 0 W y S N 1 0 0 W, con porcentajes de incidencia al 7.96% y 5.69%.

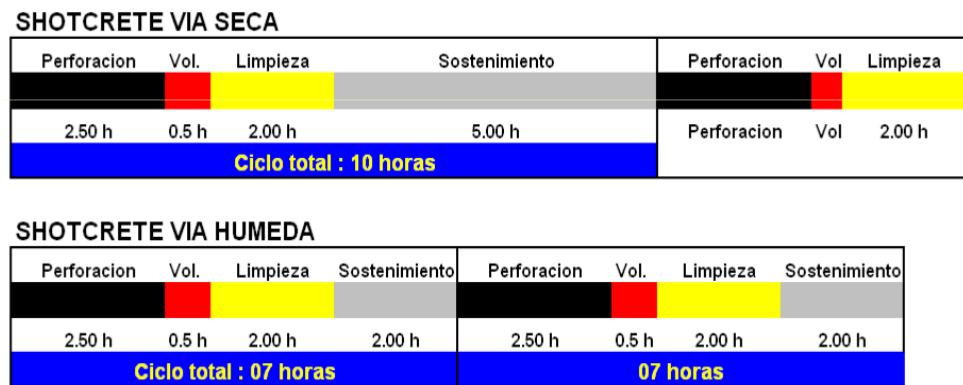
La influencia de uso de concreto lanzado en la rampa R P 4 0 2 5 es un porcentaje de 9.01 %.

Cuadro 14 Relación de horas y m3 de shotcrete por labor de mayo a julio

RELACIÓN ENTRE HORAS Y M3 DE SHOTCRETE POR LABOR														
MES	RP_4025	HORAS DE LANZADO DE SHOTCRETE					TOTAL HORAS	RP_4025	M3 DE SHOTCRETE					TOTAL HORAS
		SN_(-)100 W	SN_(-)200 W	TJ_SN_(-)400 E	TJ_SN_(-)600 W				SN_(-)100 W	SN_(-)200 W	TJ_SN_(-)400 E	TJ_SN_(-)600 W		
MAYO	11.75	8	48	236	184	487.75	25.31	28	20	156	116	345.31		
JUNIO	24.42	8	48	236	184	500.42	35.30	28	20	156	116	355.30		
JULIO	10.33	8	48	236	184	486.33	34.41	28	20	156	116	M3		
TOTAL	46.5	24	144	708	552	1474.5	95.02	84	60	468	348	1,000.00		
INCID.	3.15%	1.63%	9.77%	48.02%	37.44%	100%	9.01%	7.96%	5.69%	44.36%	32.99%	100.00%		

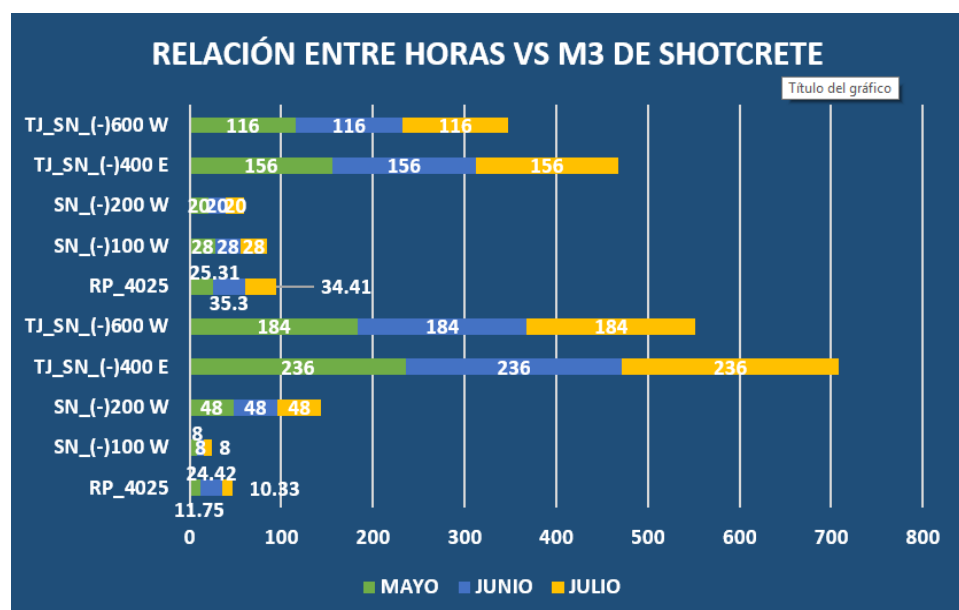
Fuente: Propia del proyecto.

