

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

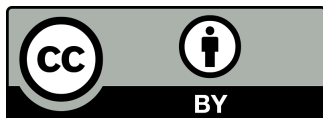
**Aplicación del shotcrete reforzado con fibra de acero y
aditivos súper plastificantes para mejorar el
sostenimiento de la rampa 2800, Unidad Minera
Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.**

Harol Junior Cochachi Borja
Arturo Limache Palomino

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2022

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

ASESOR

Ing. Jesús Fernando Martínez Ildefonso

AGRADECIMIENTO

A la universidad Continental, por la formación académica excelente que nos brindó en sus aulas universitarias.

A los docentes de la EAP de Ingeniería de Minas, por sus sabias enseñanzas.

A nuestro asesor: Ing. Fernando Martínez, por su apoyo durante el desarrollo de esta tesis

DEDICATORIA

Yo Harol, dedico esta tesis, a mi madre Marcelina Borja Gamarra, a mi padre fallecido Félix Cochachi Arroyo, a mis hermanos por todo su apoyo y a mis mentores de la universidad que me ayudaron a formarme como un buen estudiante y profesional.

Yo Arturo, dedico esta tesis, a mi madre Estefa Palomino Romero, a mi esposa Pamela León Moya y a mi hermana María Limache Palomino.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	I
ASESOR	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	IV
ÍNDICE DE CONTENIDOS	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	X
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	17
1.1 Planteamiento y formulación del problema	17
1.1.1 Planteamiento del problema	17
1.1.2 Formulación del problema	18
1.2 Objetivos.....	19
1.2.1 Objetivo general	19
1.2.2 Objetivos específicos	19
1.3 Justificación e Importancia.....	19
1.3.1 Justificación practica.....	19
1.3.2 Justificación teórica	20
1.3.3 Justificación metodológica	20
1.4 Hipótesis.....	20
1.4.1 Hipótesis general	20
1.4.2 Hipótesis específicas	20
1.5 Identificación de variables.....	21
1.5.1 Variable independiente	21
1.5.2 Variable dependiente	21
1.5.3 Matriz de operacionalización de variables	22
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	23
2.1 Antecedentes del problema	23

2.1.1 Antecedentes nacionales	23
2.2 Aspectos generalidades unidad minera Parcoy	28
2.2.1 Ubicación de la Unidad Minera Parcoy	28
2.2.2 Accesibilidad de la unidad minera Parcoy	28
2.2.3 Geología regional	29
2.2.4 Geología estructural	30
2.2.5 Geología local	31
2.2.6 Geología económica	31
2.3 Caracterización del macizo rocoso	32
2.4 Sostenimiento con shotcrete	36
2.5 Abastecimiento de shotcrete vía húmeda - planta dosificadora de <i>shotcrete</i> 1	40
CAPÍTULO III MÉTODO DE DESARROLLO DEL PROYECTO	43
3.1 Método y alcances de la investigación	43
3.1.1 Métodos de la investigación	43
3.1.2 Alcances de la investigación	44
3.2 Diseño de la investigación	44
3.3 Población y muestra	44
3.3.1 Población	44
3.3.2 Muestra	44
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	44
3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos	44
3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos	45
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
4.1 Aplicación del <i>shotcrete</i> reforzado con fibra de acero y aditivos súper plastificantes	46
4.1.1 Mejorar el sostenimiento de la Rampa 2800, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.	46
4.1.2 Características geomecánicas de la RP 2800	46
4.1.3 Análisis de estabilidad de la RP 2800	48
4.1.4 Deficiencias encontradas en el sostenimiento con <i>shotcrete</i> vía húmeda	53

4.2 Aplicación del <i>shotcrete</i> reforzado con fibra de acero y aditivos súper plastificantes.....	55
4.2.1 Proceso de elaboración del <i>shotcrete</i> por vía húmeda	55
4.2.2 Pruebas de rebote del <i>shotcrete</i>	58
4.2.3 Ensayos a la mezcla de concreto lanzado en estado fresco	58
4.2.4 Pernos de fricción del tipo <i>Swellex</i>	68
4.2.5 Pruebas de <i>pull test</i> de pernos <i>swellex</i>	70
4.2.6 Materiales e insumos para el sostenimiento con <i>shotcrete</i> por vía húmeda.....	70
4.2.7 Reducción del tiempo de la instalación de sostenimiento de la Rampa 2800, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.	72
4.3 Aplicación del <i>shotcrete</i> reforzado con fibra de acero y aditivos súper plastificantes.....	75
CONCLUSIONES	79
RECOMENDACIONES	81
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
ANEXOS.....	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación y accesibilidad de la unidad minera Parcoy	29
Figura 2. Intersección de labores con shotcrete y pernos sistemáticos	32
Figura 3. Sistema de cimbras para el sostenimiento de labores principales	33
Figura 4. Roca intensamente fracturada y con alteración hidrotermal	34
Figura 5. Proceso de producción, transporte y lanzado de shotcrete	36
Figura 6. Producción de BETONMAC en planta.....	37
Figura 7. Esquema de proceso de producción de shotcrete	37
Figura 8. Abastecimiento de shotcrete vía húmeda - Planta dosificadora de shotcrete 1.....	40
Figura 9. Proceso de elaboración del shotcrete	41
Figura 10. Esquema del proceso de lanzado del shotcrete en las labores	42
Figura 11. Plano Geomecánico de RP 2800	47
Figura 12. Los esfuerzos de campo considerados para una profundidad de 950 m	48
Figura 13. Comportamiento del esfuerzo principal mayor de la RP 2800	49
Figura 14. Factor de resistencia que experimentará el macizo rocoso alrededor de la RP 2800.....	49
Figura 15. Zona de plastificación del macizo rocoso como consecuencia de la RP 2800.....	50
Figura 16. Zona de plastificación con los elementos de sostenimiento, shotcrete y pernos de anclaje de la RP 2800	50
Figura 17. Esfuerzo axial que experimentará el sostenimiento con shotcrete de la RP 2800	51
Figura 18. Esfuerzo al corte que experimentará el sostenimiento con shotcrete de la RP 2800	51
Figura 19. Momento flector que experimentará el sostenimiento con shotcrete de la RP 2800	52
Figura 20. Fisuramiento del concreto shotcrete vía húmeda	53
Figura 21. Proceso de elaboración del shotcrete por vía húmeda de la RP 2800.....	56

Figura 22. Esquema del proceso de lanzado del shotcrete en las labores de la RP 2800	57
Figura 23. Esquema de ensayos de laboratorio del shotcrete en las labores de la RP 2800	59
Figura 24. Diagrama de prueba de flexo-tracción del shotcrete en la labor de la RP 2800.....	65
Figura 25. Absorción de energía necesaria para el sostenimiento en roca RMR 28-40, shotcrete en la labor de la RP 2800.....	66
Figura 26. Dosificación de fibra de acero y tenacidad, shotcrete en la labor de la RP 2800.....	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables	22
Tabla 2. Ubicación y accesibilidad unidad minera Parcoy	28
Tabla 3. SIPOC – Producción de shotcrete	38
Tabla 4. Parámetros de resistencia de los materiales presentes en el análisis de la RP 2800	48
Tabla 5. Deficiencias del Control de rebote del shotcrete vía húmeda con aditivo Glenium 1300 y fibra metálica 65/35.....	55
Tabla 6. Control de rebote del shotcrete vía húmeda con aditivo plastificante (Gleniun 1300) y fibra Barchic 50	58
Tabla 7. Control de la resistencia a la compresión simple de testigos diamantinos del shotcrete vía húmeda con aditivo plastificante (Gleniun 1300) y fibra Barchic 50	61
Tabla 8. Ensayo de resistencia del shotcrete de testigos de shotcrete vía húmeda con aditivo plastificante (Gleniun 1300) y fibra Barchic 50	62
Tabla 9. Resultados de absorción de energía (joules) de shotcrete vía húmeda con aditivo plastificante (Gleniun 1300) y fibra Barchic 50	64
Tabla 10. Instalación de pernos swellex mecanizado en unidad minera Parcoy	69
Tabla 11. Características de los pernos tipo swellex	69
Tabla 12. Consumos de materiales para el sostenimiento por shotcrete vía húmeda de la RP 2800	71
Tabla 13. Análisis de los tiempos de instalación de sostenimiento de la RP 2800	73
Tabla 14. Actividades demoras operativas	74
Tabla 15. Costo del shotcrete PUMP AÑO 2020 - insumos y materiales utilizados en la producción y costo de un metro cúbico.....	75
Tabla 16. Costo del shotcrete AÑO 2021 - insumos y materiales utilizados en la producción y costo de un metro cúbico	76
Tabla 17. Costo total del sostenimiento de la Rampa 2800 Nv 1865	77

RESUMEN

La unidad minera Parcoy viene trabajando bajo la explotación subterránea con el método de corte y relleno ascendente con el sistema mecanizado y convencional, está compuesta de dos zonas de producción de las estructuras mineralizadas, la zona norte (Fortunata y Lourdes) que se trabajan desde el Nv. 2000 al Nv. 1665 respectivamente. La zona norte está compuesta por las vetas Milagros, Lourdes, Rosa, Micaela y Fortunata y Rosarito. La RP 2800 ubicada en la zona de Rosa Fortunata se tiene un tipo de roca IV-A con tramos de avance en roca tipo IV-B, para mejorar el sostenimiento con las cualidades de este terreno se plantea el uso de *shotcrete* de 2" c/f 30 kg/m³, con pernos *swellex* 7' sistemáticos espaciados a 1.2m x 1.2 m y en algunos tramos con pernos helicoidales 10' de acuerdo a la evaluación geomecánica correspondiente en los avances.

Este control ayudó a reducir las demoras operativas en la instalación de malla y perno en el sostenimiento de la RP 2800, el control de tiempos refleja los siguiente: instalación de malla y pernos, presenta un acumulado del 50.35 % del trabajo realizado, demoras operativas 1 en la instalación de malla y pernos, presenta un acumulado del 26.80 % del trabajo realizado y las demoras operativas 2 en la instalación de malla y pernos, presenta un acumulado del 22.85 % del trabajo realizado.

El trabajo efectivo en función a la guardia lleva un tiempo de 10.84 horas de acuerdo con lo establecido es de 12 horas guardia el cual estamos en el margen de realizar las actividades de manera eficiente.

Los costes unitarios del total y del *shotcrete* incorporan el transporte en el año 2020 tras las mejoras realizadas. En el desarrollo del *shotcrete* proyectado hay un ahorro de 65 84 dólares en contraste con el año 2020, las mejoras realizadas son: las pruebas de *shotcrete* se realizaron en las circunstancias que se crean actualmente para decidir cuánto impacta su obstrucción debido a la naturaleza de los aportes, hay control con el examen constante del acuerdo con Sika, por ruptura

de acuerdo se podría pagar un castigo, sin embargo los fondos de reserva en el tiempo debido a la utilización de la fibra podría compensar este infortunio y la evaluación de la creación concebible de tramos de 1m^3 se ejecutó para que los infortunios sean menores durante la creación de bloques de *shotcrete*.

Palabras clave: aplicación del shotcrete reforzado con fibra de acero y aditivos súper plastificantes.

ABSTRACT

The Parcoy Mining Unit has been working under the subway mine system with the upward cut and fill method with the mechanized and conventional system, it is composed of two production zones of mineralized structures, the North zone (Fortunata and Lourdes) that are worked from Nv. 2000 to Nv. 1665 respectively. The North zone is composed of the Milagros, Lourdes, Rosa, Micaela and Fortunata and Rosarito veins. The RP 2800 located in the area of Rosa Fortunata has a rock type IV-A with stretches of advance in rock type IV-B, to improve the support with the qualities of this terrain the use of shotcrete of 2" c/f 30 kg/m³, with systematic swellex 7' bolts spaced at 1.2m x 1.2m and in some stretches with helical bolts 10' according to the corresponding geomechanical evaluation in the advances is proposed.

This control helped reduce operational delays in the installation of mesh and bolts in the support of RP 2800, the time control reflects the following: activities for the installation of mesh and bolts, presents an accumulated 50.35 % of the work done, operational delays 1 in the installation of mesh and bolts, presents an accumulated 26.80% of the work done and operational delays 2 in the installation of mesh and bolts, presents an accumulated 22.85 % of the work done.

The effective work in function to the guard takes a time of 10.84 hours according to the established is of 12 hours guard which we are in the margin to carry out the activities in an efficient way.

The unit costs of total and concrete incorporate cargo, in the year 2020 after the enhancements made in the development of shotcrete there is a saving of \$65.84 dollars contrasted with 2020, the enhancements made are: the shotcrete tests were carried out in the circumstances that are presently created to decide how much its obstruction is impacted because of the nature of the contributions, there is control with the steady examination of the agreement with Sika, for break of agreement a punishment could be paid, yet the reserve funds in time because of the utilization of

fiber could compensate for this misfortune and the assessment of the conceivable creation of 1m³ stretches was executed so that the misfortunes are lower during the creation of shotcrete blocks.

Key words: application of shotcrete reinforced with steel fiber and super plasticizing admixtures.

INTRODUCCIÓN

En el consorcio minero Horizonte de la unidad minera Parcoy, el *shotcrete* es el principal componente de apoyo de la mina, se utiliza en prácticamente todos los trabajos de excavación para la ayuda de rocas de naturaleza terrible a excepcionalmente horrible, de simple aplicación que sustituye a los componentes de ayuda desprendidos y a un menor coste.

El *shotcrete* goza de enormes beneficios en su calidad y proceso de aplicación para la ayuda de rocas de calidad excepcionalmente baja; por vía húmeda y seca, ha ayudado al campo de apoyo de las operaciones de metro. Ahora mismo, el *shotcrete* apoyado con filamentos de acero y sustancias añadidas razonables se utiliza en CMH, con resultados asombrosos, suplantando en gran medida el entramado metálico electrosoldado.

La ayuda con *shotcrete* debe ser oportuna y completa hasta el frente de la obra una vez que está perfecta y aflojada sin dejar más de 8 h de apertura para la roca IV mala B. La resistencia a la compresión de la base obtenida y normalizada a las 3:00 horas normales es de 45 kg/cm²; a las 24 horas 120 kg/cm², a los 3 días 210 kg/cm², a los 7 días 300 kg/cm² y para los 28 días, puentes de la obstrucción de 380 kg/cm². Las consecuencias de la buena obstrucción a una edad temprana son debido a las sustancias añadidas que utilizamos con el *shotcrete*, estas ventajas son esencialmente debido al superplastificante.

La determinación de una fibra metálica de calidad para el plan *shotcrete*, la longitud de los filamentos por m³ y los modelos de presentación, ha permitido obtener grandes consecuencias de retención de energía del *shotcrete* y fue factible suplantarlo totalmente la red electrosoldada.

Los costes unitarios del total y del *shotcrete* incorporan el transporte en el año 2020 tras las mejoras realizadas en el desarrollo del *shotcrete* proyectado. Se tiene un ahorro de 65 84 dólares en contraste con el año 2020, las mejoras realizadas

son: las pruebas de *shotcrete* se realizaron en las circunstancias que se crean actualmente para decidir cuánto impacta su obstrucción debido a la naturaleza de los aportes, hay control con el examen constante del acuerdo con Sika, por ruptura de acuerdo se podría pagar un castigo, sin embargo los fondos de reserva en el tiempo debido a la utilización de la fibra podría compensar este infortunio y la evaluación de la creación concebible de tramos de 1 m³ se ejecutó para que los infortunios sean menores durante la creación de bloques de *shotcrete*.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

1.1.1 Planteamiento del problema

La evaluación geomecánica incorpora un retrato de las propiedades de diseño geográfico de la masa de piedra, según lo indicado por las agrupaciones mundiales a partir de ahora utilizados para complementar el plan de la clase de ayuda, estos son: el orden de Bieniawski (RMR), la lista Q de Barton y el GSI; complementado con la evaluación de las cargas y distorsiones de la mina (Over Coring).

Para determinar las características del macizo pétreo y caracterizar el tipo de ayuda se realiza una investigación de la información procedente de las estaciones de montaje, de la prueba de tiro de los pernos de anclaje, de las pruebas de laboratorio del hormigón proyectado, de la inspección de la roca y de la visualización matemática con la programación específica de determinadas operaciones por zonas.

La naturaleza del macizo pétreo en la mina es variable, según el registro y la planificación geomecánica en la mina hay más del 60 % de piedra de baja calidad, las rocas de mejor rendimiento se encuentran lejos de la corona mineralógica.

La unidad minera Parcoy viene trabajando bajo el sistema de mina subterránea con el método de corte y relleno ascendente con el sistema mecanizado y convencional, está compuesta de dos zonas de producción de las estructuras mineralizadas, la zona norte (Fortunata y Lourdes) que se trabajan desde el Nv. 2000 al Nv. 1665 respectivamente. La zona norte está compuesta por las vetas Milagros, Lourdes, Rosa, Micaela y Fortunata y Rosarito.

La RP 2800 ubicada en la zona de Rosa Fortunata se tiene un tipo de roca IV-A con tramos de avance en roca tipo IV-B, para mejorar el sostenimiento con las cualidades de este terreno se plantea el uso de *shotcrete* de 2" c/f 30kg/m³, con pernos *swellex* 7' sistemáticos espaciados a 1.2m x 1.2m y en algunos tramos con pernos helicoidales 10' de acuerdo a la evaluación geomecánica correspondiente en los avances.

1.1.2 Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿Cómo influye la aplicación del *shotcrete* reforzado con fibra de acero y aditivos súper plastificantes para mejorar el sostenimiento de la Rampa 2800, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.?

1.1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo influye la aplicación del *shotcrete* reforzado con fibra de acero y aditivos súper plastificantes para reducir el tiempo de la instalación de sostenimiento de la Rampa 2800, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.?
- ¿Cómo influye la aplicación del *shotcrete* reforzado con fibra de acero y aditivos súper plastificantes para reducir el costo de sostenimiento de la Rampa 2800, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Realizar la aplicación del *shotcrete* reforzado con fibra de acero y aditivos súper plastificantes para mejorar el sostenimiento de la Rampa 2800, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar la aplicación del *shotcrete* reforzado con fibra de acero y aditivos súper plastificantes para reducir el tiempo de la instalación de sostenimiento de la Rampa 2800, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.
- Determinar la aplicación del *shotcrete* reforzado con fibra de acero y aditivos súper plastificantes para reducir el costo de sostenimiento de la Rampa 2800, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.

1.3 Justificación e Importancia

1.3.1 Justificación practica

La unidad minera Parcoy realiza sus operaciones bajo el sistema de mina subterránea, con el método de corte y relleno ascendente, con el sistema mecanizado y convencional, está compuesta por la zona norte (Fortunata y Lourdes) que se trabajan desde el Nv. 2000 al Nv. 1665 respectivamente. La zona norte está compuesta por las vetas Milagros, Lourdes, Rosa, Micaela, Fortunata y Rosarito.

En la Rampa 2800n ubicada en la zona de Rosa, se tiene un tipo de roca IV-A con tramos de avance en roca tipo IV-B. Para mejorar el sostenimiento con las cualidades de este terreno se plantea el uso de *shotcrete* de 2" c/f 30kg/m³, con pernos *swellex* 7' sistemáticos, espaciados a 1.2 m x 1.2 m y en algunos tramos con pernos helicoidales 10', de acuerdo a la evaluación geomecánica correspondiente en los avances.

1.3.2 Justificación teórica

Los planos de zonificación geomecánica por niveles comprenden como base la información geológica, mineralógica, zonas de alteración, sistema de fallas, al cual se ha volcado los mapeos geomecánicos de calidad de roca y la densidad del laboreo para delimitar las zonas perturbadas, las cuales fueron complementadas con el logeo geomecánico de los sondajes diamantinos.

Los controles de calidad del sostenimiento comprenden registros de las mediciones de convergencia, estaciones microtectónicas, ensayos pull test, pruebas de resistencia del *shotcrete* - laboratorio, investigaciones de resistencia del concreto entre otros controles de calidad del sostenimiento.

1.3.3 Justificación metodológica

El *shotcrete* proyectado construido con filamentos de acero y sustancias añadidas razonables es desde ahora un componente de soporte de primera solicitud en CMH S.A., con grandes resultados. El plan de hormigón proyectado húmedo se determina para evitar relajaciones intempestivas de la masa de piedra y para la ayuda subyacente, cuyas protecciones en circunstancias típicas deberían ser las siguientes: tres horas: $> 30 \text{ kg/cm}^2$; 24 horas: $> 160 \text{ kg/cm}^2$; 3 días $> 260 \text{ kg/cm}^2$; y 28 días $> 350 \text{ kg/cm}^2$.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis general

La aplicación del *shotcrete* reforzado con fibra de acero y aditivos súper plastificantes mejora el sostenimiento de la Rampa 2800, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.

1.4.2 Hipótesis específicas

- La aplicación del *shotcrete* reforzado con fibra de acero y aditivos súper plastificantes reduce el tiempo de la instalación de sostenimiento de la Rampa 2800, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.

- La aplicación del *shotcrete* reforzado con fibra de acero y aditivos súper plastificantes reduce el costo de sostenimiento de la Rampa 2800, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.

