

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**“PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA GALERÍA DE  
EXPLORACIÓN DEL PROYECTO OLLACHEA”**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**VÍCTOR RAÚL REYES PAREDES**

**Lima- Perú**

**2015**

Este trabajo dedico a mis padres quienes me han apoyado para poder llegar a esta instancia de mis estudios, ya que ellos siempre han estado presentes para brindarme el apoyo moral y psicológicamente.

También dedico a la familia que vengo formando, que han sido mi mayor motivación para nunca rendirme en los estudios y poder llegar a ser un ejemplo para mis descendientes.

	Pág.
<b>RESUMEN</b> .....	3
<b>LISTA DE CUADROS</b> .....	4
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	5
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	6
<b>CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO</b> .....	9
1.1 QUÉ ES UNA GALERÍA SUBTERRÁNEA .....	9
1.2 QUÉ ES UNA PLANTA DE PROCESOS .....	9
1.3 QUÉ ES UN PLAN DE MINADO .....	10
<b>CAPÍTULO II: GENERALIDADES</b> .....	11
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA GALERÍA DE EXPLORACIÓN .....	11
2.2 ESTUDIO GEOLÓGICO .....	12
2.2.1 Geología Regional .....	12
2.2.2 Condiciones Geológicas Locales del Trazo de la Galería.....	13
2.3 ESTUDIO GEOTÉCNICO .....	16
2.3.1 Perforación Diamantina en el Eje de la Galería .....	16
2.3.2 Estaciones Geomecánicas.....	18
2.3.3 Hidrología de la Galería de Exploración .....	19
2.3.4 Interpretación Geológica-Geotécnica de las Pruebas Realizadas en el Eje de la Galería.....	20
<b>CAPÍTULO III: SISTEMA DE EXCAVACIÓN</b> .....	23
3.1 EXCAVACIÓN MEDIANTE PERFORACIÓN Y VOLADURA.....	23
3.2 REPORTE GEOMECÁNICO.....	25
3.3 PLAN DE OPTIMIZACIÓN .....	34
3.4 REPORTE DE AVANCE .....	37
<b>CAPÍTULO IV: SISTEMA DE SOPORTE Y REVESTIMIENTO</b> .....	39
4.1 DETERMINACIÓN DEL TIPO DE ROCA EN CAMPO .....	39
4.2 SECCIÓN DE SOSTENIMIENTO EN ROCA II .....	41
4.3 SECCIÓN DE SOSTENIMIENTO EN ROCA III .....	41
4.4 SECCIÓN DE SOSTENIMIENTO EN ROCA IV .....	42
4.5 SECCIÓN DE SOSTENIMIENTO EN ROCA V .....	43

<b>CAPÍTULO V: INSTALACIONES AUXILIARES</b> .....	45
5.1 INSTALACIONES AUXILIARES EN INTERIOR DE LA GALERÍA .....	45
5.2 INSTALACIONES AUXILIARES EN SUPERFICIE.....	45
<b>CAPÍTULO VI: MATERIALES, RECURSOS HUMANOS Y EQUIPOS</b> .....	47
6.1 MATERIALES .....	47
6.2 RECURSOS HUMANOS.....	51
6.3 EQUIPOS .....	52
<b>CAPÍTULO VII: ASEGURAMIENTO DE CALIDAD</b> .....	53
7.1 PROGRAMA DE PUNTOS DE INSPECCIÓN Y ENSAYOS .....	53
<b>CAPÍTULO VIII: SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES</b>	
<b>INDUSTRIALES</b> .....	56
8.1 DESCRIPCIÓN DEL TRATAMIENTO.....	56
8.2 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES .....	56
<b>CAPÍTULO IX: SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL</b> .....	59
9.1 SISTEMA DE GESTIÓN APLICADO Y NORMATIVA DEL SECTOR.....	59
9.2 CONTROLES Y APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE GESTIÓN .....	59
9.3 INDICADORES .....	60
9.4 INFORMATIVO .....	60
<b>CAPÍTULO X: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	62
10.1 CONCLUSIONES .....	62
10.2 RECOMENDACIONES .....	63
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	64
<b>ANEXOS</b> .....	65

## RESUMEN

En el presente informe de suficiencia se describe el proceso constructivo de la Galería de Exploración del Proyecto Ollachea, de acuerdo a la metodología de excavación mediante perforación y voladura en el sistema más utilizado para el avance del frente en galerías y túneles construidos en roca dura, asimismo los procesos que comprenden las actividades relacionados a la excavación de una galería, así como el sistema de soporte y sostenimiento, instalaciones auxiliares, materiales empleados, equipos, recursos humanos y sistema de gestión en calidad, seguridad y cuidado del medio ambiente; la implementación y aplicación del plan de optimización del ciclo de trabajo in situ para mejorar el rendimiento del avance de excavación a la oferta presentada.

En el desarrollo de la excavación de la galería, se observó que gran parte del macizo rocoso presento fracturamientos y fallas interceptados por discontinuidades geológicas; concluyendo que en más del 50% de la excavación, se presentaron rocas pizarras y filitas, teniendo un comportamiento desfavorable estructuralmente cuando estas están descompuestas.

Aun teniendo tiempos restrictivos a causa de los problemas sociales que se presentaron en el periodo de construcción, se llegaron a cumplir con los objetivos programados, sin antes la implementación del plan de optimización del ciclo de excavación que conforma principalmente la aplicación de cimbras metálicas de alma llena, pernos hydrabolt y un mayor control en la gestión.

Culminado la excavación y sostenimiento de la galería, se recomienda realizar las pruebas de ensayo a los elementos de sostenimiento instalados a lo largo del desarrollo del la galería al periodo indicado en las especificación, con el objetivo de verificar el comportamiento según diseño; asimismo ejecutar un programa de mantenimiento que conlleve a realizar mediciones de convergencia, inspecciones visuales y resane de las estructuras de sostenimiento, ventilación adecuada, humidificación del concreto lanzado, campaña de desatado de rocas con riesgo a desprenderse, monitoreo de gases, limpieza de los ductos de drenaje y mantenimiento de la carpeta de rodadura.

## LISTA DE CUADROS

	Pág.	
Cuadro 01	Vías de acceso	7
Cuadro 02	Ensayo de permeabilidad perforación diamantina DDH-01	17
Cuadro 03	Ensayo de permeabilidad Perforación diamantina DDH-02	17
Cuadro 04	Ensayo de permeabilidad perforación diamantina DDH-03	18
Cuadro 05	Estaciones geomecánicas	19
Cuadro 06	Material que atraviesa la Galería de Exploración	21
Cuadro 07	Datos de voladura en tipo de roca II, III y IV	24
Cuadro 08	Avance por tipo de roca (real vs programado)	26
Cuadro 09	Productividad registrado del 15/06/12 al 06/07/12	34
Cuadro 10	Tiempo promedio del ciclo del 15/06/12 al 06/07/12	35
Cuadro 11	Tiempo del ciclo del 14/07/12 al 19/07/12	36
Cuadro 12	Tiempo de ciclo optimizado	37
Cuadro 13	Reporte de avance mensual	37
Cuadro 14	Resumen metrado de materiales	50
Cuadro 15	Relación de mano de obra directa	51
Cuadro 16	Relación de mano de obra indirecta	51
Cuadro 17	Relación de equipos	52

## LISTA DE FIGURAS

		Pág.
Figura 01	Sección típica de la Galería de Exploración	11
Figura 02	Esquema de la sección longitudinal de la galería excavada	12
Figura 03	Vista frontal del jumbo de 02 brazos	23
Figura 04	Vista lateral del scoop de 6.0 yd <sup>3</sup>	25
Figura 05	Metrado por tipo de roca	26
Figura 06	Descripción del perfil geomecánico (tramo 1)	27
Figura 07	Descripción del perfil geomecánico (tramo 2)	28
Figura 08	Descripción del perfil geomecánico (tramo 3)	29
Figura 09	Descripción del perfil geomecánico (tramo 4)	30
Figura 10	Descripción del perfil geomecánico (tramo 5)	31
Figura 11	Descripción del perfil geomecánico (tramo 6)	32
Figura 12	Descripción del perfil geomecánico (tramo 7)	33
Figura 13	Productividad registrado del 15/06/12 al 06/07/12	34
Figura 14	Diagrama de reporte de avance mensual	38
Figura 15	Clasificación geomecánica de Bieniawski (1989)	40
Figura 16	Sección de sostenimiento en roca II	41
Figura 17	Sección de sostenimiento en roca III	42
Figura 18	Sección de sostenimiento en roca IV	43
Figura 19	Sección de sostenimiento en roca V	44
Figura 20	Diagrama de tratamiento del efluente	58

## INTRODUCCIÓN

El objetivo de la construcción de la Galería de Exploración es continuar con los trabajos de exploración minera en el Proyecto Ollachea, y lograr mayor información directa y confiable a través de la ejecución de la Galería de Exploración, que permitirá efectuar una evaluación ponderada y de alta certeza sobre la existencia de mayores reservas económicas de minerales de naturaleza aurífera contenidas en el yacimiento, orientado a cuantificar y determinar la calidad y cantidad de reservas minerales existentes en el yacimiento, dentro del marco de las normas aplicables que asegure su viabilidad técnica, económica y ambiental. Posteriormente, una vez terminada la Galería de Exploración, está servirá como acceso entre el desarrollo del plan de minado interior mina (labores subterráneas) y la Planta de Procesos.

El proyecto materia de estudio está ubicado, en el distrito de Ollachea, provincia de Carabaya, región Puno, al sureste del Perú. Específicamente está localizado en el kilómetro 234 de la carretera interoceánica sur (tramo Azangaro-Puente Inambari) y a 2 km al noroeste del centro poblado de Ollachea.

El acceso a la zona del proyecto se puede realizar por medio de dos vías: aérea – terrestre y totalmente terrestre. La primera vía se inicia en el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez en la provincia constitucional del Callao hasta el aeropuerto internacional Inca Manco Cápac en la ciudad de Juliaca, continuando por vía terrestre por la ruta Juliaca-Azángaro-Macusani-Ollachea.

La segunda vía se inicia partiendo de Lima utilizando la carretera panamericana sur siguiendo la ruta de Lima-Ica-Nasca-Arequipa-Juliaca-Azángaro-Macusani-Ollachea. En el siguiente cuadro se detallan las características de las vías de acceso al proyecto, se puede observar los accesos principales a la zona del proyecto.



**Cuadro N° 01.- Vías de acceso**

Vías de Acceso	Distancias (Km.)	Tiempo (Horas)	Características de las Vías
<b>Vía Aérea</b>			
Callao (Lima) – Juliaca (Puno)	841.56	1.3	Espacio Aéreo
<b>Vía Terrestre</b>			
Lima-Nasca-Ica-Arequipa	1,003	14	Carretera Panamericana Sur (Asfaltada)
Arequipa-Juliaca	279	4	Carretera Asfaltada
Juliaca – Azángaro-Macusani-Ollachea	310	4.5	Carretera Inter Oceánica (Asfaltado-Afirmado)
Distrito de Ollachea – Proyecto Ollachea	2	0.5	Trocha Carrozable
<b>Total Terrestre</b>	<b>1,594</b>	<b>23</b>	---

Fuente: Geoservice Ingeniería S.A.C.

Asimismo, el informe de suficiencia está dividido en diez capítulos, siendo los siguientes:

- En el primer capítulo se trata el marco teórico, mencionando las principales definiciones de los términos empleados en este informe.
- En el segundo capítulo se presenta las generalidades fundamentales del proyecto, donde se ponen las consideraciones geológicas y geotécnicas.
- En el tercer capítulo trata del proceso de excavación, metodología y actividades del ciclo de excavación, reporte geomecánico, reporte de avance mensual, y se expone el plan de optimización del ciclo de excavación.
- En el cuarto capítulo se desarrolla el sistema de soporte y revestimiento, determinando el tipo de roca o macizo rocoso según evaluación geomecánica desarrollada en campo, dando como resultado el tipo de roca se recomienda el tipo de sostenimiento (sostenimiento en roca II, III, IV y V).

- En el quinto capítulo se describe las instalaciones auxiliares necesarias en interior galería y en superficie, teniendo fines diversos para el desarrollo del proyecto.
- En el sexto capítulo se presenta la descripción y metrado de los materiales, recursos humanos y equipos empleados en el desarrollo del proyecto.
- En el séptimo capítulo se contempla el aseguramiento de calidad, el cumplimiento de los procedimientos, especificaciones técnicas establecidas y la normatividad vigente.
- En el octavo capítulo se trata del sistema de tratamiento de efluentes industriales, describiendo el tratamiento del drenaje del flujo proveniente de la galería y de los usos industriales para su posterior derivación al río cumpliendo los parámetros permisibles establecidos según la normatividad vigente.
- En el noveno capítulo se enfoca el tema de seguridad y salud ocupacional, mencionando las estadísticas de seguridad, riesgos significativos, herramientas de gestión, política de seguridad y reglamento de seguridad y salud ocupacional vigente, con el fin de prevenir y controlar los riesgos adversos a los trabajadores.
- Y por último en el décimo capítulo se presenta las conclusiones y recomendaciones.

## CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

### 1.1 QUÉ ES UNA GALERÍA SUBTERRÁNEA

Es una obra de ingeniería civil que consiste en una excavación subterránea horizontal o ligeramente inclinada, en comunicaciones y minería, construido con fines económicos, habiendo solo una portada de ingreso y salida, contando con las siguientes componentes principales:

- 1. Cámara de carguío y acumulación de desmonte.** Es aquel tramo de galería construido en su mayoría perpendicular al eje de la galería principal con fines de poder acumular el desmonte producto de la excavación de la galería principal, y de esta manera dar continuidad y no interrumpir el ciclo de excavación.
- 2. Cámara de refugio peatonal.** Es un tipo de cámara construido con fines de poder albergar personas ante el paso de equipos o posibles eventualidades, con el fin de poder evitar accidentes.
- 3. Cuneta de drenaje.** Es una zanja o canal que recibe las aguas de infiltración proveniente de la galería y las conduce hacia un lugar que no provoquen daños.
- 4. Depósito de material excedente (DME).** Es aquella área superficial ubicado muy cerca al portal de ingreso, destinado para depositar material obtenido producto de la excavación, siendo acumulado con criterios de diseño y estabilidad.

### 1.2 QUÉ ES UN PLANTA DE PROCESOS

Se llama planta de proceso al lugar en el que se desarrollan diversas operaciones industriales, con el fin de transformar la materia prima en particular a fin de obtener productos de mayor valor agregado.

Todas las plantas de proceso requieren para operar, además de equipos sofisticados, instrumentos en general, materia prima y recurso humano; recursos energéticos, agua e insumos. Los profesionales que operan los diversos equipos

y que forman parte de las líneas de mando en una planta de procesos a menudo son ingenieros y técnicos con conocimientos en determinados tipos de procesos.

La planta de procesamiento que se pretende instalar en el Proyecto Ollachea incluye todas las instalaciones de procesamiento desde el triturado del mineral hasta el almacenamiento del doré de oro en una bóveda de seguridad en el cuarto de oro y la producción de los relaves filtrados en el emplazamiento de la planta de procesamiento. También incluye la planta de empastado y los servicios asociados.

