

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION

FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



TESIS

Sostenimiento mecanizado con shotcrete vía húmeda en la U.P.

Uchucchacua - Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor: Bach. Fernando José RIVERA BALDEON

Asesor: Ing. Julio César SANTIAGO RIVERA

Cerro de Pasco – Perú – 2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION

FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



TESIS

Sostenimiento mecanizado con shotcrete vía húmeda en la U.P.

Uchucchacua - Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Luis Alfonso UGARTE GUILLERMO

PRESIDENTE

Ing. Toribio GARCÍA CONTRERAS

MIEMBRO

Ing. Rosas FLORES MEJORADA

MIEMBRO

DEDICATORIA

A mis padres, **Fernando y María** por
su infatigable apoyo, paciencia y
esfuerzo durante mi desarrollo profesional.

A mi esposa, **Ruth Karina** por su apoyo
y cariño incondicional.

A mis hijos, **Fernando y Joaquín** por
demostrarme que se puede ser mejor cada día.

A los **docentes universitarios** que
aportaron con su sabiduría, conocimiento
y experiencia durante mi proceso de
aprendizaje universitario.

RECONOCIMIENTO

A la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Facultad de Ingeniería de Minas, Escuela de formación profesional de ingeniería de minas, por habernos albergado y haber hecho posible nuestra formación académica a través de las enseñanzas impartidas por los docentes.

A nuestros compañeros de clases, por haber compartido gratos momentos durante nuestra vida universitaria

RESUMEN

Desde varios años atrás Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. está implementando modificaciones y cambios en la gestión de sus procesos. Acorde con el incremento de producción en la unidad Uchucchacua.

El Shotcrete, se tiene antecedentes que se inició hace casi 90 años; Actualmente existen dos métodos de aplicación vía seca y vía húmeda, convencional ò mecanizado.

En Uchucchacua el lanzado de vía húmeda mecanizado se aplica desde el 2012 con equipos diseñados para interior mina en las labores de producción en un 85 % y un 15 % a labores de preparación y exploración.

Con el objeto de mejorar la productividad y los estándares aceptables de seguridad en la etapa de sostenimiento dentro del ciclo de minado, garantizando un sostenimiento acorde a la calidad del macizo rocoso.

El lanzador de Shotcrete vía húmeda, mejoró el factor tiempo en la etapa de sostenimiento, dándole rapidez y mejores condiciones al personal, para continuar con la etapa de perforación y voladura dentro del ciclo de minado de la UP. Uchucchacua – Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

Palabras clave: shotcrete, caída de rocas, seguridad.

ABSTRACT

Since several years ago Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. is implementing modifications and changes in the management of its processes. According to the increase in production in the Uchucchacua unit.

The Shotcrete has a history that began almost 90 years ago; There are currently two methods of application dry and wet, conventional or mechanized.

In Uchucchacua, the mechanized wet lane has been applied since 2012 with equipment designed for indoor mining in production work by 85% and 15% for preparation and exploration work.

In order to improve productivity and acceptable safety standards in the sustainment stage within the mining cycle, guaranteeing support according to the quality of the rock mass.

The launch of Shotcrete via wet, improved the time factor in the sustaining stage, giving staff speed and better conditions, to be able to continue with the drilling and blasting stage within the U.P. mining cycle. Uchucchacua - Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

Keywords: shotcrete, rock fall, security.

INTRODUCCION

El presente trabajo de investigación, contiene los elementos de un modelo de sostenimiento con shotcrete vía húmedo mecanizado, para trabajos relacionados con el sostenimiento, el tema es la exposición de los trabajos efectuados en la UP. Uchucchacua de la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

En la Unidad de Producción de Uchucchacua, se tiene un mineral económico de cabeza de contenidos de plata, plomo y zinc, los cuales son explotados usando el sistema de corte y relleno ascendente con relleno hidráulico y relleno detrítico.

Este mineral es procesado en la planta concentradora, obteniendo como resultados concentrados de plomo – plata y zinc - plata.

En la mina Uchucchacua, al pasar los años ha tenido cambios significativos dentro de su método de explotación, dejando atrás métodos convencionales y centrándose básicamente en la explotación de corte y relleno mecanizado en la Unidad de Producción Uchucchacua. Teniendo en cuenta el comportamiento de las principales estructuras de la zona, que se presentan en vetas y mayormente en cuerpos de longitudes considerables.

La presente tesis tiene por objetivo realizar la descripción del proceso del sostenimiento mecanizado vía húmeda con Shotcrete, con el objetivo de mejorar las condiciones de seguridad e incrementar la producción determinada por el factor tiempo en la etapa de sostenimiento el cual mejora el ciclo en el minado de los tajeos de producción de la Unidad de Producción Uchucchacua.

El sostenimiento con shotcrete vía húmedo mecanizado, se realiza con equipos diseñados para interior mina, tanto para la etapa de la preparación, transporte y lanzado a control remoto, evitando la exposición del personal.

La calidad del shotcrete lanzado es monitoreada diariamente por el departamento de control de calidad de la empresa a cargo del trabajo y supervisada por el departamento de Geomecánica y Seguridad para garantizar la calidad del sostenimiento requerido de acuerdo al tipo de roca.

En esta investigación se documenta el desarrollo de los trabajos realizados en base a una evaluación geomecánica de la masa rocosa del yacimiento de Uchucchacua, con el fin de establecer un adecuado sostenimiento en la U.P. Uchucchacua – Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

El Autor.

INDICE

| | |
|----------------|--|
| DEDICATORIA | |
| RECONOCIMIENTO | |
| RESUMEN | |
| ABSTRACT | |
| INTRODUCCION | |
| INDICE | |

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

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

CAPITULO II

MARCO TEORICO

| | |
|--|----|
| 2.1. Antecedentes de estudio..... | 5 |
| 2.2. Bases teóricas – científicas | 9 |
| 2.3. Definición de términos básicos | 49 |
| 2.4. Formulación de hipótesis | 53 |
| 2.4.1. Hipótesis general..... | 53 |
| 2.4.2. Hipótesis específicos..... | 53 |
| 2.5. Identificación de variables | 54 |
| 2.6. Definición Operacional de variables e indicadores | 54 |

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

| | |
|------------------------------------|----|
| 3.1. Tipo de investigación | 56 |
| 3.2. Métodos de investigación..... | 56 |

| | |
|---|----|
| 3.3. Diseño de investigación | 57 |
| 3.4. Población y muestra | 57 |
| 3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 58 |
| 3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos | 58 |
| 3.7. Tratamiento estadístico | 59 |
| 3.8. Selección validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación..... | 59 |
| 3.9. Orientación ética..... | 59 |

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

| | |
|--|----|
| 4.1. Descripción del trabajo de campo | 60 |
| 4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados | 69 |
| 4.3. Prueba de hipótesis..... | 71 |
| 4.4. Discusión de resultados..... | 73 |

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXO

INDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|---|----|
| Ilustración 1. Plano de ubicación accesibilidad U.P. Uchucchacua | 10 |
| Ilustración 2. Formación de calizas jumasha | 14 |
| Ilustración 3. Columna estratigráfica de la UP. Uchucchacua..... | 17 |
| Ilustración 4. Geología estructural - U.P. Uchucchacua..... | 19 |
| Ilustración 5. Diferentes formas y tamaños irregulares de las vetas – cuerpos. | 22 |
| Ilustración 6. Gráfico en 3D método de explotación corte y relleno ascendente..... | 27 |
| Ilustración 7. Ciclo de minado en tajos con máquina chica (jack leg – stoper)..... | 28 |
| Ilustración 8. Ciclo de minado con equipo Jumbo – Bolter..... | 29 |
| Ilustración 9. Plano geomecánico de una galería en desarrollo y sostenimiento..... | 34 |
| Ilustración 10. Plano geomecánico del Nv. 3850, inicio de reconocimiento y proceso de sostenimiento. | 34 |
| Ilustración 11. Modelo Hidrogeológico conceptual de la Mina Uchucchacua. | 38 |
| Ilustración 12. Tabla Geomecánica | 42 |
| Ilustración 13. Tipo de roca y sostenimiento a aplicarse. | 43 |
| Ilustración 14. Diseño de sostenimiento para labores permanentes Sección 2.7x2.7 m. | 44 |
| Ilustración 15. Diseño de sostenimiento para labores permanentes secciones 3.3x3.5m. | 45 |
| Ilustración 16. Diseño de sostenimiento para labores permanentes secciones de 4x4 m. | 46 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Fallas principales del Yacimiento Uchucchacua. | 18 |
| Tabla 2. Formato de mapeo geomecánico utilizado por el área geomecánica. | 33 |
| Tabla 3. Muestreo Unidades Hidrogeológicas del área de Estudio uy | 39 |
| Tabla 4. Cuadro de gradación del agregado cantera de Cerro de Pasco. | 62 |
| Tabla 5. Material distribuido en las mallas normalizadas. | 63 |
| Tabla 6. Gráfico del límite permisible de la arena. | 64 |
| Tabla 7. Patrón de resistencia. | 65 |
| Tabla 8. Muestra de probetas en planta. | 65 |
| Tabla 9. Muestra de panel (extracción diamantina). | 65 |
| Tabla 10. Dosificación de shotcrete vía húmeda mina Uchucchacua. | 66 |
| Tabla 11. Curva de Resistencia Shotcrete | 72 |
| Tabla 12. Tabla con los métodos de medición para el desarrollo de resistencia. | 73 |
| Tabla 13. Diseños propuestos para reducción de fragua 2 horas en Laboratorio. | 74 |
| Tabla 14. Comparación entre diseño para 3 horas y diseño a 2 horas de fragua. | 75 |
| Tabla 15. Registros de resistencias tempranas. | 76 |
| Tabla 16. Registros de resistencias tempranas. | 77 |
| Tabla 17. Comparación entre diseño para 3 horas y diseño a 2 horas de fragua corregido. | 78 |

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema.

Los procesos de explotación y desarrollo de una mina son un factor potencial, en la cual si no se considera el control de la ingeniería de detalle como resultado se tienen grandes pérdidas para la empresa, durante el desarrollo de sus procesos productivos. Por no haber cumplido con el procedimiento técnico adecuado.

Por lo tanto, es recurrente efectuar la evaluación de los diferentes aspectos geotécnicos del yacimiento, por lo que es necesario realizar las investigaciones básicas, con el fin de obtener la información necesaria, que permita evaluar los factores principales de control de la estabilidad de las labores de producción y desarrollo.

Para luego efectuar un adecuado sostenimiento en la U.P. Uchucchacua de la Compañía de Minera Buenaventura S.A.A.

1.2. Delimitación de la investigación

La aplicación del concreto lanzado como metodología de sostenimiento subterráneo data del siglo pasado; sin embargo, su aplicación se encuentra

plenamente vigente especialmente en calidades de roca de pobre a muy pobre según la clasificación de Bieniawski.

El presente artículo está circunscrito a la aplicación del concreto lanzado de manera mecanizada mediante vía húmeda, a la cual atribuimos mayores ventajas por lo siguiente:

a. Permite una mayor mecanización de las operaciones:

Al centralizar la elaboración del concreto en un solo punto específico (Planta de concreto) desde donde es suministrada a todas las labores, en un determinado orden.

- Con el apoyo de nuevos equipos de alta productividad; por ejemplo, el robot lanzador de concreto Alpha 30 de la firma Semmco ($30 \text{ m}^3/\text{h}$).
- Con la implementación de plantas de concretos móviles de gran versatilidad para su instalación y operación las cuales pueden ser instaladas en superficie o en interior mina.

b. Brinda mayores facilidades para controlar la calidad del producto final (concreto):

- Las plantas automatizadas permiten obtener dosificaciones con desviaciones estándar menores a 0,2% en su composición, obteniéndose un producto final confiable.
- La naturaleza automatizada de la Planta permite dosificar el volumen de agua y con ello mantener el control de la relación agua/cemento.

c. Constituye un procedimiento más amigable con el medio ambiente al evitar la polución que produce el método de sostenimiento con shotcrete por vía seca.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema principal

¿Será eficiente el sostenimiento mecanizado con shotcrete vía húmeda para evitar la caída de rocas en la U.P. Uchucchacua de la Compañía de Minera Buenaventura S.A.A.?

1.3.2. Problemas específicos

- a. ¿De qué manera se podrá establecer un adecuado sostenimiento mecanizado con shotcrete vía húmeda en la U.P. Uchucchacua - Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. para obtener un adecuado plan de minado?
- b. ¿Se podrá evaluar la eficiencia del sostenimiento mecanizado con shotcrete vía húmeda en la U.P. Uchucchacua - Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. para obtener parámetros de lanzado de shotcrete?
- c. ¿Será posible evaluar el comportamiento del macizo rocoso mediante la geomecánica y evitar la caída de rocas en la U.P. Uchucchacua - Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar la eficiencia del sostenimiento mecanizado con shotcrete vía húmeda para evitar la caída de rocas en la U.P. Uchucchacua - Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Establecer un adecuado sostenimiento mecanizado con Shotcrete vía húmeda en la U.P. Uchucchacua - Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. para obtener un adecuado plan de minado.

- b. Evaluar la eficiencia del sostenimiento mecanizado con shotcrete vía húmeda en la U.P. Uchucchacua - Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.
- c. Evaluar el comportamiento del macizo rocoso mediante la geomecánica y evitar la caída de rocas en la U.P. Uchucchacua - Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

1.5. Justificación de la investigación

Establecer el shotcrete mecanizado vía húmeda mecanizada, como alternativa en el proceso de producción de las diferentes labores de desarrollo y producción de la U.P. Uchucchacua que proporcionó y sirvió para tener logros en la producción y en las estadísticas de la seguridad.

Se detallará en la presente investigación todo el proceso de sostenimiento con shotcrete vía húmeda en todas sus etapas, estudios, pruebas y análisis del trabajo.

1.6. Limitaciones de la investigación

No se tuvo limitación con respecto a lo siguiente:

- Financiamiento para la elaboración del presente estudio.
- Apoyo del personal capacitado.
- En cuanto al apoyo técnico de la empresa no hubo ningún inconveniente.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio

Realizado una revisión de la información en diferentes empresas mineras, sobre sostenimiento con shotcrete, se encontró que hay información sobre este tema; pero realizados o aplicados de acuerdo a la realidad de cada empresa; estos trabajos nos servirán de referencia para realizar nuestro estudio, por lo que pudo obtener información de trabajos realizados en:

“SOSTENIMIENTO CON SHOTCRETE ROBOTIZADO EN LA MINA CARAHUACRA”

Informe de competencia para optar el título profesional de ingeniero de minas
Presentado por: Hernán Santiago Ríos Villanueva - Lima – Perú – 2012

Sostenimiento, según el tipo de roca, estamos empleando el sistema GSI modificado, generalmente en las labores se tiene los siguientes tipos: intensamente fracturado regular (IF/R), muy fracturado pobre (MF/P), muy fracturado muy pobre (MF/MP), Intensamente Fracturado Pobre (IF/P) y el intensamente fracturado muy pobre (IF/MP), cuyo tiempo de autosoporte es de días hasta horas, así como longitud máxima de avance sin soporte de 10m. Hasta 3m. Haciendo imprescindible

la utilización de sistemas automatizados y robotizados para mejorar la eficiencia de los equipos mecanizados. En sostenimiento se tiene un robot Alpha 20 para el lanzamiento de shotcrete con espesor de 2 pulg. o 3 pulg. y un Robolt para instalar pernos helicoidales de 7 pies, split set de 7 pies y si es necesario split set y malla electro soldada. Para completar la estabilidad del área se rellena con relleno hidráulico o desmante provenientes de las labores de desarrollos y preparaciones. El empleo del robot en el sostenimiento con shotcrete permite eliminar el peligro de caída de rocas, lanzando el concreto a control remoto y a la vez logrando una mayor rapidez de sostenimiento, lanzando hasta 20 m³ por hora. Para el empernado mecanizado se tiene el Robolt, que instala 20 a 25 pernos/ hora, lo que permite tener varios frentes o breasting listos para la perforación con Jumbos elevando la utilización y por lo tanto la Producción. En Carahuacra, el equipo robot es el modelo Alpha 20, marca Semmco, el empernador mecanizado es el Robolt 5 marca Sandvik ambos propiedad de la E.E. Semiglo. También es necesario mencionar que la mezcla de concreto a lanzar, tenga provisto de una Planta Mecanizada para abastecer los requerimientos del shotcreteado, considerando tanques de almacenamiento de cemento, agregados, fibras, aditivos, agua, acelerantes y áreas para movimientos de equipo y lavado.

**“DISEÑO Y APLICACIÓN DEL SHOTCRETE VÍA HÚMEDA COMO
ELEMENTO DE SOSTENIMIENTO EN LABORES MINERAS –
INPECON SAC – MINA CHIPMO CIA MINERA BUENAVENTURA
UNIDAD ORCOPAMPA”**

Tesis presentada por el bachiller Tapia Choquehuanca, Juan Aldo para optar el título profesional de: Ingeniero De Minas - Arequipa – Perú 2017

El presente trabajo tiene como objetivo diseñar y analizar la aplicación correcta de shotcrete (hormigón proyectado) vía húmeda como elemento de sostenimiento en

las labores subterráneas en la CMBSAA – Unidad Orcopampa, con el fin de optimizar la calidad del sostenimiento y realizar la evaluación de precios unitarios de lanzado de shotcrete vía húmeda. La unidad minera depende del avance de las labores de exploración, preparación y desarrollo para la explotación de los cuerpos mineralizados presentes, por lo que es de suma importancia mejorar el sostenimiento. La aplicación de shotcrete vía húmeda con equipo robot, nos permite dar mayor velocidad de sostenimiento de labores, con lo que se optimiza el ciclo de minado y esto genera mayor producción de mineral en la unidad minera Orcopampa. Se realizó un diseño de shotcrete de 9 bolsas de cemento que se adecua a lo requerido por la empresa, una resistencia a la compresión mayor de 210 kg/cm^2 a los 28 días, el cual asociado a un control y/o evaluación constante de los parámetros de operación de lanzado, nos ayuda a reducir el riesgo a daños personales o de equipos por caída de roca dentro de la unidad minera. La tecnología de los equipos mecanizados y automatizados de proyección de shotcrete vía húmeda garantiza un flujo uniforme de la mezcla, disminuye el rebote a un 12% y brinda un acabado óptimo de lanzado de shotcrete. El equipo robot serie SPM 4210 WETKRET brinda alta eficiencia con su brazo proyector con alcance de 8 metros. Al realizar el cambio de diseño de shotcrete de 10 a 9 bolsas, se hicieron varias pruebas donde están cumplen con la resistencia a la compresión mínima, Logrando obtener una resistencia a la compresión promedio de 223.06 Kg/cm^2 y un ahorro promedio de S/. 3.68 por m^2 , todo este resultado de laboratorio fue analizados por el área de control de calidad y los precios unitarios fueron evaluados por el área costos y productividad de INPECON SAC.

**“DIAGNOSTICO SITUACIONAL DE LAS DEBILIDADES
ENCONTRADAS EN LA MEDIANA MINERÍA EN EL TEMA DE
INFRAESTRUCTURA, TRANSPORTE, MAQUINARIA E
INSTALACIONES AUXILIARES”**

Tesis para optar el título de Ingeniero de minas presentado por: José Irving
Ibáñez Valladolid – 2014

La presente tesis está orientada a realizar un diagnóstico de la mediana minería, en el tema de infraestructura, maquinaria, transporte e instalaciones auxiliares. Este diagnóstico se realiza a partir de la revisión y posteriores informes de supervisión que las empresas fiscalizadoras externas Osinergmin. Luego de la revisión y análisis de la información de los informes de supervisión se muestran las condiciones en que se encuentra la mediana minería, en lo referente a las condiciones que presentan los talleres de mantenimiento, piques, campamentos, sistema de drenaje, polvorines, sistema de iluminación, energía eléctrica, también se da cuenta acerca de la del control de riesgos que las unidades mineras deben de realizar. A lo largo del desarrollo de los capítulos se da a conocer la información de las unidades mineras en estudio, información acerca de los minerales que producen, métodos de explotación, también se detalla cuáles son las debilidades que se han encontrado durante las supervisiones, luego se realiza un análisis de las mismas realizando cuadros y gráficos estadísticos que nos permiten tener una mayor comprensión de la situación. Continuando encontraremos que la supervisión preventiva tiene por objetivo la verificación del cumplimiento de las recomendaciones que se dejan por cada debilidad encontrada en las diversas unidades.

2.2. Bases teóricas – científicas

Durante el desarrollo de la presente tesis haremos uso de una serie de información tanto bibliográficos, de campo, que darán evidencia sobre la presente investigación en cuanto a la aplicación del sostenimiento con shotcrete vía húmeda mecanizada.

2.2.1. ASPECTOS GENERALES DE LA MINA

UBICACIÓN

La mina Uchucchacua se sitúa en la vertiente occidental de los Andes, correspondiente al distrito y provincia de Oyón del departamento de Lima se ubica alrededor de las siguientes coordenadas:

- 10 36' 34" Latitud Sur.
- 76 59' 56" Longitud Oeste.

La mina se encuentra a una altura entre los 4,300 y 5,000 m.s.n.m., se ubica aproximadamente a 180 Km., en la línea recta al NE de la ciudad de Lima.

ACCESIBILIDAD

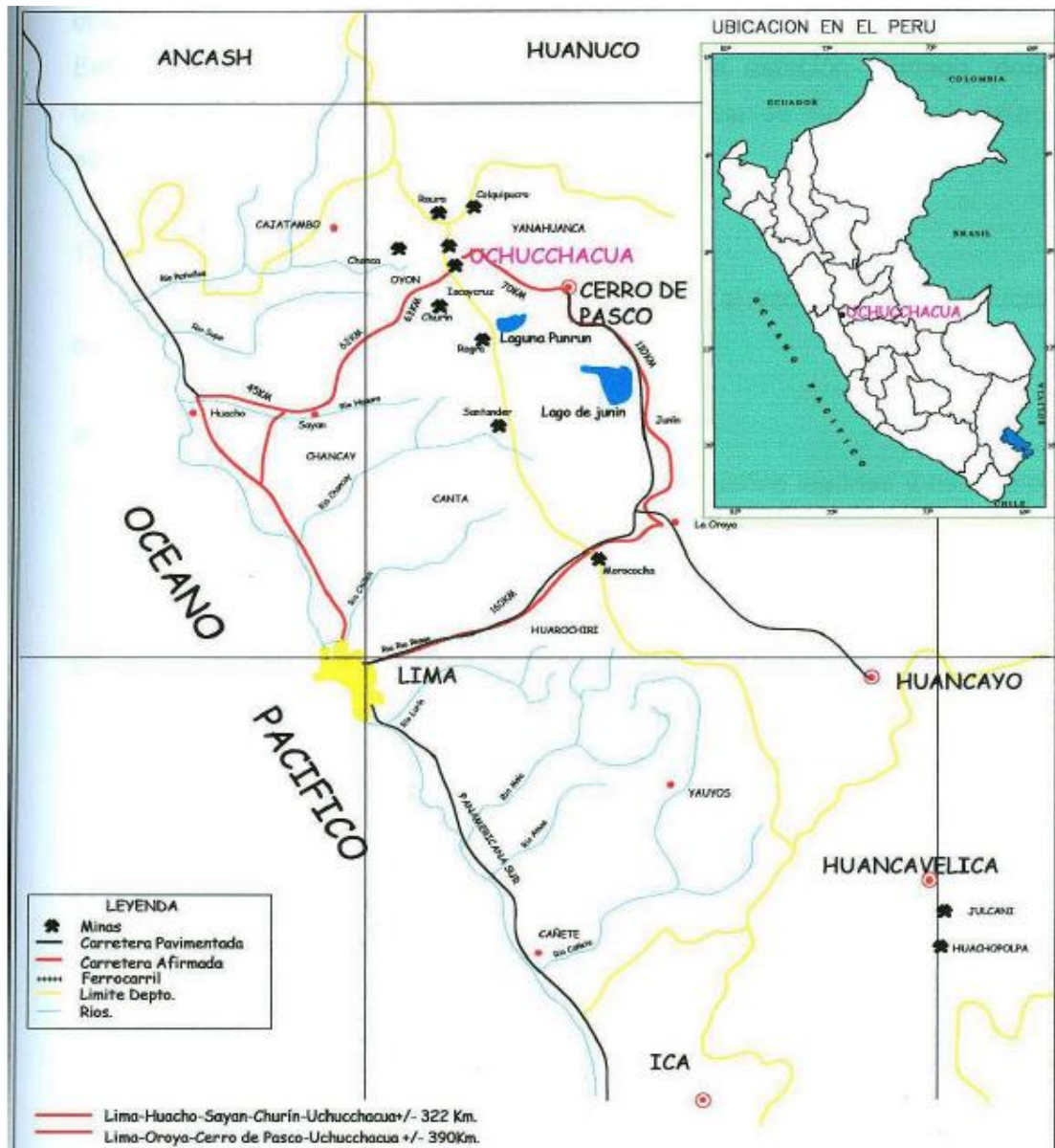
Existen dos vías de acceso hacia la unidad:

1.- La principal lo constituye el primer tramo Lima – Huacho de 152 Km., y Huacho – Sayán de 45 Km., posteriormente un tramo de Sayan - Churin de 62 Km., luego Churin - Uchucchacua de 63 Km; Totalizando 322 Km

2.- El segundo Acceso es el que une Lima – La Oroya – Cerro de Pasco de 320 Km., y de Cerro de Pasco - Uchucchacua de 70 Km; totalizando 390

m.

Ilustración 1. Plano de ubicación accesibilidad U.P. Uchucchacua



2.2.2. CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS

CLIMA

Frío, moderadamente lluvioso y con amplitud térmica moderada.

La media anual de temperatura máxima y mínima es 15.1°C y 4.1°C, respectivamente.

La precipitación media acumulada anual para el periodo es 520.3 mm.

TOPOGRAFÍA

Cuando la profundidad aumenta, el efecto de la topografía rugosa se reduce y las tensiones principales reasumen las mismas orientaciones que habrían tenido si la superficie de terreno fuese horizontal.

GEOLOGÍA

Uchucchacua es un depósito hidrotermal epigenético del tipo de relleno de fracturas (vetas), las cuales también fueron canales de circulación y reemplazamiento metasomático de soluciones mineralizantes que finalmente formaron cuerpos de mineral. La presencia de intrusivos ácidos, como pequeños stocks y diques, sugiere la posible existencia de concentraciones u ore bodies del tipo de metasomatismo de contacto, especialmente de zinc.

Geología Regional

Las rocas predominantes en la columna estratigráfica corresponden a las sedimentarias del cretáceo, sobre ellas se tiene a los volcánicos terciarios, e instruyendo a las anteriores se observan dos tipos de intrusivos. Coronando la secuencia figuran depósitos aluviales y morrenicos.

ESTRATIGRAFÍA

Grupo Goyllarisquizga.

Aflora entre la laguna Patón y Chacua, al NW y SE de este centro minero y ocupando algo más del 50 % del área observada; en él se ha diferenciado cinco unidades asignadas al cretáceo inferior.

- **Formación Oyón. (Ki-o).**

Conformado por una intercalación de lutitas gris oscuras, areniscas y capas carbonosas antracíticas muy disturbadas. Se reconoce una potencia de 400 mts. aflorando al NW Oyón. Se le asigna al valanginiano.

- **Formación Chimú. (Ki-Chim).**

Constituido por cuarcitas blancas con una porción superior de calizas con capas arcillosas y lechos carbonosos. Tiene una potencia de 400 a 600 mts., se le observa a lo largo del eje del anticlinal de Patón. Se le ubica en el valanginiano.

- **Formación Santa. (Ki-sa).**

Está representado por una serie de 120 mts. de calizas, lutitas azul grisáceas, y ocasionales nódulos de chert. Aflora al Oeste y Norte de la laguna Patón; se le considera del valanginiano.

- **Formación Carhuaz. (Ki-ca).**

Es una alternancia de areniscas finas y lutitas marrón amarillento y una capa superior de arenisca de grano fino y color rojo brillante. Su potencia es de 600 mts. y edad valanginiano superior a barremiano. Aflora en el flanco oeste del anticlinal de Patón.

- **Formación Farrat. (Ki-f).**

Representado por areniscas blancas con estratificaciones cruzadas, 20 a 50 m. de espesor; aflora al Nor-oeste de la laguna Patón. Pertenece al aptiano.

Grupo Machay.

- **Formación Pariahuanca. (Ki-Ph).**

Formado por un paquete de 50 m. de espesor consistente en calizas grises; afloran al Nor-oeste de la laguna Patón. Se le asigna al aptiano superior.

- **Formación Chulec. (Ki-Ch).**

Consta de 200 m. de margas, lutitas y calizas en característica estratificación delgada, que en superficie intemperizada tiene una

coloración marrón amarillento. Aflora al Nor-oeste de Patón; se le ubica en el albiano inferior.

- **Formación Pariatambo. (Ki-pt).**

Constituido por lutitas negras carbonosas y caliza bituminosa plegadas, se sospecha con contenido de vanadio (J.J. Wilson). Tiene una potencia de 50 m. y hacia el techo existe una alternancia con bancos delgados de silex. Están expuestas al Oeste y Nor-oeste de Patón; su edad es del albiano medio.

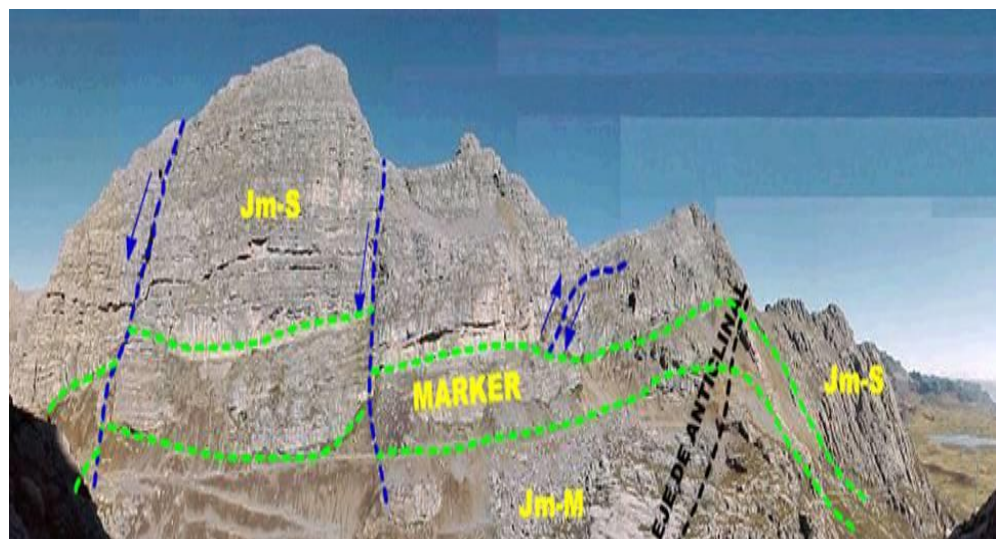
Formación Jumasha. (Ki-j).

Potente secuencia de calizas gris claro en superficie intemperizada y gris oscuro en fractura fresca. Constituye la mayor unidad calcárea del Perú Central; se le subdivide en tres miembros limitados por bancos finos de calizas margosas beige.

- **Jumasha Inferior. (J-i).**

Alternancia de calizas nodulosas con silex y calizas margosas que alcanzan los 570 m. de potencia. Se le ubica en el albiano superior-turoniano.

- **Jumasha Medio. (J-m).**



Calizas grises alternadas con calizas nodulosas y algunos horizontes margosos. Se le estima 485 mts. de grosor y se le asigna al uroniano.