Gráfico 45 Horas de labor shotcrete vía seca vs vía húmeda



Fuente: Propia del proyecto.

Gráfico 46 Diagrama de barras de la relación horas vs M3 de shotcrete



Fuente: Propia del proyecto.

4.2.5.1. Comentario

La más alta consumición de concreto proyectado, en el transcurso del ciclo de análisis se aplicó en el tajo T J _ S N 4 0 0 E, con un total de 468 metros cúbicos (m³), el mismo que indica un porcentaje de 44.36% y de más baja consumición en el sub nivel S N 1 0 0 W, con un total de 84 metros cúbicos (m³), el cual indica un 7.96%. El tajo T J _ S N 6 0 0 W, indica un uso de 348 metros cúbicos (m³), con un porcentaje de incidencia de 32.99%. El sub nivel S N 1 0 0 W, indica un uso de 84 metros cúbicos (m³), con un porcentaje de incidencia de 7.96%. El sub nivel S N 2 0 0 W, indica un uso de 60 metros cúbicos (m³), con un porcentaje de incidencia de 5.69 %. La rampa R P 4 0 2 5, produjo una consumición de 95.02 metros cúbicos (m³), significando que, junio es el mes de más alta incidencia con 35.30 metros cúbicos (m³), julio con 34.41 metros cúbicos (m³), y mayo con 25.31 m³. La influencia de los metros cúbicos de shotcrete en la rampa R P 4 0 2 5, simboliza un 9.01 % de uso de concreto lanzado, de la totalidad de cada labor subterránea estudiada. En el período de mayo R P 4 0 2 5.

El estudio del vínculo de metros cúbicos con horas en la rampa R P 4 0 2 5, en el transcurso de mayo se tiene en consideración 11.75 h y 25.31 metros cúbicos (m³) de concreto lanzado. El vínculo entre metros cúbicos y horas de trabajo de concreto proyectado para mayo, tiene en consideración una relación de 0.46 a 1, en cuyo caso refiere que, la labor de un m³ de concreto lanzado, es realizado cada 0.46 h.

La media de horas de trabajo en el transcurso de mayo es de 1.47 h, la media de metros cúbicos en el transcurso del mismo ciclo es de 3.16 metros cúbicos (m³) y la correlación promediada en horas de un metro

cúbico (m³) es de 0.48, con permanencia de equipo robotizado.

4.2.6. Análisis de pérdida de tiempo entre horas y m³ de shotcrete por labor en la rampa RP4025

Para esta labor se observó menoscabo de horas de trabajo de concreto lanzado, en el transcurso de los meses de mayo, junio y julio, lo cual se asocia básicamente a horas de permanencia sin operación de maquinaria como robot shotcretero o Mixer.

La influencia de cada tiempo en el desarrollo del ciclo de mayo, junio y julio, con totalidad de horas de trabajo de concreto lanzado acorde a la jerarquía de tiempo, se tiene en consideración de un 22.17%, al aguardo del Mixer, 47.06% al aguardo de robot y 30.77% de concreto lanzado.

La influencia del tiempo total del ciclo de mayo, junio y julio teniendo en consideración tiempo de aguardo de Mixer, de robot y tiempo de concreto lanzado es de 25.27% en mayo, un 54.48% en junio y un 20.25% en julio.

