

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



**“PLANEAMIENTO DE LA EXCAVACIÓN DE UN TÚNEL”**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:  
INGENIERO CIVIL**

**JORGE ENRIQUE RETAMOZO PRIALÉ**

**Lima- Perú**

**2013**

©2013 Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados  
**“El autor autoriza a la UNI a reproducir el Informe de Suficiencia, en su totalidad o en parte, con fines estrictamente académicos.”**

email: [jorgerp0901@gmail.com](mailto:jorgerp0901@gmail.com)  
Célular: 987827478

**DEDICATORIA**

A mi madre, quien estuvo a mi lado siempre dándome su apoyo y fortaleza, y hoy me cuida desde el cielo.

## INDICE

RESUMEN .....	4
LISTA DE CUADROS.....	5
LISTA DE FIGURAS.....	5
LISTA DE GRÁFICOS.....	6
INTRODUCCIÓN.....	7
<b>CAPÍTULO I: CONCEPTOS GENERALES DE TUNELERÍA .....</b>	<b>8</b>
1.1 OBJETIVO.....	8
1.2 GEOMETRÍA.....	9
1.2.1 Trazo en planta .....	10
1.2.2 Perfil longitudinal.....	10
1.2.3 Sección transversal .....	10
1.3 CARACTERIZACIÓN GEOMECAÁNICA DEL MACIZO ROCOSO .....	11
1.4 MÉTODO CONSTRUCTIVO .....	11
1.4.1 Excavación con máquinas puntuales .....	11
1.4.2 Excavación con máquinas integrales (TBMs).....	12
1.4.3 Excavación mediante voladuras.....	14
1.5 SOSTENIMIENTO .....	15
<b>CAPÍTULO II: TÚNEL DE CONDUCCIÓN HIDRÁULICA DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA HUANZA (90 MW).....</b>	<b>17</b>
2.1 CENTRAL HIDROELÉCTRICA HUANZA (90 MW) .....	17
2.1.1 Características demográficas .....	17
2.1.2 Características técnicas .....	19
2.2 TÚNEL DE CONDUCCIÓN HIDRÁULICA DE LA CH HUANZA .	19
2.2.1 Objetivo.....	20
2.2.2 Geometría.....	20
2.2.3 Caracterización geomecánica del macizo rocoso .....	20
2.2.4 Método constructivo .....	23
2.2.5 Sostenimiento .....	24
<b>CAPÍTULO III: MÉTODO CONSTRUCTIVO DE EXCAVACIÓN DEL TÚNEL .....</b>	<b>29</b>

3.1	REPLANTEO TOPOGRÁFICO .....	29
3.2	PERFORACIÓN DE MALLA DE VOLADURA .....	29
3.3	CARGUÍO DE EXPLOSIVOS Y VOLADURA .....	30
3.3.1	Arranque .....	31
3.3.2	Cuadradores.....	31
3.3.3	Arrastre .....	32
3.3.4	Contorno .....	32
3.4	EVACUACIÓN DE HUMOS Y VENTILACIÓN .....	33
3.5	DESATADO DE ROCAS Y ASEGURAMIENTO DEL FRENTE ..	34
3.6	CARGUÍO, TRANSPORTE Y ELIMINACIÓN DE ESCOMBROS	35
3.7	SOSTENIMIENTO DE BÓVEDA Y HASTIALES.....	37
3.7.1	Shotcrete .....	37
3.7.2	Pernos de anclaje.....	37
3.7.3	Cimbras metálicas .....	38
3.8	INSTALACIÓN DE SERVICIOS.....	39
CAPÍTULO IV: PLANEAMIENTO DE LA EXCAVACIÓN DEL TÚNEL		41
4.1	ASIGNACIÓN DE RECURSOS .....	41
4.2	CICLO DE EXCAVACIÓN .....	43
4.2.1	Longitud de avance por disparo .....	43
4.2.2	Volumen de escombros .....	43
4.2.3	Duración del trazado de la malla de voladura.....	44
4.2.4	Duración de la perforación de la malla de voladura.....	44
4.2.5	Duración del carguío de explosivos y voladura .....	44
4.2.6	Duración de la ventilación.....	45
4.2.7	Duración del desatado de rocas.....	45
4.2.8	Duración de la eliminación de escombros.....	45
4.2.9	Duración de la colocación del sostenimiento.....	45
4.3	AVANCE DIARIO PROMEDIO POR TIPO DE ROCA.....	46
4.4	PLAZO DE EJECUCIÓN DE LA EXCAVACIÓN DEL TÚNEL.....	46
4.5	COSTO DE EJECUCIÓN DE LA EXCAVACIÓN DEL TÚNEL....	51
4.5.1	Costos de excavación .....	51
4.5.2	Costos de sostenimiento.....	52
4.6	DIAGRAMA TIEMPO CAMINO .....	54
4.7	ANÁLISIS DE ESCENARIOS.....	54
4.7.1	Determinación de escenarios.....	54
4.7.2	Análisis de escenarios.....	58

CAPÍTULO V: RESULTADOS REALES.....	60
5.1 RESULTADOS REALES.....	60
5.2 GEOLOGÍA REAL VERSUS GEOLOGÍA BÁSICA.....	64
5.2.1 Tramo 0+000 a 3+300.....	64
5.2.2 Tramo 3+300 a 6+300.....	65
5.2.3 Tramo 6+300 a 10+110.....	65
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	67
6.1 CONCLUSIONES.....	67
6.2 RECOMENDACIONES.....	69

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

## RESUMEN

El presente informe de suficiencia trata el tema del planeamiento de la excavación de proyectos de tunelería, presentándose una aplicación práctica en el túnel de conducción hidráulica de la Central Hidroeléctrica Huanza (90 MW).

El planeamiento de la excavación de túneles conlleva problemas ligados a la incertidumbre presente en los estudios de geología básica, los cuales no representan con exactitud las características del macizo rocoso a atravesar, presentándose siempre en la realidad diferencias que hacen variar tanto los costos como los tiempos de ejecución estimados previamente.

En este sentido, se plantea en este informe de suficiencia un método simple para la elaboración del planeamiento de la excavación de un túnel, considerando para ello el análisis de escenarios geológicos diversos y estimando las probabilidades de ocurrencia de cada uno de ellos para, finalmente, determinar razonablemente costos y tiempos de ejecución por contingencias.

En el primer capítulo se describen los conceptos generales que se requieren conocer para la elaboración de un proyecto de tunelería.

En el segundo capítulo se desarrollan los conceptos generales para el caso práctico del túnel de conducción de la CH Huanza, mediante los cuales se desarrollan posteriormente los lineamientos del planeamiento de la excavación.

En el tercer capítulo se describe el método constructivo adoptado para la excavación del túnel de la CH Huanza, a partir del cual se elabora el planeamiento de la excavación propiamente dicho.

En el cuarto capítulo, el más importante del informe, se desarrolla el planeamiento de la excavación del túnel de la CH Huanza, exponiéndose y aplicándose la metodología del análisis de escenarios, empleada para determinar los tiempos y costos a considerar por contingencias.

Finalmente, en el quinto capítulo, se describen los resultados reales de la excavación y se los compara con los resultados esperados.

<b>LISTA DE CUADROS</b>	<b>Pág.</b>
1. Características técnicas de la CH Huanza	19
2. Clasificación geomecánica del TÚNEL, según RMR de Bieniawski	22
3. Cuadrilla de mano de obra asignada a un frente de excavación	41
4. Cuadrilla de equipos asignados a un frente de excavación	42
5. Ciclograma de avance por tipo de roca	48
6. Clasificación geomecánica del TÚNEL, por tramos	49
7. Duración de la excavación del TÚNEL, por tramos	50
8. Accesos al TÚNEL	47
9. Costo de ejecución de la excavación del TÚNEL	53
10. Clasificación geomecánica – Escenario 1	54
11. Clasificación geomecánica – Escenario 2	56
12. Clasificación geomecánica – Escenario 3	56
13. Clasificación geomecánica – Escenario 1+2	56
14. Clasificación geomecánica – Escenario 1+3	57
15. Clasificación geomecánica – Escenario 2+3	57
16. Clasificación geomecánica – Escenario 1+2+3	57
17. Cálculo del tiempo y costo de ejecución ponderados	59
18. Clasificación geomecánica real	60
19. Clasificación geomecánica real por tramos	60
20. Duraciones reales por tramos	61
21. Costo de ejecución real	62

<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>Pág.</b>
1. Túnel ferroviario	9
2. Túneles gemelos para autopista	9
3. Túnel para irrigación	10
4. Rozadora en operación	12
5. Excavadora con martillo en operación	13
6. TBM en operación	14
7. Excavación mediante voladuras – antes del disparo	14
8. Excavación mediante voladuras – después del disparo	14
9. Esquema de ubicación de la CH Huanza	18



<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>Pág.</b>
10. Esquema de localización de la CH Huanza	18
11. Sección transversal del TÚNEL	20
12. Sostenimiento – Sección tipo I	25
13. Sostenimiento – Sección tipo II	26
14. Sostenimiento – Sección tipo III	26
15. Sostenimiento – Sección tipo IVa	27
16. Sostenimiento – Sección tipo IVb	27
17. Sostenimiento – Sección tipo V	28
18. Replanteo topográfico	30
19. Perforación de malla de voladura	30
20. Diseño básico de malla de voladura	33
21. Carguío de explosivos en taladros de arrastre	33
22. Carguío de explosivos con elevador telescópico	34
23. Mangas de ventilación	34
24. Desatado de rocas	35
25. Pala cargadora en operación	36
26. Esquema de carguío de escombros con pala cargadora y dumper	36
27. Dumper en operación	36
28. Lanzado de shotcrete	38
29. Instalación de pernos de anclaje	38
30. Cimbras metálicas	39

<b>LISTA DE GRÁFICOS</b>	<b>Pág.</b>
1. Diagrama Tiempo Camino del avance planificado de excavación del TÚNEL	55
2. Diagrama Tiempo Camino de la excavación real del TÚNEL	63
3. Geología real vs Geología básica en el tramo 0+000 y 3+300	64
4. Geología real vs Geología básica en el tramo 3+300 y 6+300	65
5. Geología real vs Geología básica en el tramo 6+300 y 10+110	66

## INTRODUCCIÓN

El planeamiento de la excavación de túneles ha tenido siempre la complicación de hacerse en base a caracterizaciones geomecánicas proyectadas a partir de estudios geológicos que, debido a su naturaleza, no garantizan encontrar en la realidad las mismas condiciones geológicas previstas.

En el presente informe de suficiencia se expone y aplica un método de evaluación de las diferencias entre la caracterización geomecánica teórica o básica y la caracterización geomecánica real de un túnel, describiendo los diferentes aspectos a tomar en cuenta en el desarrollo de un proyecto de tunelería así como los diferentes parámetros a definir para la estimación de los tiempos y costos de la excavación.

El presente informe de suficiencia permite verificar las diferencias entre las condiciones geológicas esperadas y las condiciones geológicas reales, haciendo notar la importancia de guardar contingencias en los proyectos de tunelería. Por otro lado, expone y aplica una metodología práctica para la determinación de las contingencias señaladas, denominada *análisis de escenarios*, mostrándose cómo influye el criterio del planeador en su estimación.

## CAPÍTULO I: CONCEPTOS GENERALES DE TUNELERÍA

### *Definición de túnel*

*Un túnel se define, desde el punto de vista de la ingeniería civil, como una perforación horizontal efectuada mediante equipos o explosivos en un terreno natural, en la que predomina la longitud sobre el resto de sus dimensiones.*

Un proyecto de tunelería se desarrolla en base a cinco aspectos básicos, cuyos alcances deben definirse claramente con miras a una ejecución exitosa. Los aspectos básicos mencionados, son los siguientes:

### 1.1 OBJETIVO

El primer aspecto a desarrollar en un proyecto de tunelería es la definición de sus objetivos. Los objetivos de un túnel están orientados a satisfacer las necesidades funcionales del proyecto (objetivos funcionales) y las exigencias medioambientales o gubernamentales impuestas por el entorno (objetivos complementarios).

Los objetivos funcionales más comúnmente encontrados son los siguientes:

- Vías de comunicación:  
Ej.: ferrocarriles (figura N°01), autopistas (figura N°02), etc.
- Conducciones hidráulicas:  
Ej.: aprovechamientos hidroeléctricos, irrigaciones (figura N°03), abastecimientos de agua, alcantarillados, etc.
- Alojamiento de servicios:  
Ej.: conducciones de gas, telefonía, conducciones eléctricas, etc.
- Accesos al interior de macizos rocosos:  
Ej.: explotaciones mineras, instalaciones industriales, etc.

Los objetivos complementarios más comúnmente encontrados son los siguientes:

- Preservación del valor medioambiental de un paisaje.
- Limitación de ruidos en una zona poblada.

- Minimización de volúmenes de movimiento de tierras en un emplazamiento dado por falta de áreas para botaderos.
- Minimización de terrenos a adquirir en un emplazamiento dado por falta de áreas para servidumbres.



**Figura N°01: Túnel ferroviario**



**Figura N°02: Túneles gemelos para autopista**

## 1.2 GEOMETRÍA

El segundo aspecto a desarrollar en un proyecto de tunelería es la definición de su geometría, la cual debe facilitar el cumplimiento de sus objetivos. Bajo esta premisa, deben diseñarse tres elementos geométricos básicos: el trazo en planta, el perfil longitudinal y la sección transversal, tal como se indica a continuación:

### 1.2.1 Trazo en planta

El trazo en planta debe diseñarse en base a un criterio económico, buscándose siempre el trazo más corto, el cual debe modificarse, si es necesario, en función de las características geomecánicas del macizo rocoso a atravesar.



**Figura N°03: Túnel para irrigación**

### 1.2.2 Perfil longitudinal

El perfil longitudinal debe diseñarse en base a un criterio funcional, es decir, buscándose cumplir con los requisitos que aseguren el correcto funcionamiento de la estructura. Así por ejemplo, el perfil longitudinal en una conducción hidráulica en lámina libre se ceñirá a lo requerido por el cálculo hidráulico; mientras que el perfil longitudinal de una carretera o ferrocarril, a lo requerido para desarrollar la velocidad de diseño y cumplir las exigencias de seguridad de la vía.

### 1.2.3 Sección transversal

La sección transversal debe diseñarse, al igual que el perfil longitudinal, en base a un criterio funcional, debiéndose tener como mínimo las dimensiones necesarias para el ingreso y tránsito de los equipos a emplear durante la fase de construcción del túnel.

### 1.3 CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO

El tercer aspecto a desarrollar en un proyecto de tunelería es la determinación de las características geomecánicas del macizo rocoso que se atravesará, debiendo preverse su comportamiento ante modificaciones en su estado tensional de equilibrio, consecuencia de la excavación.

La caracterización geomecánica de un macizo rocoso está estandarizada y se hace en base a clasificaciones geomecánicas mundialmente empleadas que definen índices globales de calidad del macizo a partir de índices geotécnicos individuales de sus rocas matrices.

Las clasificaciones más empleadas corresponden a la Q de Barton (rock mass quality) y al RMR de Bieniawski (rock mass rating), desarrolladas en la década de 1970. Ambas clasificaciones emplean índices geotécnicos simples tales como: grado de fracturación (índice RQD, rock quality designation, de Deere), resistencia a la compresión simple, diaclasado y grado de alteración, empleando factores de ajuste representativos de la presencia de agua y el estado tensional de equilibrio, entre otros.

### 1.4 MÉTODO CONSTRUCTIVO

El cuarto aspecto a desarrollar en un proyecto de tunelería es la definición, una vez determinada la calidad del macizo rocoso que se atravesará, del método constructivo a emplear para su excavación, debiendo elegirse, de modo general, entre las alternativas siguientes:

#### 1.4.1 Excavación con máquinas puntuales

La excavación con máquinas puntuales es, en países del primer mundo, la más empleada en zonas urbanas debido a que, además de estar más adaptada a entornos urbanos, sus rendimientos y costos de inversión son comparables a los obtenidos con la excavación convencional por voladuras.

Se consideran como máquinas puntuales a las rozadoras, las excavadoras de martillo o cuchara e, incluso, a los martillos de accionamiento manual.

La excavación con máquinas puntuales se efectúa en suelos o rocas blandas y en túneles de poca longitud, frecuentes en infraestructura urbana.

Las rozadoras (figura N°04) constan de un brazo desplazable y un cabezal provisto de herramientas de corte denominadas picas que cortan la roca mediante la acción de un par de rotación. Las excavadoras de martillo (figura N°05) constan de un brazo articulado en cuyo extremo se encuentra una herramienta de corte denominada punta que corta la roca mediante la acción de impactos.



**Figura N°04: Rozadora en operación**

#### 1.4.2 Excavación con máquinas integrales (TBMs)

La excavación con máquinas integrales es, en países del primer mundo, la *más* empleada para túneles largos debido a que, aunque los costos de inversión inicial son mayores, ofrece mejores rendimientos que los obtenidos con la excavación convencional por voladuras.

Las máquinas integrales, más conocidas como TBMs (siglas en inglés de Tunnel Boring Machine, figura N°06), son máquinas de ataque a sección plena y generalmente de forma circular que constan de una cabeza giratoria provista de discos de corte. En el mercado existen TBMs de diversas características, siendo los tipos más comunes los siguientes:

a) *TBM para roca o “topo”*

Los “topos” entraron en operación en la década de 1950 y constituyen las primeras máquinas integrales, iniciando la competencia, en el ámbito del corte de rocas duras, de la excavación mecánica frente a la excavación con explosivos.



**Figura N°05: Excavadora con martillo en operación**

Su operación se da mediante la fijación de una parte estática contra las paredes del túnel por medio de codales extensibles o grippers que empujan axialmente la cabeza giratoria contra la roca del frente.

*b) TBM para suelo o “escudo”*

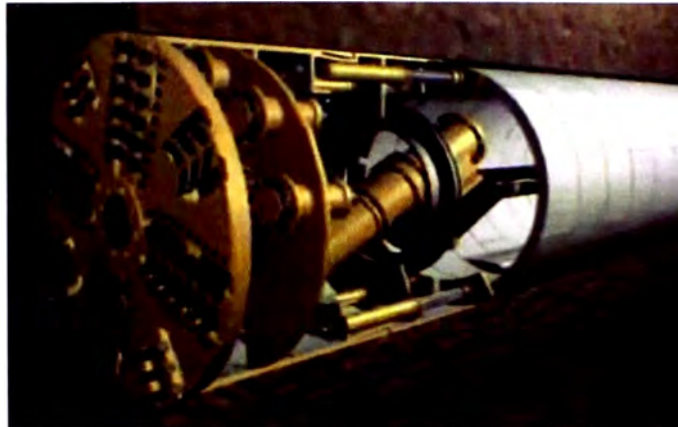
Los “escudos” se emplean en terrenos donde no es posible emplear grippers debido a su baja competencia (suelos o rocas blandas). Esta máquina opera al amparo de una estructura de acero (escudo), avanzando mediante el empuje de gatos perimetrales al tiempo que coloca anillos metálicos o de concreto armado en toda la sección del túnel.

En condiciones muy malas del terreno puede optarse por presurizar la cabeza del escudo mediante inyección de lodos bentoníticos o ejerciendo presión de tierra.

*c) TBM de tipo mixto o “doble escudo”*

Los “doble escudo” se emplean en túneles largos donde es posible encontrar alternancias de roca dura y roca blanda. Operan bajo una coraza dividida en dos cuerpos: uno de ellos lleva alojados los grippers, empleados para avanzar en roca dura, y el otro, los gatos perimetrales, empleados para avanzar en roca blanda.



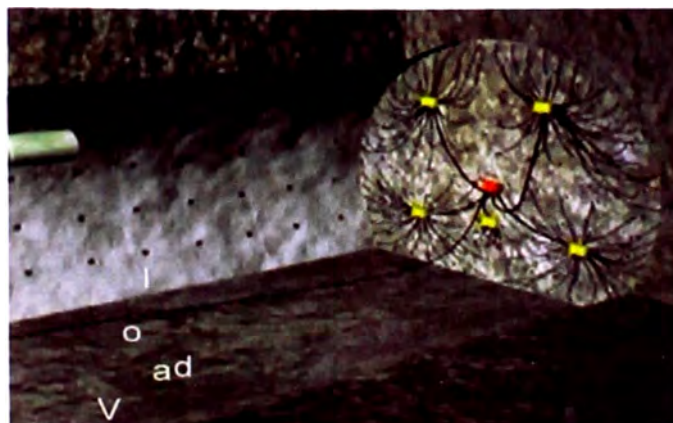


**Figura N°06: TBM en operación**

#### 1.4.3 Excavación mediante voladuras

La excavación mediante voladuras ha sido, a lo largo del siglo XX, el método más empleado en el mundo para excavar túneles en rocas de dureza media o alta, por lo que se le conoce también como el método convencional de excavación de túneles. En la actualidad, su empleo en países del primer mundo ha decrecido para darle cabida al empleo de máquinas puntuales y TBMs, pero en Sudamérica aún se constituye como el método más popular.

La excavación mediante voladuras se produce por la acción de vibraciones y presión de gases generadas por la onda expansiva del explosivo (figuras N°07 y N°08), capaces de romper la estructura interna de la roca y desprenderla del macizo que la contiene.



**Figura N°07: Excavación mediante voladuras – antes del disparo**



Figura N°08: Excavación mediante voladuras – después del disparo

## 1.5 SOSTENIMIENTO

El quinto y último aspecto a desarrollar en un proyecto de tunelería es la definición de la estructura resistente o sostenimiento a emplear durante su construcción. Para ello debe optarse por uno de los tipos mencionados a continuación:

- Sostenimiento flexible: pernos de anclaje, shotcrete, cimbras.
- Sostenimiento semiflexible: anillos de concreto o metálicos.
- Sostenimiento complementario: paraguas de micropilotes, inyecciones, congelación.

El material añadido como sostenimiento a la superficie rocosa del túnel debe responder a las siguientes exigencias:

- Limitar las deformaciones del macizo rocoso incompatibles con las dimensiones de diseño.
- Evitar desprendimientos de zonas sueltas, protegiéndolas de futuros deterioros.
- Resistir empujes extraordinarios del terreno ya sean por acción de fallas activas o de niveles freáticos permanentes.

El dimensionamiento del sostenimiento se hace en base a teorías modernas o a experiencias obtenidas en formaciones geológicas similares.

Debe efectuarse el control de su comportamiento por medio del seguimiento de las deformaciones del terreno a través de la medición de convergencias, permitiendo hacer correcciones posteriores tales como incrementar el espesor del shotcrete o disminuir la cantidad de pernos empleados, etc.

## CAPÍTULO II: TÚNEL DE CONDUCCIÓN HIDRÁULICA DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA HUANZA (90 MW)

### 2.1 CENTRAL HIDROELÉCTRICA HUANZA (90 MW)

La Central Hidroeléctrica Huanza es un proyecto de generación eléctrica de 90.6 MW de potencia que inyectará energía al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) del Perú.

#### 2.1.1 Características demográficas

La Central Hidroeléctrica Huanza se encuentra ubicada a 130 km de la ciudad de Lima, en el distrito de Huanza, provincia de Huarochirí y departamento de Lima (figura N°09). El acceso desde Lima sólo es posible por vía terrestre, existiendo las dos rutas siguientes:

- Por la Carretera Central hasta el desvío a Santa Eulalia, tomando luego la vía a la Central Hidroeléctrica Huinco y luego la vía al poblado de Huanza.
- Por la Carretera Central hasta el desvío al proyecto Marca III, tomando luego la vía que lleva a la salida del túnel trasandino y luego la vía al poblado de Huanza.

La primera ruta tarda 3.5 horas en camioneta y es una vía segura sólo para transporte liviano, mientras que la segunda tarda 5.0 horas en camioneta y puede ser empleada también para transporte pesado.

El proyecto se desarrolla en el valle del río Palca, perteneciente a la cuenca del río Santa Eulalia (figura N°10), presenta una topografía de flancos abruptos, en gran parte encañonada y de fondo estrecho, cortada por quebradas y sólo en algunas partes con pendientes moderadas. En sus cercanías se encuentran las áreas pobladas de Huanza y Carampoma. Las actividades económicas principales son la agricultura de papas y trigo, la ganadería de reses, ovejas, llamas, caballos y burros, la pequeña minería de metales preciosos y la pesca de truchas para el consumo propio.

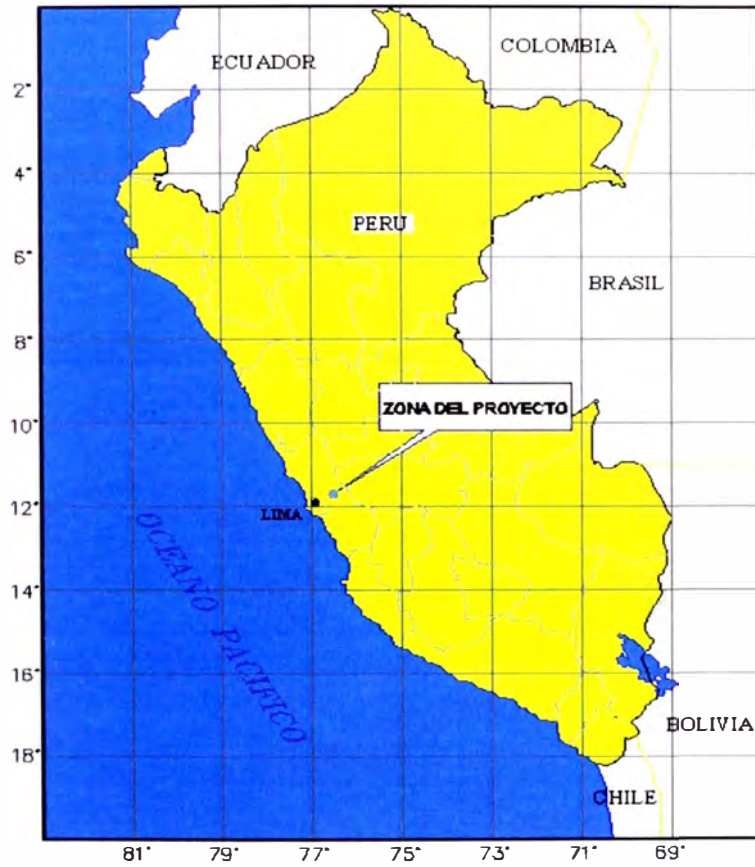


Figura N°09: Esquema de ubicación de la CH Huanza



Figura N°10: Esquema de localización de la CH Huanza

## 2.1.2 Características técnicas

La Central Hidroeléctrica Huanza captará un caudal de 15.8 m<sup>3</sup>/s mediante una presa de regulación diaria y una toma en el río Pallca, transportándolo por un túnel de conducción de 10.1 km y una tubería forzada de 2.1 km hasta una casa de máquinas en superficie.

Las características técnicas de la central, entre obras civiles y electromecánicas, se muestran en el cuadro N°01, a continuación:

**Cuadro N°01: Características técnicas de la CH Huanza**

<b>OBRAS CIVILES</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
Presa: altura (m) x longitud de cresta (m) x volumen de almacenamiento diario (m <sup>3</sup> )	40 x 170 x 370,000
Caudal de conducción de diseño (m <sup>3</sup> /s)	15.8
Túnel de conducción: longitud (km) x diámetro (m)	10.1 x 3.6
Chimenea de equilibrio: diámetro (m) x altura (m)	6.0 x 60
Línea de conducción Conay: longitud (m) x diámetro (m)	4,800 x 1.0
Tubería forzada: longitud (m) x diámetro (m)	2,100 x 2.0 - 1.15
Caída bruta (m) x Caída neta (m)	700 x 650
Tipo de casa de máquinas	Superficie
<b>OBRAS ELECTROMECÁNICAS</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
Turbinas: tipo x número x potencia de turbina (MW)	pelton x 2 x 46.2
Turbinas: velocidad (rpm) x diámetro de cabeceo del rodete (m) x número de boquillas	600 x 1.7 x 5
Generador: régimen de trabajo (MVA) x factor de potencia x voltaje (KV)	53.2 x 0.90 x 13.8
Transformadores: número x fase x voltaje (KV)	2 x 3φ x 13.8/220
Línea de transmisión: número x circuitos x voltaje (KV) x longitud (m)	2 x 1 x 220 x 150
Energía promedio anual (GWh)	370
Factor de planta promedio (%)	48

Fuente: Elaboración propia.