1.5 Identificación de variables

1.5.1 Variable independiente

Aplicación del *shotcrete* reforzado con fibra de acero y aditivos súper plastificantes

1.5.2 Variable dependiente

Mejorar el sostenimiento de la Rampa 2800

1.5.3 Matriz de operacionalización de variables

Aplicación del *shotcrete* reforzado con fibra de acero y aditivos súper plastificantes para mejorar el sostenimiento de la rampa 2800, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores
V.I: Aplicación del shotcrete reforzado con fibra de acero y aditivos súper plastificantes	Es la mezcla de todos los ingredientes (arena, cemento, fibra, agua y aditivo súper - plastificantes), en plantas de concreto 1 (dosificadora), 2 (Betonmac) y 3 (Altron), para abastecer a los camiones hormigoneros (mixer), y luego ser transportados hasta la zona en donde se requiere el sostenimiento y se lanza mediante una bomba de concreto del “robot lanzador”; la mezcla o mortero se bombea a través de tuberías y/o mangueras, adicionando el acelerante en la boquilla antes de ser lanzado.	Evaluación de la caracterización del macizo rocoso. Aplicación del shotcrete reforzado con fibra de acero y aditivos adecuados	• Índices RMR, RQD • Q del macizo rocoso • Factor de seguridad • Familias de discontinuidades • Parámetros de las discontinuidades • Dosificación de fibras(kg) • Nivel de avance de minado (m)
V.D: Mejorar el sostenimiento de la Rampa 2800	Es la optimización del sostenimiento de la Rampa 2800, en profundización de la zona Rosa-Fortunata; desarrollado en mayor porcentaje en terreno tipo IV-A, con tramos de avance en roca tipo IV-B, aplicando shotcrete de 2" c/f 30kg/m ³ , con pernos swellex 7' sistemáticos, espaciados a 1.2 m x 1.2 m, y en algunos tramos con pernos helicoidales 10', de acuerdo a la evaluación geomecánica correspondiente en los avances.	• Análisis de los costos unitarios de operaciones mina.	• Valores de la absorción de energía • Valores de ensayo a la compresión • Reducción de costos

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

2.1.1 Antecedentes nacionales

- a) Tesis titulada: *"Implementación del shotcrete reforzado con fibra de acero, comparado con el sostenimiento estructural en labores mineras subterráneas, Up - San Cristóbal, Volcan Cía. Minera S. A. A."*. El **objetivo** del estudio es aportar una metodología experimental apropiada para determinar los procedimientos para la implementación del shotcrete reforzado con fibra de acero en la unidad minera San Cristóbal, U.E.A. Yauli, Volcan Cía. Minera S.A.A. (1).

Además, la metodología tiene las siguientes características (1):

- ✓ La nueva configuración de hormigón proyectado construido con fibra de acero supera las ventajas del límite de retención de energía y la robustez en un 18,72 % en comparación con el andamiaje subyacente; en términos prácticos, esto significa que con esta mayor extensión de filamentos, la capa de hormigón proyectado puede romperse y retorcerse y, sin embargo, mantener un alto límite de carga, por lo que en condiciones típicas hay suficiente oportunidad para notar las roturas o desfiguraciones y hacer un movimiento adecuado. (1)

- ✓ El hormigón proyectado construido con fibra de acero ofrece una mayor resistencia a la compresión (4,17 % más, a los 28 días), en contraste con el andamio subyacente. Los valores de resistencia obtenidos para los dos casos superan con creces el prerrequisito de 300 kg/cm² o no del todo grabado en piedra para obras transitorias, por ejemplo, los tajeos Breasting que rellenaron como obras piloto. Estas calidades son considerablemente superiores a los 500 kg/cm². Conseguir altos valores de resistencia a la compresión es fundamental para garantizar un alto factor de bienestar, dados los estados de fiabilidad de la masa de rocosa. (1)

b) Tesis titulada "*Propuesta de sostenimiento en base a la caracterización geomecánica de la Galería Nv. 9, unidad minera Colquirrumi, Cajamarca, 2018*" realizada en la Escuela Académica Profesional de Ingeniería de Minas, de la universidad Privada del Norte. El **objetivo** del estudio es aportar una metodología experimental apropiada para proponer el diseño de sostenimiento para la Galería Nv. 9 de la Unidad Minera Colquirrumi. (2).

Además, la metodología tiene las siguientes características (2):

- ✓ Las disposiciones geomecánicas sugieren como ayuda para la Galería N°9: RMR (89): tiro ordenado de 4 m de longitud, de 1,5 a 2 m de dispersión en la azotea y paredes, con red en la azotea y a cuenta de hormigón proyectado de 50 a 100 mm de espesor en la azotea y 30 mm en las paredes. o Índice Barton Q: No hay ayuda o los tornillos se fijan de forma fiable/por momentos. o Índice GSI: Nos da dos opciones de ayuda, la primera es sin ayuda o pernos incidentales, la segunda es poner pernos eficientes de 1,50 x 1,50 m. (2)
- ✓ El espesor de la zona plastificada en la galería N°9 presenta varios resultados, esto es debido a que cada estrategia presenta una distinción, que se resume a continuación: Protodyakonov considera que los montones circulan de forma explicativa (techo y cajas de forma menos significativa). Resultado: 0,35 m. (2)

- ✓ La fase 2 piensa en un transporte de cargas heterogéneo y, por tanto, más ajustado a la realidad del caso estudiado. Resultado: 0,31 m en la azotea y 0,66 m en las cajas - Los límites de los componentes de la fortaleza (disposición de la ayuda puntual/periódica) (2) utilizando la programación se introducen a continuación:

Phase 2	Unwedge	
- Tipo de perno: anclaje por fricción (perno mecánico) - Longitud de pernos: 1.5 m - Diámetro de perno: 19 mm - Espaciamiento entre pernos: 0.4 m - Capacidad de tensión: 10 ton	- Tipo de perno: anclaje por fricción (split set) - Longitud de pernos: 1 m (mínimo) - Diámetro de perno: 19 mm - Espaciamiento entre pernos: 0.3 m - Capacidad de tensión: 7 ton - Fuerza de unión: 3 ton/m	- Shotcrete - Espesor: 5 cm - Peso unitario: 2.6 ton/m³ - Resistencia de corte: 10 ton/m²

- c) Tesis titulada “*Evaluación del sistema de sostenimiento en la Compañía Minera Santa Luisa – unidad Huanzalá dando énfasis al sostenimiento con shotcrete para su optimización*”. El objetivo del estudio es aportar una metodología experimental apropiada para determinar los factores que no se están aplicando adecuadamente en el sistema de sostenimiento en la Compañía Minera Santa Luisa – unidad Huanzalá y poder optimizarlo. (3)

Además, la **metodología** tiene las siguientes características: (3)

- ✓ Una gran parte de las máquinas de *shotcrete* no tienen un ROL de mantenimiento programado y preventivo que propicie una presentación superior. (3)
- ✓ La tensión neumática es excesivamente baja, llegando a 35 PSI, en el caso de que muy bien puede ser ampliado a algún lugar alrededor de 50 PSI, se desarrollaría aún más la disminución de la tasa de rebote y la mejor adherencia de la mezcla, menos utilización de sustancias añadidas, menos temporada de lanzamiento debido a la no disuasión de las alivas. (3)

✓

- ✓ La mayor parte de los grupos de hormigón proyectado están formados por personal ad libitum que no tiene la menor idea del ciclo y de la experiencia útil, por lo que es importante contar con un profesorado cualificado y planificar un programa de preparación especializado para el soporte de hormigón proyectado. (3)
 - ✓ Para tener un soporte de shotcrete decente, es importante utilizar los calibradores de manera ordenada y consentir las normas de 2 flujos de espesor de manera uniforme y no perder la mezcla en el llenado de cavidades y redes de estiba, ya que la mano de obra no lo sabe. (3)
- d) Tesis titulada: “*Aplicación de shotcrete vía húmeda para el sostenimiento de labores mineras en Catalina Huanca Sociedad Minera S. A. C.*”. El objetivo del estudio es aportar una metodología experimental apropiada para determinar en qué medida se mejoran los resultados en el sostenimiento de labores mineras subterráneas con la modificación del diseño de shotcrete vía húmeda en Catalina Huanca Sociedad Minera S. A. C. (4).

Además, la **metodología** tiene las siguientes características (4):

- ✓ El diseño 370, *shotcrete* aplicado por vía húmeda, aplicado al sostenimiento de labores mineras no genera demoras por tiempo de fraguado en el ciclo de las operaciones mineras subterráneas de la mina Catalina Huanca; ya que alcanza un valor promedio de 2.28 Mpa, para su resistencia inicial, superando el estándar de 2 Mpa, obtenido a 2 horas después de su proyección en el sostenimiento de labores mineras. (4)
- ✓ Con la aplicación del diseño 370, al sostenimiento de labores mineras subterráneas, se mejora el costo total de operaciones, ya que se logra reducir el costo unitario de insumos del *shotcrete* en 3.48 \$/m³ para la producción de shotcrete con fibra metálica y en 3.64 \$/m³ para la producción de *shotcrete* sin fibra metálica; en consecuencia, se logra un ahorro de 2,700 \$ mensuales que representa un 0.06 % del costo total de operaciones. (4).

- ✓ Aplicando el diseño 370 al sostenimiento de labores mineras subterráneas, se obtiene un porcentaje de rebote promedio del 12.8 %, 1.4 % mayor al obtenido con el diseño de *shotcrete* 380; sin embargo, el incremento del porcentaje de rebote no tiene incidencia en los costos, pero el rendimiento del *shotcrete* disminuiría en un 1.4 %. (4)

e) Tesis titulada: “Factores que influyen en el fracturamiento del *shotcrete* y el impacto en el sostenimiento en Consorcio Minero Horizonte S.A.”. El objetivo del estudio es aportar una metodología experimental apropiada para determinar los factores que influyen en el fracturamiento del *shotcrete* y el impacto que genera en el sostenimiento en el Consorcio Minero Horizonte S.A. (5).

Además, la metodología tiene las siguientes características (5)

- ✓ En la unidad minera Parcoy del Consorcio Minero Horizonte S. A., el sostenimiento mecanizado tiene como columna vertebral al *shotcrete*, en el sostenimiento de las labores de la zona sur se estandarizó el uso del *shotcrete* acompañado de perno o malla electrosoldada, según requiera. (5)
- ✓ La mala aplicación del sostenimiento con *shotcrete* puede traer problemas futuros en la estabilidad de las labores de la zona sur, generando fracturamiento y su posterior desate y resane, incrementando las operaciones de sostenimiento y por ende una sobre producción del innecesaria de *shotcrete*. (5)
- ✓ Se tiene que realizar un mejor seguimiento por parte de la supervisión de las condiciones de las labores a sostener, sobre todo en la presión del aire y el sopleteo con agua de la superficie a sostener, con esto lograr una mejor adherencia del *shotcrete* en la superficie rocosa. (5)
- ✓ Realizando un mejor control de calidad de los ensayos que se practican al *shotcrete* en su estado fresco y fraguado, se pueden alcanzar las resistencias a la compresión requeridas que son: al primer día 150 kg/cm², al tercer día

210 kg/cm² y a los 28 días llegará a los 400 kg/cm². Con estos resultados se pueden llegar a minimizar los problemas de fracturamiento que se tienen en las labores de la zona sur. (5)

2.2 Aspectos generalidades unidad minera Parcoy

2.2.1 Ubicación de la Unidad Minera Parcoy

La unidad minera Parcoy se ubica en el distrito minero de Parcoy perteneciente a la provincia de Pataz, departamento de la Libertad, sus coordenadas geográficas son:

- 77° 36' Longitud Oeste. (6)
- 08° 00' Latitud Sur. (6)

A una altitud de 2600 a 4100 m s. n. m.

2.2.2 Accesibilidad de la unidad minera Parcoy

Tabla 2. Ubicación y accesibilidad unidad minera Parcoy

Ruta 1	Distancia (km)	Vía aérea	Tiempo aproximado (h)
Lima al aeropuerto de Pías	400	Aeropuerto Jorge Chávez hasta de la ciudad de Lima vía aérea hasta al aeropuerto de Pías.	1 hora y 20 minutos.
Ruta 2	Distancia (km)	Vía terrestre	Tiempo aproximado (h)
Lima a la ciudad de Chagual	557	De la ciudad de Lima por la carretera panamericana.	7 horas
Trujillo a la ciudad de Chagual	340	De la ciudad de Trujillo Carretera Industrial Laredo Samne , hasta llegar a la Ciudad de Chagua.	9 horas
De la ciudad de Chagual a Parcoy	60	De la ciudad de Chagual por la carretera sur, hasta llegar a Unidad Minera Parcoy	2 horas

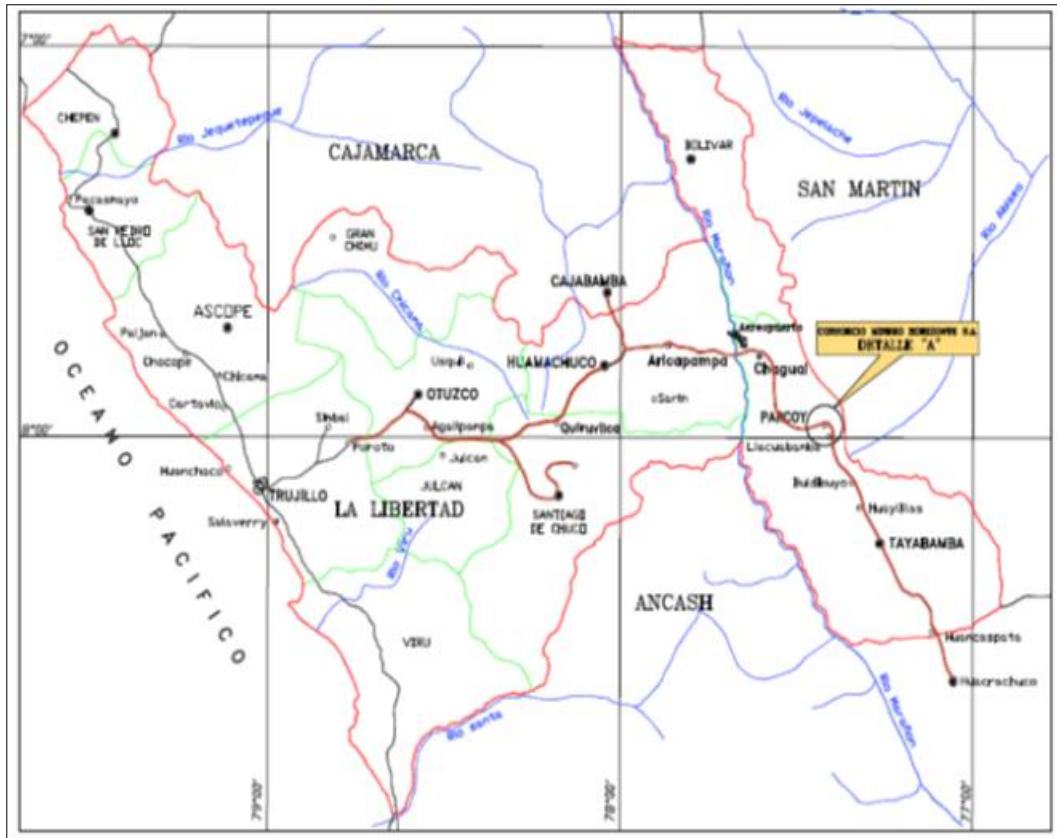


Figura 1. Ubicación y accesibilidad de la unidad minera Parcoy
Tomada de unidad minera Parcoy (6)

2.2.3 Geología regional

- **Geomorfología**

Fisiográficamente, el almacén se sitúa en el flanco occidental de la cordillera Central, en la unidad de valles interandinos, según Wilson (1964), hay valles agudos y quebradas profundas que han sido delineadas por el frío y la ruptura fluvial, que están en procesos de cambio. (7)

La principal filtración está delineada por el río Parcoy, que se desvía hacia el oriente superior, pasando por la laguna de Pías, para luego desembocar en el río Marañón, que finalmente llega al río Amazonas. (7)

El clima en el espacio es de cálido a tranquilo hasta los 3.000 metros sobre el nivel del mar; por encima de esta elevación, el clima se vuelve frío. Es seco en verano (de abril a octubre) y ventoso en invierno (de noviembre a marzo). (7)

- **Litología**

Localmente, la geografía de la región está abrumada por tres cinturones: el sótano de tormentas precámbrico del complejo del Marañón hacia el este, el batolito carbonífero de Pataz y las capas retorcidas del Pérmico-Cenozoico hacia el oeste. (7)

El complejo del Marañón basal está formado por metasedimentos pizarrosos a esquistosos y sacudidas metavolcánicas y muestra un complejo desarrollo de colapso y clivaje. Las capas del Pérmico al Cenozoico están colapsadas en pliegues mejorados a alterados que se fusionan hacia el oeste cerca del contacto del batolito, aunque más al oeste son homoclinales. (7)

La historia geológica del distrito comprende desde el Precámbrico hasta ocasiones sedimentarias tardías, impactadas por interrupciones de diferentes tipos, disposiciones y edades. (7)

2.2.4 Geología estructural

La zona minera ha sido impactada por las diferentes ocasiones estructurales de los últimos 300 m. y dando lugar a una intrincación primaria excepcionalmente revisada. No presenta áreas de potencia serias para el presente, por lo que se acepta que la élite se inmiscuyó en una zona extensional. Esta zona extensional habría sido por lo tanto reactivada como resultado de un marco de emisión de cambio lateral durante la mineralización y de nuevo por la culpabilidad posterior a la mineralización (7).

Como en todos los marcos de vetas, los controles subyacentes en las vetas y *jackpots* en la región de Parcoy son diferentes y complejos, de importancia esencial son las deficiencias de la primera petición (NW-SE) que muy probablemente controlan el hundimiento general hacia el sur de los depósitos mineralizados (7).

Las potencias estructurales comenzaron deficiencias de cizallamiento, con el desarrollo siniestral por lo general. Las vetas de cizalla muestran espejos de

cizalla con estrías en diferentes cabeceras y están en su mayor parte limitadas por pequeñas capas de panissima. (7)

2.2.5 Geología local

CMHSA tiene sus labores mineras en un área de 400 Has, dicha operación se desarrolla íntegramente dentro del Batolito Pataz. Se estima más de 80,000m de labores mineras realizadas entre antiguas y modernas, tanto horizontales como verticales. (7)

2.2.6 Geología económica

Las vetas son comúnmente orogénicas, compuestas por rellenos de grietas donde gana la afiliación "cuarzo-pirita-oro", así como otros minerales relacionados en magnitudes más modestas como clorita, sericita, calcita, ankerita, galena y esfalerita. (7)

Las vetas se conforman en un rumbo predominante de N20°W en buzamientos puntuales altos y bajos de NE (50-80°NE), en la mina Parcoy se han distinguido "entramados" de vetas, que comprenden una vena focal o fundamental con ramas y sigmoides relacionados (7). La mayoría de las vetas muestran variedades de patrones en el rumbo y el buzamiento, creando zonas de apertura y ruptura más prominentes, las vetas principales son del marco NW, ubicadas en zonas de cizalla y corte que buzán hacia el relleno mineralizante y la disposición de los conocidos "brotes de metal". (6) Las Estructuras fundamentales que ayudan a la creación de CMHSA son Candelaria, Encanto, Rosa Orquídea, Lourdes y Milagros. (7)

Según la paragénesis del yacimiento, primero tenemos el emplazamiento de cuarzo, pirita y arsenopirita, estos minerales experimentaron craqueo sólido y microfracturación; luego tenemos una ocasión de oro local y medidas menores de sulfuros finos (Zn, Cu, Pb o Ag), estos rellenaron microfracturas particularmente en pirita y cuarzo o se salvaron cerca de este sulfuro. La pirita es el mineral huésped fundamental para la mineralización de oro en las vetas. (7)

2.3 Caracterización del macizo rocoso

Cualquier remoción ensayada en un clima áspero, crea una irregularidad en la misma; al separar los materiales, se entrega inevitablemente la ayuda normal de la masa pétreo circundante, llevando a la modificación de las condiciones de equilibrio, los impactos creados deben ser conocidos para restablecer la armonía y garantizar la resistencia. (8)

El plan geomecánico de la minería de tranvía depende de que la masa de piedra pueda acreditar un conjunto de propiedades mecánicas que se pueden medir manteniendo las reglas de las agrupaciones geomecánicas globales y mediante una metodología suficiente. (8)

La capacidad de trazar planes de avance minero satisfactorios y no enteramente grabados en el plan geomecánico para entregar una agravación base de la masa de piedra y controlar la presentación mecánica de la piedra circundante; estos puntos de vista se pueden convertir en el acto de límites específicos como la competencia en la recuperación de minerales, la eficiencia minera o la productividad monetaria directa. (8)



***Figura 2. Intersección de labores con shotcrete y pernos sistemáticos
Tomada de Departamento de Geomecánica del Consorcio Minero Horizonte S. A. (8)***



Figura 3. Sistema de cimbras para el sostenimiento de labores principales
Tomada de Departamento de Geomecánica del Consorcio Minero Horizonte S. A. (8)

a) Evaluación por las propiedades físico mecánicas

Para calificar las propiedades de resistencia y deformación de las rocas se considera los siguientes parámetros:

- Módulo de Young (8)
- Módulo de Poisson (8)
- Cohesión (8)
- Índice de fricción
- Resistencia a la compresión uniaxial y triaxial (8)
- Resistencia a la tracción (8)

b) Descripción geomecánica del fragmento de roca

- Por su génesis: roca intrusiva ígnea, denominada granodiorita. (8)
- Color: gris claro a blanco grisáceo. (8)
- Dimensiones de granos componentes de la roca: medio a grueso. (8)
- Textura: fanerítica holocristalina. (8)
- Alteración: el fragmento de roca presenta mediana alteración. (8)
- Resistencia: resistente, roca dura, se rompe con más de un golpe de martillo de geólogo (50-100 Mpa). (8)