### **1.3 QUÉ ES UN PLAN DE MINADO**

El planeamiento de minado es establecer cual volumen de mineral, con que ubicación y en qué momento extraerlo, con la finalidad de mantener una producción continua.

Es conocido que el planeamiento se realiza a corto, mediano y largo plazo, en donde a corto plazo se entiende un planeamiento para un mes y unos pocos meses más, a mediano plazo se considera desde un trimestre hasta un año, a largo plazo desde el primer año hasta la culminación de las reservas.

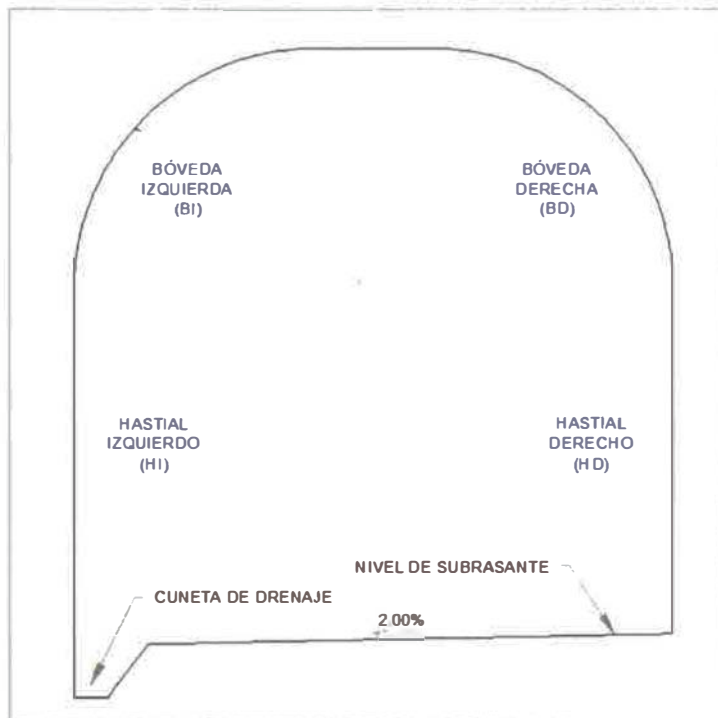
El planeamiento a mediano y largo plazo generalmente involucra reservas probadas y probables, el solo hecho de utilizar reservas probables, el planeamiento a mediano y largo plazo presenta ciertas incertidumbres de cumplimiento, siendo necesaria su revisión periódica.

## CAPÍTULO II: GENERALIDADES

### 2.1 DESCRIPCIÓN DE LA GALERÍA DE EXPLORACIÓN

(Ver plano TA-01)

La Galería de Exploración tiene una sección tipo baúl de 5.00x5.00 metros y una longitud de total 1,234 metros, asimismo, una gradiente positiva de 1.5 %, contando con 6 cámaras de carguío y acumulación de desmonte, y 21 cámaras de refugio peatonal.



**Figura 01. Sección típica de la Galería de Exploración**

Los estudios de Ingeniería comprenden una longitud de 1,193.20 metros excavados, siendo lo real excavados 1,234.00 metros, dividido de la siguiente manera:

- Longitud de Emboquillado (Tramo de ingreso): 12.70 m
- Longitud de Galería programado: 1,193.20 m
- Longitud de ampliación de Galería: 28.10 m

La Galería de Exploración presenta una dirección S 46.5° W, llegando a tener un punto de quiebre en la prog. 0+951.60 dirigido al Oeste con un radio de 30 metros en el cambio de dirección del alineamiento de la galería.

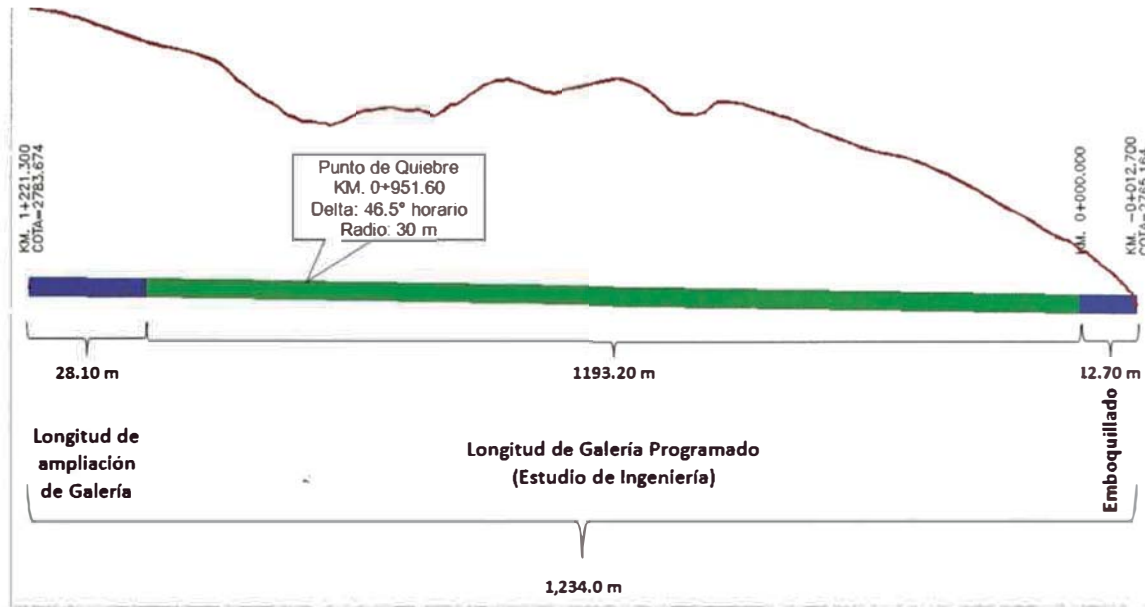


Figura 02. Esquema de la sección longitudinal de la galería excavada

## 2.2 ESTUDIO GEOLÓGICO

### 2.2.1 Geología Regional

(Ver plano GE-01)

El área de estudio se encuentra emplazada en la vertiente Este de la Cordillera Oriental, en la cuenca hidrográfica del río San Gabán.

La columna estratigráfica está conformada por rocas metamórficas, sedimentarias, volcánicas y depósitos inconsolidados, cuyas edades comprenden desde el Paleozoico (Ordoviciano) hasta el Cuaternario (Holoceno).

El Paleozoico está representado por: la Formación Sandía (Os-s), Formación Ananea (SD-a) y el Grupo Mitu (Ps-mi), el Cenozoico, representado por las ignimbritas de la Formación Quenamari (Nm-sa, Np-ya y Nm-ch). Una serie de depósitos inconsolidados de tipo morrénico (Qh-mo), fluvio glacial (Qh-gf) y

aluvial (Qh-al), completan la estratigrafía del área. Esta secuencia estratigráfica está atravesada por el Plutón de San Gabán y la Sienita Nefelínica.

Tres fases tectónicas han afectado los diferentes terrenos que conforman la estratigrafía de este segmento de la cordillera oriental (cordillera de Carabaya): Fase Eohercínica, Fase Tardihecínica y finalmente una Fase Intramiocénica de distensión fue responsable de grandes volúmenes de flujos ignimbríticos.

### **2.2.2 Condiciones Geológicas Locales del Trazo de la Galería**

(Ver plano GE-02,03 y TA-02)

La línea de corte de la Galería de Exploración, se ubica cerca a la zona de contacto entre la Formación Ananea (pizarras-filitas) y sobreyaciendo la Formación Sandia. La Formación Sandia está compuesta de esquistos arenosos, areniscas, areniscas cuarzosas y cuarcitas. El contacto entre las dos es una falla inversa de tendencia Este-Oeste (falla ollachea). El metamorfismo regional ha generado pizarras-filitas-areniscas y el metamorfismo de contacto ha formado esquistos sedimentarios con minerales de mayor temperatura (andalucita-cordillerita).

### **Pronóstico Geológico-Geotécnico de la Galería de Exploración**

Los resultados del mapeo geológico de superficie a escala 1:5,000 efectuado a lo largo del eje de la galería y su interpretación con imágenes satelitales y fotografías aéreas, complementado con la información proveniente de las perforaciones diamantinas y estaciones geomecánicas, nos ha permitido hacer una estimación de las condiciones geológicas-geotécnicas a encontrarse durante la fase de excavación de la galería, este pronóstico está plasmado en un perfil a lo largo del eje de la galería, el cual representa el modelo geológico-geotécnico pronosticado que se espera encontrar cuando se ejecute la perforación de la galería.

A continuación se describen las características de la masa rocosa al nivel de la cota de la rasante de la galería:

- Km. 0+000 – Km 0+015: Cobertura coluvial. Este material deberá ser extraído hasta llegar a la roca, para emplazar el Portal de Entrada del Túnel.
- Km 0+015 – Km 0+139: Estratos de pizarras y esquistos micáceos pertenecientes a la formación Ananea (SD-a) dispuestos en capas delgadas y medianas, con orientaciones N255°/55°SE a N270°/45°NE. Estas rocas se encuentran en general afectadas por dos sistemas de fisuramientos: perpendicular y oblicuo al plano de estratificación, presentan resistencia media, fuerte a moderadamente fracturado.  
Clasificación: Roca tipo III de calidad media (10 %).
- Km 0+139 – Km 0+359: Pizarras, esquistos micáceos en capas delgadas a medianas, con orientación general NO-SE y buzamientos al NE, afectados por fracturas transversales y oblicuas al plano de estratificación. Resistencia media, fracturamiento moderado.  
Clasificación: Roca Tipo II de calidad buena (18 %).
- Km 0+359 – Km 0+483: Estratos de pizarras y esquistos micáceos, con algunas intercalaciones de areniscas cuarzosas. Estas rocas presentan en general resistencia media y están afectadas por fracturamiento moderado a fuerte.  
Clasificación: Roca tipo III de calidad media (11 %).
- Km 0+483 – Km 0+519: Zona de Cizalla. Se espera afluencia de agua subterránea proveniente de la quebrada Oscoco Cachi.  
Clasificación: Roca tipo IV, V de calidad mala a muy mala (3 %).
- Km 0+519 – Km 0+655: Estratos de pizarras y esquistos micáceos con algunas capas de areniscas, afectados por fracturas transversales, oblicuas y algunas fracturas erráticas. Resistencia media a baja, con fracturamiento moderado a fuerte.  
Clasificación: Roca tipo III de calidad media (12 %).
- Km 0+655 – Km 0+690: Zona de falla. Se espera afluencia de agua proveniente de la quebrada Oscoco Cachi.



Clasificación: Roca tipo IV, V. de calidad mala a muy mala (3 %).

- Km 0+690 – Km 0+733: Pizarras y esquistos micáceos, con fracturamiento medio a fuerte. Resistencia media.

Clasificación: Roca tipo III de calidad media (4 %).

- Km 0+733 – Km 0+737: Zona de falla.

Clasificación: Roca tipo IV de calidad mala a muy mala (1 %).

- Km 0+737 – Km 0+900: Estratos de pizarras, esquistos micáceos, ocasionalmente areniscas. Resistencia media, fracturamiento moderado.

Clasificación: Roca tipo III de calidad media (13 %).

- Km 0+900 – Km 0+932: Zona de falla. Se espera afluencia de agua proveniente de la quebrada Oscoco Cachi.

Clasificación: Roca tipo IV, V de calidad mala a muy mala (2 %).

- Km 0+932 – Km 1+021: Pizarras, pizarras esquistosas con algunas apófisis de roca intrusiva. Fracturamiento fuerte a moderado. Resistencia media.

Clasificación: Roca tipo III de calidad media (7 %).

- Km 1+021 – Km 1+193.2: Pizarras, esquistos micáceos con algunas apófisis de roca intrusiva. Resistencia media. Se espera afluencia de agua proveniente de los manantiales de la ladera izquierda de la quebrada Oscoco Cachi (sector Moccopata).

Clasificación: Roca tipo II de calidad buena (16 %).

En base a los resultados del mapeo geológico de superficie, con interpretación de imágenes de satélite, fotografías aéreas, complementados con información de las estaciones geomecánicas, perforaciones diamantinas e información proporcionada por la compañía, se estima que la Galería atravesará los siguientes tipos de roca según el índice de clasificación geomecánica del macizo rocoso RMR (Rock Mass Rating).

- Tipo roca II (35%) Calidad buena

- Tipo roca III (55%) Calidad media
- Tipo roca IV, V (9%) Calidad mala a muy mala
- Material coluvial (portal de la galería) (1%)

## 2.3 ESTUDIO GEOTÉCNICO

(Ver plano GE-06 y GT-02,03)

### 2.3.1 Perforación Diamantina en el Eje de la Galería

Como parte del programa de exploración geotécnica se ha contemplado el sondeo de tres (03) perforaciones diamantinas con recuperación de muestra de suelo y/o roca. Las perforaciones se ejecutaron aplicando el sistema wire line en diámetros de perforación NTW y H. Como refrigerante y fluido de perforación se ha utilizado agua.

La profundidad alcanzada en los sondeos fueron desde 52.5m a 108.25m, según programa, en los sondajes verticales se efectuaron ensayos de permeabilidad tipo Lefranc y Lugeon.

Durante los trabajos de perforación se ha recuperado suelo y roca, los cuales han sido almacenados en cajas de madera, donde cada caja almacena las muestras de un promedio de 4.0 metros de perforación. Asimismo se efectuó el registro de cada sondeo.

Con la finalidad de conocer las propiedades geomecánicas de las rocas correspondientes al sector del Túnel se realizaron tres perforaciones diamantinas en el Eje del Túnel (dos perforaciones verticales y una inclinada).