## 2.2 TÚNEL DE CONDUCCIÓN HIDRÁULICA DE LA CH HUANZA

El túnel de conducción hidráulica de la Central Hidroeléctrica Huanza, denominado en adelante como "EL TÚNEL", constituye el tema central de este informe de suficiencia y será desarrollado, en lo que respecta a sus aspectos básicos de diseño, a continuación:

### 2.2.1 Objetivo

El objetivo principal del TÚNEL es conducir a pelo libre un caudal de 15.8 m<sup>3</sup>/s a través de una longitud de 10.1 km entre la presa y la tubería forzada de la CH Huanza.

Sus objetivos complementarios son dos: hacer que el sistema hidráulico de la central no sea vulnerable a eventos naturales tales como derrumbes o huaycos y disminuir el movimiento de tierras de la excavación, requiriéndose comprar a las comunidades cercanas menores áreas de servidumbre.

### 2.2.2 Geometría

El trazo en planta del TÚNEL (anexo N°01) se basa en el criterio económico de la distancia más corta, sufriendo algunas desviaciones debido a la presencia de fallas o zonas de roca de muy mala calidad. El perfil longitudinal (anexo N°01) sigue una pendiente fija de 0.001 necesaria para mantener el flujo de agua a velocidades subcríticas. La sección transversal es de tipo baúl, con un diámetro interno de 3.9 m (figura N°11), siendo ésta la sección mínima necesaria para albergar los servicios y equipos a emplearse durante la fase de construcción.

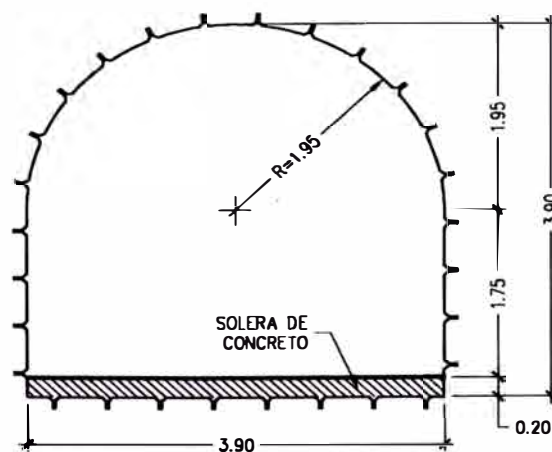


Figura N°11: Sección transversal del TÚNEL

### 2.2.3 Caracterización geomecánica del macizo rocoso

La caracterización geomecánica del macizo rocoso que atravesará EL TÚNEL se obtiene del estudio geológico del proyecto, el cual, de modo general, indica lo siguiente:

El macizo rocoso está conformado por un conjunto de rocas volcánicas agrupadas en dos unidades formacionales: el grupo Rímac (Tim-r), más antiguo, formado por estratos de areniscas y lutitas intercaladas con andesitas, y el grupo Collque (Tim-cq), más reciente, formado por flujos de andesitas porfíricas verdosas grises.

El eje del TÚNEL se divide en dos sectores diferenciados: el sector 1, entre las progresivas 0+000 a 7+000, y el sector 2, entre las progresivas 7+000 y 10+110. El primero es compacto, uniforme y tiene predominancia del grupo Collque (Tim-cq), no mostrando alteraciones químicas ni presencia de arcilla y constituyendo en superficie afloramientos casi verticales que prueban un buen estado de conservación. El segundo sector, en cambio, muestra influencia importante de eventos tectónicos, acentuándose los efectos deformacionales y tensionales que hacen esperar la presencia de tramos blandos deleznable y pulverulentos alternados con tramos duros de roca sana y competente.

EL TÚNEL se emplaza, en general, en una zona con propiedades geomecánicas favorables y estables en el largo plazo, exenta de agresiones por aguas ácidas, gases o material expansivo, con una resistencia media a la compresión de 120 MPa y condiciones apropiadas para una excavación por medios mecánicos o por voladuras.

El índice RMR de Bieniawski, empleado en este caso para clasificar geomecánicamente el macizo rocoso, asigna índices de calidad a la roca encontrada de acuerdo a la siguiente tipología:

*a) Roca tipo I*

Roca competente, de buena calidad, masiva a ligeramente fracturada y no meteorizada. No presenta riesgos de inestabilidad por presencia de filtraciones.

*b) Roca tipo II*

Roca de buena calidad, poco fracturada y no meteorizada. No presenta riesgos de inestabilidad por filtraciones a menos que se tengan gradientes hidráulicos elevados que puedan lavar planos de discontinuidad y producir caída de bloques aislados.



*c) Roca tipo III*

Roca de calidad regular, medianamente fracturada y poco meteorizada. Presenta deformaciones plásticas leves con riesgo de caída de bloques ante la presencia de filtraciones, debiendo instalarse drenes como medida de control.

*d) Roca tipo IVa*

Roca de mala calidad, fracturada y meteorizada. Presenta deformaciones plásticas considerables que pueden provocar el parcial colapso de la bóveda o la caída del frente, debiendo, de presentarse filtraciones, instalarse drenes y, de ser necesario, efectuarse inyecciones de consolidación como medidas de control.

*e) Roca tipo IVb*

Roca de muy mala calidad, muy fracturada y meteorizada. Presenta deformaciones plásticas que evolucionan rápidamente así como planos de discontinuidad altamente meteorizados con presencia de material de relleno que pueden provocar el parcial colapso de la bóveda o la caída del frente, debiendo, de presentarse filtraciones, instalarse drenes y, de ser necesario, efectuarse inyecciones de consolidación como medidas de control.

*f) Roca tipo V*

Roca de muy mala calidad, intensamente fracturada y altamente meteorizada, generalmente presente en zonas de falla. Presenta inestabilidad del frente a corto plazo, con derrumbes inmediatos como consecuencia de las operaciones de avance, debiendo, de presentarse filtraciones, instalarse drenes y, de ser necesario, efectuarse inyecciones de consolidación como medidas de control.

La clasificación geomecánica del TÚNEL, por tramos, se encuentra en los planos geológicos contenidos en el anexo N°01, resumiéndose a continuación la distribución porcentual por tipo de roca, en el cuadro N°02:

**Cuadro N°02: Clasificación geomecánica del TÚNEL, según RMR de Bieniawski**

TIPO DE ROCA	I	II	III	IVA	IVB	V
PORCENTAJE	8%	42%	35%	10%	1%	4%

Fuente: Elaboración propia.

#### 2.2.4 Método constructivo

El método constructivo del TÚNEL se determina mediante el análisis comparativo de los diversos métodos existentes, tal como se muestra a continuación:

##### *a) Comparación de métodos constructivos*

Los métodos constructivos existentes se comparan en base a tres factores: aplicabilidad, costo de inversión y ritmo de avance.

La aplicabilidad de un método está directamente relacionada al grado de resistencia del macizo a excavar, teniéndose que la excavación mediante máquinas puntuales puede aplicarse en rocas con resistencia a la compresión hasta 100 MPa; mientras que la excavación mediante TBMs, en rocas con resistencia a la compresión hasta los 250 MPa y la excavación mediante voladuras, en rocas con resistencia a la compresión entre los 80 MPa y los más altos valores.

En lo que respecta al costo de inversión, se tiene que el método de mayor costo de inversión corresponde a la excavación con máquinas integrales, seguido de la excavación mediante voladuras y la excavación con máquinas puntuales, ambas en un mismo nivel.

En lo relativo al ritmo de avance, se tiene que el método con el que es posible alcanzar el mayor ritmo de avance corresponde a la excavación mediante TBMs, seguida de la excavación mediante voladuras y luego, muy de cerca, de la excavación mediante máquinas puntuales.

##### *b) Elección del método constructivo*

Analizando el factor de aplicabilidad, se tiene que el macizo rocoso que atravesará EL TÚNEL presenta una resistencia a la compresión promedio de 120 MPa, descartándose por este motivo el empleo de máquinas puntuales, debiendo elegirse como método constructivo entre las TBMs o las voladuras.

Luego, analizando el factor de costo de inversión, se tiene que la excavación mediante voladuras requiere una menor inversión que la excavación con TBMs, acrecentándose la brecha en el Perú debido al casi inexistente desarrollo de tecnologías de máquinas integrales, haciéndose más viable la excavación por voladuras por contarse con gran disponibilidad de equipos y personal especializado.

No es necesario analizar el factor del ritmo de avance debido a que en este caso los factores prioritarios son los de aplicabilidad y costo de inversión, debiendo adaptarse el plazo de construcción del TÚNEL al método constructivo elegido y no el método constructivo elegido al plazo de construcción del TÚNEL.

Se concluye indicándose que, habiéndose elegido la excavación mediante voladuras como método constructivo del TÚNEL, ésta se puede emplear en rocas de tipo I, II, III, IVa y IVb sin inconvenientes, debiéndose tomar precauciones, empleando explosivos de baja potencia, en rocas tipo IVa y IVb, y previéndose emplear máquinas puntuales, específicamente excavadoras con martillo, en rocas tipo V.

#### 2.2.5 Sostenimiento

El sostenimiento del TÚNEL consta de elementos flexibles típicos, es decir, shotcrete, pernos de anclaje y cimbras metálicas, cuyas dimensiones se obtienen mediante métodos empíricos en función de la calidad de la roca encontrada.

De esta manera, se definen seis secciones típicas de sostenimiento tal como se muestra a continuación:

##### *a) Sección tipo I*

Sostenimiento a emplearse en roca tipo I (figura N°12). Empleo eventual de pernos puntuales y shotcrete de 30 mm de espesor.

##### *b) Sección tipo II*

Sostenimiento a emplearse en roca tipo II (figura N°13). Empleo eventual de pernos puntuales y shotcrete de 50 mm de espesor.

c) *Sección tipo III*

Sostenimiento a emplearse en roca tipo III (figura N°14). Sostenimiento sistemático de pernos y shotcrete de 50 mm de espesor.

d) *Sección tipo IVa*

Sostenimiento a emplearse en roca tipo IVa (figura N°15). Sostenimiento sistemático de pernos y shotcrete de 100 mm de espesor.

e) *Sección tipo IVb*

Sostenimiento a emplearse en roca tipo IVb (figura N°16). Sostenimiento sistemático de cimbras metálicas y shotcrete de 100 mm de espesor.

f) *Sección tipo V*

Sostenimiento a emplearse en roca tipo V (figura N°17). Sostenimiento sistemático de cimbras metálicas y shotcrete de 150 mm de espesor.

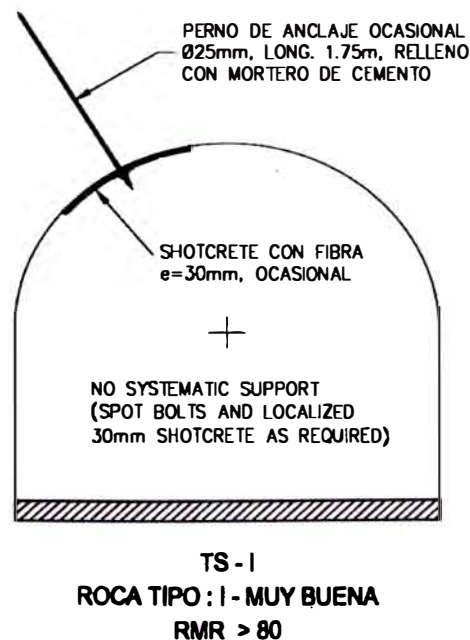
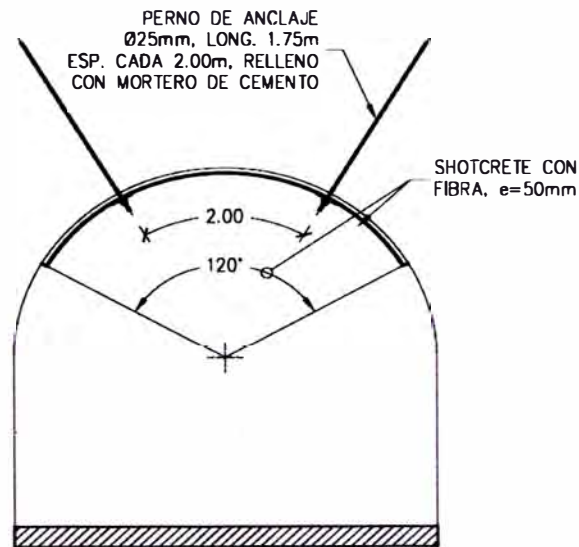
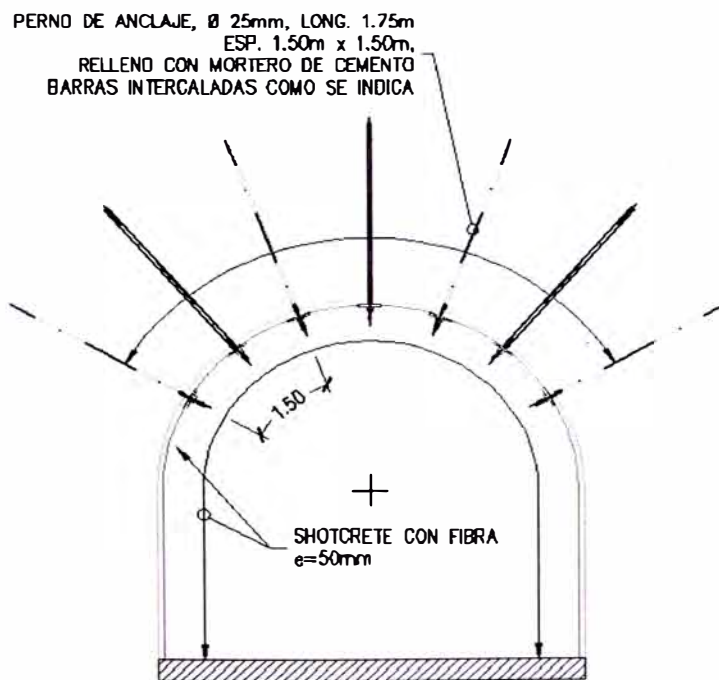


Figura N°12: Sostenimiento - Sección tipo I



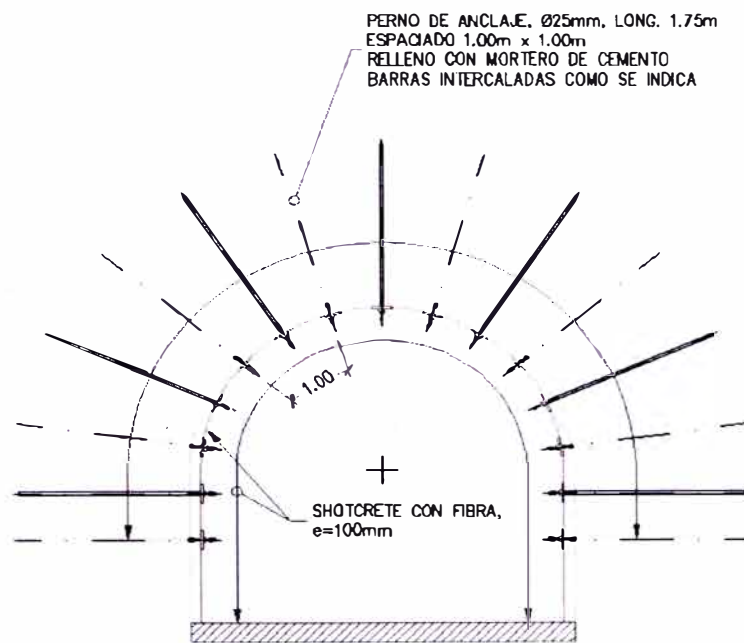
**TS - II**  
**ROCA TIPO : II - BUENA**  
**RMR 61 a 80**

**Figura N°13: Sostenimiento - Sección tipo II**



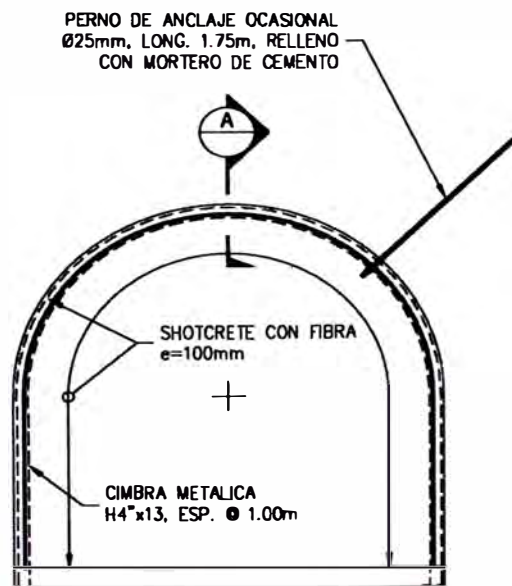
**TS - III**  
**ROCA TIPO : III - REGULAR**  
**RMR 41 a 60**

**Figura N°14: Sostenimiento - Sección tipo III**



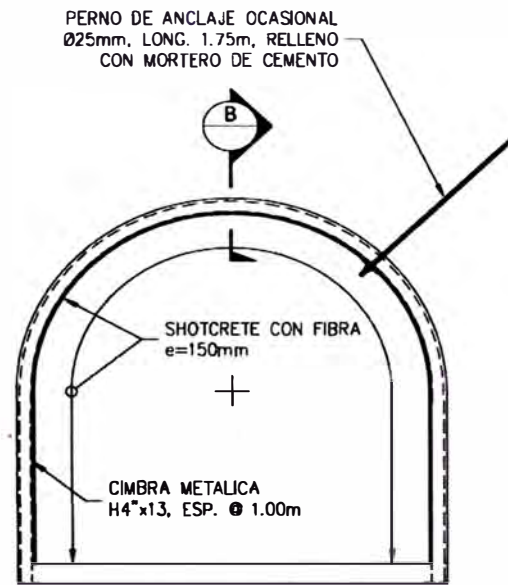
**TS - IVa**  
**ROCA TIPO : IVa - MALA**  
**RMR 21 a 30**

**Figura N°15: Sostenimiento - Sección tipo IVa**



**TS - IVb**  
**ROCA TIPO : IVb - MALA**  
**RMR 31 a 40**

**Figura N°16: Sostenimiento - Sección tipo IVb**



TS-V  
ROCA TIPO : V - MUY MALA  
RMR < 20

Figura N°17: Sostenimiento - Sección tipo V

## CAPÍTULO III: MÉTODO CONSTRUCTIVO DE EXCAVACIÓN DEL TÚNEL

El método constructivo del TÚNEL, correspondiente a la excavación mediante voladuras, consta de un ciclo básico de avance que se compone de las siguientes operaciones:

- Replanteo topográfico.
- Perforación de malla de voladura.
- Carguío de explosivos y voladura.
- Evacuación de humos y ventilación.
- Desatado de rocas y aseguramiento del frente.
- Carguío, transporte y eliminación de escombros.
- Sostenimiento de bóveda y hastiales.

### 3.1 REPLANTEO TOPOGRÁFICO

La actividad inicial del ciclo de excavación mediante voladuras es el replanteo topográfico (figura N°18), el cual tiene dos finalidades principales:

- Verificar el nivel y el alineamiento del eje del túnel.
- Marcar los puntos de perforación de la malla de voladura.

### 3.2 PERFORACIÓN DE MALLA DE VOLADURA

La segunda actividad del ciclo de excavación mediante voladuras es la perforación de la malla de voladura (figura N°19), la cual se hace empleando un jumbo de dos brazos y sólo eventualmente mediante martillos manuales. El jumbo es un equipo dotado de un motor diesel para desplazamiento y un sistema eléctrico para situación de trabajo. En la cabeza de cada brazo dispone de un martillo hidráulico que trabaja a rotación y percusión para perforar la roca. Las longitudes de perforación típicas están comprendidas entre 1 y 4 metros en función de la calidad de la roca, teniéndose que cuanto mejor es la calidad de la roca, mayor es la longitud de perforación y, por consiguiente, el avance en la excavación.





**Figura N°18: Replanteo topográfico**



**Figura N°19: Perforación de malla de voladura**

### 3.3 CARGUÍO DE EXPLOSIVOS Y VOLADURA

La tercera actividad del ciclo de excavación mediante voladuras corresponde al carguío de explosivos y voladura del frente (figuras N°20, N°21 y N°22).

La voladura es la actividad que define la geometría de la sección transversal. Al requerirse mucha precisión para evitar excesivas pérdidas hidráulicas, debe emplearse voladura de tipo controlado.

El diseño de la malla de voladura debe considerar la disposición de los taladros en el frente del túnel, la carga explosiva que se introduce en cada uno de ellos y el orden de detonación.

Se debe hacer un diseño básico al inicio de la obra de acuerdo a las características esperadas de la roca, la experiencia del diseñador y recomendaciones de manuales sobre explosivos, ajustándose el diseño progresivamente a medida que avanza la obra y en función de los resultados que se vayan obteniendo.

El correcto acoplamiento físico entre el taladro y el explosivo sumado a una correcta distribución de la carga producen una voladura eficiente, medida en términos de avance efectivo, conservación de la roca remanente y grado de fragmentación de la roca desprendida.

Los explosivos deben ser manipulados sólo por personal con permiso de la DICSCAMEC. Durante la operación de carguío deben estar retirados todos los equipos y cables eléctricos. Para proceder a la voladura deben protegerse los equipos y el personal del túnel, manteniéndolos a una distancia mínima de 500 m.

Luego de la voladura, debe revisarse el frente para ver si hay tiros cortados o fallados. Si los hubiera hay que recargar los taladros y dispararlos.

La sección teórica del túnel se divide en 4 partes, teniéndose zonas de arranque, de alivio, de cuadradores y de contorno, tal como se muestra a continuación:

### 3.3.1 Arranque

El arranque es la zona crítica de la voladura, es la fase que se dispara en primer lugar y tiene como finalidad crear una primera abertura en la roca que ofrezca al resto de las fases una superficie libre hacia la que puedan escapar. Existen distintos tipos de arranque, pero el más usado por su simplicidad es el paralelo que consiste en un taladro vacío de gran diámetro (entre 100 y 300 mm) o dos taladros vacíos de diámetro menor (75 mm) rodeado de tres o cuatro taladros cargados.

### 3.3.2 Cuadradores

Los cuadradores conforman la parte más amplia de la voladura y su eficacia depende fundamentalmente del éxito del arranque.

### 3.3.3 Arrastre

El arrastre es la zona de la voladura situada a ras de suelo. Los taladros extremos suelen ir un poco abiertos hacia afuera con el objeto de dejar sitio suficiente para la perforación del siguiente avance. Los taladros de arrastre, junto a los de arranque, son los que más carga explosiva contienen pues además de romper la roca, tienen que levantarla, por lo que van ligeramente inclinados hacia abajo.

### 3.3.4 Contorno

El contorno es la zona perimetral. De los taladros de contorno dependerá la forma de la excavación resultante, siendo lo ideal que la forma real del túnel sea lo más parecida a la teórica. Hay dos técnicas para efectuar tiros perimetrales, el recorte y el precorte.

El recorte es la más empleada y consiste en perforar un número importante de taladros paralelos al eje del túnel y a una distancia entre sí entre 45 y 100 cm, con una concentración de explosivo baja, debiendo detonarse al final de la secuencia de tiro.

Por otro lado, la técnica del precorte consiste en perforar un mayor número de taladros perimetrales, paralelos y separados entre sí distancias entre 25 y 50 cm, con un explosivo especial para precorte, debiendo detonarse al comienzo de la secuencia de tiro para crear una fisuración perimetral que aisle y proteja la roca de las vibraciones del resto de la voladura. La técnica del precorte se usa sólo en casos muy especiales.

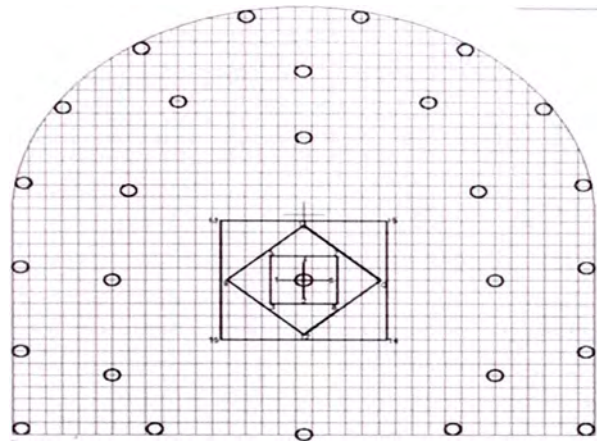


Figura N°20: Diseño básico de malla de voladura



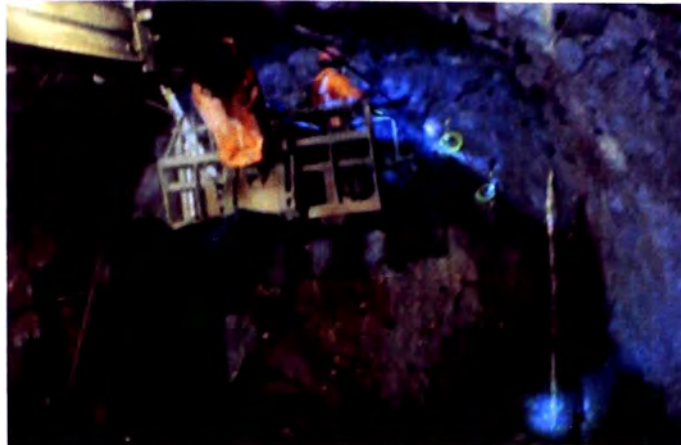
Figura N°21: Carguío de explosivos en taladros de arrastre

### 3.4 EVACUACIÓN DE HUMOS Y VENTILACIÓN

La cuarta actividad del ciclo de excavación mediante voladuras corresponde a la evacuación de humos y ventilación del frente (figura N°23), la cual debe efectuarse al menos durante 30 minutos luego de la voladura.

La ventilación es forzada y el aire ingresa por medio de mangas de ventilación de 800 mm de diámetro.

El sistema de ventilación no sólo debe funcionar después de una voladura, también debe suministrar aire fresco durante todas las etapas de la excavación, desalojando los gases de motores presentes durante la operación a lo largo del túnel.



**Figura N°22: Carguío de explosivos con elevador telescópico**

En cada frente debe suministrarse una cantidad de aire fresco no inferior a la suma de los siguientes conceptos: 6 m<sup>3</sup>/min por cada hombre que trabaje en el interior de las excavaciones y 3 m<sup>3</sup>/min por cada HP de potencia de motor de equipos en funcionamiento.



**Figura N°23: Mangas de ventilación**

### 3.5 DESATADO DE ROCAS Y ASEGURAMIENTO DEL FRENTE

La quinta actividad del ciclo de excavación mediante voladuras corresponde al desatado de rocas y aseguramiento del frente (figura N°24).

El personal encargado del desatado de rocas debe regar con agua la bóveda y los hastiales y contar con buena iluminación para distinguir las fisuras, fracturas y rocas sueltas que puedan existir.

La operación del desatado se debe iniciar desde una zona segura hacia una zona fracturada, de afuera hacia adentro y de arriba hacia abajo, estando el operario que desata en el lado más favorable. Debe hacerse manualmente, cogiendo una barretilla con ambas manos en forma inclinada hacia arriba y adelante, aproximadamente a 45°, prestándose atención al chispeo pues indica caída de rocas.

En zonas donde se aprecien fracturas debe realizarse la inspección con el oído. Las rocas duras tienen un sonido metálico, en cambio las rocas sueltas tienen un sonido hueco.



**Figura N°24: Desatado de rocas**

### 3.6 CARGUÍO, TRANSPORTE Y ELIMINACIÓN DE ESCOMBROS

La sexta actividad del ciclo de excavación mediante voladuras corresponde al carguío, transporte y eliminación de escombros (figuras N°25, N°26 y N°27).

El carguío y transporte de escombros producidos por la voladura se hace de dos maneras. Una es empleando en el frente palas cargadoras que llenan camiones denominados dumpers que transportan el material fuera del túnel. Otra es empleando en el frente máquinas articuladas denominadas scooptram que cargan el material y lo transportan hasta la salida del túnel, llegando a velocidades entre 30 km/h y 40 km/h, tanto hacia adelante como en reversa.