4.3. Prueba de Hipótesis

La prueba de hipótesis se realiza de acuerdo a la variable independiente y dependiente, que fueron expuestas, por lo cual se acepta la hipótesis:

Si realizamos el diseño y control de calidad para la mezcla de concreto lanzado vía húmeda robotizado, mejorará el sostenimiento de la unidad económica Animón Compañía Minera Chungar, S.A.

Asimismo, determinar el correcto diseño del shotcrete para el sostenimiento de labores subterráneas de la de la Unidad Económica Animón Compañía Minera Chungar, S.A. Región Pasco.

HI: El diseño de mezcla y control de calidad del concreto lanzado vía húmeda robotizado, mejorará el sostenimiento de labores mineras en interior

mina de la Compañía Minera Chungar, S.A. Unidad Económica Animón.

HO: El diseño de mezcla y control de calidad del concreto lanzado vía húmeda robotizado, no mejorará el sostenimiento de labores mineras en interior mina de la Compañía Minera Chungar, S.A. Unidad Económica Animón.

4.4. Discusión de resultados

En lo que refiere a horas de labor de shotcrete, las labores que generan mayor consumo de shotcrete son rampas y tajeos, tales como el TJ _ SN400E y TJ_SN600W, con un acumulado de 1,260 horas e incidencia de un 85.45%, por otro lado, la más alta repercusión de uso de concreto lanzado en la rampa RP4025, se generó en junio, con un acumulado de 24.42 horas, significando los totales de 11.75 y 10.33 horas, en los ciclos de mayo y julio de forma respectiva.

Asimismo, en mayo, los lapsos de tiempo de shotcrete en más alta incidencia, se efectuaron en el TJ_SN400E, contando 236 h y la de menos incidencia se efectuó al SN100W contabilizando 8 h.

La influencia de horas de trabajabilidad de concreto lanzado en todas las áreas de labor sin tener en consideración la rampa 4025, son de 476 h, teniendo incidencia de un 97.59 %. Del mismo modo las horas de trabajo del concreto proyectado en la rampa RP4025, acumuló 11.75 h, teniendo en cuenta una incidencia de un 2.41 % del total de horas del mes de mayo.

En el transcurso de junio el tiempo de trabajo de concreto lanzado con alta influencia se ejecutaron en TJ_SN400E acumulando 236 h y la de mínima influencia se efectuó en SN100W, con 8 h.

La incidencia de cada hora de labores de concreto proyectado en la totalidad de trabajos, excluyendo la rampa 4025, tuvo un acumulado de 476 h, teniendo una incidencia al 97.12 %, del mismo modo el tiempo en horas de trabajo del concreto

lanzado en la rampa RP4025, tuvo un acumulado de 24.42 h, teniendo en consideración la incidencia al 4.88 %, de la totalidad de h en junio.

En el transcurso de julio el tiempo en horas de trabajo de concreto proyectado con alta influencia se ejecutaron el TJ_SN400E, acumulando 236 h y con mínima influencia se efectuó en SN100W, con 8 h.

La incidencia en cada hora de trabajo de concreto proyectado de la totalidad de labores, excluyendo la rampa 4025 fue un acumulado de 486 h, manteniendo una influencia de 97.88 %.

Del mismo modo, el tiempo en horas de trabajo de concreto proyectado en rampa RP4025, acumuló 10.33 h, teniendo en consideración una influencia del 2.12 % de la totalidad de horas en julio.

Referente a los costos totales en horas de trabajo de concreto proyectado, en los meses de mayo, junio y julio, se contabilizaron 1,474.5 h, con un acumulado de costos de 143,955.43 USD\$, por lo cual consideramos costos de 97.63 \$/h.

El presente resultado, tiene en consideración labores clase tajo TJ_SN400E y TJ_SN600W, con una totalidad 1,260 h y un costo total de 123,013.80 USD\$; los sub niveles SN200W y SN100W, con un acumulado de 168 h. y un costo total de 16,401.84 USD\$ y la rampa RP4025 con una totalidad de 46.5 h y un costo total de 4,539.80 USD\$.