**Ensayos de permeabilidad de las siguientes perforaciones diamantinas:**

**Cuadro Nº 02.- Ensayo de permeabilidad perforación diamantina DDH-01**

Nro. de Perforación	Profundidad	Descripción	Permeabilidad (cm/seg)	RMR
DDH-01 Inclinación 90°	0.0-3.50	GP-GM (suelta)	-----	-----
	3.50-6.35	GP	-----	-----
	6.35-28.30	Pizarra esquistosa	1.862x10 <sup>-4</sup>	III
	28.30-31.80	Pizarra esquistosa	1.920x10 <sup>-4</sup>	III
	31.80-52.50	Pizarra esquistosa	4.218x10 <sup>-4</sup>	II

Fuente: Geoservice Ingeniería S.A.C

**Cuadro Nº 03.- Ensayo de permeabilidad perforación diamantina DDH-02**

Perforación	Prof. (m)	Descripción	Permeabilidad (cm/seg)	RMR
DDH-02 Inclinación 45°	0.0-6.15	GP-GM (suelta)	-----	-----
	6.15-7.35	Pizarra esquistosa	-----	III
	7.35-19.65	Esquisto micáceo	-----	III
	19.65-30.0	Pizarra cuarzosa	-----	III
	30.0-43.95	Esquisto micáceo	-----	II
	43.95-45.45	Esquisto micáceo	-----	III
	45.45-54.25	Esquisto micáceo	-----	II
	54.25-66.75	Esquisto micáceo	-----	III
	66.75-70.0	Esquisto micáceo	-----	II
	70.0-73.75	Pizarra cuarzosa	-----	III

Fuente: Geoservice Ingeniería S.A.C

**Cuadro Nº 04.- Ensayo de permeabilidad perforación diamantina DDH-03**

Perforación	Prof. (m)	Descripción	Permeabilidad (cm/seg)	RMR
DDH-03 Inclinación 90°	0.0-16.70	GP-GM (suelta)	-----	-----
	16.70-20.0	Pizarra esquistosa	-----	III
	20.0-20.90	Pizarra esquistosa	6.809X10 <sup>-4</sup>	III
	20.90-35.50	Pizarra esquistosa		III
	35.50-36.50	Pizarra cuarzosa	-----	II
	36.50-39.50	Pizarra cuarzosa	-----	II
	39.50-40.0	Pizarra cuarzosa	-----	II
	40.0-42.50	Pizarra cuarzosa	6.352x10 <sup>-2</sup>	II
	42.50-45.0	Pizarra cuarzosa	6.352x10 <sup>-2</sup>	III
	45.0-99.90	Pizarra cuarzosa	-----	III
	99.90-101.0	Pizarra cuarzosa	-----	II
	101.0-108.25	Pizarra cuarzosa (falla)	-----	III

Fuente: Geoservice Ingeniería S.A.C

### 2.3.2 Estaciones Geomecánicas

Las estaciones geomecánicas evalúan mediante el método propuesto por Bieniawski (1976) y Bieniawski mejorado (1989). El registro del espaciamiento de las grietas, fisuras, diaclasas, fallas y sus direcciones, buzamientos así como el tipo de relleno de las juntas y humedades existente o filtraciones, resistencia de la roca y unido al tipo del comportamiento geoestructural (sinclinal, la estación geomecánica valoriza o cuantifica la roca en parámetros de diseño tales como el ángulo de fricción y cohesión y el tipo de falla a ocurrir. Se han evaluado once (11) estaciones geomecánicas en la superficie, en los afloramientos rocosos (pizarras) más cercanos al eje del túnel de exploración, Las estaciones indican una roca de clase IV.

Cuadro N° 05.- Estaciones geomecánicas

ESTACIÓN GEOMECÁNICA	RQD	$\sigma_c$ (MPa)	RMR	CLASE	C (MPa)	$\phi^\circ$	TIPO DE FALLA
EG-01	50	50	23	IV	0.11	16.1°	Transversal al eje
EG-02	50	50	23	IV	0.11	16.1°	Transversal al eje
EG-03	50	50	29	IV	0.14	19.2°	Transversal al eje
EG-04	25	50	11	V	0.10	15.0°	Transversal al eje
EG-05	25	50	13	V	0.10	15.0°	Transversal al eje
EG-06	75	50	38	IV	0.19	23.9°	Transversal al eje
EG-07	75	50	34	IV	0.17	21.8°	Transversal al eje
EG-08	75	50	37	IV	0.18	23.4°	Transversal al eje
EG-09	50	50	23	IV	0.11	16.1°	Transversal al eje
EG-10	75	50	33	IV	0.16	21.3°	Transversal al eje
EG-11	50	50	21	IV	0.10	15.0°	Transversal al eje

Fuente: Geoservice Ingeniería S.A.C

### 2.3.3 Hidrología de la Galería de Exploración

Existen flujos de agua tipo manantiales en la zona de Ninapampa registrados como la estación de monitoreo ASUP-48. En este sector se ubican dos (02) manantiales. El manantial Concurayoc de coordenadas N8474508, E338713 y el manantial Moccopata de coordenadas N8474630, E339512. La Galería de Exploración se encuentra distanciada horizontalmente del manantial Moccopata, 200m y por debajo una profundidad de 278m. Entre el manantial Concurayoc y el manantial Moccopata se ubica una línea de falla importante que cruza hasta la otra vertiente con una dirección N144°E y distanciado horizontalmente del eje del túnel 462m. El cual actualmente está trabajando como un dren para ambos manantiales. Por ello las muestras de las perforaciones de exploración minera DDH-10-93 (375m a 390m) y DDH-09-65 (310m a 325m), encontradas a las

profundidades próximas de la galería se han encontrado sin ningún tipo de oxidación.

### **2.3.4 Interpretación Geológica-Geotécnica de las Pruebas Realizadas en el Eje de la Galería**

El perfil geológico-geotécnico definitivo del eje del túnel se ha obtenido de correlacionar el mapeo geológico de las estaciones geomecánicas con la tomografía geoelectrica y las líneas de refracción sísmicas así como los datos obtenidos de ensayos de laboratorio. Las cuales se resumen a continuación:

1. Se presentan cinco (05) estratos definidos, el primero un material de cobertura, suelo agrícola seguido de una grava limosa en condiciones sueltas, subyace como tercera capa la roca extremadamente fracturada con ligera alteración y presencia de oxidación para contactarse con la roca pizarrosa de baja alteración pero muy fracturada y desde la progresiva 0+162 m hasta el final del túnel se presenta la roca pizarrosa de baja alteración, muy fracturada Tipo III y Tipo II. Las Líneas de refracción sísmicas presentan fallas del tipo normal, graben y fallas inversas y zonas de cizallamiento.
2. La línea de tomografía geoelectrica presenta en la Fig. N° 4 dos zonas de alta y baja resistividad, la zona de baja resistividad coincide notoriamente con la zona de cizallamiento indicando una resistividad de 80  $\Omega$ m a 100  $\Omega$ m.
3. Se visualizan fallas transversales al eje del túnel que coinciden con el eje de quebrada.
4. A nivel del túnel de excavación se encuentran rocas del tipo pizarras esquistosas y algunos horizontes de areniscas cuarzosas y cuarcitas con una valorización de III y II resistente pero muy fracturada.
5. En las rocas carbonosas (pizarras, carbones, lutitas carbonosas) se generan bolsonadas de gases explosivos como el metano o hidrogeno sulfurado. Por lo que se recomienda un monitoreo después de cada perforación.
6. Entre los manantiales Moccopata y Concurayoc, existe una falla que cruza hasta la cuenca vecina, aportando agua permanente de la otra cuenca a la cuenca del rio Oscco Cachi, lo que hace que la falla trabaje como un dren.

En el futuro en una extensión del túnel de exploración, cruzara la falla, ocasionando un incremento importante en el caudal de aforo.

7. Las muestras de la perforación DDH-2 (45.45 m a 46.55 m) presentan mineral de pirrotita las cuales al oxidarse por influencia del agua y oxígeno generaran aguas ácidas.

A continuación se presenta un cuadro resumen de la roca que atraviesa la galería de exploración:

**Cuadro N° 06.- Material que atraviesa la Galería de Exploración**

Progresiva	Material	Tomografiageolétrica	Vp (km/seg)	RMR
0+0 - 0+5.50	Cobertura Material suelto	Capa resistiva 1000 $\Omega$ m	0.5	----
0+5.5 - 0+20.0	Coluvial Material suelto GP-GM	Capa resistiva 1000 $\Omega$ m	1.5	----
0+20.0 - 0+52.7	Pizarras y Esquistos micáceos	Capa resistiva 1000 $\Omega$ m	2.5	Tipo II
0+52.7 - 0+125	Pizarras y Esquistos micáceos	Capa resistiva 2500 - 4000 $\Omega$ m	3.5	Tipo III
0+125 - 0+359	Pizarras y Esquistos micáceos	Capa resistiva 1000 $\Omega$ m	4.5	Tipo II
0+359 - 0+483	Pizarras y Esquistos micáceos	Capa conductiva 200 - 400 $\Omega$ m	4.5	Tipo III
0+483 - 0+519.	<b>Zona de Cizallamiento</b>	Capa Conductiva 130 - 150 $\Omega$ m	4.5	Tipo IV-V
0+519 - 0+570.	Pizarras y Esquistos micáceos	Capa Conductiva 80 - 100 $\Omega$ m	4.5	Tipo III
0+570 - 0+600.	Pizarras y Esquistos micáceos	Capa Conductiva 150 - 130 $\Omega$ m	4.5	Tipo III
0+600 - 0+655.	Pizarras y Esquistos micáceos	----	4.5	Tipo III
0+655 - 0+690.	<b>Zona de Falla</b>	----	4.5	Tipo IV-V

Progresiva	Material	Tomografiageoléc trica	Vp (km/seg)	RMR
0+690 - 0+733.	Pizarra y Esquistos micáceos	----	4.5	Tipo III
0+733 - 0+737.	<b>Zona de falla</b>	----	4.5	Tipo IV-V
0+737 - 0+900.	Pizarras y Esquistos micáceos	----	4.5	Tipo III
0+900 - 0+932.	<b>Zona de falla</b>	----	4.5	Tipo IV-V
0+932 - 1+021.	Pizarras esquistosas	----	4.5	Tipo III
1+021 - 1+093.	Pizarra y Esquistos micáceos	----	4.5	Tipo II

Fuente: Geoservice Ingeniería S.A.C



## CAPÍTULO III: SISTEMA DE EXCAVACIÓN

### 3.1 EXCAVACIÓN MEDIANTE PERFORACIÓN Y VOLADURA

Es el método apto para todo tipo de rocas, excepto las muy blandas y fisuradas, siendo el sistema más utilizado por su versatilidad, para este proyecto se emplea la excavación a sección completa. Las partes o trabajos elementales que consta el ciclo de trabajo característico de este sistema son las siguientes:

- **Replanteo en el Frente Esquema de Perforación:** Son aquellos trabajos de replanteo del frente de trabajo, replanteo de la malla del diseño de voladura según el tipo de roca.

(Ver plano TA-11)

- **Perforación de los Taladros:** Con el apoyo del equipo jumbo de 02 brazos se realiza la perforación del diagrama de voladura en el frente, según el tipo de roca encontrado, perforado con barrenos de 14 pies (4.20 metros) y brocas cuyo diámetro son de 45 y 102 mm.



Figura N° 03.- Vista frontal del jumbo de 02 brazos

- **Carga de los Taladros con Explosivos (Carguío):** Es aquella etapa del ciclo de excavación donde se cargan los explosivos, según diseño y procedimiento escrito de trabajo seguro (PETS).

**Cuadro N° 07.- Datos de voladura en tipo de roca II, III y IV**

LONGITUD DE PERFORACIÓN (m)	CANTIDAD DE EXPLOSIVO (Kg)	VOLUMEN TEÓRICO (m3)	CARGA ESPECÍFICA (Kg/m3)	DISTRIBUCIÓN DE CARGA POR BARRENO			
				CUELE	AUXILIARES	CONTORNO	ARRASTRE
3.9	237.15	88.46	2.68	15	07+07	07+P60	15
TIPO DE EXPLOSIVO				- Emulnor 5000	- Emulnor 5000 1 - 1 1/4x12"	- Emulnor 5000 1 - 1 1/4x12"	- Emulnor 5000 1 - 1 1/4x12"
				1 - 1 1/4x12"	- Emulnor 3000 1 - 1 1/4x12"	- Famecorte P-60 Diam. 9mm	

Fuente: Elaboración propia

- **Voladura y Ventilación:** Culminado con el carguío de los explosivos se ejecuta el disparo, previo procedimiento establecido (PETS), para luego ventilar el frente a un tiempo definido según los registros obtenidos por el equipo medidor de gases.
- **Limpieza de Escombros:** Con ayuda del equipo scoop de 6.0 yd<sup>3</sup>, se procede a la limpieza del desmonte producto del disparo, transportando el desmonte a la cámara de acumulación y carguío más cercano, para luego continuar con el ciclo de excavación y paralelo a la siguiente actividad del ciclo se realiza el carguío del desmonte colocado en la cámara, y con ayuda del volquete de 15 m<sup>3</sup> de capacidad es transportado al DME (Depósito de Material Excedente).



Figura N° 04.- Vista lateral del scoop de 6.0 yd<sup>3</sup>

- **Desquinche y/o Perfiladura de la Sección, en Bóveda y Hastiales:** En esta etapa se procede al desquinche de las rocas con riesgo a desprenderse, utilizando el equipo jumbo de 02 brazos o con herramientas manuales (barretillas de 10, 12 o 14 pies), asimismo en conjunto perfilando la sección de diseño, y de esta manera mitigando el peligro de caída de rocas.
- **Sostenimiento:** Posterior al desquinche, se realiza la evaluación geomecánica in situ, determinando el tipo de roca para proceder al sostenimiento preventivo y definitivo, de acuerdo a la clasificación del tipo de roca se obtiene el tipo de sostenimiento que corresponde mencionado en el Capítulo IV.

### 3.2 REPORTE GEOMECÁNICO

En todo el proyecto se atravesó los siguientes tipos de roca:

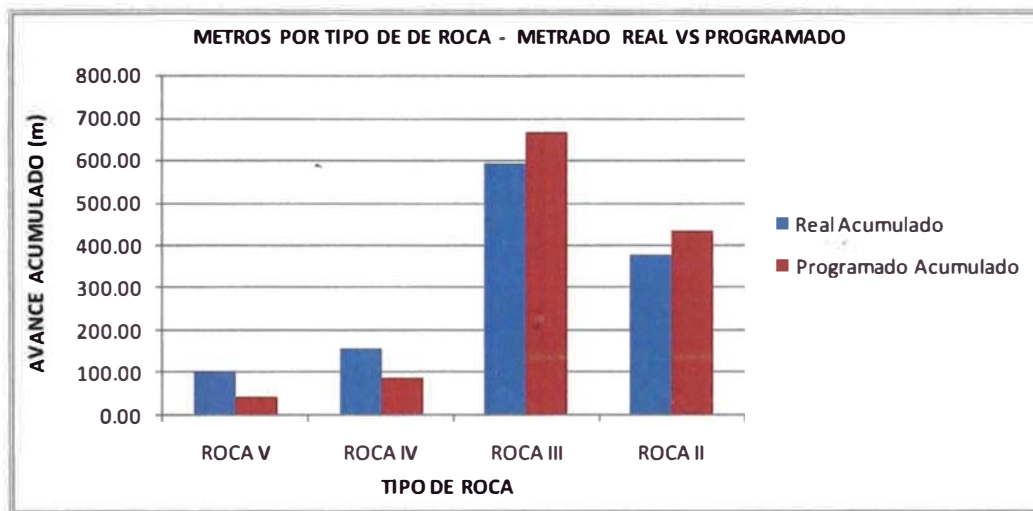
- Tipo de roca V = 106.15 m
- Tipo de roca IV = 157.69 m
- Tipo de roca III = 593.46 m
- Tipo de roca II = 376.70 m
- Avance total del túnel: 1,234.00 m.