- Durabilidad: la roca es de alta durabilidad al debilitamiento y desintegración al ser expuesta y sumergida al agua. (8)
- Porosidad: no presenta. (8)
- Permeabilidad: presenta permeabilidad secundaria por las fracturas. (8)
- Densidad: aproximadamente 2.65 gr/cm³. (8)

c) Análisis del macizo rocoso

Las agrupaciones geomecánicas se ajustan a las masas de sacudidas. (8) La expresión "roca delicada", puede caracterizar el progreso de la piedra de la tierra que es dependiente difusa sin embargo es por lo general reconocido que las calidades por debajo de 1MPa son a partir de ahora correr del molino de los suelos. (8)

La dispersión de las juntas está en su mayor parte entre 0,02 y 0,20m, con 4 a 5 grupos de discontinuidades, la resistencia de la roca está entre 30 y 75 Mpa, el ajuste es extremo en el till y moderado en el metal, el relleno de los huecos es por calcita, cuarzo, clorita y limpio, el agua subterránea es por goteo en el till y pequeños arroyos en la estructura mineralizada. (8)



**Figura 4. Roca intensamente fracturada y con alteración hidrotermal
Tomada de Departamento de Geomecánica del Consorcio Minero Horizonte S. A. (8)**

Las funciones esenciales se sitúan en su mayor parte en la granodiorita profundamente quebrada y húmeda debido a la presencia de aguas subterráneas que se mueven a través de discontinuidades que provocan un descenso de la calidad de la roca y cuñas que provocan deslizamientos de la misma. (8)

- Tamaño de los bloques y resistencia al cizallamiento: la conexión entre los bloques decide la forma de comportamiento mecánico de la masa pétreo bajo un determinado grado de tensiones, para esta situación son cúbicos, paralelepípedos y triangulares, esto se caracteriza por los grupos de discontinuidades que estructuran secciones equiestructuradas. (8)
- Nivel de agrietamiento: según la disposición del GSI, tenemos desde profundamente roto (12 a 20 roturas/m) hasta seriamente roto (más notable de 20 grietas/m) y aplastado en la zona de deficiencia. (8)

Las operaciones de avance facultativo se sitúan en las estructuras mineralizadas con cajas de granodioritas seriamente rotas y excepcionalmente mugrientas, las vetas son de potencia variable situadas como "oreshoots", con funciones de doble reparto (pits) de hasta 17 m de ancho, 6,5 m de alto y 80 m de largo, que además tienen sus propias particularidades de ayuda. (8)

Las vetas auríferas de cuarzo-sulfuro, tienen una conducta espacial en clavos mineralizados con círculos sigmoides y ramificaciones, tienen puntos de corte de caja de piso y techo contactos demasiado caracterizados, no obstante, igualmente presentan cajas falsas, en superficie pueden extenderse hasta 1.800 m de longitud y más de 1km de profundidad. (8)

La mina Parcoy cuenta con 03 zonas de doble explotación; la zona norte que incorpora las vetas Milagros y Lourdes, la zona de desarrollo situada en la zona focal e incorpora las vetas Carmencita - Mishahuara, Rosarito, Rosa y Encanto; por último, la zona sur que incorpora las vetas Candelaria y Encanto sur. (8)

2.4 Sostenimiento con shotcrete

El hormigón proyectado se crea en la planta de Betonmac situada en Huaripampa y es apropiado por Tornados, tanto de Robocón como de Volcan, que transportan la mezcla a la obra asignada y debe fraguar en 3 horas o menos. Después de este tiempo el hormigón proyectado pierde sus propiedades. Cuando se encuentra en el lugar de la obra, se encarga a un robot lanzador de hormigón proyectado, que transporta el hormigón proyectado de forma consistente según los aspectos establecidos y a un espesor específico (en pulgadas). (9)

En la actualidad, los gastos de elaboración del hormigón proyectado, su transporte hasta la obra asignada y su posterior envío son extremadamente elevados, por lo que debería examinarse su creación y buscarse ciclos de racionalización. (9)

2.5.1. Sostenimiento con shotcrete

A continuación, se muestra el proceso de producción de *shotcrete* a través de un mapa de procesos desde la adquisición de los insumos hasta su posterior lanzado (9).

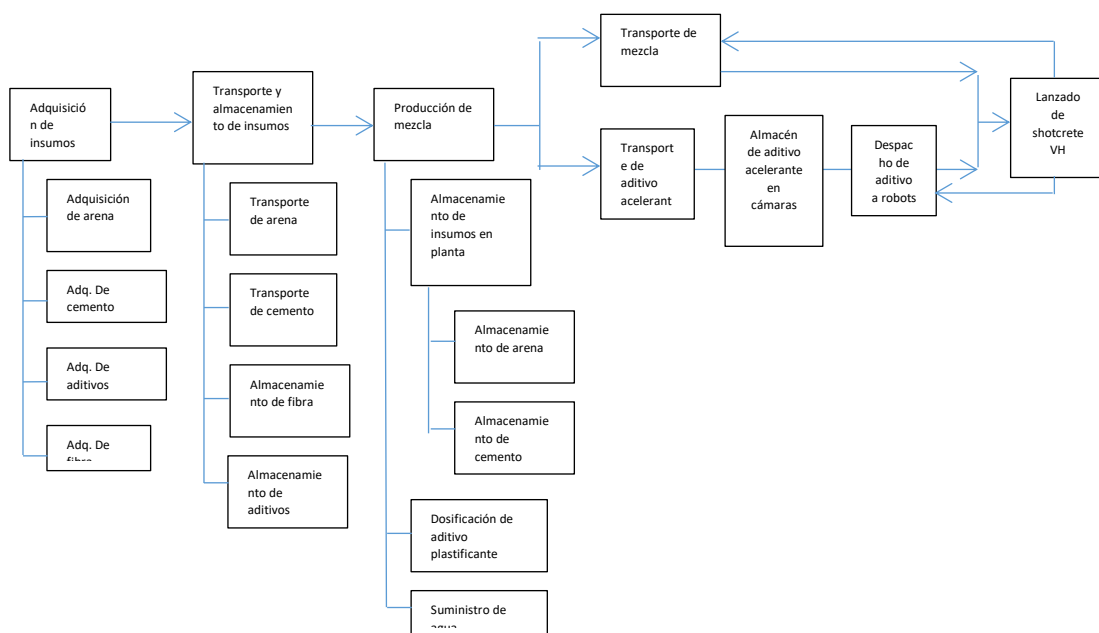


Figura 5. Proceso de producción, transporte y lanzamiento de shotcrete
Tomada de Unidad minera San Cristóbal, departamento de Geomecánica

2.5.2. Producción de shotcrete

La creación del hormigón proyectado se realiza en la planta de Betonmac, la creación de la planta está completamente informatizada bajo un marco de PLC (regulador de ración programable). (9) El desarrollo de su creación se muestra en la figura adjunta:

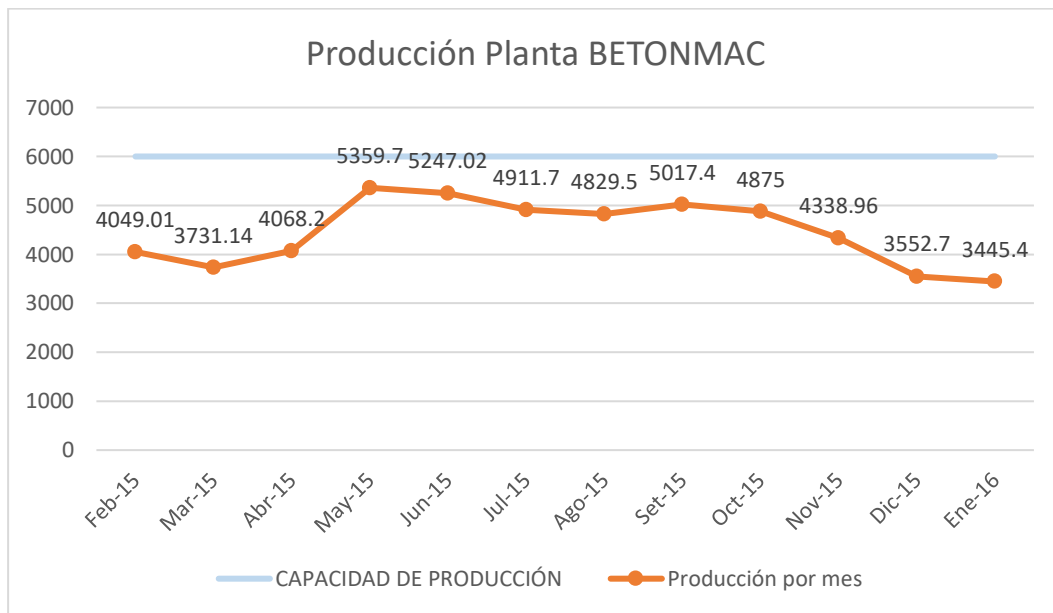


Figura 6. Producción de BETONMAC en planta
Tomada de Unidad minera San Cristóbal, departamento de Geomecánica

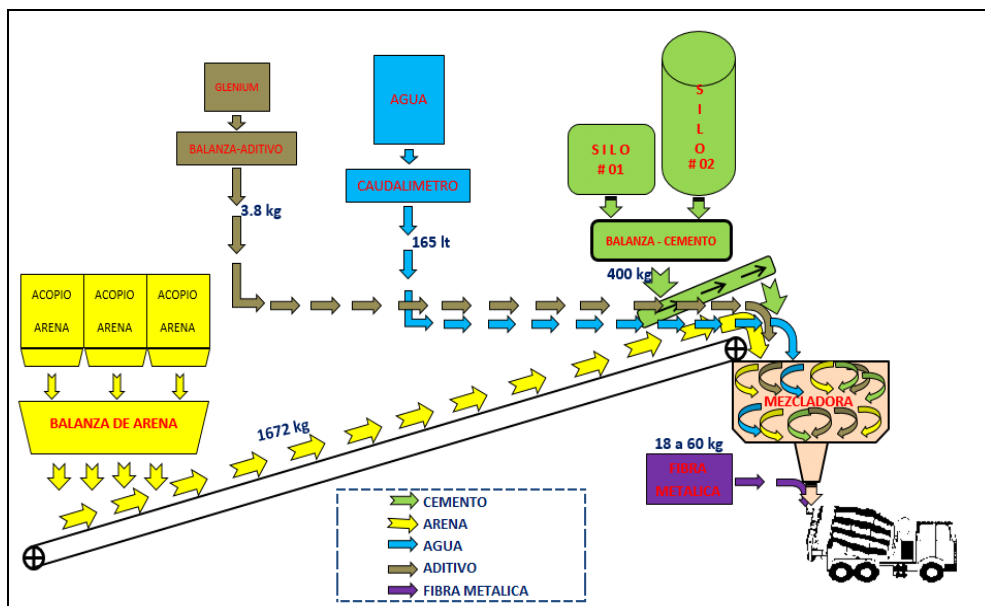


Figura 7. Esquema de proceso de producción de shotcrete
Tomada de Unidad minera San Cristóbal, departamento de Geomecánica

Tabla 3. SIPOC – Producción de shotcrete

SIPOC				
Proceso	Producción de shotcrete planta BENTOMAC			
Objetivo	Producir shotcrete para sostener labores en mina			
SUPPLIER (PROVEEDOR ES)	INPUT (ENTRADA)	PROCESS (PROCESO)	OUTPUT (SALIDA)	CUSTOMER R (USUARIO/CLIENTE)
Cemento Andino	Cemento Portland Tipo 1	Ingreso al sistema	Cubos de: Shotcrete	<u>Equipos tornados</u>
Comunidades Pachachaca	Arena gradación 2	↓ Selección de fórmula	300 1" 2" 3"	
Planta de Tratamiento de agua "Velo de mi novia"	Agua a 20º C y con pH = 7	↓ Dosificación de insumos	Mortero 210 (Para servicios especiales)	
Sika / Prodimin	Fibra metálica 65/35	↓ Producción de mezcla		
BASF	Aditivo superplastificante Glenium 1300	↓ Despacho de cubos	Shotcrete PUMP (sostenimiento crítico)	
EPC	Fibra sintética Barchip R50			

Tomada de Unidad minera San Cristóbal, departamento de Geomecánica

2.5.3. Insumos y proveedores

a) Agua: planta de tratamiento de aguas (Velo de la novia)

El agua procede de la mina sifonada desde el nivel 1070, llegando a la superficie donde se recoge en pozos y se trata con cal y floculante; es decir, pasa por un tratamiento para disminuir la causticidad hasta que se mata. Debe estar a una temperatura de 20°. (9)

Capacidad: el agua se sifonea desde la planta "mi media naranja" hasta el depósito de agua, donde se termoestabiliza y se sifonea hasta la batidora. (9)

b) Hormigón: Cemento andino

El concreto es Portland tipo 1, que se obtiene en masa en "bombonas" de la planta de concreto andino ubicada en Tarma (Condorcocha), el cual tiene un menor costo de carga, lo cual es valioso para la organización. A través de las

pruebas del centro de investigación, se ha resuelto que las propiedades físicas y sintéticas que otorga a las propiedades del hormigón proyectado en cuanto a oposición y retención de energía lo convierten en un elemento esencial y OK para el desarrollo de este componente de ayuda. (9)

Capacidad: se presentan dos bidones diarios con un límite de 29.000 a 30.000 kilos, que se guardan en el almacén 1 y en el almacén 2 (9)

c) Arena: comunidades (Pachachaca, entre otras).

La arena es proporcionada por las redes de Pachachaca (6 redes); es arena de grado 2, según la norma prescrita por la ACI 506 - Guide to shotcrete. No obstante, en ocasiones necesita ser normalizada, al contener componentes no deseados, por ejemplo, sedimentos y lodos que impiden que la mezcla se compacte y obtenga las propiedades reales para las que se entrega (9)

Capacidad: la arena se consigue en camiones de 15 m³ y se almacena en un lugar moldeado cerca de la planta. Pero en los días en que se guarda en un almacén cercano a los puestos de trabajo. (9)

d) Fibra metálica: sika y prodimin

La fibra metálica se utiliza en la mayoría del hormigón proyectado y se ha resuelto un tipo único de hormigón proyectado que requiere 60 kilos, suplantando la utilización de celosía. El tipo de fibra es de tamaño 65/35 (9)

Capacidad: la fibra metálica se guarda en el almacén de materiales situado cerca del foso 300, y a partir de ahí, según lo previsto por el centro de distribución de fibra de la planta, se lleva al almacén de materiales. (9)

e) Fibra metálica: EPC

Modelo Barchip 50, fibra de ingeniería. Esta fibra se utiliza por sus propiedades, principalmente el mínimo gasto por Joule de fibra. Además, nos damos cuenta de que este tipo de fibra se espera para varias empresas, ya que no se consume como la fibra metálica y tiene una solidez más notable a largo plazo. (9)

Capacidad: la fibra de ingeniería se guarda en el centro de distribución de materiales situado cerca del pozo 300, y a partir de ahí, según lo previsto por el almacén de fibra de la planta, se lleva a este centro de distribución. (9)

f) Aditivo plastificante: BASF

El aditivo plastificante (Glenium 1300) se utiliza como minimizador de agua de alto rango, permitiendo el desarrollo de hormigones de alta resistencia, con alto mantenimiento de la consistencia, sin causar retrasos de fraguado o solidificación. Es uno de los más utilizados en la búsqueda. (9)

Capacidad: el aditivo se deposita en el almacén de materiales situado cerca de la fosa 300, desde donde se traslada a la planta, donde se sifonea a través de tanques (9)

2.5 Abastecimiento de shotcrete vía húmeda - planta dosificadora de shotcrete 1

En la siguiente figura se muestra abastecimiento de *shotcrete* vía húmeda - planta dosificadora de *shotcrete* 1. (8)



Figura 8. Abastecimiento de shotcrete vía húmeda - Planta dosificadora de shotcrete 1
Tomada de Departamento de Planeamiento de la unidad minera Parcoy

En la siguiente figura se muestra el proceso de elaboración del shotcrete

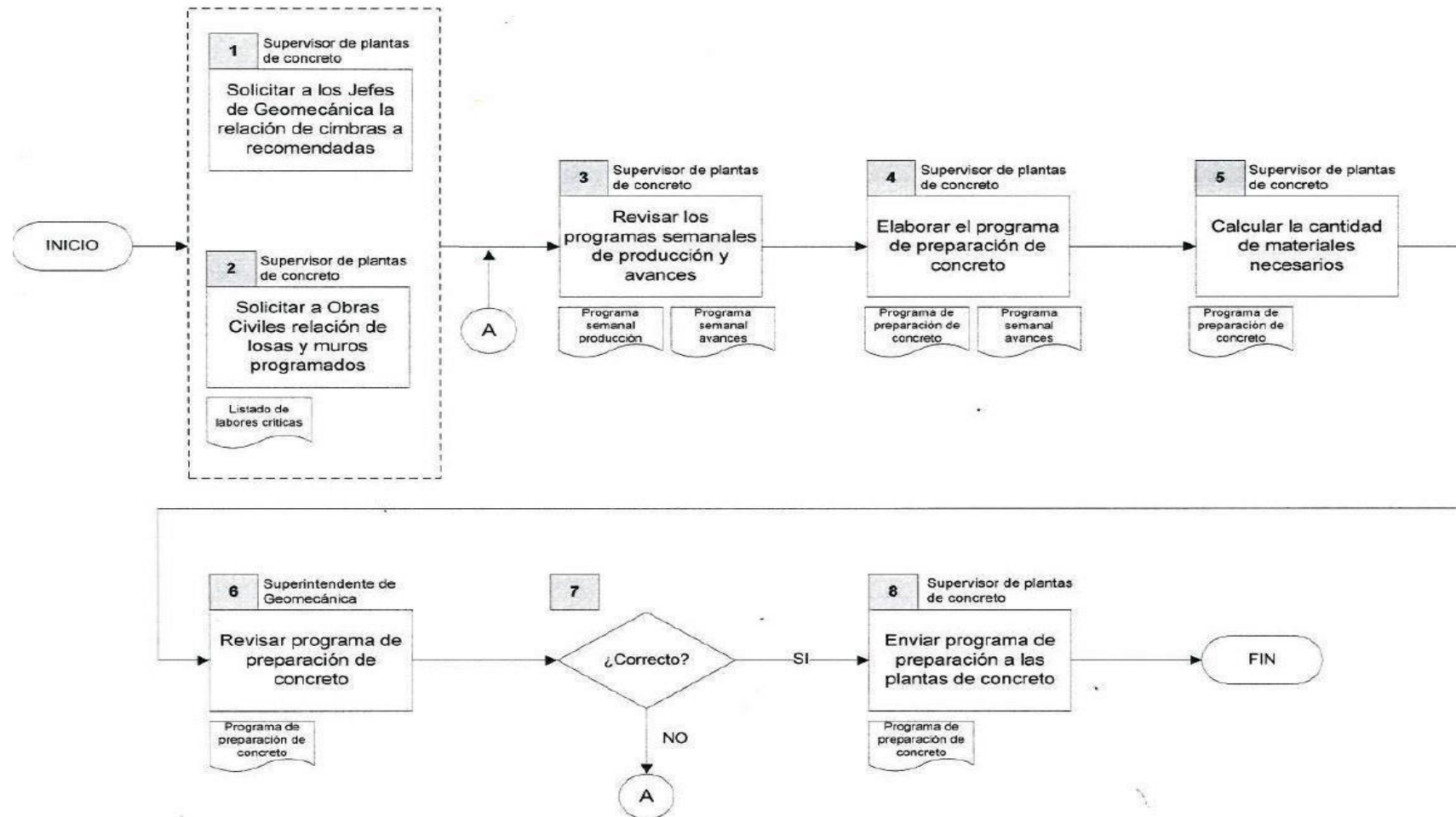


Figura 9. Proceso de elaboración del shotcrete
 Tomada de Departamento de Planeamiento de la unidad minera Parcoy

En la siguiente figura se muestra el esquema del proceso de lanzamiento del *shotcrete* en las labores

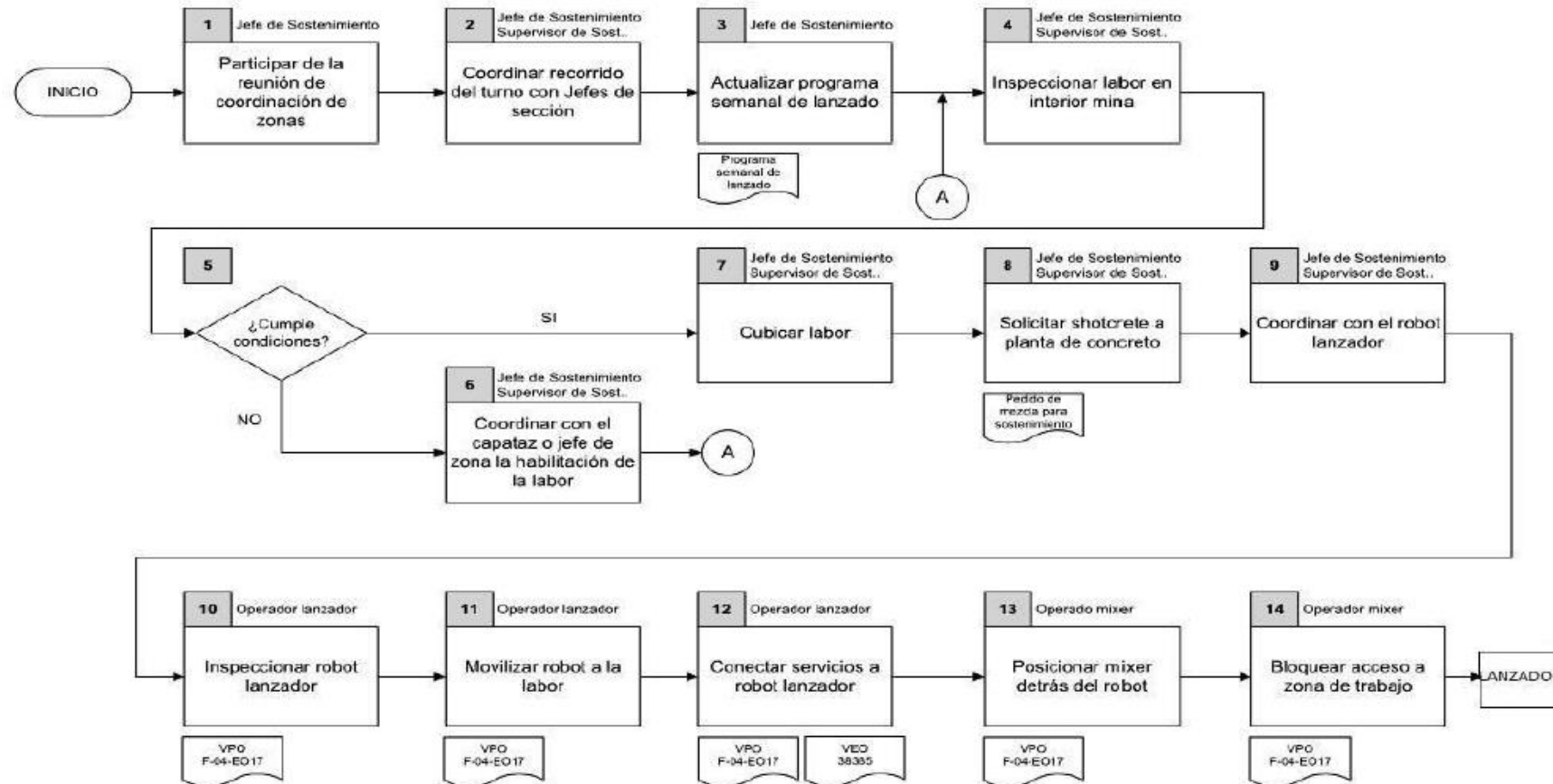


Figura 10. Esquema del proceso de lanzamiento del *shotcrete* en las labores
Tomada de Departamento de Planeamiento de la unidad minera Parcoy

CAPÍTULO III

MÉTODO DE DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 Método y alcances de la investigación

3.1.1 Métodos de la investigación

a) Método general

En forma general se empleará el método científico, porque se construye a base de datos empíricos *in situ*, al realizar la aplicación del *shotcrete* reforzado con fibra de acero y aditivos súper plastificantes para mejorar el sostenimiento de la Rampa 2800, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.

b) Método específico

El método específico a emplear, es el método experimental inductivo – deductivo. Se deduce que al realizar la aplicación del *shotcrete* reforzado con fibra de acero y aditivos súper plastificantes ayudará a mejorar el sostenimiento de la Rampa 2800 unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.