Ilustración 2. Formación de calizas jumasha

- **Jumasha Superior. (J-m)**

Calizas de grano fino con una base de esquistos carbonosos, coronados por calizas margosas beige. Se le estima una potencia de 405 mts. y se le ubica en el turoniano superior. Es el techo del Jumasha.

Los afloramientos del Jumasha son los más extendidos en el área, y ha sido posible diferenciarlos dada la ubicación de muchos horizontes fosilíferos guías.

Formación Celendín. (Ks-c).

Es una alternancia de calizas margosas, margas, blancas y lutitas calcáreas nodulares marrón, que sobre yacen concordantemente al Jumasha. Se ha diferenciado dos miembros ubicados entre el coniaciano y santoniano.

- **Celendín Inferior. (C-i)**

Conformado por calizas margosas amarillentas en alternancia con lutitas calcáreas de un grosor de 100 m. que en la base se muestran finamente estratificadas.

- **Celendín Superior. (C-s)**

Está formado por lutitas y margas marrones grisáceo de 120 m. de potencia. Ambos miembros afloran flanqueando al anticlinal de Cachipampa, al oeste y Este de Uchucchacua.

Formación Casapalca. (Kti-ca).

Sobreyace ligeramente discordante sobre el Celendín y está constituido por lutitas, areniscas y conglomerados rojizos, con ocasionales

horizontes lenticulares de calizas grises. Su suavidad y fácil erosión ha permitido la formación de superficies llanas tal como se observa en Cachipampa. Se le estima una potencia de 1,000 m. y su edad probable es post-santoniano.

Volcánicos.

Los volcánicos Calipuy (Ti-Vca) se encuentran discordantemente sobre la formación Casapalca y son un conjunto de derrames andesíticos y piroclásticos de edad terciaria. Su espesor está estimado en 500 m y afloran al norte de la zona de Uchucchacua.

Intrusivos.

Pórfidos de dacita forman pequeños stocks de hasta 30 m de diámetro. Existen, además, diques y apófisis de dacita distribuidos irregularmente en el flanco occidental del valle, afectando a las calizas Jumasha-Celendín, principalmente en las áreas de Carmen, Socorro, Casualidad y Plomopampa. Los intrusivos forman aureolas irregulares de metamorfismo de contacto en las calizas. A. Bussell hace mención de diques riolíticos al norte de Uchucchacua, que intuyen a los volcánicos Calipuy.

Cuaternarios

- **Depósitos Morrènicos. (Q-mo)**

Encima de los 3,800 m.s.n.m, el área sufrió los efectos de la glaciación pleistocènica, formando valles en “U”, en cuyo fondo y laderas se depositaron morrenas que en muchos casos representaron el hielo fundido.

En otras áreas las morrenas cubren las capas rojas; estos depósitos están conformados por un conjunto pobremente clasificado de cantos grandes en matriz de grano grueso a fino generalmente anguloso y estriado.

- **Depósitos Aluviales. (Q-al)**

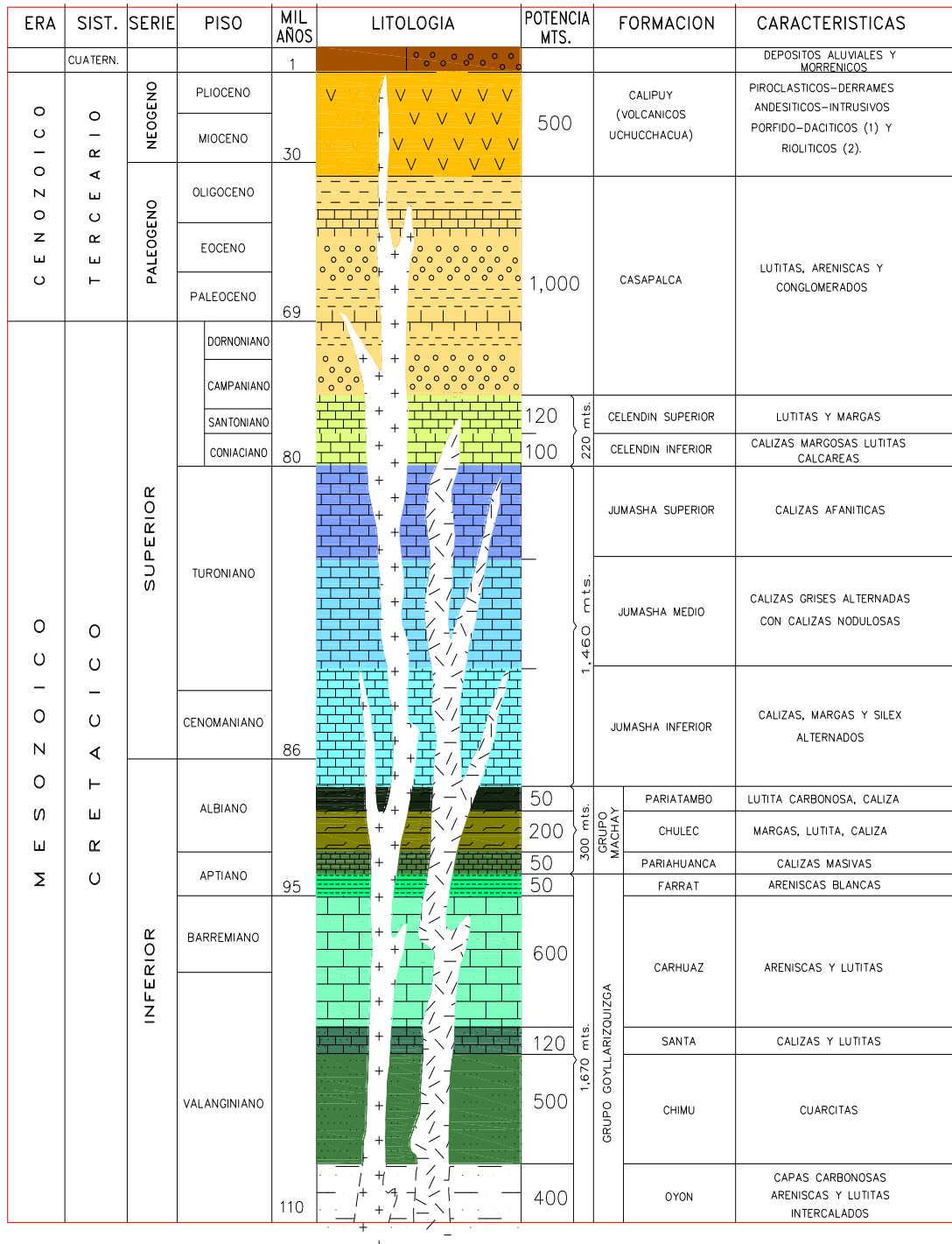
Están ampliamente extendidos y son de varios tipos como; escombros de ladera, flujos de barro, aluviales de río.

La naturaleza de estos elementos es la misma de las unidades de roca circundante.

El aspecto estructural es de suma importancia en UP. Uchucchacua y así lo refiere el siguiente extracto: “La génesis del yacimiento de Uchucchacua está relacionado con una estructura geológica principal de nuestros Andes, evidenciada por los cuerpos intrusivos de Raura, Uchucchacua, Chungar, Morococha y otros. Es también evidente que esta actividad magmática ha traído consigo la formación de yacimientos minerales importantes. Al respecto conviene anotar que la composición de las rocas intrusivas encontradas en Uchucchacua son de acidez intermedia, similar a la de tantos otros intrusivos relacionados con yacimientos minerales en el Perú”. (Ing. A. Benavides - abril, 1974).

Las principales estructuras son del sistema NE – SW y las tensionales son del sistema EW – NW.

Ilustración 3. Columna estratigráfica de la UP. Uchucchacua



Pliques

Las fases compresivas han plegado los sedimentos cretácicos y formado los anticlinales de Cachipampa, Pacush y Patón, en una orientación NW-SE, inclinados hacia su flanco occidental. En menor magnitud, existen zonas disturbadas locales siempre asociadas a los plegamientos mayores.

Sobre escurrimientos

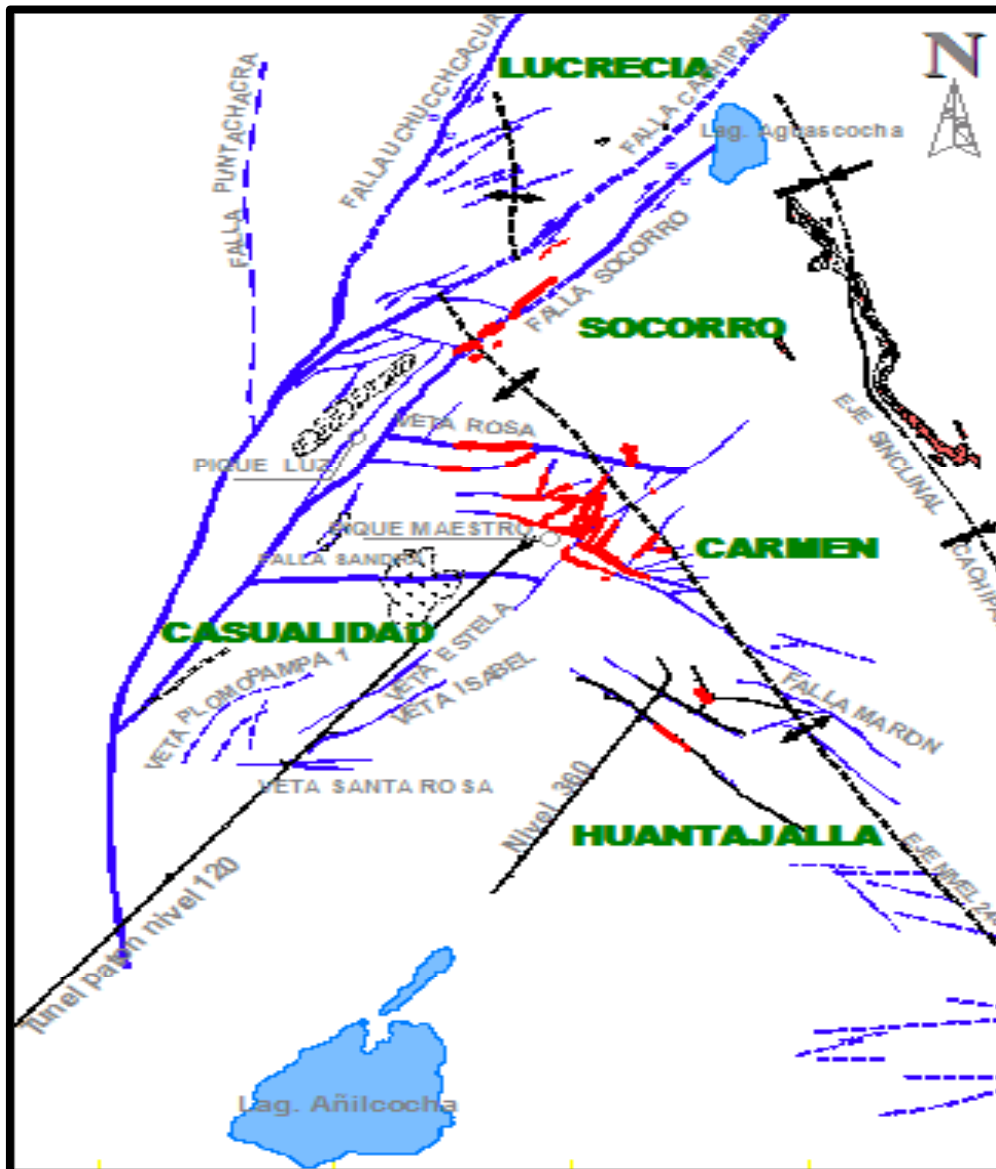
En el área de Uchucchacua, la secuencia cretácica presenta una base “lubricante” constituida por las lutitas Oyón, que permitió la configuración de pliegues invertidos y sobre escurrimientos por esfuerzos compresivos. Producto de este fenómeno se tiene el sobre escurrimiento de Colquicocha, que pone a “cabalgar” a la formación Jumasha sobre la formación Celendín. Hacia el NO, el sobre escurrimiento Mancacuta pliega a la formación Chimú sobre las margas Celendín.

Fallas

El área ha sido afectada por numerosas fallas, en diversas etapas. A nivel regional, se observa que las fallas de mayor magnitud son transversales al plegamiento y se desplazan en ese sentido, aunque también los movimientos verticales son importantes.

Tabla 1. Fallas principales del Yacimiento Uchucchacua.

| FALLAS PRINCIPALES YACIMIENTO UCHUCCHACUA | | | | | |
|---|-------|------------|---------------|-----|-----------|
| | RUMBO | BUZAMIENTO | DIP-DIRECCION | DIP | TIPO |
| FALLA PUNTACHACRA | NS | 78E | 90 | 78 | DEXTRAL |
| FALLA UCHUCCHACUA | N30E | 80NW | 300 | 80 | DEXTRAL |
| FALLA CACHIPAMPA | N55E | 85NW | 325 | 85 | DEXTRAL |
| FALLA SOCORRO | N40E | 82NW | 310 | 82 | DEXTRAL |
| FALLA MANCACUTA | N45E | 85NW | 315 | 85 | DEXTRAL |
| FALLA ROSA | S80E | 80SW | 190 | 80 | SINEXTRAL |
| FALLA SOCORRO 1 | N85W | 60NE | 175 | 60 | DEXTRAL |
| FALLA ANDREA | EW | 83S | 180 | 83 | DEXTRAL |
| FALLA SANDRA | EW | 80N | 360 | 80 | DEXTRAL |



2.2.3. GEOLOGÍA DE LOS DEPÓSITOS MINERALES

Sistemas de vetas

Entre las fallas Uchucchacua, Cachipampa y Socorro es posible definir tres sistemas de veta:

Sistema NW-SE:

Predomina mayormente en el área de Socorro. A este pertenecen las vetas Camucha, Lucero, Dora, V-3, Doris, Socorro 1, las cuales se encuentran limitadas entre las fallas Uchucchacua y Cachipampa.

Sistema E-W:

Controla el fracturamiento NW-SE y EN-SW. Estas vetas tienen rumbos entre N 80° E y E-W. Sus buzamientos tienden a ser verticales. Sus zonas de oxidación profundizan considerablemente y pasan, a veces, los 300 m. Las vetas de este sistema son: Rosa, Sandra, Rosa 2, Consuelo, Karla, Silvana, etc.

Sistema NE-SW:

Es el sistema dominante, sobre todo al sur de la zona de producción. Las exploraciones al sur de la veta Rosa toman el rumbo de las vetas de este sistema, las cuales se disponen alrededor de los intrusivos observados en superficie en el área de Casualidad. Son de relativa larga longitud, ya que se las observa desde el campamento Plomopampa. Son sinuosos, con ramales secundarios, zonas de angostamiento y ensanchamiento. A este sistema pertenecen las vetas Luz, Casualidad 1, 2, Victoria, Claudia, Plomopampa 1, 2 y sistema Huantajalla.

Sistemas cuerpos

Se diferencia los cuerpos de metasomatismo de contacto, cuyas características principales son su forma irregular, su relación estrecha con los intrusivos del área, la conformación de skarn con granates, marmolización y mineralización diseminada de blenda, calcopirita y galena. Hasta el momento, no se ha determinado concentraciones importantes de este tipo, pero se conoce algunas de segunda importancia económica, entre vetas Luz y Luz 1 del nivel 4550 al nivel 4450, otro en la cortada 976 y en los niveles 4550 y 4450, cerca del pique. Asimismo, en el nivel 4450 de Casualidad.

En la mina Socorro, los principales cuerpos de reemplazamiento metasomático son los del sistema Lucero, con caracteres estructurales y

mineralógicos diferentes de los de la mina Carmen, donde predominan los carbonatos como matriz (calcita, rodocrosita), fina diseminación de pirita, galena, esfalerita, puntos de plata roja, alabandita.

MINERALOGÍA

La mineralogía de la zona Socorro es muy compleja, con una rica variedad de minerales tanto de mena como de ganga, entre los que tenemos:

- **Mineral de Mena**

Proustita, Pirargirita, Esfalerita, Marmatita, Jamesonita, Chalcopirita.

- **Mineral de Ganga**

Pirita, Alabandita, Rodocrosita, Calcita, Estibina, Oropimente, Rejalgar.

MINERÍA

2.2.4. MÉTODOS DE MINADO

Los métodos de minado deben ser adecuados a las condiciones naturales del yacimiento, de tal manera que el minado sea técnicamente factible. La factibilidad técnica debe ser complementada con una evaluación económica de los métodos de minado, para asegurar una factibilidad técnica – económica óptima.

Las condiciones naturales del yacimiento, en los cuales se presentan las características: geológicas, morfológicas (forma, potencia, rumbo y buzamiento, y profundidad debajo de la superficie); Geomecánica (calidad de la masa rocosa de las cajas y del mineral, resistencia de la roca y esfuerzos), y de la presencia del agua subterránea.

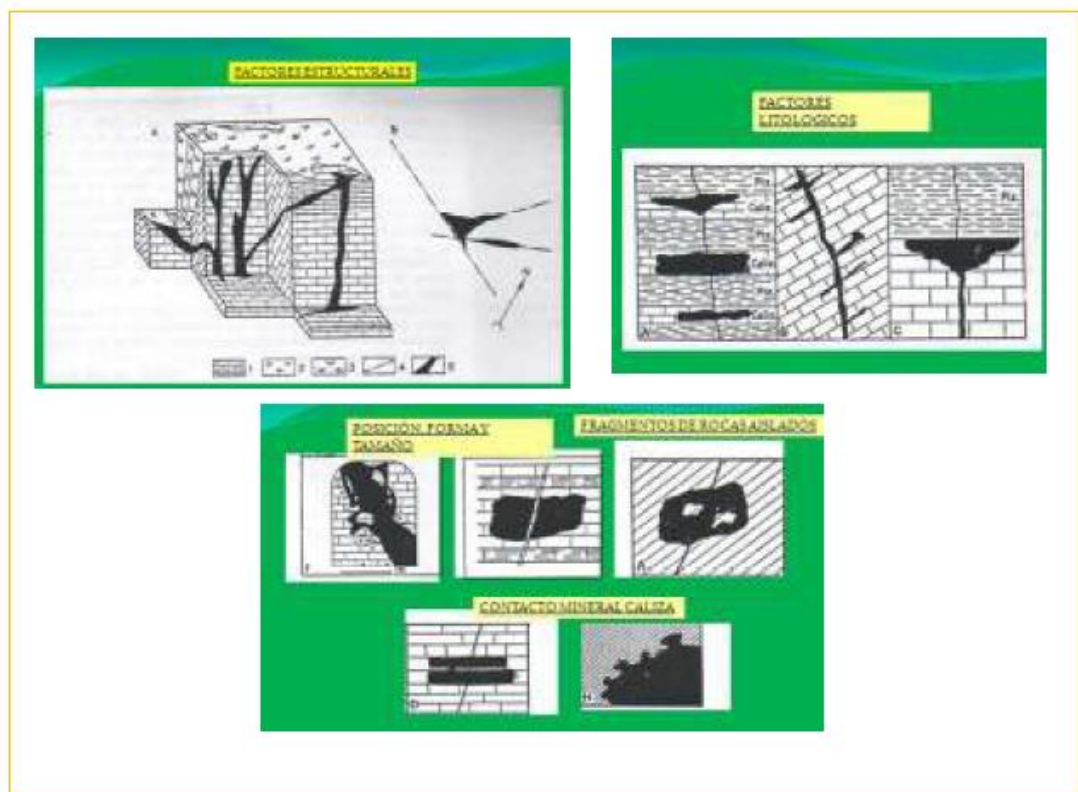
El proceso de los diferentes métodos de minado subterráneo, que son los métodos de “tajeos por subniveles”, “cámaras y pilares”, “corte y relleno” los

cuales han sido adaptados a las condiciones naturales encontradas en el yacimiento.

También se considera el método “tajeos y pilares”.

Por ser un yacimiento tan irregular en sus formas y tamaños ver la siguiente figura y además el mineral de plata tiende a ser selectivo con el método de explotación, el que más se aplica es el corte y relleno ascendente (cut & fill).

Ilustración 5. Diferentes formas y tamaños irregulares de las vetas – cuerpos.



Corte y Relleno Ascendente (Cut & fill)

Es un método ascendente (realce) aplicado en nuestro yacimiento en un 100%. El mineral es arrancado por franjas horizontales y/o verticales empezando por la parte inferior de un tajo y avanzando verticalmente. Cuando se ha extraído la franja completa o una de las partes, se rellena el volumen correspondiente con material (relleno detrítico de los desarrollos y

preparaciones en un 80% y RH en un 20%), que sirve de piso de trabajo a los obreros y equipos y al mismo tiempo permite sostener las paredes del Tajeo, las paredes y el techo en general nosotros aplicamos el sostenimiento artificial.

La explotación de corte y relleno es utilizada en yacimientos que presenten las siguientes características:

- Fuerte buzamiento, superior a los 50° de inclinación, caso Uchucchacua van de 60° a 85°.
- Características físico - mecánicas del mineral y roca de caja relativamente regular a mala.

En nuestro yacimiento las rocas van de Regular III a roca Mala IV tanto las rocas encajonantes calizas y techo dentro de la estructura mineralizada.

- Potencia moderada, que van en forma de vetas de 2.7m a 5m en tajeos con maquina chica y en forma de cuerpos en tajeos mecanizados con jumbos de 6 m hasta potencias de 12m.
- Limites regulares del yacimiento, los límites son bloqueados con subniveles y chimeneas.

Explotación Rampa por Veta

Es aplicable en aquellas vetas que quedan fuera del alcance de las rampas de acceso, entre niveles, y que por su valor económico no es factible construir una rampa propia. Este método es aplicable a cuerpos vetiformes de potencia, rumbos y manteo variable y con cajas de baja calidad geotécnica.

DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

El sistema de explotación rampa por veta, también es un método por realce. Se diferencia de este último, en que el piso es llevado en rampa.

Consiste en dividir un block de explotación en triángulo inferior y superior. La explotación se inicia con el triángulo inferior desde la chimenea de ventilación hacia el acceso.

A medida que el levante es realizado la chimenea de ventilación desaparece, de esta manera se va formando la rampa hasta que su pendiente llega +15%, que su máximo valor.

Una vez lograda la máxima pendiente, la explotación del triángulo inferior concluye. En esta parte de la explotación la rampa está conectada al nivel superior y se comienza la explotación del triángulo superior.

Ahora la explotación se realiza accediendo desde el nivel superior, invirtiendo de este modo el sentido de operación.

Conjuntamente con la explotación del triángulo superior se construye una chimenea "falsa" sobre el relleno, de modo de mantener abierto de circuito de ventilación. La extracción termina cuando la rampa ha logrado la horizontal y con ello concluye la explotación del block, quedando construida la labor sobre el relleno.

El método de explotación Corte y Relleno Ascendente Mecanizado

Con relleno hidráulico y detrítico, su acceso es por rampas de 3.0 x 3.0 m. con +15% de gradiente, ventanas negativas - 17% de gradiente a la veta para batir hasta 30m de encampane.

La limpieza y extracción de mineral se realiza utilizando scoops diésel de capacidad nominal de 2.2, 3.5, 4 yardas cúbicas de cuchara y en los tajeos angostos scoops eléctricos de 1.5 y 3 de capacidad.

El método de explotación Corte y Relleno Ascendente Convencional

Con relleno hidráulico, su acceso es por chimeneas de acceso sección 2.1 x 2.1 m.

La limpieza y extracción de mineral se realiza utilizando scoops diésel hacia el ore pass y es extraído por un nivel inferior por carros mineros y en algunos tajos por dumpers de 15 tn.

El Método de Explotación por Subniveles Ascendentes con Taladros Largos

Consiste en arrancar el mineral a partir de subniveles de explotación mediante disparos efectuados en planos verticales, con taladros positivos paralelos, rellenándolos en forma ascendente.

La preparación consiste en ejecutar una rampa central de acceso a los subniveles de perforación, que tienen una altura de banco de 10 metros. La limpieza de mineral se realiza con scoop con telemando mediante echaderos comunicados en la longitud del tajo.

Este método de explotación tiene impacto favorable en la seguridad, por minimizar la exposición del personal a la excavación del tajo, realizando todo el ciclo bajo techo seguro.

DETALLES DE DISEÑO

A partir de la rampa de profundización se preparan cruceros de acceso a la veta mineralizada, siendo la altura entre niveles de 60 m. al llegar a la veta se dimensiona y preparan galerías para la explotación.

Como labores de preparación a partir de las galerías se hacen chimeneas, caminos y chimeneas de ventilación; luego se preparan ventanas de extracción hacia el ore pass de mineral, distancia de 10m, con una sección de 3.0 x 3.0 m.

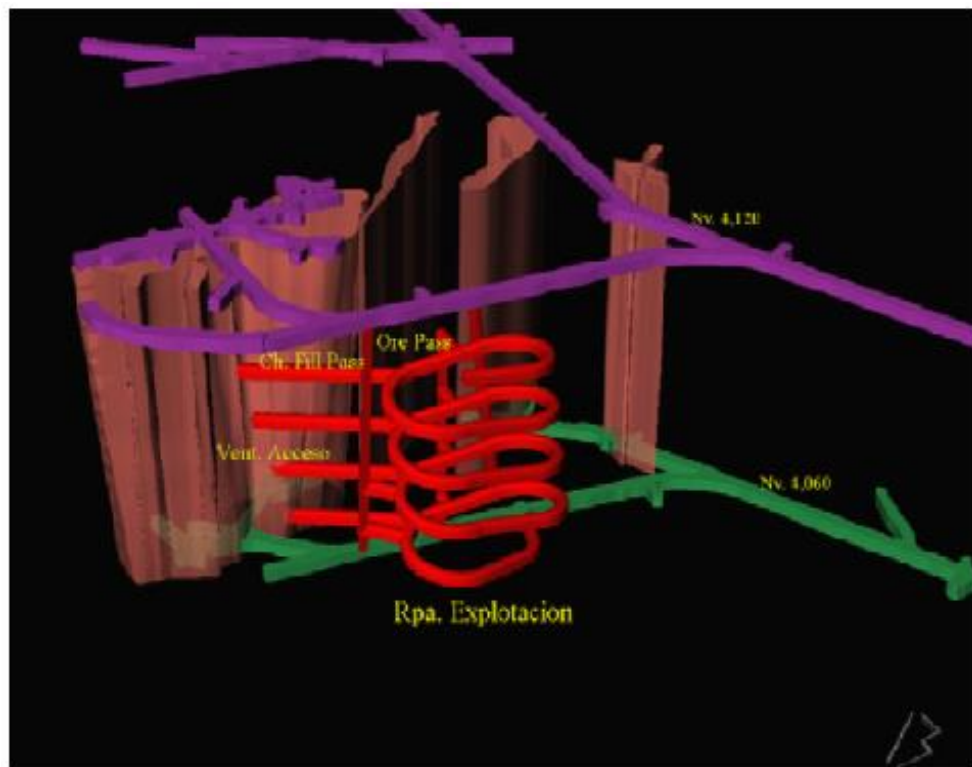
Se utilizan perforadoras Jack leg en los avances lineales y stoper para perforaciones verticales en la explotación y taladros de 6 pies de profundidad.

Después de los disparos se limpia el mineral roto y luego se procede con el relleno hidráulico hasta obtener una altura de perforación de 2.40 m.

Se construyen chimeneas de acceso para los tajeos, a fin de facilitar la ventilación. Después del disparo, la evacuación de gases es por las chimeneas que conectan de nivel a nivel hasta superficie manteniendo con aire fresco los caminos de transito de personal.

Asimismo, se tiene chimeneas Raise Climber de 3.0m x 3.0m, 2.1m x 2.1 m. para superficie e interior mina, exclusivamente para ventilación de la mina.

Después de la ventilación, ingresan los scoops a efectuar la limpieza, el mineral es transportado con scoops directamente a los ore pass, o a buzones de mineral para luego ser extraído y cargado en camiones de bajo perfil



(dumper) hasta los bolsillos del pique para luego transportarlo con carros

mineros de 10 tn cada uno accionados por locomotoras a planta concentradora. Mostramos los esquemas y diseño del ciclo de minado.

Ilustración 6. Gráfico en 3D método de explotación corte y relleno ascendente.

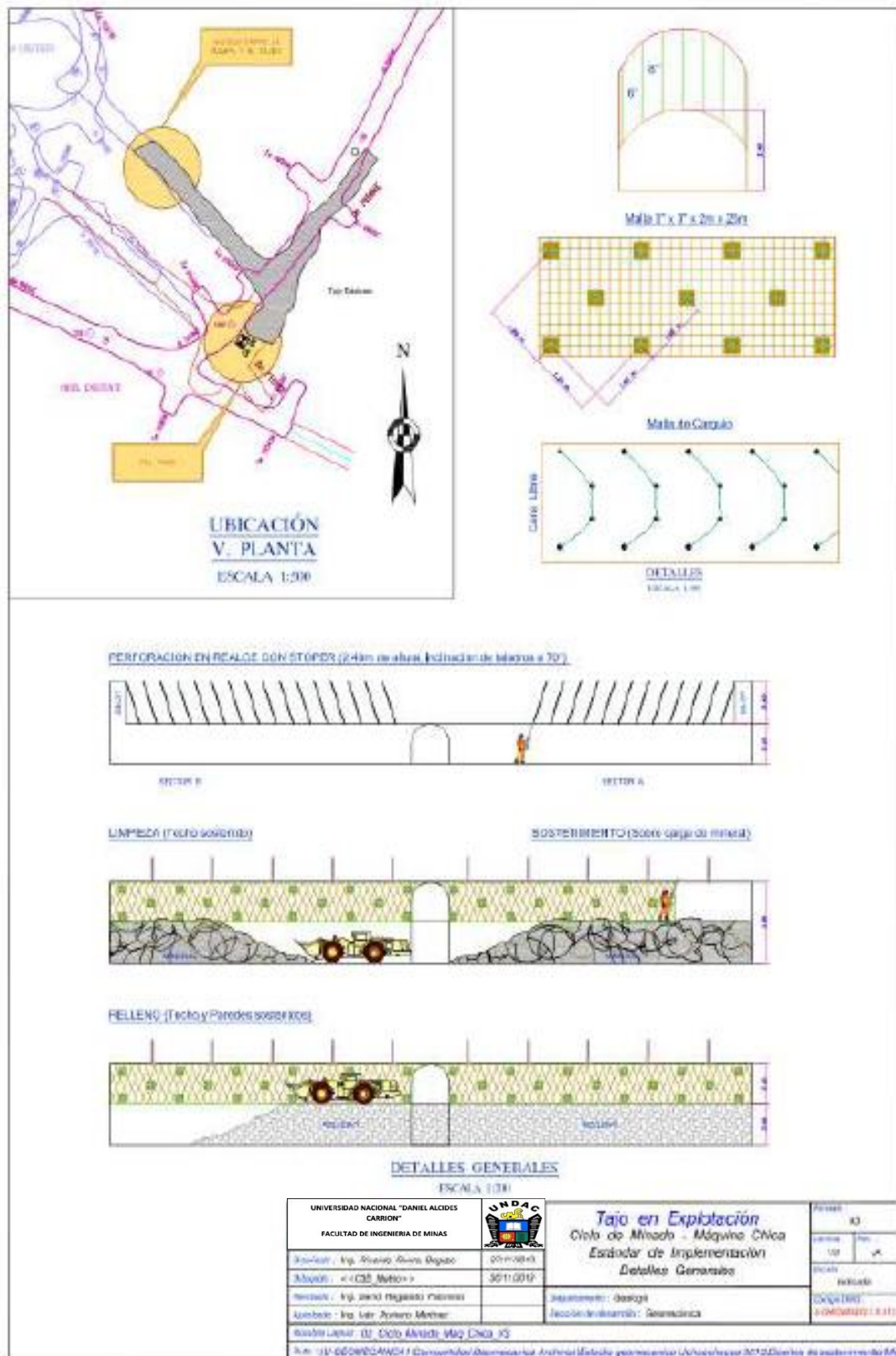


Ilustración 7. Ciclo de minado en tajos con máquina chica (jack leg – stoper).