(Ver plano TA-03A)

**Cuadro N° 08.- Avance por tipo de roca (real vs programado)**

Tipo de Roca	Real Acumulado (m)	Real % Acumulado	Programado Acumulado (m)	Programado % Acumulado
ROCA V	106.15	8.60%	43.53	3.53%
ROCA IV	157.69	12.78%	89.25	7.23%
ROCA III	593.46	48.09%	667.72	54.11%
ROCA II	376.70	30.53%	433.50	35.13%
<b>Total</b>	<b>1234.00</b>	<b>100.00%</b>	<b>1234.00</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración propia



**Figura N° 05.- Metrado por tipo de roca**

Según los mapeos en los 1,234.00 m de túnel se obtuvo un RMR promedio para los siguientes tipos de roca:

1. Tipo Roca II = 63
2. Tipo Roca III = 52
3. Tipo Roca IV = 31
4. Tipo Roca V = 17

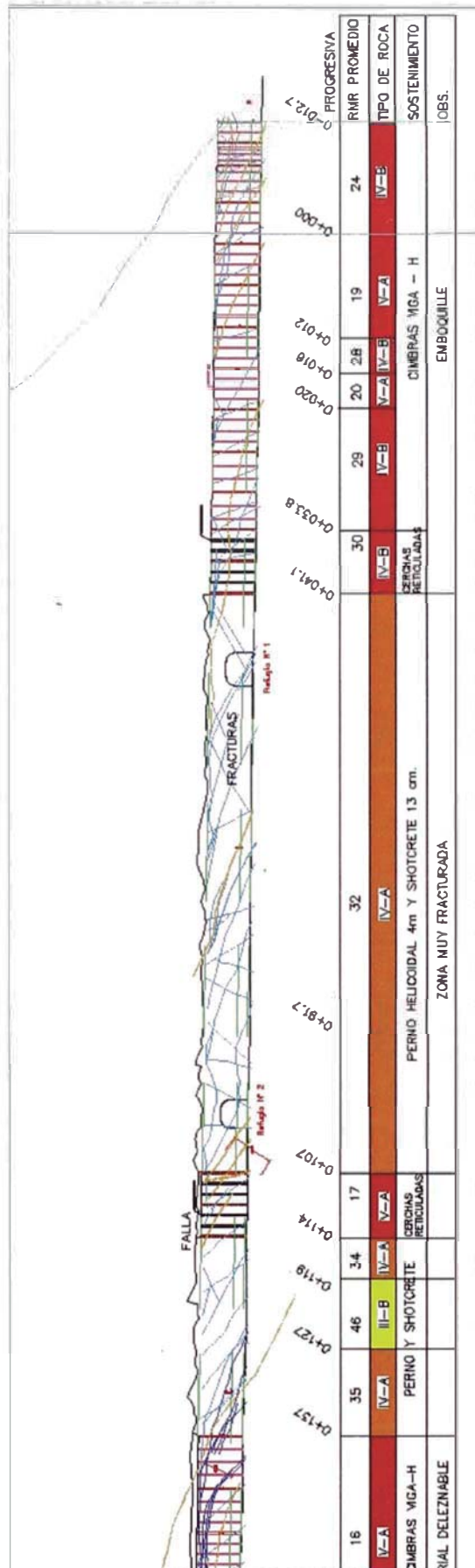


Figura N° 06.- Descripción del perfil geomecánico (formato 1)

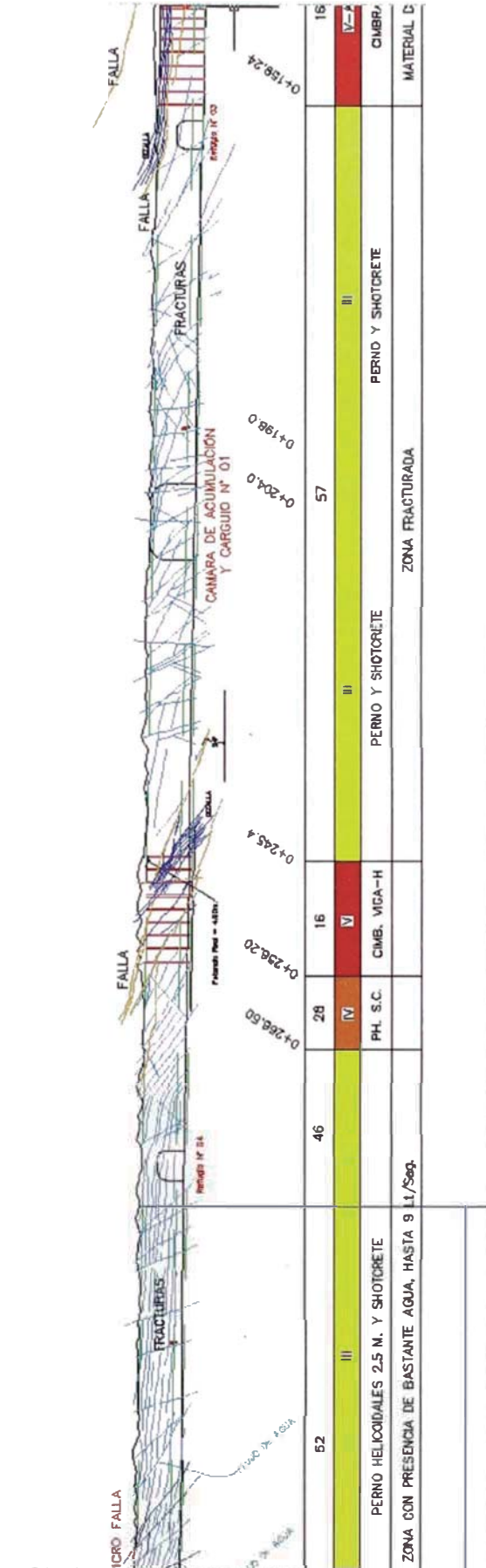


Figura N° 07.- Descripción del perfil geomecánico (tramo 2)



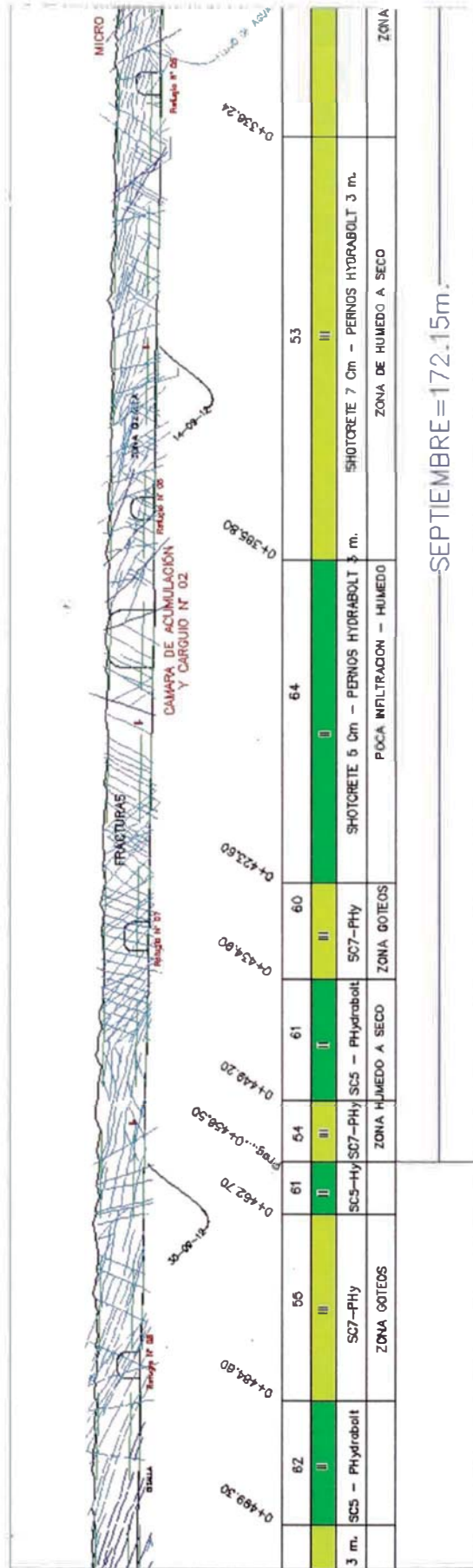


Figura N° 08.- Descripción del perfil geomecánico (tramo 3)





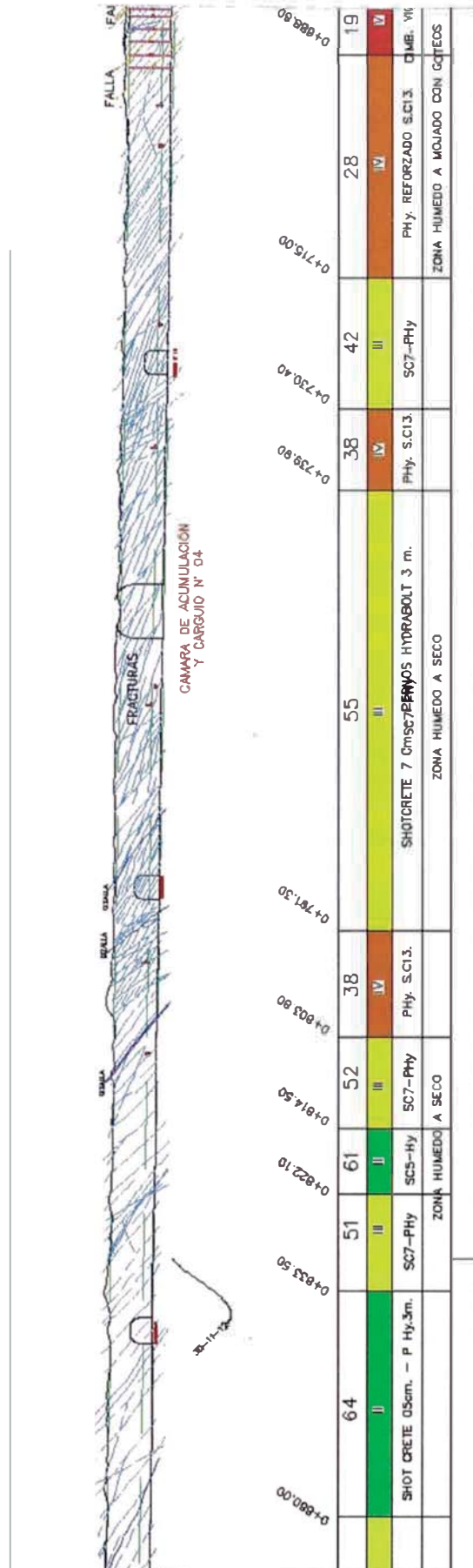


Figura N° 10.- Descripción del perfil geomecánico (tramo 5)

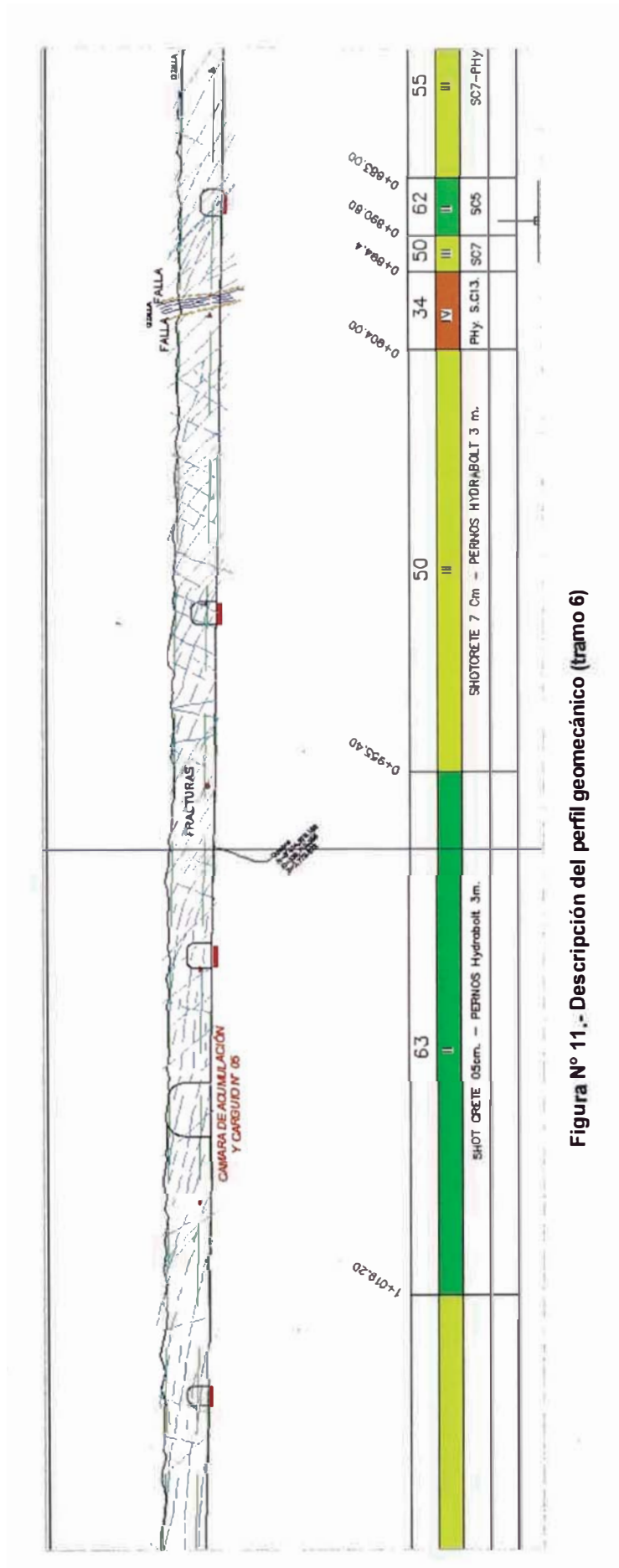


Figura N° 11.- Descripción del perfil geomecánico (tramo 6)

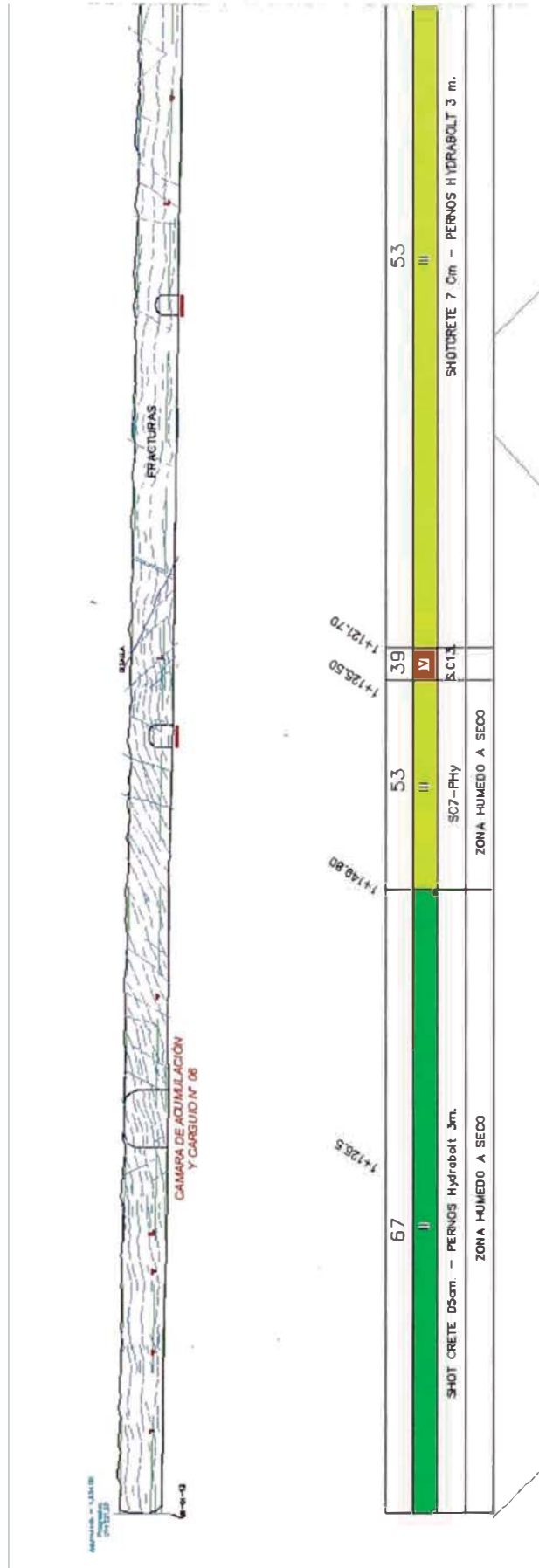


Figura N° 12.- Descripción del perfil geomecánico (tramo 7)

### 3.3 PLAN DE OPTIMIZACIÓN DEL CICLO DE EXCAVACIÓN

Habiendo registrado una paralización de 29 días calendarios y 4 días feriados decretado por la comunidad local, y como consecuencia una ampliación esperada del plazo de entrega del proyecto, se evaluó la necesidad de implementar un Plan de Optimización del ciclo de excavación, realizando mayores esfuerzos mutuos entre el contratista y la supervisión para el cumplimiento y satisfacción del cliente.