Los costos totales de la rampa RP4025, mantiene mayor incidencia en el ciclo de junio con 2384.12 USD \$, acumulando 24.42 h, por otro lado, en mayo con 1147.45 USD \$, con un acumulado de 11.75 h y en el transcurso de julio con costos de 1008.52 USD \$ con un acumulado de 10.33 h.

Durante la explotación de la veta “Guisela”, en el lapso de mayo, junio y julio, se tuvo en consideración la totalidad de 1,474.50 h, se emplearon 1,055.02

metros cúbicos (m³) de shotcrete, teniendo en consideración labores subterráneas tales como la rampa RP4025, sub niveles SN100W, SN200W y tajo TJ_SN400E y TJ_SN600W. El más alto consumo de concreto proyectado se efectuó en el tajo TJ_SN400E y TJ_SN600W con un total de 1,260 h. y 816 metros cúbicos (m³) de concreto proyectado, la labor del sub nivel SN100W y SN200W, acumulando 168 h y 144 metros cúbicos (m³) y la rampa RP4025, acumuló 46.50 h y 95.02 metros cúbicos (m³).

La más alta influencia de uso de concreto lanzado en cada labor subterránea, fueron considerados el tajo TJ_SN400E y el tajo TJ_SN600W, con un porcentaje de 44.36% y 32.99% de forma respectiva, cada labor que genera mínimas horas serían SN200W y SN100W, con porcentajes de incidencia al 7.96% y 5.69%, asimismo la influencia de uso de concreto lanzado en la rampa RP4025 con un porcentaje de 9.01 %.

CONCLUSIONES

1. Considerando la aplicación geomecánica se modificó el método el sostenimiento.
2. Reducción del índice de accidentes, básicamente por caída de roca.
3. Se optimizó el nivel de producción de 1,300 T.M.D. a 3,500 T.M.D. en los cuatro años pasados.
4. Se generó el ambiente laboral óptimo, el mismo que brindó confianza y seguridad a los colaboradores.
5. La U.M. Chungar se transformó en un modelo a seguir en la industria minera, logrando superar actos y condiciones sub estándar.
6. En la actualidad la mina materia de estudio, cuenta con más visitas por sus altos estándares en el proceso del sostenimiento.
7. La totalidad de horas de empleo de concreto proyectado, en el transcurso de mayo, junio y julio, acumularon una totalidad de 1,474.5 h, en consecuencia, la labor que produce más alta consumición de concreto proyectado es el tajo T J _ S N 4 0 0 E y el tajo T J _ S N 6 0 0 W, con un acumulado de 1,260 h y una influencia de 85.45 %, el sub nivel S N 2 0 0 W y el sub nivel S N 1 0 0 W, con un acumulado de 168 h y una influencia de 11.39 %, asimismo la rampa R P 4 0 2 5, tiene en consideración un acumulado de 46.5 h y una influencia de 3.15 %.
8. El más alto nivel de incidencia de uso de concreto proyectado en la rampa R P 4 0 2 5, fue concretado en junio teniendo una totalidad de 24.42 h, considerando 11.75 h, en el mes de mayo y 10.33 h, en el mes de julio.
9. El estudio de costos totales de horas de trabajo de concreto lanzado, a lo largo del ciclo de análisis, tendrá en consideración el costo de las horas de labor del concreto proyectado en cada labor subterránea, consolidando costos totales de 143,955.43 USD \$.