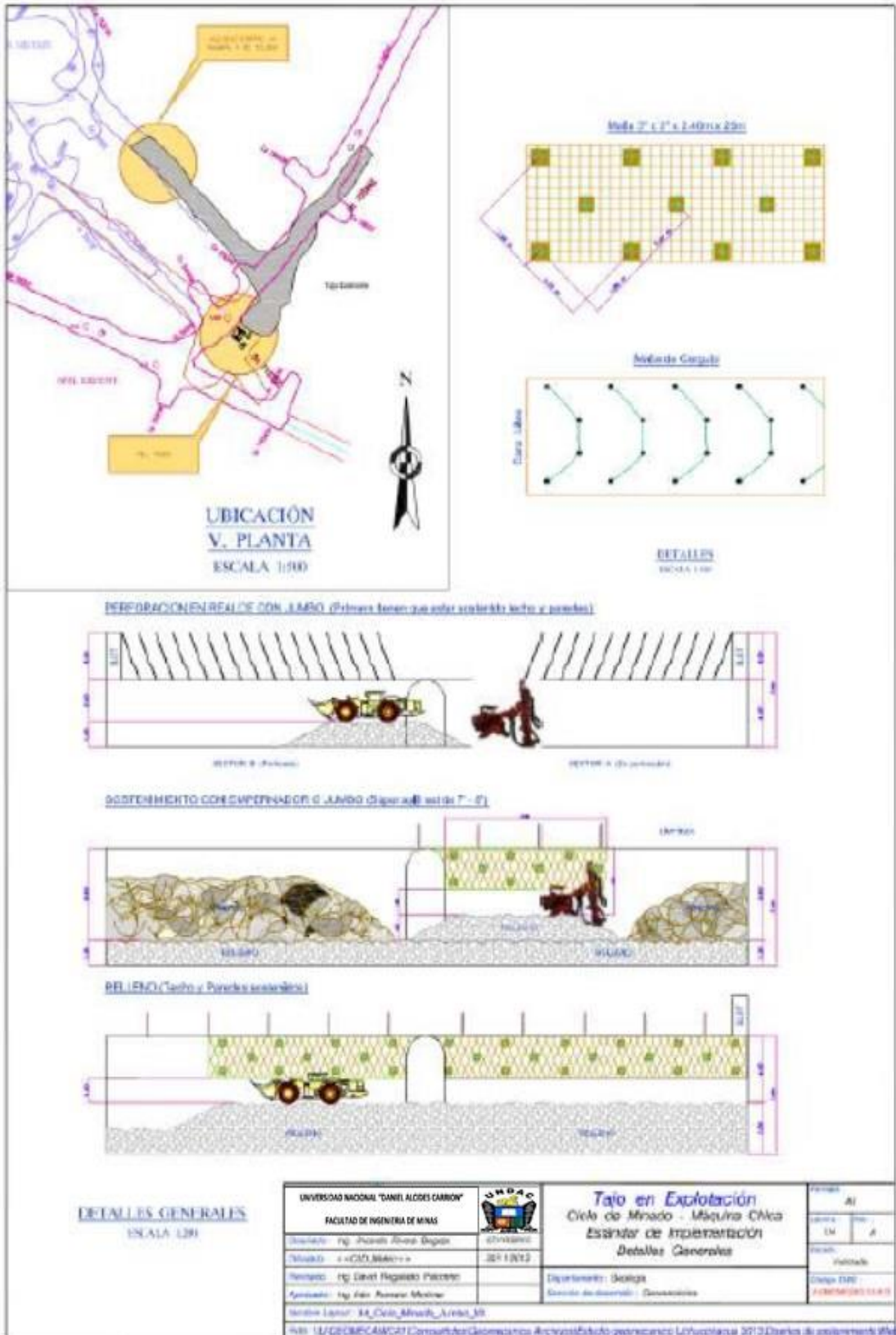


Ilustración 8. Ciclo de minado con equipo Jumbo – Bolter.

2.2.5 CARACTERIZACIÓN DE LA MASA ROCOSA

2.2.5.1. Mapeo Geoestructural

Esta labor es realizada por el área de geología - geomecánica que tratar de mantener actualizada esta información por lo menos para todas las labores permanentes y temporales. Esta información es valiosa, en el sentido de que se dispondrá de elementos de juicio que apoyen a la toma de decisiones sobre las diferentes variables geomecánicas asociadas al minado.

2.2.5.2. Mapeo Geomecánico

La fuente principal de datos para la caracterización de la masa rocosa, fueron las labores subterráneas existentes y los testigos rocosos de las perforaciones diamantinas en algunos casos llevadas a cabo como parte de los trabajos de exploración, desarrollo, preparación y tajos en explotación del yacimiento (minas Socorro, Carmen y Huantajalla-Casualidad). En ambos, labores subterráneas y testigos rocosos, se llevó a cabo un registro o mapeo geomecánico sistemático.

El mapeo geomecánico de la masa rocosa de las labores subterráneas, se realizó utilizando el "método directo por celdas de detalle" y el mapeo de los testigos rocosos, utilizando el "método directo por líneas en detalle". Mediante estos métodos se realizaron mediciones sistemáticas de las discontinuidades presentes en una estación de medición (En), o en un tramo geotécnico, representadas por una extensión variable de la roca expuesta. Los parámetros de observación y medición, fueron obtenidos en formatos de registro

diseñados por el área geomecánica para esta evaluación, adecuándolos a las normas sugeridas por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM).

Estos parámetros fueron: tipo de roca, tipo de sistema de discontinuidad, orientación, espaciado, persistencia, apertura, rugosidad, tipo de relleno, espesor del relleno, intemperización y presencia de agua. Adicionalmente se registraron datos sobre la resistencia de la roca con soporte de uso de la instrumentación geomecánica como es el martillo Smith y equipo de carga puntual y la frecuencia de fracturamiento.

Durante el mapeo geomecánico de exposiciones rocosas subterráneas, también se registraron las discontinuidades principales (fallas), las mismas que fueron puestas en los planos geológicos estructurales que se presentan en la información disponible y desarrollada, por el departamento de Geología y geomecánica.

2.2.6. CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE LA MASA ROCOSA

La caracterización de la masa rocosa de las labores quedará definida por los planos litológicos estructurales que elaboren el Departamento de Geología-Geomecánica y la calidad de la masa rocosa determinada en el mapeo geomecánico. Se tiene establecido un código de colores para designar rangos de calidad de masa rocosa, utilizando el criterio de clasificación de Bieniawski (1989), el cual contempla 5 clases de rocas según los valores de RMR (Rock Mass Rating): Clases I, II, III, IV y V, respectivamente correspondientes a rocas de calidad Muy Buena, Buena, Regular, Mala y Muy Mala.

Para clasificar geotécnicamente a la masa rocosa se utilizó la información desarrollada precedentemente, aplicando los criterios de clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR – Valoración del Macizo Rocoso – 1989), Barton y Colaboradores (Sistema Q – 1974) y Marinos & Hoek (GSI – Geological Strength Index – 2002).

De acuerdo a la caracterización del macizo rocoso de las calizas según criterio Bieniawski (1989) el RMR oscila de 42 – 54 (como calidad regular tipo III en un 60%), con RMR de 32 – 40 (como calidad mala tipo IV en un 20%), con RMR que oscila de 61 a 65 (como calidad buena tipo II en un 20%), de igual manera se presenta en la mineralización con dichas calidades y porcentajes.

Los parámetros de la clasificación geomecánica fueron obtenidos durante el mapeo geotécnico de la masa rocosa de las labores permanentes (galerías, cruceros, rampas) y temporales (tajos, rampas, accesos) de los tres sectores minas (Socorro, Carmen y Huantajalla).


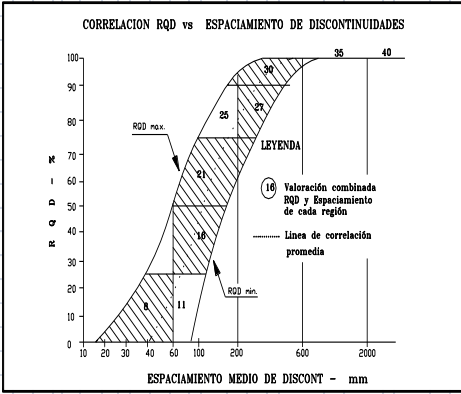
| | | | | | |
|---|--|---|---|---|--|
|  UCH-GEOL-402 MAPEO GEOMECANICO CIA. DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A U.P. UCHUCHACUA | | LUGAR: Miná Socorro NIVEL: 3850 LABOR: GI 665 NE | POR: ACG FECHA: 17/08/2013 | | |
| Nº ESTACION 13 | | ORIENTACION DE LA CARA RUMBO. BUZAMIENTO DESEDE. HASTA | | TRAMO VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.) | |
| TIPO DE ROCA A % B % C % Cz 100 | | FRECUENCIA FRACTURA Nº Fract. / mt. | | PARAMETRO RANGOS DE VALORES VALOR ESTIMADO | |
| TIPO ESTRUC. D 101 84 0.2-0.6 Ok <1mm D 151 80 0.2-0.6 Ox <1mm D 70 80 0.2-0.6 Ca <1mm D 251 43 0.06-0.2 Ca <1mm D 60 60 0.06-0.2 Ca <1mm | | RELLENO TIPO ESPESOR(mm) COMENTARIOS | | CONDICION DE RUGOSIDAD JUNTAS RELLENO ALTERACION AGUA SUBTERRANEA | |
| | | | | VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) = 57 CORRECCIONES = -12 VALOR CORREGIDO RMR = 45 | |
| | | | | CLASE DE MACIZO ROCOSO RMR DESCRIPCION | |
| | | | | III | |
| GRADO INDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACION DE CAMPO R1 Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desconcha con una cuchilla R2 Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta) R3 No se rayan ni desconcha con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo R4 La muestra se rompe con mas de un golpe del martillo R5 Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra R6 Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo | | RANGO RESIS. COMP. Mpa 10 - 5.0 5 - 25 25 - 50 50 - 100 100 - 250 > 250 | | DIRECCION PERPENDICULAR ALEJE DEL TUNEL EXCAVACION HACIA EL TUNEL EXCAVACION CONTRA EL TUNEL BUZAMIENTO Muy Favorable Favorable Regular Desfavorable | |
| GRADO INDICE DE ALTERACION DESCRIPCION I SANA II LIGERO III MODERADA IV MUY ALTERO V DESCOMP. | | DIRECCION PARALELA ALEJE DEL TUNEL ALEJE DEL TUNEL BUZAMIENTO Muy Desfavorable Regular | | BUZAMIENTO 0°-20° CUALQUIER DIRECCION Desfavorable | |
| | |  | | ABREVIACION DE TIPO DE ROCA Cz Caliza Ca Calota Ox Orido Min Mineral Ar Arolla | |
| | | | | ABREVIATURAS DE TIPOS DE ESTRUCTURAS D Diadasa Fa Falla Ct Contacto E Estrato M.F. Micro Falla | |

Tabla 2. Formato de mapeo geomecánico utilizado por el área geomecánica.

2.2.7. ZONIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE LA MASA ROCOSA

En base a la información del mapeo geomecánico y también teniendo en cuenta la información litológica estructural, se zonifica una determinada labor, según la calidad de roca, para su adecuado sostenimiento. Además,

toda la información básica es almacenada convenientemente en un archivo geomecánico ordenado por cada mina.

Ilustración 9. Plano geomecánico de una galería en desarrollo y sostenimiento.

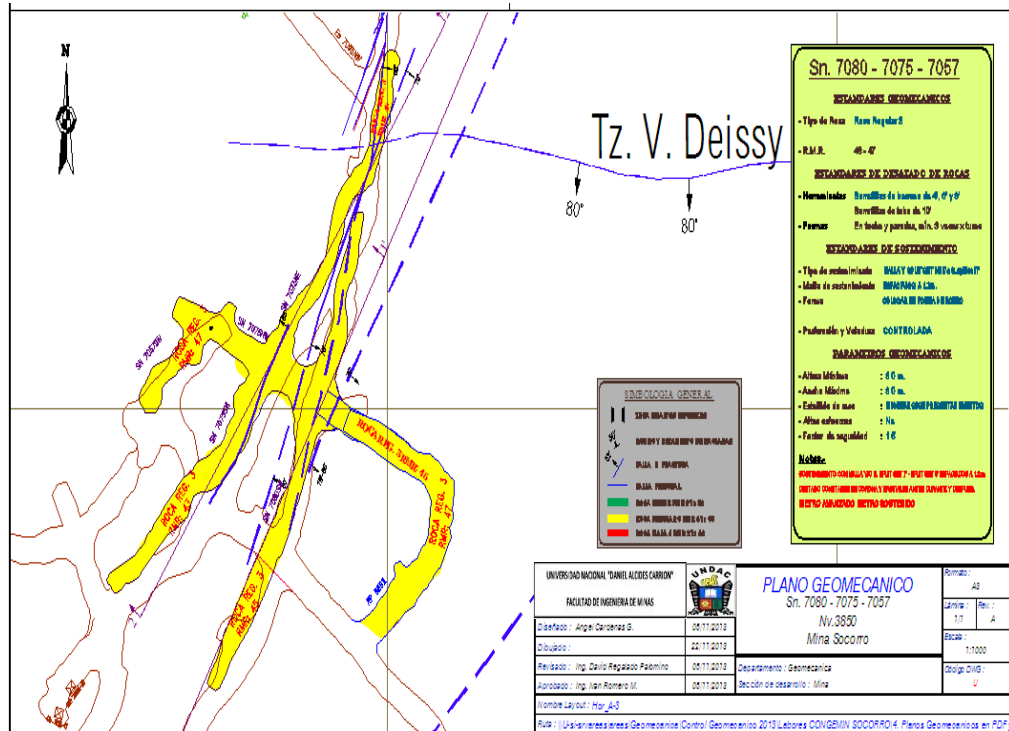
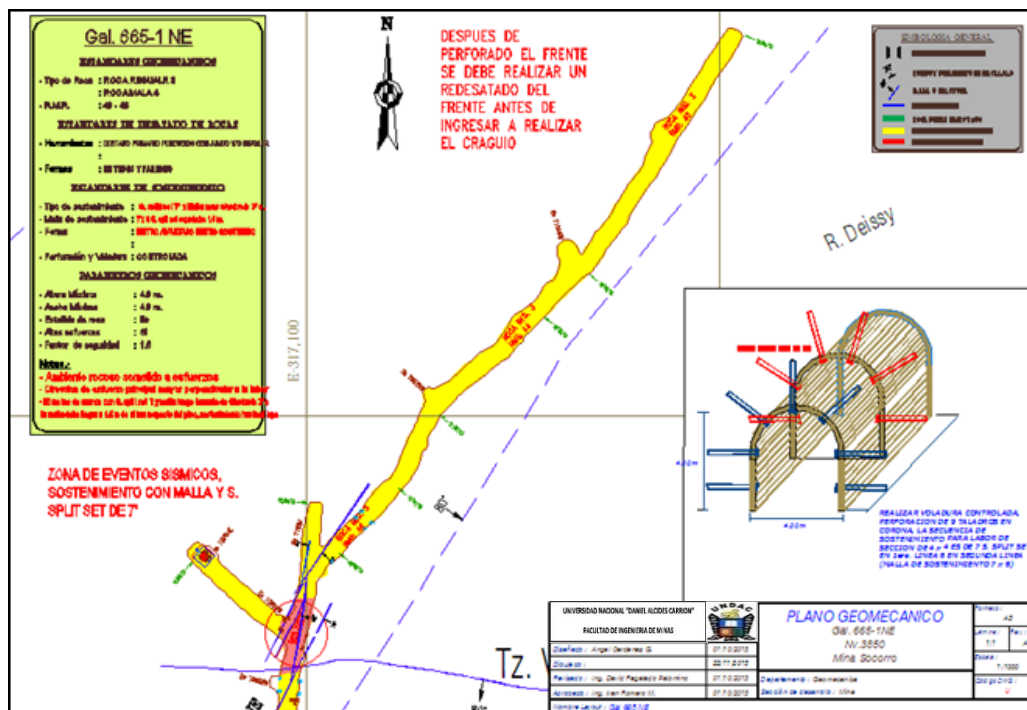


Ilustración 10. Plano geomecánico del Nv. 3850, inicio de reconocimiento y proceso de sostenimiento.



2.2.7.1. Aplicaciones de la información básica

Todas estas aplicaciones pueden ser realizadas en una determinada mina, dependiendo de las características del minado. En la UP. Uchucchacua, por el momento, las aplicaciones inmediatas que tiene relevancia son:

- Definir las orientaciones favorables de las excavaciones y de los pilares rocosos para mejorar las condiciones de estabilidad de los mismos.
- Definir las aberturas máximas y tiempos de auto sostenimiento de las excavaciones, que llevarán a establecer estándares de dimensiones de tajeos por calidades de roca.
- Establecer las secuencias de avance de la explotación más convenientes desde el punto de vista de la estabilidad de las excavaciones, tanto a nivel local como a nivel global.
- Determinar los requerimientos de sostenimiento de las labores mineras (tajeos y labores de avance), que llevarán a establecer estándares de sostenimiento en calidad y cantidad por calidades de roca.
- Evaluar situaciones particulares de minado, mediante simulaciones o modelamientos numéricos, como: pilares, puentes, losas, etc.
- Seleccionar y diseñar métodos de explotación en zonas nuevas del yacimiento.

- Implementar mediciones instrumentales para monitoreos diversos del comportamiento de la roca involucrada con las labores mineras.
- Sobre la definición de las orientaciones favorables de las excavaciones y de los pilares rocosos para mejorar las condiciones de estabilidad de los mismos, las técnicas utilizadas están basadas en la utilización del criterio de clasificación geomecánica de Bieniawski (1989), el cual es del dominio del personal de la UP. Uchucchacua.

En cuanto a las aberturas máximas, los métodos de cálculo por el momento están basados en los criterios de clasificación geomecánica de la masa rocosa de Bieniawski (1989) y Barton (1974). En relación a los tiempos de auto sostenimiento, las técnicas existentes son conservadoras, el mejor método es elaborar mediante correlación estadística gráficos propios para Uchucchacua, en base a registros de calidades de roca, dimensiones de tajeos y tiempos de auto sostenimiento.

En cuanto a la determinación de los requerimientos de sostenimiento de las labores mineras (tajeos y labores de avance), en esta oportunidad se ha avanzado en la elaboración de estándares de sostenimiento en calidad y cantidad por calidades de roca. Adjunto a la presente tesis como se presentan estos estándares en forma de una cartilla geomecánica que cada año se vienen mejorando conforme progresa el programa geomecánico.

Tomando como referencia el criterio de cálculo de acuerdo al manual geomecánico elaborado por el área geomecánica.

Sobre la evaluación de situaciones particulares en el proceso de sostenimiento, mediante simulaciones o modelamientos numéricos, como: pilares, puentes, etc., se viene utilizando el software “PHASES 2 v.5 de Rocscience. Este software es apropiado para ser utilizado como herramienta de simulación y cálculo para estos propósitos.

2.2.7.2. Control de calidad del sostenimiento

El control de calidad es una actividad importante en la unidad, por lo que los elementos de sostenimiento pasivos (Shotcrete, Wood packs, etc.) y activos (pernos en general) Se viene ejecutando como parte de una de las actividades del área de geomecánica de la unidad.

Se adjunta un anexo de las diferentes pruebas de control de calidad de los elementos de Sostenimiento con Shotcrete vía húmeda, efectuados en su oportunidad por Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. – U.P. Uchucchacua.

2.2.8. CONDICIONES DEL AGUA SUBTERRÁNEA

La presencia del agua tiene efectos negativos en las condiciones de estabilidad de la masa rocosa de las excavaciones subterráneas. De los varios efectos, el principal es la presión que ejerce en las discontinuidades estructurales, disminuyendo la resistencia al corte de las mismas y favoreciendo la inestabilidad de las labores mineras, ver figura;



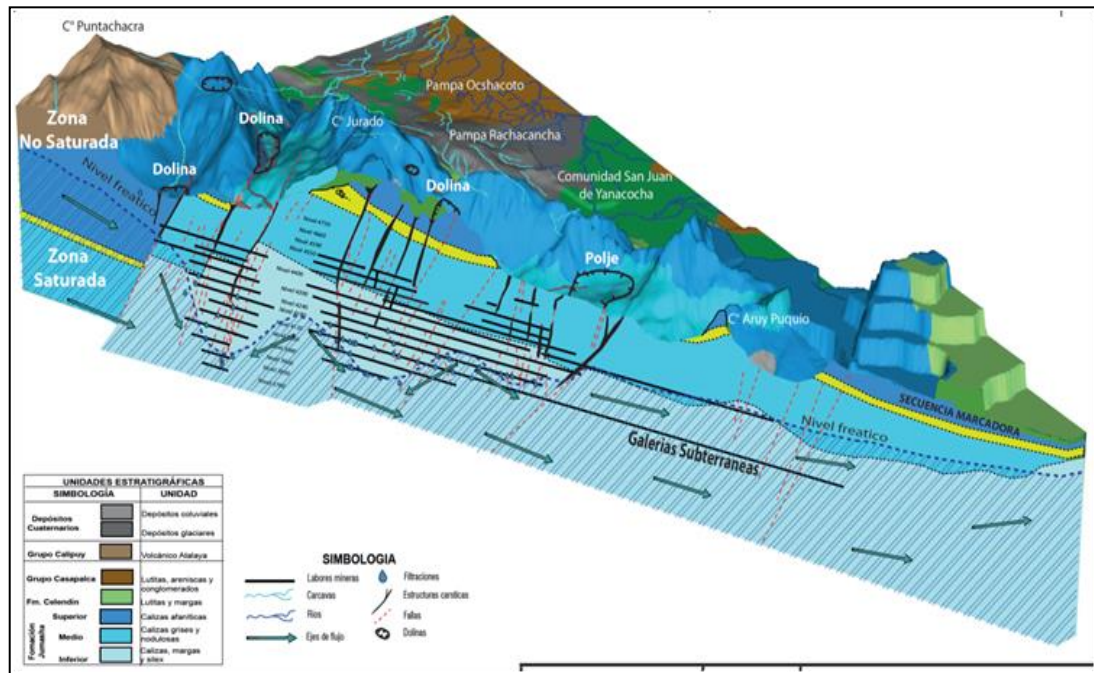


Ilustración 11. Modelo Hidrogeológico conceptual de la Mina Uchucchacua.

Las labores mineras de Uchucchacua se ubican en la cuenca de la laguna Patón, perteneciente a la vertiente del océano Pacífico. La cuenca tiene una superficie de 3,860 ha. Nace en la zona alta de la Laguna Caballococha, sobre los 5,000 msnm y alberga a varias lagunas pequeñas en su parte intermedia. La laguna Patón descarga en el río Patón, afluente del río Huaura. Las lagunas de la parte intermedia son la laguna Cutacochoa, la laguna Colquicochoa, que abastece de agua a la planta concentradora, y la laguna Añilcocha.

2.2.8.1. Principales unidades hidrogeológicas del área

Las rocas calcáreas que afloran en el yacimiento minero son las calizas de la formación Jumasha, los cuales se exponen en ambos flancos de la quebrada Uchucchacua, estas rocas calcáreas son conocidas por su alta conductividad hidráulica, y constituye uno de los potenciales acuíferos de agua subterránea (Tovar, 1996), por lo

cual frecuentemente las minas que trabajan en esta unidad hidrogeológica requieren acciones de drenaje para su explotación mineral, y su control para el sostenimiento, también suele representar un riesgo ante potenciales inundaciones, relacionados al grado de carsticidad de la roca, y la conformación de oquedades, cavernas internas cuyas descargas pudrían ser violentas.

Las unidades hidroestratigráficas del área del proyecto, fueron clasificados atendiendo a sus propiedades hidráulicas e hidrodinámicas, habiendo reconocido cinco (05) unidades hidrogeológicas, las que controlan la recarga y el flujo de las aguas subterráneas en el asiento minero, así como la interacción de las aguas subterráneas y superficiales, los que se encuentran resumidos en la siguiente tabla.

Tabla 3. Muestreo Unidades Hidrogeológicas del área de Estudio uy

| Unidades Hidroestratigráficas | Rango Estimado de Permeabilidad (cm/s) | | | Rango Estimado Permeabilidad (m/d) | | | Tipo de Acuífero | Litología |
|-------------------------------|--|-----|----------|------------------------------------|-----|-----|------------------|--|
| | 1.2E-05 | <k< | 1.16E-04 | 0.01 | <k< | 0.1 | | |
| (*)Fm Celendín | 1.2E-05 | <k< | 1.16E-04 | 0.01 | <k< | 0.1 | Acuífugo | Lutitas calcáreas y calizas margosas |
| (+)Fm Jumasha Superior | 1.16E-03 | <k< | 1.16E-02 | 1 | <k< | 10 | Acuífero | Calizas afaníticas |
| (+)Fm Jumasha Medio | 1.16E-02 | <k< | 1.16E-01 | 10 | <k< | 100 | Acuífero | Calizas alternadas con calizas nodulosas |
| (*)Fm Jumasha Inferior | 5.79E-04 | <k< | 1.16E-03 | 0.5 | <k< | 1 | Acuitardo | Calizas margosas y sílex alternado |
| (")Fm Carhuaz | 1.2E-05 | <k< | 1.16E-04 | 0.01 | <k< | 0.1 | Acuitardo | Areniscas y lutitas |

2.2.9. SISTEMA DE SOSTENIMIENTO

2.2.9.1. Labores permanentes

Sostenimiento en (Galerías, cruceros, ventanas, rampas principales), en las diferentes minas que se encuentran en los niveles superiores

con secciones que van desde 2.70 x 2.70m hasta 3.50 mx3.50 de sección.

Del nivel 4300 al nivel 4500 Mina Socorro, Carmen y Huantajalla el sostenimiento es en Roca de calidad Regular 3 A ,Regular 3 B el sostenimiento es en forma sistemática aplicando Split set y malla espaciados de perno a perno 1.20 m. , en roca de calidad Mala 4 A el sostenimiento es de perno a perno espaciados a 1.0 m. todos sistemáticamente colocados en forma de cocada , con malla desde 1.50m a la altura de piso y a 1.0 a la altura de piso respectivamente, para evitar la caída de trozos que pasen los 10 cm. del techo y caídas de las paredes de dichas labores

De la misma forma desde los niveles 4240 hasta los niveles 4060 el mismo sistema de sostenimiento y en algunos casos en roca de mala calidad 4 A se sostiene además de pernos más malla y una capa de shotcrete de 5 cm de espesor.

En los niveles 3990 hacia profundización el sostenimiento se hace cada vez más riguroso en calidad con un refuerzo combinado de shotcrete (lanzado de concreto con fibra especial ver anexo 3-4,3-5) además del sostenimiento con super Split set de 47mm de diámetro x 2.10 m de longitud espaciados a 1.20 m de perno a perno y una capa shotcrete de 5cm de espesor, en algunos casos reforzado con malla intermedio.

2.2.9.2. Labores temporales

Sostenimiento en (Tajos de producción, ventanas y labores de acceso), en las diferentes minas que se encuentran en los niveles

superiores con secciones que van desde 2.70 x 2.70m hasta 3.50 mx3.50 de sección.

Del nivel 4300 al nivel 4500 Mina Socorro, Carmen y Huantajalla el sostenimiento es en Roca de calidad Regular 3 el sostenimiento es en forma sistemática aplicando Split set y malla espaciados de perno a perno 1.20 m. , en roca de calidad Mala 4 el sostenimiento es de perno a perno espaciados a 1.0 m. todos sistemáticamente colocados en forma de cocada , con malla desde 1.50 m. a la altura de piso y a 1.0 m. a la altura de piso respectivamente para evitar la caída de trozos que pasen los 10 cm. del techo y caídas de las paredes de dichas labores

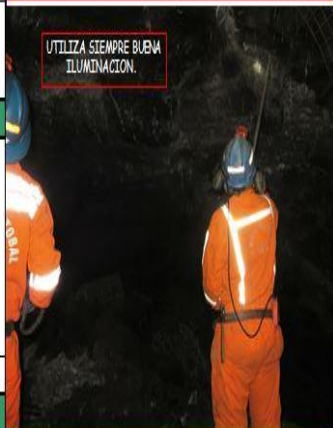
De la misma forma desde los niveles 4240 hasta los niveles 4060 el mismo sistema de sostenimiento y en algunos casos en roca de mala calidad 4 se sostiene además de pernos más malla y una capa de shotcrete de 5 cm de espesor si este amerita.

En los niveles 3990 hacia profundización el sostenimiento se hace cada vez más riguroso en calidad el sostenimiento con súper split set de 47 mm. de diámetro x 2.10 m. de longitud espaciados a 1.20 m. de perno a perno en rocas de calidad regular 3 y una capa shotcrete de 5 cm. de espesor si este fuere necesario. Además de los estándares establecidos para las diferentes labores y casos especiales con los diseños respectivos.