Asimismo, los trabajos que comprenden el ciclo de excavación son desarrollados en 2 guardias (turno día y turno noche), cada guardia desarrolla 10 horas de trabajo. Para los registros de evaluación en campo, se realizó un control de productividad, número de guardias empleado para un avance acumulado en un periodo evaluado (15/06/2012 al 06/07/2012).

Cuadro N° 09.- Productividad registrado del 15/06/2012 al 06/07/2012

	N° Guardias	N° Guardias Acum.	Avance (m)	Avance Acum. (m)
Emboquillado Roca Tipo V	112.00	112.00	52.5	52.5
Roca Tipo IV	37.50	149.50	65.4	117.9
Roca Tipo V	15.50	165.00	10.2	128.1
Roca Tipo IV	9.50	174.50	20.7	148.8
<b>Avance Parcial</b>	<b>174.50</b>		<b>148.8</b>	

Fuente: Elaboración propia

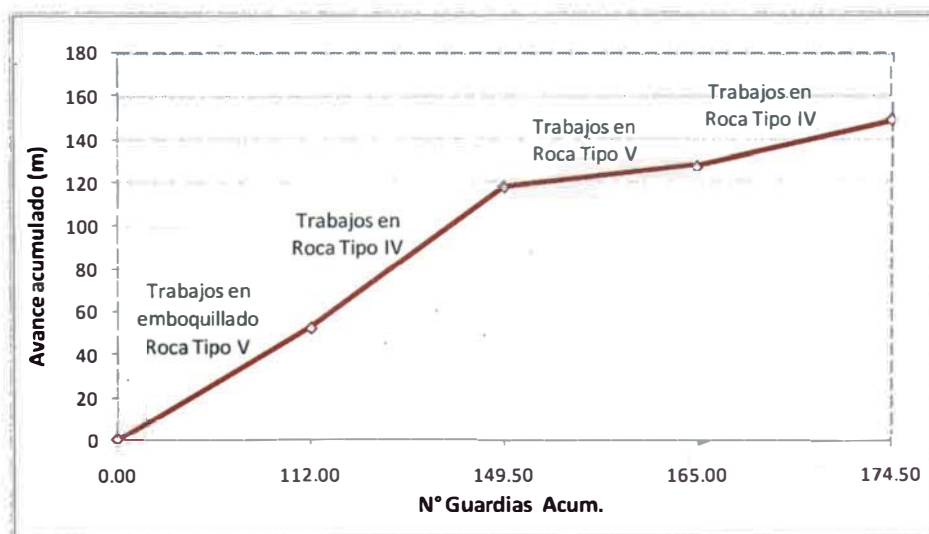


Figura N° 13.- Productividad registrado del 15/06/12 al 06/07/12

### Primera Evaluación

Se obtuvo un promedio de tiempo determinado para cada actividad del ciclo de excavación en un avance de 65.40 ml de roca tipo IV (mayor presencia de tipo de roca IV en el objeto de estudio), siendo de mayor incidencia el tiempo de perforación (frente y pernos), seguido por la aplicación del concreto lanzado o también llamado shotcrete (ver el cuadro N° 10).

**Cuadro N° 10.- Tiempo promedio de ciclo del 15/06/2012 al 06/07/2012**

CICLO	Tiempo Registrado (hr:min)
Perforación (frente y pernos)	3:32
Colocación de pernos	2:15
Carguío	1:03
Voladura y ventilación	0:42
Limpieza	1:42
Desquinche	0:48
Perfiladura de la sección	0:42
Concreto lanzado (shotcrete)	2:27
<b>Total</b>	<b>13:15</b>

Fuente: Elaboración propia

### Segunda Evaluación

En el periodo del 14/07/12 al 19/07/12, se implemento el cumplimiento de los siguientes procedimientos:

- Perforación con los 02 brazos del jumbo y control permanente en la perforación del frente en el paralelismo de los taladros de acuerdo a lo contractual.
- Seguimiento en la disposición de materiales puesto en obra (almacenamiento temporal, siendo lo más cercano del área de operaciones).
- Disposición inmediata de los equipos para la ejecución del perfilado de la sección de excavación.
- Control de calidad de los agregados del concreto lanzado (shotcrete), con el fin de no generar obstrucciones o deterioros a los elementos mecánicos del equipo robot shotcretero, asimismo, mitigar los tiempos de reparación del equipo.

Se obtuvo un promedio de tiempo determinado para cada actividad del ciclo de excavación en un avance de 20.70 ml en tipo de roca IV.

**Cuadro N° 11.- Tiempo del ciclo del 14/07/12 al 19/07/12**

CICLO	Tiempo Registrado del 14/07 - 19/07 (hr:min)	Tiempo Registrado del 15/06 - 06/07 (hr:min)
Perforación (frente y pernos)	1:48	3:32
Colocación de pernos	2:00	2:15
Carguío	1:00	1:03
Voladura y ventilación	0:42	0:42
Limpieza	1:42	1:42
Desquinche	0:40	0:48
Perfiladura de la sección	0:35	0:42
Concreto lanzado (shotcrete)	1:45	2:27
<b>TOTAL</b>	<b>10:12</b>	<b>13:15</b>

Tiempo Ahorrado	3:03
-----------------	------

Fuente: Elaboración propia

### Ciclo Optimizado

Para el desarrollo de un ciclo optimizado y con el objetivo de brindar un mayor rendimiento, complementando los procedimientos de la segunda evaluación se considera lo siguiente:

- Reemplazo del uso de pernos helicoidales por los pernos hydrabolt, cuyo tiempo de instalación es menor.
- Evaluación del uso de otro tipo de explosivo, llegando a obtener una voladura controlada, y de esta manera reduciría el tiempo de carguío.



**Cuadro N° 12.- Tiempo del ciclo optimizado**

CICLO	Horas Optimizadas (hr:min)	Tiempo Registrado del 14/07 - 19/07 (hr:min)	Tiempo Registrado del 15/06 - 06/07 (hr:min)	Observaciones
Perforación (frente y pernos)	1:48	1:48	3:32	El jumbo perfora con 2 brazos
Colocación de pernos	0:30	2:00	2:15	Se evalúa el uso de pernos Hydrabolt
Carguío	0:35	1:00	1:03	Se evalúa el uso de otro explosivo
Voladura y ventilación	0:20	0:42	0:42	Se mejoró el uso del ventilador
Limpieza	1:42	1:42	1:42	
Desquinche	0:40	0:40	0:48	
Perfiladura de la sección	0:00	0:35	0:42	Se unificará al proceso de desatado
Concreto lanzado (shotcrete)	1:45	1:45	2:27	Se mejoro la calidad del agregado
<b>Total</b>	<b>7:20</b>	<b>10:12</b>	<b>13:15</b>	

Fuente: Elaboración propia

### 3.4 REPORTE DE AVANCE

**Cuadro N° 13.- Reporte de avance mensual**

Año	2012											2013
Mes	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	
Programado (m)	-	-	-	-	67.40	155.00	155.00	155.00	155.00	155.00	155.00	
Ejecutado (m)	7.40	10.00	21.00	67.00	67.40	124.20	172.20	199.60	173.60	175.10	216.50	
Acumulado (m)	7.40	17.40	38.40	105.40	172.80	297.00	469.20	668.80	842.40	1,017.50	1,234.00	

Fuente: Elaboración propia

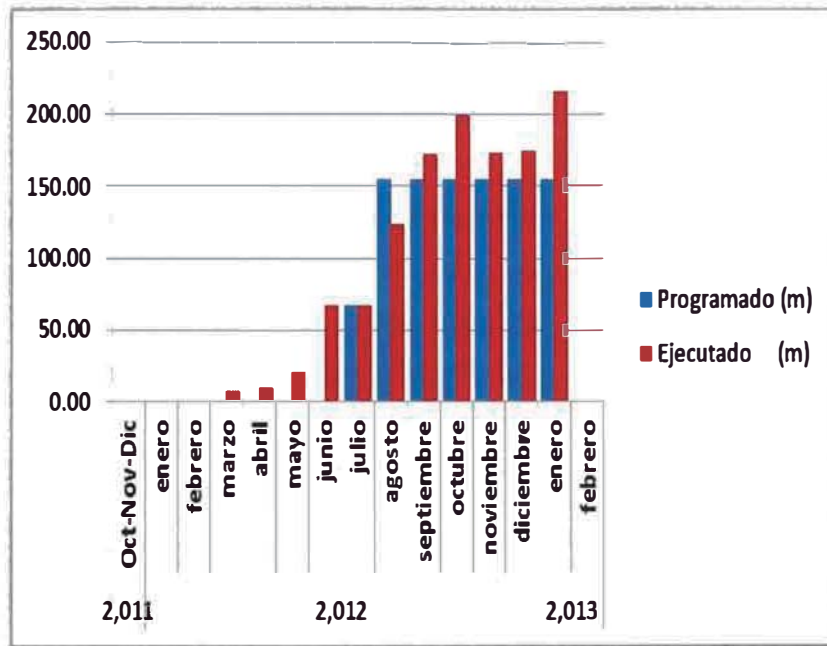


Figura N° 14.- Diagrama de reporte de avance mensual



## **CAPÍTULO IV: SISTEMA DE SOPORTE Y REVESTIMIENTO**

### **4.1 DETERMINACIÓN DEL TIPO DE ROCA EN CAMPO**

Para el desarrollo de la evaluación Geomecánica y poder determinar el tipo de sostenimiento según el tipo de roca obtenido en la evaluación geomecánica, se dispondrá como herramienta la clasificación del macizo rocoso de Bieniawski (1989), también llamado RMR (Rock Mass Rating).

Progresiva:		Fecha:										
Código de mapeo:												
<b>SISTEMA DE CLASIFICACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)</b>												
Parámetros		RANGO DE VALORES										VALOR
		(15)	(12)	(7)	(4)	(3)	(8)	(5)	(10)	(2)	(1)	
COMPRESIÓN UNIAXIAL (Mpa)		>250	100-250	50-100	25-50	<25(2)	<5(1)	<1(0)				
RQD %		90-100	75-90	50-75	25-50	<25						
ESPESOR DE DISCONTINUIDADES (m)		>2	0.6-2	0.2-0.6	0.06-0.2	<0.06						
CONDICIÓN DE DISCONTINUIDADES	PERSISTENCIA	<1m long.	1-3 m Long.	3-10 m	10-20 m	> 20 m						
	APERTURA	Ninguno	<0.1 mm apert.	0.1-1.0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm						
	RUGOSIDAD	Muy rugoso	Rugoso	Rugosidad media	Medianamente Liso	Liso						
DISCONTINUIDADES	RELLENO	Ninguno	Relleño duro < 5mm	Relleño duro > 5mm	Relleño blando < 5 mm	Relleño blando > 5 mm						
	IMTEMPERISMO	No meteorizado	Poco meteorizado	Moderadamente meteorizado	Altamente meteorizado	Descompuesto						
AGUA SUBTERRÁNEO		Completamente seco	Húmedo	Saturado	Goteo	Presencia de flujo						
AJUSTE POR ORIENTACIÓN		Muy favorable	Favorable	Med. Favorable	Desfavorable	Muy desfavorable						
<b>DETERMINACIÓN DEL MACIZO ROCOSO</b>												
RMR	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0								
DESCRIPCIÓN	II - ROCA BUENA	III - ROCA REGULAR	IV - ROCA POBRE	V - ROCA MUY POBRE								

Figura N° 15.- Clasificación geomecánica de Bieniawski (1989)

## 4.2 SECCIÓN DE SOSTENIMIENTO EN ROCA II (RMR: 80 – 61)

Características: (Ver plano TA-04A)

- 05 Pernos Hydrabolt  $\varnothing 29\text{mm}$ ,  $L=3.00\text{ m}$ , distanciado 2.00 ml de perno a perno.
- Concreto Lanzado reforzado con fibra metálica de acero (shotcrete)  $F'c=28\text{ MPa}$ ,  $e=5\text{ cm}$  (mínimo), aplicado solo en la bóveda.