10. Los costos totales de horas de trabajo en la rampa R P 4 0 2 5, repercute directamente en el ciclo del mes de junio con un total de 2,384.12 USD \$, con un acumulado de 24.42 h, en el transcurso de tres meses finales de la evaluación del proyecto del Shotcrete por vía húmeda en la UM Animón - Cía. Minera Chungar S.A.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la capacitación programada para todos los colaboradores de preparación, ejecución y control de resultados del lanzamiento del concreto lanzado vía húmeda.
2. Recomendamos realizar un análisis detallado del rendimiento de los equipos asociados al área de *shotcrete*, determinando la utilización y disponibilidad física y mecánica de los equipos.
3. Analizar un control de tiempos de laboreo del lanzado del concreto lanzado vía húmeda robotizado, mediante herramientas de control como son la ingeniería de métodos.
4. Recomendamos que se realice estudios permanentes de eficiencia y rendimiento a fin de tener alcance oportuno de control y mejora del trabajo.
5. Recomendamos elaborar los Kpi's, específicos para mejorar la gestión de operaciones del proceso de sostenimiento mediante el concreto lanzado vía húmeda robotizado para estandarizar, controlar, mejorar costos y tiempos operativos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABANTO VÉLEZ, Walter Iván. (2015). Diseño y Desarrollo del Proyecto de Investigación. Universidad César Vallejo. Escuela de Postgrado. Trujillo.
2. ABRIL FLORES, E. (2009). Concreto lanzado shotcrete, Tecnología de materiales. Facultad de ingeniería y arquitectura, Escuela profesional de Ingeniería Civil - UAP
3. BARDALES SÁNCHEZ, Jimmy. (2015).” Tecnología aplicada para reducción de fragua del concreto lanzado en mina Chungar”. Empresa Administradora Chungar S.A.C. Departamento de Geomecánica.
4. BEAUPRÉ, D., and MINDESS, S. (1993). Compaction of Wet Shotcrete and Its Effect on Rheological Properties. Proceedings, International Symposium on Sprayed Concrete, Fagernes, Norway.
5. CASIMIRO URCOS, Walther. ALMEYDA VASQUEZ, Luís. BLANCO MUÑOZ, Santos. (2018) Teoría, Diseño y Formulación de Proyectos de Investigación. Servicios Gráficos GRAMAL SRL. Lima
6. CLARÁ DÍAZ P. MONTES GUZMÁN R. MORALES CORTEZ, J. (2006). Concreto lanzado: diseño de mezcla y propuesta de metodología para el control de calidad. Tesis. Universidad de El Salvador. El Salvador-
7. DIAZ LAZAROVICH, Jorge.(2014).” Shotcrete vía húmeda. Su importancia como elemento de Sostenimiento en Minería”. UNICON. Instituto de Ingenieros de Minas del Perú. Lima.
8. FARMINGTON HILLS, M. (1990), ACI Committee 506. Guide to Shotcrete (ACI 506R- 90 (95). American Concrete Institute.
6. FERRER, M. Y GONZÁLEZ DE VALLEJO, L. (Eds),(2007). Manual de campo para la descripción y caracterización de macizos rocosos en afloramientos IGME. Madrid. 2ª Edición. 107 p.

7. GONZÁLEZ DE VALLEJO, L.; FERRER, M.; ORTUÑO, L. Y OTEO, C.,(2002). Ingeniería geológica. Prentice Hall. Madrid, 715 p.-
9. GUZMÁN ZÚÑIGA, César Leoncio.(2008). “Sostenimiento con Shotcrete vía húmeda en la mina Cobrisa”. Tesis. Universidad Ricardo Palma. Lima.
10. HERNÁNDEZ SAMPIERI, R. (2006), Metodología de la Investigación. Cuarta Edición-Mc Graw Hill México
8. ISRM, (1981). Suggested methods for rock characterization, testing and monitoring. In: E.T. Brown, Ed. Suggested methods. Pergamon Press.
11. LEÓN CERVANTES, G. (2012), Optimización de la logística del shotcrete en operaciones subterráneas. Cía. Minera Volcan - U.E.A. Yauli
9. MALDONADO ZORRILLA, L. (2012). Tecnología del Shotcrete en Consorcio Minero Horizonte. 9o Congreso de Minería. Trujillo.
10. TENGAN SHIMABUKURO, C. (2011). Análisis comparativo de aditivos acelerantes de fragua libres de álcalis para concreto proyectado o shotcrete. Tesis. UNI. Lima.
11. TOLEDO GARAY, Fernando E. (2011) Shot-Fer Nueva Alternativa para el desarrollo de Túneles en Labores Mineras. Cobrisa. Perú.
12. TORRES ALVAREZ, Luis R. (2016). Diseño y aplicación de shotcrete para optimizar el sostenimiento en la unidad Económica San Cristóbal - Minera Bateas. Tesis. Universidad Nacional San Agustín. Arequipa.
13. UNICON (2023). Servicio de concreto lanzado vía húmeda – Shotcrete UNICON. Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Ingeniería, Minas y Metalurgia.
14. VALDERRAMA MENDOZA, Santiago (2002). Pasos para Elaborar Proyectos y Tesis de Investigación Científica. Edt. San Marcos Primera Edición. Lima.