El método es analítico, porque la aplicación del *shotcrete* reforzado con fibra de acero y aditivos súper plastificantes, ayudara a reducir costos de sostenimiento de la Rampa 2800, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.

3.1.2 Alcances de la investigación

a) Tipo de investigación

La investigación es de diseño no experimental, porque el objetivo de la investigación es realizar la aplicación del shotcrete reforzado con fibra de acero y aditivos súper plastificantes para mejorar el sostenimiento de la Rampa 2800, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.

b) Nivel de investigación

Es descriptivo porque trata de explicar de qué manera la aplicación del shotcrete reforzado con fibra de acero y aditivos súper plastificantes ayuda a mejorar el sostenimiento de la Rampa 2800, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.

3.2 Diseño de la investigación

El diseño de investigación es experimental.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

Todas las rampas de profundización de la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.

3.3.2 Muestra

Rampa 2800 del Nivel 1865 de la profundización, de la zona Rosa, de la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos

En la presente investigación se realizará la recolección de datos *in situ*, mediante la técnica observacional y procesamiento de datos pasados y actuales en el área de Geomecánica.

Para la recolección de datos de perforación y voladura, informes diarios, informes mensuales y anuales, se usó tesis, libros, catálogos del equipo de

lanzado de *shotcrete* y laptop para el procesamiento de los datos.

3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos

Para la investigación se utilizará como instrumento de campo: cuaderno de notas, planos, reporte de operaciones de lanzo de *shotcrete*, de la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Aplicación del *shotcrete* reforzado con fibra de acero y aditivos súper plastificantes

4.1.1 Mejorar el sostenimiento de la Rampa 2800, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.

La Rampa 2800 está ubicada en la zona norte de la veta Rosa y veta Fortunata en el nivel 1865 de la profundización, para la mejora del sostenimiento se utilizó la fibra de acero y aditivo plastificante.

4.1.2 Características geomecánicas de la RP 2800

La RP2800 fue diseñada para continuar con la profundización de la zona Rosa-Fortunata; desarrollado en un mayor porcentaje en terreno tipo IV-A con tramos de avance en roca tipo IV-B. Al realizar el desarrollo de la rampa, el sostenimiento aplicado fue *shotcrete* de 2" c/f 30kg/m³, con pernos *swellex* 7' sistemáticos espaciados a 1.2m x 1.2m y en algunos tramos con pernos helicoidales 10' de acuerdo con la evaluación geomecánica correspondiente en los avances.

La rampa se encuentra emplazada en terreno cuya matriz rocosa presenta resistencia regular (<70MPa) con discontinuidades que delimitan fragmentos de roca de regular cohesión, además el macizo rocoso presenta superficies húmedas a flujo esporádico. Como condición desfavorable se tiene sistemas subparalela a la dirección de avance de la labor (155°/20° y 342°/48°). Por lo descrito el macizo rocoso se clasifica como un terreno tipo IV-B..

En la siguiente figura se muestra el plano geomecánico de RP 2800 de la unidad minera Parcoy.

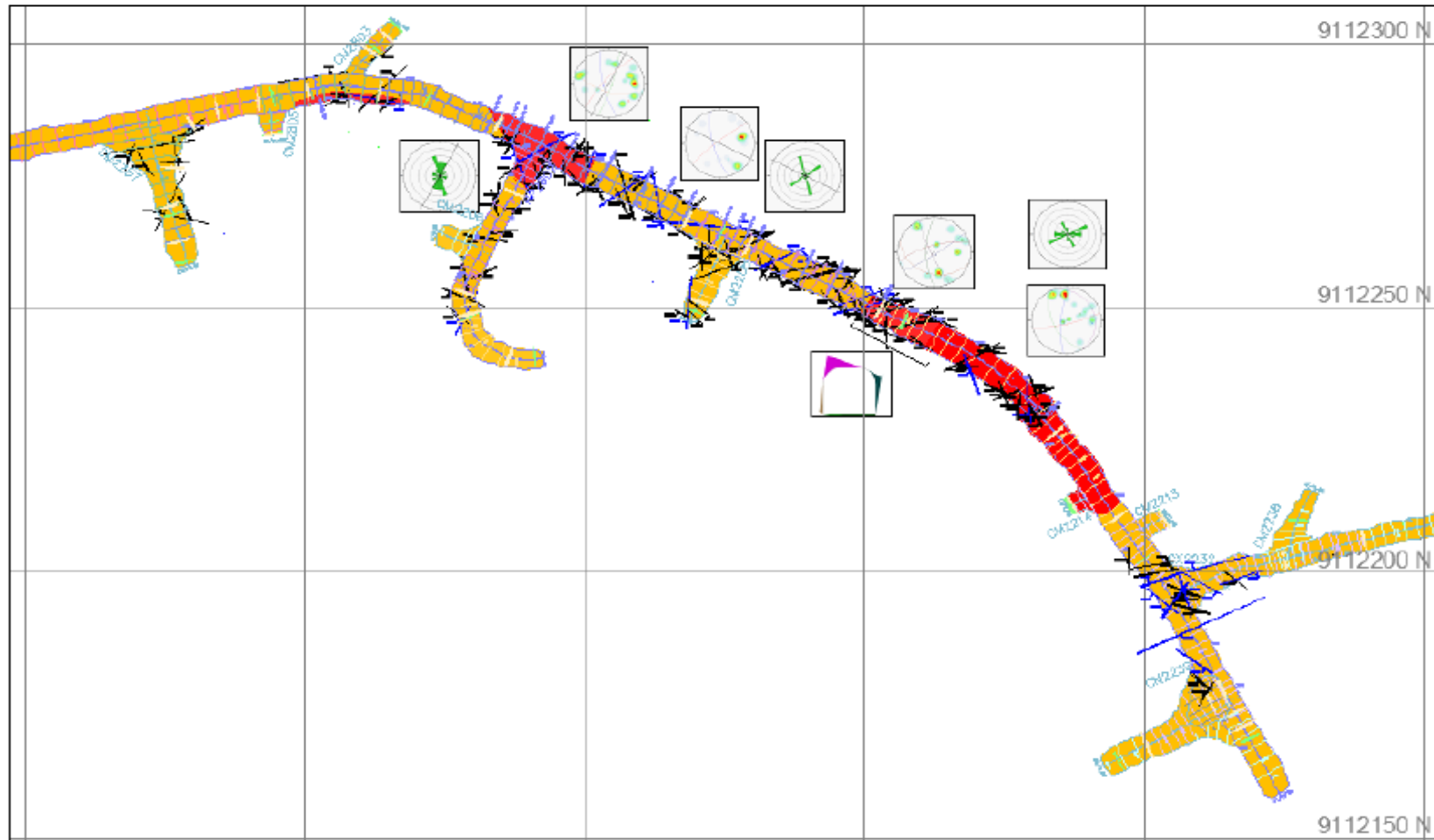


Figura 11. Plano Geomecánico de RP 2800
Tomada de Departamento de Planeamiento de la unidad minera Parcoy

En la siguiente Tabla se muestra los parámetros de resistencia de los materiales presentes en el análisis de la RP 2800.

Tabla 4. Parámetros de resistencia de los materiales presentes en el análisis de la RP 2800

Material Name	Color	Initial Element Loading	Failure Criterion	Material Type	Intact Compressive Strength (MPa)	mb (peak)	s (peak)	a (peak)
Granodiorita		Field Stress Only	Generalized Hoek-Brown	Elastic	60	1.89468	0.000653	0.508086

Tomada de Departamento de Geomecánica de la unidad minera Parcoy

En la siguiente Figura se muestra los esfuerzos de campo considerados para una profundidad de 950 m.

Field Stress

Field stress: Constant
 Sigma one: 25.65 MPa (compression positive)
 Sigma three: 13 MPa (compression positive)
 Sigma Z: 11.28 MPa (compression positive)
 Angle from the horizontal to sigma 1: 0 degrees (counter-clockwise)

Figura 12. Los esfuerzos de campo considerados para una profundidad de 950 m
Tomada de Departamento de Planeamiento de la unidad minera Parcoy

Con los datos obtenidos se procedió a realizar el modelamiento de la RP2800, la excavación se encuentra a una profundidad de 950 m.

Debido a que la infraestructura es permanente se realizó el análisis tenso-deformacional que experimentará el macizo rocoso durante la ejecución del proyecto, para lo cual se usó programas de elementos finitos (Phase2 9.0); realizando con ello la simulación para determinar la zona de plastificación del terreno.

4.1.3 Análisis de estabilidad de la RP 2800

Con la programación de la fase utilizada en el examen geomecánico, se realizó la recreación para decidir la zona de plastificación del paisaje mientras se reproduce una exhumación de 4,5 m x 4,2 m (región dentro de la isolínea oscura) que no supera los 2,0 m en los picos.

La figura adjunta muestra el Comportamiento del esfuerzo principal mayor de la RP 2800.

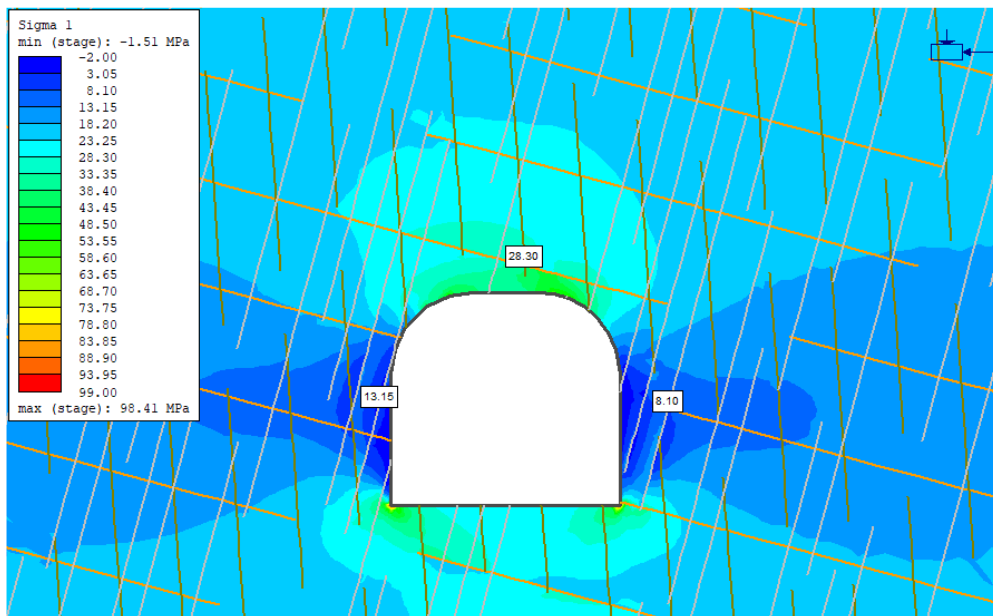


Figura 13. Comportamiento del esfuerzo principal mayor de la RP 2800
Tomada de Departamento de Geomecánica de la unidad minera Parcoy

La respuesta que ofrece el macizo rocoso al estado tensional del terreno se determina mediante el factor de seguridad (Strength Factor), con ello determinando también la zona de plastificación del macizo rocoso antes de la ruptura (para $F.S < 1$).

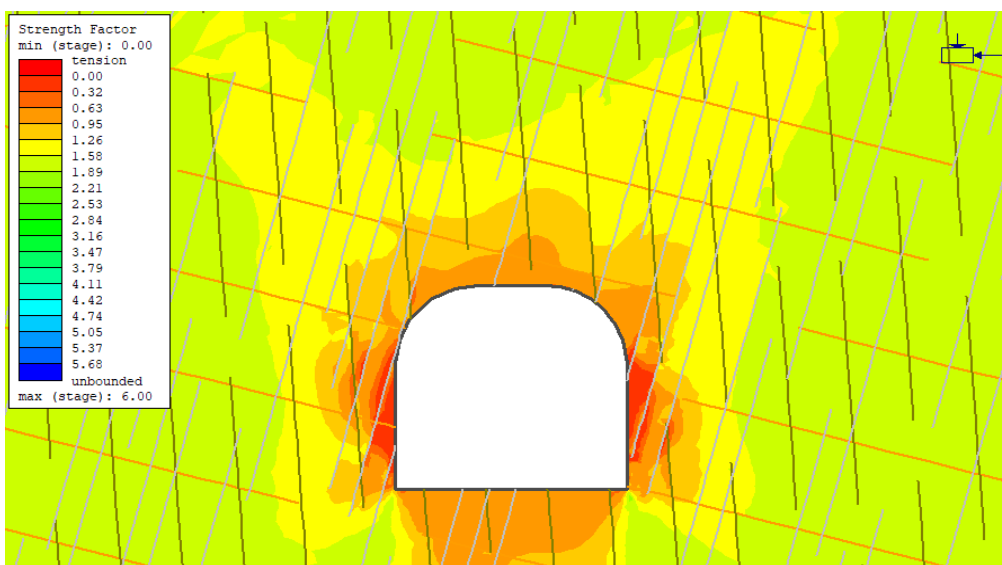


Figura 14. Factor de resistencia que experimentará el macizo rocoso alrededor de la RP 2800
Tomada de Departamento de Geomecánica de la unidad minera Parcoy

Es importante definir la zona de plastificación que se generará al realizar la excavación, esto con la finalidad de contrarrestar la deformación con los elementos de sostenimiento. Para dicho propósito determinamos la zona que presenta Factor de Resistencia menor o igual a la unidad, encontrándose limitado por líneas de color rojo.

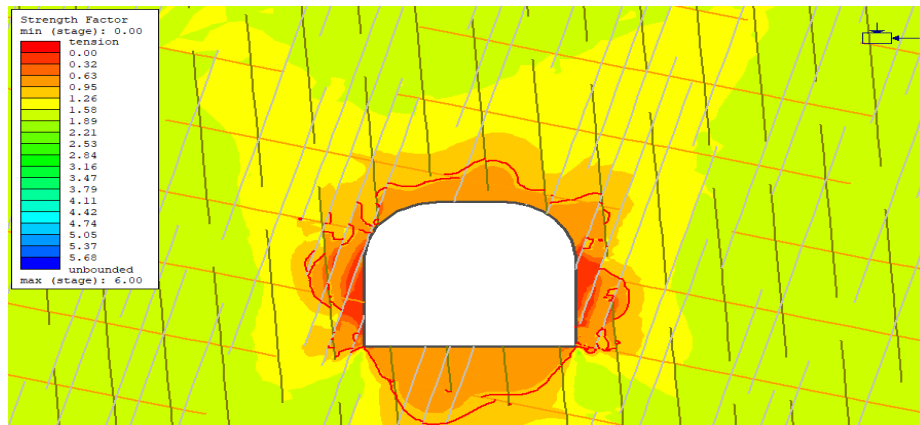


Figura 15. Zona de plastificación del macizo rocoso como consecuencia de la RP 2800
Tomada de Departamento de Geomecánica de la unidad minera Parcoy

Observamos que los pernos de anclaje de 7' (2.10m.) de longitud atraviesan la zona de plastificación llegando a anclarse en la zona elástica, contrarrestando de este modo la deformación del macizo rocoso y por ende estabilizando la excavación de un probable fallo sin control estructural.

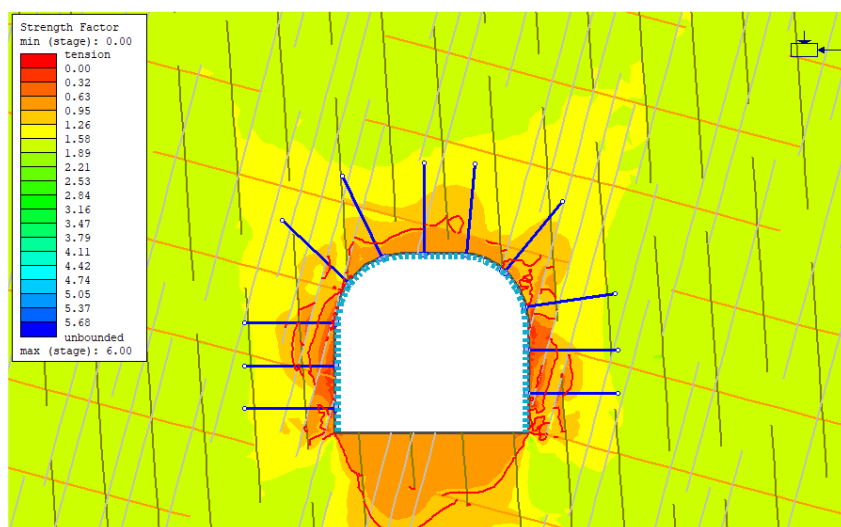


Figura 16. Zona de plastificación con los elementos de sostenimiento, shotcrete y pernos de anclaje de la RP 2800
Tomada de Departamento de Geomecánica de la unidad minera Parcoy

El sostenimiento con *shotcrete* experimentará esfuerzos axiales, de corte y momento flector respectivamente. Dichos valores se muestran en las siguientes figuras:

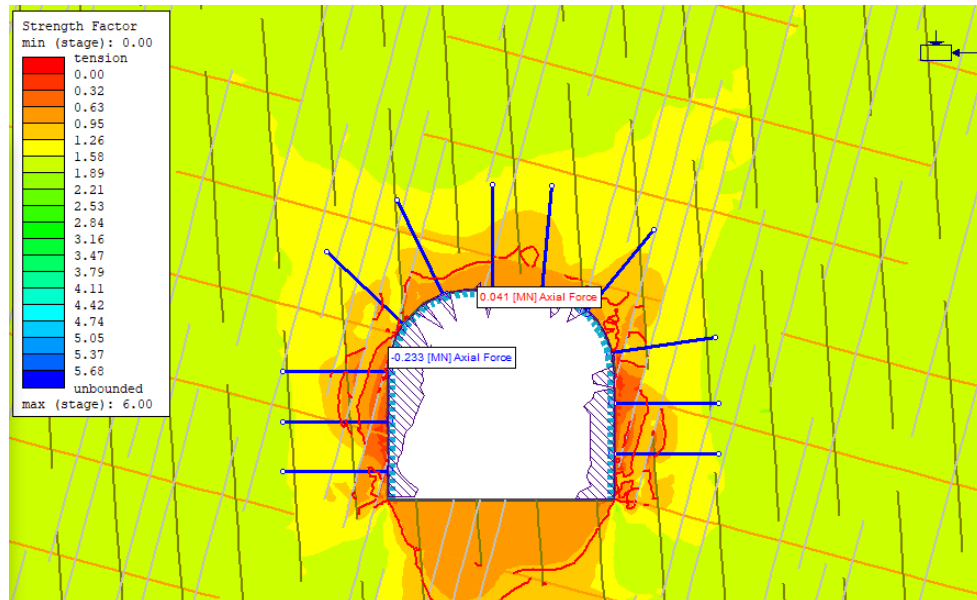


Figura 17. Esfuerzo axial que experimentará el sostenimiento con shotcrete de la RP 2800