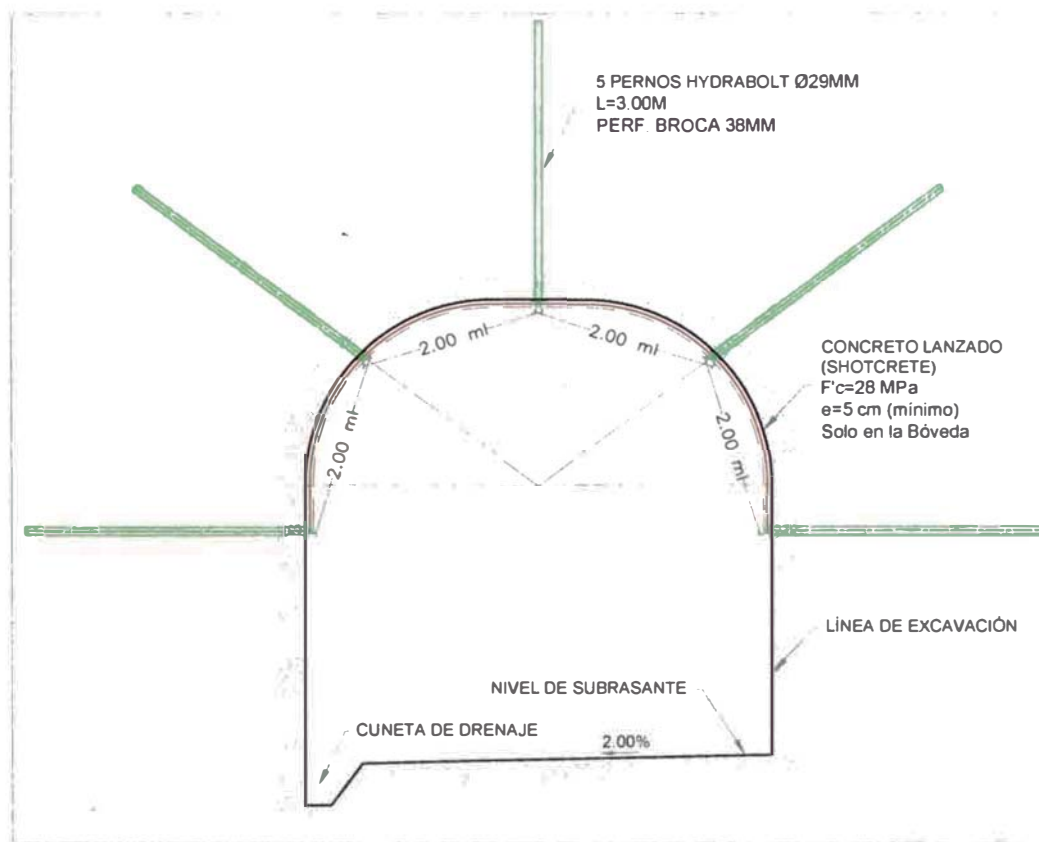


Figura N° 16.- Sección de sostenimiento en roca II

## 4.3 SECCIÓN DE SOSTENIMIENTO EN ROCA III (RMR: 60 – 41)

Características: (Ver plano TA-05A)

- 07 Pernos Hydrabolt  $\varnothing 29\text{mm}$ ,  $L=3.00\text{ ml}$ , distanciado 1.50 metros de perno a perno.

- Concreto Lanzado reforzado con fibra metálica de acero (shotcrete)  $F'c=28$  MPa,  $e = 7$  cm (mínimo), aplicado a sección completa.

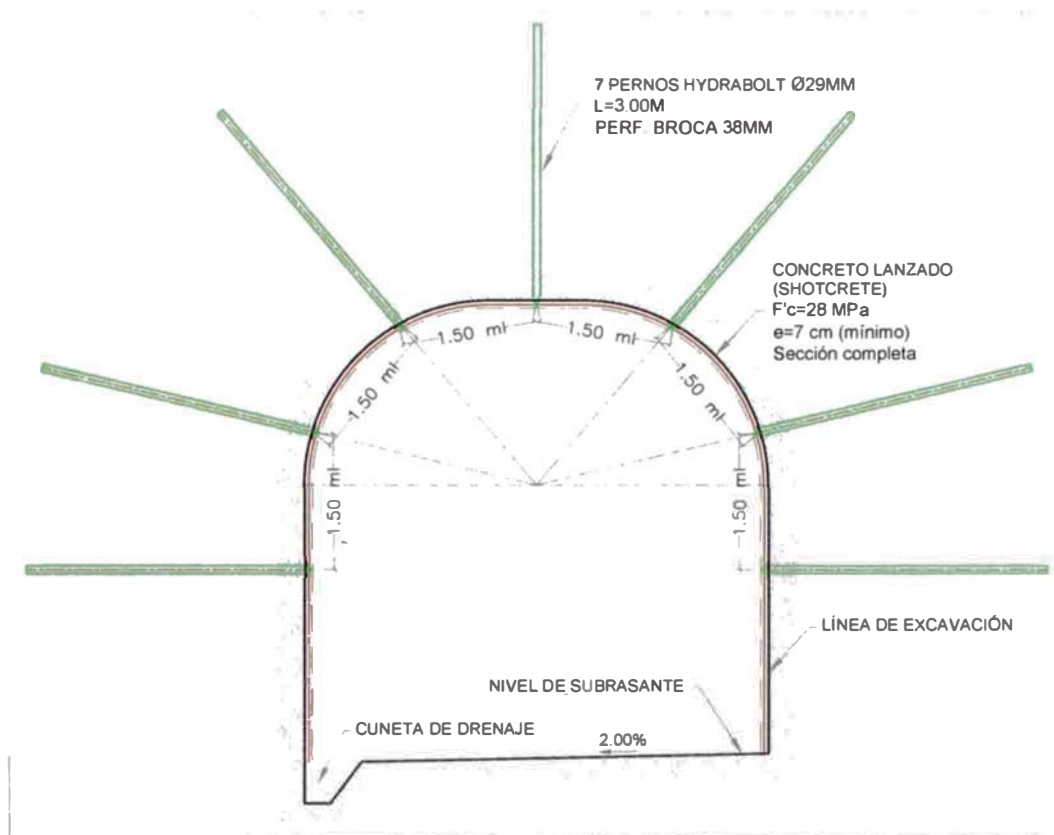


Figura Nº 17.- Sección de sostenimiento en roca III

#### 4.4 SECCIÓN DE SOSTENIMIENTO EN ROCA IV (RMR: 40 – 21)

Características: (Ver plano TA-06B)

- 09 Pernos Hydrabolt  $\varnothing 29$ mm,  $L=3.00$  m, espaciado 2.00 metros de perno a perno.
- Concreto Lanzado reforzado con fibra metálica de acero (shotcrete)  $F'c=28$  MPa,  $e = 13$  cm (mínimo), aplicado a sección completa.

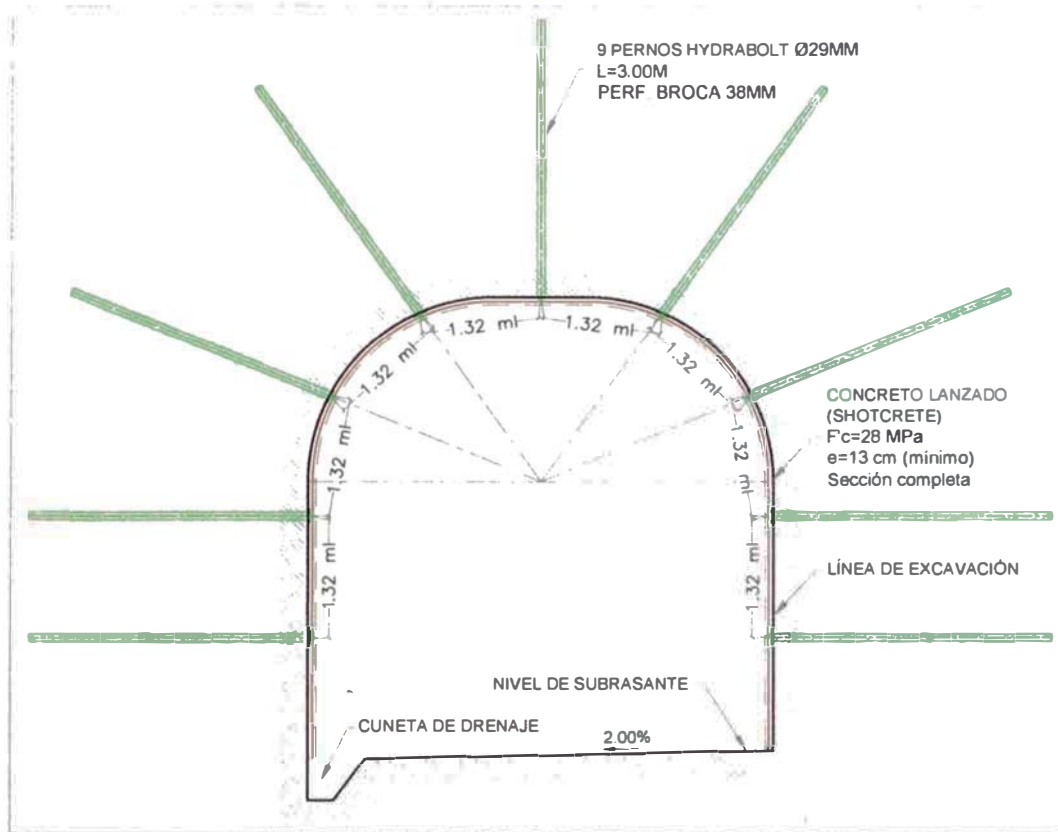


Figura N° 18.- Sección de sostenimiento en roca IV

#### 4.5 SECCIÓN DE SOSTENIMIENTO EN ROCA V (RMR: 20 – 0)

Características: (Ver plano TA-07B)

- Cimbra 5.0x5.0 de 4 secciones, en viga H6x20 Lb/Pie.
- Placas de empalme de 1/2"x200mmx200mm, se colocarán pernos, tuercas y arandelas en G-8 (en cada unión de cuerpo o sección)
- Placas de apoyo de 1/2"x250mmx250mm, las mismas que estarán empotradas a las zapatas.
- Distanciadores tipo bastón de fe. Corrugado Ø3/4"x1.50m de largo (14 distanciadores por cimbra)
- Plancha Acanaladas de 1500mmx545mm (28 planchas por cimbra)
- Concreto Lanzado reforzado con fibra metálica de acero (shotcrete preventivo)  $F'c=28$  MPa,  $e = 10$ cm (mínimo), aplicado a sección completa.

- Pernos Helicoidales de 4.00 ml (sostenimiento preventivo en la bóveda de la sección de excavación).
- Bolsas de yute o polipropileno de 0.5 pie<sup>3</sup> conteniendo concreto F'c=10 MPa (mezcla de cemento y arena en seco), con el fin de cubrir las cavidades entre la Cimbra 5.0x5.0 y el shotcrete preventivo.

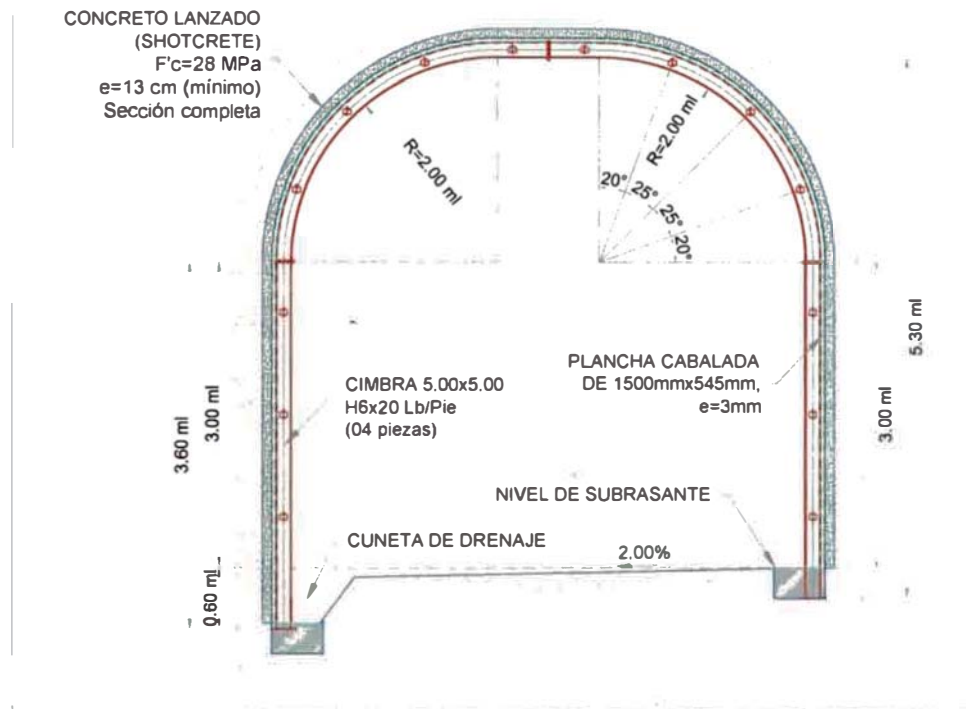


Figura N°19.- Sección de sostenimiento en roca V

## CAPÍTULO V: INSTALACIONES AUXILIARES

### 5.1 INSTALACIONES AUXILIARES INTERIOR DE LA GALERÍA

En la secuencia del proceso de construcción de la Galería de Exploración, de acuerdo se avanzaba la excavación, asimismo se concretaba las instalaciones auxiliares interior galería, siendo los siguientes:

- 02 mangas de ventilación de 48" c/u.
- 02 líneas de cable de acero galvanizado, 1 x 7 Torcido regular Izquierdo Norma: ASTM-475 clase "A" (cable mensajero sujeto a cáncamos).
- Tubería HDPE Ø6", para aire comprimido.
- Tubería HDPE Ø4", línea de agua, con salida de 1" a cada 200 metros.
- Líneas de energía eléctrica (B.T. 2 temas de 440v, cable 1 - 3x185mm<sup>2</sup> 440v, AWG 3-1x8 220v, M.T. cable 1 - 3x16mm<sup>2</sup>, N2XSEY) con luminaria.
- Subestación eléctrica de 4.16Kv.
- Cuneta de drenaje de sección trapezoidal 0.40x0.50ml.

### 5.2 INSTALACIONES AUXILIARES EN SUPERFICIE

De la misma manera se dispuso de instalaciones auxiliares en superficie, siendo los siguientes:

#### Plataforma de Servicios Túnel

- Ventilador axial de 100,000 CFM, de motor 278 HP
- Casa Fuerza, instalado 02 Grupo Electrógenode 320 kv c/u
- Tanque de combustible diario
- Zona de compresora
- Taller de soldadura
- Depósito de soldadura
- Vestíbulo
- Zona para residuos sólidos

### **Plataforma de Servicio Izq. - Der.**

- Taller de mantenimiento mecánico
- Rampa de lavado de equipos
- Almacén de productos químicos
- Laboratorio de ensayo de materiales "in situ"
- Almacén eléctrico
- Oficina de control de equipos, laboratorio, y seguridad y calidad
- Sala de tópico
- Sala de usos múltiples y/o comedor

### **Plataforma Planta de Shotcrete**

- Planta de shotcrete
- Depósito de cemento y agregado
- Almacén de aditivos

### **Otras Instalaciones**

- Polvorín challouno
- Oficinas de supervisión
- Reservorio de agua 58 m<sup>3</sup>
- Línea de conducción tubería HDPE Ø4" (captación – reservorio de agua)
- Pararrayos



## CAPÍTULO VI: MATERIALES, RECURSOS HUMANOS Y EQUIPOS

### 6.1 MATERIALES

#### 1. Pernos Hydrabolt

Es un perno de fricción y compresión de acero de calidad SAE 1008, y se introducen en el barreno perforado, al cual se le inyecta agua a altas presiones (250-300 Bares). Debido a su válvula de no retorno, el líquido que se mantiene en el interior ejerce presión constante y permanente, en forma radial a lo largo de la longitud del taladro. Durante el proceso de expansión el perno Hydrabolt se adhiere a la superficie del taladro. La ventaja fundamental de este elemento de sostenimiento frente a otros elementos es su fácil instalación y su inmediata actuación como elemento de soporte activo.

En la construcción de la Galería de Exploración se emplearon pernos hydrabolt de 29mmx3.00m, instalados mediante una bomba neumática manual.

#### 2. Pernos Helicoidales

Los pernos deberán ser fabricados con acero A-36 corrugado tipo helicoidal con diámetro de 19mm, deberá ser preparada, para permitir la instalación posterior de la placa y de la tuerca. Los pernos podrán ser cortados en obra, con longitud compatible con la profundidad específica del orificio.