La pala cargadora posee una velocidad de carguío de 1 a 3 m<sup>3</sup>/min y los dumpers tienen una capacidad de 15 a 20 toneladas.

Una vez transportados los escombros a la boca de salida del túnel, estos deben cargarse y trasladarse mediante cargadores frontales y volquetes a botaderos en superficie.



Figura N°25: Pala cargadora en operación

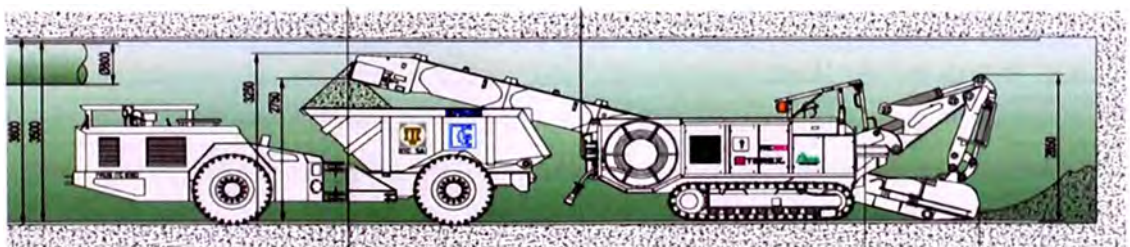


Figura N°26: Esquema de carguío de escombros con pala cargadora y dumper



Figura N°27: Dumper en operación

### 3.7 SOSTENIMIENTO DE BÓVEDA Y HASTIALES

La séptima actividad del ciclo de excavación mediante voladuras corresponde a la colocación del sostenimiento, el cual está conformado por shotcrete, pernos de anclaje y cimbras metálicas, los que se colocan de acuerdo al tipo de roca encontrada.

#### 3.7.1 Shotcrete

El shotcrete (figura N°28) debe lanzarse por vía húmeda, pudiendo llevar fibra o malla metálica para mejorar su resistencia a la flexión, colocándose en capas de entre 5 cm y 20 cm de espesor.

Debe emplearse un equipo de lanzado o bomba shotcretera capaz de generar la suficiente presión para que haya una correcta adherencia entre la roca y el shotcrete. El mezclado se hace en camiones carmix de 1.5 m<sup>3</sup> de capacidad, debiendo proveer de mezcla a la bomba en forma continua y uniforme.

El shotcrete debe lanzarse sobre una superficie libre de material suelto, dirigiéndose el chorro siempre en forma normal y manteniendo la boquilla de la pistola a una distancia del punto de aplicación de aproximadamente un metro.

La resistencia característica del shotcrete a los 28 días debe ser de 35 MPa. El control de calidad se hace cada 300 m<sup>2</sup>, preparando 6 núcleos a ensayar a las 24 horas y a los 7 y 28 días, debiendo mantener resistencias mínimas de 10, 25 y 35 Mpa, respectivamente.

#### 3.7.2 Pernos de anclaje

Los pernos de anclaje son del tipo de adherencia (figura N°29), los cuales consisten en barras metálicas helicoidales de acero laminado en caliente, grado 75, de 25 mm de diámetro, que se introducen en roca y se fijan mediante la inyección de lechada de cemento.

Deben anclarse en roca sana, colocándose una placa de soporte que impida la caída de roca fracturada.

La lechada de cemento actúa, además de fijador, como medio de protección contra la corrosión, pudiendo emplearse resina cuando haya presencia de filtraciones.



Para la perforación y colocación de pernos deben utilizarse perforadoras neumáticas manuales y plataforma elevadora.

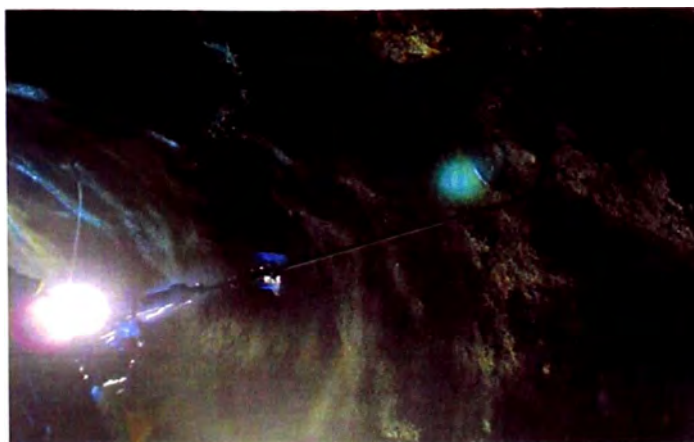
### 3.7.3 Cimbras metálicas

Las cimbras metálicas (figura N°30) se colocan en condiciones muy desfavorables del terreno, pudiendo instalarse invertis en el piso, de ser necesarios. Las cimbras están conformadas por perfiles metálicos tipo H4 de 13 lb/pie y 3.90 x 3.90 m de sección.

El montaje de una cimbra metálica debe hacerse manualmente, levantándola, empleando tantas personas como sea necesario, para luego soldar arriostres y planchas metálicas a los perfiles, dando forma a la estructura de sostenimiento.



**Figura N°28: Lanzado de shotcrete**



**Figura N°29: Instalación de pernos de anclaje**



**Figura N°30: Cimbras metálicas**

### 3.8 INSTALACIÓN DE SERVICIOS

La instalación de servicios a lo largo del túnel no se considera dentro del ciclo de excavación mediante voladuras debido a que no se encuentra vinculada directamente al avance, siendo una actividad que se desarrolla una vez a la semana y preferentemente los domingos.

No obstante, la instalación de servicios constituye una actividad vital para el desarrollo de las actividades de excavación. Los servicios generales del túnel están conformados por instalaciones de agua, aire a presión, energía eléctrica, ventilación y bombeo para drenaje de filtraciones.

El suministro de energía eléctrica debe hacerse mediante una conexión a la red pública más cercana, empleando un transformador de 220/13.2 KV desde donde debe construirse una de red temporal de 13.2 KV que transporte la energía a la boca del túnel en superficie.

El suministro de agua debe hacerse empleando tanques construidos en superficie desde donde se transporte el agua al interior del túnel por medio de tuberías.

Además de los servicios principales, la zona aledaña a la boca del túnel debe contar con un patio de maniobras, un taller de soldadura, una estación de compresoras, una bodega para equipos de seguridad, servicios higiénicos y una oficina de campo.

Asimismo, deben construirse ensanchamientos en la sección transversal del túnel, denominados nichos, de 20 m de longitud y espaciados cada 500 m, para emplearse en maniobras de cruce de equipos pesados y alojamiento de equipos de ventilación y subestaciones eléctricas.

## CAPÍTULO IV: PLANEAMIENTO DE LA EXCAVACIÓN DEL TÚNEL

El planeamiento de la excavación del TÚNEL tiene por finalidad determinar el tiempo y el costo de la excavación, así como las contingencias a tomar en cuenta para afrontarla sin inconvenientes.

Para su elaboración, deben llevarse a cabo una serie de pasos, empezando por la asignación de recursos a cada frente de trabajo, pasando por el cálculo de la duración de un ciclo de excavación y el avance promedio diario por tipo de roca, terminando con la determinación del tiempo y el costo total de la excavación y el análisis de escenarios requerido para estimar las contingencias.

A continuación se desarrollan los conceptos señalados:

### 4.1 ASIGNACIÓN DE RECURSOS

Consiste en determinar las cantidades y características de los recursos necesarios en un frente de trabajo para desarrollar las actividades que conforman el proceso constructivo de excavación mediante voladuras. Con este fin, se conforman las cuadrillas de mano de obra y equipos mostrados en los cuadros N°03 y N°04, indicándose las funciones específicas que debe desempeñar cada recurso.

**Cuadro N°03: Cuadrilla de mano de obra asignada a un frente de excavación**

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	FUNCIÓN
1	Capataz	1	Encargado de coordinar con el personal la ejecución de todas las actividades del frente.
2	Operador de jumbo	1	Encargado de operar el jumbo.
3	Operadores pesados	6	Encargados de operar la pala ITC (1), los dumper (2), el mixer de bajo perfil (1), el camión utilitario (1) y el elevador telescópico (1).
4	Operadores livianos	4	Encargados de operar la shotcretera (1), las perforadoras manuales (2) y las bombas (1).
5	Operarios	3	Asignados a las actividades de carguío y voladura (1) y sostenimiento (2).
6	Oficiales	3	Asignados a las actividades de carguío y voladura (1) y sostenimiento (2).
7	Ayudantes	4	Asignados a las actividades de perforación manual (2) y sostenimiento (2).
8	Técnicos	3	Encargados de las labores de control topográfico (1), mantenimiento y operación de instalaciones eléctricas (1) y taller de soldadura (1).

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro N°04: Cuadrilla de equipos asignados a un frente de excavación**

ITEM	DESCRIPCIÓN		CANT.	FUNCIÓN
1	Jumbo	2 brazos	1	Empleado en la perforación de la malla de voladura. Puede usarse también en las perforaciones para los pernos de anclaje.
2	Pala ITC 112	1-3 m3/min	1	Empleada en las labores de limpieza de escombros del frente, con ella se realiza el carguio de los camiones dumper.
3	Cargador de bajo perfil	Scooptra m - 4 yd3	0.25	Empleado eventualmente en las labores de limpieza de escombros del frente cuando la pala no pueda emplearse. Realiza el carguio de los camiones dumper y, si la distancia es corta, hace también el transporte.
4	Dumper	15-20 ton	2	Empleados en las labores de limpieza de escombros del frente, se utilizan para transportar los escombros desde el frente hasta fuera del túnel.
5	Compresora eléctrica	750-980 cfm	2	Son las encargadas de suministrar el aire comprimido al frente de trabajo, el cual es empleado por el jumbo en la perforación y para la limpieza de superficies previo al lanzamiento de shotcrete, entre otros.
6	Shotcretera	10 m3/h	1	Bomba de concreto empleado para el lanzamiento de shotcrete.
7	Perforadora manual	BBC34W	4	Empleadas básicamente para la perforación de pernos de anclaje y drenes, pudiendo usarse eventualmente en la perforación de la malla de voladura.
8	Martillo neumático	TEX90	3	Empleados en labores de desquinche o excavaciones menores o cuando no se puedan efectuar voladuras.
9	Mixer de bajo perfil	8-11 pie3	1	Empleado para la mezcla de concreto requerido para el sostenimiento con shotcrete.
10	Camión utilitario	4 ton	1	Empleado para el transporte de personal y materiales desde el portal de entrada del túnel hasta el frente de avance.
11	Camión transporte de dinamita	4 ton	0.5	Empleado para el transporte de dinamita desde el polvorín hasta el frente de trabajo. Puede compartirse con otro frente. Debe cumplir con todos los requerimientos de seguridad.
12	Minieexcavadora Bobcat 323 c/martillo	Bobcat 323	0.25	Empleada para las excavaciones dentro del túnel que no se puedan efectuar mediante voladuras. Puede compartirse con otros frentes.
13	Elevador telescópico	3 ton	1	Empleado para transportar al personal a zonas altas, su usa en actividades como carguio de explosivos, desatado de rocas, colocación de pernos, lanzamiento de shotcrete y colocación de cimbras, entre otras.
14	Ventilador axial para túnel	90 KW	4	Empleados para mantener el túnel con la circulación de aire exigida por las normas de seguridad, así como para realizar la ventilación del túnel luego de la voladura.
15	Grupo electrógeno	350 KW	2	Se mantienen en stand by como medida de prevención ante un corte de fluido eléctrico, evitando así paralizaciones del frente de trabajo.
16	Transf para subestaciones	350 KVA	2	Requeridos para emplear la energía eléctrica de la red pública en las instalaciones del frente de trabajo.
17	Electrobomba	BS 2075	2	Empleados para el drenaje del agua de filtraciones en el túnel.
18	Bomba flygth	BS 2125	3	Empleados para el drenaje del agua de filtraciones en el túnel. Son sumergibles, pudiendo usarse en el mismo frente de avance.
19	Máquina de soldar eléctrica		1	Empleada para labores auxiliares de soldadura necesarios para diversos fines dentro del túnel.
20	Equipo de oxicorte		1	Empleado para labores auxiliares de soldadura necesarios para diversos fines dentro del túnel.

Fuente: Elaboración propia.

## 4.2 CICLO DE EXCAVACIÓN

La determinación de la duración de un ciclo de excavación se hace por medio de un ciclograma en el que se estima para cada tipo de roca la duración de cada actividad componente del ciclo, obteniéndose la duración total del mismo al sumar todas las duraciones individuales, tal como se muestra en el cuadro N°05.

La duración de un ciclo de excavación equivale al tiempo requerido por una cuadrilla de mano de obra y equipos asignada a un frente de trabajo para avanzar, en un tipo de roca dado, una longitud correspondiente a un disparo.

Un ciclograma requiere la estimación previa de los siguientes datos de entrada:

### 4.2.1 Longitud de avance por disparo

La longitud de avance por disparo es un input del ciclograma que debe determinarse en base a criterios geotécnicos, tomándose como prioridad el no desestabilizar el macizo rocoso con una excesiva carga explosiva.

Como consecuencia de lo anterior, se aprecia en el ciclograma la asignación de mayores longitudes de avance por disparo en rocas buenas y de menores longitudes de avance por disparo en rocas malas.

Generalmente, la longitud de avance por disparo no coincide con la longitud de perforación efectuada con el jumbo. Esto se debe a que siempre existe un porcentaje de la perforación que no vuela de manera homogénea en toda la sección transversal, debiendo también estimarse la relación entre la longitud de avance y la longitud de la perforación e incluirla como otro input del ciclograma denominado eficiencia de disparo.

### 4.2.2 Volumen de escombros

El volumen de escombros, correspondiente al material del frente que debe eliminarse después de cada voladura, es un input del ciclograma que debe determinarse en base a otros dos inputs: el porcentaje de sobreexcavación por voladura y el porcentaje de esponjamiento del material.

El porcentaje de sobreexcavación por voladura debe reflejar la relación entre la sección transversal teórica y la sección transversal realmente excavada, encontrándose por lo general en un orden del 10%.

El porcentaje de esponjamiento del material debe reflejar la relación entre el volumen en banco de la roca y el volumen suelto una vez que es separada del macizo que la contiene, empleándose usualmente en excavaciones subterráneas, porcentajes por encima del 50%.

#### 4.2.3 Duración del trazado de la malla de voladura

La duración del trazado de la malla de voladura es un input que debe determinarse de manera que represente el tiempo requerido por el personal de topografía para efectuar las labores de instalación del equipo y el trazado de la malla de voladura, debiendo incluirse además el tiempo requerido por el jumbo para ingresar al frente y posicionarse.

La duración del trazado de la malla de voladura corresponde aproximadamente a un mismo tiempo para todos los tipos de roca.

#### 4.2.4 Duración de la perforación de la malla de voladura

La duración de la perforación de la malla de voladura es un input que debe determinarse de manera que represente el tiempo requerido por el jumbo para efectuar la perforación de todos los taladros que conforman la malla de voladura.

La duración de la perforación de la malla de voladura depende de la longitud de avance por disparo, variando de acuerdo al tipo de roca encontrada, obteniéndose mayores tiempos en cuanto mejor se presente la calidad de la roca.

#### 4.2.5 Duración del carguío de explosivos y voladura

La duración del carguío de explosivos y voladura es un input que debe determinarse de manera que represente el tiempo requerido por el personal de carguío para colocar el explosivo en todas las perforaciones de la malla de voladura y efectuar, posteriormente, el disparo.

La duración del carguío de explosivos y voladura depende de la longitud de avance por disparo, variando de acuerdo al tipo de roca encontrada, obteniéndose mayores tiempos en cuanto mejor se presente la calidad de la roca.

#### 4.2.6 Duración de la ventilación

La duración de la ventilación es un input que debe determinarse de manera que represente el tiempo requerido por los equipos de ventilación para eliminar todos los gases y polvos producidos luego de la voladura.

La duración del trazado de la malla de voladura corresponde aproximadamente a un mismo tiempo para todos los tipos de roca.

#### 4.2.7 Duración del desatado de rocas

La duración del desatado de rocas es un input que debe determinarse de manera que represente el tiempo requerido por el personal de desatado para reconocer y hacer caer todos los bloques sueltos presentes en el contorno de la voladura.

La duración del desatado de rocas depende de la estabilidad del macizo rocoso, variando de acuerdo al tipo de roca encontrada, obteniéndose menores tiempos en cuanto mejor se presente la calidad de la roca.

#### 4.2.8 Duración de la eliminación de escombros

La duración de la eliminación de escombros es un input que debe determinarse de manera que represente el tiempo requerido por la pala cargadora y los camiones dumper para efectuar el carguío del material del frente y transportarlo hasta la salida.

La duración de la eliminación de escombros depende del volumen de escombros a eliminar y de la distancia media de transporte desde el frente de avance hasta la salida del TÚNEL. La distancia media de transporte es independiente del tipo de roca excavada, pero el volumen de escombros a eliminar no, obteniéndose menores tiempos en cuanto mejor se encuentre la calidad de la roca.

#### 4.2.9 Duración de la colocación del sostenimiento

La duración de la colocación del sostenimiento es un input que debe determinarse de manera que represente el tiempo requerido por el personal de sostenimiento para efectuar las labores de lanzado de shotcrete, colocación de pernos de anclaje e instalación de cimbras metálicas, según sea necesario.



La duración de la colocación del sostenimiento depende de la estabilidad del macizo rocoso, variando de acuerdo al tipo de roca encontrada, obteniéndose menores tiempos en cuanto mejor se encuentre la calidad de la roca.

#### 4.3 AVANCE DIARIO PROMEDIO POR TIPO DE ROCA

El avance diario promedio por tipo de roca constituye el output principal del ciclograma y es empleado para determinar el tiempo necesario para la ejecución de la excavación del TÚNEL.

Se calcula de la siguiente manera: primero debe determinarse el número de ciclos a efectuarse por día, igual al cociente de la duración de la jornada de trabajo conformada por 2 turnos de 11 horas y la duración de un ciclo, multiplicándose luego por la longitud de avance por disparo, obteniéndose el avance diario por tipo de roca, el cual debe corregirse con un porcentaje que represente el efecto a largo plazo de factores de retraso tales como excavaciones auxiliares y paralizaciones por desperfectos mecánicos o eléctricos, denominado eficiencia a largo plazo (usualmente en el orden del 90%), obteniéndose finalmente el avance diario promedio por tipo de roca, tal como se muestra en el ciclograma de avance por tipo de roca, en el cuadro N°05.

#### 4.4 PLAZO DE EJECUCIÓN DE LA EXCAVACIÓN DEL TÚNEL

El plazo de ejecución de la excavación del TÚNEL debe determinarse, principalmente, en base al requerimiento del propietario, el cual, en este caso, es de 20 meses, debiendo evaluarse la cantidad de frentes de avance que se necesitan implementar para cumplir con él.

Para ello, debe calcularse el tiempo total a emplearse para la ejecución de la excavación de todo el TÚNEL. En base a la clasificación geomecánica por tramos mostrada en el cuadro N°06, se emplea la fórmula siguiente para calcular el tiempo en cada tramo:

$$T = \frac{7}{6} \times \frac{L}{V},$$

Donde L es la longitud de un tramo en metros, V es el avance promedio diario por tipo de roca obtenido del cuadro N°05 y T es la duración de la excavación de un tramo en días.

Luego, empleándose un factor de 7/6 para corregir la cantidad de días, pasándolos de días efectivos a días calendario tomando en cuenta que los domingos serán empleados sólo para la instalación de servicios, se obtienen finalmente las duraciones de cada tramo, tal como se muestra en el cuadro N°07.

La suma de todas las duraciones por tramos da como resultado la duración total de la excavación del TÚNEL, ascendente a 1,869 días ó 62 meses, teniéndose finalmente que, si se emplean 2 frentes de avance se necesitarán 934 días ó 32 meses para la ejecución, si se emplean 3 frentes, 623 días ó 21 meses y, si se emplean 4 frentes, 467 días ó 16 meses, concluyéndose que el número de frentes que se requiere implementar para cumplir el plazo de ejecución de la excavación del TÚNEL, corresponde a un número de 4.

Además, para asegurar el desarrollo continuo de los trabajos y como medida de contingencia ante eventos no previstos tales como fallas geológicas o grandes caudales de infiltración, se deben considerar 2 accesos adicionales a los 4 accesos mínimos que deben ejecutarse, teniéndose un total de 6 accesos al TÚNEL, conformados por las bocas de entrada y salida del mismo y 4 ventanas auxiliares, de acuerdo al detalle mostrado en el cuadro N°08.

**Cuadro N°08: Accesos al TÚNEL**

DESCRIPCIÓN	LONGITUD (M)	UBICACIÓN
P. ENTRADA	0	0+000
VENTANA 1	157	0+895
VENTANA 2	166	3+834
VANTANA 3	244	7+155
VENTANA 4	210	9+325
P. SALIDA	0	10+110

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro N°05: Ciclograma de avance por tipo de roca**

<b>CICLOGRAMA DEL TÚNEL DE CONDUCCIÓN</b>							
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IVA</b>	<b>IVB</b>	<b>V</b>
Longitud de perforación	m	3.40	3.30	2.40	1.80	1.20	1.00
Eficiencia de disparo	%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
Longitud de avance	m	3.06	2.97	2.16	1.62	1.08	0.90
Sección de excavación	m <sup>2</sup>	12.27	12.27	12.27	12.27	13.58	13.58
Volumen efectivo	m <sup>3</sup>	37.55	36.44	26.50	19.88	14.67	12.22
Sobreexcavación y esponjamiento	%	70%	70%	70%	70%	70%	70%
Volumen de escombros	m <sup>3</sup>	63.83	61.95	45.06	33.79	24.93	20.78
<b>ACTIVIDADES</b>							
Trazado de malla de voladura	min	50	50	50	50	60	60
Perforación de malla	min	100	100	80	70	60	40
Carguío de explosivos y disparo	min	60	60	40	40	40	30
Ventilación	min	30	30	30	30	40	40
Desatado de rocas	min	10	10	10	60	70	70
Carguío y eliminación de escombros	min	130	120	90	70	60	50
Sostenimiento	min	0	30	60	120	180	180
Tiempo total de ciclo	min	380	400	360	440	510	470
Tiempo total de ciclo	horas	6.33	6.67	6.00	7.33	8.50	7.83
Tiempo disponible por día	horas	22	22	22	22	22	22
Número de disparos por día	unidad	3.47	3.30	3.67	3.00	2.59	2.81
Avance por día	m	10.63	9.80	7.92	4.86	2.80	2.53
Eficiencia a largo plazo	%	90%	90%	90%	80%	80%	80%
Avance promedio por día	m	9.57	8.82	7.13	3.89	2.24	2.02
Avance promedio por día	m <sup>3</sup>	117.38	108.23	87.46	47.71	30.37	27.46

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro N°06: Clasificación geomecánica del TÚNEL, por tramos**

INICIO	FIN	LONG.	PORCENTAJE POR TIPO DE ROCA					
			I	II	III	IVA	IVB	V
0+000	0+040	40	0%	0%	90%	10%	0%	0%
0+040	0+400	360	0%	80%	20%	0%	0%	0%
0+400	0+730	330	0%	0%	85%	15%	0%	0%
0+730	0+800	70	0%	95%	5%	0%	0%	0%
0+800	0+895	95	80%	15%	5%	0%	0%	0%
0+895	1+000	105	80%	15%	5%	0%	0%	0%
1+000	1+240	240	80%	15%	5%	0%	0%	0%
1+240	1+760	520	0%	75%	20%	5%	0%	0%
1+760	2+000	240	0%	0%	90%	10%	0%	0%
2+000	2+120	120	0%	0%	90%	10%	0%	0%
2+120	2+470	350	0%	0%	80%	20%	0%	0%
2+470	2+490	20	0%	0%	0%	100%	0%	0%
2+490	2+823	333	0%	0%	80%	20%	0%	0%
2+823	3+000	177	0%	0%	80%	20%	0%	0%
3+000	3+090	90	0%	0%	80%	20%	0%	0%
3+090	3+110	20	0%	0%	0%	100%	0%	0%
3+110	3+330	220	0%	0%	80%	20%	0%	0%
3+330	3+350	20	0%	0%	0%	100%	0%	0%
3+350	3+680	330	0%	0%	80%	20%	0%	0%
3+680	3+700	20	0%	0%	0%	100%	0%	0%
3+700	3+770	70	0%	0%	90%	10%	0%	0%
3+770	3+790	20	0%	0%	0%	100%	0%	0%
3+790	3+834	44	0%	90%	10%	0%	0%	0%
3+834	4+000	166	0%	90%	10%	0%	0%	0%
4+000	4+220	220	0%	90%	10%	0%	0%	0%
4+220	4+800	580	80%	15%	5%	0%	0%	0%
4+800	5+000	200	0%	85%	15%	0%	0%	0%
5+000	5+090	90	0%	85%	15%	0%	0%	0%
5+090	5+110	20	0%	0%	0%	100%	0%	0%
5+110	5+320	210	0%	0%	90%	10%	0%	0%
5+320	5+703	383	0%	85%	15%	0%	0%	0%
5+703	5+800	97	0%	85%	15%	0%	0%	0%
5+800	5+840	40	0%	0%	0%	100%	0%	0%
5+840	6+000	160	0%	85%	15%	0%	0%	0%
6+000	6+380	380	0%	85%	15%	0%	0%	0%
6+380	6+420	40	0%	0%	100%	0%	0%	0%
6+420	6+640	220	0%	90%	10%	0%	0%	0%
6+640	6+680	40	0%	0%	100%	0%	0%	0%
6+680	7+000	320	0%	80%	15%	5%	0%	0%
7+000	7+155	155	0%	80%	15%	5%	0%	0%
7+155	7+360	205	0%	80%	15%	5%	0%	0%
7+360	7+680	320	0%	0%	85%	15%	0%	0%
7+680	7+910	230	0%	85%	15%	0%	0%	0%
7+910	8+000	90	0%	0%	90%	10%	0%	0%
8+000	8+823	823	0%	90%	10%	0%	0%	0%
8+823	9+000	177	0%	90%	10%	0%	0%	0%
9+000	9+020	20	0%	90%	10%	0%	0%	0%
9+020	9+160	140	0%	0%	0%	75%	25%	0%
9+160	9+325	165	0%	0%	85%	15%	0%	0%
9+325	9+480	155	0%	0%	85%	15%	0%	0%
9+480	9+780	300	0%	0%	0%	0%	0%	100%
9+780	9+960	180	0%	0%	0%	75%	25%	0%
9+960	10+110	150	0%	0%	0%	0%	0%	100%

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro N°07: Duración de la excavación del TÚNEL, por tramos**

INICIO	FIN	LONG.	DURACION EN DÍAS POR TIPO DE ROCA					
			I	II	III	IVA	IVB	V
0+000	0+040	40	0.00	0.00	5.89	1.20	0.00	0.00
0+040	0+400	360	0.00	38.09	11.78	0.00	0.00	0.00
0+400	0+730	330	0.00	0.00	45.91	14.85	0.00	0.00
0+730	0+800	70	0.00	8.80	0.57	0.00	0.00	0.00
0+800	0+895	95	9.27	1.88	0.78	0.00	0.00	0.00
0+895	1+000	105	10.24	2.08	0.86	0.00	0.00	0.00
1+000	1+240	240	23.41	4.76	1.96	0.00	0.00	0.00
1+240	1+760	520	0.00	51.58	17.02	7.80	0.00	0.00
1+760	2+000	240	0.00	0.00	35.35	7.20	0.00	0.00
2+000	2+120	120	0.00	0.00	17.68	3.60	0.00	0.00
2+120	2+470	350	0.00	0.00	45.83	21.00	0.00	0.00
2+470	2+490	20	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00
2+490	2+823	333	0.00	0.00	43.54	19.96	0.00	0.00
2+823	3+000	177	0.00	0.00	23.24	10.65	0.00	0.00
3+000	3+090	90	0.00	0.00	11.78	5.40	0.00	0.00
3+090	3+110	20	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00
3+110	3+330	220	0.00	0.00	28.81	13.20	0.00	0.00
3+330	3+350	20	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00
3+350	3+680	330	0.00	0.00	43.21	19.80	0.00	0.00
3+680	3+700	20	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00
3+700	3+770	70	0.00	0.00	10.31	2.10	0.00	0.00
3+770	3+790	20	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00
3+790	3+834	44	0.00	5.24	0.72	0.00	0.00	0.00
3+834	4+000	166	0.00	19.76	2.72	0.00	0.00	0.00
4+000	4+220	220	0.00	26.19	3.60	0.00	0.00	0.00
4+220	4+800	580	56.59	11.51	4.75	0.00	0.00	0.00
4+800	5+000	200	0.00	22.48	4.91	0.00	0.00	0.00
5+000	5+090	90	0.00	10.12	2.21	0.00	0.00	0.00
5+090	5+110	20	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00
5+110	5+320	210	0.00	0.00	30.93	6.30	0.00	0.00
5+320	5+703	383	0.00	43.00	9.39	0.00	0.00	0.00
5+703	5+800	97	0.00	10.96	2.39	0.00	0.00	0.00
5+800	5+840	40	0.00	0.00	0.00	12.00	0.00	0.00
5+840	6+000	160	0.00	17.99	3.93	0.00	0.00	0.00
6+000	6+380	380	0.00	42.72	9.33	0.00	0.00	0.00
6+380	6+420	40	0.00	0.00	6.55	0.00	0.00	0.00
6+420	6+640	220	0.00	26.19	3.60	0.00	0.00	0.00
6+640	6+680	40	0.00	0.00	6.55	0.00	0.00	0.00
6+680	7+000	320	0.00	33.86	7.86	4.80	0.00	0.00
7+000	7+155	155	0.00	16.40	3.81	2.33	0.00	0.00
7+155	7+360	205	0.00	21.69	5.03	3.08	0.00	0.00
7+360	7+680	320	0.00	0.00	44.52	14.40	0.00	0.00
7+680	7+910	230	0.00	25.86	5.65	0.00	0.00	0.00
7+910	8+000	90	0.00	0.00	13.26	2.70	0.00	0.00
8+000	8+823	823	0.00	98.02	13.48	0.00	0.00	0.00
8+823	9+000	177	0.00	21.02	2.89	0.00	0.00	0.00
9+000	9+020	20	0.00	2.38	0.33	0.00	0.00	0.00
9+020	9+160	140	0.00	0.00	0.00	31.51	18.26	0.00
9+160	9+325	165	0.00	0.00	22.96	7.43	0.00	0.00
9+325	9+480	155	0.00	0.00	21.56	6.98	0.00	0.00
9+480	9+780	300	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	195.18
9+780	9+960	180	0.00	0.00	0.00	40.51	23.48	0.00
9+960	10+110	150	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.59

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.5 COSTO DE EJECUCIÓN DE LA EXCAVACIÓN DEL TÚNEL

El costo de ejecución de la excavación del TÚNEL debe estimarse en base a la clasificación geomecánica por tramos mostrada en el cuadro N°06, calculándose los volúmenes de excavación y las cantidades de shotcrete, pernos de anclaje y cimbras metálicas correspondientes a cada tipo de roca, para luego aplicárseles precios unitarios que tomen en cuenta los recursos empleados para la realización de esos trabajos, tal como se muestra en el cuadro N°09.