Tomada de Departamento de Geomecánica de la unidad minera Parcoy

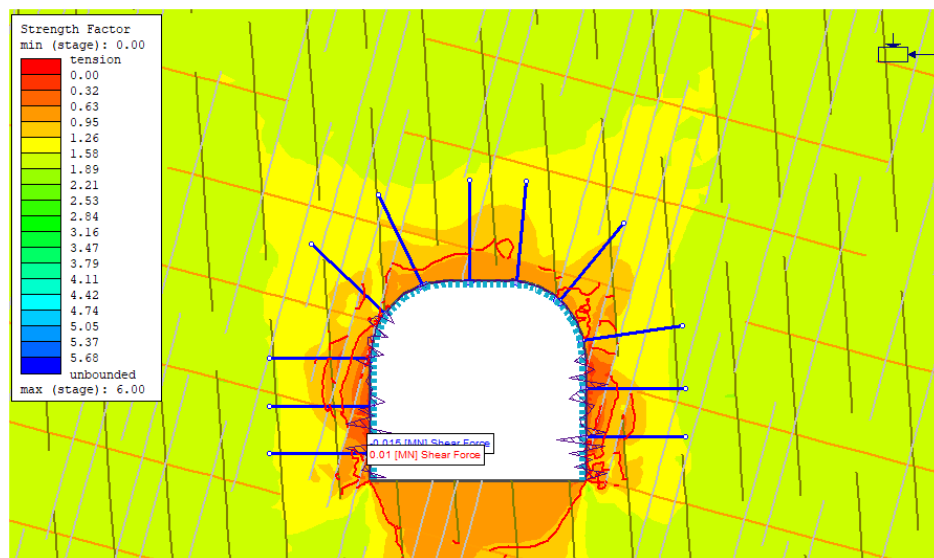


Figura 18. Esfuerzo al corte que experimentará el sostenimiento con shotcrete de la RP 2800

Tomada de Departamento de Geomecánica de la unidad minera Parcoy

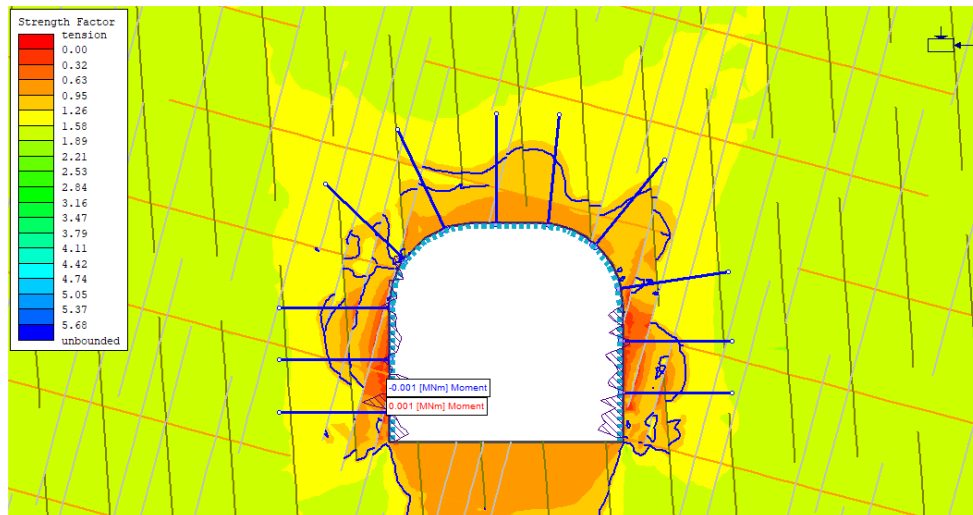


Figura 19. Momento flector que experimentará el sostenimiento con shotcrete de la RP 2800
Tomada de Departamento de Geomecánica de la unidad minera Parcoy

- **Interpretación:**

- ✓ El tipo de inestabilidades que se presentarán al realizar la excavación será con control estructural por la presencia de hasta cuatro sistemas de fracturas.
- ✓ La zona plástica que se generará al realizar la excavación será de 0.80 m en corona y 0.90 m en hastial derecho y hastial izquierdo, logrando atravesar dicha zona con pernos de 7' (2.10 m) y con ello controlar inestabilidades sin control estructural.
- ✓ Del análisis cinemático se obtiene que el arreglo estructural formará cuñas, sin embargo, estas serán estabilizados por pernos de anclaje de 7' (2.10 m) controlando de esta manera inestabilidades con control estructural que se puedan presentar en el terreno.

- **Mejoras de las deficiencias en el sostenimiento de la RP 2800:**

- ✓ Para mantener estable la labor, esta se llevará sosteniendo con *shotcrete* de 2" (c/f 30Kg/m³) reforzado con Pernos Swellex de 7' espaciados a 1.2 m x1.2 m.
- ✓ Realizar voladura con precorte y usar explosivos de baja potencia para minimizar daños al macizo rocoso por efectos de la voladura.

- ✓ La configuración de la bóveda será en forma semicircular para una mejor redistribución de los esfuerzos y reducir las zonas de plastificación.

4.1.4 Deficiencias encontradas en el sostenimiento con *shotcrete* vía húmeda

Las deficiencias en el sostenimiento con *shotcrete* vía húmeda, generalmente, ocasionan el fisuramiento del *shotcrete* al ser lanzado. En la siguiente figura se muestra el fisuramiento del concreto *shotcrete* vía húmeda.



Figura 20. Fisuramiento del concreto *shotcrete* vía húmeda

- **Interpretación:**

- ✓ Se observa el incumplimiento del PETS de los trabajos de sostenimiento con *shotcrete*, en función a las actividades que ya hemos hecho rutina operativa.
- ✓ Falta más información de parte de Geomecánica, faltan planos de zonificación los que deben publicarse en los paneles de información.
- ✓ No existe adecuada comunicación entre los ingenieros de Geomecánica y el personal técnico, lo que está generando mucha contraorden en las recomendaciones.

- ✓ Muchas de las recomendaciones geomecánicas están desfasadas hasta una semana, lo que origina que algunas labores quedan sin sostener todo ese tiempo.
- ✓ Se debe revisar las funciones del personal de sostenimiento, actualmente están enfocados en trasladar material de sostenimiento y a los equipos empernadores y hacer función de supervisores técnicos de operación, descuidando el control de calidad de nuestros elementos, así como la cantidad real instalada.
- ✓ Cuando se produce algún cambio en los elementos de sostenimiento no es comunicada de forma oportuna, lo que podría volver a ocasionar colocar elementos de sostenimiento por debajo de su capacidad de soporte.

- **Deficiencias del rebote del *shotcrete* lanzado**

Según las mediciones de rebote en *shotcrete* vía húmeda, se tiene un promedio de 16 % para el lanzador robotizado, debiendo ser 10 % como máximo; esto sin considerar las pérdidas en el abastecimiento de mezcla y en las mermas después del lanzado aproximadamente 5-10 %.

Se debe controlar la distancia de lanzado máximo 1.50 m, la perpendicularidad de lanzado, espesor requerido (máximo 2”), secuencia de lanzado en capas de 1.0 a 1.5 cm, y control de abastecimiento del aditivo acelerante de fragua. En la siguiente tabla se muestra las deficiencias del control de rebote del *shotcrete* vía húmeda con aditivo Glenium 1300 y fibra metálica

65/35

Tabla 5. Deficiencias del Control de rebote del shotcrete vía húmeda con aditivo Glenium 1300 y fibra metálica 65/35

Fecha de	Labor	Equipo de lanzado	Volumen Despachado. (m3)	Volumen del Molde	Nº de Moldes Llenados	Volumen de Rebote	% De Rebote	Lanzado Real (m3)
12/05/2020	RP2800	LCA-16	3.7	0.02	17	0.72	16	4.48
25/06/2020	RP2800	LC-09	2.9	0.02	13	0.64	16.3	2.82
22/07/2020	RP2800	LCA-16	3.7	0.02	17	0.72	14	4.48
11/08/2020	RP2800	LC-09	3	0.02	14	0.66	15.6	3.62
6/10/2020	RP2800	LC-09	3	0.02	14	0.66	16	3.62
13/10/2020	RP2800	LC-12	3.3	0.02	17	0.72	17	3.28
21/12/2020	RP2800	LC-07	2.5	0.02	12	0.62	16.4	2.5

Tomada de Departamento de Geomecánica de la unidad minera Parcoy

Interpretación:

En las mediciones de rebote del *shotcrete* vía húmeda, se tiene un promedio de 16 % para el lanzador robotizado, según estándar se tiene un 10 % de rebote como máximo, debido a las malas prácticas operacionales.

4.2 Aplicación del *shotcrete* reforzado con fibra de acero y aditivos súper plastificantes

4.2.1 Proceso de elaboración del *shotcrete* por vía húmeda

En la siguiente figura se muestra el proceso de elaboración del *shotcrete* por vía húmeda aditivo plastificante (Glenium 1300) y fibra Barchic 50.

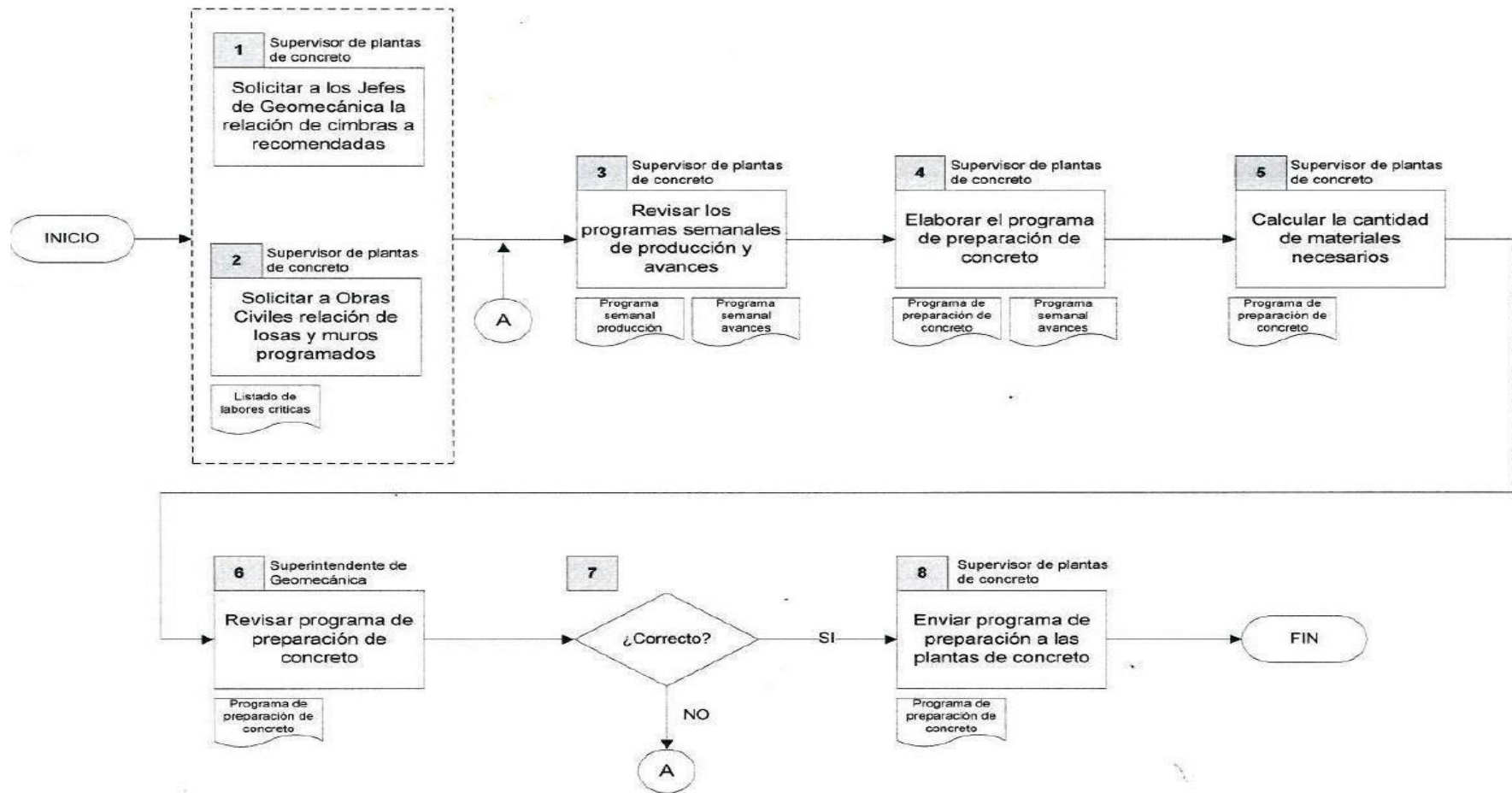


Figura 21. Proceso de elaboración del shotcrete por vía húmeda de la RP 2800
Tomada de Departamento de Planeamiento de la unidad minera Parcoy

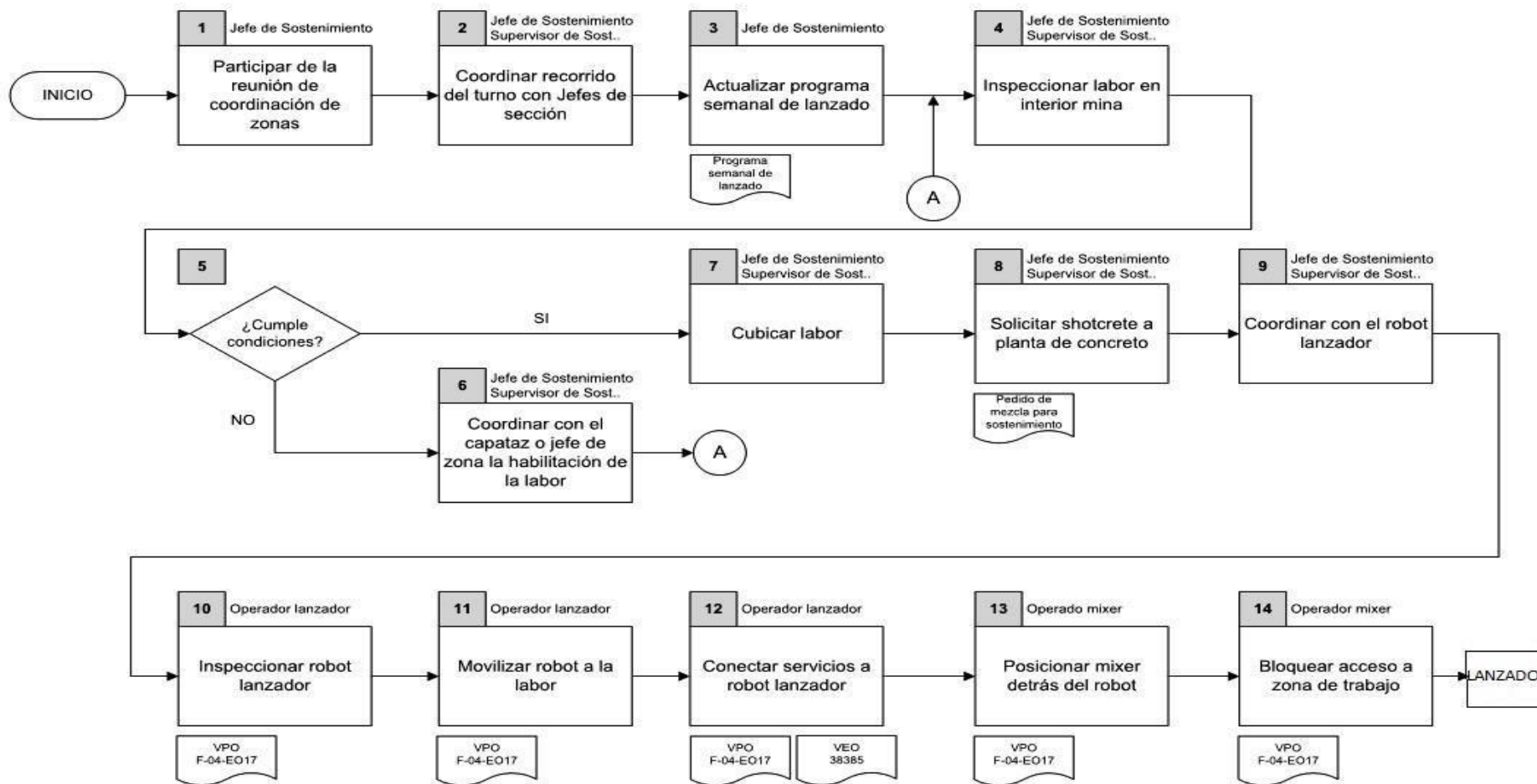


Figura 22. Esquema del proceso de lanzado del shotcrete en las labores de la RP 2800
Tomada de Departamento de Planeamiento de la unidad minera Parcoy

- **Mejoras en el lanzamiento de *shotcrete***

- ✓ Calidades de prueba plástica del hormigón proyectado (caída, contenido de aire, temperatura y rendimiento) de mezcla húmeda.

- ✓ Pruebas *in situ* para decidir las calidades de edad temprana.

- ✓ La toma de placas de ensayo estándar con una periodicidad o recurrencia predeterminada para decidir las calidades reales del hormigón proyectado, la resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión y la flexibilidad (para el cemento con soporte de fibra) y la ingestión.

4.2.2 Pruebas de rebote del *shotcrete*

En la siguiente tabla, se muestra el control de rebote del *shotcrete* vía húmeda con aditivo plastificante (Gleniun 1300) y fibra Barchic 50

Tabla 6. Control de rebote del *shotcrete* vía húmeda con aditivo plastificante (Gleniun 1300) y fibra Barchic 50

Fecha de	Labor	Equipo de lanzado	Volumen Despachado. (m3)	Volumen del Molde	Nº de Moldes Llenados	Volumen de Rebote	% De Rebote	Lanzado Real (m3)	Presion De Aire (Bar)	Acelerante
8/05/2021	RP2800	LCA-16	3.2	0.02	16	0.32	10	2.88	4	L - 30
18/05/2021	RP2800	LCA-24	2.5	0.02	13	0.26	10.4	2.24	3.8	L - 30
22/05/2021	RP2800	LCA-16	2.8	0.02	16	0.32	11.43	2.48	3	L - 30
7/07/2021	RP2800	LCA-25	3	0.02	15	0.3	10	2.7	3.5	L - 30
5/10/2021	RP2800	LC-09	2.2	0.02	9	0.18	8.18	2.02	3	L - 30
10/10/2021	RP2800	LC-12	2.4	0.02	12	0.24	10.42	2.02	3	L - 30
25/12/2021	RP2800	LC-07	2	0.02	11	0.22	11.34	1.7	3.2	L - 30

Tomada de Departamento de Geomecánica de la unidad minera Parcoy

Interpretación:

En las mediciones de rebote del *shotcrete* vía húmeda, se tiene en promedio del 10% del lanzador robotizado, debido a las mejoras operativas relacionadas.

4.2.3 Ensayos a la mezcla de concreto lanzado en estado fresco

a) **El Asentamiento, (ASTM C143).** Este ensayo de consistencia del concreto, denominado ensayo del asiento o *slump test*, determinación del asentamiento o *slump* del concreto fresco en pulgadas; se realiza en planta de concreto como en los frentes antes del lanzamiento del *shotcrete*.