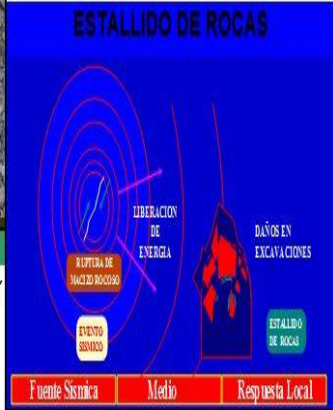
| TIPO DE ROCA | CALIDAD DE LA ROCA | TIEMPO DE AUTOSOPORTE MÁXIMO | FRECUENCIA PARA DESATADO DE ROCA (TODA LABOR) | ANCHO MÁXIMO EN TAJEOS | ALTURA MÁXIMA EN TAJEOS |
|---|--------------------|------------------------------|--|------------------------|--|
| 2 | Roca Buena | 1 Año | CADA 08 TALADROS PERFORADOS. | 15 m. | 6 m. con Jumbo 5 m. con Maquina Chica |
| 3 | Roca Regular | 4 Días | CADA 05 TALADROS PERFORADOS. | 10 m. | 6 m. con Jumbo 5 m. con Maquina Chica |
| 4 | Roca Mala | 4 Horas. | CADA TALADRO PERFORADO. | 5 m. | 5 m. con Jumbo 3 m. con Maquina Chica |
| 5 | Roca Muy Mala | 0 Horas. | NO APLICA (LANZADO DE SHOTCRETE PREVENTIVO) | 0 m. | 4 m. con Jumbo |
| EN FRENTE Y TAJOS (BREASTING) | | | | EN REALCE (TAJOS) | |
| <p>9 TALADROS EN LA CORONA</p> <p>PVC y cartuchos de 45%</p> | | | | <p>6' 8' 6' 70°</p> | |
| PERFORACION Y VOLADURA CONTROLADA | | | | | |
| GATAS Y USO DE BASTIDORES PARA MALLA | | | ARMADO DE WOOD PACK | | |
| | | | <p>Panel: 5' X 5' X 4 Pies de EUCALIPTO: Resist. 18 Kg/cm² BASE: 4 X 4 Pies (1.2 m x 1.2 m) ALTURA: 3 VECES LA BASE</p> <p>WOOD PACK SIMPLE</p> | | |
| OTROS ESTANDARES COMPLEMENTARIOS: * Traslape de mallas electrosoldadas a 21 cm (3 cocadas) con split set de 2' para maquina chica o S. split set de 2.5' para jumbo solo en labores de avance. * En tajos cuando el disparo es con jumbo - percutado con jumbo o scaler - sostenimiento con jumbo o con empernador mecanizado. | | | | | |
| Para labores con presencia de altos esfuerzos (deformación- lajamiento - astillamiento- carga de mallas): EL SPAN (longitud máxima permitida con sostenimiento INICIAL solo pernos/split set - malla): | | | | | |
| En ROCA BUENA 2 = 50m | | En ROCA REGULAR 3 = 30m | | En ROCA MALA 4 = 10m | |
| - De acuerdo a evaluación, se aplicará una capa de shotcrete de 2" (5cm) a 3" (7.5cm) | | | | | |
| * PROHIBIDO INGRESAR A LAS LABORES ANTES DE LAS 4 HORAS COMO MINIMO DEL FRAGUADO DE SHOTCRETE. * Cuando la labor presente condiciones de inestabilidad (chispeo, reventazon), evacuar de inmediato. | | | | | |

BUENAVENTURA
U.E.A. - UCHUGCHACUA

TABLA GEOMECANICA (V-9) 2015



EL DESATADO SIEMPRE LO REALIZAN DOS PERSONAS, UNO DESATA Y EL OTRO OBSERVA PARA ALERTAR CUALQUIER PELIGRO.



| | |
|------------------------|------|
| EMERGENCIAS | 4377 |
| SEGURIDAD | 4231 |
| GEOMECANICA | 4280 |
| CONTROL DE OPERACIONES | 4201 |

Ilustración 12. Tabla Geomecánica


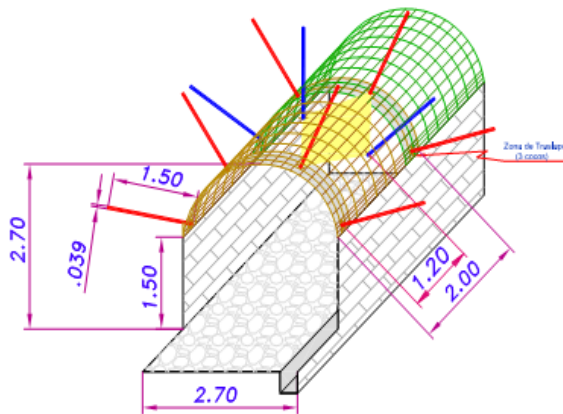
| TIPOS DE ROCA Y SOSTENIMIENTO A APLICARSE | | | | | | | | | |
|--|---------------------------|---|---|--|---|--|---|--|--|
| BUENAVENTURA U.E.A. - UCHUCCHAGUA | | | IDENTIFICACION DE CALIDAD Y TIPO DE ROCA | | ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO Y CAPACIDAD DE CARGA | | | | |
| CÓDIGO | Rango Macizo Rocoso | CALIDAD | DESCRIPCION | DUREZA (DURA, SEMI DURA, SUAVE) | | Resistencia de 12 - 2.0 Ton/pie | | | |
| | | | | ESTRUCTURAL (FRACTURAS, FALLAS, DIACLASAS) | | Resistencia de 2.0 Ton/pie | | | |
| | | | | AGUA (HUMEDO, MOJADO, GOTEJO) | | Soporta 90 Ton/m ² . | | | |
| | | | | | | Soporta 15 Ton. | | | |
| | | | | TIPO DE SOSTENIMIENTO PARA EXCAVACIONES | | | | | |
| | | | | LABORES PERMANENTES (RAMPAS, CRUCEROS Y GALERIAS) | | LABORES TEMPORALES (SUB NIVELES, TAJOS Y ACCESO A TAJOS) | | | |
| | | | | CON MAQUINA CHICA | CON JUMBO | CON MAQUINA CHICA | CON JUMBO | | |
| 1 | 81-100 | Roca Muy Buena | D Roca Muy dura a dura E Pocas fracturas (2 a 5 por metro lineal) A | No aplica sostenimiento | No aplica sostenimiento | No aplica sostenimiento | No aplica sostenimiento | | |
| 2 | 61-80 | Roca Buena | D Roca dura a semi dura E Moderadas fracturas y fallas menores (6 a 12 fracturas por metro lineal) A Techo y paredes seco-húmedo | Sostenimiento cuando lo requiera | Sostenimiento cuando lo requiera | Sostenimiento cuando lo requiera | Sostenimiento cuando lo requiera | | |
| 3 | 41-60 | Roca Regular | D Roca dura a semi dura E Moderadas fracturas y fallas menores (6 a 12 fracturas por metro lineal) A Techo y paredes húmedo o mojado | Sostenimiento con pernos split set de 3,5 ó 7 pies (según ancho de labor), espaciados a 120m en cocada o rombo. Malla en techo y paredes a la altura de 10m del piso de la labor. Uso de MINI split set de 2 pies en traslapes. La secuencia de pernos split set por fila es 4x3 Shotcrete de 2" según evaluación geomecánica. | Sostenimiento con Pernos o S. split set de 7 pies espaciados a 120m en cocada o rombo. Malla en techo y paredes a la altura de 100m del piso de la labor. Uso de MINI S. split set de 2,5 pies en traslapes. La secuencia de Pernos o Super split set por fila es 7x6. Shotcrete de 2" según evaluación geomecánica. | Sostenimiento con split set de 3, 5 ó 7 pies (según ancho de labor), espaciados a 120m en cocada o rombo. Malla en techo y paredes a la altura de 100m del piso de la labor. Uso de gatas mecánicas o puntales de seguridad (según evaluación geomecánica). Shotcrete de 2" según evaluación geomecánica. | Sost #1- Sostenimiento con S. split set de 7 pies, espaciados a 120m en cocada o rombo, malla en techo y paredes a la altura de 100m del piso de la labor. Sost #2- Sostenimiento con shotcrete (según evaluación geomecánica), luego reforzar el sostenimiento con S. split set de 7 pies, espaciados a 12m en cocada o rombo Uso de Wood pack, según ancho de labor (sobrecavación) | | |
| 4 | 21-40 | Roca Mala | D Roca suave y deletzable E Muy fracturada, con fallas panizadas (13 a 20 fracturas por metro lineal) A Con goteo o flujos de agua en techo y paredes | Sostenimiento con pernos split set de 3,5 ó 7 pies (según ancho de labor), espaciados cada 100m en cocada o rombo. Malla en techo y paredes a la altura de 100m del piso de la labor. Uso de MINI split set de 2 pies en traslapes. Se aplicara una capa de shotcrete de 2" a 3", según evaluación geomecánica Uso de arcos estructurales, según evaluación geomecánica. | Sostenimiento con Pernos o S. split set de 7 pies espaciados a 100m en cocada o rombo. Malla en techo y paredes a la altura de 100m del piso de la labor. Uso de MINI S. split set de 2,5 pies en traslapes. Se aplicara una capa de shotcrete de 2" a 3" Uso de cimbras o arcos estructurales, según evaluación geomecánica. | Sostenimiento con split set de 3, 5 ó 7 pies (según ancho de labor) espaciados a 100m en cocada o rombo, Malla en techo y paredes a la altura de 100m del piso de la labor. Se aplicara una capa de shotcrete de 2" a 3". Uso de gatas mecánicas. | Sost #1- Sostenimiento con S. split set de 7 pies, espaciados a 100m en cocada o rombo, malla en techo y paredes a la altura de 100m del piso de la labor. Sost #2- Sostenimiento con shotcrete (según evaluación geomecánica), luego reforzar el sostenimiento con S. split set de 7 pies espaciados a 12m en cocada o rombo Uso de Wood pack, según ancho de labor (sobrecavación) | | |
| 5 | 0-20 | Roca Muy Mala | D Roca muy suave tipo suelo E Muy fallada, panizada (más de 20 fracturas por metro lineal) A Flujo de agua | Sostenimiento preventivo con shotcrete de 2" de espesor luego con pernos o split set, espaciados cada 100m con malla electrosoldada. Luego se completara shotcrete con una capa de 2" de espesor shotcrete. ALTERNATIVA: Cimbras 4x13 o equivalente -arcos estructurales, espaciados cada 100m por ser terrenos sumamente pesados. | Sostenimiento preventivo con pernos o split set de 7 pies espaciados a 100m en cocada o rombo. Malla en techo y paredes a la altura de 100m del piso de la labor. Uso de MINI S. split set de 2,5 pies en traslapes. Se aplicara una capa de shotcrete de 2" a 3" Uso de cimbras o arcos estructurales, según evaluación geomecánica. | Sostenimiento preventivo con shotcrete de 2"-3" de espesor Luego sostenimiento con split set super split set espaciados cada 100m con malla electrosoldada. | Uso de Wood Packs, gatas mecánicas y shotcrete de 2" de espesor completando para pasar al proceso de perforación y voladura. | | |
| TIPO DE SOSTENIMIENTO PARA CHIMENEAS | | | | EN TAJOS: RESPETAR EL TIEMPO DE FRAGUADO DEL SHOTCRETE 4 HORAS COMO MINIMO | | | | | |
| ROCA BUENA | | ROCA REGULAR | | ROCA MALA | | ROCA MUY MALA | | | |
| <p>* MOVER LA SODA EN DIFERENTES SENTIDOS, ANTES DE SUBIR AL TOPE PARA HACER CAER TROZOS SUSPENDIDOS EN LA TABLA</p> <p>* DEBATIR CON BARRETELLA DE 4 Y 8 PIES EN TECHO Y PAREDES DE DEDE UNA UBICACION SEGURA.</p> <p>* COLOCAR LOS PUNTALES DE AVANCE CADA 1.0 m. COMO AVANCE Y SOSTENIMIENTO.</p> <p>* MANTENER LA TOLVA CAMINO A 6m DEL TECHO</p> <p>* COLOCAR LOS PUNTALES DE AVANCE CADA 1.0 m. COMO AVANCE Y SOSTENIMIENTO.</p> <p>* USAR SPLIT SET MAS MALA EN LAS PAREDES Y TECHO CUANDO EXISTE PRESENCIA DE ESFUERZO (LAMINADO - AFTILAMIENTO - REVENTAZONE)</p> | | <p>* MOVER LA SODA EN DIFERENTES SENTIDOS, ANTES DE SUBIR AL TOPE PARA HACER CAER TROZOS SUSPENDIDOS EN LA TABLA</p> <p>* DEBATIR CON BARRETELLA DE 4 Y 8 PIES EN TECHO Y PAREDES DE DEDE UNA UBICACION SEGURA.</p> <p>* COLOCAR LOS PUNTALES DE AVANCE CADA 1.0 m. COMO AVANCE Y SOSTENIMIENTO.</p> <p>* MANTENER LA TOLVA CAMINO A 6m DEL TECHO</p> <p>* USAR SPLIT SET MAS MALA EN LAS PAREDES Y TECHO CUANDO EXISTE PRESENCIA DE ESFUERZO (LAMINADO - AFTILAMIENTO - REVENTAZONE)</p> | | <p>* LOS MIMOS PARA ASEGUR QUE EN ROCA REGULAR Y LUEGO</p> <p>* COLOCAR DOS PUNTALES CERCA AL TOPE CON DOS TABLAS MOVILES DE GUARDACABEZA.</p> <p>* DEBAJO DE ESTO PERFORARA EL TECHO</p> <p>* MANTENER LA TOLVA CAMINO A 6m DEL TECHO</p> <p>* COLOCAR SPLIT SET DE 2 O 3 PIES EN LAS PAREDES Y TEO, SI ES NECESARIO CON MALLA O SHOTCRETE SI LO PERMITE.</p> | | <p>* LOS MIMOS PARA ASEGUR QUE EN ROCA MALA Y LUEGO</p> <p>* COLOCAR DOS PUNTALES CERCA AL TOPE CON DOS TABLAS MOVILES DE GUARDACABEZA.</p> <p>* DEBAJO DE ESTO PERFORARA EL TECHO</p> <p>* LA TOLVA CAMINO A 6m CERCA AL TECHO</p> <p>* COLOCAR MALLA Y SPLIT SET EN EL TOPE</p> <p>* SI BRINDA CONDICIONES CON SHOTCRETE - O ARMAR CIRIBOS</p> | |  <p>SHOTCRETE: VIA HUMEDA: * M3 DE AGREGADO (ARENA) * 6 KG. DE FIBRA PPM-1000 * 425 KG DE CEMENTO * 1/2 GAL DE ADITIVO * 1 GAL DE PLASTIFICANTE RESISTENCIA MINIMA 250 KG/CM2 (500 JOULES) CONSIDERA REBOTE APROXIMADO DE 10% SHOTCRETE: VIA SECA DOSIFICACION SIMILAR A LA VIA HUMEDA MENOS PLASTIFICANTE CONSIDERA REBOTE APROXIMADO 30%</p> | |

Ilustración 13. Tipo de roca y sostenimiento a aplicarse.

DISEÑO DE SOSTENIMIENTO PARA LABORES PERMANENTES DE SECCION 2.7 X 2.7 (Galerías, Cruceros y Rampas)

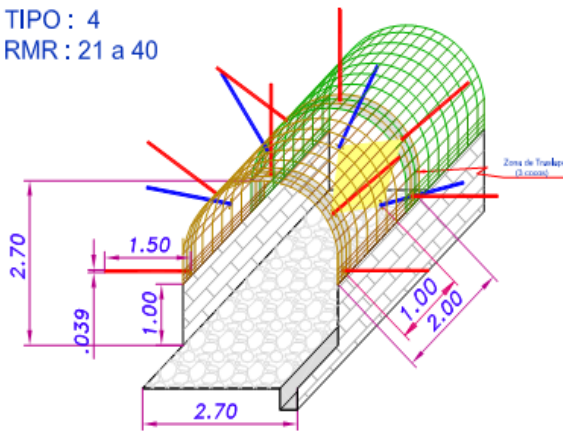
CALIDAD DE ROCA : REGULAR
TIPO : 3
RMR : 41 a 60



Datos Generales :

- Sostenimiento con pernos split set de 5' (1.50m), espaciados a 1.20m formando rombo.
- La secuencia de split set es de 4 split en la 1ra fila, 3 split en la 2da fila, (4 X 3 X 4) para formar los rombos.
- La malla electrosoldada en techo y paredes a la altura de 1.50m del piso.
- El traslape de las mallas es de 3 cocos.
- El traslape se realizara con split set de 2' (0.60m) se puede instalar dentro del split set de 5' de la malla anterior o en roca.

CALIDAD DE ROCA : MALA
TIPO : 4
RMR : 21 a 40



Datos Generales :

- Sostenimiento con pernos split set de 5' (1.50m), espaciados a 1.00m formando rombo.
- La secuencia de split set es de 5 split en la 1ra fila, 4 split en la 2da fila, (5 X 4 X 5) para formar los rombos.
- La malla electrosoldada en techo y paredes a la altura de 1.00m del piso.
- El traslape de las mallas es de 3 cocos.
- El traslape se realizara con split set de 5', si se utilizan split set de 2' (0.60m) se tienen que instalar dentro del split set de 5' de la malla anterior.
- Restricciones: no se puede instalar en roca el split set de 2'


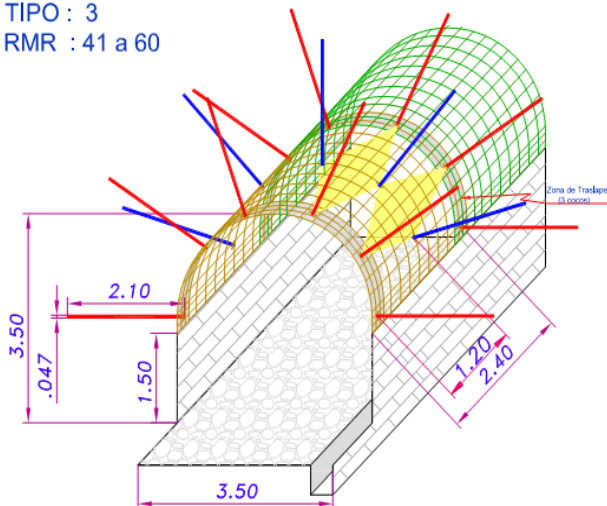
| | | | | | |
|---|------------------------------|---|---|-------------|-------------|
| UNIVERSIDAD NACIONAL "DANIEL ALCIDES CARRION" | |  | Diseño de Sostenimiento Labores Permanentes Galerías, Cruceros y Rampas Sección 2.7 x 2.7 | | Formato : |
| FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS | | | | | A4 |
| Diseñado : | Ing. Ricardo Rivera Begazo | 27/10/2013 | Lámina : | 1/2 | Rev. : A |
| Dibujado : | <<C3D_Metric>> | 30/11/2013 | Escala : | 1/100 | |
| Revisado : | Ing. David Regalado Palomino | | Departamento : | Geología | |
| Aprobado : | Ing. Iván Romero Martínez | | Sección de desarrollo : | Geomecánica | |
| Nombre Layout : 03_Sostenimiento_Labores_2.7x2.7 | | | | | |
| Ruta : \\U-GEOMECANICA1\Compartidos\Geomecanica Archivos\Estudio geomecanico Uchucchacua 2013\Metodo_de_Sostenimiento_Ave | | | | | |
| Código DWG : U-GMCMESDG-12-A13 | | | | | |

Ilustración 14. Diseño de sostenimiento para labores permanentes Sección 2.7x2.7 m.

DISEÑO DE SOSTENIMIENTO PARA LABORES PERMANENTES DE SECCION 3.5 X 3.5 (Galerías, Cruceros y Rampas)

CALIDAD DE ROCA : REGULAR
TIPO : 3
RMR : 41 a 60



Para Labores: Nv 4,120 y Nv 4,060 :

- Sostenimiento con pernos split set + malla

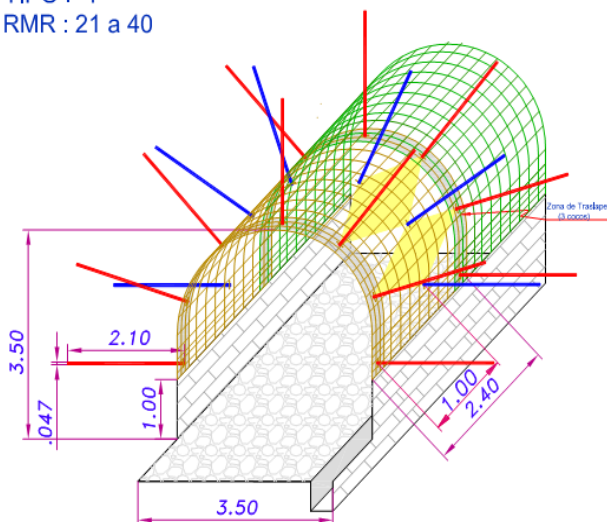
Para Labores: Nv 3,990 a inferiores :

- En Cruceros y Rampas, sostenimiento con pernos súper split set, hasta una longitud de 30m. Luego lanzado de shotcrete de 2" a 3" de espesor, como sostenimiento final.
- En Galerías, sostenimiento con pernos súper split set + malla, hasta una longitud de 50m. Luego lanzado de hotcrete de 2" a 3" de espesor como sostenimiento final.

Datos Generales :

- Sostenimiento con pernos Súper split set de 7" (2.10m), espaciados a 1.20m formando rombo.
- La secuencia de split set es de 6 split en la 1ra fila, 5 split en la 2da fila, (6 X 5 X 6) para formar los rombos.
- La malla electrosoldada en techo y paredes a la altura de 1.50m del piso.
- El traslape de las mallas es de 3 cocos.

CALIDAD DE ROCA : MALA
TIPO : 4
RMR : 21 a 40



Para Labores: Nv 4,120 y Nv 4,060 :

- Sostenimiento con pernos split set + malla y luego lanzado de shotcrete de 2" de espesor, como sostenimiento final

Para Labores: Nv 3,990 a inferiores :

- En labores con RMR entre 31 a 40, sostenimiento con pernos split set + malla y luego lanzado de shotcrete de 3" a 4" de espesor, como sostenimiento final.
- En labores con RMR entre 21 a 30, sostenimiento preventivo con shotcrete de 2" de espesor, luego pernos split set + malla y concluir con el lanzado de shotcrete de 2" de espesor, como sostenimiento final. Uso de arcos estructurales si es necesario.

Datos Generales :

- Sostenimiento con pernos Súper split set de 7" (2.10m), espaciados a 1.00m formando rombo.
- La secuencia de split set es de 7 split en la 1ra fila, 6 split en la 2da fila, (7 x 6 X 7) para formar los rombos.
- La malla electrosoldada en techo y paredes a la altura de 1.00m del piso.
- El traslape de las mallas es de 3 cocos.


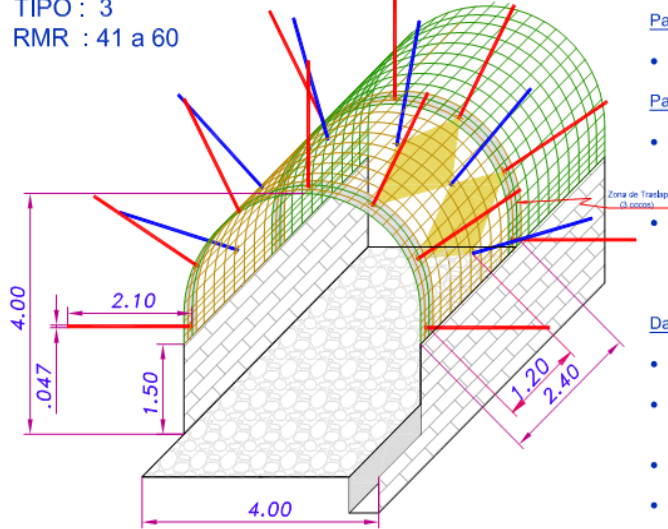
| | | | | | | |
|--|------------|---|--|---|-------------|-----------------|
| UNIVERSIDAD NACIONAL "DANIEL ALCIDES CARRION" FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS | |  | | Diseño de Sostenimiento Labores Permanentes Galerías, Cruceros y Rampas Sección 3.5 x 3.5 | | Formato : A4 |
| Diseñado : Ing. Ricardo Rivera Begazo | 27/10/2013 | | | Lámina : 1/2 | Rev. : A | |
| Dibujado : <<C3D_Metric>> | 30/11/2013 | | | Escala : 1/10 | | |
| Revisado : Ing. David Regalado Palomino | | Departamento : Geología | | Código DWG : U-GMCMESDG-12-A13 | | |
| Aprobado : Ing. Iván Romero Martínez | | Sección de desarrollo : Geomecánica | | | | |
| Nombre Layout : 02_Sostenimiento_Labores_3.5x3.5 | | | | | | |
| Ruta : \\U-GEOMECANICA1\Compartidos\Geomecanica Archivos\Estudio geomecanico Uchucchacua 2013\Metodo de Sostenimiento Av | | | | | | |

Ilustración 15. Diseño de sostenimiento para labores permanentes secciones 3.3x3.5m.

DISEÑO DE SOSTENIMIENTO PARA LABORES PERMANENTES DE SECCION 4 X 4 (Galerías, Cruceros y Rampas)

CALIDAD DE ROCA : REGULAR
TIPO : 3
RMR : 41 a 60



Para Labores: Nv 4,120 y Nv 4,060 :

- Sostenimiento con pernos súper split set + malla

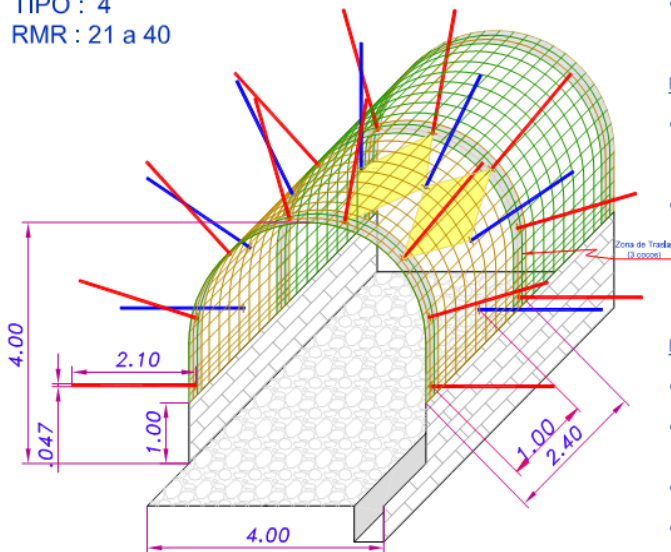
Para Labores: Nv 3,990 a inferiores :

- En Cruceros y Rampas, sostenimiento con pernos súper split set, hasta una longitud de 30m. Luego lanzado de shotcrete de 2" a 3" de espesor, como sostenimiento final.
- En Galerías, sostenimiento con pernos súper split set + malla, hasta una longitud de 50m. Luego lanzado de shotcrete de 2" a 3" de espesor como sostenimiento final.

Datos Generales :

- Sostenimiento con pernos súper split set de 7' (2.10m), espaciados a 1.20m formando rombo.
- La secuencia de súper split set es de 7 súper split set en la 1ra fila, 6 súper split set en la 2da fila, (7 x 6 x 7) para formar los rombos.
- La malla electrosoldada en techo y paredes a la altura de 1.50m del piso.
- El traslape de las mallas es de 3 cocos.

CALIDAD DE ROCA : MALA
TIPO : 4
RMR : 21 a 40



Para Labores: Nv 4,120 y Nv 4,060 :

- Sostenimiento con pernos súper split set + malla y luego lanzado de shotcrete de 2" de espesor, como sostenimiento final

Para Labores: Nv 3,990 a inferiores :

- En labores con RMR entre 31 a 40, sostenimiento con pernos súper split set + malla y luego lanzado de shotcrete de 3" a 4" de espesor, como sostenimiento final.
- En labores con RMR entre 21 a 30, sostenimiento preventivo con shotcrete de 2" de espesor, luego pernos súper split set + malla y concluir con el lanzado de shotcrete de 2" de espesor, como sostenimiento final. Uso de arcos estructurales si es necesario.

Datos Generales :

- Sostenimiento con pernos súper split set de 7' (2.10m), espaciados a 1.00m formando rombo.
- La secuencia de súper split set es de 8 súper split set en la 1ra fila, 7 súper split set en la 2da fila, (8 x 7 x 8) para formar los rombos.
- La malla electrosoldada en techo y paredes a la altura de 1.00m del piso.
- El traslape de las mallas es de 3 cocos.

| | | | |
|--|---|---|-----------------------------------|
| UNIVERSIDAD NACIONAL "DANIEL ALCIDES CARRION" FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS |  | Diseño de Sostenimiento Labores Permanentes Galerías, Cruceros y Rampas Sección 4 x 4 | Formato : A4 |
| Diseñado : Ing. Ricardo Rivera Begazo | 27/10/2013 | Departamento : Geología Sección de desarrollo : Geomecánica | Lámina : 1/1 |
| Dibujado : <<C3D_Metric>> | 30/11/2013 | | Rev. : A |
| Revisado : Ing. David Regalado Palomino | | | Escala : 1/100 |
| Aprobado : Ing. Iván Romero Martínez | | | Código DWG : U-GMCMESDG-12-A13 |
| Nombre Layout : 01_Sostenimiento_Labores_4x4 | | | |
| Ruta : \\U-GEOMECANICA1\Compartidos\Geomecanica Archivos\Estudio geomecanico Uchucchacua 2013\Metodo_de_Sostenimiento_Av | | | |

Ilustración 16. Diseño de sostenimiento para labores permanentes secciones de 4x4 m.

2.2.10. SOSTENIMIENTO CON SHOTCRETE

El sistema de sostenimiento con shotcrete (concreto lanzado) mecanizado es un tipo de “sostenimiento temporal activo”, que se utiliza para evitar la distensión del macizo rocoso, los cuales causan deformaciones a todas las estructuras apoyadas sobre estos.

Este movimiento se traduce en energía de deformación misma que el concreto lanzado debe disipar sin llegar al colapso.

2.2.10.1. Método por vía húmeda

Tal como se mencionó anteriormente, este método es el único utilizado en un gran número de importantes proyectos subterráneos en todo el mundo. El uso del shotcrete para aplicaciones de soporte de rocas ha aumentado en forma exponencial en los últimos 15 a 20 años, lo cual ha impulsado un intenso desarrollo del mismo.

La mala fama de las técnicas de proyección por vía húmeda se debe a los deficientes equipos utilizados y al poco conocimiento del método, factores que han acarreado la producción de un concreto de muy baja calidad.

Para que la mezcla pudiera pasar por el equipo, se utilizaban contenidos muy altos de agua, con una relación de agua/cementante. Gracias a la tecnología de la industria del concreto actual, hoy en día es totalmente factible producir shotcrete por vía húmeda que tenga una resistencia a la compresión a los 28 días.

2.2.10.2. Diseños de la mezcla para vía húmeda

Elementos necesarios para producir un buen shotcrete para el método de vía húmeda:

- Cemento
- Agregados
- Aditivos
- Acelerantes líquidos de fraguado
- Fibras
- Equipo de proyección apropiado
- Correcta ejecución de la técnica.

Aspectos individuales que pueden influir en la calidad del material obtenido. Tal como se mencionó anteriormente, el shotcrete tiene los mismos requisitos que el concreto normal utilizado en construcción:

- Baja relación agua/cemento
- Menos Agua Menos cemento

2.2.10.3. VENTAJAS DEL SHOTCRETE

La gran cantidad de ventajas que tiene el shotcrete como proceso de construcción, y los avances logrados en equipos, materiales y conocimientos, lo han convertido en una herramienta importante para una variedad de trabajos.

Se aplica shotcrete para resolver problemas de estabilidad en túneles y en otras construcciones subterráneas.

Además, hoy en día esta técnica es un factor clave para el soporte de rocas en aplicaciones tales como:

- Construcción de túneles

- Operaciones Mineras
- Hidroeléctrica
- Estabilización de taludes
- Estabilización de pendientes de rocas

Más del 90% de todo el shotcrete es utilizado para soporte de rocas.

Actualmente el uso del shotcrete es menos frecuente que el del concreto tradicional; sin embargo, este material ofrece la posibilidad de una gran variedad de aplicaciones, entre ellas:

- Recubrimiento de canales
- Reconstrucción y reparaciones
- Pantallas Marinas
- Concreto Refractario
- Protección contra incendio y anticorrosiva
- Construcciones nuevas
- Agricultura (pozos de estiércol)

El shotcrete es el método de construcción del futuro debido a sus características y flexibilidad, rapidez y economía.

2.3. Definición de términos básicos

Diaclasas: También denominadas juntas, son fracturas que no han tenido desplazamiento y las que comúnmente se presentan en la masa rocosa.

Zonas de corte: Son bandas de material que pueden ser de varios metros de espesor, en donde ha ocurrido fallamiento de la roca.

Fallas: Son fracturas que han tenido desplazamiento. Estas son fracturas menores que representan en áreas locales de la mina o estructuras muy importantes que pueden atravesar toda la mina.

Roca intacta: Es el bloque ubicado entre las discontinuidades y podría ser representada por una muestra de mano o trozo de testigo que se utiliza para ensayos de laboratorio.

Masa Rocosa: Es el medio in situ que contiene diferentes tipos de discontinuidades como diaclasas, estratos, fallas y otros rasgos estructurales.

Perfil litológico: Es la parte de la geología que estudia la composición y estructura de las rocas, como su tamaño de grano, características físicas y químicas, estructuras metamórficas, etc. Incluye también su composición, su textura, tipo de transporte, así como su composición mineralógica, distribución espacial y material cementante.

Perfil geotectónico: Es el conjunto de actividades que comprende la investigación del subsuelo los análisis y recomendaciones para el diseño y construcción en el subsuelo.