Los alcances de los precios unitarios considerados para la estimación del costo de ejecución de la excavación del TÚNEL, son los siguientes:

##### 4.5.1 Costos de excavación

Los costos de excavación se dividen en costos por materiales, por operación de equipos, por posesión de equipos y por posesión de mano de obra, estando siempre referenciados al m<sup>3</sup> excavado por tipo de roca.

###### a) *Costo de materiales*

Incluye el costo del suministro de todos los materiales requeridos para la instalación de los servicios generales del túnel, tales como cables eléctricos, mangas de ventilación, tuberías de agua, aire y bombeo, etc, así como el suministro de todos los materiales requeridos para la conformación de la malla de voladura, tales como dinamita, fulminantes, mechas, etc.

###### b) *Costo operativo de equipos*

Incluye el costo del combustible, repuestos y mantenimientos necesarios para la operación de todos los equipos participantes de las actividades de excavación del TÚNEL, tales como jumbo, elevador, pala cargadora, dumper, etc.

###### c) *Costo de posesión de equipos*

Incluye el costo de depreciación, seguros y mantenimientos preventivos de todos los equipos requeridos para las actividades de excavación y sostenimiento del TÚNEL, tales como jumbo, elevador, pala cargadora, dumper, carmix, bomba shotcretera, etc.

*d) Costo de posesión de mano de obra*

Incluye el costo de la planilla de toda la mano de obra requerida para las actividades de excavación del TÚNEL, tales como capataces, topógrafos, soldadores, operadores de equipos, operarios, oficiales y ayudantes.

**4.5.2 Costos de sostenimiento**

Los costos de sostenimiento se dividen en costos por materiales, por operación de equipos y por posesión de mano de obra, estando siempre referenciados a la unidad de medida del tipo de sostenimiento, es decir, unidades para pernos y cimbras y m<sup>3</sup> para shotcrete.

*a) Costo de shotcrete*

Incluye el costo del suministro de todos los materiales componentes de la mezcla de shotcrete, así como la operación de los equipos participantes y la posesión del personal requerido, tanto en la preparación de la mezcla como en el lanzamiento del shotcrete.

*b) Costo de pernos de anclaje*

Incluye el costo del suministro de todos los materiales requeridos para la instalación de los pernos de anclaje, así como la operación de los equipos participantes y la posesión del personal requerido, tanto en la preparación de la lechada de cemento como en la colocación e inyección de pernos.

*c) Costo de cimbras metálicas*

Incluye el costo del suministro de todos los materiales requeridos para la instalación de cimbras, así como la operación de los equipos participantes y la posesión del personal requerido, tanto en la preparación de la cimbra como en su montaje.

**Cuadro N°09: Costo de ejecución de la excavación del TÚNEL**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	COSTO UNIT. (US\$)	SUB TOTAL (US\$)
<b>ROCA TIPO I</b>			<b>101.57</b>	<b>1,016,905.48</b>
Materiales	m3	10,012.32	30.84	308,809.99
Costo operativo de equipos	m3	10,012.32	24.08	241,106.68
Costo de posesión de equipos	m3	10,012.32	25.58	256,129.90
Costo de posesión mano de obra	m3	10,012.32	21.06	210,858.91
<b>ROCA TIPO II</b>			<b>101.66</b>	<b>5,305,545.96</b>
Materiales	m3	52,190.45	30.94	1,614,511.42
Costo operativo de equipos	m3	52,190.45	24.08	1,256,798.11
Costo de posesión de equipos	m3	52,190.45	25.58	1,335,108.51
Costo de posesión mano de obra	m3	52,190.45	21.06	1,099,127.92
<b>ROCA TIPO III</b>			<b>132.45</b>	<b>5,733,490.89</b>
Materiales	m3	43,288.56	30.64	1,326,188.32
Costo operativo de equipos	m3	43,288.56	24.76	1,071,637.16
Costo de posesión de equipos	m3	43,288.56	43.36	1,877,017.87
Costo de posesión mano de obra	m3	43,288.56	33.70	1,458,647.54
<b>ROCA TIPO IVa</b>			<b>196.58</b>	<b>2,369,838.40</b>
Materiales	m3	12,055.28	30.97	373,345.84
Costo operativo de equipos	m3	12,055.28	33.50	403,845.68
Costo de posesión de equipos	m3	12,055.28	74.31	895,877.90
Costo de posesión mano de obra	m3	12,055.28	57.80	696,768.98
<b>ROCA TIPO IVb</b>			<b>254.45</b>	<b>276,433.98</b>
Materiales	m3	1,086.40	30.77	33,432.87
Costo operativo de equipos	m3	1,086.40	40.19	43,665.13
Costo de posesión de equipos	m3	1,086.40	103.22	112,139.56
Costo de posesión mano de obra	m3	1,086.40	80.26	87,196.41
<b>ROCA TIPO V</b>			<b>279.60</b>	<b>1,708,656.65</b>
Materiales	m3	6,111.00	27.39	167,398.62
Costo operativo de equipos	m3	6,111.00	38.74	236,738.10
Costo de posesión de equipos	m3	6,111.00	120.11	733,961.78
Costo de posesión mano de obra	m3	6,111.00	93.37	570,558.15
<b>SHOTCRETE</b>			<b>516.37</b>	<b>2,435,132.44</b>
Materiales	m3	4,715.88	405.00	1,909,908.15
Equipos	m3	4,715.88	25.67	121,065.16
Mano de obra	m3	4,715.88	85.70	404,159.13
<b>PERNOS DE ANCLAJE</b>			<b>37.56</b>	<b>786,241.33</b>
Materiales	und	20,933.50	23.05	482,433.44
Equipos	und	20,933.50	2.81	58,899.89
Mano de obra	und	20,933.50	11.70	244,907.99
<b>CIMBRAS METÁLICAS</b>			<b>3,973.45</b>	<b>2,105,926.12</b>
Materiales	und	530.00	3,258.31	1,726,902.45
Equipos	und	530.00	21.01	11,133.53
Mano de obra	und	530.00	694.13	367,890.14
<b>SUB TOTAL</b>				<b>21,738,171.24</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS (15%)</b>				<b>3,260,725.69</b>
<b>UTILIDAD (12%)</b>				<b>2,608,580.55</b>
			<b>TOTAL (US\$)</b>	<b>27,607,477.48</b>

Fuente: Elaboración propia.



#### 4.6 DIAGRAMA TIEMPO CAMINO

El diagrama tiempo camino, DTC, corresponde a la representación gráfica de la planificación del avance de la excavación.

Tal como se muestra en el gráfico N°01, en el DTC se debe indicar la clasificación geomecánica del TÚNEL, la ubicación de las ventanas de acceso y la curva de Avance vs Tiempo de los 04 frentes de trabajo.

#### 4.7 ANÁLISIS DE ESCENARIOS

El análisis de escenarios es una herramienta empleada para evaluar la incidencia en los tiempos y costos planificados de posibles cambios en la configuración de la clasificación geomecánica del TÚNEL, necesaria debido a la inexactitud existente en las proyecciones de los estudios geológicos.

##### 4.7.1 Determinación de escenarios

La cantidad de escenarios y las variaciones consideradas en cada uno de ellos quedan a criterio del planeador, evaluándose en este caso un número de 7 escenarios, con las condiciones que se indican a continuación:

##### a) Escenario 1

Considera la modificación de la clasificación geomecánica básica del TÚNEL a una calidad de roca inferior, en el tramo comprendido entre las progresivas 0+000 y 3+300, obteniéndose lo siguiente:

Cuadro N°10: Clasificación geomecánica - Escenario 1

ESCENARIO 1: TRAMO INICIAL CALIDAD INFERIOR						
TIPO DE ROCA	I	II	III	IVA	IVB	V
PORCENTAJE	4%	36%	28%	21%	7%	4%

Fuente: Elaboración propia.

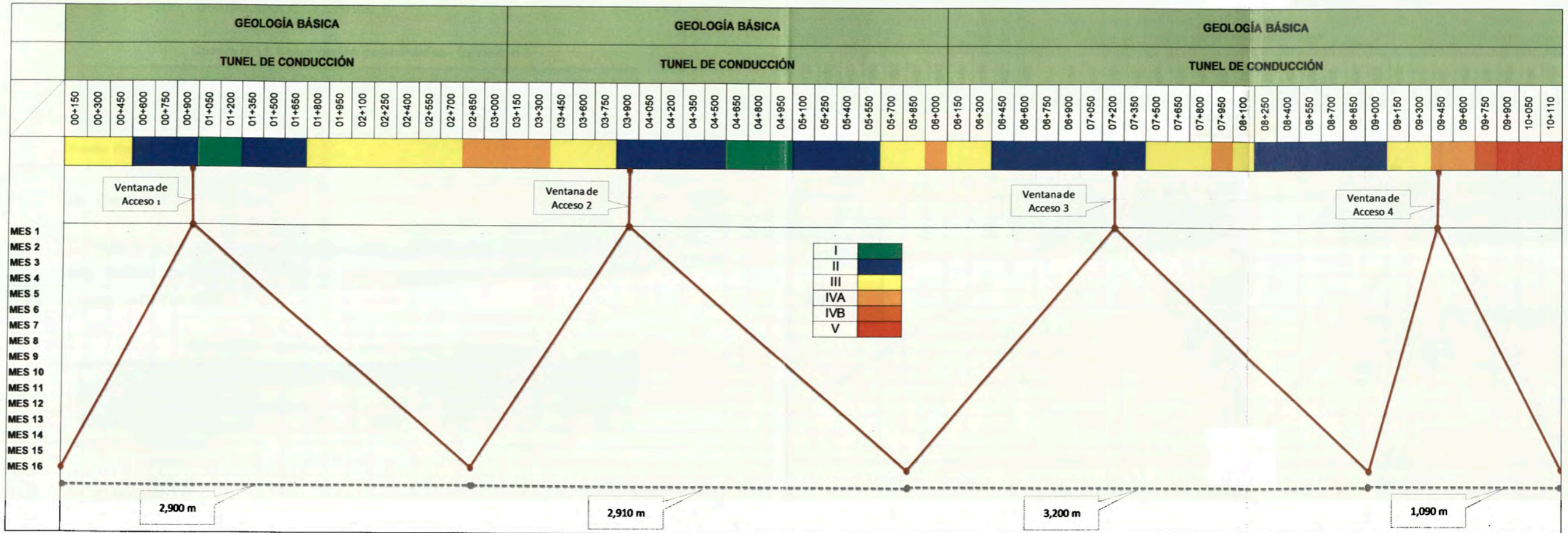


Gráfico N°01: Diagrama Tiempo Camino del avance planificado de excavación del TÚNEL

b) *Escenario 2*

Considera la modificación de la clasificación geomecánica básica del TÚNEL a una calidad de roca inferior, en el tramo comprendido entre las progresivas 3+300 y 6+300, obteniéndose lo siguiente:

**Cuadro N°11: Clasificación geomecánica - Escenario 2**

<b>ESCENARIO 2: TRAMO MEDIO CALIDAD INFERIOR</b>						
<b>TIPO DE ROCA</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IVA</b>	<b>IVB</b>	<b>V</b>
<b>PORCENTAJE</b>	3%	33%	37%	21%	3%	4%

Fuente: Elaboración propia.

c) *Escenario 3*

Considera la modificación de la clasificación geomecánica básica del TÚNEL a una calidad de roca inferior, en el tramo comprendido entre las progresivas 6+300 y 10+110, obteniéndose lo siguiente:

**Cuadro N°12: Clasificación geomecánica - Escenario 3**

<b>ESCENARIO 3: TRAMO FINAL CALIDAD INFERIOR</b>						
<b>TIPO DE ROCA</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IVA</b>	<b>IVB</b>	<b>V</b>
<b>PORCENTAJE</b>	7%	22%	45%	16%	4%	5%

Fuente: Elaboración propia.

d) *Escenario 1+2*

Considera la modificación de la clasificación geomecánica básica del TÚNEL a una calidad de roca inferior, en el tramo comprendido entre las progresivas 0+000 y 6+300, es decir, la suma de los escenarios 1 y 2, obteniéndose lo siguiente:

**Cuadro N°13: Clasificación geomecánica - Escenario 1+2**

<b>ESCENARIO 1+2: TRAMO INICIAL Y MEDIO CALIDAD INFERIOR</b>						
<b>TIPO DE ROCA</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IVA</b>	<b>IVB</b>	<b>V</b>
<b>PORCENTAJE</b>	0%	27%	31%	30%	9%	4%

Fuente: Elaboración propia.

e) *Escenario 1+3*

Considera la modificación de la clasificación geomecánica básica del TÚNEL a una calidad de roca inferior, en el tramo comprendido entre las progresivas 0+000 y 3+300 y el tramo comprendido entre las progresivas 6+300 y 10+110, es decir, la suma de los escenarios 1 y 3, obteniéndose lo siguiente:

**Cuadro N°14: Clasificación geomecánica - Escenario 1+3**

<b>ESCENARIO 1+3: TRAMO INICIAL Y FINAL CALIDAD INFERIOR</b>						
<b>TIPO DE ROCA</b>	I	II	III	IVA	IVB	V
<b>PORCENTAJE</b>	4%	16%	39%	25%	10%	5%

Fuente: Elaboración propia.

f) *Escenario 2+3*

Considera la modificación de la clasificación geomecánica básica del TÚNEL a una calidad de roca inferior, en el tramo comprendido entre las progresivas 6+300 y 10+110, es decir, la suma de los escenarios 2 y 3, obteniéndose lo siguiente:

**Cuadro N°15: Clasificación geomecánica - Escenario 2+3**

<b>ESCENARIO 2+3: TRAMO MEDIO Y FINAL CALIDAD INFERIOR</b>						
<b>TIPO DE ROCA</b>	I	II	III	IVA	IVB	V
<b>PORCENTAJE</b>	3%	13%	47%	25%	6%	5%

Fuente: Elaboración propia.

g) *Escenario 1+2+3*

Considera la modificación de la clasificación geomecánica básica del TÚNEL a una calidad de roca inferior, en todo el TÚNEL, es decir, la suma de los escenarios 1, 2 y 3, obteniéndose lo siguiente:

**Cuadro N°16: Clasificación geomecánica - Escenario 1+2+3**

<b>ESCENARIO 1+2+3: TÚNEL COMPLETO CALIDAD INFERIOR</b>						
<b>TIPO DE ROCA</b>	I	II	III	IVA	IVB	V
<b>PORCENTAJE</b>	0%	7%	42%	34%	12%	5%

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.7.2 Análisis de escenarios

Los 7 escenarios considerados deben evaluarse respecto al tiempo y costo de ejecución requeridos en cada caso, haciéndose los cálculos respectivos de acuerdo a la metodología expuesta, para el caso de la clasificación geomecánica básica, en los subcapítulos 4.4 y 4.5.

Por otro lado, debe evaluarse la probabilidad de ocurrencia de cada escenario, asignándoles pesos o ponderaciones, tal como se muestra a continuación:

El escenario correspondiente a la clasificación geomecánica básica, se asume como el más probable y se le otorga un peso de 1.

El Escenario 1, al considerar una geología desfavorable en el tramo inicial, el cual se encuentra en una zona de roca uniforme, dura y sin alteraciones, tiene una probabilidad de ocurrencia baja, asignándosele un peso de 0.50.

El Escenario 2, al considerar una geología desfavorable en el tramo medio, el cual, al igual que el tramo inicial, se encuentra en una zona de roca uniforme, dura y sin alteraciones, tiene también una probabilidad de ocurrencia baja, asignándosele un peso de 0.50.

El Escenario 3, al considerar una geología desfavorable en el tramo final, el cual está en una zona de roca heterogénea, con presencia de fallas locales y tramos de baja calidad, tiene una probabilidad de ocurrencia mayor a la de los escenarios 1 y 2, asignándosele un peso de 0.75.

Los escenarios 4, 5, 6 y 7, al ser combinaciones de los escenarios 1, 2 y 3, se les asignan pesos iguales al producto de los pesos de los escenarios que los componen. Así, el Escenario 1+2, tendrá un peso de 0.25, los escenarios 1+3 y 2+3, pesos de 0.38 y el Escenario 1+2+3, un peso de 0.19.

Finalmente, debe calcularse el tiempo y costo de ejecución ponderados, tal como se muestra en el cuadro N°17, a continuación:

**Cuadro N°17: Cálculo del tiempo y costo de ejecución ponderados**

DESCRIPCIÓN	I	II	III	IVA	IVB	V	TIEMPO (DÍAS)	TIEMPO (MESES)	COSTO MILLONES US\$	PESO
GEOLOGÍA BÁSICA	8%	42%	35%	10%	1%	4%	467	15.57	27.61	1.00
ESCENARIO 1	4%	36%	28%	21%	7%	4%	563	18.77	34.59	0.50
ESCENARIO 2	3%	33%	37%	21%	3%	4%	527	17.57	31.47	0.50
ESCENARIO 3	7%	22%	45%	16%	4%	5%	547	18.23	33.53	0.75
ESCENARIO 1+2	0%	27%	31%	30%	9%	4%	619	20.63	38.24	0.25
ESCENARIO 1+3	4%	16%	39%	25%	10%	5%	639	21.30	40.29	0.38
ESCENARIO 2+3	3%	13%	47%	25%	6%	5%	603	20.10	37.18	0.38
ESCENARIO 1+2+3	0%	7%	42%	34%	12%	5%	695	23.17	43.94	0.19
<b>PROMEDIO PONDERADO</b>	<b>5%</b>	<b>28%</b>	<b>38%</b>	<b>19%</b>	<b>5%</b>	<b>4%</b>	<b>552</b>	<b>18.40</b>	<b>33.68</b>	

Fuente: Elaboración propia.

Los metrados, costos, tiempos y DTCs correspondientes a cada escenario considerado, se encuentran en el anexo N°02.

La estimación del tiempo y costo de ejecución ponderados, ascendentes a 18.40 meses y US\$33.68 millones, permite apreciar que, aunque las condiciones geomecánicas cambien, como es habitual en proyectos de tunelería, el tiempo empleado para la ejecución de la excavación aún se mantendrá dentro del plazo máximo exigido por el propietario (20 meses) y la contingencia económica que debe incluirse en el presupuesto de la excavación del TÚNEL por razones geológicas, debe ascender a un mínimo de US\$6.07 millones, correspondiente al 22% del monto base (US\$27.61 millones).

## CAPÍTULO V: RESULTADOS REALES

### 5.1 RESULTADOS REALES

La construcción de la Central Hidroeléctrica Huanza (90 MW) se inició a mediados del año 2010 y en la actualidad continúa en ejecución.

El TÚNEL, uno de sus componentes, fue excavado entre los años 2011 y 2012, obteniéndose como resultado la clasificación geomecánica real, que se muestra en el cuadro N°18, a continuación:

**Cuadro N°18: Clasificación geomecánica real**

GEOLOGÍA REAL						
TIPO DE ROCA	I	II	III	IVA	IVB	V
PORCENTAJE	25%	17%	28%	23%	4%	3%

Fuente: Elaboración propia.

Ésta, desagregándose en los porcentajes por tipo de roca de cada tramo, da como resultado lo siguiente:

**Cuadro N°19: Clasificación geomecánica real, por tramos**

INICIO	FIN	LONG.	PORCENTAJE POR TIPO DE ROCA					
			I	II	III	IVA	IVB	V
0+000	0+400	400	54%	16%	14%	16%	0%	0%
0+400	0+750	350	7%	17%	58%	18%	0%	0%
0+750	0+895	145	0%	44%	41%	15%	0%	0%
0+895	1+000	105	0%	44%	41%	15%	0%	0%
1+000	2+000	1,000	23%	8%	16%	45%	8%	0%
2+000	2+300	300	0%	0%	0%	24%	76%	0%
2+300	3+000	700	1%	16%	45%	24%	12%	2%
3+000	3+800	800	5%	20%	22%	48%	5%	0%
3+800	3+834	34	31%	43%	12%	14%	0%	0%
3+834	4+000	166	31%	43%	12%	14%	0%	0%
4+000	5+000	1,000	5%	10%	61%	24%	0%	0%
5+000	5+700	700	28%	12%	48%	12%	0%	0%
5+700	6+000	300	25%	49%	18%	8%	0%	0%
6+000	7+000	1,000	45%	27%	18%	10%	0%	0%
7+000	7+155	155	68%	19%	14%	0%	0%	0%
7+155	7+250	95	68%	19%	14%	0%	0%	0%
7+250	8+000	750	49%	15%	31%	5%	0%	0%
8+000	9+000	1,000	60%	19%	19%	3%	0%	0%
9+000	9+150	150	0%	0%	0%	0%	0%	100%
9+150	9+300	150	0%	0%	0%	0%	0%	100%
9+300	9+325	25	2%	8%	26%	63%	0%	0%
9+325	10+110	785	2%	8%	26%	63%	0%	0%

Fuente: Elaboración propia.

Aplicando a la clasificación geomecánica real, la metodología mostrada en los subcapítulos 4.4 y 4.5 para el cálculo del tiempo y costo de ejecución, se obtienen los resultados mostrados en los cuadros N°20 y N°21, es decir, 17.7 meses y US\$31.54 millones, elaborándose el DTC que se muestra en el gráfico N°02.

**Cuadro N°20: Duraciones reales por tramos**

INICIO	FIN	LONG.	TIEMPOS POR TIPO DE ROCA					
			I	II	III	IVA	IVB	V
0+000	0+400	400	26.14	8.56	9.20	19.40	0.00	0.00
0+400	0+750	350	2.97	7.97	32.96	19.21	0.00	0.00
0+750	0+895	145	0.00	8.48	9.69	6.52	0.00	0.00
0+895	1+000	105	0.00	6.14	7.02	4.72	0.00	0.00
1+000	2+000	1,000	28.29	11.17	25.48	134.75	41.10	0.00
2+000	2+300	300	0.00	0.00	0.00	22.03	118.21	0.00
2+300	3+000	700	0.89	15.02	51.41	49.50	44.88	9.13
3+000	3+800	800	5.21	20.98	28.26	115.69	21.09	0.00
3+800	3+834	34	1.30	1.94	0.67	1.39	0.00	0.00
3+834	4+000	166	6.35	9.45	3.25	6.78	0.00	0.00
4+000	5+000	1,000	6.47	13.11	99.18	72.56	0.00	0.00
5+000	5+700	700	23.59	11.32	54.67	25.47	1.08	0.00
5+700	6+000	300	9.31	19.40	8.64	7.26	0.00	0.00
6+000	7+000	1,000	55.42	35.95	28.75	29.11	0.58	0.00
7+000	7+155	155	12.82	3.83	3.43	0.00	0.00	0.00
7+155	7+250	95	7.86	2.35	2.10	0.00	0.00	0.00
7+250	8+000	750	44.74	14.52	38.06	12.24	0.00	0.00
8+000	9+000	1,000	73.05	24.69	30.88	7.69	0.00	0.00
9+000	9+150	150	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.59
9+150	9+300	150	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.59
9+300	9+325	25	0.07	0.27	1.07	4.76	0.04	0.00
9+325	10+110	785	2.10	8.33	33.47	149.43	1.18	0.00

<b>Tiempo total (días)</b>	2,119.22
<b>N° de frentes</b>	4
<b>Tiempo de ejecución (días)</b>	530
<b>Tiempo de ejecución (meses)</b>	17.67

Fuente: Elaboración propia.