La carga de incorporación de los tirantes, deberá ser de 100 kN y la carga máxima actuante no podrá exceder de 150 kN. A criterio de la supervisión, otros tipos de pernos podrán ser utilizados, desde que su resistencia y durabilidad sean adecuadamente comprobadas.

Se utilizaron pernos de 2.50 y 4.00 metros en los primeros 335 metros de la Galería de Exploración, para la instalación de los pernos se emplearon los siguientes accesorios:

- Placas de acero de 0.15x0.15m
- Resina "pegado rápido"

- Lechada de cemento A/C

### 3. Concreto Lanzado o Shotcrete ( $f'c=280\text{kg/cm}^2$ )

Llegaría a ser el concreto lanzado a que se refiere esta sección, comprende morteros o concretos que, transportados a través de un ducto, se proyectan neumáticamente contra la superficie por recubrir, donde se adhieren debido a la compactación que les induce la fuerza de proyección y el impacto, en lo cual incluyen las características de la mezcla. Este tipo de concreto podrá contener fibras de acero para mejorar su comportamiento mecánico

La preparación del shotcrete  $f'c= 280 \text{ cm}^2$ , se realiza según la dosificación indicada en las especificaciones técnicas del proyecto, contando con los siguientes materiales:

- Cemento portland tipo V
- Agregado
- Agua
- Acelerante de fragua
- Fibra de acero (fiber CHO 65/35 NB)

### 4. Malla Electrosoldada

La malla electro soldada está constituida de hilos de acero CA 60 (resistencia a la tracción de  $60 \text{ kN/mm}^2$ ), siendo una malla tipo cuadrado, cuyas características de la malla electrosoldada son:

- Tipo: Q196
- Espaciamiento de los hilos: 10 cm
- Diámetro: 5 mm
- Peso unitario:  $3.11 \text{ kg/m}^2$

Las conexiones entre los paneles y/o rollos de la tela serán por yuxtaposición. Cuando se ejecuta una armadura principal, la yuxtaposición deberá ser de 3 mallas (largo de conexión de aproximadamente 30 cm). Las mallas metálicas serán fijadas mediante fijación directa en anclaje/pernos.

## 5. Cimbra Metálica Tipo Celosía 5.00x5.00m

Las cimbras metálicas, constituidas por las trillizas metálicas, confeccionadas con acero CA – 50, tienen como función principal, el soporte temporal del techo de la galería antes de la aplicación del concreto lanzado durante la fase de curado inicial de este. Su aplicación se restringe a los tramos de la galería excavada en suelo o roca alterada, o aun en los tramos en los cuales se encuentran condiciones adversas del punto de vista de la estabilidad del macizo rocoso.

Las cimbras metálicas están constituidas por un sistema de estructuras metálicas y materiales para cimbras tipo celosía, siendo lo siguiente:

- Barras diámetro. 10,20,25 acero CA-50°
- Tubos SCH 40 DIAM. 1 ¼"
- Espaciadores tipo barras de diámetro 20mm, acero CA-25
- Angular 3" x 3" x 3/8"
- Tornillo de ligación, 3/8" x 2" con tuerca
- Paneles de madera 6 mm.

Estos materiales deben atender los requisitos de calidad típicos.

- Placas de concreto armado para apoyo de las cimbras metálicas en el terreno natural.

## 6. Cimbra Metálica de 5.0x5.0 metros en viga H6x20 Lb/Pie

Este tipo de Cimbra tiene la misma funcionalidad que la cimbra metálica tipo celosía, empleado generalmente cuando la el macizo rocoso en muy malo o presenta material deleznable, previo a su instalación se reviste de shotcrete a la superficie de la sección (estabilización preventiva), contando con los siguientes materiales de instalación:

- Cimbra 5.0x5.0 ml de 4 piezas, conformado por vigas H6x20 Lb/Pie.
- Placas de empalme de 1/2"x200mmx200mm, con pernos, tuercas y arandelas en G-8.
- Placas de apoyo de 1/2"x250mmx250mm.

- Distanciadores tipo bastón de fe. Corrugado Ø3/4"x1.50m de largo.

## 7. Planchas Acanaladas

Son estructuras de acero encalaminado en su superficie, cumpliendo con la norma ASTM A-36. Son instalados conjuntamente con las cimbras metálicas y deben soportar el peso de los materiales necesarios para cubrir los espacios vacíos dejados por los derrumbes durante el proceso de excavación en zonas inestables, serán fijados entre sí, con puntos de soldadura y también a la estructura de la cimbra metálica.

Las planchas que se emplearon en la construcción de la galería son de 1500mmx545mm, cuyo espesor es de 3mm.

## 8. Bolsacrete

Los vacíos y cavidades causados por los derrumbes que se deberán generarse en el proceso de avance del túnel en terrenos muy débiles necesitan ser rellenados con concreto pobre ( $f_c = 10$  MPa). Este relleno se ejecutará mediante bolsas de yute ó polietileno conteniendo el concreto pobre en volúmenes de aproximadamente 0.5 pie cúbico por bolsa, siendo apilados posterior a la instalación de las planchas metálicas, cubriendo los vacíos entre el concreto proyectado preventivo y las planchas acanaladas.

En el siguiente cuadro se muestra el metrado de materiales utilizados para el sostenimiento de la Galería durante el proceso de excavación

**Cuadro N° 14.-Resumen metrado de materiales**

<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Metrado</b>
Pernos Hydrabolt	und	2,828.00
Pernos Helicoidales 4.00 m	und	1,208.00
Pernos Helicoidales 2.50 m	und	747.00
Concreto Lanzado (shotcrete)	m <sup>3</sup>	1,373.14
Malla electrosoldada	m <sup>2</sup>	151.20
Cimbra metálica tipo celosía 5.00x5.00m	kg	5,610.92
Cimbra 5.0x5.0 en viga H6x20 Lb/Pie	jgo	75.00
Plancha Acanalada e=3mm, L=1.20m	und	1,202.00
Plancha Acanalada e=3mm, L=1.50m	und	807.00
Bolsacrete	und	30,851.00

Fuente: Elaboración propia

## 6.2 RECURSOS HUMANOS

**Cuadro N° 15.- Relación de mano de obra directa**

Item	Categoría	Cant.
01	Capataz Subterráneo	1
12	Operario Subterráneo	12
01	Oficial Subterráneo	1
12	Operador de Máquina Pesado	12
03	Operador de Máquina Mediana	3
02	Operador de Máquina Liviana	2
04	Operario Civil en superficie	4
02	Oficial Civil en superficie	2
03	Peón Civil en superficie	3

<b>Total personal de mano de obra directa</b>	<b>40</b>
---	-----------

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro N° 16.- Relación de mano de obra indirecta**

Item	Categoría	Cant.
01	Gerente de Obra	1
02	Jefe de Producción	1
03	Jefe de Ingeniería	1
04	Asistente de Oficina Técnica	1
05	Jefe de Calidad	1
06	Asistente de Calidad	1
07	Jefe de Seguridad	1
08	Jefe de Equipos	1
09	Jefe de Personal	1
10	Jefe de Almacén	1
11	Ingeniero de Producción	2
12	Ingeniero de Control de Gestión	1
13	Supervisor de Seguridad	3
14	Administrador	1
15	Asistente Administrativo	1
16	Topógrafo	1
17	Asistente de Topografía	1
18	Cadista	1
19	Técnico de Equipos II	1
20	Gestor de Materiales	1
21	Mecánico de Equipos	1
22	Auxiliar de Equipos	1
23	Auxiliar de Almacén	1
24	Auxiliar de Servicios	1
25	Auxiliar de Limpieza	1

<b>Total personal mano de obra indirecta</b>	<b>28</b>
--	-----------

Fuente: Elaboración propia

## 6.3 EQUIPOS

**Cuadro N° 17.- Relación de equipos**

<b>Equipo</b>	<b>Cant.</b>
Camión Volquete 6 X 4 330 HP 15 m3	1
Compresora Móvil	2
Excavadora s/ oruga 260-280 HP	1
Robot Shotcretero	1
Scoop 6.0 yd3	1
Jumbo 02 brazos	1
Carmix 3.5TT - 3.5m3	1
Telehandler	1
Grupo Electrónico 300KW	1
Grupo Electrónico 27KW	1
Camión Cisterna Combustible	1
Motosoldadora Eléctrica	1

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO VII: ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

Durante la construcción de la Galería de Exploración se ejecutan actividades en control de calidad en cada una de las actividades que se realizan como excavaciones, colocación de pernos, colocación de cimbras metálicas, y sobre los materiales usados como concreto lanzado (agregados, agua, cemento), acero para pernos, etc. Para lo cual se tiene un equipo de personas responsables como ingeniero residente, jefe de laboratorio, operadores de plantas, inspectores, etc., los cuales se ciñen a los procedimientos de calidad y llenan los formatos necesarios para registrar todas las actividades y sus resultados conforme al plan de auto-control de calidad.

### 7.1 PROGRAMA DE PUNTOS DE INSPECCIÓN Y ENSAYOS

Forma parte del plan de gestión de obra, el cual indica los parámetros a verificar y controlar.

- 1. Recepción de Cemento.-** Para cada lote de cemento que se recibe en Obra, se requiere al proveedor la entrega del certificado de calidad expedido por el fabricante.
- 2. Recepción de Agregados.-** El agregado proviene de la cantera de la localidad de Macusani ubicado a 50 km del proyecto, el cual extrae el material de una cantera del río del mismo nombre. Al iniciar el despacho de agregados, se toman muestras representativas de la cantera y se envían a laboratorios de Lima y Juliaca para los análisis físicos y químicos de los agregados. Asimismo, se realizan los controles periódicos de granulometría por cada 50 m<sup>3</sup> de material recibido de arena para el concreto lanado (shotcrete); se controla además el “equivalente de arena” y los Pesos unitarios sueltos de agregado grueso y fino. Todos estos análisis se realizan en el laboratorio de obra.

El agregado para el concreto proyectado se almacena en un área adyacente al almacén acondicionado para tal fin y cercano a la planta de shotcrete, ya que durante la época de lluvias se cubre con material impermeable.

**3. Recepción de Aditivos.-** Para cada lote de aditivos que se recibe en Obra, se solicita al proveedor la entrega del certificado de calidad del mismo, adjuntando los certificados de aditivos recibidos. Empleando para los diversos requerimientos de la obra los siguientes productos de la marca SIKA:

- Acelerante de Fragua: Sigunit L-60
- Súper plastificante: Sikament 306
- Aditivo Expansor: Intraplast PE
- Curador Químico: Antisol
- Puente de Adherencia: Sikadur 32 Gel
- Impermeabilizante: Sika 1

**4. Control en la Dosificación y Producción de Concreto Fresco.-** Se realiza la dosificación de concreto por volumen, para lo cual se hace las mediciones de la capacidad de la pala del carmix, relacionándola con el Peso Unitario suelto de cada una de los tipos de agregados que utilizamos (arena y hormigón), no se utiliza la balanza incluida en el carmix, debido a que los sensores de la misma se bloquean durante el proceso de lavado del equipo después de cada vaciado.

A cada operador de carmix se le ha hecho entrega de un cuadro con las dosificaciones de concreto que se utilizan en obra:  $F'c = 100 \text{ kg/m}^2$ ,  $F'c = 175 \text{ kg/m}^2$ ,  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y  $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  para el concreto lanado (shotcrete) o Concreto normal, estos cuadros se han elaborado para diferentes volúmenes que se les pueda requerir y con variantes de humedad para corrección en el volumen de agua a añadir. Los cuadros se han elaborado de la manera más didáctica posible, de tal manera que puedan ser entendidos fácilmente.

Por cada preparación de concreto que se realiza, se toman las muestras de slump y temperatura, que se anotan en los Protocolos de Lanzado (shotcrete) para el sostenimiento de la galería o los vaciados de estructuras de concreto en superficie.



Para el caso del concreto lanzado (shotcrete), se están tomando testigos tipo "batea" cada 200 m<sup>2</sup> aproximadamente de superficie trabajada, para luego extraer núcleos diamantinos de 2" x 4", los que luego son ensayados a la rotura. La especificación técnica del cliente nos solicita los requerimientos de resistencia a los 28 días ( $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ), pero en algunos casos se han realizado ensayos adicionales de rotura a los 7 y 14 días, de acuerdo a la disponibilidad de movilidad para enviar las muestras al laboratorio más cercano de la obra.

En el caso de las obras superficiales, por cada estructura vaciada, se moldean probetas cilíndricas de 6" x 12" para su posterior envío a los laboratorios para su respectivo ensayo.

5. **Espesor de Shotcrete Instalado.**- Se han realizado perforaciones en la superficie revestidas de la Galería, según el tipo de sostenimiento para la roca tipo IV, III y II, para medir realmente el espesor del concreto lanzado (shotcrete), se han realizado 4 perforaciones por sección a cada 3 metros de longitud (2 en hastiales y 2 en bóveda). La medición de los agujeros perforados se realiza conjuntamente con la supervisión.
  
6. **Colocación de Pernos de Sostenimiento.**- En los primeros 335 metros de galería se instalaron pernos helicoidales, posterior a ello fue reemplazado por pernos hydrabolt, cuyo aseguramiento de una correcta instalación es demostrado mediante la prueba de arranque a los pernos, tomando la muestras según requerimiento de la supervisión.

## CAPÍTULO VIII: SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES INDUSTRIALES

(Ver plano OC-15)

### 8.1 DESCRIPCIÓN DEL TRATAMIENTO

La finalidad de este trabajo es entregar al medio o reutilizar, el efluente captado por los sistemas de drenaje de la Galería de Exploración, DME (Depósito de Material Excedente) y rampa de lavado de equipos, dichos efluentes según los análisis ABA tienen potencial generador de drenaje ácido por ello requieren un tratamiento que regule el pH.

El caudal esperado por el sistema de tratamiento es de 0.032 m<sup>3</sup>/s, y para efecto del diseño se ha adoptado un caudal de diseño de 40% más que el esperado, equivalente a  $Q_d = 0.050$  m<sup>3</sup>/s, para el sedimentado, cuyo principio físico de la velocidad de caída, por efecto de la gravedad, de un sólido (granos del sedimento de determinado diámetro) en la masa de un fluido, en este caso el agua, las partículas se depositen, para luego ser tratados.

### 8.2 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

El sistema de tratamiento de efluentes industriales está compuesto por:

- 1. Drenajes Profundos.-** Es un sistema entubado adherido a los barrenos de perforación cuyo propósito es captar las aguas subterráneas y evacuar a un sistema de drenaje, instalados en interior galería en las zonas donde persiste el flujo continuo.
- 2. Cuneta Subterránea.-** Esta ubicado en el margen del hastial izquierdo a lo largo de toda la galería, siendo el principal propósito captar las aguas subterráneas proveniente de los afloramientos de agua y drenajes profundos existentes en la galería, evacuado por gravedad y compuesta por una sección trapezoidal.