Roca meteorizada: Es la descomposición de minerales y rocas que ocurre sobre o cerca de la superficie terrestre cuando estos materiales entran en contacto con la atmósfera, hidrósfera y la biósfera.

Depósitos primarios y secundarios. Los primeros son los que están asociados al proceso de formación original de las rocas. Los segundos se forman por alteración de los primeros y en general suelen dar lugar a la formación de nuevos minerales.

Orientación: Es la posición de la discontinuidad en el espacio y es descrito por su rumbo y buzamiento. Cuando un grupo de discontinuidades se presentan con similar orientación son aproximadamente paralelas, se dice que éstas forman un “sistema” o una “familia” de discontinuidades.

Espaciado: Es la distancia perpendicular entre discontinuidades adyacentes. Éste determina el tamaño de los bloques de roca intacta. Cuanto menos espaciado

tengan, los bloques serán más pequeños y cuanto más espaciado tengan, los bloques serán más grandes.

Persistencia: Es la extensión en área o tamaño de una discontinuidad. Cuanto menor sea la persistencia, la masa rocosa será más estable y cuanto mayor sea ésta, será menos estable.

Rugosidad: Es la aspereza o irregularidad de la superficie de la discontinuidad. Cuanta menor rugosidad tenga una discontinuidad, la masa rocosa será menos competente y cuanto mayor sea ésta, la masa rocosa será más competente.

Apertura: Es la separación entre las paredes rocosas de una discontinuidad o el grado de abierto que ésta presenta. A menor apertura, las condiciones de la masa rocosa serán mejores ya mayor apertura, las condiciones serán más desfavorables.

Relleno: Son los materiales que se encuentran dentro de la discontinuidad. Cuando los materiales son suaves, la masa rocosa es menos competente y cuando éstos son más duros, ésta es más competente.

Investigaciones Geotécnicas. - Es un programa de investigaciones geotécnicas por medio de perforaciones diamantinas, a fin de obtener parámetros y características hidrogeológicas de los materiales presentes en la zona de estudio.

Matriz rocosa. - Material rocoso sin discontinuidades o bloques de roca intacta entre discontinuidades (muestra de mano o mayor). A pesar de considerarse continua es heterogénea y anisótropa, ligada a la fábrica, textura y estructura, mineral.

Criadero, Yacimiento o Depósito Mineral. Parte o fracción de la corteza terrestre donde por procesos geológicos se formaron o forman sustancias minerales útiles, que pueden ser explotadas con beneficio económico, con los medios técnicos disponibles.

Constituyentes esenciales de los criaderos son: la mena, la ganga y el estéril.

Mena o zafra. Las masas de agregados minerales o rocas de las que se puede extraer uno o varios metales con beneficio económico se denominan mena o zafra,

Ley de la mena. Se define como ley de la mena, en un determinado metal, el contenido de éste por unidad de peso o volumen. Su expresión se puede hacer en porcentaje, en gramos por tonelada o en ppm (partes por millón).

Ley de un yacimiento. En un yacimiento existen zonas, por tanto, la ley de éste será la media ponderada de las leyes correspondientes a las menas de las distintas zonas del yacimiento.

El cálculo de esta ley exige la ejecución de operaciones que han de ser realizadas de acuerdo a métodos precisos, con una adecuada fiabilidad o error.

Ley de corte. Es aquella por debajo de la cual un yacimiento no es económicamente explotable.

Los parámetros más comunes suelen ser: ley en los minerales útiles, características mineralógicas, situación geográfica, infraestructuras o medios de transporte, disponibilidad energética, precios de los metales, etc.

Si se beneficia o explota un único mineral o metal, la mena se denomina **simple**.

Sin embargo, generalmente, se beneficia más de un mineral principal, determinándose **compuesta** o **compleja**, y otros de menor entidad, que se consideran como **subproductos**. Estos, en algunos casos, contribuyen o son determinantes en la explotación del yacimiento, e incluso en algunas épocas llegan a ser más importantes que los metales principales.

Productividad. - Es la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados.

Zonificación geomecánica. - Proceso de delimitación de zonas en donde la masa rocosa tiene condiciones geomecánicas similares y por lo tanto también comportamiento similar.

Perforación: es la primera operación en la preparación de una voladura. Su propósito es abrir en la roca huecos cilíndricos denominados taladros y están destinados a alojar al explosivo y sus accesorios iniciadores.

Estratificación: Es una superficie característica de rocas sedimentarias que separa capas de igual o diferente litología. Estas rocas también pueden estar presentes en rocas que hayan originado por metamorfismo de rocas sedimentarios.

Pliegues: Son estructuras en las cuales los estratos se presentan curvados., son intrusiones de roca ígnea de forma tabular, que se presentan generalmente empinadas o verticales.

Contactos litológicos: Que comúnmente forman, por ejemplo, la caja techo y caja piso de una veta.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Si determinamos la eficiencia del sostenimiento mecanizado con shotcrete vía húmeda entonces evitaremos la caída de rocas en la UP. Uchucchacua - Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

2.4.2. Hipótesis específicos

- a. Si establecemos un adecuado sostenimiento mecanizado con Shotcrete vía húmeda en la UP. Uchucchacua - Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. para un adecuado plan de minado.

- b. Si evaluamos la eficiencia del sostenimiento mecanizado con shotcrete vía húmeda en la UP. Uchucchacua - Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. con parámetros adecuados de lanzamiento de shotcrete.
- c. Si evaluamos el comportamiento del macizo rocoso mediante la geomecánica y evitar la caída de rocas en la UP. Uchucchacua - Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

2.5. Identificación de variables

2.5.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Shotcrete vía húmeda

2.5.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Sostenimiento adecuado para mejorar la seguridad.

2.5.3 VARIABLE INTERVINIENTE

Seguridad

2.6. Definición Operacional de variables e indicadores

TÍTULO: “SOSTENIMIENTO MECANIZADO CON SHOTCRETE VIA HUMEDA EN LA UP. UCHUCCHACUA - COMPAÑIA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A.”

| VARIABLE | TIPO DE VARIABLE | OPERACIONALIZACIÓN | CATEGORÍAS O DIMENSIONES | DEFINICION |
|---|-------------------|---|---|--|
| INDEPENDIENTE: Shotcrete vía húmeda. DEPENDIENTE: Sostenimiento adecuado para mejorar la seguridad. INTERVINIENTE: Seguridad | - Aplicativo. | Realizar procedimientos y selección de materiales para un adecuado sostenimiento, para optimizar el programa de minado dentro de la UM. Uchucchacua – Compañía de Minas Buenaventura. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Método de explotación ▪ Parámetros ▪ Unidad básica de explotación ▪ Costos | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Elegir el método de explotación debe ser elaborados con base en la geología estructural y mecánica de rocas. ▪ Analizar los parámetros siendo medidas descriptivas de toda una población. ▪ Identificar las labores donde se pueda aplicar el sostenimiento mecanizado. ▪ Prever los costos de producción o de operación para mantener un proyecto, línea de procesamiento. |
| INDICADOR | NIVEL DE MEDICIÓN | UNIDAD DE MEDIDA | ÍNDICE | VALOR |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ ¿De qué manera se establecerá un adecuado sostenimiento o mecanizado | - Evaluativo. | <ul style="list-style-type: none"> • Cuantitativa | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Índice de método de explotación. ▪ Índice de parámetros. ▪ Índice de unidad | Se toman un valor de los tres propuestos. De esta manera en el Instrumento de recolección de la información, la pregunta hará referencia a uno de los indicadores seleccionados. |

| | | | | |
|--|--|--|---|--|
| <p>con shotcrete vía húmeda?</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ ¿Se podrá evaluar la eficiencia del sostenimiento o mecanizado con shotcrete vía húmeda? ▪ ¿Será posible evaluar el comportamiento del macizo rocoso mediante la geomecánica y evitar la caída de rocas? | | | <p>básica de explotación.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Índice de costos. | |
|--|--|--|---|--|

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación es de carácter aplicativo, conforme a los propósitos y naturaleza de la investigación; el estudio se ubica en el nivel descriptivo, explicativo y de correlación.

3.2. Métodos de investigación

Los métodos aplicados en esta investigación se consideran como no experimental, según Narváez, Rosa (1997), este tipo de investigación sugiere la formulación de objetivos y/o preguntas de investigación. Cabe destacar que esta investigación corresponde a las investigaciones explicativas, descriptivas, evaluativa, de acción, de diseño y los estudios de campos entre otras. Es por esto que se dice que el presente estudio es de campo, ya que permitirá en forma directa, la observación y recolección de datos.

Descriptivo, según Sabino, Carlos (1999) señala que, consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno o grupo con el fin de establecer su estructura o comportamiento. “Los estudios descriptivos miden de forma independiente las

variables, y aun cuando no se formulen hipótesis, las primeras aparecerán enunciadas en los objetivos de investigación.

Por lo tanto, el tipo de investigación para este trabajo también es descriptivo, debido a que permite analizar, registrar y describir las actividades ejecutadas en este proceso de aplicación del sostenimiento con shotcrete vía húmeda.

3.3. Diseño de investigación

3.3.1. Transversales

En este tipo de diseño los individuos son observados únicamente una vez. Sólo puede ser de tipo observacional, porque un estudio experimental implica por lo menos dos mediciones.

3.3.2. Longitudinales

En este diseño se realiza más de una medición. Entre las mismas puede intervenir o no el investigador, lo que determinará que el estudio sea observacional o experimental.

Que nos permite tener relación entre las variables.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población está constituida por todas las labores de explotación y desarrollo donde se realizan el sostenimiento con shotcrete vía húmeda en la UP. Uchucchacua – Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

3.4.2. Muestra

Las muestras son:

- Veta Esmeralda
- Cpo. Edith
- Veta Vania

- Cpo. Esperanza
- Veta 4A
- Veta 3A
- Veta Eugenia
- Veta Melina.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Técnicas

Las principales técnicas que se usaron en la investigación son:

- Entrevistas y Encuestas
- Análisis Documental
- Observación

3.5.2. Instrumentos

Los principales instrumentos que se usaron en la investigación son:

- Guía de entrevista
- Cuestionario
- Guía de Análisis Documental
- Guía de Observación
- Técnicas de procesamiento y análisis de datos
- Registro de evaluación (Geotécnico).
- Análisis y resultados de laboratorio.

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

La investigación propuesta en esta tesis, busca la solución de los problemas y llega a los objetivos propuestos, evitando la falsificación de información, uso de datos falsos o la manipulación de resultados, por lo cual todo lo mencionado tiene

valoración ética de los contenidos y fueron sometidos a jurados especializados para su validación, llegando a ser sostenible y viable.

3.7. Tratamiento estadístico

La información se procesará mediante la forma computarizada utilizando el paquete estadístico computacional PASW versión 18 en español, MINITAB, sobre la base de datos con el cual se organizó la información en cuadros para luego representarlos en gráficos.

El análisis e interpretación de la información se realizó a través de la estadística descriptiva (frecuencia, promedio y porcentaje) para el estudio de las variables en forma independiente.

3.8. Selección validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

Para llevar a cabo esta etapa utilizaremos diversos procesos para evaluar las preguntas o ítems formulados en las encuestas y así asegurar su confiabilidad; para ello recurrí a expertos investigadores: tales como ingenieros, magísteres y doctores versados en el tema, quienes correlacionaron la medición con el criterio, dicho este coeficiente se toma como coeficiente de validez.

3.9. Orientación ética

La importancia de la ética en la investigación es primordial, ya que se basa en la solución de dimensiones y se extiende más allá de la réplica de los hallazgos, y que puede ayudar a responder nuevas preguntas de investigación. Podemos decir, que la ética tiene importancia en el sistema académico y científico, debido a que el término ética es más que procedimientos y normas, se debe pensar que son leyes por concepto y practicidad que ayudan al crecimiento de la investigación que debe ser desarrollada con conciencia.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1 EQUIPOS EMPLEADO PARA EL LANZADO DE SHOTCRETE VIA HUMEDA

4.1.1.1 PLANTAS DOSIFICADORAS

Contamos con dos plantas estacionarias de capacidad de 3.5 m³, una en superficie y otra en interior mina ubicada en el nv. 4010.

Compuesta por 2 tolvas de agregado y cemento y una tolva de dosificación.

Provista también de una balanza calibrada según el requerimiento de la dosificación.

Tiene por función realizar la dosificación homogénea de la mezcla de acuerdo al diseño establecido.

4.1.1.2. EQUIPOS DE LANZADO

Equipo Electro hidráulico Robot Putzmeister con una capacidad de lanzado de $20/m^3$ por hora, Potencia de motor 71 HP Consumo de 1.1 Gln /Hr.

4.1.1.3. EQUIPO DE ALIMENTACION PARA EL LANZADO

Equipo Electro hidráulico Mixer 4 Putzmeister con una capacidad de $4m^3$ potencia de motor de 173.5 HP, Consumo de 1.8 Gln /Hr.

4.1.1.4. EQUIPO DE ALIMENTACION PARA LA PLANTA

Utiliza equipos electro hidráulicos, Dumper de 20 tn., para acopio de agregado y un Cemkret 08 Putzmeister, con una capacidad de 15 Tn., potencia de motor de 173.5 HP, Consumo de 1.8 Gln /Hr.

4.1.1.5 ANALISIS DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD

Para poder obtener un resultado favorable en la dosificación de nuestra mezcla es necesario contar con materiales de calidad, los cuales pasan por los análisis del control de calidad en la unidad.

4.1.1.6. CALIDAD DE LOS MATERIALES

Tiene como proceso principal la verificación de la calidad de los insumos a emplear en la elaboración de la mezcla. Se hace una breve descripción de los materiales empleados.

Cemento Portland.

En la UP. Uchucchacua se utiliza cemento sol tipo I normal, la dosis de cemento utilizada en vía húmeda por $1 m^3$ es de 425 Kg., tiene influencia significativa en la resistencia a edades tempranas.

Agregados (Arena).

Constituye alrededor del 75% en volumen de la mezcla, se recomienda que los agregados estén dentro de las gradaciones de la norma ACI 506.

En la UP. Uchucchacua se realiza ensayos para llevar un control de nuestro material: Humedad, Malla # 200, granulometría, peso unitario y absorción.

Nuestra arena cumple con la norma perteneciendo a la Gradación - 2, La que apreciaremos en el cuadro de Gradación de Agregados.

La arena es provista de la cantera de Cerro de Pasco.

| Cuadro de Gradación de los Agregados para Shotcrete | | | |
|--|------------------------------|----------------|----------------|
| Tamiz | Porcentaje que pasa por peso | | |
| | Gradación No 1 | Gradación No 2 | Gradación No 3 |
| ¾ " (19 mm) | . | . | 100 |
| ½ " (12 mm) | . | 100 | 80 – 95 |
| 3/8 " (10 mm) | 100 | 90 – 100 | 70 – 90 |
| No 4 (4.75 mm) | 95 – 100 | 70 – 85 | 50 – 70 |
| No 8 (2.40mm) | 80 – 100 | 50 – 70 | 35 – 55 |
| No 16 (1.20 mm) | 50 – 85 | 35 – 55 | 20 – 40 |
| No 30 (600 mm) | 25 - 60 | 20 - 35 | 10 - 30 |

Tabla 4. Cuadro de gradación del agregado cantera de Cerro de Pasco.

Tabla 5. Material distribuido en las mallas normalizadas.

| MUESTRA : Arena Gruesa | | | | | Conductor: Luis Campos | |
|------------------------------|-------------------------------|---------------|---------------------------|-------------------------|---|-------|
| PROCEDENCIA : CERRO DE PASCO | | | | | Vehículo: C2D 831 | |
| FECHA : 21 de agosto de 2014 | | | | | EJECUTOR : Jhymer Chavez Retamozo | |
| GRANULOMETRIA | | | | | CARACTERÍSTICAS FÍSICAS | |
| MALLA | PESO RETENIDO en gramos | % RETENIDO | % RETENIDO ACUMULA. | % PASANTE ACUMUL. | MODULO DE FINEZA | 3.77 |
| | | | | | TAMAÑO MÁXIMO | 1/2" |
| | | | | | PESO ESPECIFICO SECO | 2.498 |
| 3" | | | | | PESO ESPECIFICO SSS | 2.56 |
| 2 1/2" | | 0.0 | 0.0 | 100.0 | % ABSORCIÓN | 2.47 |
| 2" | | 0.0 | 0.0 | 100.0 | % PASANTE DE MALLA # 200 | 4.10 |
| 1 1/2" | | 0.0 | 0.0 | 100.0 | % HUMEDAD | 8.03 |
| 1" | | 0.0 | 0.0 | 100.0 | % EQUIVALENTE DE ARENA | |
| 3/4" | | 0.0 | 0.0 | 100.0 | % PARTÍCULAS FRIABLES Y TERRONES DE ARCILLA | |
| 1/2" | | 0.0 | 0.0 | 100.0 | % PARTÍCULAS LIGERAS | |
| 3/8" | 13.1 | 1.5 | 1.5 | 98.5 | % INALTERABILIDAD por medio de sulfato de magnesio | |
| # 4 | 169.9 | 19.0 | 20.5 | 79.5 | PESO UNITARIO COMPAC (kg/m ³) | |
| # 8 | 182.4 | 20.4 | 40.9 | 59.1 | CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS | |
| # 16 | 157.7 | 17.7 | 58.6 | 41.4 | SALES SOLUB. TOTALES (ppm) | |
| #30 | 143.1 | 16.0 | 74.6 | 25.4 | SULFATOS SOLUBLES (ppm) | |
| #50 | 105.0 | 11.8 | 86.3 | 13.7 | CLORUROS SOLUBLES (ppm) | |
| #100 | 73.3 | 8.2 | 94.5 | 5.5 | IMPUREZAS ORGÁNICAS | |
| fondo | 48.9 | 5.5 | 100.0 | 0.0 | CLORUROS SOLUBLES (mg/Kg) | |
| | | | | | IMPUREZAS ORGÁNICAS | |
| | | | | | Observaciones : | |
| TOTAL | 893.4 | 100.0 | MODULO FINEZA | 3.77 | | |

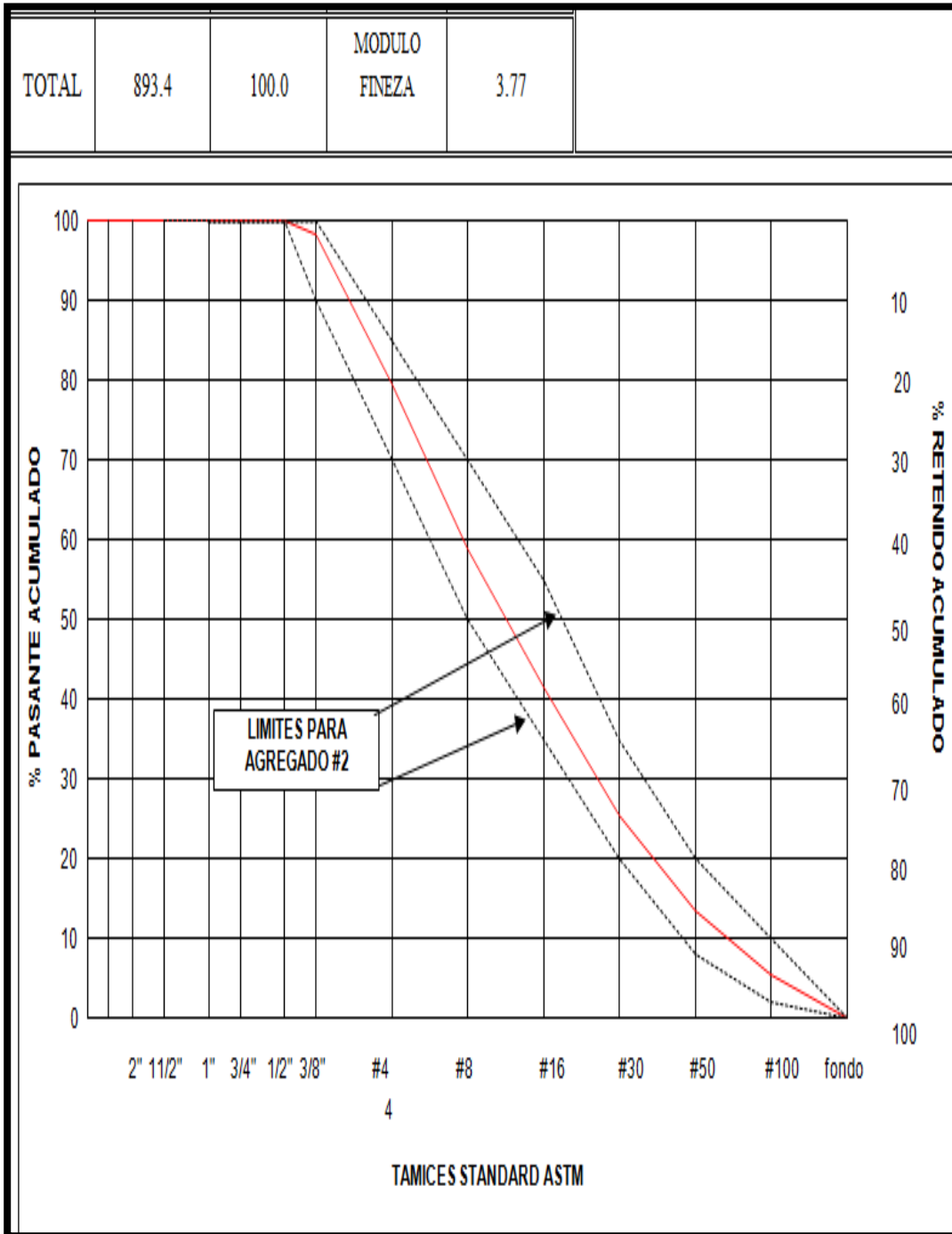


Tabla 6. Gráfico del límite permisible de la arena.

4.1.2 ENSAYOS A LA COMPRESION DE PROBETAS CILINDRICAS

En Uchucchacua se realiza la verificación de calidad del concreto lanzado, se realiza muestreando paneles para extraer testigos y luego su correspondiente ensayo a compresión, el muestreo se ejecuta en paneles de 60 x 60 x 18 cm.

Así como también probetas cilíndricas en superficie.

| EDAD | % MINIMO |
|---------------|-----------------|
| 3DIAS | 50% |
| 7DIAS | 70 % |
| 28DIAS | 100 % |

Tabla 7. Patrón de resistencia.

| Muestra | Fecha de vaciado | Fecha de ensayo | Edad (días) | Diámetro Promedio (cm) | Área (cm²) | Carga (kg) | f'c (kg/cm²) |
|----------------|-------------------------|------------------------|--------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------|--------------------------------|
| M-1 | 27/06/2014 | 30/06/2014 | 3 | 10.15 | 80.9 | 16992 | 210 |
| M-2 | 27/06/2014 | 30/06/2014 | 3 | 10.15 | 80.9 | 16669 | 206 |
| M-3 | 27/06/2014 | 04/07/2014 | 7 | 10.15 | 80.9 | 22414 | 277 |
| M-4 | 27/06/2014 | 04/07/2014 | 7 | 10.15 | 80.9 | 21635 | 267 |
| M-5 | 27/06/2014 | 25/07/2014 | 28 | 10.15 | 80.9 | 26683 | 330 |
| M-6 | 2/06/2014 | 25/07/2014 | 28 | 10.15 | 80.9 | 25832 | 319 |

Tabla 8. Muestra de probetas en planta.

| Muestra | Fecha de vaciado | Fecha de ensayo | Edad (días) | Diámetro Promedio (cm) | Área (cm²) | Carga (kg) | f'c (kg/cm²) |
|----------------|-------------------------|------------------------|--------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------|--------------------------------|
| T-1 | 27/06/2014 | 30/06/2014 | 3 | 6.9 | 37 | 5689 | 154 |
| T-2 | 27/06/2014 | 30/06/2014 | 3 | 6.9 | 37 | 5498 | 149 |
| T-3 | 27/06/2014 | 30/06/2014 | 3 | 6.9 | 37 | 5573 | 151 |
| T-4 | 27/06/2014 | 04/07/2014 | 7 | 6.9 | 37 | 7536 | 204 |
| T-5 | 27/06/2014 | 04/07/2014 | 7 | 6.9 | 37 | 7396 | 200 |
| T-6 | 27/06/2014 | 04/07/2014 | 7 | 6.9 | 37 | 7422 | 201 |
| T-7 | 27/06/2014 | 25/07/2014 | 28 | 6.9 | 37 | 9497 | 254 |
| T-8 | 27/06/2014 | 25/07/2014 | 28 | 6.9 | 37 | 9644 | 258 |
| T-9 | 27/06/2014 | 25/07/2014 | 28 | 6.9 | 37 | 9378 | 251 |

Tabla 9. Muestra de panel (extracción diamantina).

4.1.2.1 MÉTODO POR VÍA HÚMEDA

En la unidad se trabaja con una dosificación específica para la vía húmeda.

En la colocación del concreto se debe contar con los siguientes parámetros:

- Equipos operativos

- Presión de aire adecuada
- Buen desatado de la zona donde se va colocar el concreto

Son los puntos fundamentales para lograr una buena adherencia del concreto con la roca y espesor requerido, sabiendo que en la zona socorro contamos con rocas de tipo III y IV.

La mezcla es introducida dentro de la bandeja de bombeo, la cual realiza su lanzamiento mediante desplazamientos de pistones ò por aire a presión, se adiciona el aditivo acelerante líquido en la boquilla, se inyecta aire comprimido a la boquilla para lanzar el concreto y/o mortero a alta velocidad contra la superficie.

| COMPONENTES | PESOS SECO |
|------------------------|-------------------|
| ARENA | 1625 Kg. |
| CEMENTO | 425 Kg. |
| AGUA | 160 Lt. |
| FIBRA | 4.5 Kg. |
| VISCOCRETE 3330 | 3.5 Lt. |
| ACELERANTE | 10 Lt. |

Tabla 10. Dosificación de shotcrete vía húmeda mina Uchucchacua.

4.1.3. METODO DE LANZADO

4.1.3.1. PROCESO DE DISTRIBUCION DEL TRABAJO DE

SHOTCRETE

Se cuenta con todo un grupo de trabajo distribuidas en las siguientes áreas:

- Área de operaciones
- Área de mantenimiento
- Área de logística
- Área de planeamiento

- Área de seguridad
- Área de administración y recursos humanos
- Área de servicio social

La cantidad de personal es la siguiente:

- Personal Empleado : 15 Personales
- Personal Obrero: 45 Personales

Se cuenta con instalaciones, equipos y mano de obra calificada en todas sus áreas de operación y de soporte técnico para la operación.

4.1.3.2. MATERIALES

a. Acopio de Materiales

Los materiales después de pasar por control de calidad y bajo todas las especificaciones técnicas y certificadas se realiza el acopio respectivo tanto en superficie y/o interior mina.

b. Agregado

En Superficie se acopia en un galpón con una capacidad para 300 cubos de agregado.

En interior mina en el nivel 4010, el galpón tiene una capacidad para 60 cubos.

c. Cemento

En superficie se almacena en un silo de capacidad de 45 toneladas.

En interior mina se almacena en un silo de 40 toneladas.

d. Fragua Sigunit L-22 SIKA

En superficie se encuentra almacenada en tanque de 15000 litros

En interior mina, no hay solamente son llevado lo necesario por guardia con el abastecedor de aditivos.

e. Plastificante Viscocrete

En superficie se encuentra almacenado en un tanque de 5000 litros

En interior mina, no hay solamente se lleva lo necesario por guardia con el abastecedor de aditivos.

f. Fibra

En superficie tenemos un almacén con capacidad de 5000 kg.

En interior mina en el Nv. 4010 contamos con un almacén de 1000 kg.

4.1.3.3. TRASLADO DE MATERIALES

En la UP. Uchucchacua, los materiales son acarreados en dos etapas:

a. Primera Etapa.

Superficie – Planta interior mina Nv 4010 distancia de 4.5 km.

En la primera etapa los materiales como (agregado, cemento y fibra) son transportados hacia la planta del Nv. 4010 por los diferentes equipos diseñados para cada actividad, como son Dumper, Arenkret y Cemenkret.

En la planta estos materiales son dosificados según las especificaciones, quedando listo el shotcrete para ser llevado a la segunda etapa.

d. Segunda Etapa.

Planta interior mina Nv. 4010 – Hacia los Tajeos distancia promedio de 2 a 4 km.

En la segunda etapa el shotcrete es transportado por los equipos Mixcret 4 con una capacidad de cuatro metros cúbicos de shotcrete.

Las distancias son variables de los tajeos don de los ciclos de trabajo varían de 50 minutos y en algunos casos llegan a durar 1 hora y 30 minutos esto determinado por la distancia, calidad de vía y tráfico en las labores ya que los equipos llegan hasta el frente de la labor.

4.1.3.4. LANZADO DEL SHOTCREATE

Es la etapa final donde inicia tempranamente desde la coordinación del reparto de guardia de todos los días, donde el Robot Pulzmeister es trasladado al tajeo programado del día.

Se verifica las condiciones de la labor teniendo en cuenta, los parámetros principales de normas de seguridad como son ventilación, regado, desatado y percutado de labor.

Condiciones técnicas de lanzado en tajeos, como altura y estado de las instalaciones.

Luego de identificar y evaluar todos los peligros y riesgos y de rellenar todas nuestras herramientas de gestión, se procede a realizar instalaciones para luego ubicar el Robot en una posición de avanzada hacia el frente, para ser alimentados con el material e iniciar con el lanzado.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. RENDIMIENTOS

Es variable de acuerdo a la distancia y parámetros de contrato según los equipos que se cuenta por cuadrilla de trabajo.

En nuestro caso según parámetros tenemos los siguientes:

- Distancia :3 km
- Robot :1 Un

- Mixret :2 Un
- Dumper :1 Un
- Cemkret :1 Un
- Personal :08 Per

Con estos parámetros se alcanza un rendimiento de 25 m³ / guardia.

PARÁMETROS

- 1m³ shotcrete vía húmeda : Cubre a 2” de espesor 12 m²
- Porcentaje de Rebote vía húmeda: Entre 5% y 8%.

4.2.2 Especificaciones y normas en la producción de concreto

especificaciones y normas que forman parte en la producción del concreto astm (american society for testing and materials) aci 506r-90, aci 506.4r-94 y aci 506.2-95.

Especificaciones:

- ASTM C33 Standard Specification for Concrete Aggregates.
- ASTM C150 Standard Specification for Portland Cement.
- ASTM C94 Standard Specification for Ready-Mixed Concrete.
- ASTM C260 Standard Specification for Air-Entraining Admixtures for Concrete.
- ASTM C494 Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete.
- ASTM C1141 Standard Specification for Admixtures for Shotcrete.
- ASTM C1436 Standard Specification for Material for Shotcrete.
- ASTM C-1240 Standard Specification for Silica Fume for use as a Mineral Admixture in Hydraulic-Cement Concrete, Mortar and Grout.
- ASTM A820 Standard Specification for Steel Fibers for Fiber-Reinforced Concrete.

- ASTM C1116 Standard Specification for Fiber-Reinforced Concrete and Shotcrete.