Cuadro N°21: Costo de ejecución real

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	COSTO UNIT. (US\$)	SUB TOTAL (US\$)
<b>ROCA TIPO I</b>			<b>101.57</b>	<b>3,133,039.21</b>
Materiales	m3	30,847.50	30.84	951,429.42
Costo operativo de equipos	m3	30,847.50	24.08	742,838.63
Costo de posesión de equipos	m3	30,847.50	25.58	789,124.50
Costo de posesión mano de obra	m3	30,847.50	21.06	649,646.65
<b>ROCA TIPO II</b>			<b>101.66</b>	<b>2,107,543.76</b>
Materiales	m3	20,731.82	30.94	641,338.99
Costo operativo de equipos	m3	20,731.82	24.08	499,243.06
Costo de posesión de equipos	m3	20,731.82	25.58	530,350.63
Costo de posesión mano de obra	m3	20,731.82	21.06	436,611.09
<b>ROCA TIPO III</b>			<b>132.45</b>	<b>4,648,677.96</b>
Materiales	m3	35,098.09	30.64	1,075,265.06
Costo operativo de equipos	m3	35,098.09	24.76	868,876.60
Costo de posesión de equipos	m3	35,098.09	43.36	1,521,874.15
Costo de posesión mano de obra	m3	35,098.09	33.70	1,182,662.15
<b>ROCA TIPO IVa</b>			<b>196.58</b>	<b>5,534,388.62</b>
Materiales	m3	28,153.22	30.97	871,891.08
Costo operativo de equipos	m3	28,153.22	33.50	943,118.72
Costo de posesión de equipos	m3	28,153.22	74.31	2,092,183.35
Costo de posesión mano de obra	m3	28,153.22	57.80	1,627,195.47
<b>ROCA TIPO IVb</b>			<b>254.45</b>	<b>1,511,115.99</b>
Materiales	m3	5,938.76	30.77	182,759.55
Costo operativo de equipos	m3	5,938.76	40.19	238,693.81
Costo de posesión de equipos	m3	5,938.76	103.22	613,006.72
Costo de posesión mano de obra	m3	5,938.76	80.26	476,655.91
<b>ROCA TIPO V</b>			<b>279.60</b>	<b>1,192,389.42</b>
Materiales	m3	4,264.57	27.39	116,819.46
Costo operativo de equipos	m3	4,264.57	38.74	165,208.15
Costo de posesión de equipos	m3	4,264.57	120.11	512,196.68
Costo de posesión mano de obra	m3	4,264.57	93.37	398,165.13
<b>SHOTCRETE</b>			<b>516.37</b>	<b>2,704,310.57</b>
Materiales	m3	5,237.17	405.00	2,121,028.29
Equipos	m3	5,237.17	25.67	134,447.63
Mano de obra	m3	5,237.17	85.70	448,834.65
<b>PERNOS DE ANCLAJE</b>			<b>37.56</b>	<b>1,021,478.65</b>
Materiales	und	27,196.64	23.05	626,773.80
Equipos	und	27,196.64	2.81	76,522.28
Mano de obra	und	27,196.64	11.70	318,182.57
<b>CIMBRAS METÁLICAS</b>			<b>3,973.45</b>	<b>2,985,449.82</b>
Materiales	und	751.35	3,258.31	2,448,129.86
Equipos	und	751.35	21.01	15,783.37
Mano de obra	und	751.35	694.13	521,536.60
<b>SUB TOTAL</b>				<b>24,838,393.99</b>
COSTOS INDIRECTOS (15%)				3,725,759.10
UTILIDAD (12%)				2,980,607.28
			<b>TOTAL (US\$)</b>	<b>31,544,760.37</b>

Fuente: Elaboración propia.

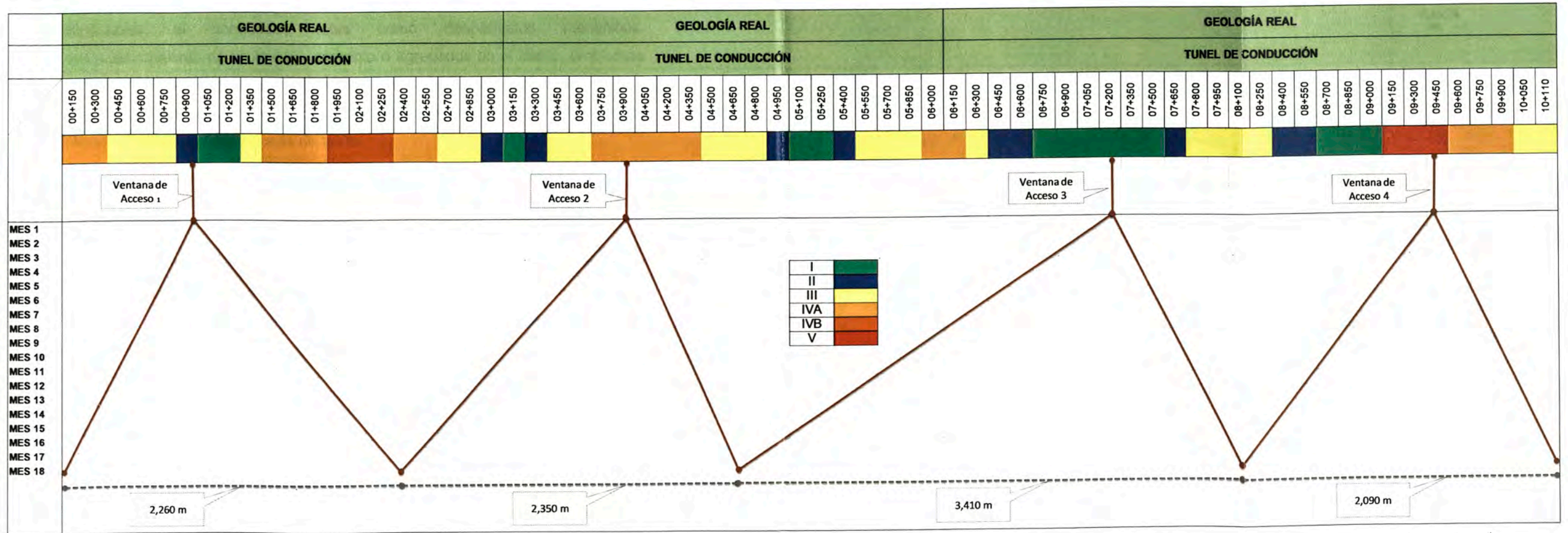


Gráfico N°02: Diagrama Tiempo Camino de la excavación real del TÚNEL

El tiempo y el costo de excavación reales superaron en 2.1 meses y US\$3.9 millones al tiempo y el costo de ejecución planificados, correspondiendo los incrementos a desviaciones dentro de las contingencias estimadas durante el planeamiento, haciéndose hincapié en que los retrasos debidos a causas imputables al contratista, tales como desperfectos mecánicos, desabastecimiento de explosivos, cemento o agregados en el frente, problemas en el sistema de ventilación del túnel o bajo rendimiento del frente de avance por falta de pericia del personal o baja potencia de equipos, no son causales de reconocimiento de ampliaciones de plazo.

## 5.2 GEOLOGÍA REAL VERSUS GEOLOGÍA BÁSICA

### 5.2.1 Tramo 0+000 a 3+300

La comparación de la clasificación geomecánica real y la clasificación geomecánica básica en el tramo comprendido entre las progresivas 0+000 y 3+300 se muestra en el gráfico N°03. En los primeros 300 m del tramo se encontró roca IVA en lugar de roca III, no sorprendiendo tomando en cuenta que los tramos cercanos a la superficie normalmente son de baja calidad. Entre las progresivas 0+300 y 1+350 se encontró roca de calidad bastante similar a la esperada en la geología básica. Entre las progresivas 1+350 y 2+700 se encontró roca IVA y IVB en lugar de roca II y III, correspondiendo éste a un sub tramo muy perjudicial, de avance bastante inferior al planificado. Por el contrario, entre las progresivas 2+700 y 3+300 se encontró roca I y II en lugar de roca IVA, reduciéndose el efecto perjudicial generado en el subtramo anterior. Se puede concluir que el tramo comprendido entre las progresivas 0+000 y 0+330 tuvo una calidad de roca inferior a la calidad prevista en un 50% de longitud.



Gráfico N°03: Geología real vs Geología básica en el tramo 0+000 a 3+300

### 5.2.2 Tramo 3+300 a 6+300

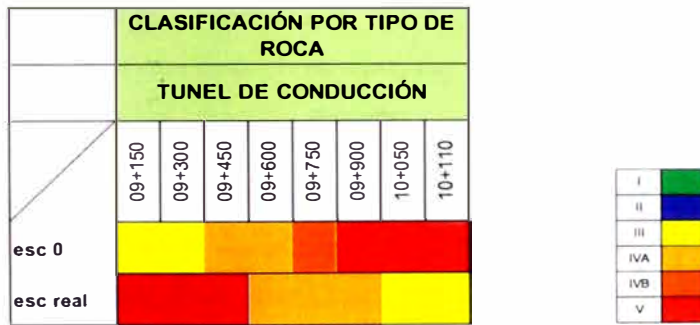
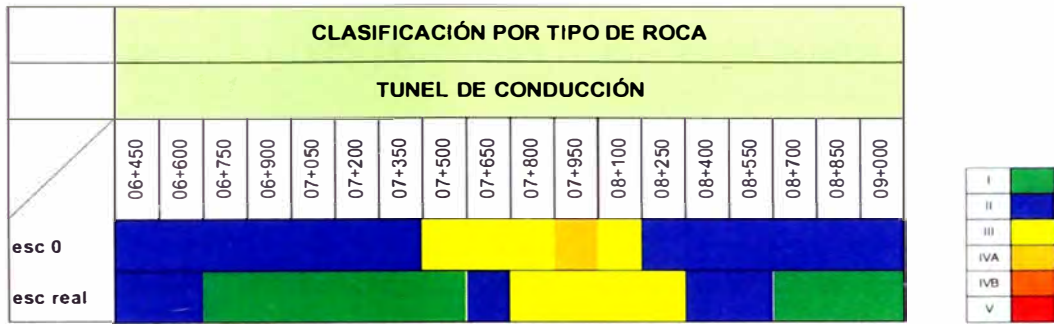
La comparación de la clasificación geomecánica real y la clasificación geomecánica básica en el tramo comprendido entre las progresivas 3+300 y 6+300 se muestra en el gráfico N°04. Entre las progresivas 3+300 y 3+750 se encontró roca de una calidad similar a la esperada en la geología básica. Entre las progresivas 3+750 y 4+950 se encontró roca III y IVA en lugar de roca I y II, correspondiendo éste a un sub tramo muy perjudicial, de avance bastante inferior al planificado. Entre las progresivas 4+950 y 6+300 se encontró roca de calidad similar a la esperada en la geología básica. Se puede concluir que el tramo comprendido entre las progresivas 3+300 y 6+300 tuvo una calidad de roca inferior a la calidad prevista en un 30% de longitud.



Gráfico N°04: Geología real vs Geología básica en el tramo 3+300 a 6+300

### 5.2.3 Tramo 6+300 a 10+110

La comparación de la clasificación geomecánica real y la clasificación geomecánica básica en el tramo comprendido entre las progresivas 6+300 y 10+110 se muestra en el gráfico N°05. Entre las progresivas 6+300 y 8+100 se encontró roca I y II en lugar de roca II y III, correspondiendo éste a un sub tramo beneficioso, de avance superior al planificado. Entre las progresivas 8+100 y 9+000 se encontró roca I y II en lugar de roca II, correspondiendo también éste a un sub tramo beneficioso, de avance superior al planificado. Entre las progresivas 9+000 y 10+110 se encontró roca de calidad similar a la esperada en la geología básica, pero en orden inverso. Se puede concluir que el tramo comprendido entre las progresivas 6+300 y 10+110 tuvo una calidad de roca superior a la estimada en la geología básica en un 50% de longitud.



**Gráfico N°05: Geología real vs Geología básica en el tramo 6+300 a 10+110**

## CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

- 1) El tramo del TÚNEL comprendido entre las progresivas 0+000 y 6+300, ubicado en una parte del TÚNEL en la que, de acuerdo al estudio geológico, se esperaban buenas condiciones geomecánicas, ha presentado en la realidad condiciones desfavorables que, sin llegar a ser drásticas, han tenido un efecto negativo en el ritmo de avance.

Por otro lado, el tramo comprendido entre las progresivas 6+300 y 10+110, a pesar de ubicarse en una parte del TÚNEL en la que, de acuerdo al estudio geológico, se esperaban condiciones geomecánicas heterogéneas y variables, ha presentado en la realidad condiciones favorables que han tenido un efecto positivo en el ritmo de avance.

Como puede apreciarse, las características geomecánicas encontradas en la realidad confirman que siempre existirá incertidumbre en todo estudio de geología básica, reafirmando la necesidad de analizar diferentes escenarios con la finalidad de estimar razonablemente tiempos y costos de ejecución por contingencias.

- 2) Todo inversionista de un proyecto de tunelería debe ser consciente del riesgo que debe asumir, el cual está principalmente ligado a la probabilidad de encontrar en la realidad características geomecánicas del macizo rocoso diferentes a las estimadas en los estudios básicos. En este panorama, el análisis de escenarios se muestra como un método de cálculo sencillo y práctico.
- 3) El análisis de escenarios considera variaciones en la geología básica que se presentan normalmente en proyectos de tunelería, no obstante, se hace hincapié en que también existe la posibilidad de encontrar una falla geológica que conlleve grandes tiempos y costos de paralización, los cuales no pueden estimarse razonablemente y por lo tanto no pueden considerarse dentro de las contingencias.

- 4) El análisis de escenarios conlleva como principal dificultad la estimación de los pesos a asignar a cada escenario, la cual es muy subjetiva y depende netamente del criterio del planeador, el cual debe basarse en la profundidad del estudio de geología así como de las conclusiones y recomendaciones de los especialistas.
- 5) En el caso presentado por este informe de suficiencia, puede notarse que el planeador ha sido conservador y se ha mantenido del lado de la seguridad, lo que ha quedado demostrado con los resultados obtenidos en la realidad. Una forma de disminuir el porcentaje por contingencias es realizando una mayor inversión en la etapa del estudio geológico, tomando muestras a menores distancias entre sí para caracterizar con mayor fidelidad el macizo rocoso.

## 6.2 RECOMENDACIONES

- 1) Debe contarse siempre con planes auxiliares para recuperar retrasos. Así por ejemplo, de producirse un retraso menor, puede recuperarse trabajando los domingos durante un tiempo, siendo ésta una solución con sobrecostos manejables. Por otro lado, de presentarse recuperar un retraso medio, puede incorporarse un jumbo adicional al proyecto y generarse un nuevo frente de avance, siendo ésta una solución con un sobrecosto considerable y, finalmente, de producirse un retraso de envergadura, debe evaluarse la posibilidad de abrir una o dos ventanas de acceso adicionales, debiendo hacerse un análisis costo –beneficio para determinar su factibilidad.
  
- 2) Debe contarse con planes auxiliares para cruzar tramos de fallas geológicas, las cuales tienen probabilidades de aparecer en todo proyecto de tunelería, debiendo considerarse siempre soluciones factibles tales como inyecciones de paraguas de micropilotes para consolidación del frente, así como instalación de cimbras metálicas escalonadas, revestimientos de concreto o blindajes metálicos.



## BIBLIOGRAFÍA

- 1) “Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos”. INSTITUTO DE LA GERENCIA DE PROYECTOS (2008). Editora PMI Publicaciones, 4ª edición, Pennsylvania – Estados Unidos.
- 2) “El estándar PMI de seguimiento y su aplicación a proyectos EPCM de construcción”. MONZÓN, EDWIN (2008). Trabajo presentado en Congreso Nacional Descentralizado de Gerencia de Proyectos del año 2008. Lima – Perú.
- 3) “Costos y presupuestos en edificaciones”. CÁMARA PERUANA DE LA CONSTRUCCIÓN (2003). Editora CAPECO, 8ª edición, Lima – Perú.
- 4) “Manual de túneles y obras subterráneas”. LÓPEZ JIMENO, CARLOS (1997). Editora Gráficas Arias Montano SA. 1ª edición, Madrid – España.

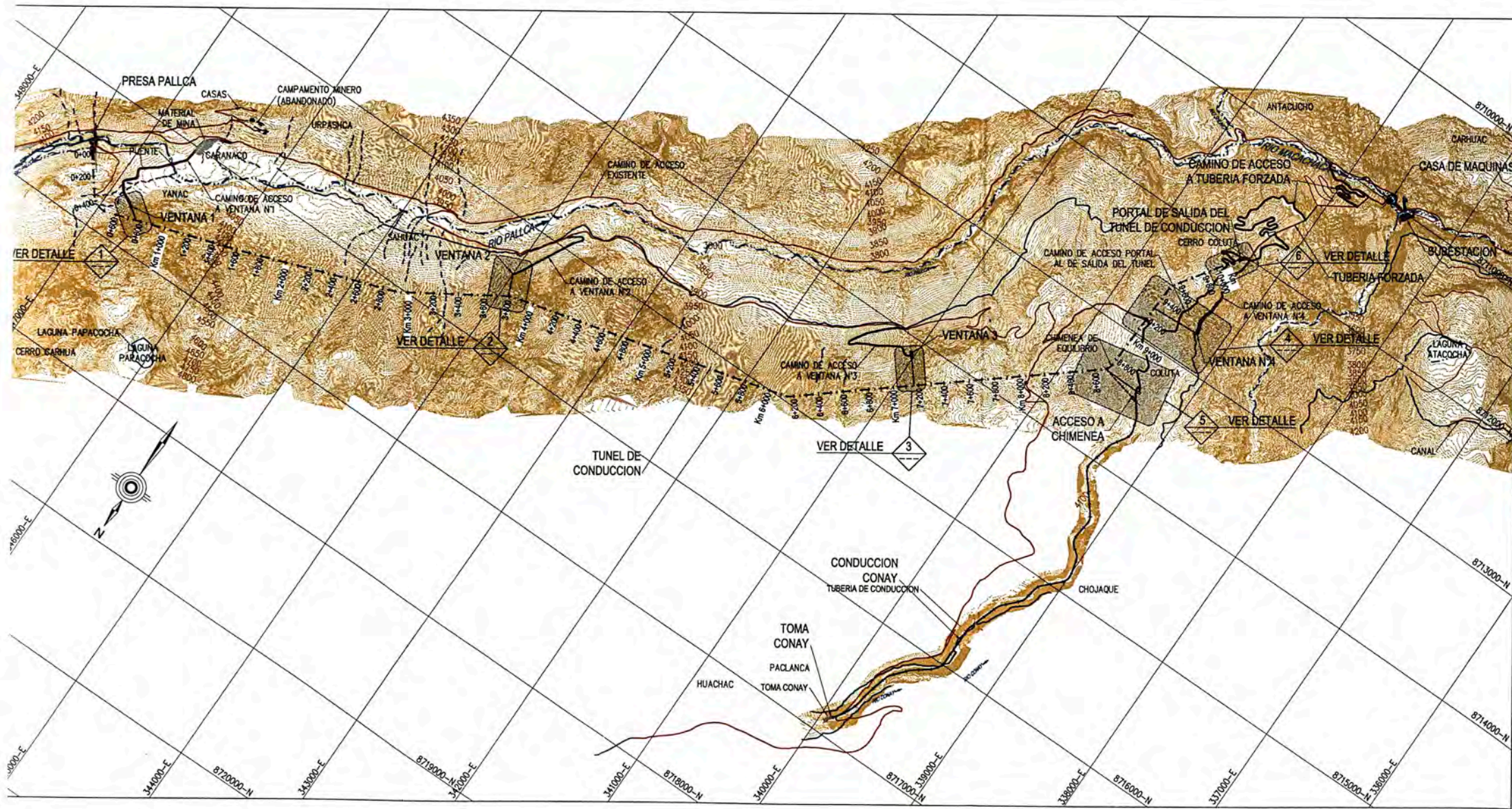
# **ANEXO N°01**

## **PLANOS DEL TÚNEL**

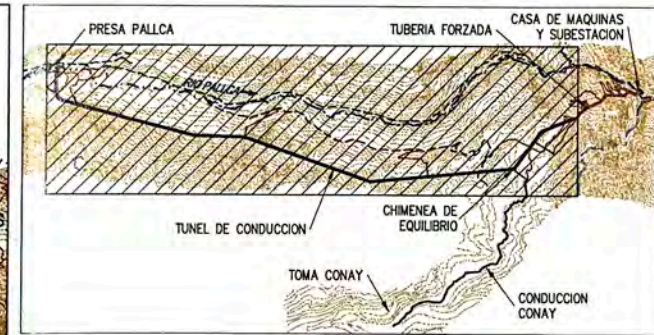
Geología

Trazo en planta

Trazo en perfil

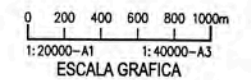


CAMINOS DE ACCESO  
PLANTA  
ESC. 1:20000



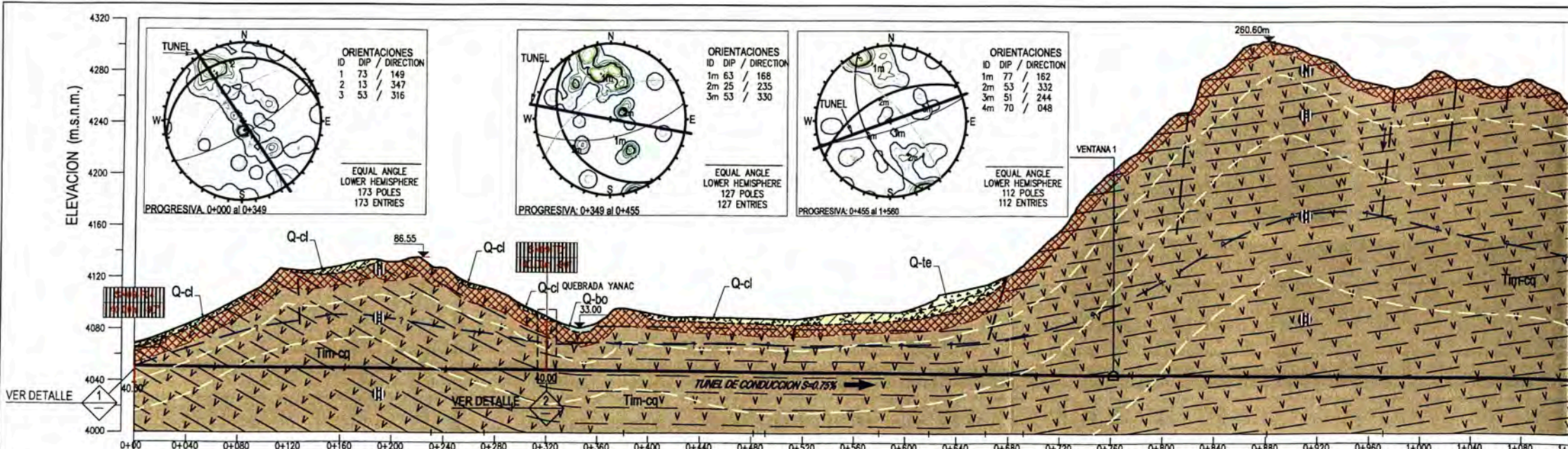
ESQUEMA DE UBICACION  
PLANTA  
ESC.

LEYENDA	
	CURVA DE NIVEL
	CAMINO EXISTENTE
	CAMINO PROYECTADO
	RIO
	E.E TUNEL DE CONDUCCION
	E.E TUBERIA FORZADA
	TUBERIA DE CONDUCCION

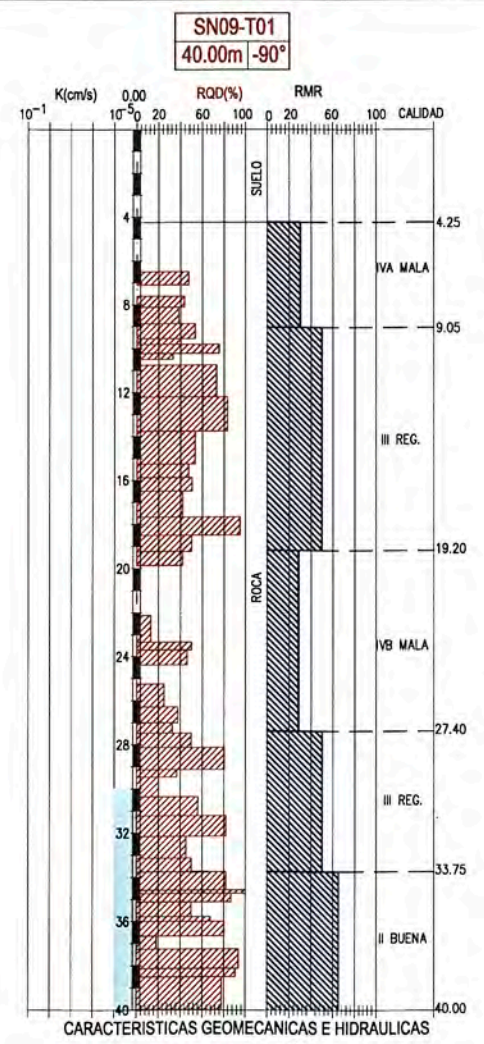


N° DE PLANO		DESCRIPCION	
PLANOS DE REFERENCIA			
FECHA	REV.	DESCRIPCION	DIB. REV. APRO.
		SIGLAS	FECHA FIRMA REVISADO POR EL CUENTE:
		APROBADO POR EL CUENTE:	
		<b>CONSORCIO ENERGETICO DE HUANCAMELICA S.A.</b> <b>CENTRAL HIDROELECTRICA HUANZA</b> <b>PLANO GENERAL</b> <b>VENTANAS DE ACCESO</b>	
DIBUJO	H.S.C.	DIC.09	
DISEÑADO	H.H.A.	DIC.09	
REVISADO	J.E.Y.	DIC.09	
APROBADO	J.A.	DIC.09	
ESCALA:	GRAFICA	PLANO N°:	
N° DE SECUENCIA:	1.3.4.4	CHH-0000-GG3-004	REVISION

**PRELIMINAR**  
FECHA: DIC. 02, 2009



ESTACION (MAPEO)	PROGRESIVA TUNEL	RMR (BIENIAWSKI)	q (BARTON)	GRADO DE ALT./DUREZA/FRAC.	TIPO DE ROCA	CAIDAD MACIZO	PRESENCIA DE AGUA	LITOLOGIA	ORIENTACION DEL TUNEL	SISTEMA DE DISCONTINUIDAD BUZ/DIR BUZ	MODULO DE DEFORMACION (Em)	PRESION (PV) PRESION (PH)	SOSTENIMIENTO PREVISTO
0+000	0+000	58	4.73	A3/D3/F3	III	REGULAR	ZONA HUMEDA Y CON GOTEOS	ANDESITA	N 35° W	1 73°/149° 2 13°/347° 3 53°/316°	27 GPa	Pv = 3.0 MPa Ph = 6.15 MPa	III-90% IVa-10%
0+100	0+100	67	12.88	A2/D3/F2	II	BUENA	ZONA MOJADA Y CON CHORROS DE AGUA	ANDESITA GRIS NEGRUZZA	PROMEDIO : N 80° W	1 63°/168° 2 25°/235° 3 53°/330°	10 GPa	Pv = 2.0 MPa Ph = 2.38 MPa	III-85% IVa-15%
0+200	0+200	67	12.88	A2-D3/F2-F3	III	REGULAR	ZONA MOJADA Y CON CHORROS DE AGUA	ANDESITA	S 70° W	1 77°/162° 2 53°/332° 3 51°/244°	60 GPa	Pv = 7.0 MPa Ph = 15.94 MPa	I-80% II-15% III-5%



- BASAMENTO ROCOSO**
- Tim-cq: GRUPO COLQUI Volcánico andesítico gris negruzco
  - Tim-r1: GRUPO RIMAC (Tim-r1) Secuencias de tobas grises a violáceas
  - Tim-r2: GRUPO RIMAC (Tim-r2) Derrame volcánico andesítico textura fina
  - Tim-r3: GRUPO RIMAC (Tim-r3) Horizonte de caliza gris blanquecina
  - Tim-r4: GRUPO RIMAC (Tim-r4) Tobas grisáceas a violáceas textura granular
  - Tim-r5: GRUPO RIMAC (Tim-r5) Capas de areniscas, limonitas y aglomerados de coloración roja y muy fracturado
  - T-d: ROCA INTRUSIVA Compuesta generalmente por diorita de textura granular

- ZONA DE TENSIONES**
- A ZONA DE TENSIONES DE RELAJAMIENTO (S.R.F.=5)
  - B ZONA DE BAJAS TENSIONES (S.Q.F.)=2.5
  - C ZONA DE TENSIONES MODERADAS (S.Q.F.)=1
  - D ZONA DE ALTAS TENSIONES O OCURRENCIA DE ESTALLIDO DE ROCA (S.R.F. = 5 a 10)

GRADO DE ALTERACION	GRADO DUREZA	FRACTURAMIENTO
A1 FRESCA	D1 MUY DURA	F1 < 2 FRACTURAS
A2 POCO ALTERADA	D2 DURA	F2 2.5 FRACTURAS
A3 MODERADAMENTE ALTERADA	D3 MEDIANAMENTE DURA	F3 6.10 FRACTURAS
A4 MUY ALTERADA	D4 LIGERAMENTE DURA	F4 11-20 FRACTURAS
A5 COMPLETAMENTE ALTERADA	D5 DEBIL	F5 > 20 FRACTURAS

- SIMBOLOGIA**
- MOJADO
  - FLUJO
  - NIVEL FREATICO
  - GOTEOS
  - CHORROS
  - FALLA INFERIDA
  - AGRIETAMIENTO (ALIVIO DE TENSIONES)
  - CONTACTO GEOLOGICO
  - VENTANA DE ACCESO
  - E-16 ESTACION DE MAPEO
  - 260.90m DISTANCIA DESDE COTA DEL TERRENO AL TUNEL
  - 57 RMR PROMEDIO
  - 1 73°/149° BUZAMIENTO / DIR. BUZ.
  - SONDAGE DE PERFORACION
  - SN09-P04 25.00m -90° GRADO DE INCLINACION
  - PROFUNDIDAD DE PERFORACION
  - ZONA DE ROCA FRACTURADA
  - LINEA DE TENSIONES
  - LINEA DE NIVEL FREATICO
  - PERMEABILIDAD
  - RQD
  - RMR

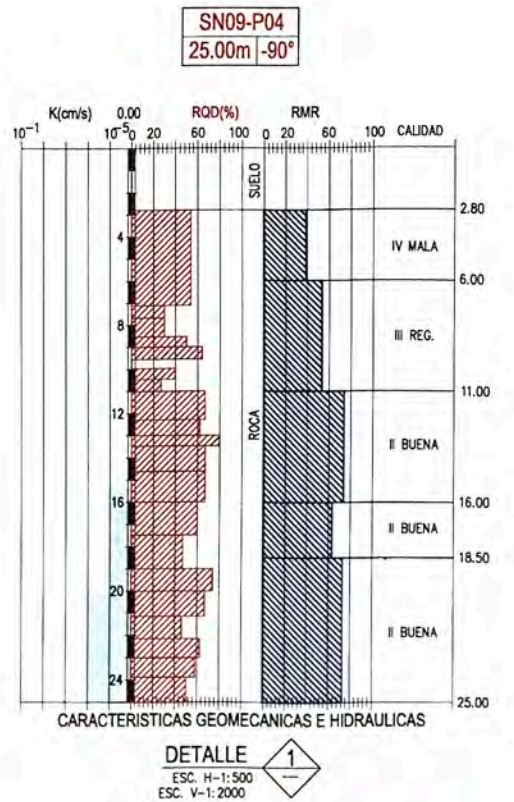
**CLASIFICACION DEL MACIZO ROCOSO**

TIPO	RMR	CALIDAD
I	> 80	MUY BUENA
II	61-80	BUENA
III	41-60	REGULAR
IV a	31-40	MALA a
IV b	21-30	MALA b
V	< 20	MUY MALA

**RQD CONDICION**

RQD	CONDICION
<25	MUY MALA
25-50	MALA
50-75	REGULAR
75-90	BUENA
90-100	EXCELENTE BUENA

- DEPOSITO CUATERNARIO**
- Q-cl: COLUVIAL Mezcla de bloques y material fino
  - Q-te: TERRAZA Acumulaciones de bloques y gravas
  - Q-bo: BOFEDAL Zona pantanosa saturado de agua



**PRELIMINAR**  
FECHA: Feb 12, 2010

**ESCALA GRAFICA**  
0 20 40 60 80 100m  
1:2000-A1  
1:4000-A3

N° DE PLANO	DESCRIPCION	PLANOS DE REFERENCIA

FECHA	REV.	DESCRIPCION	DIB.	REV.	APRO.