ANEXOS

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Anexo 1 Prueba de slump o asentamiento.



Anexo 2 Termómetro digital Traceable - temperatura de concreto.



Anexo 3 Método penetrometro digital Mecmesin AFG 1000.



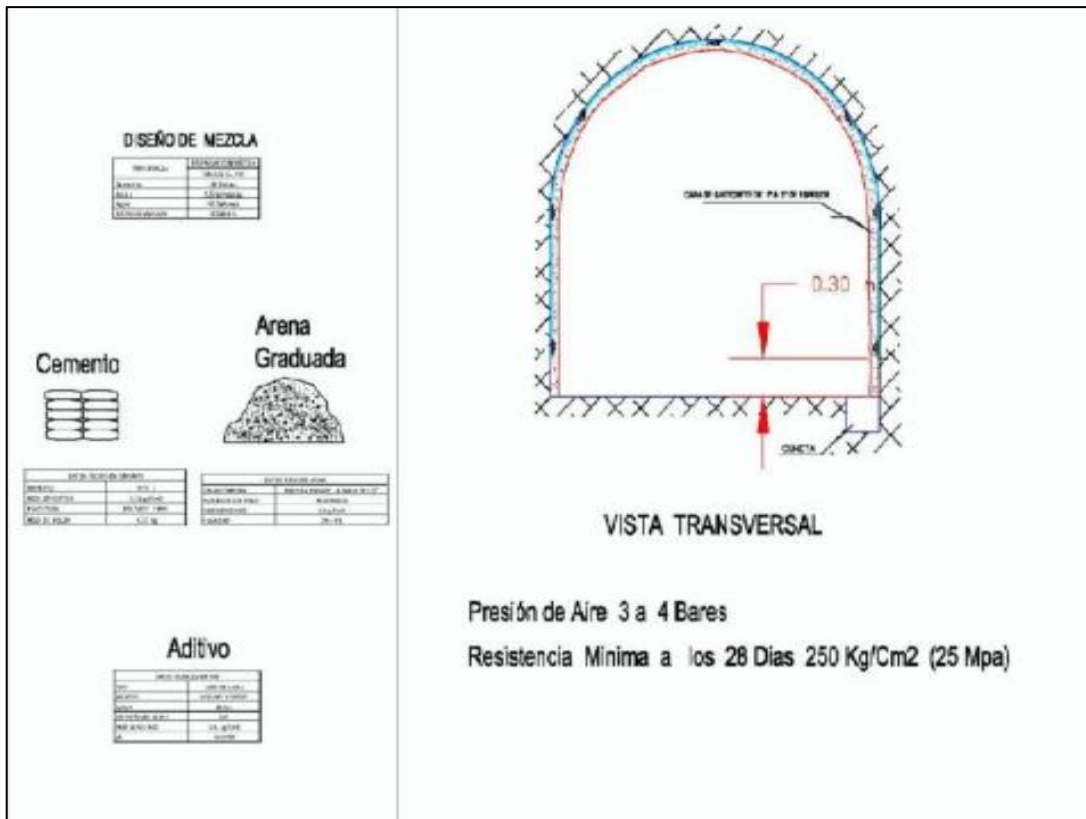
Anexo 4 Método equipo pistola Hilti DX 450 con el equipo de Pull Test.



Anexo 5 Armado de Jackpot.



Anexo 6 Vista Transversal del posicionamiento y lanzado del shotcrete vía húmeda.



Anexo 7 Armado de Jackpot.



Anexo 8 Pernos de compresión y fricción uniaxial (HIDRABOLT).