Métodos de ensayo:

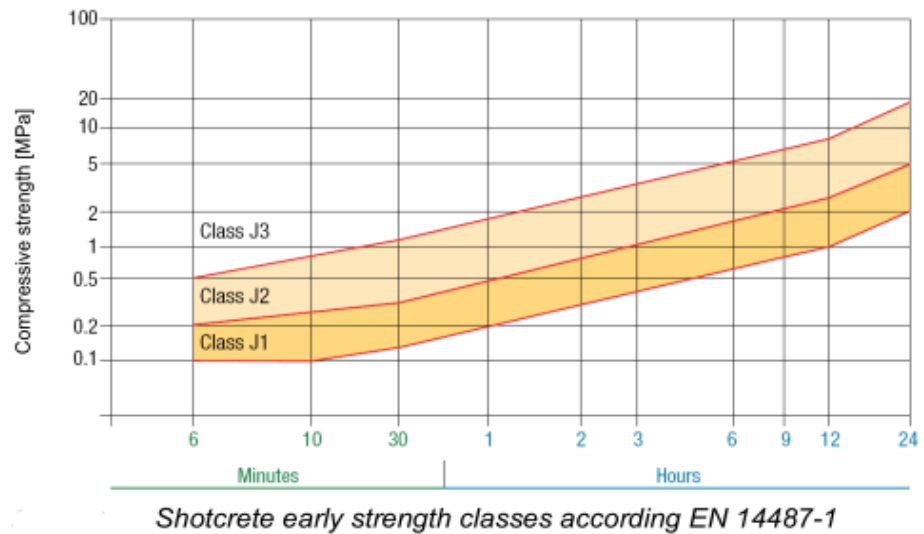
- ASTM C29/C29M Standard Test Method for Unit Weight and Voids in Aggregates.
- ASTM C39 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.
- ASTM C42 Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete.
- ASTM C117 Standard Test Method for Material Finer than 75-mm (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing.
- ASTM C127 Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate.
- ASTM C128 Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate.
- ASTM C136 Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates.

4.3. Prueba de hipótesis

La prueba de hipótesis se realiza en función a la variable independiente y dependiente, que ya fueron expuestas, con lo cual se acepta la hipótesis al obtener los resultados de resistencias a distintas edades (minutos, horas, días), se realiza la caracterización de la curva de resistencia a temprana edad.

Un criterio de evaluación de resistencias a temprana edad está indicado en la norma UNE 14487-1 y hace referencia al cumplimiento de las denominadas “Curvas J”

Tabla 11. Curva de Resistencia Shotcrete



- Clase J1.- concreto lanzado apropiado para aplicaciones en donde las capas o substrato es seco. No hay requerimientos estructurales que impliquen criticidad.
- Clase J2.- usado en aplicaciones donde se requiere mayor espesor en un tiempo corto. Este tipo de concreto lanzado se puede aplicar sobre cabeza y es adecuado en circunstancias difíciles, por ejemplo, en caso de flujos de agua y donde el trabajo inmediato posterior debe iniciarse lo más pronto posible como la perforación y voladura.
- Clase J3.- se utiliza en caso de rocas con alta fragilidad o fuerte flujo de agua. Debido a que su fraguado es muy rápido, se genera más polvo y rebote, generado durante la aplicación y, por lo tanto, la clase J3 sólo se utiliza en casos muy especiales.

Realizar la evaluación de la resistencia a compresión del concreto lanzado en minutos, horas y días. Esto se realiza utilizando el método de la norma EN 14488-2 – en su parte 2: “Resistencia a la compresión del concreto joven lanzado”.

| Desarrollo de | Método | Instrumento | Rango Resistencia | Tiempo (Edad) |
|----------------------|------------------------|--------------------------------|-------------------|---------------|
| Resistencia Inicial | Aguja de Penetración | Penetrómetro | Hasta 1,2 MPa | 0 a 3 Hrs. |
| Resistencia Temprana | Inserción de Clavo | Pistola HILTI DX 450 | 2,5 a 10 Mpa | 3 a 24 Hrs. |
| Resistencia Final | Testigos (Diamantinas) | Testiguera / Prensa Hidráulica | 10 a 100 Mpa | 0,5 a 28 Días |

Tabla 12. Tabla con los métodos de medición para el desarrollo de resistencia.

4.4. Discusión de resultados

Primera etapa de pruebas a nivel laboratorio para obtener diseños propuestos

En esta primera etapa se realizaron variaciones en la relación agua/cemento y porcentaje de dosificación de aditivo varió, así como también una ligera variación en la cantidad de arena por metro cúbico, pero tratando de mantener trabajabilidad, manejabilidad, contrarrestar que la hidratación del cemento se realice en menor tiempo y elevar la resistencia inicial.

| PRUEBAS EN LABORATORIO - ROTURA A COMPRESION UNIAxIAL EN PROBETAS CILINDRICAS ESTANDAR Aditivos: Super Plastificante y un Super Plastificante con algo de retardo - Reduccion de Fragua a 2 Horas 2014 | | | | | | |
|--|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|
| TIPO DE DISEÑO | D PATRON Relacion: 0.44 | DI 3330 Relacion: 0.43 | DII 3330 Relacion: 0.43 | DIII SC Relacion: 0.43 | DIV SC Relacion: 0.43 | DV SC Relacion: 0.43 |
| DOSIFICACION DE PLANTA | | | | | | |
| CANTIDAD DE CEMENTO TIPO I | 400 Kg. | 400 Kg. | 400 Kg. | 400 Kg. | 400 Kg. | 400 Kg. |
| AGREGADO SECO - GRAD. 2 | 1595 Kg. | 1605 Kg. | 1605 Kg. | 1607 Kg. | 1608 Kg. | 1608 Kg. |
| FIBRA METALICA ENCOLADA | 20.0 Kg. | 20.0 Kg. | 20.0 Kg. | 20.0 Kg. | 20.0 Kg. | 20.0 Kg. |
| AGUA DE DISEÑO | 176 Lt. | 172 Lt. | 172 Lt. | 172 Lt. | 172 Lt. | 172 Lt. |
| RELACION AGUA/CEMENTO | 0.44 | 0.43 | 0.43 | 0.43 | 0.43 | 0.43 |
| SUPER PLASTIFICANTE | 3.00 Kg. (0.75%) | 3.21 Kg. (0.803%) | 3.50 Kg. (0.875%) | - | - | - |
| SUPER PLASTIFICANTE C/RETARDO | - | - | - | 2.40 Kg. (0.60%) | 2.20 Kg. (0.55%) | 2.30 Kg. (0.575%) |
| PARAMETROS ESTADO FRESCO DE LA MEZCLA | | | | | | |
| ASENTAMIENTO O SLUMP (PULG) | 8 3/4" Pulg. | 8 3/4" Pulg. | 9 3/4 Pulg. | 10 3/4 Pulg. | 10 Pulg. | 10 1/2 Pulg. |
| TEMPERATURA DEL CONCRETO (°C) | 13.8 | 14.5 | 14 | 13.2 | 13.5 | 13 |
| PARAMETRO ESTADO ENDURECIDO DE LA MEZCLA | | | | | | |
| RESISTENCIA A 24 HORAS (Kg/cm2) | 98 Kg/cm2 | 104 Kg/cm2 | 70 Kg/cm2 | 79 Kg/cm2 | 128 Kg/cm2 | 100 Kg/cm2 |
| RESISTENCIA A 3 DIAS (Kg/cm2) | 288 Kg/cm2 | 241 Kg/cm2 | 254 Kg/cm2 | 174 Kg/cm2 | 256 Kg/cm2 | 250 Kg/cm2 |
| RESISTENCIA A 7 DIAS (Kg/cm2) | 360 Kg/cm2 | 337 Kg/cm2 | 372 Kg/cm2 | 279 Kg/cm2 | 346 Kg/cm2 | 340 Kg/cm2 |
| RESISTENCIA A 28 DIAS (Kg/cm2) | 420 Kg/cm2 | 412 Kg/cm2 | 401 Kg/cm2 | 423 Kg/cm2 | 422 Kg/cm2 | 389 Kg/cm2 |

Tabla 13. Diseños propuestos para reducción de fragua 2 horas en Laboratorio.

Análisis de los resultados obtenidos en Laboratorio

- En las pruebas a nivel laboratorio se pudo identificar dos diseños que dieron resultados aceptables (DI y DIV) y que comparándolos con el patrón eran los más adecuados para realizar los ensayos en mina y ver su performance ya en la operación.
- De las pruebas preliminares en mina se observó que el diseño IV con un súper plastificante que tenía algo de retardo (propuesto por proveedor), nos daba valores de mantención muy buenos sin embargo una vez colocado el concreto su fraguado y valores de resistencia iniciales eran por debajo que cuando se utilizaba el diseño propuesto DI con el súper plastificante utilizado actualmente, pero con relación al diseño patrón para 3 horas en donde se utiliza una

dosificación de 2.80 litros, para el diseño propuesto para 2 horas, se utilizó 3.0 litros, esto significa una adición de 0.20 litros más al metro cubico de mezcla.

| Diseños para 1 m ³ | Para 3 horas de fragua | Para 2 horas de fragua |
|-------------------------------|------------------------|------------------------|
| Cemento Tipo I (Kg) | 400 | 400 |
| Agua de diseño (Lt) | 177 | 172 |
| Agregado Grad. #2 (Kg) | 1595 | 1608 |
| Súper Plastificante (Lt) | 2.80 | 3.00 |
| Fibra metálica 65/35 (Kg) | 20 | 20 |
| Acelerante alcalino (Gal.) | 3.0 | 3.0 |
| Relación Agua / Cemento | 0.443 | 0.430 |

Tabla 14. Comparación entre diseño para 3 horas y diseño a 2 horas de fragua.

Análisis de los resultados obtenidos en 1ra Fase de ensayos en mina

- La resistencia que se obtiene a las 2 horas es de 1.0 a 1.3 Mpa, valores que por la calidad del macizo rocoso en estas zonas no representa problemas en la colocación del concreto.

- Si bien es cierto nos encontramos con valores que están por encima de la curva J2, se encuentran alejados de la curva J3.

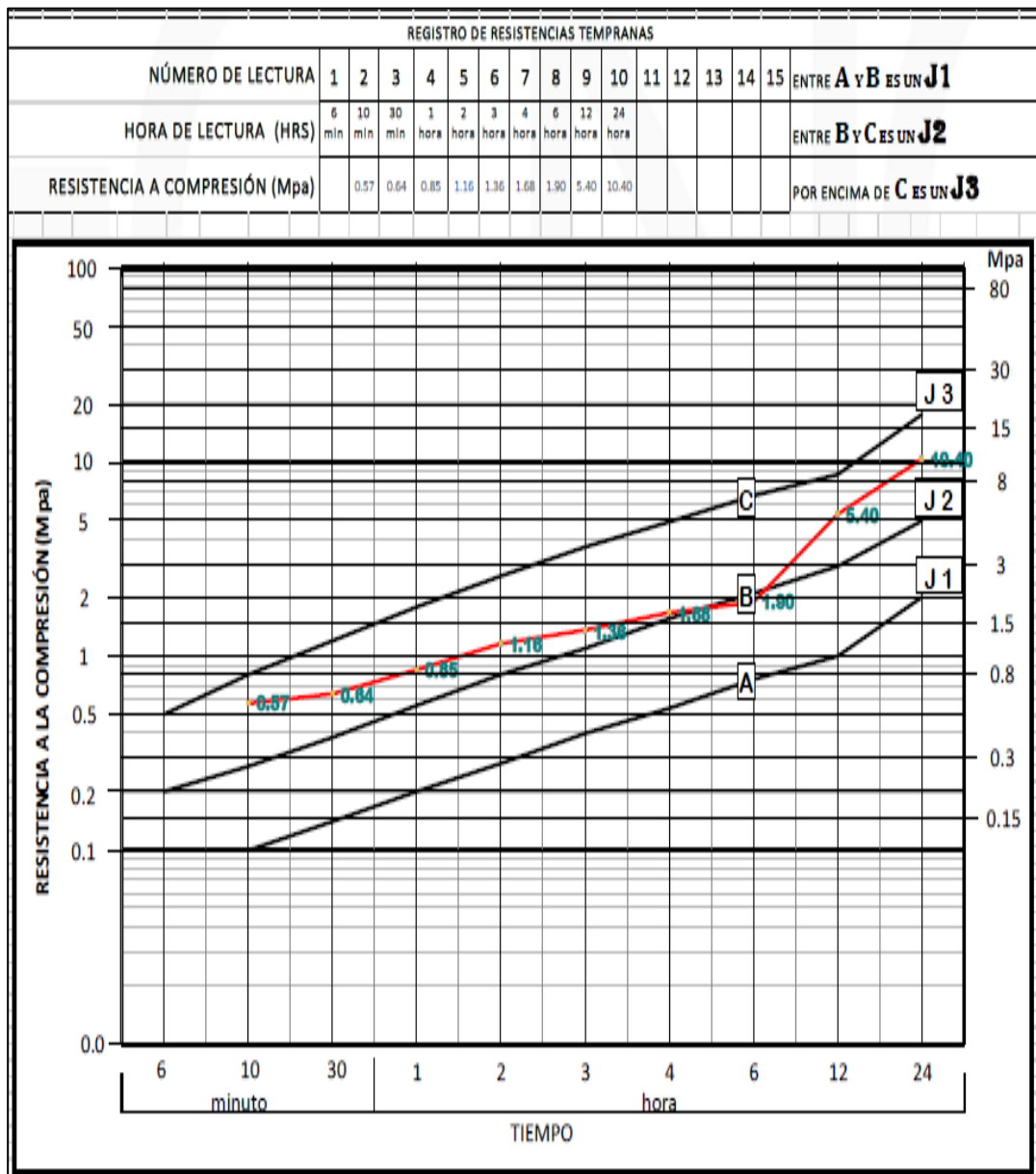


Tabla 15. Registros de resistencias tempranas.

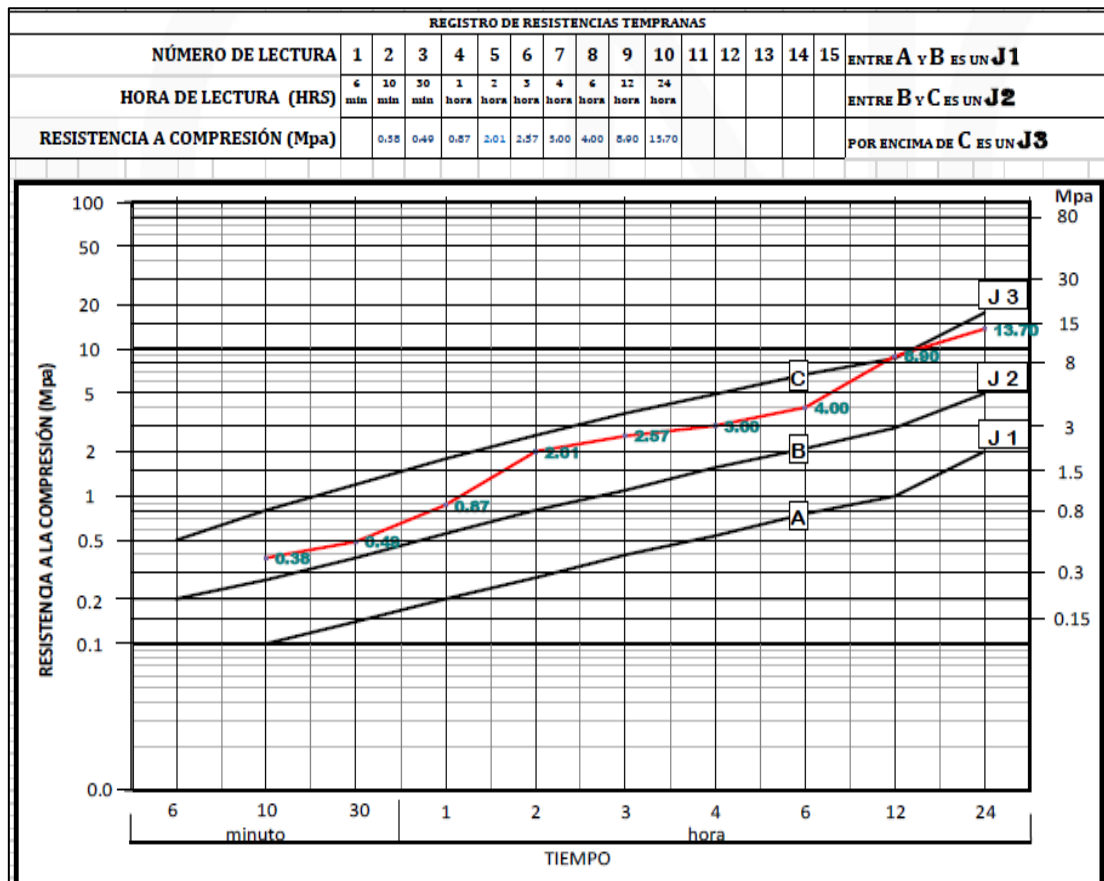
Análisis de los resultados obtenidos en 2da Fase de ensayos en mina

- Con respecto a la relación agua/cemento de 0.43, la resistencia obtenida a las 2 horas es de 1.16 MPa, valor que nos significó realizar un análisis más detallado, debido a que el tipo de macizo rocoso que se encuentra en esta zona (Nivel 100

Principal) está caracterizado por ser desde muy fracturado a intensamente fracturado / muy pobre con un RMR de 10 a 30.

- Debido a lo expuesto líneas arriba se recomendó elaborar un diseño que satisfaga los requerimientos, elevando el valor de resistencia a 2.0 MPa,

Tabla 16. Registros de resistencias tempranas.



- Se realizó cambios en el diseño reduciendo la relación agua/cemento de 0.43 a 0.41, obteniendo a las 2 horas un valor de 2.01 MPa de resistencia a la compresión uniaxial, con este valor se garantiza la seguridad del personal y la calidad del sostenimiento con shotcrete.
- Con este valor a 2 horas nos encontramos por encima de la curva J2 y más cerca a la curva J3.

| Diseños para 1 m ³ | Para 3 horas de fragua | Para 2 horas de fragua |
|-------------------------------|------------------------|------------------------|
| Cemento Tipo I (Kg) | 400 | 410 |
| Agua de diseño (Lt) | 176 | 168 |
| Agregado Grad. #2 (Kg) | 1595 | 1594 |
| Súper Plastificante (Lt) | 2.80 | 3.40 |
| Fibra metálica 65/35 (Kg) | 20 | 20 |
| Acelerante alcalino (Gal.) | 3.2 | 3.0 |
| Relación Agua / Cemento | 0.44 | 0.41 |

Tabla 17. Comparación entre diseño para 3 horas y diseño a 2 horas de fragua corregido.

- Se puede apreciar que se tiene el diseño propuesto y que dio resultados satisfactorios logrando obtener a las 2 horas 2.01 MPa de resistencia a la compresión uniaxial.
- Se aprecia que se realiza un aumento en la cantidad de cemento a 10 Kilos/m³.
- El aditivo súper plastificante sufre un aumento de 0.60 litros/m³

Resultados obtenidos y consideraciones con diseño para 2 horas de fraguado

- De acuerdo al análisis realizado se definió el diseño para la reducción del tiempo de fragua del concreto obteniéndose a las 2 horas: 2.01 MPa, con una relación a/c de 0.41 y obteniéndose a las 24 horas 13.7 MPa.
- Diseño de mezcla de 2 horas de fragua está relacionado a la calidad del macizo rocoso determinado por Geomecánica.
- Se evidencia que la metodología más confiable para realizar el seguimiento a edades tempranas del concreto lanzado son los métodos expuestos, el uso de la aguja de penetración digital Mecmesin y la pistola HILTI DX 450.

- Dosis de aditivo acelerante ultra rápido en zonas con terreno seco se pudo evidenciar que la dosis de aditivo se reducía en casi un 15% a comparación del diseño a 3 horas, siendo beneficioso en una mayor durabilidad del concreto colocado e impactando en un ahorro en el costo de este insumo.
- Adherencia del concreto y el fraguado hacen que la colocación de los pernos se realice sin inconvenientes a las 2 horas de fragua, agilizando este proceso de empernado y teniendo más labores sostenidas durante la guardia, generando mayor utilización de los equipos durante el ciclo de minado.
- El éxito del sostenimiento con concreto lanzado no depende únicamente del diseño realizado en la planta de concreto. Las condiciones en interior mina: estado de la labor, iluminación, presión neumática, así como la correcta técnica de lanzado (preparación de la superficie, ángulo, distancia y secuencia de lanzado) son iguales de relevantes; así como no agregar agua adicional a la mezcla y respetar el tiempo de mantención de la mezcla que es de 3 horas. El no observar estos subprocesos definitivamente influirá en la resistencia temprana y su durabilidad en el tiempo del concreto ya colocado.
- Monitoreo permanente de los parámetros del desarrollo de la resistencia y energía de absorción, además de contar con un Laboratorio de Control de calidad adecuadamente equipado con equipos modernos y calibrados, nos conlleva a dar seguridad y garantizar la calidad en el sostenimiento

CONCLUSIONES

El sostenimiento con shotcrete con vía húmeda, ha alcanzado resultados significativos con respecto al sostenimiento con shotcrete por vía seca por varios factores:

Bajo rebote promedio entre 5% a 10% comparado al de vía seca que es 25% a 30% lo que significa el aprovechamiento al 90% de la mezcla.

La dosificación de la mezcla es más controlada y homogénea, obteniendo como resultado mejor resistencia a compresión y flexión.

Mayor velocidad en el sostenimiento, con respecto al de la vía seca, así mismo al del sostenimiento con Split set, mejorando en rapidez el ciclo de minado.

Esto fue favorable para el incremento de la producción, ya que se redujo en 2 a 3 veces en tiempo del sostenimiento. Esto permitió que el ciclo de perforación se inicie más rápido en los tajeos de producción.

Los costos de elaboración y lanzamiento de concreto poseen un componente fijo: el costo de la planta y de los equipos.

Dicho costo se podrá disminuir cuando la utilización efectiva esté más cercana a la capacidad instalada.

Los componentes variables del costo de elaboración están dados principalmente por los insumos, siendo los de mayor incidencia para la elaboración de 1 metro cúbico: (a) el cemento, (b) el aditivo acelerante y (c) la fibra. El enfoque para la reducción de costos estará dado por la mejora en el diseño del shotcrete.

Con respecto a la seguridad, el sostenimiento con shotcrete por vía húmeda, conlleva a reducir los índices de accidentes incapacitantes y fatales que se tenían en la U.P. Uchucchacua, por desprendimiento de roca.

Ya que el sostenimiento con shotcrete por vía húmeda, permite la baja exposición del personal, al contacto con la roca al momento de efectuar el sostenimiento.

Mejora el ambiente de trabajo, ya que luego de efectuado el sostenimiento, se percibe y tiene un área de trabajo más seguro.

RECOMENDACIONES

- Controlar la dosificación adecuada de la mezcla, para poder garantizar un producto de calidad.
- Realizar el monitoreo continuo, al control de la calidad y verificar en el campo el correcto lanzamiento del producto.
- La correcta utilización del shotcrete, durante el ciclo de minado respetando los parámetros establecidos de fraguado y espesores recomendados por el área de geomecánica.
- Tener en consideración que el personal es fundamental en las operaciones de la mina, por lo que se debe realizar el trabajo correcto, identificando y evaluando todos los peligros y riesgos existentes en el área de trabajo de la UP. Uchucchacua.

BIBLIOGRAFIA

Departamento de Geología y Geomecánica Unidad Uchucchacua – Compañía de Mina Buenaventura.

Jungen Hofler y Jurg Schlump, “Concreto proyectado en la construcción de tuneles”
“Introducción a la tecnología básica de Concreto Proyectado, Putzmeister (09/2004)”

Ryan, T. “Concreto Lanzado” Nueva Serie IMCY/10 Instituto Mexicano de cemento.

ACI: “Guide To Shotcrete” American Concrete Institute, ACI – 506 R (1990)

Laboratorio y Planta de INPECON S.R.Ltda.

Steward & Loggerenberg, *The design of a concrete transport system on Cullinam Diamond Mine*, The journal of the Southern African Institute of Mining & Metallurgy, Volume 106, February 2006, p. 14.

Bieniawski, Z.T., *Engineering Rock Mass Classifications*. A Wiley Interscience Publication, 1989.

ASTM International, *ASTM C33. Standard Specifications for concrete aggregate*. West Conshohocken. U.S.

ASTM International, *ASTM C150. Standard Specifications for Portland cement*. West Conshohocken. U.S.

ASTM International, *ASTM C494. Standard Specifications for chemical admixtures*. West Conshohocken. U.S.

ASTM International, *ASTM C143. Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete*. West Conshohocken. U.S.

ASTM International, *ASTM C138. Standard Test Method for Density, Yield and Air Content of Concrete*. West Conshohocken. U.S.

ASTM International, *ASTM C1064. Standard Test Method for Temperature of Freshly Mixed Hydraulic Cement Concrete*. West Conshohocken. U.S.

ASTM International, *ASTM C39. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. West Conshohocken. U.S.

ASTM International, *ASTM C42. Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete*. West Conshohocken. U.S.

ASTM International, *ASTM C1140. Standard Practice for Preparing and Testing Specimens from Shotcrete Test Panel*. West Conshohocken. U.S.

ASTM International, *ASTM C1550. Standard Test Method for Flexural Toughness of Fiber Reinforced Concrete*. West Conshohocken. U.S

Aronowitz & Steward, *The design of a suspended concrete transport pipeline system*,
The journal of the Southern African Institute of Mining & Metallurgy,
Volume 108, November 2008, p. 707.

ANEXO

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“SOSTENIMIENTO MECANIZADO CON SHOTCREATE VIA HUMEDA EN LA UP. UCHUCCHACUA - COMPAÑIA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A.”

Tesista: Fernando José RIVERA BALDEON

| PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | VARIABLES | DIMENSIONES | INDICADORES | TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN |
|---|--|--|---|---|--|--|
| <p>GENERAL: ¿Sera eficiente el sostenimiento mecanizado con Shotcrete vía húmeda para evitar la caída de rocas en la UP. UCHUCCHACUA - COMPAÑIA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A.?</p> <p>ESPECÍFICOS: a. ¿De qué manera se establecerá un adecuado sostenimiento mecanizado con shotcrete vía húmeda en la UP? UCHUCCHACUA - COMPAÑIA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A para obtener un adecuado plan de minado? b. ¿Se podrá evaluar la eficiencia del sostenimiento mecanizado con shotcrete vía húmeda en la UP? UCHUCCHACUA - COMPAÑIA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A? c. ¿Será posible evaluar el comportamiento del macizo rocoso mediante la geomecánica y evitar la caída de rocas en la UP? UCHUCCHACUA - COMPAÑIA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A?</p> | <p>GENERAL: Determinar la eficiencia del sostenimiento mecanizado con shotcrete vía húmeda para evitar la caída de rocas en la UP. UCHUCCHACUA - COMPAÑIA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A.</p> <p>ESPECÍFICOS: A. a. Establecer un adecuado sostenimiento mecanizado con shotcrete vía húmeda en la UP. UCHUCCHACUA - COMPAÑIA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A para obtener un adecuado plan de minado. b. Evaluar la eficiencia del sostenimiento mecanizado con Shotcrete vía húmeda en la UP. UCHUCCHACUA - COMPAÑIA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A c. Evaluar el comportamiento del macizo rocoso mediante la geomecánica y evitar la caída de rocas en la UP. UCHUCCHACUA - COMPAÑIA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A</p> | <p>GENERAL Si determinamos la eficiencia del sostenimiento mecanizado con Shotcrete vía húmeda entonces evitaremos la caída de rocas en la UP. UCHUCCHACUA - COMPAÑIA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A.</p> <p>ESPECÍFICOS: a. Si establecemos un adecuado sostenimiento mecanizado con Shotcrete vía húmeda en la UP. UCHUCCHACUA - COMPAÑIA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A para obtener un adecuado plan de minado. b. Si evaluamos la eficiencia del sostenimiento mecanizado con shotcrete vía húmeda en la UP. UCHUCCHACUA - COMPAÑIA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A c. Si evaluamos el comportamiento del macizo rocoso mediante la geomecánica y evitar la caída de rocas en la UP. UCHUCCHACUA - COMPAÑIA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A</p> | <p>INDEPENDIENTE: Shotcrete vía húmeda.</p> <p>DEPENDIENTE: Sostenimiento adecuado para mejorar la seguridad.</p> <p>INTERVINIENTES: Seguridad</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Método de explotación - Parámetros - Unidad básica de explotación - Costos | <ul style="list-style-type: none"> - Gestión Minera - Planeamiento Minero. - Proceso de producción - Geomecánica y Geotecnia - Seguridad Minera - Ventilación Minera - Sistema y evaluación de relleno - Sostenimiento - Geología - Costos del proceso | <p>TIPO: - Aplicativo.</p> <p>NIVEL: - Evaluativo.</p> |

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
PERUANO DE ACREDITACIÓN INDECOPI-SNA CON REGISTRO N° LE-027



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS ANTISISMICAS
CON SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD NTP ISO/IEC 17025

INFORME DE ENSAYOS

EXPEDIENTE

INF - LE 256.10

SOLICITANTE

QUÍMICA SUIZA S. A.

Av. República de Panamá N° 2577 - La Victoria, Lima - Perú

Proyecto: Minera Buenaventura - Uchuchacua - Oyon

TITULO

**ENSAYOS DE COMPRESIÓN AXIAL EN PROBETAS CILÍNDRICAS DE
CONCRETO ENDURECIDO, DE TAMAÑO NO ESTÁNDAR
(PROBETAS EXTRAIDAS Y RECORTADAS POR EL CLIENTE)**

FECHA

25 DE JUNIO DEL 2010



Ing. Gladys Villa García M.