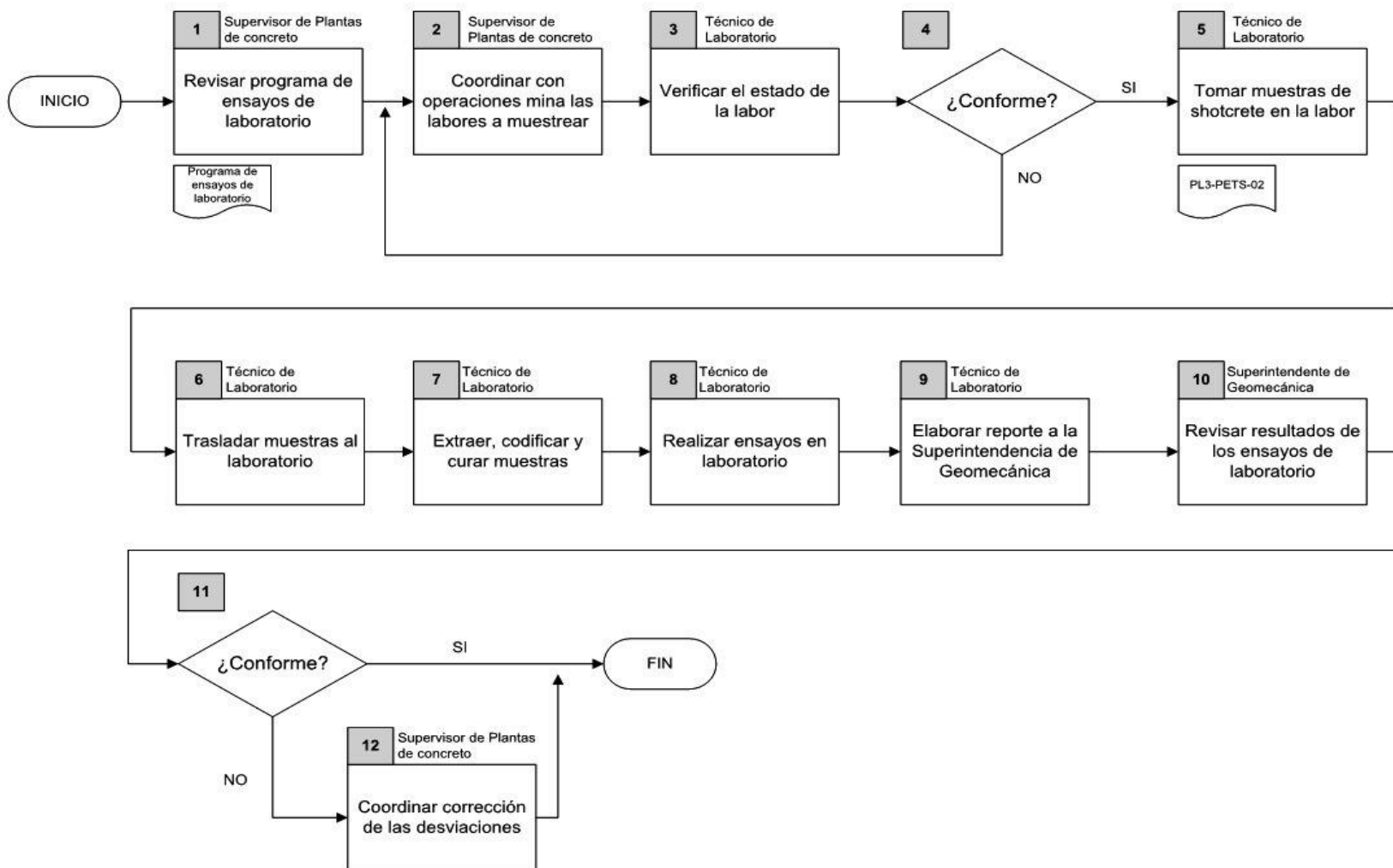


Figura 23. Esquema de ensayos de laboratorio del shotcrete en las labores de la RP 2800
Tomada de Departamento de Planeamiento de la unidad minera Parcoy

b) Garantía de calidad y control de calidad

Un componente importante de la garantía de calidad implica la precalificación del lanzador de concreto y ensayos *in situ* previos. Este proceso implica la demostración de la habilidad del experto lanzador de concreto en construir paneles o prismas de prueba, en la orientación (vertical, horizontal o de arriba).

Testigos diamantinos, después se extraen de los paneles de prueba y se califican según el sistema que califica la base de la norma ACI 506.2. Pruebas en laboratorio antes de ser preparada la mezcla es también beneficiosa ya que establece el funcionamiento de las mezclas previstas del *shotcrete* y se puede resolver cualquier dificultad con el equipo, diseños de mezcla y procedimientos usados.

El control de calidad *in situ* debe ser realizado a través del tiempo que dure la mina y consiste en varios aspectos, como sigue:

- Revisión de mezclas y proceso de lanzado en obra para verificar conformidad con los requisitos especificados.
- Características plásticas de prueba del *shotcrete* (*slump* contenido del aire, temperatura y rendimiento) para el *shotcrete* vía húmeda.
- Pruebas *in situ* para determinar resistencias a edades tempranas en horas.
- La toma de paneles estándar de prueba con una periodicidad o frecuencia predeterminada para determinar características físicas del *shotcrete*, fuerza compresiva, fuerza flexura, y ductilidad (para concreto reforzado con fibras).

Tabla 7. Control de la resistencia a la compresión simple de testigos diamantinos del shotcrete vía húmeda con aditivo plastificante (Glenium 1300) y fibra Barchic 50

ASTM C-39 / NTP 339.034									
FECHA DE MOLDEO ▼	FECHA ENSAYO ▼	EDAD (Días) ▼	LABOR ▼	ADITIVO (Lt/m ³) ▼	EQ. LC ▼	TIPO ▼	CARGA ▼	f'c ▼	f'ci ▼
12/03/2021	13/03/2021	1	RP 2800	12	LC-13	FB-50	10390	243	360
12/03/2021	15/03/2021	3	RP 2800	12	LC-13	FB-50	12030	281	360
12/03/2021	15/03/2021	3	RP 2800	12	LC-13	FB-50	11630	271	360
12/03/2021	9/04/2021	28	RP 2800	12	LC-13	FB-50	15000	350	360
12/03/2021	9/04/2021	28	RP 2800	12	LC-13	FB-50	17180	400	360
17/05/2021	18/05/2021	1	RP 2800	12.25	LC-18	FB-50	9710	227	360
17/05/2021	18/05/2021	1	RP 2800	12.25	LC-18	FB-50	8440	197	360
17/05/2021	20/05/2021	3	RP 2800	12.25	LC-18	FB-50	11090	259	360
17/05/2021	20/05/2021	3	RP 2800	12.25	LC-18	FB-50	11580	270	360
17/05/2021	14/06/2021	28	RP 2800	12.25	LC-18	FB-50	17020	397	360
17/05/2021	14/06/2021	28	RP 2800	12.25	LC-18	FB-50	16070	375	360
29/05/2021	1/06/2021	3	RP 2800	12	LC-18	FB-50	10190	238	360
29/05/2021	1/06/2021	3	RP 2800	12	LC-18	FB-50	11450	267	360
29/05/2021	26/06/2021	28	RP 2800	12	LC-18	FB-50	16990	395	360
29/05/2021	26/06/2021	28	RP 2800	12	LC-18	FB-50	16690	389	360

Tomada de Departamento de Geomecánica de la unidad minera Parcoy

Tabla 8. Ensayo de resistencia del shotcrete de testigos de shotcrete vía húmeda con aditivo plastificante (Gleniun 1300) y fibra Barchic 50

ASTM C-39 / NTP 339.034										
FECHA MOLDEO	FECHA ENSAYO	EDAD (Días)	LABOR	MES	EDAD (Días)2	FIBRA (Kg)2	CARGA (kgf)	DIAMETRO (cm)	f'c (kg/cm2)	f'cr (kg/cm2)
2/07/2021	3/07/2021	1	RP 2800	Jul	1 día	30 kg/m3	25240	10.1	315	150
2/07/2021	3/07/2021	1	RP 2800	Jul	1 día	30 kg/m3	24130	10.1	301	150
2/07/2021	5/07/2021	3	RP 2800	Jul	3 día	30 kg/m3	37209	10.1	464	222
2/07/2021	5/07/2021	3	RP 2800	Jul	3 día	30 kg/m3	40490	10.1	505	222
29/09/2021	2/10/2021	3	RP 2800	Oct	3 día	35 kg/m3	37960	10.1	474	222
29/09/2021	2/10/2021	3	RP 2800	Oct	3 día	35 kg/m3	36790	10.1	459	222
29/09/2021	27/10/2021	28	RP 2800	Oct	28 día	35 kg/m3	46110	10.1	576	400
29/09/2021	27/10/2021	28	RP 2800	Oct	28 día	35 kg/m3	48590	10.1	606	400
2/07/2021	3/07/2021	1	RP 2800	Jul	1 día	30 kg/m3	25240	10.1	315	150
2/07/2021	3/07/2021	1	RP 2800	Jul	1 día	30 kg/m3	24130	10.1	301	150
2/07/2021	5/07/2021	3	RP 2800	Jul	3 día	30 kg/m3	37209	10.1	464	222
2/07/2021	5/07/2021	3	RP 2800	Jul	3 día	30 kg/m3	40490	10.1	505	222
29/09/2021	2/10/2021	3	RP 2800	Oct	3 día	35 kg/m3	37960	10.1	474	222
29/09/2021	2/10/2021	3	RP 2800	Oct	3 día	35 kg/m3	36790	10.1	459	222
29/09/2021	27/10/2021	28	RP 2800	Oct	28 día	35 kg/m3	46110	10.1	576	400
29/09/2021	27/10/2021	28	RP 2800	Oct	28 día	35 kg/m3	48590	10.1	606	400

Tomada de Departamento de Geomecánica de la unidad minera Parcoy

c) Ensayos de capacidad de absorción de energía

Las pruebas de tenacidad efectuadas en la rampa 2800, en el *shotcrete* con fibra Barchic 50 que indican de 30 y 50 kg/m³ de energía promedio de 1200 y 1500 joules respectivamente que es apropiado para soportar los esfuerzos del macizo.

Las fibras metálicas tienen ventajas obvias sobre la malla electrosoldada, siendo la más importante el hecho de que son pequeñas y que pueden distribuirse uniformemente en toda la capa de concreto, tal mejoramiento de la distribución de las fisuras y la tensión imparte viscosidad al concreto.

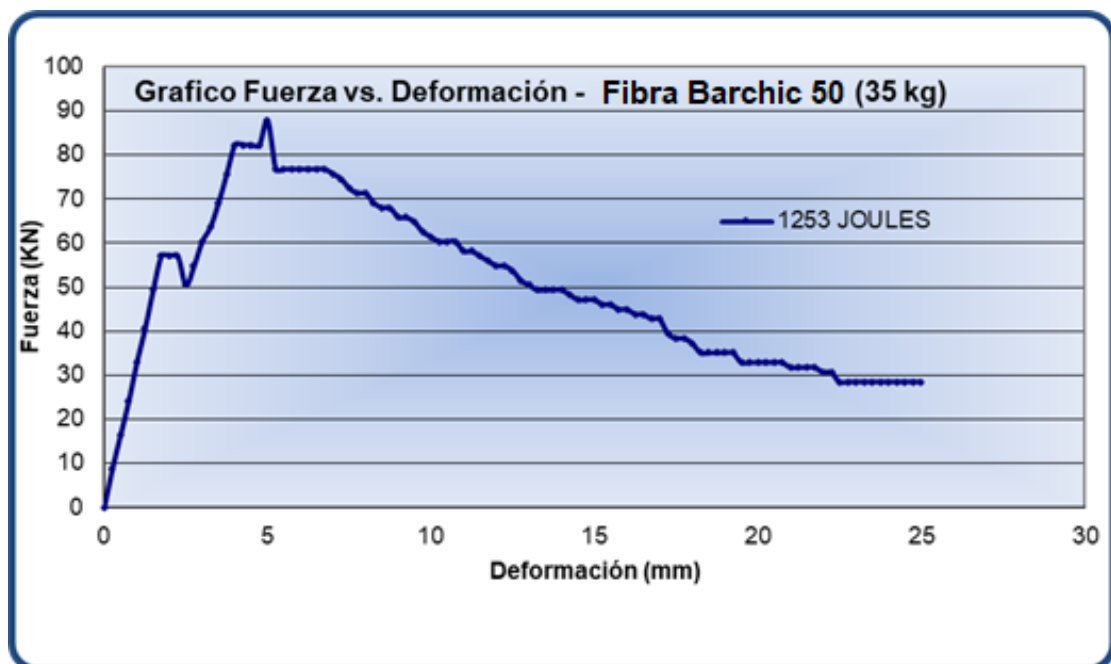
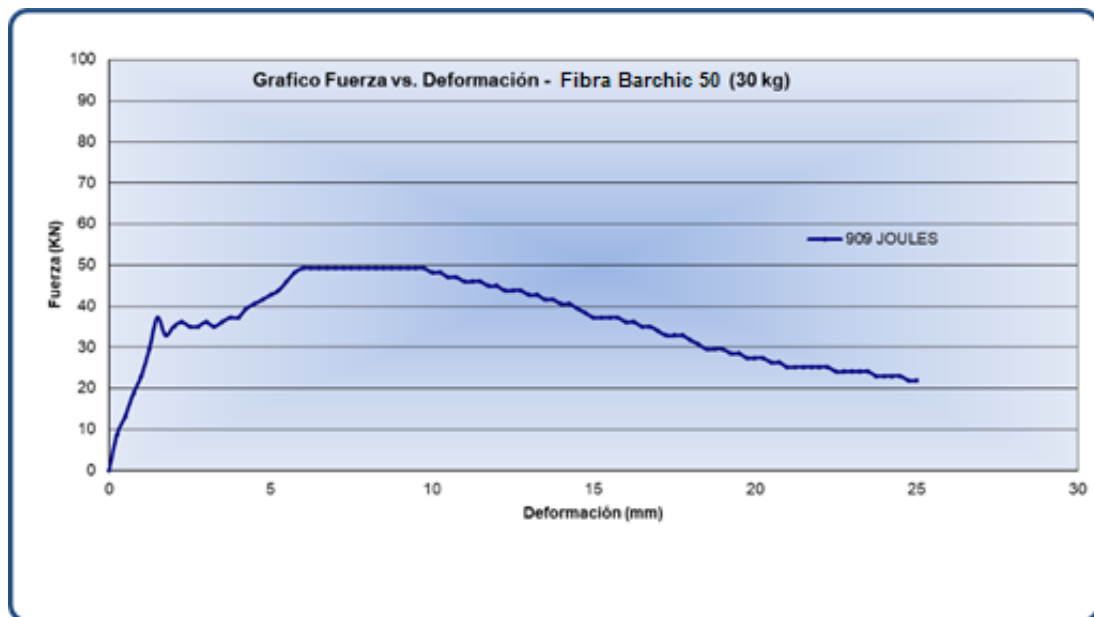
La adición de fibras le otorga gran ductilidad y tenacidad permitiendo obtener condiciones más seguras durante el avance de la excavación. El reemplazo de mallas por fibras se hace cada vez más frecuente por varios motivos, a saber: el posicionamiento y anclaje de las mallas puede ser difícil, implica consumo de tiempo, genera condiciones inseguras y mayores costos. Además, la presencia de mallas puede ocasionar inconvenientes en la colocación del hormigón proyectado que resultan en una menor calidad del soporte.

El macizo rocoso de CMH SA, generalmente se comporta con valores RMR entre 28 – 40, por lo que en función al dimensionamiento de Barton podemos deducir que el valor de la absorción de energía necesaria debe de estar entre los valores de 1000 a 1200 Joules.

Tabla 9. Resultados de absorción de energía (joules) de shotcrete vía húmeda con aditivo plastificante (Gleniun 1300) y fibra Barchic 50

F. Moldeo ▾	Edad ▾	F. ENSAYO ▾	Labor ▾	Fibra (Kg) ▾	Tipo ▾	Presión ▾	JOULE ▾
3-Feb-21	28	3-Mar-21	RP 2800	30	FB-50	3	1251
7-Feb-21	28	7-Mar-21	RP 2800	30	FB-50	3	1349
21-Feb-21	28	21-Mar-21	RP 2800	6	FB-50	3.5	1075
11-Mar-21	28	8-Abr-21	RP 2800	40	FB-50	4	1315
11-May-21	28	8-Jun-21	RP 2800	30	FB-50	4	1422
18-May-21	28	15-Jun-21	RP 2800	30	FB-50	3	1102
25-May-21	28	22-Jun-21	RP 2800	30	FB-50	3.5	1281
29-May-21	28	26-Jun-21	RP 2800	45	FB-50	3.5	1197
5-Set-21	28	2-Dic-21	RP 2800	30	FB-50	3	929
12-Nov-21	28	9-Dic-21	RP 2800	30	FB-50	3	1030

Tomada de Departamento de Geomecánica de la unidad minera Parcoy



**Figura 24. Diagrama de prueba de flexo-tracción del shotcrete en la labor de la RP 2800
Tomada de Departamento de Geomecánica de la unidad minera Parcoy**

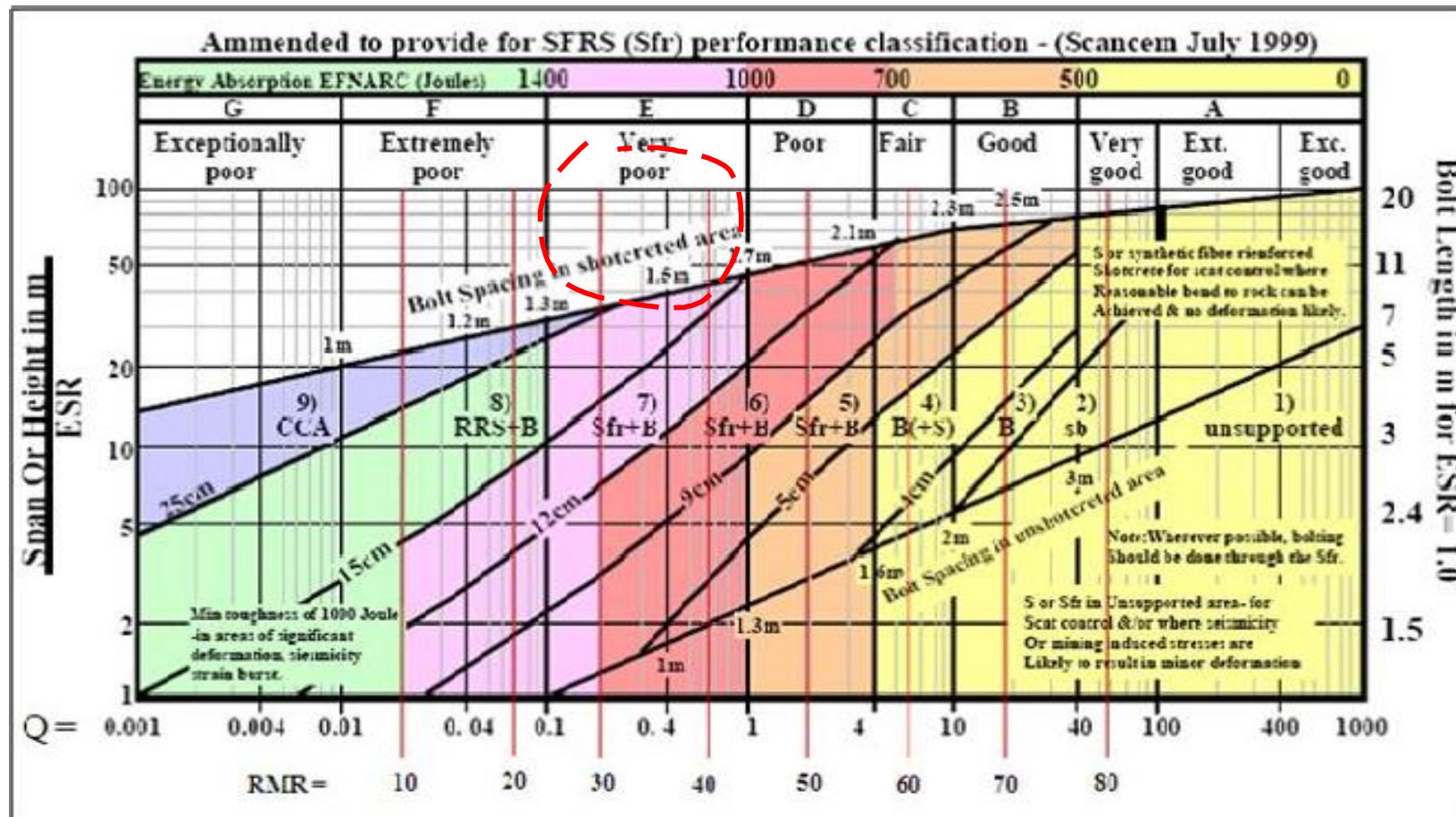


Figura 25. Absorción de energía necesaria para el sostenimiento en roca RMR 28-40, shotcrete en la labor de la RP 2800
Tomada de Departamento de Planeamiento de la unidad minera Parcoy

Al efectuar el modelamiento, el espesor necesario para alcanzar dicha energía da un espesor promedio de 10.00 cm (04 pulgadas), adicional a ello se debe incrementar 01 pulgada de recubrimiento haciendo un total de 05 pulgadas; en cambio cuando utilizamos fibra el espesor se traduce en 7.75 cm equivalente a 03 pulgadas en total.

El comportamiento postfisuramiento del *shotcrete* fibro-reforzado mejora directamente en función al tipo, forma y densidad de las fibras, por lo que analizando las implicancias en las energías a obtenerse se ha encontrado que el ponderado de energía de absorción obtenidos para diferentes niveles de cantidad de fibra supera grandemente a los parámetros anteriores hasta en 62 %, eliminándose con ello el comportamiento frágil de la malla.

- **Mejoras de las deficiencias en el sostenimiento con shotcrete vía húmeda con aditivo plastificante (Gleniun 1300) y fibra Barchic 50 de la RP 2800**
- ✓ En Consorcio Minero Horizonte, el *shotcrete* es el principal elemento de sostenimiento de la mina, se emplea en casi todas las labores mineras para el soporte de rocas de mala a muy mala calidad de fácil aplicación que reemplaza a los elementos pasivos de sostenimiento y a un menor costo.
- ✓ El *shotcrete* posee ventajas enormes en su calidad y proceso de aplicación para el soporte de rocas de muy mala calidad; por vía húmeda y vía seca, ha beneficiado el campo del sostenimiento del laboreo subterráneo.
- ✓ Actualmente el *shotcrete* reforzado con fibras de acero y aditivos adecuados se utiliza en CMH, con excelentes resultados que reemplaza en muchos casos la malla metálica electrosoldada.

- ✓ El sostenimiento con *shotcrete* debe ser oportuno y completo hasta el frente de la labor una vez que esta esté limpia y desatada sin dejar más de 8 h de exposición para roca IV Mala B.
- ✓ La resistencia a la compresión mínima obtenida y estandarizadas a las 3:00 horas promedio es de 45Kg/cm²; a las 24 horas 120kg/cm², a los 3 días 210Kg/cm², a los 7 días 300kg/cm² y para los 28 días sobre pasa la resistencia de 380Kg/cm².
- ✓ Los resultados de buenas resistencias a temprana edad se deben a los aditivos que empleamos con el *shotcrete* estas bondades principalmente se debe al súper plastificante.
- ✓ La selección de una fibra metálica de calidad para el diseño de *shotcrete*, la longitud de fibras por m³ y los criterios de desempeño, nos ha facilitado obtener buenos resultados de absorción de energía del *shotcrete* y se pudo reemplazar completamente a la malla electrosoldada.