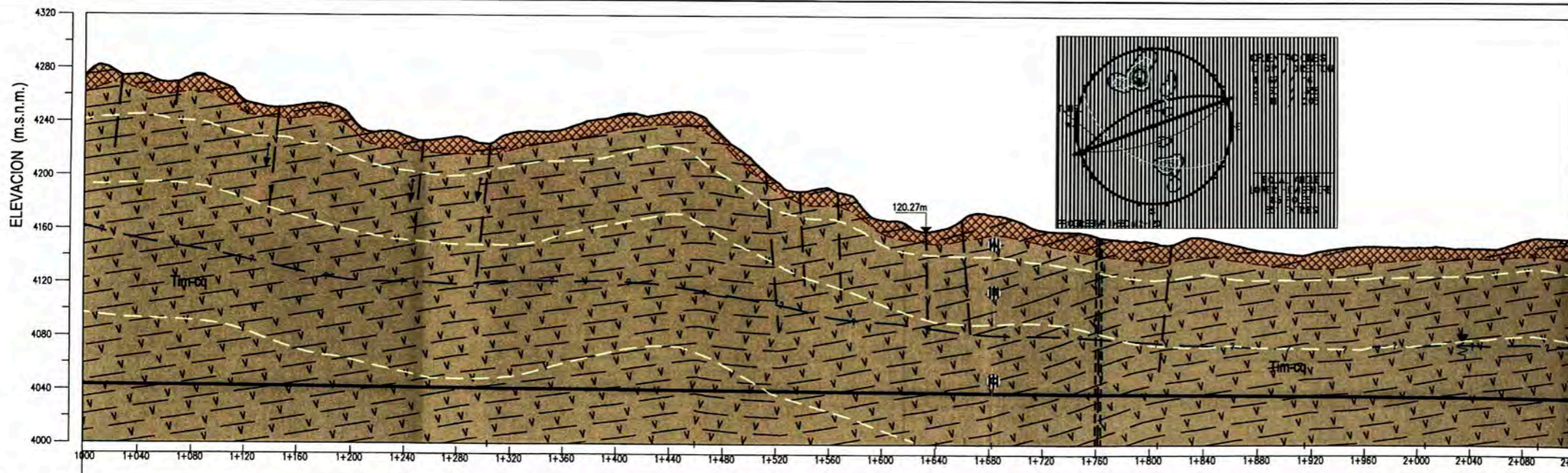
**CONSORCIO**  
ASTALDI GyM

**CONSORCIO ENERGETICO DE HUANCVELICA S.A.**  
CENTRAL HIDROELECTRICA HUANZA

**MWH PERU S.A.**  
TUNEL DE CONDUCCION GEOLOGIA PERFIL LONGITUDINAL PROG. 0+000 AL 1+000

DIBUJO	SIGLAS	FECHA	FIRMA
DISEÑADO	H.S.C	DIC.09	
REVISADO	H.H.A	DIC.09	
APROBADO	J.E.Y	DIC.09	
APROBADO	J.A	DIC.09	

PLANO N°: CHH-0000-GG3-003-A



ESTACION (MAPEO)	1+000	1+040	1+080	1+120	1+160	1+200	1+240	1+280	1+320	1+360	1+400	1+440	1+480	1+520	1+560	1+600	1+640	1+680	1+720	1+760	1+800	1+840	1+880	1+920	1+960	2+000	2+040	2+080
PROGRESIVA TUNEL																												
RMR (BIENIAWSKI)	79																											
Q (BARTON)	48.3																											
GRADO DE ALT./DUREZA/FAC.	D2-D3/F1-F2																											
TIPO DE ROCA	(6) I																											
CALIDAD MACIZO	A A MUY BUENA																											
PRESENCIA DE AGUA	RRROS Y FLUJO DE AGUA																											
LITOLOGIA	TEXTURA FINA A MEDIA, FORMACION COLQUI (Tim-cq)																											
ORIENTACION DEL TUNEL	S 70° W																											
SISTEMA DE DISCONTINUIDAD BUZ/DIR BUZ	① 77°/162' ② 53°/332' ③ 51°/244' ④ 70°/048'																											
MODULO DE DEFORMACION (Em)	Pa																											
PRESION (PV) PRESION (PH)	Ph = 15.94 MPa																											
SOSTENIMIENTO PREVISTO	I-80% II-15% III-5%																											

**BASAMENTO ROCOSO**

- Tim-cq** GRUPO COLQUI Volcánico andesítico gris negruzco
- Tim-r1** GRUPO RIMAC (Tim-r1) Secuencias de tobos grises o violáceos
- Tim-r2** GRUPO RIMAC (Tim-r2) Derrame volcánico andesítico textura fina
- Tim-r3** GRUPO RIMAC (Tim-r3) Horizonte de caliza gris blanquecina
- Tim-r4** GRUPO RIMAC (Tim-r4) Tobos grisáceos o violáceos textura granular
- Tim-r5** GRUPO RIMAC (Tim-r5) Capas de areniscas, limonitas y aglomerados de coloración rojiza y muy fracturado
- T-di** ROCA INTRUSIVA Compuesto generalmente por diorita de textura granular

**DEPOSITO CUATERNARIO**

- Q-cl** COLLUMAL Mezcla de bloques y material fino
- Q-le** TERRAZA Acumulaciones de bloques y gravas
- Q-bo** BOFEDAL Zona pantanosa saturada de agua

**ZONA DE TENSIONES**

- A ZONA DE TENSIONES DE RELAJAMIENTO (S.R.F.=5)
- B ZONA DE BAJAS TENSIONES (S.Q.F.)=2.5
- C ZONA DE TENSIONES MODERADAS (S.Q.F.)=1
- D ZONA DE ALTAS TENSIONES O OCURRENCIA DE ESTALLIDO DE ROCA (S.R.F.= 5 a 10)

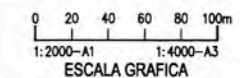
GRADO DE ALTERACION	GRADO DUREZA	FRACTURAMIENTO
A1 FRESCA	D1 MUY DURA	F1 < 2 FRACTURAS
A2 POCO ALTERADA	D2 DURA	F2 2.5 FRACTURAS
A3 MODERADAMENTE ALTERADA	D3 MEDIANAMENTE DURA	F3 6.10 FRACTURAS
A4 MUY ALTERADA	D4 LIGERAMENTE DURA	F4 11-20 FRACTURAS
A5 COMPLETAMENTE ALTERADA	D5 DEBIL	F5 > 20 FRACTURAS

CLASIFICACION DEL MACIZO ROCOSO		
TIPO	RMR	CALIDAD
I	> 80	MUY BUENA
II	61-80	BUENA
III	41-60	REGULAR
IV a	31-40	MALA a
IV b	21-30	MALA b
V	< 20	MUY MALA

RQD	CONDICION
< 25	MUY MALA
25-50	MALA
50-75	REGULAR
75-90	BUENA
90-100	EXCELENTE BUENA

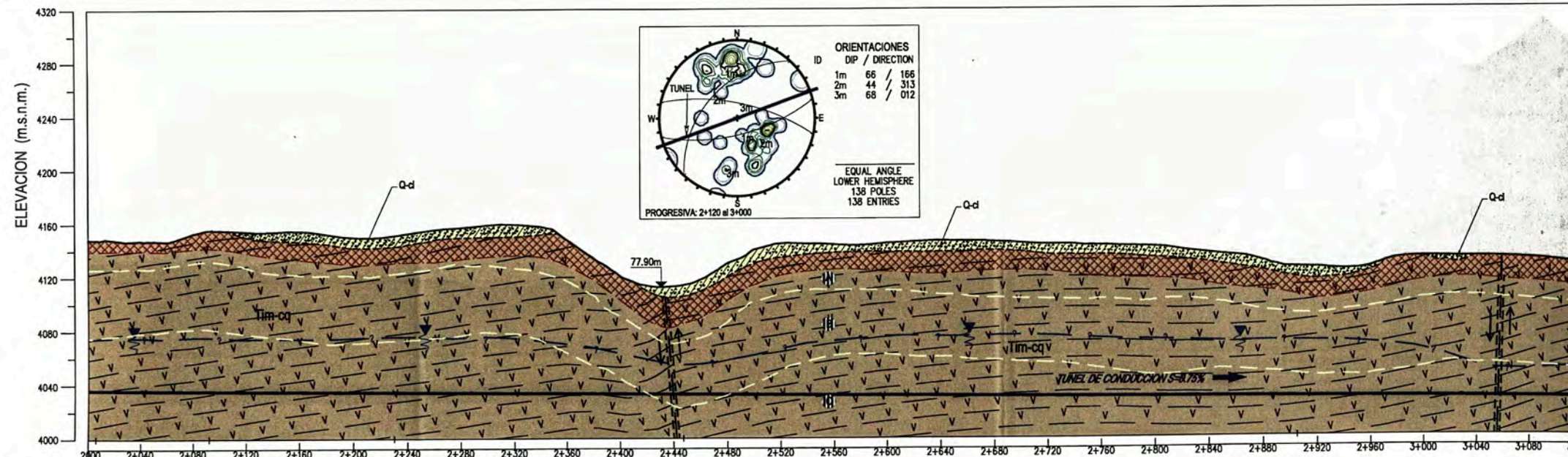
**SIMBOLOGIA**

- MOJADO
- FLUJO
- NIVEL FREATICO
- GOTEOS
- CHORROS
- FALLA INFERIDA
- AGRIETAMIENTO (ALMO DE TENSIONES)
- CONTACTO GEOLOGICO
- VENTANA DE ACCESO
- ESTACION DE MAPEO
- DISTANCIA DESDE COTA DEL TERRENO AL TUNEL
- RMR PROMEDIO
- 73°/149' BUZAMIENTO / DIR. BUZ.
- ZONA DE ROCA FRACTURADA
- LINEA DE TENSIONES
- LINEA DE NIVEL FREATICO
- PERMEABILIDAD
- RQD
- RMR
- SONDAJE DE PERFORACION
- SN09-P04 25.00m -90° GRADO DE INCLINACION
- PROFUNDIDAD DE PERFORACION



N° DE PLANO		DESCRIPCION	
		PLANOS DE REFERENCIA	
FECHA	REV.	DESCRIPCION	DIB. REV. APRO.
		CONSORCIO SIGLAS FECHA FIRMA REVISADO POR EL CLIENTE: DISEÑADO H.H.A. DIC.09 REVISADO J.E.Y. DIC.09 APROBADO J.A. DIC.09 APROBADO POR EL CLIENTE:	
		CONSORCIO ENERGETICO DE HUANCVELICA S.A. CENTRAL HIDROELECTRICA HUANZA	
		TUNEL DE CONDUCCION GEOLOGIA PERFIL LONGITUDINAL PROG. 1+000 AL 2+000	
ESCALA:	GRAFICA	PLANO N°:	REVISION
N° DE SECUENCIA:	1.3.4.3	CHH-0000-GG3-003-B	

**PRELIMINAR**  
FECHA: Feb 12, 2010



ESTACION (MAPEO)	2+000	2+040	2+080	2+120	2+160	2+200	2+240	2+280	2+320	2+360	2+400	2+440	2+480	2+520	2+560	2+600	2+640	2+680	2+720	2+760	2+800	2+840	2+880	2+920	2+960	3+000	3+040	3+080	3+120							
PROGRESIVA TUNEL																																				
RMR (BIENIAWSKI)	3.80	5.26	5.26	5.26	5.26	5.26	5.26	5.26	5.26	5.26	5.26	5.26	5.26	5.26	5.26	5.26	5.26	5.26	5.26	5.26	5.26	5.26	5.26	5.26	5.26	5.26	5.26	5.26	5.26							
Q (BARTON)	1.80	3.26	3.26	3.26	3.26	3.26	3.26	3.26	3.26	3.26	3.26	3.26	3.26	3.26	3.26	3.26	3.26	3.26	3.26	3.26	3.26	3.26	3.26	3.26	3.26	3.26	3.26	3.26	3.26							
GRADO DE ALT./DUREZA/FRAC.																																				
TIPO DE ROCA																																				
CALIDAD MACIZO																																				
PRESENCIA DE AGUA																																				
LITOLOGIA																																				
ORIENTACION DEL TUNEL	S 70° W															S 70° W																				
SISTEMA DE DISCONTINUIDAD BUZ/DIR BUZ	① 67°/160° ② 80°/338° ③ 41°/205°															① 66°/166° ② 44°/313° ③ 68°/012°																				
MODULO DE DEFORMACION (Em)	15 GPa															5 GPa											16 GPa									
PRESION (PV) PRESION (PH)	Pv = 3.0 MPa Ph = 3.98 MPa															Pv = 2.0 MPa Ph = 1.55 MPa											Pv = 3.0 MPa Ph = 3.97 MPa									
SOSTENIMIENTO PREVISTO	III-80% IVa-20%															IVa-100%											III-80% IVa-20%									

**BASAMENTO ROCOSO**

- Tim-cq** GRUPO COLQUI: Volcánico andesítico gris negruzco
- Tim-r1** GRUPO RIMAC (Tim-r1): Secuencias de tobos grises a violáceos
- Tim-r2** GRUPO RIMAC (Tim-r2): Derrame volcánico andesítico textura fina
- Tim-r3** GRUPO RIMAC (Tim-r3): Horizonte de caliza gris blanquecina
- Tim-r4** GRUPO RIMAC (Tim-r4): Tobos grisáceos a violáceos textura granular
- Tim-r5** GRUPO RIMAC (Tim-r5): Capas de areniscas, limonitas y aglomerados de coloración roja y muy fracturado
- T-di** ROCA INTRUSIVA: Compuesta generalmente por diorita de textura granular

**ZONA DE TENSIONES**

- A** ZONA DE TENSIONES DE RELAJAMIENTO (S.R.F.=5)
- B** ZONA DE BAJAS TENSIONES (S.Q.F.)=2.5
- C** ZONA DE TENSIONES MODERADAS (S.Q.F.)=1
- D** ZONA DE ALTAS TENSIONES O OCURRENCIA DE ESTALLIDO DE ROCA (S.R.F. = 5 a 10)

GRADO DE ALTERACION	GRADO DUREZA	FRACTURAMIENTO
A1 FRESCA	D1 MUY DURA	F1 < 2 FRACTURAS
A2 POCO ALTERADA	D2 DURA	F2 2.5 FRACTURAS
A3 MODERADAMENTE ALTERADA	D3 MEDIANAMENTE DURA	F3 6.10 FRACTURAS
A4 MUY ALTERADA	D4 LIGERAMENTE DURA	F4 11-20 FRACTURAS
A5 COMPLETAMENTE ALTERADA	D5 DEBIL	F5 > 20 FRACTURAS

**CLASIFICACION DEL MACIZO ROCOSO**

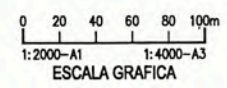
TIPO	RMR	CALIDAD
I	> 80	MUY BUENA
II	61-80	BUENA
III	41-60	REGULAR
IV a	31-40	MALA a
IV b	21-30	MALA b
V	< 20	MUY MALA

**RQD CONDICION**

RQD	CONDICION
< 25	MUY MALA
25-50	MALA
50-75	REGULAR
75-90	BUENA
90-100	EXCELENTE BUENA

**SIMBOLOGIA**

- MOJADO
- FLUJO
- NIVEL FREATICO
- GOTEOS
- CHORROS
- FALLA INFERIDA
- AGRIETAMIENTO (ALIVIO DE TENSIONES)
- CONTACTO GEOLOGICO
- VENTANA DE ACCESO
- ESTACION DE MAPEO
- DISTANCIA DESDE COTA DEL TERRENO AL TUNEL
- RMR PROMEDIO
- 73°/149° BUZAMIENTO / DIR. BUZ.
- ZONA DE ROCA FRACTURADA
- LINEA DE TENSIONES
- LINEA DE NIVEL FREATICO
- PERMEABILIDAD
- RQD
- RMR
- SONDAJE DE PERFORACION
- SN09-P04
- 25.00m -90°
- GRADO DE INCLINACION
- PROFUNDIDAD DE PERFORACION

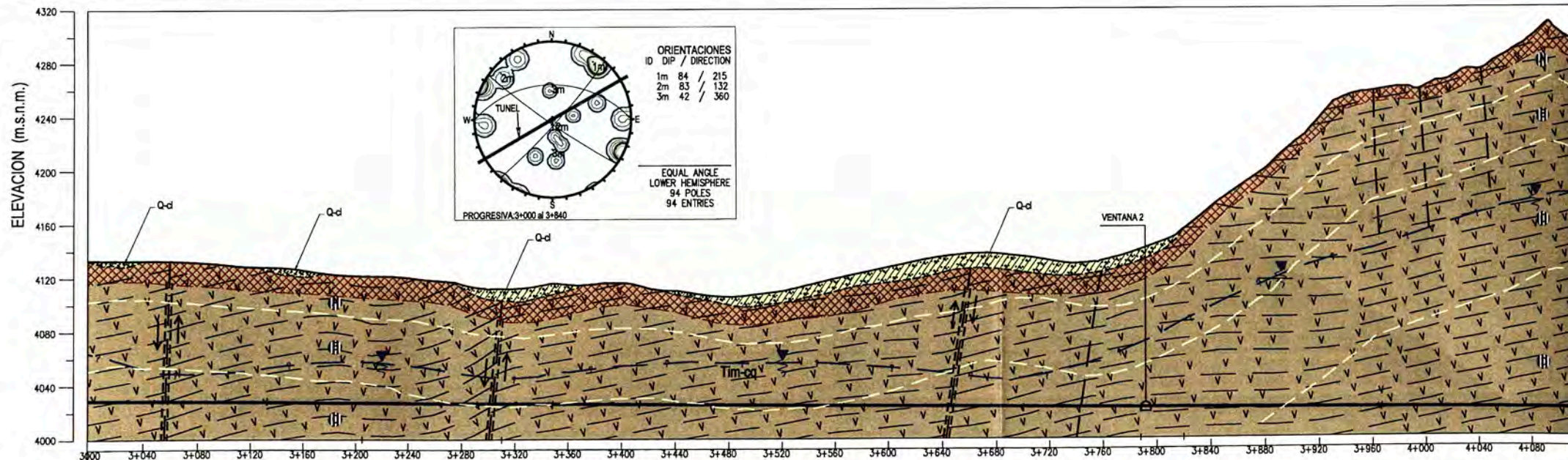


**DEPOSITO CUATERNARIO**

- Q-cl** COLLUVIAL: Mezcla de bloques y material fino
- Q-le** TERRAZA: Acumulaciones de bloques y gravas
- Q-bo** BOFEDAL: Zona pantanosa saturada de agua

**PRELIMINAR**  
FECHA: Feb 12, 2010

N° DE PLANO		DESCRIPCION	
PLANOS DE REFERENCIA			
FECHA	REV.	DESCRIPCION	DIB. REV. APRO.
CONSORCIO		SIGLAS	FECHA FIRMA REVISADO POR EL CLIENTE:
ASTALDI GyM			APROBADO POR EL CLIENTE:
CONSORCIO ENERGETICO DE HUANCVELICA S.A.		CENTRAL HIDROELECTRICA HUANZA	
MWH PERU S.A.		TUNEL DE CONDUCCION GEOLOGIA PERFIL LONGITUDINAL PROG. 2+000 AL 3+000	
DISEÑO	H.S.C.	FECHA	FIRMA
REVISADO	R.H.A.	DIC.09	
APROBADO	J.E.Y.	DIC.09	
ESCALA:		GRAFICA	PLANO N°:
N° DE SECUENCIA:		1.3.4.3	CHH-0000-GG3-003-C



ESTACION (MAPEO)	PROGRESIVA TUNEL	RMR (BIENIAWSKI)	Q (BARTON)	GRADO DE ALT./DUREZA/FRAC.	TIPO DE ROCA	CALIDAD MACIZO	PRESENCIA DE AGUA	LITOLOGIA	ORIENTACION DEL TUNEL	SISTEMA DE DISCONTINUIDAD BUZ/DIR BUZ	MODULO DE DEFORMACION (Em)	PRESION (PV) PRESION (PH)	SOSTENIMIENTO PREVISTO
3+400	3+400	59	IV-a	A4/D3/F5	MALA-a	REGULAR	ZONA CON CHORROS Y FLUJO DE AGUA	JZCA (Tim-cq)	S 60° W	1 84°/215° 2 83°/132° 3 42°/360°	6 GPa	Pv = 3.0 MPa Ph = 1.8 MPa	IV-a-100%
3+400	3+400	59	IV-a	A3/D3/F3	REGULAR	REGULAR	ZONA CON CHORROS Y FLUJO DE AGUA	ANDESITA GRIS NEGRUZZA (Tim-cq)	S 75° W	1 78°/170° 2 66°/119° 3 70°/276° 4 68°/335°	17 GPa	Pv = 3.0 MPa Ph = 4.17 MPa	III-80% IV-a-20%
3+400	3+400	59	IV-a	A4/D3/F5	MALA-a	REGULAR	ZONA CON CHORROS Y FLUJO DE AGUA	ANDESITA GRIS NEGRUZZA (Tim-cq)	S 75° W	1 78°/170° 2 66°/119° 3 70°/276° 4 68°/335°	6 GPa	Pv = 2.0 MPa Ph = 1.69 MPa	IV-a-100%
3+400	3+400	59	IV-a	A3/D3/F3	REGULAR	REGULAR	ZONA CON CHORROS Y FLUJO DE AGUA	ANDESITA GRIS NEGRUZZA (Tim-cq)	S 75° W	1 78°/170° 2 66°/119° 3 70°/276° 4 68°/335°	15 GPa	Pv = 2.0 MPa Ph = 3.69 MPa	III-80% IV-a-20%
3+400	3+400	59	IV-a	A4/D3/F5	MALA-a	REGULAR	ZONA CON CHORROS Y FLUJO DE AGUA	ANDESITA GRIS NEGRUZZA (Tim-cq)	S 75° W	1 78°/170° 2 66°/119° 3 70°/276° 4 68°/335°	6 GPa	Pv = 3.0 MPa Ph = 1.8 MPa	IV-a-100%
3+400	3+400	59	IV-a	A3/D3/F3	REGULAR	REGULAR	ZONA CON CHORROS Y FLUJO DE AGUA	ANDESITA GRIS NEGRUZZA (Tim-cq)	S 75° W	1 78°/170° 2 66°/119° 3 70°/276° 4 68°/335°	15 GPa	Pv = 2.0 MPa Ph = 3.69 MPa	III-90% IV-a-10%
3+400	3+400	59	IV-a	A4/D3/F5	MALA-a	REGULAR	ZONA CON CHORROS Y FLUJO DE AGUA	ANDESITA GRIS NEGRUZZA (Tim-cq)	S 75° W	1 78°/170° 2 66°/119° 3 70°/276° 4 68°/335°	6 GPa	Pv = 3.0 MPa Ph = 1.92 MPa	IV-a-100%
3+400	3+400	59	IV-a	A2/D2/F2-F3	BUENA	BUENA	ZONA MOJADA Y CHORROS DE AGUA	ANDESITA GRIS NEGRUZZA (Tim-cq)	S 75° W	1 78°/170° 2 66°/119° 3 70°/276° 4 68°/335°	25 GPa	Pv = 7.0 MPa Ph = 7.74 MPa	II-90% III-10%
3+400	3+400	59	IV-a	A2/D2/F2-F3	BUENA	BUENA	ZONA MOJADA Y CHORROS DE AGUA	ANDESITA GRIS NEGRUZZA (Tim-cq)	S 75° W	1 78°/170° 2 66°/119° 3 70°/276° 4 68°/335°	25 GPa	Pv = 7.0 MPa Ph = 7.74 MPa	II-90% III-10%

**BASAMENTO ROCOSO**

- GRUPO COLQUI** (Tim-cq): Volcánico andesítico gris negruzco
- GRUPO RIMAC (Tim-r1)**: Secuencias de tobos grises o violáceos
- GRUPO RIMAC (Tim-r2)**: Derrame volcánico andesítico textura fina
- GRUPO RIMAC (Tim-r3)**: Horizonte de caliza gris blanquecina
- GRUPO RIMAC (Tim-r4)**: Tobos grisáceos o violáceos textura granular
- GRUPO RIMAC (Tim-r5)**: Capas de areniscas, limonitas y aglomerados de coloración roja y muy fracturado
- ROCA INTRUSIVA** (T-di): Compuesto generalmente por diorita de textura granular

**ZONA DE TENSIONES**

- A ZONA DE TENSIONES DE RELAJAMIENTO (S.R.F.=5)
- B ZONA DE BAJAS TENSIONES (S.Q.F.)=2.5
- C ZONA DE TENSIONES MODERADAS (S.Q.F.)=1
- D ZONA DE ALTAS TENSIONES O OCURRENCIA DE ESTALLIDO DE ROCA (S.R.F. = 5 a 10)

GRADO DE ALTERACION	GRADO DUREZA	FRAGMENTACION
A1 FRESCA	D1 MUY DURA	F1 < 2 FRACTURAS
A2 POCO ALTERADA	D2 DURA	F2 2.5 FRACTURAS
A3 MODERADAMENTE ALTERADA	D3 MEDIANAMENTE DURA	F3 6.10 FRACTURAS
A4 MUY ALTERADA	D4 LIGERAMENTE DURA	F4 11-20 FRACTURAS
A5 COMPLETAMENTE ALTERADA	D5 DEBIL	F5 > 20 FRACTURAS