Anexo 9 Matriz de consistencia.

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
TÍTULO: DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD PARA LA MEZCLA DE CONCRETO LANZADO VÍA HÚMEDA ROBOTIZADO. UNIDAD ECONÓMICA ANIMÓN COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR, S.A. REGIÓN PASCO.						
TESISTA: Jhonatan Karol LEON AROTINCO						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN
<p>GENERAL: ¿Cómo realizar el diseño de mezcla y control de calidad del concreto lanzado vía húmeda robotizado, para mejorar el sostenimiento en la unidad económica Animón Compañía Minera Chungar, S.A.?</p> <p>ESPECÍFICOS: a. ¿Cómo efectuar el diseño de mezcla para el concreto lanzado vía húmeda robotizado, establecido en las normas vigentes, para mejorar el sostenimiento en la Unidad Económica Animón Compañía Minera Chungar, S.A. b. ¿Cómo desarrollar las pruebas de laboratorio que están relacionadas con el diseño y control de calidad de mezclas de concreto lanzado vía húmeda robotizado para mejorar el sostenimiento en la Unidad Económica Animón Compañía Minera Chungar, S.A.? c. ¿Cómo evaluar la relación entre el diseño de mezcla y control de calidad del concreto lanzado vía húmeda robotizado, para mejorar el sostenimiento en la Unidad Económica Animón Compañía Minera Chungar, S.A.?</p>	<p>GENERAL: Realizar un estudio de los procedimientos para el diseño de mezcla y control de calidad del concreto lanzado vía húmeda robotizado, para mejorar el sostenimiento en la unidad económica Animón Compañía Minera Chungar, S.A.</p> <p>ESPECÍFICOS: a. Elaborar el diseño de mezcla para el concreto lanzado vía húmeda robotizado, establecido en las normas vigentes para mejorar el sostenimiento en la Unidad Económica Animón Compañía Minera Chungar, S.A. b. Desarrollar pruebas de laboratorio que están relacionadas con el diseño y control de calidad de mezcla de concreto lanzado vía húmeda robotizado para mejorar el sostenimiento en la Unidad Económica Animón Compañía Minera Chungar, S.A. c. Determinar la relación entre el diseño de mezcla y control de calidad del concreto lanzado vía húmeda robotizado, para mejorar el sostenimiento en la Unidad Económica Animón Compañía Minera Chungar, S.A.</p>	<p>GENERAL: Si realizamos el diseño y control de calidad para la mezcla de concreto lanzado vía húmeda robotizado, mejorará el sostenimiento de la unidad económica Animón Compañía Minera Chungar, S.A.</p> <p>ESPECÍFICAS: a. Si elaboramos el diseño y control de calidad para la mezcla de concreto lanzado vía húmeda robotizado, mejorará el sostenimiento de la Unidad Económica Animón Compañía Minera Chungar, S.A. b. Si desarrollamos pruebas de laboratorio al diseño y control de calidad para la mezcla de concreto lanzado vía húmeda robotizado, mejorará el sostenimiento en la Unidad Económica Animón Compañía Minera Chungar, S.A. c. Si determinamos la relación entre el diseño y control de calidad para la mezcla de concreto lanzado vía húmeda robotizado, mejorará el sostenimiento en la Unidad Económica Animón Compañía Minera Chungar, S.A.</p>	<p>INDEPENDIENTE: Diseño de mezcla y control de calidad.</p> <p>DEPENDIENTE: Concreto lanzado vía húmeda.</p> <p>INTERVINIENTE: Unidad económica Animón Chungar</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Proceso de explotación y desarrollo - Proceso de sostenimiento - Control de calidad - Seguridad - Costos - Áreas de ejecución - Planeamiento 	<ul style="list-style-type: none"> - Estudios geomecánicos - Estándares - Control - Resistencia a la compresión - Durabilidad - Diseño - Capacidad de soporte - Eficacia - Costos - Seguridad 	<p>TIPO: Aplicativo</p> <p>NIVEL: Descriptivo</p>