4.2.4 Pernos de fricción del tipo *Swelllex*

El anclaje de perno tipo *swelllex* actúa o transfiere su carga por fricción, se aplica principalmente para el refuerzo y mejorar la fricción interna de los estratos o estructuras de la pared en labores de minería y como refuerzo de la bóveda principalmente en la construcción de labores temporales y en algunos casos en labores permanentes en rocas de mala calidad.

Tabla 10. Instalación de pernos swellex mecanizado en unidad minera Parcoy

INSTALACIÓN DE PERNOS TIPO SWELLEX							
ZONA	MINA	LABOR	TIPO DE ROCA	PRESIÓN DE INFLADO (BAR)	TIEMPO DE INFLADO	# DE ENSAYOS	CARGA APLICADA
NORTE	LOURDES	RP 2800	IV - A	290 - 300	14 - 20	20	14.1
NORTE	LOURDES	RP 2800	IV - A	290 - 300	14 - 20	20	13.8
NORTE	LOURDES	RP 2800	IV - A	290 - 300	14 - 20	27	14.0
NORTE	LOURDES	GL2950N	IV - A	290 - 300	14 - 20	10	14.0
NORTE	LOURDES	GL2950S	IV - A	290 - 300	14 - 20	10	13.9
NORTE	LOURDES	CX3057	IV - B	290 - 300	14 - 20	10	12.1
NORTE	LOURDES	TJ3006	IV - B	290 - 300	14 - 20	12	13.6
NORTE	LOURDES	RP 2912	IV - B	290 - 300	14 - 20	20	13.2
NORTE	LOURDES	CX2884	IV - A	290 - 300	14 - 20	16	14.0
NORTE	LOURDES	RP 2823	IV - A	290 - 300	14 - 20	15	13.9
NORTE	LOURDES	GL2816	IV - A	290 - 300	14 - 20	15	13.9
NORTE	LOURDES	RP 2815	IV - A	290 - 300	14 - 20	30	13.9
NORTE	LOURDES	CM2744	III - B	290 - 300	14 - 20	18	13.5
NORTE	LOURDES	CM2762	III - B	290 - 300	14 - 20	20	13.8
NORTE	LOURDES	RP 2814	IV - A	290 - 300	14 - 20	20	14.2

Tomada de Departamento de Planeamiento de la unidad minera Parcoy

La interacción o adherencia con la roca se efectúa mediante fuerzas de fricción que genera el anclaje al ser expandido por presión hidráulica. Los anclajes de los pernos de fricción tipo *swellex* pueden ser sometidos a esfuerzo inmediatamente después de su colocación; así como, soportar los movimientos de la roca una vez instalados (esfuerzos de corte). La fuerza portante actúa sobre el largo total del anclaje.

Tabla 11. Características de los pernos tipo swellex

Tipo	Perno Omega - DSI	Perno Bulteck - Prodac
Espesor del tubo (mm)	2	2
Diámetro del tubo sin expandir (mm)	27	27
Dimensión del tubo expandido (mm)	41 - 42	41
Diámetro recomendado (taladro) (mm)	32-39	32-39
Diámetro óptimo (mm)	35-38	35-38
Presión (Bar)	300	300
Carga máxima (catálogo) t	12	12
Peso del perno sin inflar kg/m	2	1.72
Longitudes (pies)	7'	7'
Control de calidad en la instalación	No	No

Ensayos a la tracción (carga máxima KN)	14.1	16.5
Resistencia al corte/cizalla Mpa	337	
Elongación %	20	20
Tiempo de inflado (Seg)	14- 20	14- 20
Equipo portátil	Bombas de alta presión	Bombas de alta presión

Tomada de Departamento de Planeamiento de la unidad minera Parcoy

4.2.5 Pruebas de *pull test* de pernos *swellex*

La malla electrosoldada ha sido utilizada normalmente en las labores con rocas de mala calidad, problemas de derrumbes o realces y en las intersecciones de cruceros, galerías o rampas siempre cubiertas por *shotcrete*. Los valores de tenacidad del *shotcrete* se incrementan a mayor cantidad de fibra.

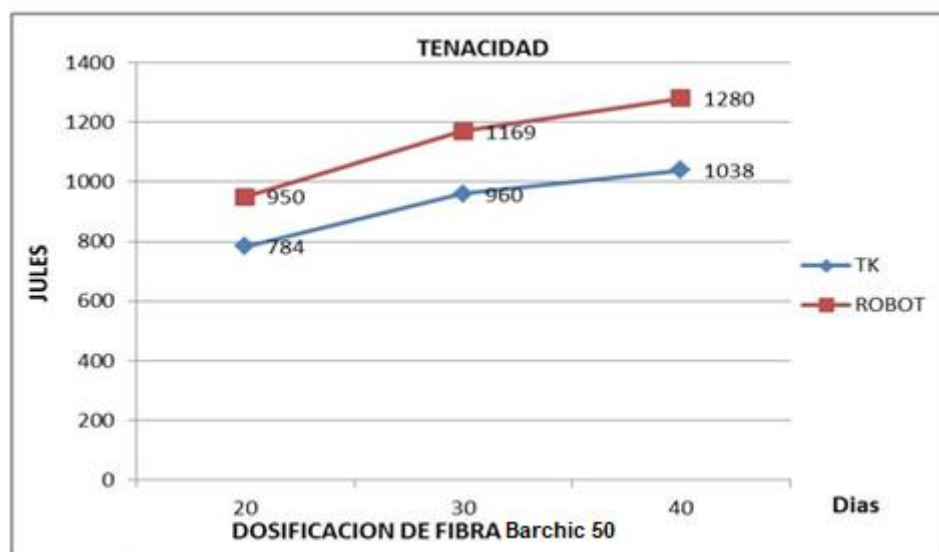


Figura 26. Dosificación de fibra de acero y tenacidad, shotcrete en la labor de la RP 2800
Tomada de Departamento de Planeamiento de la unidad minera Parcoy

4.2.6 Materiales e insumos para el sostenimiento con *shotcrete* por vía húmeda.

La planta de procesamiento de *shotcrete* se denomina la planta de *shotcrete* 2 – Betonmac la planta requiere los siguientes:

- ✓ **Cemento:** el tipo de cemento es el Portland tipo 1, que es extraído en las bombonas de la planta.
- ✓ **Arena:** Se utiliza la arena de gradación 2, recomendada según el estándar.
- ✓ **Fibra metálica:** Esta fibra se utiliza especialmente para un shotcrete reforzado a veces se utiliza y ya no se emplea la malla electrosoldada, mayormente tiene un tamaño de 65/35.
- ✓ **Aditivo Plastificante:** Se utiliza como reductor de agua en un alto nivel, aumenta la resistencia, con mayor consistencia sin generar retrasos en el fraguado.

Actualmente se viene utilizando las cantidades como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 12. Consumos de materiales para el sostenimiento por shotcrete vía húmeda de la RP 2800

Materiales	Unidad	Cantidad
Cemento Andino Tipo I	Kg	300
Arena Gradación 2	Kg	1574
Aditivo Plastificante (Glenium 1300)	Kg	2.5
Fibra Metálica 65/35	Kg	60
Aditivo Acelerante Master Rock 160	L	19
Agua	L	160

En la siguiente tabla se muestra lo propuesto para mejorar el fraguado y la resistencia del *shotcrete*.

Materiales	Unidad	Cantidad
Cemento Andino Tipo I	Kg	300
Arena Gradación 2	Kg	1574
Aditivo Plastificante (Glenium 1300)	Kg	2.5
Fibra Barchic 50	Kg	4
Aditivo Acelerante Master Rock 160	L	19
Agua	L	160

- **Interpretación:**

En el consumo de materiales para el sostenimiento con *shotcrete* por vía húmeda al utilizar la fibra Barchic 50 se podrá reducir el consumo de fibra metálica en 56 kg esto trae una mejor resistencia y un mejor fraguado al *shotcrete* utilizado en la rampa 2800.

4.2.7 Reducción del tiempo de la instalación de sostenimiento de la Rampa 2800, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.

En el análisis de los tiempos de instalación de sostenimiento de la RP 2800, se analizó lo siguiente parámetros:

- Primer ítem: Actividades para la instalación de malla y pernos.
 - ✓ Colocación de malla electrosoldada
 - ✓ Perforación y colocación de pernos
 - ✓ Tiempo de traslado de equipo a labor
 - ✓ Desate de rocas en labor
 - ✓ Otros trabajos en la labor previstos
- Segundo ítem: Demoras operativas 1 en la instalación de malla y pernos.
 - ✓ Salida de personal
 - ✓ Ingreso de personal
 - ✓ Refrigerio.
 - ✓ Chequeo de máquina/labor
- Segundo ítem: Demoras operativas 2 en la instalación de malla y pernos.
 - ✓ Ausencia de suministros adicionales
 - ✓ Ausencia de establecimiento de agua/aire/energía
 - ✓ Otros aplazamientos funcionales
 - ✓ Ausencia de frente de trabajo
 - ✓ Ausencia de agua/aire/energía
 - ✓ Equipo listo y en espera
 - ✓ Migración del engranaje por ausencia de trabajo

Tabla 13. Análisis de los tiempos de instalación de sostenimiento de la RP 2800

Actividades para la instalación de malla y pernos.			
Actividad	Tiempo (hr)	Trabajo en (%)	% Acumulado
Colocación de malla	2.75	22.80%	22.80%
Perforación y colocación de pernos	1.89	15.70%	38.50%
Traslado de equipo a labor	1.02	8.75%	47.25%
Desate de rocas	0.34	2.89%	50.14%
Otros trabajos en la labor	0.04	0.21%	50.35%
Demoras operativas 1 en la instalación de malla y pernos.			
Demora operativa 1	Tiempo (hr)	Trabajo en (%)	% Acumulado
Salida de personal	1.00	8.45%	8.45%
Ingreso de personal	0.93	7.94%	16.39%
Refrigerio	0.84	7.15%	23.54%
Chequeo de máquina/labor	0.37	3.26%	26.80%
Demoras operativas 2 en la instalación de malla y pernos.			
Demora operativa 2	Tiempo (hr)	Trabajo en (%)	% Acumulado
Falta de insumos accesorios	0.39	4.65%	4.65%
Falta de instalación de agua/aire/energía	0.41	4.60%	9.25%
Otras demoras operativas	0.38	4.46%	13.71%
Esperando frente de trabajo	0.17	2.70%	16.41%
Falta de agua/aire	0.14	2.43%	18.84%
Equipo en stand-by	0.09	2.19%	21.03%
Traslado de equipo por falta de labor	0.07	1.82%	22.85%
Total	10.84	100%	

- **Distribución de tiempos**

En la siguiente tabla se muestra las actividades de las demoras operativas de la guardia de 12 horas.

Tabla 14. Actividades demoras operativas

TIPO	H. I	H. F.	Labor	Actividad	Observaciones	TIEMPO	N° PERN.	CÓD
DO1	08:00	09:07		Ingreso a Mina	Ingresamos caminando debido a falta de transporte (BM 500)	1.12		200
DO1	09:07	09:26	AC 627-2	Traslado a zona del equipo labor 627-2 (checklist)		0.32		202
AO	09:26	09:46		Traslado a labor		0.33		198
DO2	09:46	09:48	AC624-2	Instalación de cable y manguera		0.03		305
DO2	09:48	10:14		Espera de frente	El área de geología se encuentra muestreando	0.43		307
AO	10:14	10:19		Instalación en frente		0.08		160
AO	10:19	10:27		Colocación de 3 pernos	El tercer perno presenta demoras debido al tipo de terreno	0.13	3	165
DO2	10:27	10:32		Llega el Ing. De geología zona I		0.08		603
AO	10:32	10:42		Colocación de 4 pernos		0.17	4	165
DNO	10:42	10:44		Mecánicos		0.03		401
AO	10:44	11:00		Colocación de 4 pernos	Le toma un par de minutos reanudar la operación	0.27	4	165
DO2	11:00	11:07		Desinstalación		0.12		601
AO	11:07	11:27		Traslado a labor		0.33		198
DO2	11:27	11:34	AC 627-2	Traslado a labor contigua	En la labor programada aún están shotcreteando	0.12		303
AO	11:34	12:00		Instalación y colocación de 5 pernos sobre malla		0.43	5	165
AO	12:00	12:40		Colocación de malla 6.2 m + 19 pernos	Se instala 1 paño normal y uno en media luna	0.67	19	162
DO2	12:40	12:50		Desinstalación		0.17		601
DO1	12:50	13:50		Refrigerio		1		203
DO2	13:50	14:15		Recarga de pernos y traslado a labor		0.42		308
DO2	14:15	14:20	AC627-2	Instalación en frente		0.08		305
AO	14:20	14:40		Colocación de 4 pernos sobre malla	Durante la perforación del 3er perno ocurre chispeo	0.33	4	165
AO	14:40	15:13		Colocación de 10 pernos	Revisión de la bomba / 1 perno se salen del carrusel	0.55	10	165
DO2	15:13	15:18		Desinstalación	Llega el Jefe de guardia y da algunas indicaciones	0.08		601
AO	15:18	15:23		Traslado a labor		0.08		198
DO2	15:23	15:30	AC627-3	Instalación de cable y manguera		0.12		305
AO	15:30	15:46		Colocación 4 pernos		0.27	4	165
AO	15:46	15:49		4° perno	Se detiene por desajuste de placa y se nota falta de presión de agua	0.05		165
AO	15:49	16:00		Colocación 1 perno	Falta de presión de agua	0.18	1	165
AO	16:00	16:05		Colocación 1 perno (6°)	Falta de presión de agua, no termina	0.08	1	165
DO2	16:05	16:15		Llega Geomecánica	Modifica el sostenimiento (perno + malla) Equipo en stand by	0.17		603
AO	16:15	16:20		Reanuda colocación del 6°		0.08		165
AO	16:20	16:27		Colocación de 1 perno (7°)	La baja de presión de agua dificulta la instalación	0.12	1	165
DO2	16:27	16:45		Desinstalación	Decide dejar la labor por falta de presión en el agua	0.3		601
AO	16:45	17:20		Traslado a labor AC 621-2	No hay malla, traslada malla desde cámara de acopio	0.58		198
DO2	17:20	17:38	AC621-2	Instalación de equipo, instalación de frente		0.3		305
AO	17:38	18:17		Colocación de malla 1 paño 6.3 m + 9 pernos		0.65	9	162
AO	18:17	18:35		Colocación de malla 1 paño 6.4m + 6 pernos	No culmina, dejando la colocación de los pernos restantes a la guardia noche.	0.3	6	162
DNO	18:35	19:00		Desinstalación y revisión de estado del equipo		0.42		403
DO1	19:00	20:00		Salida de personal		1		204

Tomada de Departamento de Planeamiento de la unidad minera Parcoy

- Interpretación:**

Este control ayudó a reducir las demoras operativas en la instalación de malla y perno en el sostenimiento de la RP 2800, el control de tiempos refleja lo siguiente:

- Primer ítem: Actividades para la instalación de malla y pernos, presenta un acumulado del 50.35% del trabajo realizado.
- Segundo ítem: Demoras operativas 1 en la instalación de malla y pernos, presenta un acumulado del 26.80% del trabajo realizado.
- Tercer ítem: Demoras operativas 2 en la instalación de malla y pernos, presenta un acumulado del 22.85% del trabajo realizado.

El trabajo efectivo en función a la guardia lleva un tiempo de 10.84 horas de acuerdo con lo establecido es de 12 horas guardia el cual estamos en el margen de realizar las actividades de manera eficiente.

4.3 Aplicación del *shotcrete* reforzado con fibra de acero y aditivos súper plastificantes

4.3.1 Reducción del costo de sostenimiento de la Rampa 2800, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.

En las siguientes tablas se muestra el costo de *shotcrete* con aditivo estabilizador Delvo y fibra metálica 65/35 en comparación con el aditivo plastificante (Glenium 1300) y fibra Barchic 50

Tabla 15. Costo del *shotcrete* PUMP AÑO 2020 - insumos y materiales utilizados en la producción y costo de un metro cúbico

Materiales	Unidad	Cantidad	PU (\$)	Costo \$/m3
Cemento Andino Tipo I	Kg	300	0.126	37.80
Arena Gradación 2	Kg	1574	0.015	23.61
Aditivo Estabilizador Delvo	Kg	2.5	3.7	9.25
Fibra Metálica 65/35	Kg	60	1.41	84.60
Aditivo Acelerante Master Rock 160	L	19	1.45	27.55
Agua	L	160	0	0.00
				182.81

Tabla 16. Costo del shotcrete AÑO 2021 - insumos y materiales utilizados en la producción y costo de un metro cúbico

Materiales	Unidad	Cantidad	PU (\$)	Costo \$/m3
Cemento Andino Tipo I	Kg	300	0.126	37.8
Arena Gradación 2	Kg	1574	0.015	23.61
Aditivo Plastificante (Glenium 1300)	Kg	2.5	3.7	9.25
Fibra Barchic 50	Kg	4	4.69	18.76
Aditivo Acelerante Master Rock 160	L	19	1.45	27.55
Agua	L	160	0	0
				116.97

- **Interpretación**

Estos precios unitarios del agregado y cemento incluyen el flete, en el año 2021 tras las mejoras realizadas en la producción de *shotcrete* se tiene un ahorro de \$65,84 dólares en comparación al año anterior.

- **Mejoras realizadas:**

- ✓ El hormigón proyectado se probó en las circunstancias en las que se crea actualmente para decidir el impacto de su oposición debido a la naturaleza de las fuentes de datos.
- ✓ El acuerdo con Sika está bajo investigación constante y podría pagarse un castigo por la ruptura del acuerdo, sin embargo, los fondos de reserva de tiempo de la utilización de la fibra Barchic 50 podrían compensar este infortunio.
- ✓ La evaluación de la creación concebible de vanos de 1 m³ se ejecutó para disminuir los infortunios durante el desarrollo de formas sólidas de hormigón proyectado, diseccionando el plan del marco de la planta (límite de la batidora).

Tabla 17. Costo total del sostenimiento de la Rampa 2800 Nv 1865

Labor:	Rampa 2800 del Nivel 1865	
Dimensiones:	Ancho	4,5m
	Alto	4.2 m
	Avance	3.5 m

Sostenimiento con shotcrete				
	Cantidad (m3)	Costo de materiales (US\$/m3)	Costo de Servicio de Transporte y lanzado (US\$/m3)	Costo de Shotcrete (US\$)
Unica capa de Shotcrete (3")	4.0	186.5	116.7	1212.9
Total	4.0			1212.9

Perno Swellex				
Pernos Swellex (und.)	Cantidad (Unid.)	Costo de materiales (US\$/Unid.)	Costo de Instalacion (US\$/Unid.)	Costo (US\$)
Total	14.0	10.4	21.2	441.2
	14.0			441.2

Numero de Disparos	1	Produccion (ton)	151.67
Costo de sostenimiento utilizado Shotcrete (US\$/m3)			1654.2
Costo de sostenimiento utilizado Shotcrete (US\$/Disparo)			413.5
Total			1654.1

Tomada de Departamento de Planeamiento de la unidad minera Parcoy

- **Interpretación:** de la tabla se muestra los costos de sostenimiento de la Rampa 2800 nivel 1865: de sección 4,5 x 4.2 m y un avance de 3.5 m los costos son:
 - ✓ El *shotcrete* aplicado es de una capa de 3" y el costo de *shotcrete* es de 1212.9 \$.
 - ✓ Los pernos utilizados son *swellex* se utilizaron 14 unidades y el costo de instalación y precio del material es de 441.2 \$.
 - ✓ El costo de sostenimiento utilizado *shotcrete* es de 1654.2 \$/m³
 - ✓ El Costo de sostenimiento utilizado *shotcrete* es de 413.5 \$/disparo
 - ✓ El costo total de *shotcrete* y perno es de 1654.1 \$.

CONCLUSIONES

1. El tipo de peligros que se producirá durante el destape será por control subyacente debido a la presencia de múltiples entramados de diaclasas y con un control primario debido a la baja obstrucción de la red de piedras, la zona plástica que se creará durante la realización de la cámara no será más prominente que 2,0 m, por lo que los componentes de ayuda introducidos aliviarán los desajustes que puedan producirse, las mejoras realizadas para mantener el ajuste de la inclinación se sostendrán con *shotcrete* de 2" apoyado con pernos *swellex* de 7 pies divididos a 1.2 x 1.2 m, se utilizarán explosivos de baja potencia para limitar los daños a la masa de piedra por impactos y el diseño de la bóveda será de medio círculo para un reordenamiento superior de los esfuerzos y para disminuir las zonas de plastificación.
2. Este control ayudó a reducir las demoras operativas en la instalación de malla y perno en el sostenimiento de la RP 2800, el control de tiempos refleja los siguiente:
 - Primer ítem: Actividades para la instalación de malla y pernos, presenta un acumulado del 50.35 % del trabajo realizado.
 - Segundo ítem: Demoras operativas 1 en la instalación de malla y pernos, presenta un acumulado del 26.80 % del trabajo realizado.
 - Tercer ítem: Demoras operativas 2 en la instalación de malla y pernos, presenta un acumulado del 22.85 % del trabajo realizado.