Jefe de Laboratorio de
Estructuras Antisismicas



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS ANTISISMICAS
CON SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD
NTP ISO/IEC 17025



Pág.2

Tabla 1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO (SHOTCRETE) DE TAMAÑO NO ESTÁNDAR
[Testigos Diamantinos extraídos y recortados por el Cliente]

NORMA ENSAYO / REFERENCIA: ASTM C 42-(03), ASTM C 39-(04) / NTP 339.034 (99), NTP 339.059 (01)
SOLICITANTES: QUÍMICA SUIZA S. A.
MUESTRA: Seis (6) Probetas de lechada de cemento de Tamaño No estándar (de 2" de diámetro nominal), extraídos y recortados en sus extremos, por Cliente

PROCEDENCIA: Control de Calidad - MINERA BUENAVENTURA, UCHUHACUJA - OYÓN, LIMA
FECHAS EXTRACCIÓN / ENSAYO: 23 de junio/2010 / 25 de junio de 2010
COND. HUMEDAD MUESTRA: Testigos ensayados "en condiciones de recepción"
CONDICIONES AMBIENTALES: T: 18°C; H.R.: 74% (valores promedio)

| Testigo Nº | Long. Original | Diam. (mm) | Long. (mm) | | Peso (gr) | Esbel- tez | F. C. Esb. | P máx | | R'c | | Tipo de Falla | P. U. (kg/m²) |
|--|-------------------|---------------|------------|-------|--------------|---------------|---------------|--------|-------|------|--------|------------------|------------------|
| | | | Lsc | Lcc | | | | (kN) | (kg) | M Pa | kg/cm² | | |
| 1 - GUNITOC L - 33 | 109 | 73.9 | 108.5 | 114.0 | 1048.0 | 1.544 | 0.9635 | 118.50 | 12080 | 26.7 | 272 | 4 | 2255 |
| | 116 | 73.8 | 116.0 | 123.0 | 1133.7 | 1.667 | 0.9734 | 125.90 | 12834 | 28.6 | 292 | 4 | 2285 |
| Prom.: 27,65 281,9 D.E.: 1,41 14,4 C.V.: 5,10 5,10 | | | | | | | | | | | | | |
| 3 - SURESHOT AF | 128 | 73.9 | 128.0 | 134.0 | 1252.6 | 1.813 | 1.0000 | 168.50 | 17176 | 39.3 | 400 | 4 | 2282 |
| | 127 | 73.9 | 127.0 | 131.0 | 1237.5 | 1.773 | 1.0000 | 124.30 | 12671 | 29.0 | 295 | 2 | 2272 |
| Prom.: 34,13 347,9 D.E.: 7,29 74,3 C.V.: 21,35 21,35 | | | | | | | | | | | | | |
| 5 - SIGUNIT - SIKA | 116 | 73.8 | 116.0 | 122.0 | 1086.6 | 1.663 | 0.9722 | 65.33 | 6680 | 14.8 | 151 | 2 | 2190 |
| | 122 | 73.8 | 123.0 | 127.0 | 1160.2 | 1.722 | 0.9778 | 66.77 | 6806 | 15.3 | 156 | 4 | 2208 |
| Prom.: 15,07 153,6 D.E.: 0,31 3,1 C.V.: 2,04 2,04 | | | | | | | | | | | | | |

Donde:
Lsc, Lcc
Peso:
Esbeltez
F. C. Esb.
P máx:

Longitud del testigo recortado en sus extremos, sin incluir e incluyendo el capping
Peso del espécimen -en las condiciones de ensayo- antes de la colocación del capping
Relación Longitud (Lcc) / Diámetro del testigo
Factor de Corrección por Esbeltez, establecido en Normas de Ensayo y de Referencia
Carga Máxima aplicada, expresada en kilo Newton (kN) y en kilogramos (kg)

INF - LE 256.10

Probetas de Tamaño No Estándar



... Continuación

R'c:

1,2,3,4,5,6:

P.U.:

Prom.:

D.E.:

C.V.:

(-):

Notas:

Resistencia a la compresión del testigo diamantino de concreto, expresada en Mega Pascales (MPa) y en kg/cm²
Tipos de falla.-1: Conos bien formados en ambas bases / 2: Cono en una base con grietas verticales / 3: Grietas verticales columnares.
4: Corte / 5: Fractura a un lado de la base inferior o superior / 6: Fractura en todo el perímetro de una base.
Peso Unitario del material (concreto), en las condiciones de ensayo
Promedio de los valores R'c individuales (muestra), en sistemas de unidades indicados
Desviación estándar de todos los valores de R'c (muestra), en los sistemas de unidades correspondientes
Coeficiente de variación de la muestra (de todos los valores R'c), expresado en porcentaje (%)
Información desconocida en el Laboratorio

Los testigos han sido extraídos y recortados en sus extremos, por el cliente
La identificación de los testigos, corresponde a la indicada por el cliente
El ensayo de compresión fue realizado en una Máquina de Ensayos, con Celda de Carga, calibrada periódicamente contra una Celda de Carga Patrón, trazable internacionalmente
Los resultados han sido corregidos por esbeltez únicamente (para esbeltez ideal, el factor de corrección es 1)

Se reporta algunas medidas estadísticas (valor promedio, desviación estándar y coeficiente de variación) de los resultados de todos los testigos, sin embargo, si éstos no constituyen una muestra uniforme (diferentes elementos y/o especificaciones), carecerían de sentido dichas medidas
A partir del peso del espécimen en 'Condiciones de Ensayo', se calculó el *Peso Unitario* (P.U. referencial) del concreto, como se muestra en la información contenida en la tabla, anterior.

Este informe contiene "Resultados de Ensayos", que corresponden y son válidos solamente para los especímenes ensayados; y no deben ser utilizados como una "Certificación de Conformidad" con normas de productos o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que los produce.

La incertidumbre de la medición del "esfuerzo de compresión" en ensayos de compresión axial de testigos diamantinos de concreto es $\pm 3,46\text{MPa}$ ($\pm 35,28\text{kg/cm}^2$), calculado utilizando $k=2$ como factor de cobertura, lo que da un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

El presente Informe consta de nueve (9) páginas en total, incluyendo una (1) carátula y seis (6) registros gráficos de los ensayos realizados.
Se prohíbe su reproducción parcial, sin autorización expresa del Laboratorio de Estructuras - PUCP.

INF - LE 256-10

Probetas de Tamaño No Estándar



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS ANTISISMICAS
CON SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD
NTP ISO/IEC 17025

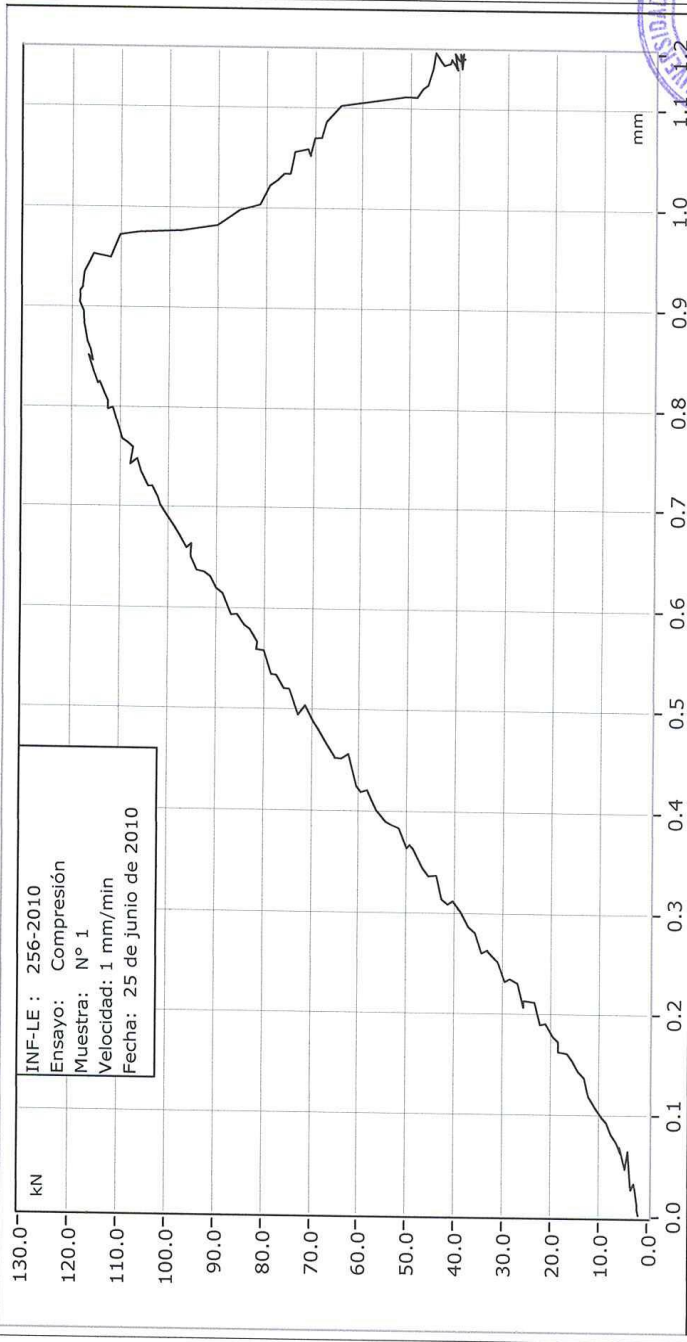


Registro N° LE-027



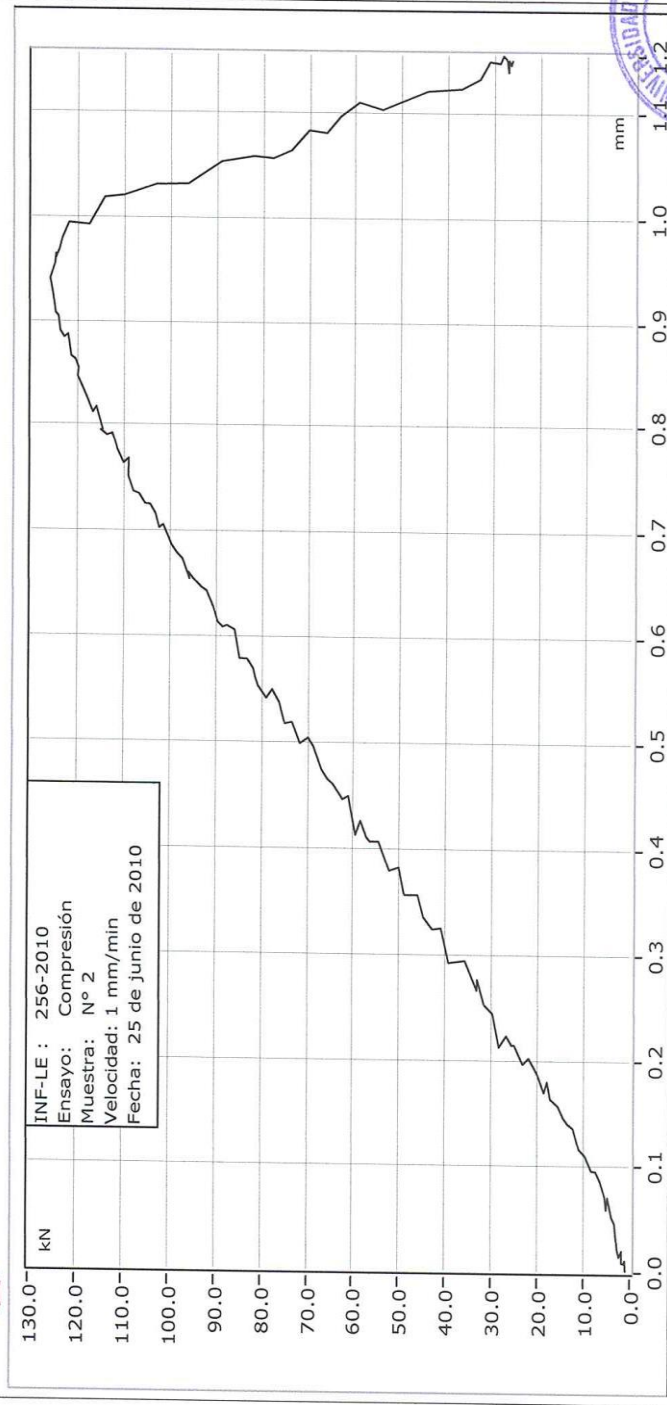


PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
Laboratorio de Estructuras Antisísmicas-LEDI



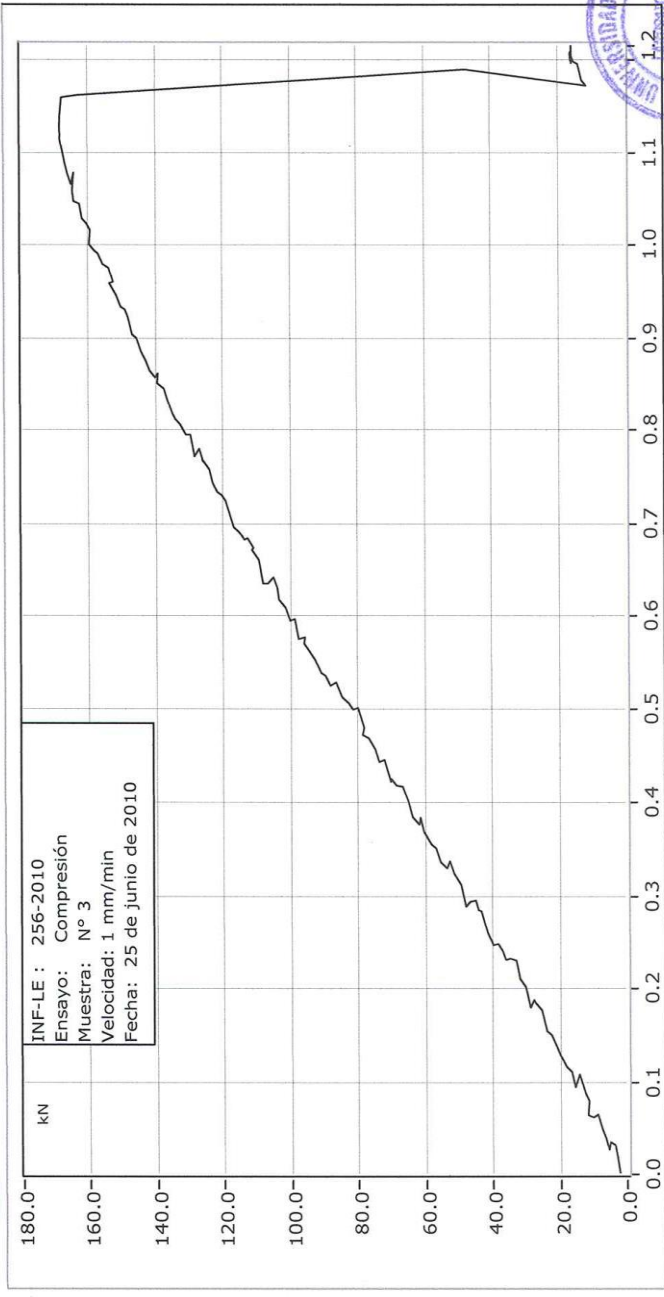


PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
Laboratorio de Estructuras Antisísmicas-LEDI





PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
Laboratorio de Estructuras Antisísmicas-LEDI



INFORME DE ENSAYOS

EXPEDIENTE **INF - LE 134.14**

SOLICITANTE **INDUSTRIA PERUANA DE CONCRETOS S.R.L. - INPECON**
Av. Nicolás Ayllón N°7548, CDM Villa Santa Clara

Obra: UNIDAD DE PRODUCCIÓN UCHUCHACCUA - CLIENTE
COMPAÑÍA MINERA BUENAVENTURA

TITULO **DETERMINACIÓN DE LA TENACIDAD DEL CONCRETO CON**
FIBRAS, USANDO LOSA CUADRADA EN FLEXIÓN, CON
CARGA CENTRADA Y APOYO PERIMETRAL

FECHA 26 DE MAYO DEL 2014



Ing. Gladys Villa Garcia M.
Jefe de Laboratorio de
Estructuras Antisismicas





TABLA 1. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y OBSERVACIONES PRE Y POST-ENSAYO
(FLEXIÓN CON CARGA CENTRADA EN LOSAS CUADRADAS DE SHOTCRETE CON FIBRAS, APOYADA EN SUS CUATRO EXTREMOS)

| | |
|---------|------------------|
| t máx.: | 110mm = (100+10) |
| t mín.: | 100mm = (100-0) |

| | |
|---------|------------------|
| l máx.: | 610mm = (600+10) |
| l mín.: | 590mm = (600-10) |

Requisitos Norma:
INDUSTRIA PERUANA DE CONCRETOS S.R.L. - INPECON

(Valores Admisibles)

04 Losas Cuadradas de shotcrete reforzado con fibras lanzadas por el cliente:

- P-1 1
- P-2 2
- P-3 3
- P-4 4

PROCEDENCIA: UNIDAD DE PRODUCCIÓN UCHUACHACUA - CLIENTE COMPAÑÍA MINERA BUENAVENTURA

FECHA DE LANZADO: 4 de Abril de 2014

FECHA DE ENSAYO: 22 de Mayo de 2014

CONDICIONES MUESTRA: Condiciones de humedad de recepción

COND. AMBIENTALES: Ensayo en condiciones ambientales de Lima: (T = 21°C y 77%H.R., aprox.)

| Identific. del Espécimen | Tipo de Espéc. | Lado (mm) | | | | | | | | | | Espesor "t" (mm) medido en: | | | | | | | | | | "t" calculados (mm) | | | Fisura Radial (N°) | Validez del Resultado | Observaciones: Antes, Durante y Después del Ensayo |
|--------------------------|-----------------------------|----------------|-----|----------------|-----|----------------|------|------|------|------|------|-----------------------------|------|------|------|------|-----|-----|------|------|--------|---------------------|-----|-----|--------------------|-----------------------|--|
| | | l _y | | l _x | | l _φ | | Prom | | Máx. | | Mín. | | Adm. | | Prom | Máx | Mín | | | | | | | | | |
| | | t1 | t2 | t3 | t4 | t1-1 | t1-2 | t1-3 | t1-4 | t2-1 | t2-2 | t2-3 | t2-4 | t3-1 | t3-2 | | | | t3-3 | t3-4 | t.c.i. | | | | | | |
| P-1 | Panel de Shotcrete Cuadrado | 580 | 575 | 604 | 601 | 590 | 610 | 109 | 111 | 112 | 113 | 110 | 111 | 108 | 113 | 110 | 111 | 111 | 111 | 113 | 111.5 | 100 | 110 | 110 | ok | | |
| | Panel de Shotcrete Cuadrado | 600 | 600 | 602 | 604 | 602 | 610 | 105 | 107 | 110 | 105 | 106 | 107 | 110 | 106 | 107 | 108 | 107 | 108 | 108 | 107.1 | 100 | 110 | 110 | x | | |
| P-2 | Panel de Shotcrete Cuadrado | 598 | 597 | 590 | 597 | 596 | 610 | 103 | 104 | 108 | 107 | 103 | 104 | 108 | 107 | 103 | 104 | 109 | 101 | 100 | 103.5 | 100 | 110 | 110 | ok | | |
| | Panel de Shotcrete Cuadrado | 608 | 602 | 603 | 604 | 604 | 610 | 107 | 102 | 109 | 106 | 103 | 101 | 106 | 105 | 100 | 102 | 105 | 100 | 104 | 104.0 | 100 | 110 | 110 | ok | | |

Requisitos de la Norma de Ensayos y Cumplimiento de los mismos:

El espesor promedio de la losa cuadrada, debe estar comprendido en el rango de 100 y 110mm respectivamente. (Ver Norma de Ensayo)

El espécimen P-1 no cumple con este requisito

Según el acápite 10.4 de la norma, se debe controlar el desplazamiento central a una velocidad de 1.5mm por minuto hasta alcanzar el valor de 25 mm.

El presente informe consta de ocho (8) páginas en total, incluyendo una (1) carátula y cuatro (4) registros gráficos (globales) Carga (kN) vs. Desplazamiento Total (mm) del ensayo realizado.

Se prohíbe su reproducción parcial, sin autorización expresa del Laboratorio de Estructuras - PUCP.

TABLA 2. RESULTADOS DE ENSAYOS FLEXIÓN EN LOSAS CUADRADAS DE SHOTCRETE CON FIBRAS,
(FLEXIÓN CON CARGA CENTRADA EN LOSAS CUADRADAS DE SHOTCRETE CON FIBRAS, APOYADA EN SUS CUATRO EXTREMOS)

NORMA DE ENSAYO: EFNARC 1996 (Acápites 10.4)
SOLICITANTE: INDUSTRIA PERUANA DE CONCRETOS S.R.L. - INPECON
MUESTRAS: 04 Losas Cuadradas de shotcrete reforzado con fibras lanzadas por el cliente:
PROCEDENCIA: UNIDAD DE PRODUCCIÓN UCHUHACCUA - CLIENTE COMPAÑÍA MINERA BUENAVENTURA
FECHA DE FABRICACIÓN: 4 de Abril de 2014
FECHA DE ENSAYO: 22 de Mayo de 2014
CONDICIONES MUESTRA: Condiciones de humedad de recepción
COND. AMBIENTALES: Ensayo en condiciones ambientales de Lima: (T = 21°C y 77%H.R., aprox.)

| Identificación Muestra/Panel | Parámetro Medido | Valores Registrados y/o Calculados | | | | | | | | | | 0-Final Ensayo* | |
|------------------------------|------------------|------------------------------------|-----------------|------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|-----------------|---------|
| | | Fisuración | Máxima o Última | Máxima Alcanzada | 0-5mm | 0-10mm | 0-15mm | 0-20mm | 0-25mm | 0-30mm | 0-35mm | | |
| P-1 | Carga (kN) | 30.484 | 30.484 | 14.856 | 14.042 | 15.637 | 16.839 | 16.13 | 15.095 | 14.856 | | | 14.856 |
| | Deflexión (mm) | 1.078 | 1.078 | 25.306 | 5.000 | 10.000 | 15.000 | 20.000 | 25.000 | 25.306 | | | 25.000 |
| | Energ. Abs. (J) | 13.552 | 13.552 | 399.285 | 67.699 | 137.482 | 219.156 | 305.707 | 394.721 | 399.285 | | | 399.285 |
| P-2 | Carga (kN) | 33.592 | 35.835 | 10.844 | 22.454 | 18.073 | 14.100 | 12.945 | 10.801 | 10.844 | | | 10.844 |
| | Deflexión (mm) | 0.983 | 3.677 | 25.244 | 5.000 | 10.000 | 15.000 | 20.000 | 25.000 | 25.244 | | | 25.244 |
| | Energ. Abs. (J) | 11.861 | 62.808 | 403.686 | 92.014 | 191.158 | 273.410 | 342.556 | 401.061 | 403.686 | | | 403.686 |
| P-3 | Carga (kN) | 36.492 | 36.492 | 7.696 | 22.465 | 14.554 | 12.219 | 9.561 | 7.844 | 7.696 | | | 7.696 |
| | Deflexión (mm) | 1.037 | 1.037 | 25.411 | 5.000 | 10.000 | 15.000 | 20.000 | 25.000 | 25.411 | | | 25.411 |
| | Energ. Abs. (J) | 13.303 | 13.303 | 347.270 | 84.726 | 177.994 | 247.402 | 302.014 | 344.066 | 347.270 | | | 347.270 |
| P-4 | Carga (kN) | 32.226 | 32.226 | 9.851 | 18.818 | 15.886 | 11.875 | 9.580 | 9.916 | 9.851 | | | 9.851 |
| | Deflexión (mm) | 0.695 | 0.695 | 25.141 | 5.000 | 10.000 | 15.000 | 20.000 | 25.000 | 25.141 | | | 25.141 |
| | Energ. Abs. (J) | 8.060 | 8.060 | 353.961 | 88.035 | 179.446 | 248.860 | 302.761 | 352.584 | 353.961 | | | 353.961 |

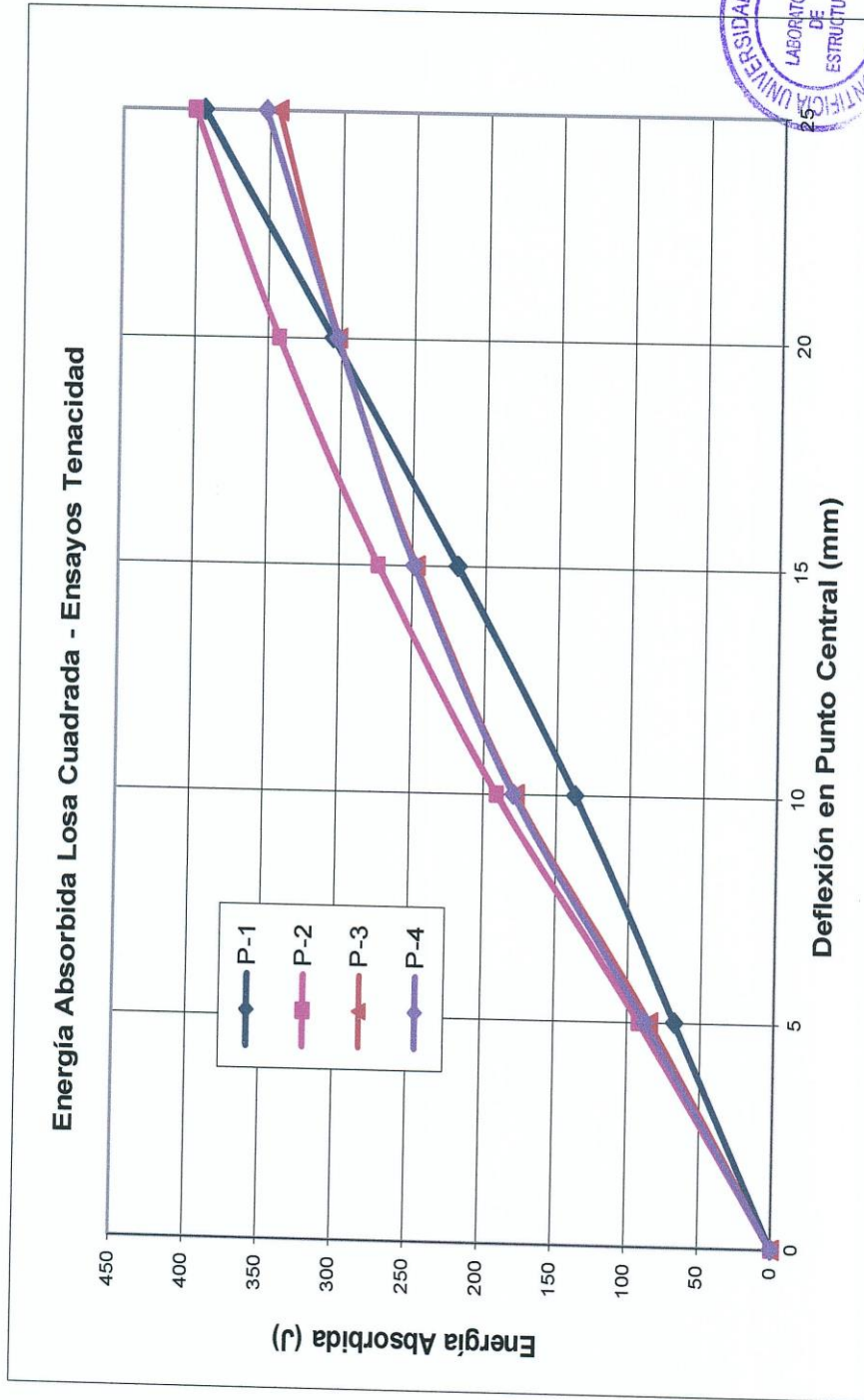
(*) : Valores finales presentados referencialmente, no solicitados en norma de ensayo (en este caso, iguales a máx. alcanzados)

(-) : Valores no alcanzados en el ensayo

El Dispositivo de ensayo está formado por perfiles metálicos rígidos (tipo mecano) con una Máquina estructural de 500KN de Capacidad y +/-200mm de desplazamiento. Este Informe contiene "Resultados de Ensayos", que corresponden y son válidos solamente para los especímenes ensayados; y no deben ser utilizados como una 'Certificación de Conformidad' con normas de productos o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que los produce.

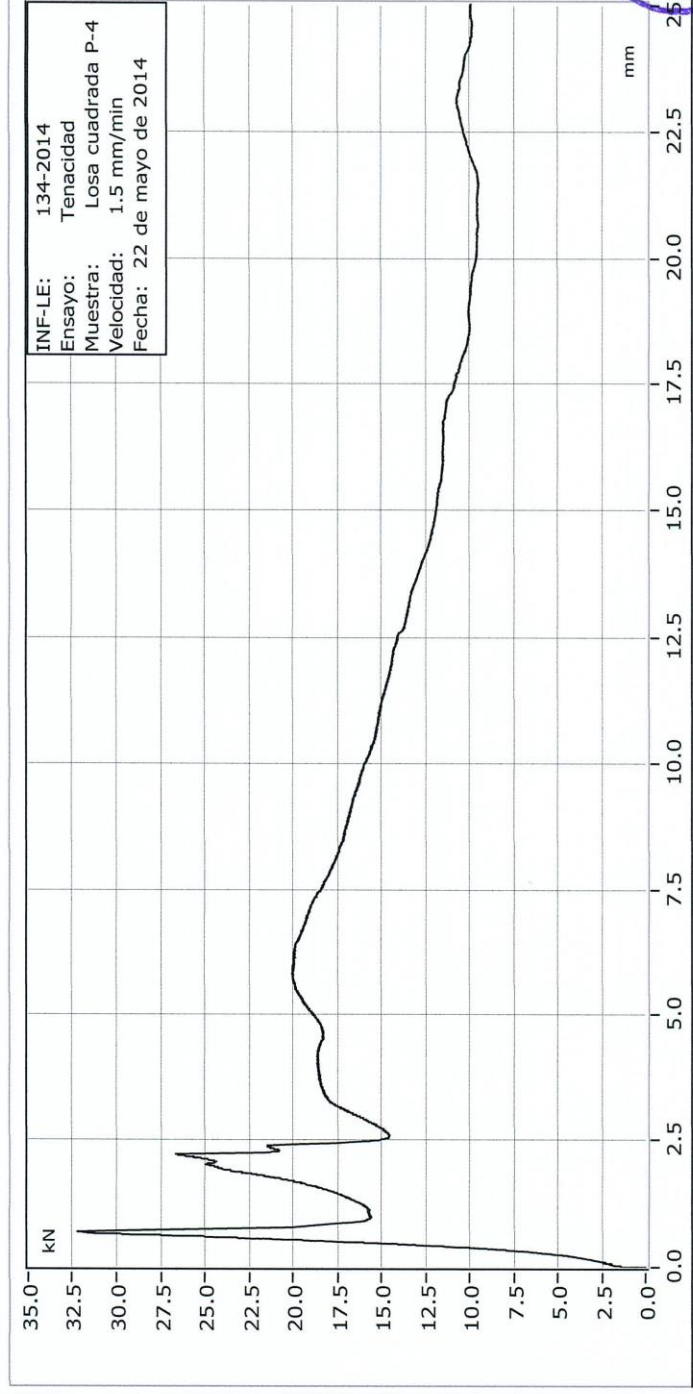
El presente Informe consta de ocho (8) páginas en total, incluyendo una (1) carátula y cuatro (4) registros gráficos (globales) Carga (kN) -vs- Desplazamiento Total (mm) del ensayo realizado. Se prohíbe su reproducción parcial, sin autorización expresa del Laboratorio de Estructuras - PUCP.