**CLASIFICACION DEL MACIZO ROCOSO**

TIPO	RMR	CALIDAD
I	> 80	MUY BUENA
II	61-80	BUENA
III	41-60	REGULAR
IV a	31-40	MALA a
IV b	21-30	MALA b
V	< 20	MUY MALA

**RQD CONDICION**

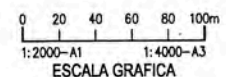
RQD	CONDICION
< 25	MUY MALA
25-50	MALA
50-75	REGULAR
75-90	BUENA
90-100	EXCELENTE BUENA

**DEPOSITO CUATERNARIO**

- Q-cl**: COLLUMAL Mezcla de bloques y material fino
- Q-te**: TERRAZA Acumulaciones de bloques y gravas
- Q-bo**: BOFEDAL Zona pantanosa saturada de agua

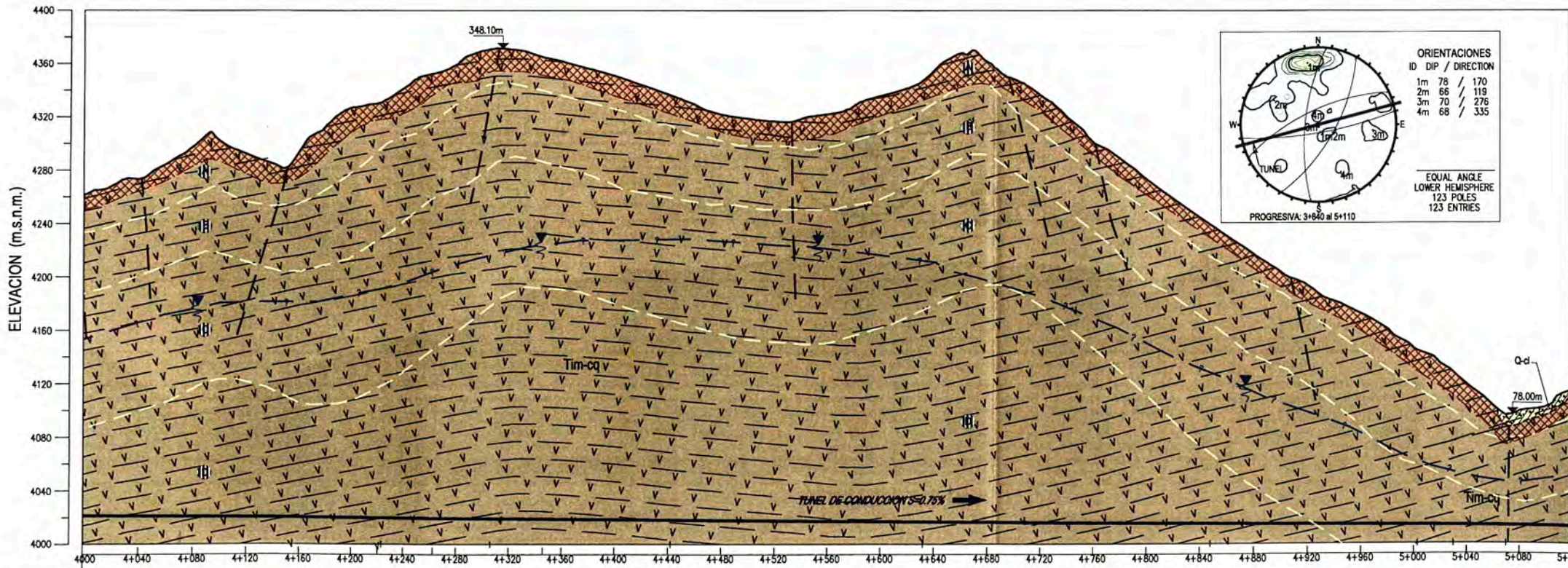
**SIMBOLOGIA**

- MOJADO
- FLUJO
- NIVEL FREATICO
- GOTEOS
- CHORROS
- FALLA INFERIDA
- AGRIETAMIENTO (ALIVO DE TENSIONES)
- CONTACTO GEOLOGICO
- VENTANA DE ACCESO
- ESTACION DE MAPEO
- DISTANCIA DESDE COTA DEL TERRENO AL TUNEL
- RMR PROMEDIO
- 73°/149° BUZAMIENTO / DIR. BUZ.
- ZONA DE ROCA FRACTURADA
- LINEA DE TENSIONES
- LINEA DE NIVEL FREATICO
- PERMEABILIDAD
- ROD
- RMR
- SONDAJE DE PERFORACION
- SN09-P04 25.00m -90° GRADO DE INCLINACION
- PROFUNDIDAD DE PERFORACION



N° DE PLANO		DESCRIPCION	
PLANOS DE REFERENCIA			
FECHA	REV.	DESCRIPCION	DIB. REV. APRO.
CONSORCIO		SIGLAS	FECHA FIRMA REVISADO POR EL CLIENTE:
ASTALDI		CyM	APROBADO POR EL CLIENTE:
CONSORCIO ENERGETICO DE HUANCVELICA S.A.			
CENTRAL HIDROELECTRICA HUANZA			
TUNEL DE CONDUCCION GEOLOGIA PERFILES LONGITUDINAL PROG. 3+000 AL 4+000			
MWH PERU S.A.		SIGLAS	FECHA FIRMA
DIBUJO	H.S.C.	DIC.09	
DISEÑADO	H.H.A.	DIC.09	
REVISADO	J.E.Y.	DIC.09	
APROBADO	J.A.	DIC.09	
ESCALA:	GRAFICA	PLANO N°:	REVISION
N° DE SECUENCIA:	1.3.4.3	CHH-0000-GG3-003-D	

**PRELIMINAR**  
FECHA: Feb 12, 2010



ORIENTACIONES  
ID DIP / DIRECTION  
1m 78 / 170  
2m 66 / 119  
3m 70 / 276  
4m 68 / 335

EQUAL ANGLE  
LOWER HEMISPHERE  
123 POLES  
123 ENTRIES

PROGRESIVA: 3+640 al 5+110

ESTACION (MAPEO)	4+220	4+320	4+480	4+800	5+040	5+080
PROGRESIVA TUNEL	43.778	88.282	148.979	262.834	350.765	409.071
RMR (BIENIAWSKI)	35	36	37	38	39	40
Q (BARTON)	25	30	35	40	45	50
GRADO DE ALT./DUREZA/FAC.	A2/D3/F2-F3	A1-A2/D1-D2/F2	A1/D2/F2-F3	A3-A4/D3/F3	A3-A4/D3/F3	A3-A4/D3/F3
TIPO DE ROCA	66 II	61 I	70 II	66 II	66 II	66 II
CALIDAD MACIZO	BUENA	MUY BUENA A BUENA	BUENA	MALA b	MALA b	MALA b
PRESENCIA DE AGUA	ZONA MOJADA Y CHORROS DE AGUA	ZONA CON FLUJO DE AGUA	ZONA MOJADA Y CHORROS DE AGUA	FLUJO DE AGUA	FLUJO DE AGUA	FLUJO DE AGUA
LITOLOGIA	ANDESITA GRIS NEGRUZZA (Tim-cq)	ANDESITA GRIS NEGRUZZA (Tim-cq)	ANDESITA GRIS NEGRUZZA (Tim-cq)	ANDESITA GRIS NEGRUZZA (Tim-cq)	ANDESITA GRIS NEGRUZZA (Tim-cq)	ANDESITA GRIS NEGRUZZA (Tim-cq)
ORIENTACION DEL TUNEL	S 75° W					
SISTEMA DE DISCONTINUIDAD BUZ/DIR BUZ	1 78°/170° 2 66°/119° 3 70°/276° 4 68°/335°					
MODULO DE DEFORMACION (Em)	25 GPa	60 GPa	32 GPa	32 GPa	32 GPa	32 GPa
PRESION (PV) PRESION (PH)	Pv = 7.0 MPa Ph = 7.74 MPa	Pv = 9.0 MPa Ph = 17.20 MPa	Pv = 5.0 MPa Ph = 8.27 MPa	Pv = 5.0 MPa Ph = 8.27 MPa	Pv = 5.0 MPa Ph = 8.27 MPa	Pv = 5.0 MPa Ph = 8.27 MPa
SOSTENIMIENTO PREVISTO	II-90% III-10%	I-80% III-15% III-5%	II-85% III-15%	II-85% III-15%	II-85% III-15%	IVa-100%

**BASAMENTO ROCOSO**

- GRUPO COLQUI**  
Volcánico andesítico gris negruzco  
Tim-cq
- GRUPO RIMAC (Tim-r1)**  
Secuencias de tobos grises a violáceos  
Tim-r1
- GRUPO RIMAC (Tim-r2)**  
Derrame volcánico andesítico textura fina  
Tim-r2
- GRUPO RIMAC (Tim-r3)**  
Horizonte de caliza gris blanquecina  
Tim-r3
- GRUPO RIMAC (Tim-r4)**  
Tobos grisáceos a violáceos textura granular  
Tim-r4
- GRUPO RIMAC (Tim-r5)**  
Capas de areniscas, limonitas y oglomerados de coloración roja y muy fracturado  
Tim-r5
- ROCA INTRUSIVA**  
Compuesta generalmente por diorita de textura granular  
T-di

**DEPOSITO CUATERNARIO**

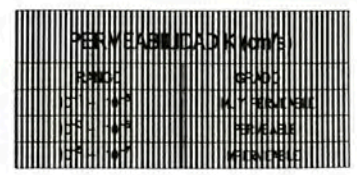
- COLLUVIAL**  
Mezcla de bloques y material fino  
Q-cl
- TERRAZA**  
Acumulaciones de bloques y gravas  
Q-te
- BOFEDAL**  
Zona pantanosa saturada de agua  
Q-bo

**ZONA DE TENSIONES**

- A ZONA DE TENSIONES DE RELAJAMIENTO (S.R.F.=5)
- B ZONA DE BAJAS TENSIONES (S.Q.F.=2.5)
- C ZONA DE TENSIONES MODERADAS (S.Q.F.=1)
- D ZONA DE ALTAS TENSIONES O OCURRENCIA DE ESTALLIDO DE ROCA (S.R.F.= 5 a 10)

GRADO DE ALTERACION	GRADO DUREZA	FRAGMENTACION
A1 FRESCA	D1 MUY DURA	F1 < 2 FRACTURAS
A2 POCO ALTERADA	D2 DURA	F2 2.5 FRACTURAS
A3 MODERADAMENTE ALTERADA	D3 MEDIANAMENTE DURA	F3 6.10 FRACTURAS
A4 MUY ALTERADA	D4 LIGERAMENTE DURA	F4 11-20 FRACTURAS
A5 COMPLETAMENTE ALTERADA	D5 DEBIL	F5 > 20 FRACTURAS

CLASIFICACION DEL MACIZO ROCOSO		
TIPO	RMR	CALIDAD
I	> 80	MUY BUENA
II	61-80	BUENA
III	41-60	REGULAR
IV a	31-40	MALA a
IV b	21-30	MALA b
V	< 20	MUY MALA

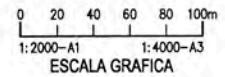


RQD	CONDICION
<25	MUY MALA
25-50	MALA
50-75	REGULAR
75-90	BUENA
90-100	EXCELENTE BUENA

**SIMBOLOGIA**

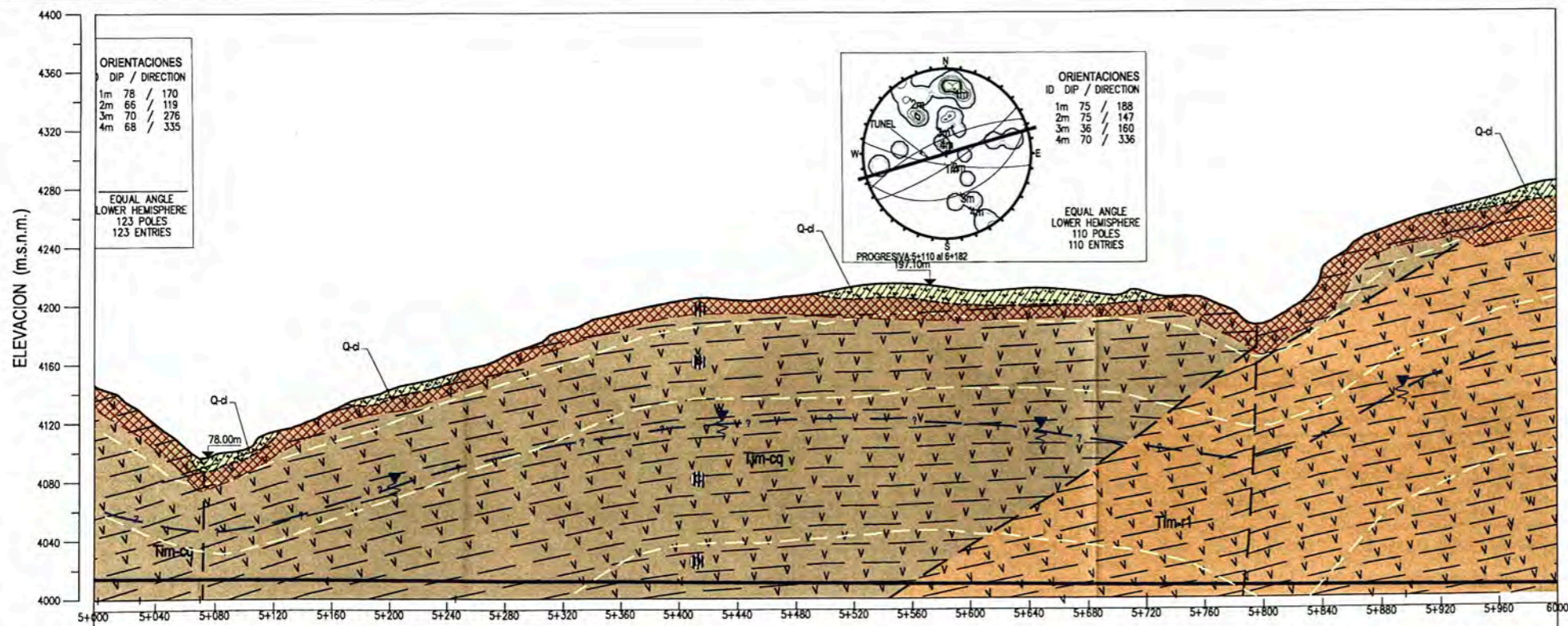
- MOJADO
- FLUJO
- NIVEL FREATICO
- GOTEOS
- CHORROS
- FALLA INFERIDA
- AGRIETAMIENTO (ALIVIO DE TENSIONES)
- CONTACTO GEOLOGICO
- VENTANA DE ACCESO
- ESTACION DE MAPEO
- DISTANCIA DESDE COTA DEL TERRENO AL TUNEL
- RMR PROMEDIO
- 73°/149° BUZAMIENTO / DIR. BUZ.
- ZONA DE ROCA FRACTURADA
- LINEA DE TENSIONES
- LINEA DE NIVEL FREATICO
- PERMEABILIDAD
- ROD
- RMR
- SONDAJE DE PERFORACION
- SN09-P04  
25.00m -90°  
GRADO DE INCLINACION
- PROFUNDIDAD DE PERFORACION
- E-16  
260.90m

**PRELIMINAR**  
FECHA: Feb 12, 2010



N° DE PLANO		DESCRIPCION	
PLANOS DE REFERENCIA			
FECHA	REV.	DESCRIPCION	DIB. REV. APRO.
CONSORCIO		SIGLAS	FECHA FIRMA REVISADO POR EL CLIENTE:
ASTALDI	GyM		
CONSORCIO ENERGETICO DE HUANCVELICA S.A.		APROBADO POR EL CLIENTE:	
CENTRAL HIDROELECTRICA HUANZA			
MWH PERU S.A.		TUNEL DE CONDUCCION GEOLOGIA	
PERFIL LONGITUDINAL		PROG. 4+000 AL 5+000	
DIBUJO	H.S.C.	FECHA	FIRMA
DISENADO	H.H.A.	DIC.09	
REVISADO	J.E.Y.	DIC.09	
APROBADO	J.A.	DIC.09	
ESCALA:	GRAFICA	PLANO N°:	
N° DE SECUENCIA:	1.3.4.3	CHH-0000-GG3-003-E	REVISION





ORIENTACIONES  
DIP / DIRECTION

1m	78	/	170
2m	65	/	119
3m	70	/	276
4m	68	/	335

EQUAL ANGLE  
LOWER HEMISPHERE  
123 POLES  
123 ENTRIES

ORIENTACIONES  
DIP / DIRECTION

1m	75	/	188
2m	75	/	147
3m	36	/	160
4m	70	/	336

EQUAL ANGLE  
LOWER HEMISPHERE  
110 POLES  
110 ENTRIES

ESTACION (MAPEO)	35.075 5+043 E-40	20.071 5+070 E-41	0.51 38 5+110 E-42	0.80 42 5+288 E-43	6.81 61 5+780 E-44	22.492 01 5+938 E-45
PROGRESIVA TUNEL						
RMR (BIENIAWSKI)						
Q (BARTON)						
GRADO DE ALT./DUREZA/FRAC.	A3-A4/D3/F3-F4	A2-A3/D3/F3-F4		A2/D2/F2-F3	A3-A4/D3/F3-F4	A2/D2-D3/F2-F3
TIPO DE ROCA	5109 (38) IV-a 5110	(42) III	51320	(61) II	51800 (40) IV 51860	(64) II
CALIDAD MACIZO	MALA-b	REGULAR		BUENA	MALA	BUENA
PRESENCIA DE AGUA	FLUJO DE AGUA	ZONA MOJADA Y GOTEOS		ZONA MOJADA Y GOTEOS	FLUJO DE AGUA	ZONA MOJADA Y CHORROS DE AGUA
LITOLOGIA		ANDESITA GRIS NEGRUZZA (Tim-cq)			VOLCÁNICO TOBÁCEO	
ORIENTACION DEL TUNEL				S 75° W		
SISTEMA DE DISCONTINUIDAD BUZ/DIR BUZ				(1) 75°/188° (2) 75°/147° (3) 36°/160° (4) 70°/336°		
MODULO DE DEFORMACION (Em)		6 GPa		19 GPa		22 GPa
PRESION (PV) PRESION (PH)		Pv = 3.0 MPa Ph = 2.07 MPa		Pv = 5.0 MPa Ph = 5.52 MPa		Pv = 6.0 MPa Ph = 6.76 MPa
SOSTENIMIENTO PREVISTO	IVa-100%	III-90% IVa-10%		II-85% III-15%	IVa-100%	II-85% III-15%

**BASAMENTO ROCOSO**

**GRUPO COLQUI**  
Volcánico andesítico gris negruzco  
Tim-cq

**GRUPO RIMAC (Tim-r1)**  
Secuencias de tobos grises a violáceos  
Tim-r1

**GRUPO RIMAC (Tim-r2)**  
Derrame volcánico andesítico textura fina  
Tim-r2

**GRUPO RIMAC (Tim-r3)**  
Horizonte de caliza gris blanquecina  
Tim-r3

**GRUPO RIMAC (Tim-r4)**  
Tobos grisáceos a violáceos textura granular  
Tim-r4

**GRUPO RIMAC (Tim-r5)**  
Capas de areniscas, limonitas y aglomerados de coloración roja y muy fracturado  
Tim-r5

**ROCA INTRUSIVA**  
Compuesta generalmente por diorita de textura granular  
T-di

**DEPOSITO CUATERNARIO**

**Q-cl** COLUMVIAL Mezcla de bloques y material fino

**Q-te** TERRAZA Acumulaciones de bloques y gravas

**Q-bo** BOFEDAL Zona pantanosa saturada de agua

**ZONA DE TENSIONES**

- A ZONA DE TENSIONES DE RELAJAMIENTO (S.R.F.=5)
- B ZONA DE BAJAS TENSIONES (S.Q.F.)=2.5
- C ZONA DE TENSIONES MODERADAS (S.Q.F.)=1
- D ZONA DE ALTAS TENSIONES O OCURRENCIA DE ESTALLIDO DE ROCA (S.R.F.= 5 a 10)

GRADO DE ALTERACION	GRADO DUREZA	FRAGMENTACION
A1 FRESCA	D1 MUY DURA	F1 < 2 FRACTURAS
A2 POCO ALTERADA	D2 DURA	F2 2.5 FRACTURAS
A3 MODERADAMENTE ALTERADA	D3 MEDIANAMENTE DURA	F3 6.10 FRACTURAS
A4 MUY ALTERADA	D4 LIGERAMENTE DURA	F4 11-20 FRACTURAS
A5 COMPLETAMENTE ALTERADA	D5 DEBIL	F5 > 20 FRACTURAS

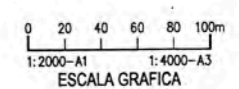
**CLASIFICACION DEL MACIZO ROCOSO**

TIPO	RMR	CALIDAD
I	> 80	MUY BUENA
II	61-80	BUENA
III	41-60	REGULAR
IV a	31-40	MALA a
IV b	21-30	MALA b
V	< 20	MUY MALA

RQD	CONDICION
<25	MUY MALA
25-50	MALA
50-75	REGULAR
75-90	BUENA
90-100	EXCELENTE BUENA

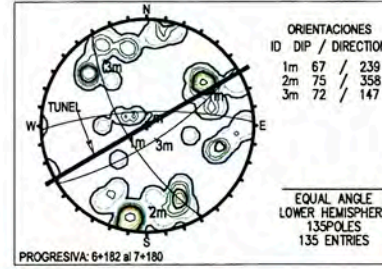
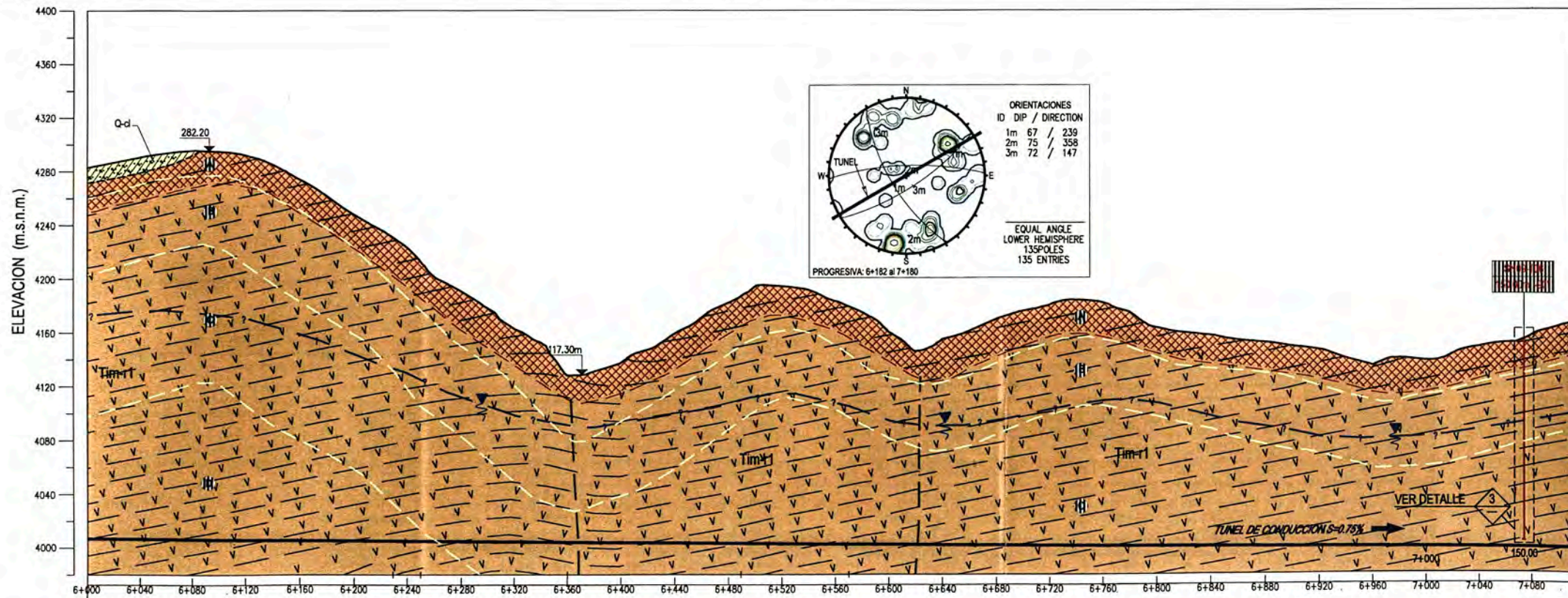
**SIMBOLOGIA**

- MOJADO
- FLUJO
- NIVEL FREATICO
- GOTEOS
- CHORROS
- FALLA INFERIDA
- AGRIETAMIENTO (ALIVIO DE TENSIONES)
- CONTACTO GEOLOGICO
- VENTANA DE ACCESO
- E-16 260.90m ESTACION DE MAPEO DISTANCIA DESDE COTA DEL TERRENO AL TUNEL
- 57 RMR PROMEDIO
- 1 73°/149° BUZAMIENTO / DIR. BUZ.
- ZONA DE ROCA FRACTURADA
- LINEA DE TENSIONES
- LINEA DE NIVEL FREATICO
- PERMEABILIDAD
- RQD
- RMR
- SONDAJE DE PERFORACION
- SN09-P04 25.00m -90° GRADO DE INCLINACION
- PROFUNDIDAD DE PERFORACION



N° DE PLANO		DESCRIPCION	
		PLANOS DE REFERENCIA	
FECHA	REV.	DESCRIPCION	DIB. REV. APROB.
CONSORCIO		SIGLAS	FECHA
ASTALDI GYM			
DIBUJO		H.S.C.	DIC.09
DISEÑADO		H.H.A.	DIC.09
REVISADO		J.E.Y.	DIC.09
APROBADO		J.A.	DIC.09
CONSORCIO ENERGETICO DE HUANCVELICA S.A.		REVISADO POR EL CLIENTE:	
CENTRAL HIDROELECTRICA HUANZA		APROBADO POR EL CLIENTE:	
MWH PERU S.A.		TUNEL DE CONDUCCION	
		GEOLOGIA	
		PERFIL LONGITUDINAL	
		PROG. 5+000 AL 6+000	
DIBUJO	SIGLAS	FECHA	FIRMA
DISEÑADO	H.S.C.	DIC.09	
REVISADO	H.H.A.	DIC.09	
APROBADO	J.E.Y.	DIC.09	
ESCALA:	GRAFICA	PLANO N°:	REVISION
N° DE SECUENCIA:	1,3,4,3	CHH-0000-GG3-003-F	