El trabajo efectivo en función a la guardia lleva un tiempo de 10.84 horas de acuerdo con lo establecido es de 12 horas guardia el cual estamos en el margen de realizar las actividades de manera eficiente.

3. Los precios unitarios del agregado y cemento incluyen en el flete, en el año 2020 tras las mejoras realizadas en la producción de *shotcrete* se tiene un ahorro de \$65,84 dólares en comparación al año 2020, las mejoras realizadas son:

- El hormigón proyectado se probó en las circunstancias en las que se crea actualmente para decidir el impacto de su oposición debido a la naturaleza de las fuentes de datos.
- El acuerdo con Sika está bajo investigación constante y podría pagarse un castigo por la ruptura del acuerdo; sin embargo, los fondos de reserva de tiempo de la utilización de la fibra Barchic 50 podrían compensar este infortunio.
- La evaluación de la creación concebible de vanos de 1 m^3 se ejecutó para disminuir los infortunios durante el desarrollo de formas sólidas de hormigón proyectado, diseccionando el plan del marco de la planta (límite de la batidora).

RECOMENDACIONES

1. Es conveniente utilizar el hormigón proyectado como componente de ayuda fundamental en prácticamente todas las obras de excavación para la ayuda de rocas de mala a bajísima calidad de sencilla aplicación que sustituye a los componentes de ayuda latentes y a un menor coste.
2. El *shotcrete* goza de enormes beneficios en su calidad y proceso de aplicación para la ayuda de rocas de calidad excepcionalmente baja; por vía húmeda y seca, ha ayudado al campo de apoyo de las funciones del tranvía, actualmente el *shotcrete* construido con filamentos de acero y sustancias añadidas razonables se utiliza en CMH, con resultados asombrosos que sustituye gran parte del tiempo la sección transversal metálica electrosoldada.
3. La ayuda con *shotcrete* debe ser conveniente y completa hasta el frente de la obra una vez que se perfecciona y se afloja sin dejar más de 8 h de apertura para la roca IV Mala B, la resistencia a la compresión base obtenida y normalizada a las 3:00 horas normales es de 45Kg/cm²; a las 24 horas 120kg/cm², a los 3 días 210Kg/cm², a los 7 días 300kg/cm² y para los 28 días supera la oposición de 380Kg/cm².
4. Las consecuencias de la buena oposición a temprana edad, se debe a las sustancias añadidas que utilizamos con el *shotcrete*, esta integridad se debe fundamentalmente al superplastificante, la elección de una fibra metálica de valor para el plan de *shotcrete*, la longitud de filamentos por m³ y los modelos de presentación, nos ha servido para obtener grandes consecuencias de ingestión de energía del *shotcrete* y fue factible suplantar totalmente la red electrosoldada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. HINOSTROZA, Eli. Implementación de malla de perforación y voladura de taladros largos para evaluar los costos operativos en el método de explotación sublevel stoping en la mina subterránea Marcapunta Sur-El Brocal. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo : Universidad Continental, 2019, 146 pp.
2. DIAZ, Esthiben. Optimización de la perforación y voladura de rocas para maximizar utilidades en la mina panulcillo de minera Cruz Ltda. – 2016. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huaraz : Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo, 2017, 82 pp.
3. ALARCON, Nicolas. Optimización de costos mediante reducción del factor de carga en roca mala - RMR 30 - 40 - Unidad San Cristobal Compañía Minera Volcan. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa : Universidad Nacional de San Agustin de Arequipa, 2019, 161 pp.
4. CALDERON NAVARRO, Antonio Marco. *Optimización de las prácticas de perforación y voladura en el avance y producción de la minería de mediana escala (Unidad Minera Macdesa)*. Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Peru, 2015.
5. ROMO, Joseph . Factores que influyen en el fracturamiento del shotcrete y el impacto en el sostenimiento en Consorcio Minero Horizonte S.A. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Peru, 2020, 98 pp.
6. DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y PLANEAMIENTO DEL CONSORCIO MINERO HORIZONTE S.A. *Estudio geologico del yacimiento*. La Libertad : Unidad minera Parcoy, 2020.

7. SUPERINTENDENCIA DE PLANEAMIENTO. *Estudio geomecánico de las zonas de producción zona norte y sur*. La Libertad : Unidad minera Acumulación Parcoy , 2020.
8. DEPARTAMENTO DE GEOMECANICA DEL CONSORCIO MINERO HORIZONTE S.A. *Caracterizacion Geomecanica del macizo rocoso zona norte*. La Libertad : Unidad minera Parcoy, 2020.
9. UNIDAD MINERA SAN CRISTOBAL. *Estudio geomecanico de shotcrete* . Yauli : Volcan Compañía Minera S.A.A., 2020.

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de consistencia

Aplicación del *shotcrete* reforzado con fibra de acero y aditivos súper plastificantes para mejorar el sostenimiento de la rampa 2800, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL
¿Cómo influye la aplicación del <i>shotcrete</i> reforzado con fibra de acero y aditivos súper plastificantes, para mejorar el sostenimiento de la Rampa 2800, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.?	Realizar la aplicación del <i>shotcrete</i> reforzado con fibra de acero y aditivos súper plastificantes, para mejorar el sostenimiento de la Rampa 2800, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.	La aplicación del <i>shotcrete</i> reforzado con fibra de acero y aditivos súper plastificantes, mejora el sostenimiento de la Rampa 2800, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS
¿Cómo influye aplicación del <i>shotcrete</i> reforzado con fibra de acero y aditivos súper plastificantes para reducir el tiempo de la instalación de sostenimiento de la Rampa 2800, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.?	Determinar la aplicación del <i>shotcrete</i> reforzado con fibra de acero y aditivos súper plastificantes para reducir el tiempo de la instalación de sostenimiento de la Rampa 2800, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.	La aplicación del <i>shotcrete</i> reforzado con fibra de acero y aditivos súper plastificantes reduce el tiempo de la instalación de sostenimiento de la Rampa 2800, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.
¿Cómo influye aplicación del <i>shotcrete</i> reforzado con fibra de acero y aditivos súper plastificantes para reducir el costo de sostenimiento de la Rampa 2800, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.?	Determinar la aplicación del <i>shotcrete</i> reforzado con fibra de acero y aditivos súper plastificantes para reducir el costo de sostenimiento de la Rampa 2800, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.	La aplicación del <i>shotcrete</i> reforzado con fibra de acero y aditivos súper plastificantes reduce el costo de sostenimiento de la Rampa 2800, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.

Anexo 2
Pruebas de ull test



Tomada de Departamento de Planeamiento de la unidad minera Parcoy

Anexo 3

Intersección de labores con shotcrete y pernos sistemáticos



Tomada de Departamento de Planeamiento de la unidad minera Parcoy

Anexo 3
Planta de shotcrete 2 – Betonmac



Tomada de Departamento de Planeamiento de la unidad minera Parcoy

Anexo 4
Planta móvil de shotcrete 3 – Altron



Tomada de Departamento de Planeamiento de la unidad minera Parcoy

Anexo 5

Aditivo Súperplastificante Glenium TC 1300 - Ficha Técnica



GLENIUM® TC 1300

Aditivo reductor de agua de alto rango para concreto / shotcrete

DESCRIPCION:

GLENIUM TC 1300 es un aditivo reductor de agua de alto rango listo para ser usado.

Perteneciente a una nueva generación de aditivos patentados basados en la tecnología del policarboxilato. Esta tecnología combina un diseño molecular de vanguardia para lograr un valor excepcional y preciso en todas las fases del proceso de construcción del concreto.

El aditivo GLENIUM TC 1300 es muy efectivo en la producción de mezclas de concreto con diferentes niveles de manejabilidad incluyendo aplicaciones que requieren el uso de concreto autocompactante (SCC). El uso del aditivo GLENIUM TC 1300 proporciona características de fraguado más rápidas como asimismo mejora la resistencia a la compresión inicial.

GLENIUM TC 1300 cumple con los requisitos de la norma provisional ASTM C494 /C494 M para aditivos Tipo A (reductores de agua), y tipo F (reductores de agua de alto rango).

USOS RECOMENDADOS:

- Concretos que requieren una reducción de agua entre 5 a 40%.
- Aplicaciones donde el control de manejabilidad y tiempos de fraguado sea crítico.
- Aplicaciones de construcción civil y minera: Shotcrete por vía húmeda.
- Concretos que requieren una fluidez elevada, mayor estabilidad, alta resistencia inicial y final y durabilidad (prefabricados, reparaciones de pavimentos de test-track).
- Fabricación de mezclas de concreto Rheodinámico y autocompactante (SCC).

CARACTERISTICAS:

- Excelente desarrollo de resistencia inicial
- Adecuado control de fraguado
- Optimiza la relación de retención de asentamiento / fraguado
- Mantiene el aire incorporado consistente
- Flexibilidad en la dosificación



VENTAJAS:

- Menor contenido de agua para una determinada manejabilidad
- Rheología controlada
- Desarrollo de resistencias iniciales altas
- Produce concretos cohesivos y sin segregación
- Incrementa la productividad de las operaciones de prefabricados
- Desencofrado más rápido debido al desarrollo acelerado de resistencia temprana.
- Reduce costos de mano de obra en acabado debido a la optimización de los tiempos de fraguado.
- Minimiza la necesidad de ajuste de asentamiento en la obra
- Disminución del concreto rechazado
- Optimiza el costo de las mezclas de concreto

BASF Construction Chemicals, P.O. Box 3, A
J. P. P. 4000, 4000, 4000, 4000, 4000
Tel.: (011) 333-3333
Fax: (011) 333-3333
www.basf.com

Glenium TC 1300 - 1 -



The Chemical Company

CARACTERÍSTICAS DE DESEMPEÑO:

Datos de la mezcla: El concreto / shotcrete producido con el aditivo GLENIUM TC 1300 alcanza significativamente mayor resistencia en edad temprana que los aditivos reductores de agua de alto rango base policarboxilatos de la primera generación. GLENIUM TC 1300 también permite la obtención de un equilibrio perfecto entre retención de manejabilidad y ciertas características de fraguado que proporcionan la eficiencia en la colocación y acabado del concreto y/o shotcrete.

DATOS TÉCNICOS:

Apariencia : Líquido
Color : Marrón
Gravedad Específica @ +20 °C : 1,06
pH @ +20 °C : 5

APLICACIÓN:

Dosificación:

La dosis recomendada para el uso del GLENIUM TC 1300 está en el rango de 800 a 1500 ml/100 kg de cemento. Es posible que sea necesario cambiar la dosificación debido a las variaciones en los materiales de concreto y de las condiciones y/o aplicaciones en la obra. En tales casos, contacte a su representante local de BASF.

Mezclado:

El aditivo GLENIUM TC 1300, deben adicionarse luego de la tanda inicial de agua y de otros aditivos, de ser el caso.

ALMACENAMIENTO:

Temperatura de almacenamiento:
GLENIUM TC 1300 debe almacenarse a temperaturas superiores a los 5°C (40°F). Si

el GLENIUM TC 1300 llega a congelarse, descongele y reconstituya por agitación mecánica.

Vida de almacén:

GLENIUM TC 1300 tiene una vida útil mínima de 6 meses, la misma que puede prolongarse dependiendo de las condiciones de almacenamiento. En todos los casos el producto deberá ser homogenizado antes de ser usado. Por favor contacte a su representante de BASF en relación al mejor uso y dosificación si el aditivo almacenado excede el tiempo de validez indicado en el envase.

EMPAQUE

GLENIUM TC 1300 se suministra en cilindros de 208 l (55 gal) y en totes de 1000 litros.

Documentos relacionados

Hoja de Seguridad del Material (MSDS)
GLENIUM TC 1300.

Información adicional

Para información adicional sobre este producto o para su uso en el desarrollo de mezclas de concreto con características especiales de desempeño, consulte al representante local de BASF.

BASF Construction Chemicals es líder en el suministro de aditivos innovadores para concreto de espesidad usado en los mercados de premezclado, prefabricados, productos manufacturados de concreto, construcción subterránea y pavimentos. Los productos de la respetada marca BASF se usan para mejorar la colocación, bombeabilidad, acabado, estética y características de desempeño del concreto.

EXTENSION DE RESPONSABILIDADES AVISO DE GARANTÍA LIMITADA

BASF Construction Chemicals Perú S.A.
A: Páscaro del Encino 550, Lima 1 - Perú
Tel: (51-1) 385-0100
Fax: (51-1) 385-0060

www.basf.com

Glenium TC 1300 -2-

Tomada de BASF - The Chemical Company

Anexo 6

Aditivo Fibra metálica 65/35 - Ficha Técnica



HOJA TÉCNICA DE PRODUCTO

SikaFiber® CHO 65/35 NB

FIBRA DE ACERO PEGADAS PARA REFUERZO DEL CONCRETO NORMAL Y CONCRETO PROYECTADO

DESCRIPCION DEL PRODUCTO

Sika® Fiber CHO 65/35 NB son fibras de acero trefilado de alta calidad para reforzamiento del concreto tradicional y concreto proyectado (shotcrete) especialmente encoladas (pegadas) para facilitar la homogenización en el concreto, evitando la aglomeración de las fibras individuales. Sika® Fiber CHO 65/35 NB son fibras de acero de alta relación longitud / diámetro (l/d) lo que permite un alto rendimiento con menor cantidad de fibra.

USOS

Sika® Fiber CHO 65/35 NB, otorga una alta capacidad de soporte al concreto en un amplio rango de aplicaciones y especialmente concreto proyectado (shotcrete) reduciendo tiempo y costos asociados al tradicional reforzamiento con mallas de acero; dándole ductilidad y aumentando la tenacidad del concreto. En concretos prefabricados reforzados; en losas de pisos industriales (trafico alto, medio y ligero) en losas y cimientos de concreto para reemplazar el refuerzo secundario (malla de temperatura), en puertos, aeropuertos, fundaciones para equipos con vibración, reservorios, tanques, etc.

CARACTERISTICAS / VENTAJAS

- Incrementa la resistencia del concreto al impacto, fatiga y a la fisuración.
- Incrementar la ductilidad y absorción de energía (resistencia a la tensión).
- Reducción de la fisuración por retracción.
- No afecta los tiempos de fraguado.
- Su condición de encolada (pegada) asegura una distribución uniforme en el concreto y shotcrete vía húmeda.
- Relación longitud / diámetro igual a 65 para un máximo rendimiento.
- Extremos conformados para obtener máximo anclaje mecánico en el concreto.

CERTIFICADOS / NORMAS

SikaFiber® CHO 65/35 NB complies with ASTM A820 "Steel Fibers for Reinforced Concrete" and DIN 17140-D9 for low carbon steel.

INFORMACION DEL PRODUCTO

Empaques	Sacos de papel x 20 kg.
Vida en el recipiente	No tiene caducidad mientras se respeten las condiciones de almacenamiento.
Condiciones de Almacenamiento	Los sacos de Sika® Fiber CHO 65/35 NB pueden almacenarse por tiempo indefinido protegido de la humedad.
Dimensiones	LONGITUD: 35 mm con extremos conformados. DIÁMETRO DE LA FIBRA: 0.54 mm RELACIÓN LONGITUD/ DIÁMETRO: 65

Hoja Técnica de Producto
SikaFiber® CHO 65/35 NB
Julio 2019, Versión 01.01
021408011000000019

INFORMACION TECNICA

Resistencia a tensión	RESISTENCIA A TRACCIÓN: Mínimo 1,300 MPa
Elongación a Rotura	4% máx.
Dosificación Recomendada	Normalmente entre 15 - 50 kg. de Sika® Fiber CHO 65/35 NB por m3 de concreto. Se recomienda realizar ensayos previos para determinar la cantidad exacta de fibra de acero a utilizar de acuerdo a los índices de tenacidad ó energía absorbida especificada del concreto.

INSTRUCCIONES DE APLICACION

Sika® Fiber CHO 65/35 NB se puede agregar en la tolva de pesado de la dosificadora de concreto, en la correa de alimentación, en camión mixer y mezcladora de concreto como a continuación se indica en cada caso:

- En la tolva de pesado de la dosificadora, abra las bolsas y vacíe las fibras directamente entre los áridos; no agregue las bolsas sin abrir porque pueden bloquear las compuertas de descarga. Mezcle en forma normal, no se requiere tiempo extra de mezclado en este caso.
- En la correa de alimentación, si hay acceso, las fibras pueden adicionarse durante o después de agregar los áridos. Mezcle en forma normal, no se requiere tiempo extra de mezclado en este caso.
- En el camión mixer, una vez que todos los ingredientes se han incorporado, agregar las fibras mientras el mixer de concreto está rotando a alta velocidad (12 rpm o más). Vaciar un máximo de 60 kg. de fibras por minuto. Una vez terminado el vaciado de las fibras, mezclar 5 minutos adicionales y chequear visualmente su distribución; mezclar 30 segundos adicionales si la distribución no es uniforme.
- En la mezcladora de concreto, una vez que todos los ingredientes se han incorporado, agregar las fibras y mezclar por 30 segundos por cada pie cúbico a menos que se observe una distribución homogénea en menor tiempo.

NOTAS

Los usuarios deben referirse siempre a la versión local más reciente de la Hoja Técnica del Producto cuya copia será suministrada al ser solicitada.

RESTRICCIONES LOCALES

Este producto puede variar en su funcionamiento o aplicación como resultado de regulaciones locales específicas. Por favor, consulte la hoja técnica del país para la descripción exacta de los modos de aplicación y uso.

Durán:
Km. 3.5 vía Durán-Tambo.
PBX (593) 4 2812700

Quito:
Av. Naciones Unidas entre Iñaquito
y Núñez de Vela.
Piso 11. Oficinas: 1111 - 1112
Tel: (593) 2 4506455

Cuenca:
Av. Ordóñez Lasso y Los Claveles.
Edificio Palermo
Tel: (593) 7 4089725

Representación Regional
Sistema de Gestión de Calidad
Certificado por el Organismo
de Acreditación del Ecuador
CONATEC

Hoja Técnica de Producto
SikaFiber® CHO 65/35 NB
Julio 2019, Versión 01.01
021408011000000019

SikaFiberCHO6535NB-es-EC-(07-2019)-1-1.pdf

BUILDING TRUST



Anexo 7

Barch R 50 - Ficha técnica

BarChip R50

Para hormigón ecológico

BarChip R50 es una fibra sintética estructural de alto rendimiento para refuerzo del concreto, ecológica y optimizada para diversas aplicaciones.

Hecho con materiales reciclables, BarChip R50 ofrece un enorme ahorro de carbono para sus trabajos de hormigón sin la necesidad de sacrificar su rendimiento.

¿Cuánta cantidad de carbono podría ahorrar?

Beneficios

- Diseño integral y soporte técnico
- Redistribuye la carga - mayor ductilidad/ tenacidad
- Elimina la corrosión - durabilidad a largo plazo
- Elimina la instalación de mallas de acero
- Reducción en un 85% de los niveles de emisión de carbono en comparación con el acero
- Más seguro y liviano de manejar que el acero
- Reducción del desgaste en bombas y mangueras para hormigón
- Reducción de tiempos de ciclo y de cierres por mantenimiento
- La fibra BarChip está estabilizada a los rayos UV para resistir el deterioro solar
- Empaque a prueba de intemperie sobre múltiples palets UPVC

Características del producto (vea la FDS para más detalles)

Característica	BarChip R50	Estándar
Clase de Fibra II	Para uso estructural en hormigón, argamasa y lechada de cemento	EN 14889 - 2
Resistencia a la tensión	610 MPa	JS L 1013/ISO 2062
Módulo de Young	10 GPa	JS L 1013/ISO 2062
Longitud	48 mm	
Anclaje	Relieve continuo	
Material de base	Polipropileno	
Resistencia alcalina	Excelente	
Certificado CE		0120 - G810/79678
Certificado ISO 9001:2015		0044943



Empaquetado en bolsas de papel y bolsas grandes para dosificación automatizada. Apilado de forma segura sobre 3 palets reciclables de UPVC.



Dosificación

BarChip R50 tiene un rango típico de dosificación de 4 kg a 6 kg por metro cúbico. El rango de dosificación debe ser determinado en función de los requisitos de funcionamiento. Los rangos típicos de dosificación pueden reducir la medida del slump.

Mezclado

BarChip R50 se añade junto a su respectiva bolsa a la mezcladora con agua de mezcla inicial. Adicione materiales secos y mezcle a alta velocidad para las revoluciones requeridas. Se pueden aplicar técnicas alternativas de mezclado.

Realice la optimización de la mezcla junto a los especialistas de BarChip para garantizar que obtenga un rendimiento óptimo de su mezcla de shotcrete. Para más información, vea la guía de dosificación y mezclado de BarChip.

Bombeo

BarChip R50 puede ser bombeado fácilmente a través de mangueras de goma de 30 mm. Se deben tomar precauciones para asegurar que las fibras pasen libremente a través de la rejilla del equipo.

Manipulación y almacenamiento

BarChip R50 es empaquetado en bolsas de papel de 3 kg (432 kg por palet) y entregado en palets de plástico durable y reciclable, con una capucha de lluvia equipada para permitir su almacenamiento en el exterior. Las bolsas almacenadas individualmente deben ser protegidas contra daños causados por agua. Para dosificaciones automatizadas, BarChip R50 también es empaquetado en discos.

Para más información contacte a su representante BarChip más cercano.

Conformity

Cumple con la ASTM C 1116 - Tipo III
Cumple con EN 14889 - 2

BarChip Inc.
The Synthetic Fibre Experts

www.barchip.com

Tomada de BarChip inc. The Synthetic Fibre Experts