**3. Sistema de Tratamiento Primario.-** Son dos pozas de concreto armado instalados en paralelo, ubicado a un nivel de 2,693 msnm distante 160 ml respecto al portal de la Galería, cuyo alimentadores son conducidos por un sistema de tuberías (tuberías HDPE no perforado de 4" y 8") y cajas colectoras, efluentes provenientes del Portal de la Galería de Exploración, sistema de drenaje interior del Botadero y Rampa de lavado de equipos; dicha poza tienen la función de captar el efluente y por medio de un vertedero dejar pasar el rebose con la finalidad que en caso existiesen sedimentos estos permanezcan en el fondo del pozo, las características de las pozas son las siguientes:

- Número de pozas: 2.0
- Ubicación: 340,495 E 8'475,196 N
- Material: Concreto armado
- Profundidad: 2.0 ml
- Ancho de fondo: 4.5 ml
- Longitud de fondo: 12.0 ml

**4. Sistema de Tratamiento Secundario.-** Ubicado a un nivel 2,685 msnm distante 40 ml de la poza primaria, es alimentado por medio de una tubería HDPE de 8" no perforado, proveniente del sistema de tratamiento secundario. Teniendo la función de sedimentar las partículas en una segunda etapa, cumpliendo con las siguientes características:

- Número de pozas: 1.0
- Ubicación: 340,468 E 8'475,251 N
- Material: Revestido con geomenbrana HDPE 1.5mm
- Profundidad: 2.0 ml
- Ancho de fondo: 6.0 ml
- Longitud de fondo: 14.0 ml

**5. Sistema de Tratamiento de Efluentes Final.-** Como tratamiento final de los efluentes generados por la excavación de la Galería de Exploración, así como el drenaje interior del depósito de desmonte de la galería y de la Rampa de Lavado de Equipos, y previo tratamiento primario y secundario es

conducido por medio de una tubería no perforada HDPE de 8" de diámetro a un sistema de decantación (sistema de tratamiento de efluentes final) que compone de tres pozas, ubicados a un nivel de 2,650 msnm, distante 175 ml del tratamiento secundario.

Se han colocado dos sistemas de pozas para que uno funcione mientras que al otro se le pueda hacer mantenimiento. Finalmente, a fin de que los lodos tengan un mayor tiempo de decantación, serán bombeados desde el fondo de la ultima pozas de decantación hacia la primera poza de recepción de lodos con lo cual se espera tener un efluente clarificado que cumpla con las condiciones establecidas por la legislación, asimismo, previo control del Ph del efluente para luego ser vertido al río, las características de las pozas de recepción de lodos son las siguientes:

- Número de pozas: 3.0
- Ubicación: 340,495 E 8'475,196 N
- Material: Revestido con geomembrana HDPE 1.5mm
- Profundidad: 2.0 ml
- Ancho de fondo: 6.0 ml
- Longitud de fondo: 12.0 ml

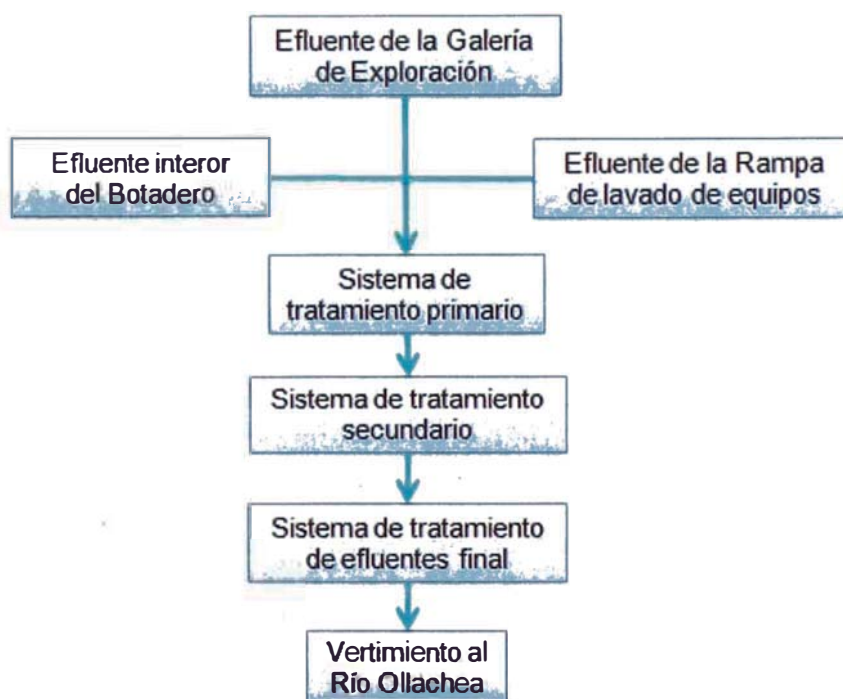


Figura N°20.-Diagrama de tratamiento del efluente

## **CAPÍTULO IX: SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL**

La política de prevención ha tenido como fin fundamental dar cumplimiento a la legislación vigente por lo que ha sido necesario establecer normas y procedimientos que establezcan las mejores prácticas en seguridad y salud ocupacional que están íntimamente ligadas a herramientas de gestión de seguridad de uso frecuente. Para lograr el aseguramiento del cumplimiento de los requisitos legales (DS 055 – 2010 – EM), se ha requerido establecer un sistema de gestión de SSO adecuado a los propósitos y dimensionamiento de las operaciones que se realizaron. La implementación de la norma OHSAS 18001 que tiene una estructura basada en el ciclo de mejora continua como herramienta para mejorar la performance de la operación en materia de prevención de riesgos, ha permitido obtener los resultados deseados. Con el fin de conocer los riesgos resultantes de las actividades a realizar durante la ejecución del proyecto se realizó una Línea Base, realizando un diagnóstico (inicial) con el fin de conocer las necesidades de la operación, para esto se hizo un inventario de peligros (actividades), se establecieron sus riesgos y se determinaron los controles a aplicar.

### **9.1 SISTEMA DE GESTIÓN APLICADO Y NORMATIVA DEL SECTOR**

- Norma OHSAS 18001- 2007
- DS 055-2010-EM Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería
- Ley 29783 Ley Seguridad y Salud en el Trabajo
- DS 016-2009-EM Auditoría en Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud en Minería

### **9.2 CONTROLES Y APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE GESTIÓN**

- Las Horas Hombre trabajadas desde el inicio del proyecto en fecha 22 de septiembre de 2,011 hasta el 31 de enero de 2,013 han sido 444,914. Esta cifra incluye a la empresa constructora y la supervisión del desarrollo del proyecto.
- Se estableció 55 Procedimientos Escritos de Trabajo Seguro (PETS).

- Se registraron 1,206 desviaciones al sistema de gestión.
- Se realizaron 2,022 AST (Análisis de Seguridad en el Trabajo).
- Las Horas Hombre de capacitación han sido 21,856.60, entre las programadas al personal regular (140 trabajadores) y a personal nuevo. Esta cifra incluye temas de seguridad, salud ocupacional, medio ambiente y calidad.
- Se realizaron 698 Inducciones de seguridad antes del inicio de turno.
- Se realizaron 180 inspecciones (de labores y específicos).
- Monitoreo de agentes físico-químicos constante durante el laboreo.
- Se realizaron 1,636 Checklist de pre-uso de equipos.
- Incidentes/Accidentes
- El 31 de Julio de 2012 se registró un accidente incapacitante el cual generó 70 días perdidos: En momento que el Sr. Cirilo Tito Quispe se encontraba en la canastilla del telehandler completando el carguío de explosivo en el frontón, se desprende una roca que impacta contra la canastilla, rebota e impacta en el muslo izquierdo. Diagnóstico: Esguince a rodilla izquierda.
- Se registraron 02 accidentes triviales: El 01/03/12 el Sr. Edgar Cápac(trabajador subcontratista) se lesiona la nariz por golpe con varilla de fierro; y el 30 de Julio de 2,012 el Sr. Albino Aguilar (trabajador contratista) sufre esguince a los dedos cuarto y quinto de la mano derecha causado por el mango del taladro.
- Se registraron 03 incidentes personales con primeros auxilios.
- Accidentes con daños materiales: se registraron 08.

### 9.3 INDICADORES

- Los indicadores de gestión han sido: índice de frecuencia: 2.63; índice de severidad: 181.63; e índice de accidentabilidad: 0.48.
- El IC (Índice de Capacitación) ha sido 1.87. Esta cifra incluye temas de seguridad, salud ocupacional, medio ambiente y calidad.

### 9.4 INFORMATIVO

- De acuerdo a la valoración de los riesgos se determinaron también los riesgos significativos.

- La capacitación ha sido una herramienta fundamental para la gestión de los riesgos significativos del proyecto; que son: caída de rocas, atropello en la galería (por equipos pesados), explosión, afectación a la salud (gases, ruido), actos subestándares.
- Para realizar el direccionamiento de los esfuerzos en el control de incidentes, se utilizó la técnica de Pareto 80-20.
- Entre el 27 y 29 de marzo de 2012, en cumplimiento del DS 016-2009, se realizó la Auditoría del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional, a cargo del OSINERGMIN, habiéndose realizado 04 observaciones menores que fueron resueltas en los plazos previstos. Es pertinente señalar que la empresa constructora ha recertificado un sistema de gestión integrado en diciembre del presente año.
- Se programó y realizó 05 simulacros programados: 02 de accidente personal, 01 de incendio, 02 ambientales. Adicionalmente se hizo 03 simulacros de sismo (nacional).

## CAPÍTULO X: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 10.1 CONCLUSIONES

- a) Se determinó que el macizo rocoso de todo el proyecto en general, está afectado por deformaciones tectónicas y en función de su ocurrencia, las rocas presentan plegamientos, fracturamientos y fallas interceptados por discontinuidades geológicas y en la mayoría de los planos de discontinuidades, se aprecia una fuerte alteración argílica.
- b) Se concluye que más del 50% de la excavación es de roca pizarras y filitas (rocas metamórficas), que son rocas frágiles, deleznales, plásticas y limo-arcillosas cuando están descompuestas; rocas que por su propiedad trajeron problemas en la ejecución de la Galería de Exploración, por lo que se ha previsto un sostenimiento adecuado para una continuidad sostenida.
- c) El alcance de los objetivos programados físicos y cronológicos, están de acuerdo al plan establecido.
- d) Aun teniendo tiempos restrictivos (paralizaciones por problemas sociales), se cumplió con el programa establecido, siguiendo los procedimientos del Plan de Optimización del ciclo de excavación y el correcto empleo de los recursos.
- e) La sensibilización dirigida al personal directo (personal obrero) sobre la importancia del cumplimiento de los objetivos, dieron resultados positivos.
- f) El empleo e instalación de los pernos hydrabolt Ø29mm, L=3.00m y las cimbras metálicas de vigas H 5.0x5.0 H6x20 lb/pie, incrementaron el rendimiento del ciclo de excavación.
- g) Se esperaba un caudal proyectado de 32 l/s a la salida del portal de la galería, obteniendo un caudal real de 5.5 l/s, cuyos registros son favorables para el diseño de drenaje en una futura ampliación de la galería.
- h) En los 447 días que se desarrolló el proyecto se cuantificaron 379,895 HHT (Horas Hombres Trabajadas) en la construcción de la galería, habiéndose producido 01 accidente incapacitante (lesión no leve con descanso médico).
- i) El cumplimiento y respeto de las normas, estándares y procedimientos han sido una característica del desempeño del personal en general, habiendo trascendido a todos los niveles de las organizaciones que han interactuado en la ejecución del proyecto.



## 10.2 RECOMENDACIONES

- a) El empleo de los pernos hydrabolt son considerados como soluciones temporales (periodo de 5 años), por lo cual se recomienda realizar pruebas de arranque, realizando un mínimo de 5 ensayos por cada mil pernos instalados.
- b) Realizar pruebas de control de calidad del concreto lanzado (shotcrete) periódicamente, con el fin de monitorear el diseño.
- c) Mediciones de resistencia in situ del concreto lanzado (shotcrete) a edades tempranas, ya sea con los siguientes equipos: pistola hilti o martillo de schmit, pasado las 4 horas.
- d) Se recomienda controlar el proceso de perforación del frente, con el fin de controlar sobre excavaciones posterior a la voladura.
- e) Es necesario e indispensable realizar mediciones de convergencia de la Galería de Exploración; para esto se recomienda instalar puntos cada 100m, en cambios significativos de rocas y en cimbras metálicas instaladas, con el fin de monitorear durante y posterior a la construcción de la galería.
- f) Control y monitoreo continuo de aguas subterráneas (evaluación hidrogeológica), se sugiere además realizar sondajes diamantinos en avanzada, para evaluar posibles trampas estructurales de agua.
- g) Comunicación continua entre el contratista y la supervisión, en especial el Contratista debe de tener una comunicación fluida con el área de logística para la disposición del los recursos puesto en obra, según programa.
- h) Ejecutar un programa de mantenimiento de la galería, cuyas actividades serán dirigidas a humidificación del shotcrete, campaña de desatado de rocas sueltas, ventilación adecuada, monitoreo de gases, inspección y resane de la estructura de sostenimiento e instalaciones auxiliares al interior de la galería.
- i) Implementar un sistema de gestión de seguridad que obligatoriamente incluya a la mejora continua dentro de su filosofía de funcionamiento.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1.0 Bieniawski, Z.T. (1989). *Engineering Rock Mass Classifications*. John Wiley and Song. New York.
- 2.0 Chavez A., Salas G., Gutierrez E., y Cuadros J. (1997). *Geología de los cuadrángulos de Corani (28-u) y Ayapata (28-v)*. Ingemmet. Boletín N° 90 serie: A. Lima, Perú.
- 3.0 Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de la Plata. *Clasificación de Macizos Rocosos*. Disponible: <http://www.ing.unlp.edu.ar/constr/g1/Clasificacion%20de%20macizos%20rocosos-UNLP.pdf> (consulta: 05 de noviembre de 2014).
- 4.0 Geoservice Ingeniería S.A.C. (2010). *Estudio Técnico para el Desarrollo de Ingeniería Básica del Túnel de exploración Ollachea*. Lima.
- 5.0 Geotécnica LAMZ E.I.R.L. (2012). *Informe Geomecánico Visita Técnica Minera Kuri Kullu*. Lima.
- 6.0 Hoek, E. y Brown, E. T. (1980). *Excavaciones Subterráneas en Roca*. Mac Graw Hill de México S.A.(1985).
- 7.0 Minera Kuri Kullu S.A. (2012). *Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Ollachea (3a.ed.)*. Lima.
- 8.0 Stagg – Zienkiewicz.(1968).*Mecánica de Rocas en la Ingeniería Práctica*(1a.ed.). Madrid - 5: Editorial Blume, primera edición española, 1970.
- 9.0 Telluris Consulting Ltd. (2009). *Estudio Técnico de la Geología Estructural del Proyecto Ollachea*. Lima.
- 10.0 Wikipedia. *Clasificación Geomecánica de Bieniawski o RMR*. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Clasificaci%C3%B3n\\_geomec%C3%A1nica\\_de\\_Bienawiski\\_o\\_RMR](http://es.wikipedia.org/wiki/Clasificaci%C3%B3n_geomec%C3%A1nica_de_Bienawiski_o_RMR) (consulta: 15 de noviembre de 2014).