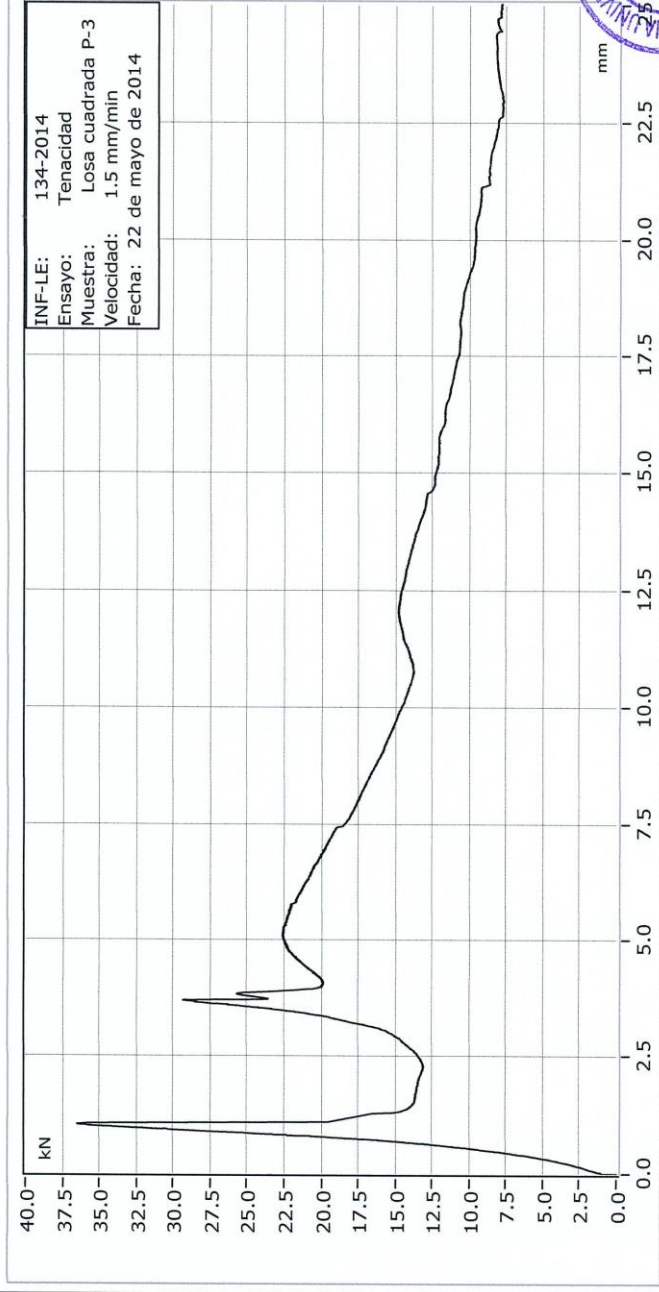


PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
Laboratorio de Estructuras Antisísmicas-LEDI



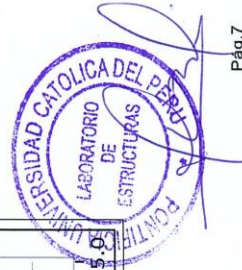
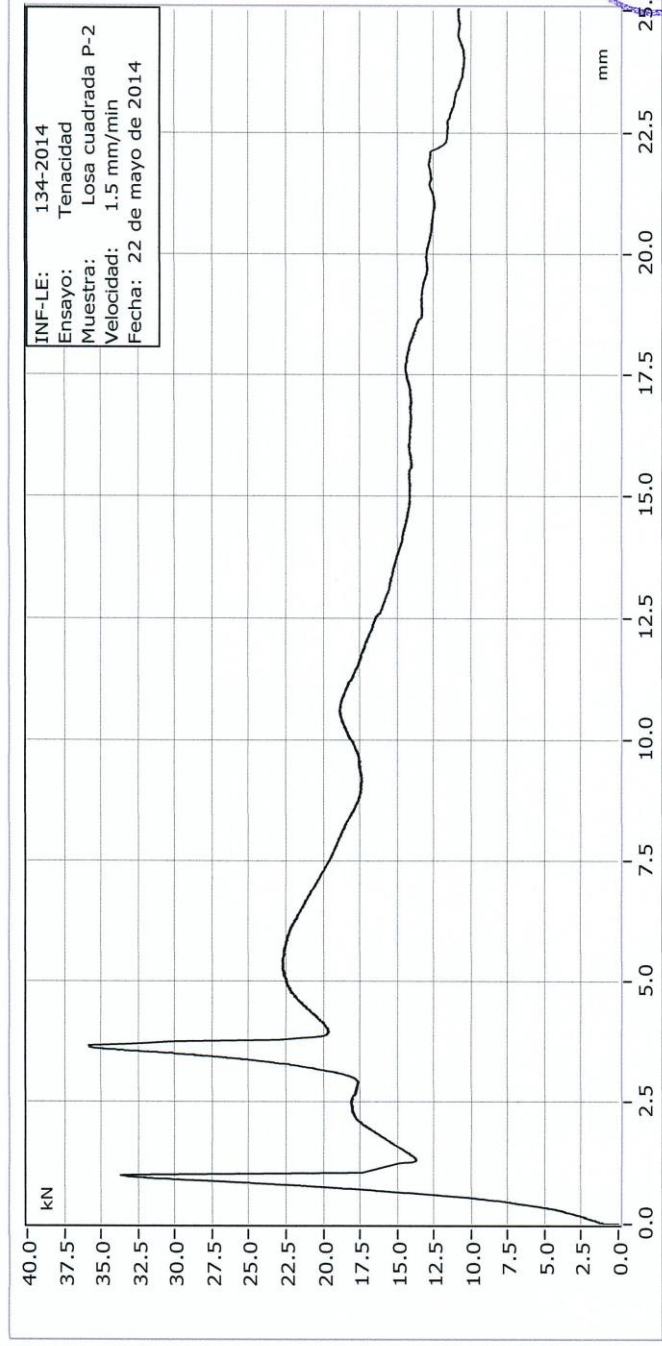


PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
Laboratorio de Estructuras Antisísmicas-LEDI



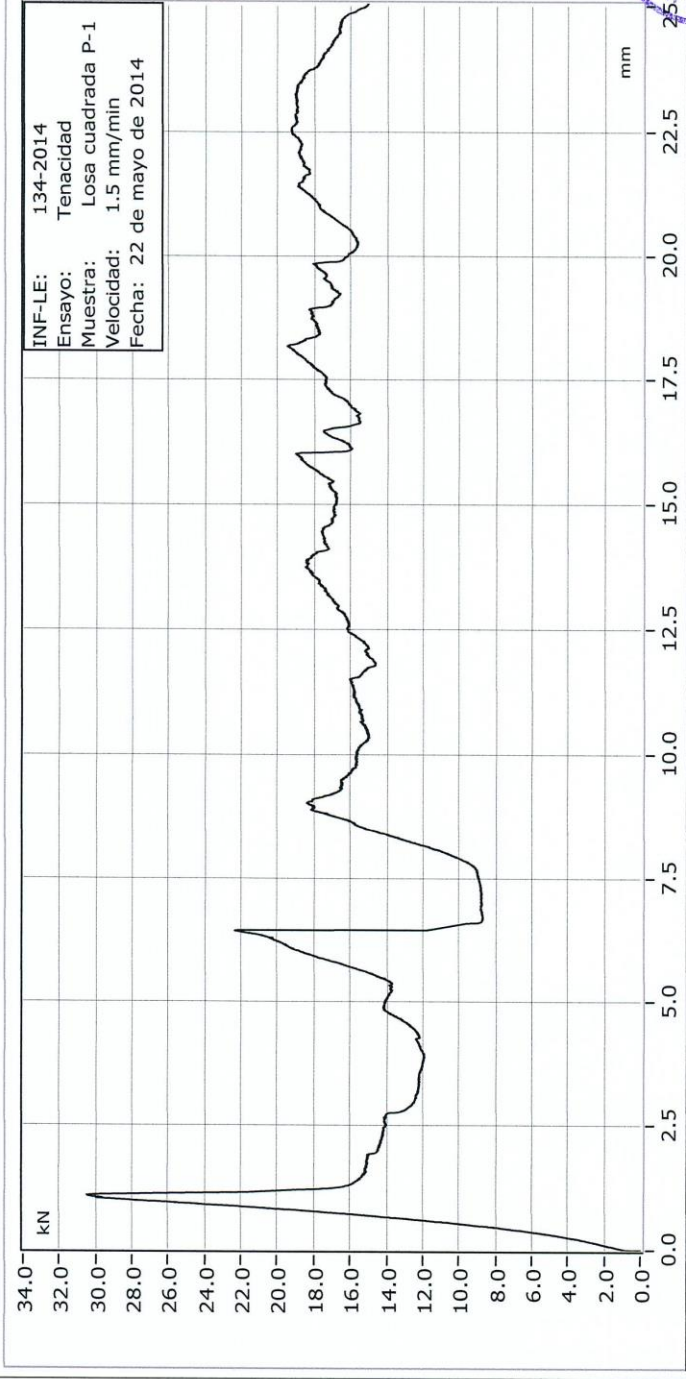


PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
Laboratorio de Estructuras Antisísmicas-LEDI





PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
Laboratorio de Estructuras Antisísmicas-LEDI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 ENSAYO DE MATERIALES

MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA

INFORME

| | |
|------------|---|
| DEL | : Laboratorio N° 1 : Ensayo de Materiales |
| A | : BRISLEM PROVEEDORES Y CONSTRUCTORES |
| UBICACIÓN | : CANTERA MATICHACRA - OYON - LIMA |
| ASUNTO | : Determinación de las propiedades físicas en agregados |
| EXPEDIENTE | : 11-1125 |
| RECIBO | : 65944 |
| FECHA | : 18/05/11 |

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

I) DE LA MUESTRA :

Consistente en una muestra de PIEDRA CHANCADA, procedente de la cantera MATICHACRA - OYON-LIMA.

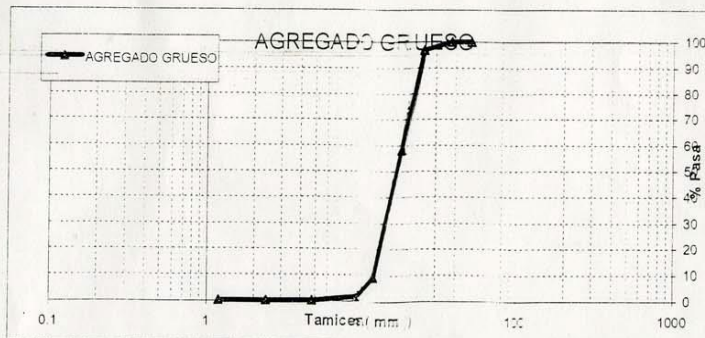
Muestra identificada y proporcionada por el solicitante

II) DE LOS RESULTADOS :

2.1) ANALISIS GRANULOMETRICO (ASTM C-136)

| TAMIZ | | % RET. | % RET. ACUM. | % PASA | % PASA - HUSO 57 NTP 400.37 / ASTM C33 |
|----------|--------|--------|--------------|--------|--|
| (Pulg) | (mm) | | | | |
| 2 1/2" | 63 | - | - | - | - |
| 2" | 50 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | - |
| 1 1/2" | 37.5 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | 100 - 100 |
| 1" | 25 | 3.3 | 3.3 | 96.7 | 95 - 100 |
| 3/4" | 19 | 38.3 | 41.6 | 58.4 | 65 - 80 |
| 1/2" | 12.5 | 49.1 | 50.8 | 49.2 | 25 - 60 |
| 3/8" | 9.5 | 7.3 | 58.1 | 1.9 | 5 - 30 |
| N°4 | 4.75 | 1.8 | 59.9 | 0.1 | 0 - 10 |
| N°8 | 2.38 | 0.0 | 59.9 | 0.1 | 0 - 5 |
| N°16 | 1.19 | 0.0 | 59.9 | 0.1 | - |
| FONDO | | 0.0 | 59.9 | 0.1 | - |

2.2) CURVA DE GRANULOMETRIA



MODULO DE FINURA = 7.39

Hecho por : Ing. C. Villegas M.
Técnico : Sr. T.M.T.

V.H.J.

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25. Apartado 1301 - Perú
Telefax: (511) 381-3343, Central Telefonica: (511) 481-1070 Anexo: 306

Ms. Ing. ANA TORRE CARRERA
Jefe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 ENSAYO DE MATERIALES

MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA

INFORME

| | |
|------------|---|
| DEL | : Laboratorio N° 1 : Ensayo de Materiales |
| A | : BRISLEM PROVEEDORES Y CONSTRUCTORES |
| UBICACIÓN | : CANTERA MATICHACRA - OYON - LIMA |
| ASUNTO | : Determinación de las propiedades físicas en agregados |
| EXPEDIENTE | : 11-1125 |
| RECIBO | : 65944 |
| FECHA | : 18/05/11 |

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

I) DE LA MUESTRA :

Consistente en una muestra de ARENA GRUESA, procedente de la cantera MATICHACRA-OYON-LIMA.

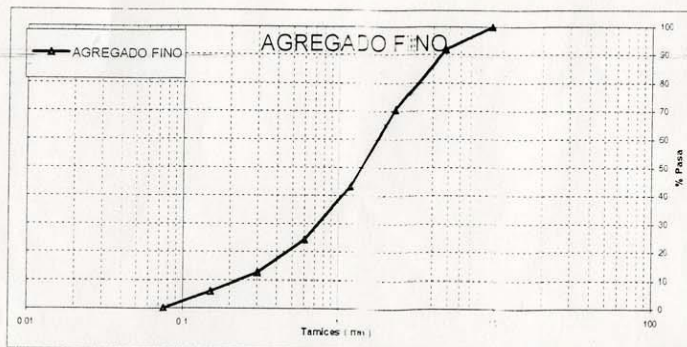
Muestra identificada y proporcionada por el solicitante.

II) DE LOS RESULTADOS :

2.1) ANALISIS GRANULOMETRICO (ASTM C-136)

| TAMIZ | | % RET. | % FET. ACUM. | % PASA | % PASA HUSO NTP 400.037 ASTM C33 |
|--------|------|--------|--------------|--------|----------------------------------|
| (Pulg) | (mm) | | | | |
| 1/2" | 12.5 | | | | |
| 3/8" | 9.5 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | 100 - 100 |
| N°4 | 4.75 | 8.1 | 8.1 | 91.9 | 95 - 100 |
| N°8 | 2.38 | 21.3 | 29.5 | 70.5 | 80 - 100 |
| N°16 | 1.19 | 27.4 | 56.9 | 43.1 | 50 - 85 |
| N°30 | 0.6 | 18.7 | 75.6 | 24.4 | 25 - 60 |
| N°50 | 0.3 | 11.8 | 87.4 | 12.6 | 10 - 30 |
| N°100 | 0.15 | 6.5 | 93.9 | 6.1 | 2 - 10 |
| FONDO | | 6.1 | 100.0 | 0.0 | 0 - 0 |

2.2) CURVA DE GRANULOMETRIA



MODULO DE FINURA = 3.55

Hecho por : Ing. C. Villegas M.
Técnico : Sr. G.P.L.

V.H.J.

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú
Telefax. (511) 381-3343, Central Telefonica. (511) 481-1070 Anexos: 306





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO QUIMICO DE LA FIC

ANALISIS FISICO QUIMICOS

SOLICITANTE: BRISLEM PROVEEDORES Y CONSTRUCTORES

EXPEDIENTE: 11-1125

TIPO DE MUESTRA: PIEDRA CHANCADA

CANTERA: MATICHACRA-OYON-LIMA

FECHA: 16 DE MAYO DEL 2 011

| ANALISIS DE : | CLORUROS Cl ⁻ | SULFATOS (SO ₄) ²⁻ | SALES SOLUBLES TOTALES |
|--|-----------------------------|--|---------------------------|
| | ASTM D 3370:1999 | ASTM E 275:2001 | MTC E 219.2000 |
| | NTP 339.177. 200 | NTP. 339.178.2002 | ASTMD 1888 |
| | ppm | ppm | ppm |
| TIPO DE MUESTRA: PIEDRA CHANCADA CANTERA: MATICHACRA OYON LIMA | 65 | 243 | 354 |


CARMEN M. REYES CUBAS
ING. ANALISTA DEL LABORATORIO
Lab. Químico de la FIC-UNI




ROSA ALTAMIRANO MEDINA
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. Químico de la FIC-UNI

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra

Av. Tupac Amaru 210, Lima 25, Peru
Apartado Postal 1301 Lima 100 - Peru Telefax 511) 481-9845
Central Telefonica: 481-1070 Anexo: 295



INFORMES

CIA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A.

INFORME DE TOMAS DE MUESTRA DE PANELES CIRCULARES

De acuerdo a la norma técnica – ASTM C 1550

Shotcrete – vía seca

RESUMEN

El presente informe tiene como objetivo hacer llegar los avances que se vienen desarrollando para la ejecución de las pruebas de control de calidad del shotcrete (paneles).

EVALUACIÓN

1. Objetivo de la prueba:

Evaluar la calidad del concreto lanzado, y obtener patrones de comparación al variar algunos elementos en la dosificación.

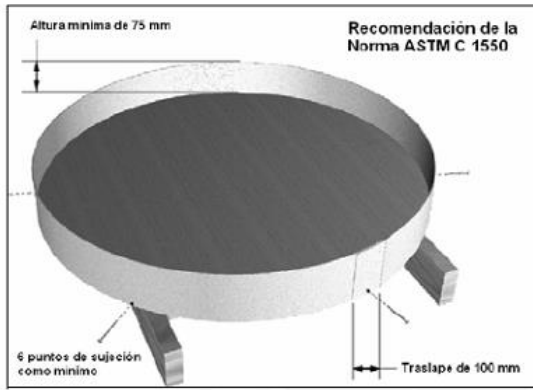
2. Descripción de la recopilación de especímenes:

a. Características:

Los paneles circulares a ensayar se moldean de acuerdo a lo requerido en el acápite 7.1 de la norma ASTM C 1550, considerando las dimensiones del molde, la forma del vaciado, el curado y la ejecución del ensayo.

Los moldes fueron construidos según la recomendación de la norma, conservando las medidas internas 800 mm (con una variación de 10 mm) y una profundidad de 75 mm.

Previo al llenado, los moldes fueron ubicados inclinados a 45°



b. Características de los especímenes a analizar:

La recopilación de las muestras se realizará con las siguientes características:

MP-01: Dosificación: Fecha 29 de marzo del 2010 Hora: 10:00 pm

1 m³ de arena

420 Kg de cemento (10 bolsas)

6.0 Kg de Fibra Híbrida

2 Gl de Segunit L-22

MP-02: Dosificación: Fecha 02 de abril del 2010 Hora: 10:00 pm

1 m³ de arena

420 Kg de cemento (10 bolsas)

3.0 Kg de Fibra Híbrida

2 Gl de Segunit L-22

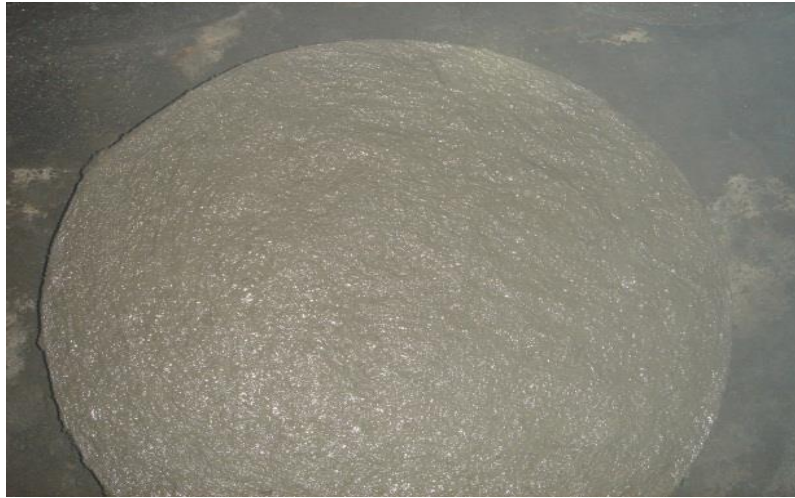
c. Ejecución de la prueba:

Previo al llenado, el molde fue ubicado inclinado a 45°. El vaciado de los moldes se realizó con un equipo de concreto lanzado (Aliva) proyectando la mezcla de concreto sobre el molde siguiendo una espiral desde el centro hacia fuera, esto con la finalidad de obtener una masa uniforme en toda la extensión del panel.

Posteriormente el panel se ubica de manera horizontal y se uniformiza la superficie para de esta manera tener una muestra regular.

Posteriormente se procedió a controlar el secado húmedo con trapos industriales húmedos y regando continuamente por un periodo de cuatro días y a continuación se depositaron en una poza de curado, hasta la fecha de traslado a la ciudad de Lima.

Vistas del panel:



Área Geomecánica

INFORME CIA MINERA BUENAVENTURA

BU CONCRETE

Fecha : 05/Mayo/2011

INFORME FINAL

Concreto Lanzado Vía Seca – CIA. Minas Buenaventura – UM Uchuchaccua

Tema : Pruebas en concreto lanzado vía seca con el aditivo Sigunit L-22

De : Ing. Herbert Rojas (Asesor de Negocios Minería de Sika Perú)

Para: Ing. David Regalado (Jefe de Geomecánica)

Estimado Ingeniero:

En referencia a las pruebas de shotcrete en campo realizadas el día 17 de Marzo, tengo bien en informar:

Objetivo

El presente ensayo técnico realizado en interior mina tiene como objetivo determinar la performance del aditivo Sigunit L-22 y verificar las propiedades del shotcrete.

Participantes de los Ensayos Técnicos

Durante los ensayos realizados en interior mina, se contó con la presencia de las siguientes personas:

| | |
|-----------------------|---------------------------------------|
| Ing. Herbert Rojas | : Asesor de Negocios – Sika Perú S.A. |
| Ing. Juan Carhuaricra | : Asistente de Geomecánica |
| Tec. Wilmer Dávila | : Técnico – Sika Perú S.A. |

Resumen de las pruebas

Se realizó un lanzamiento de concreto vía seca en la Galería 657 - Nivel 3920 de la Mina Socorro haciendo uso del aditivo acelerante Sigunit L-22. Se procedió al lanzamiento de 1 m³ de concreto siguiendo el diseño actual.

Desde el punto de vista visual, el aditivo Sigunit L-22 presentó muy buena adherencia a las paredes del túnel incrementando el rendimiento y disminuyendo el rebote.

Además se determinó el tiempo de fragua inicial haciendo uso de un penetrómetro de mano en 20 puntos distintos (prueba que se basa en la norma ASTM C403), lo cual nos confirmó que el tiempo de fragua inicial del concreto en promedio fue de:

1 min. 40" (Leer nota)

Nota:

- 1) La fragua inicial comienza cuando al introducir 1" del penetrómetro dentro del concreto, este marca 500 PSI.
- 2) Se adjunta norma ASTM C-403



**Innovation & since
Consistency | 1910**

BU CONCRETE



Innovation & since
Consistency 1910

BU CONCRETE

Para evaluar la resistencia a la compresión se procedió a muestrear 2 paneles trapezoidales con la finalidad de extraer testigos diamantinos los cuales fueron ensayados a compresión a edades de 7 y 28 días en el Laboratorio de Materiales de SENCICO (Se adjunta certificados).



| TESTIGO | EDAD (días) | f'c (kg/cm ²) | Promedio (kg/cm ²) | % (*) |
|---------|-------------|---------------------------|--------------------------------|-------|
| 1 | 7 | 214 | 211 | 101 |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | 28 | 241 | 265 | 126 |
| 6 | | | | |
| 7 | | | | |



Innovation & since
Consistency 1910

Como parte de la visita técnica, se capacitó al personal encargado de la preparación de la mezcla vía seca y aplicación de Shotcrete con el tema: Aplicaciones de Shotcrete.



Conclusiones

1. El aditivo Sigunit L.50 AF demostró tener muy buena performance, lográndose una adherencia a las paredes del túnel óptima. Además de tener un rebote bajo.
2. Las resistencias obtenidas a 7 y 28 días superan lo requerido asegurando el sostenimiento.
3. El fraguado del Shotcrete fue en promedio de 1'40", apreciándose disminución en el rebote y rápida ganancia de resistencias.

Atentamente.

Ing. Herbert Rojas
Asesor de Negocios



CANTERA COCHAMARCA

INFORME DEL AGREGADO CANTERA COCHAMARCA

De : **Tec. Iván Carhuáz Silvestre** – Ulmén Perú SAC
 Para : **Liberato Villa Romero** - INDUSTRIA PERUANA DEL CONCRETO.
 Gerente General

Fecha : **28 de junio del 2012.**

Ingeniero:

En referencia de la visita a la unidad minera uchucchacua – buenaventura, tengo bien en informar lo siguiente:

1. OBJETIVOS.

- ✓ Verificar la correcta aplicación del aditivo superplastificante SH – 5 que es adicionado en planta junto con el resto de insumos del shotcrete.
- ✓ Verificar la calidad de los insumos, en especial el AGREGADO, ya que es el insumo principal para obtener buenas propiedades en la mezcla y R'C del concreto endurecido.
- ✓ Por otro lado verificar mediante resultados de Resistencia a la Compresión con probetas en planta e IN SITU (testigos diamantinos), el DISEÑO DE MEZCLA PATRON, F'C 30Mpa IN situ.

2. FORMATO DE ENSAYOS FISICOS.

ANALISIS GRANULOMETRICO, % MALLA 200 Y HUMEDAD DEL AGREGADO (ARENA).

| ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (ASTM C-33) | | | | | | | |
|--|----------------------------|----------------------|-------------|---|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| PROYECTO : | Sostenimiento Mina | | | Cantera : | COCHAMARCA | | |
| SOLICITANTE : | INPECON | | | MUESTRA : | Ensayo N° - 1 | | |
| UBICACION : | Uchucchacua - Buenaventura | | | Tecnico : | Ivan Carhuaz S. | | |
| FECHA : | 25-jun-12 | | | Supervisor : | Ivan Carhuaz Silvestre | | |
| ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - ARENA SHOTCRETE | | | | | | ASTM C33 (G-2) | |
| Tamiz (Nº) | Abertura (mm) | Peso Retenido (gr) | % Retenido | % Acumulado Retenido | % Acumulado que pasa | % Acumulado que pasa Límite Superior | % Acumulado que pasa Límite Inferior |
| 3/4" | 19.0500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| 1/2" | 12.7000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| 3/8" | 9.6260 | 3.50 | 0.38 | 0.38 | 99.62 | 100.00 | 100.00 |
| Nº 004 | 4.7676 | 127.00 | 13.62 | 13.99 | 86.01 | 100.00 | 85.00 |
| Nº 005 | 2.3638 | 203.50 | 21.82 | 35.82 | 64.18 | 100.00 | 70.00 |
| Nº 015 | 1.1919 | 208.50 | 22.36 | 58.18 | 41.82 | 100.00 | 55.00 |
| Nº 030 | 0.6900 | 156.00 | 16.73 | 74.91 | 25.09 | 100.00 | 35.00 |
| Nº 060 | 0.2990 | 142.00 | 15.23 | 90.13 | 9.87 | 100.00 | 20.00 |
| Nº 100 | 0.1490 | 54.50 | 5.84 | 95.98 | 4.02 | 100.00 | 10.00 |
| FOONDO | | 37.50 | 4.02 | 100.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 |
| Peso Total : | | 932.5 | M. Fineza : | 3.69 | Grava - N° 4 < φ < 3" (%) | | 13.62 |
| | | | | | Arena - N° 100 < φ < N° 4 (%) | | 86.34 |
| | | | | | Finos - φ < N° 100 (%) | | 5.84 |
| (A) P.de tara (g): | 0.0 | (A) P.de tara (g): | 0.0 | OBSERVACION: En la parte inferior del formato. | | | |
| (B) P.muestra H (g): | 775 | (B) P.muestra H (g): | 880.00 | | | | |
| (C) P.muestra S (g): | 880 | (C) P.muestra S (g): | 848.00 | | | | |
| % humedad | 12.48 | % de malla 200 | 6.24 | | | | |
| (B-C)*100 / (C-A) | | (B-C)*100 / (C-A) | | | | | |
| CURVA GRANULOMETRICA (G-2) | | | | | | | |
| | | | | | | | |

3. Análisis de resultado:

➤ Granulometría:

De acuerdo a los resultados, la gradación del agregado cantera cochamarca presenta ligera desviación en el tamiz N° 4 y en el resto de tamices encajando perfectamente de acuerdo a norma. Esta buena gradación en el tamaño de sus partículas proporciona buenas propiedades en la mezcla bombeable fresco y endurecido. Con buena gradación del agregado y resultados de Resistencia a la Compresión del shotcrete se trabajaría reduciendo la cantidad de cemento por metro cubico. (Ver formato curva roja).

➤ % pasante de la malla N° 200:

De acuerdo al resultado obtenido **6.24%** (ver formato circulo azul), este resultado alterara al diseño de mezcla (R a/c), ya que sobrepasa el límite máximo de acuerdo a estándar 5%. Este exceso material fino (arcilla), ocasionara líneas de fisura interna, afectando directamente la Resistencia a Compresión.



Esta imagen muestra la cantidad de arcilla que tiene el agregado cuando hace contacto con el agua.

➤ % de humedad:

De acuerdo al resultado obtenido **12.48%** (ver formato círculo rojo), este resultado de la humedad para el uso en shotcrete vía húmeda no tendría ningún problema, solo realizar 2 a 3 veces al día y corregir el diseño de mezcla patrón por la humedad y ser exactos.

No es recomendable trabajar con humedad del agregado mayor al 6% en **shotcrete vía seca**.

4. Recomendaciones:

- Exigir al proveedor del agregado tener un laboratorio básico en su cantera y así garantizar el envío de sus agregados.
- Verificar el agregado que llega a planta antes de la descarga, ya que visualmente se puede observar la calidad de agregado y rechazar el camión de ser necesario.
- Es importante tener resultados de Resistencia a la Compresión y flexión en planta y en labor, para ir optimizando la calidad del producto final.

5. Comentarios finales:

Nosotros recomendamos utilizar insumos bajo un control de calidad justo en un laboratorio de materiales que garanticen resultados de calidad final, de acuerdo a las normas establecidas.

HOJA TÉCNICA

Sika® ViscoCrete®-3330

Aditivo superplastificante de alto rango para climas fríos

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Es un superplastificante de tercera generación para concretos y morteros. Ideal para climas fríos y/o se necesita altas resistencias a tempranas edades.

USOS

- Es adecuado para la producción de concreto en obra y concreto premezclado.
- Se usa para los siguientes tipos de concreto:
 - Concreto pre-fabricado.
 - Acelera la fragua del concreto.
 - Para concretos de pavimentos tipos Fast Track, concretos de pronta puesta en servicio.
 - Concreto para climas fríos.
 - Concreto con alta reducción de agua (hasta 30%)
 - Es adecuado para concreto bajo agua, sistemas Tremie. (la relación agua material cementante debe ser entre 0.30 a 0.45)
 - Concreto de alta resistencia.
 - Concreto autocompactante.
- El alto poder reductor de agua, la excelente fluidez y el corto tiempo de fraguado con altas resistencias tempranas tienen una influencia positiva en las aplicaciones antes mencionadas

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

Sika® ViscoCrete®-3330 actúa por diferentes mecanismos. Gracias a la absorción superficial y el efecto de separación espacial sobre las partículas de cemento (paralelos al proceso de hidratación) se obtienen las siguientes propiedades:

- Extrema reducción de agua (que trae consigo una alta densidad y resistencia)
- Excelente fluidez (reduce en gran medida el esfuerzo de colocación y vibración).
- Adecuado para la producción de concreto autocompactante.
- Incrementa las altas resistencias iniciales (producción de prefabricados)
- Alta impermeabilidad
- Menor relación agua – cemento la impermeabilidad.
- Aumenta la durabilidad del concreto.

ENCUESTA

1. ¿Qué tipo de sostenimiento con Shotcrete se viene utilizando en las labores en las que actualmente labora?
 - a) Vía húmeda
 - b) Vía Seca
 - c) Ninguna

2. ¿Aplican ustedes la tabla de geomecánica (GSI) en la unidad?
 - a) Si
 - b) No

3. ¿Según la tabla geomecánica qué tipo de roca determinaron en sus labores?
 - a) Levemente fracturada
 - b) Fracturada
 - c) Muy fracturada
 - d) Intensamente fracturada
 - e) Triturada

4. ¿Se identifican factores geológicos y estructurales influyentes en sus labores?
 - a) Si
 - b) No

5. ¿La dosificación de la mezcla en el Shotcrete en su labor es la adecuada?
 - a) Si
 - b) No

6. ¿Según su experiencia en campo, la mezcla de shotcrete vía húmeda tiene una consistencia mucho más homogénea respecto a la de shotcrete vía seca?
 - a) Si
 - b) No

7. ¿Cuál es el porcentaje de rebote en las labores que tiene a cargo?
 - a) 5%
 - b) 8%
 - c) Mayor a 8%

8. ¿Se tiene las condiciones adecuadas de aire comprimido para el lanzamiento de shotcrete vía húmeda en las labores que están a su cargo?
 - a) Si
 - b) No

9. ¿El personal que tiene a su cargo tiene las competencias para desarrollar la actividad de lanzamiento de shotcrete sin dificultades?
 - a) Si
 - b) No

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

1. Técnicas

Las principales técnicas que se usaron en la investigación son:

- Entrevistas y Encuestas
- Análisis Documental
- Observación

2. Instrumentos

- Guía de entrevista
- Cuestionario
- Guía de Análisis Documental
- Guía de Observación
- Técnicas de procesamiento y análisis de datos
- Registro de evaluación (Geotécnico).
- Análisis y resultados de laboratorio.

3. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

Los principales instrumentos que se usaron en la investigación son:

Son las distintas operaciones para la obtención y procesamiento de datos:

- Recolección de datos, manuales, copias, planos de ubicación, ubicación de labores de explotación y desarrollo, planos topográficos, carta geográfica y geológica del yacimiento minero, planos de explotación, evaluaciones geotécnicas
- Caracterización del macizo rocoso (Geomecánica).
- Equipos y Software: Estación Total, GPS y AutoCAD.
- Clasificación, Registro, Tabulación, Codificación.