**PRELIMINAR**  
FECHA: Feb 12, 2010



ESTACION (MAPEO)	6+040-46	6+080-46	6+120-47	6+160-48	6+200-49	6+240-50	6+280-51	6+320-52	6+360-53	6+400-54	6+440-55	6+480-56	6+520-57	6+560-58	6+600-59	6+640-60	6+680-61	6+720-62	6+760-63	6+800-64	6+840-65	6+880-66	6+920-67	6+960-68	7+000-69	7+040-70	7+080-71	
PROGRESIVA TUNEL	6+040-46	6+080-46	6+120-47	6+160-48	6+200-49	6+240-50	6+280-51	6+320-52	6+360-53	6+400-54	6+440-55	6+480-56	6+520-57	6+560-58	6+600-59	6+640-60	6+680-61	6+720-62	6+760-63	6+800-64	6+840-65	6+880-66	6+920-67	6+960-68	7+000-69	7+040-70	7+080-71	
RMR (BIENIAWSKI)	3,80	56	54	57	54	57	54	57	54	57	54	57	54	57	54	57	54	57	54	57	54	57	54	57	54	57	54	57
Q (BARTON)	3,80	56	54	57	54	57	54	57	54	57	54	57	54	57	54	57	54	57	54	57	54	57	54	57	54	57	54	57
GRADO DE ALT./DUREZA/FRAC.	A2/D2-D3/F2-F3					A3/D3/F4					A2/D2-D3/F2					A3/D3/F4					A2/D2-D3/F2-F3							
TIPO DE ROCA	64 II					65 III					66 II					65 III					66 II							
CALIDAD MACIZO	BUENA					REGULAR					BUENA					REGULAR					BUENA							
PRESENCIA DE AGUA	ZONA MOJADA Y CHORROS DE AGUA					FLUJO DE AGUA					ZONA MOJADA Y GOTEOS					FLUJO DE AGUA					ZONA MOJADA Y GOTEOS							
LITOLOGIA	VOLCÁNICO TOBÁCEAS DE TEXTURA GRANULAR DE COLORACIÓN GRISÁCEA A ROJIZA (Tim-r1)															VOLCÁNICO TOBÁCEAS DE TEXTURA GRANULAR DE COLORACIÓN GRISÁCEA A												
ORIENTACION DEL TUNEL	S 75° W															S 60° W												
SISTEMA DE DISCONTINUIDAD BUZ/DIR BUZ	① 75°/188° ② 75°/147° ③ 36°/160° ④ 70°/336°															① 67°/239° ② 75°/358° ③ 72°/147°												
MÓDULO DE DEFORMACIÓN (Em)	22 GPa					13 GPa					28 GPa					13 GPa					24 GPa							
PRESION (PV) PRESION (PH)	Pv = 6.0 MPa Ph = 6.76 MPa					Pv = 4.0 MPa Ph = 3.82 MPa					Pv = 6.0 MPa Ph = 7.86 MPa					Pv = 4.00 MPa Ph = 4.00 MPa					Pv = 5.0 MPa Ph = 6.62 MPa							
SOSTENIMIENTO PREVISTO	II-85% III-15%					III-100%					II-90% III-10%					III-100%					III-80% III-15% IVa-5%							

**BASAMENTO ROCOSO**

**ZONA DE TENSIONES**

- A ZONA DE TENSIONES DE RELAJAMIENTO (S.R.F.=5)
- B ZONA DE BAJAS TENSIONES (S.O.F.)=2.5
- C ZONA DE TENSIONES MODERADAS (S.O.F.)=1
- D ZONA DE ALTAS TENSIONES O OCURRENCIA DE ESTALLIDO DE ROCA (S.R.F. = 5 a 10)

- GRUPO RIMAC**
- Tim-r1: GRUPO RIMAC (Tim-r1) Secuencias de tobos grises a violáceos
  - Tim-r2: GRUPO RIMAC (Tim-r2) Derrame volcánico andesítico textura fina
  - Tim-r3: GRUPO RIMAC (Tim-r3) Horizonte de caliza gris blanquecina
  - Tim-r4: GRUPO RIMAC (Tim-r4) Tobos grisáceos a violáceos textura granular
  - Tim-r5: GRUPO RIMAC (Tim-r5) Capas de areniscas, limonitas y aglomerados de coloración roja y muy fracturado

- ROCA INTRUSIVA**
- T-di: ROCA INTRUSIVA Compuesta generalmente por diorita de textura granular

**DEPOSITO CUATERNARIO**

- Q-cl: COLLUVIAL Mezcla de bloques y material fino
- Q-te: TERRAZA Acumulaciones de bloques y gravas
- Q-bo: BOFEDAL Zona pantanosa saturada de agua

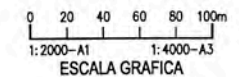
GRADO DE ALTERACION	GRADO DUREZA	FRAGMENTACION
A1 FRESCA	D1 MUY DURA	F1 < 2 FRACTURAS
A2 POCO ALTERADA	D2 DURA	F2 2.5 FRACTURAS
A3 MODERADAMENTE ALTERADA	D3 MEDIANAMENTE DURA	F3 6.10 FRACTURAS
A4 MUY ALTERADA	D4 LIGERAMENTE DURA	F4 11-20 FRACTURAS
A5 COMPLETAMENTE ALTERADA	D5 DEBIL	F5 > 20 FRACTURAS

CLASIFICACION DEL MACIZO ROCOSO		
TIPO	RMR	CALIDAD
I	> 80	MUY BUENA
II	61-80	BUENA
III	41-60	REGULAR
IV a	31-40	MALA a
IV b	21-30	MALA b
V	< 20	MUY MALA

RQD	CONDICION
<25	MUY MALA
25-50	MALA
50-75	REGULAR
75-90	BUENA
90-100	EXCELENTE BUENA

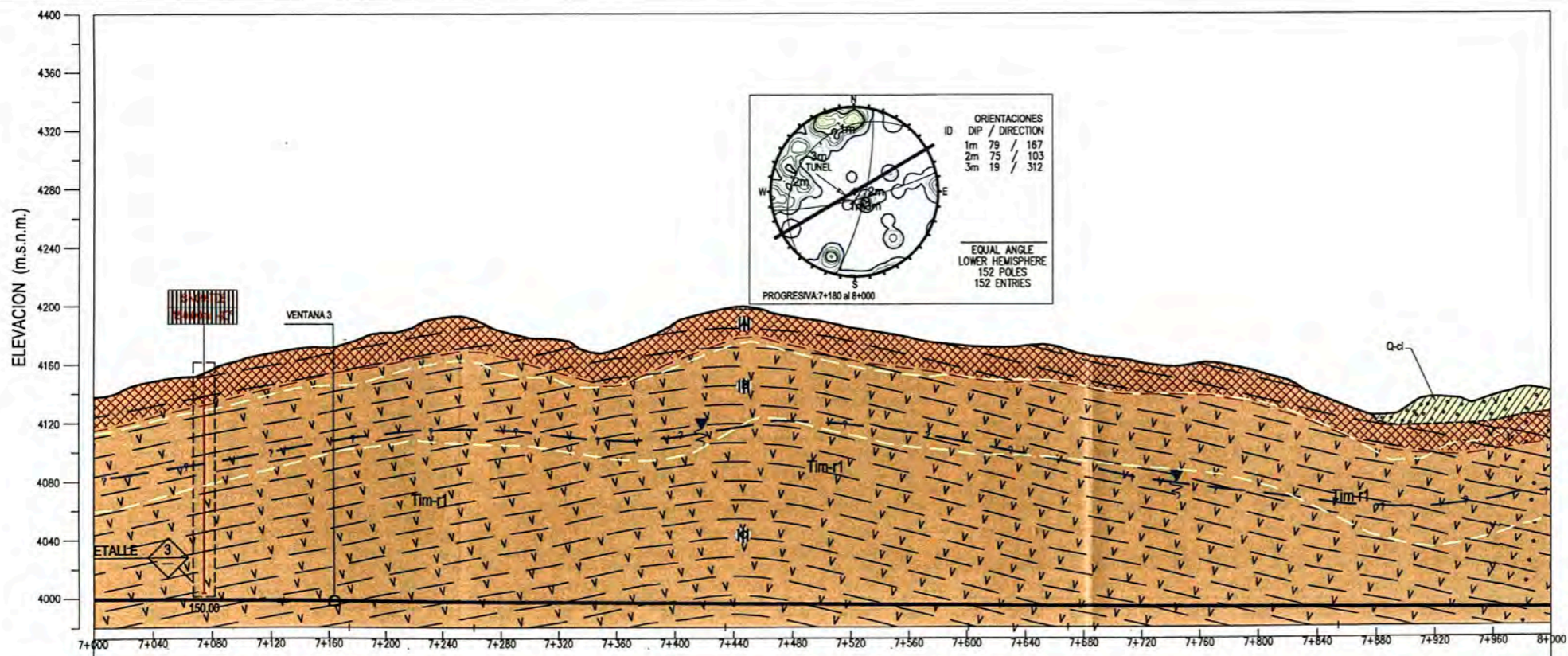
**SIMBOLOGIA**

- MOJADO
- FLUJO
- NIVEL FREATICO
- GOTEOS
- CHORROS
- FALLA INFERIDA
- AGRIETAMIENTO (ALIVIO DE TENSIONES)
- CONTACTO GEOLOGICO
- VENTANA DE ACCESO
- ESTACION DE MAPEO
- DISTANCIA DESDE COTA DEL TERRENO AL TUNEL
- RMR PROMEDIO
- 73°/149° BUZAMIENTO / DIR. BUZ.
- ZONA DE ROCA FRACTURADA
- LINEA DE TENSIONES
- LINEA DE NIVEL FREATICO
- PERMEABILIDAD
- RQD
- RMR
- SONDAJE DE PERFORACION
- SN09-P04
- 25.00m -90°
- GRADO DE INCLINACION
- PROFUNDIDAD DE PERFORACION

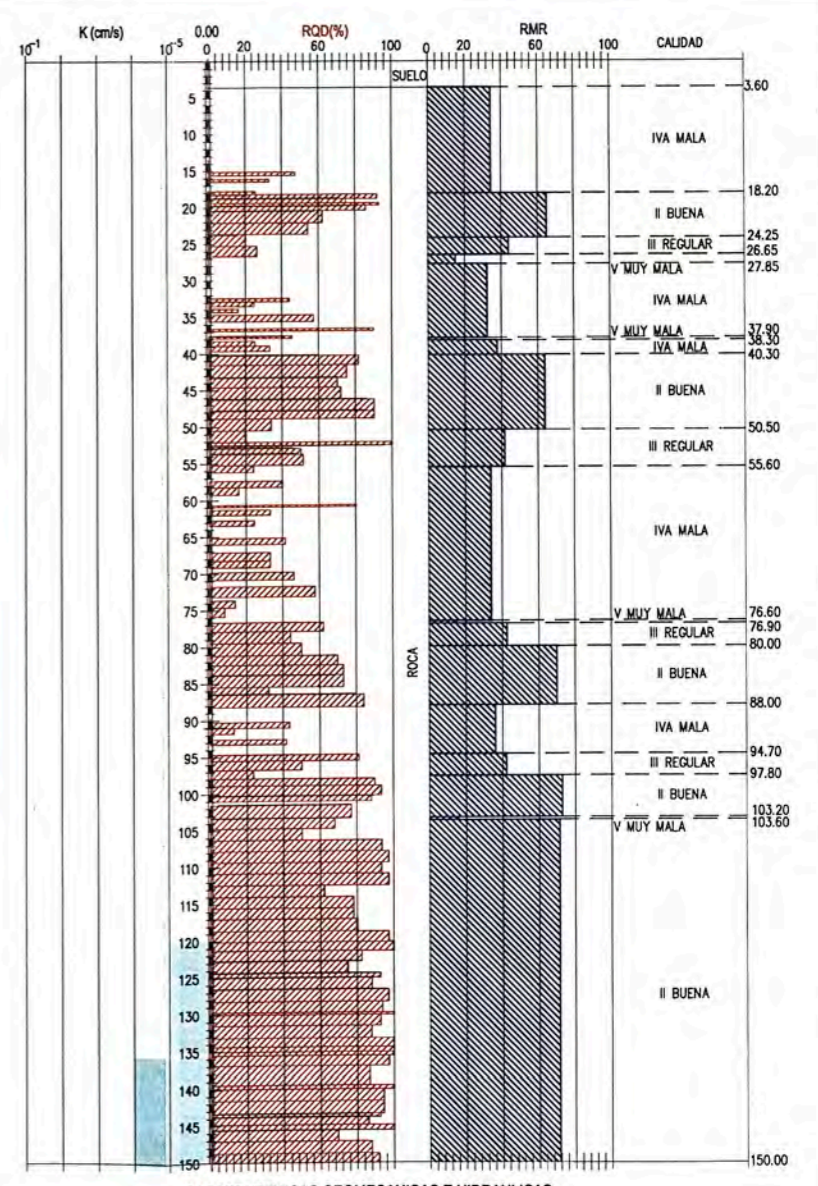


N° DE PLANO	DESCRIPCION				
PLANOS DE REFERENCIA					
FECHA	REV.	DESCRIPCION	DIB.	REV.	APRO.
CONSORCIO			SIGLAS		
ASTALDI			CyM		
CONSORCIO ENERGETICO DE HUANCVELICA S.A.			CENTRAL HIDROELECTRICA HUANZA		
MWH PERU S.A.			TUNEL DE CONDUCCION GEOLOGIA		
DIBUJO			H.S.C		
DISEÑADO			H.H.A		
REVISADO			J.E.Y		
APROBADO			J.A.		
ESCALA:			GRAFICA		
N° DE SECUENCIA:			1.3.4.3		
PLANO N°:			CHH-0000-GG3-003-G		
REVISION			1		

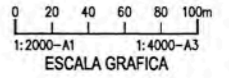
**PRELIMINAR**  
FECHA: Feb 12, 2010



ESTACION (MAPEO)	7+600	7+640	7+680	7+720	7+760	7+800	7+840	7+880	7+920	7+960	8+100
PROGRESIVA TUNEL	7+600										
RMR (BIENIAWSKI)	2.18										
Q (BARTON)	11.52										
GRADO DE ALT./DUREZA/FRAC.	D2-D3/F2-F3										
TIPO DE ROCA	II										
CALIDAD MACIZO	BUENA										
PRESENCIA DE AGUA	MOJADA Y GOTEOS										
LITOLOGIA	MULAR DE COLORACION GRISACEA A ROJIZA (Tim-r1)										
ORIENTACION DEL TUNEL	S 60° W										
SISTEMA DE DISCONTINUIDAD BUZ/DIR BUZ	① 78°/167° ② 75°/103° ③ 19°/312°										
DEFORMACION (Em)	24 GPa										
PRESION (PV) PRESION (PH)	0 MPa Ph = 6.62 MPa										
SOSTENIMIENTO PREVISTO	III-80% III-15% IVa-5%										



SN09-T06  
150.00m -90°



**BASAMENTO ROCOSO**

**ZONA DE TENSIONES**

- A ZONA DE TENSIONES DE RELAJAMIENTO (S.R.F.=5)
- B ZONA DE BAJAS TENSIONES (S.Q.F.)=2.5
- C ZONA DE TENSIONES MODERADAS (S.Q.F.)=1
- D ZONA DE ALTAS TENSIONES O OCURRENCIA DE ESTALLIDO DE ROCA (S.R.F. = 5 a 10)

GRADO DE ALTERACION	GRADO DUREZA	FRACTURAMIENTO
A1 FRESCA	D1 MUY DURA	F1 < 2 FRACTURAS
A2 POCO ALTERADA	D2 DURA	F2 2.5 FRACTURAS
A3 MODERADAMENTE ALTERADA	D3 MEDIANAMENTE DURA	F3 6.10 FRACTURAS
A4 MUY ALTERADA	D4 UGERAMENTE DURA	F4 11-20 FRACTURAS
A5 COMPLETAMENTE ALTERADA	D5 DEBIL	F5 > 20 FRACTURAS

TIPO	RMR	CALIDAD
I	> 80	MUY BUENA
II	61-80	BUENA
III	41-60	REGULAR
IV a	31-40	MALA a
IV b	21-30	MALA b
V	< 20	MUY MALA

RQD	CONDICION
<25	MUY MALA
25-50	MALA
50-75	REGULAR
75-90	BUENA
90-100	EXCELENTE BUENA



**SIMBOLOGIA**

- MOJADO
- FLUJO
- NIVEL FREATICO
- GOTEOS
- CHORROS
- FALLA INFERIDA
- AGRIETAMIENTO (ALIVIO DE TENSIONES)
- CONTACTO GEOLOGICO
- VENTANA DE ACCESO
- ESTACION DE MAPEO
- DISTANCIA DESDE COTA DEL TERRENO AL TUNEL
- RMR PROMEDIO
- 73°/149° BUZAMIENTO / DIR. BUZ.
- SONDAJE DE PERFORACION
- GRADO DE INCLINACION
- PROFUNDIDAD DE PERFORACION
- ZONA DE ROCA FRACTURADA
- LINEA DE TENSIONES
- LINEA DE NIVEL FREATICO
- PERMEABILIDAD
- RQD
- RMR

**PRELIMINAR**  
FECHA: Feb 12, 2010

- GRUPO RIMAC**
- Tim-r1: Secuencias de tobos grises a violáceos
  - Tim-r2: Derrame volcánico andesítico textura fina
  - Tim-r3: Horizonte de caliza gris blanquecina
  - Tim-r4: Tobos grisáceos a violáceos textura granular
  - Tim-r5: Capas de areniscos, limonitas y aglomerados de coloración roja y muy fracturado

- DEPOSITO CUATERNARIO**
- T-di: ROCA INTRUSIVA
  - Q-cl: COLUVIAL
  - Q-te: TERRAZA
  - Q-bo: BOFEDAL

N° DE PLANO	DESCRIPCION				
PLANOS DE REFERENCIA					
FECHA	REV.	DESCRIPCION	DIB.	REV.	APRO.

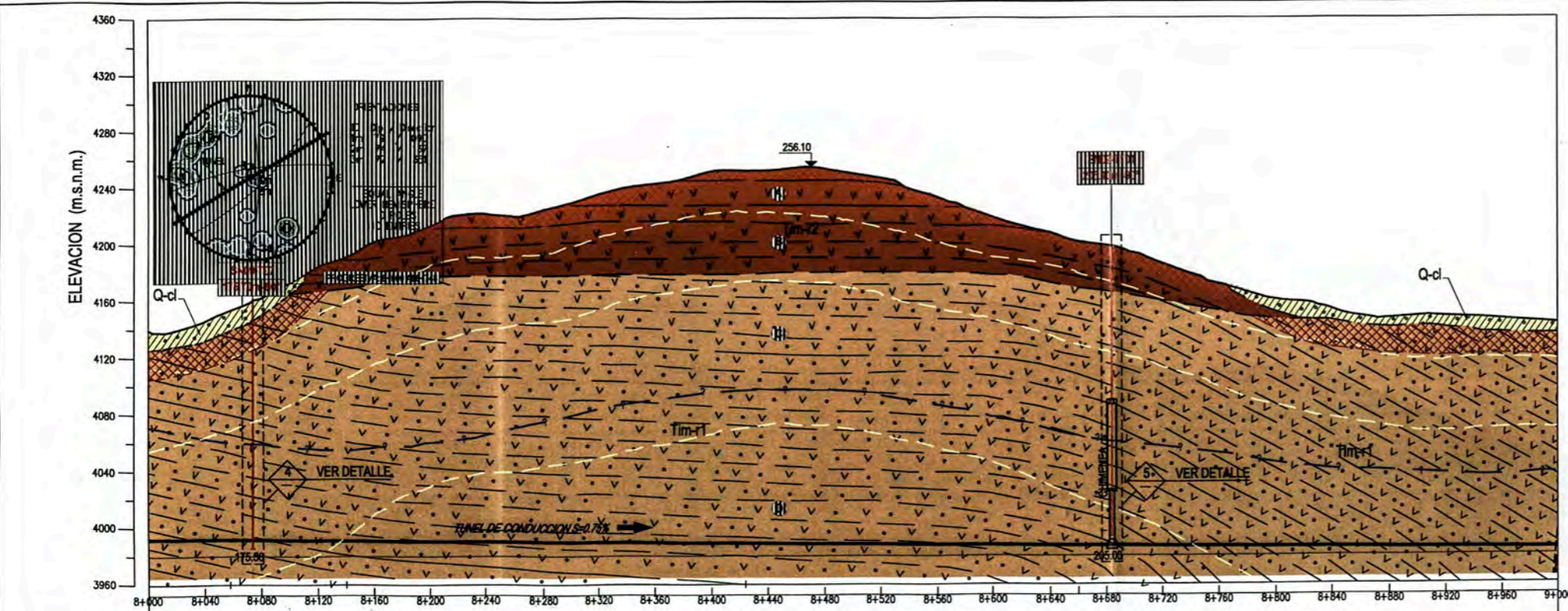
CONSORCIO  
ASTALDI GyM

CONSORCIO ENERGETICO DE HUANCAMELICA S.A.  
CENTRAL HIDROELECTRICA HUANZA

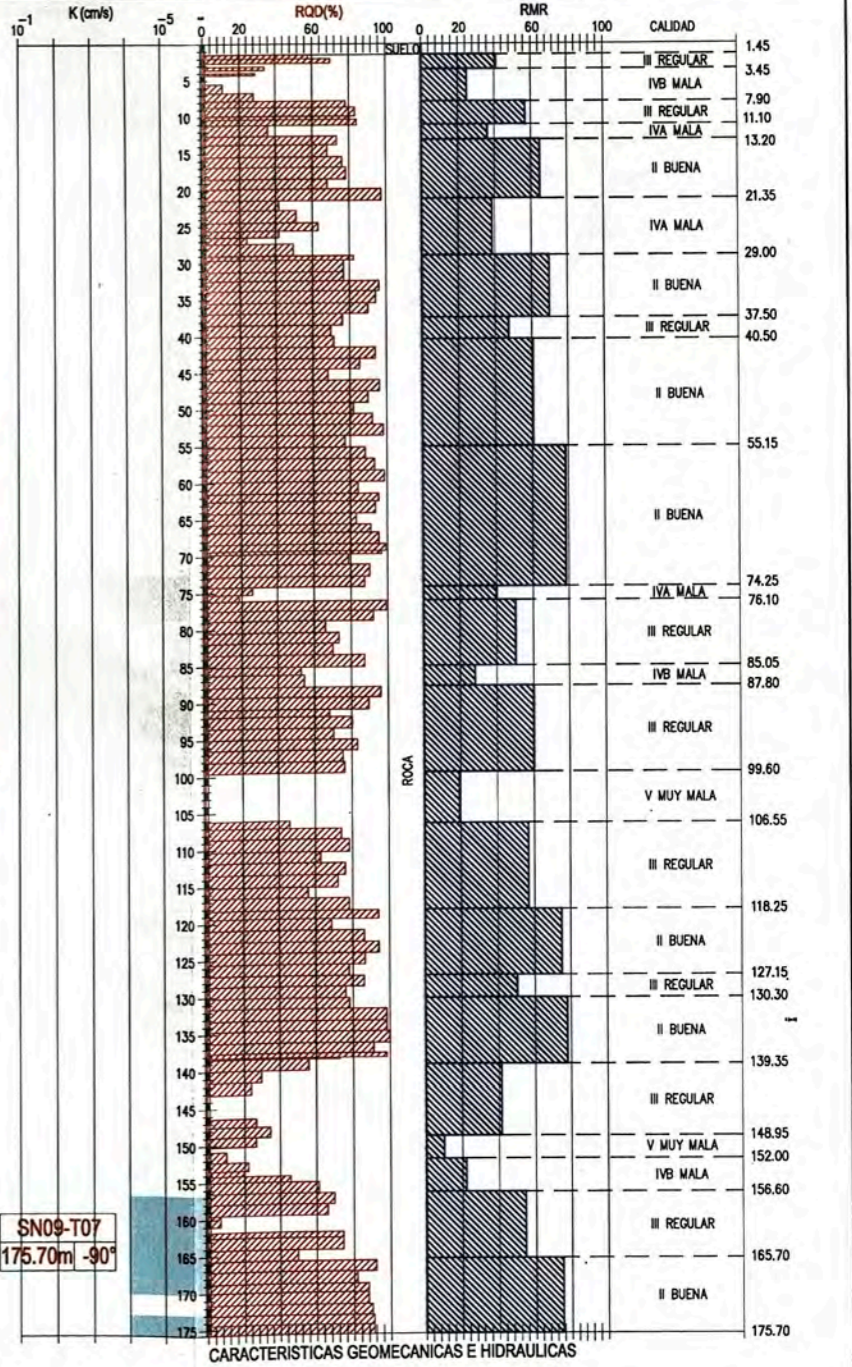
MWH PERU S.A.

TUNEL DE CONDUCCION GEOLOGIA  
PERFIL LONGITUDINAL  
PROG. 7+000 AL 8+000

PLANOS N°:  
CHH-0000-GG3-003-H



ESTACION (MAPEO)	3+01.54	3+14.35	3+18.08	3+47.74	12+91.67
PROGRESIVA TUNEL					
RMR (BIENIAWSKI)					
Q (BARTON)					
GRADO DE ALT./DUREZA/FRAC.	A2/D2-03/F2				
TIPO DE ROCA	63 II				
CALIDAD MACIZO	BUENA				
PRESENCIA DE AGUA	ZONA HUMEDA Y GOTEO				
LITOLOGIA	TOBA GRISÁCEA A VOLCÁEA DE TEXTURA GRANULAR MASIVA CON ANDESITAS GRIS NEGRUZCAS				
ORIENTACION DEL TUNEL	S 60° W		S 05° W		
SISTEMA DE DISCONTINUIDAD BUZ/DIR BUZ	① 79°/090° ② 74°/137° ③ 77°/351°		① 71°/305° ② 52°/203° ③ 60°/095°		
MODULO DE DEFORMACION (Em)	21 GPa				
PRESION (PV) PRESION (PH)	Pv = 7.0 MPa Ph = 6.79 MPa				
SOSTENIMIENTO PREVISTO	I-90% III-10%				



SN09-T07  
175.70m -90°  
CARACTERISTICAS GEOMECANICAS E HIDRAULICAS  
DETALLE 4  
ESC. H-1:2000  
ESC. V-1:8000

BASAMENTO ROCOSO

- GRUPO RIMAC (Tim-1): Secuencias de tobos grises a volcáeos
- GRUPO RIMAC (Tim-2): Derrame volcánico andesítico textura fina
- GRUPO RIMAC (Tim-3): Horizontes de caliza gris blanquecina
- GRUPO RIMAC (Tim-4): Tobos grisáceos a volcáeos textura granular
- GRUPO RIMAC (Tim-5): Capas de areniscas, limonitas y aglomerados de coloración roja y muy fracturado
- ROCA INTRUSIVA T-d: Compuesta generalmente por diorita de textura granular

ZONA DE TENSIONES

- A ZONA DE TENSIONES DE RELAJAMIENTO (S.R.F.=5)
- B ZONA DE BAJAS TENSIONES (S.Q.F.)=2.5
- C ZONA DE TENSIONES MODERADAS (S.Q.F.)=1
- D ZONA DE ALTAS TENSIONES O OCURRENCIA DE ESTALLIDO DE ROCA (S.R.F.= 5 a 10)

GRADO DE ALTERACION	GRADO DUREZA	FRACTURAMIENTO
A1 FRESCA	D1 MUY DURA	F1 < 2 FRACTURAS
A2 POCO ALTERADA	D2 DURA	F2 2.5 FRACTURAS
A3 MODERADAMENTE ALTERADA	D3 MEDIANAMENTE DURA	F3 6.10 FRACTURAS
A4 MUY ALTERADA	D4 LIGERAMENTE DURA	F4 11-20 FRACTURAS
A5 COMPLETAMENTE ALTERADA	D5 DEBIL	F5 > 20 FRACTURAS

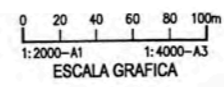
TIPO	RMR	CALIDAD
I	> 80	MUY BUENA
II	61-80	BUENA
III	41-60	REGULAR
IV a	31-40	MALA a
IV b	21-30	MALA b
V	< 20	MUY MALA

DEPOSITO CUATERNARIO

- Q-cl: COLLUVIAL Mezcla de bloques y material fino
- Q-la: TERRAZA Acumulaciones de bloques y gravas
- Q-bo: BOFEDAL Zona pantanosa saturada de agua

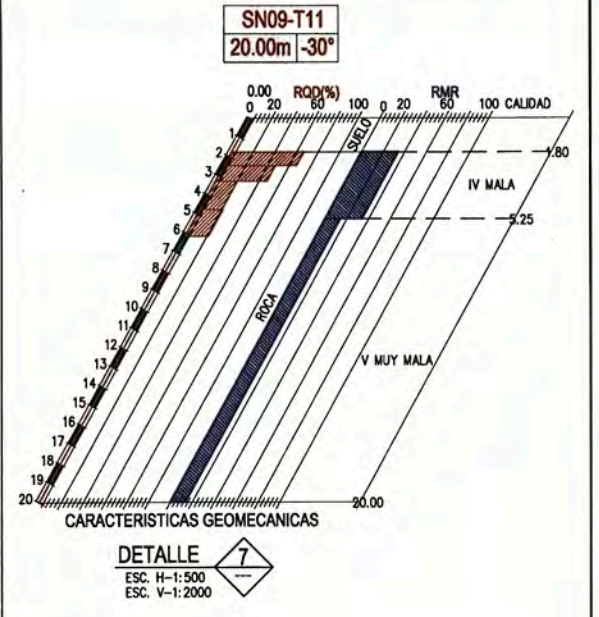
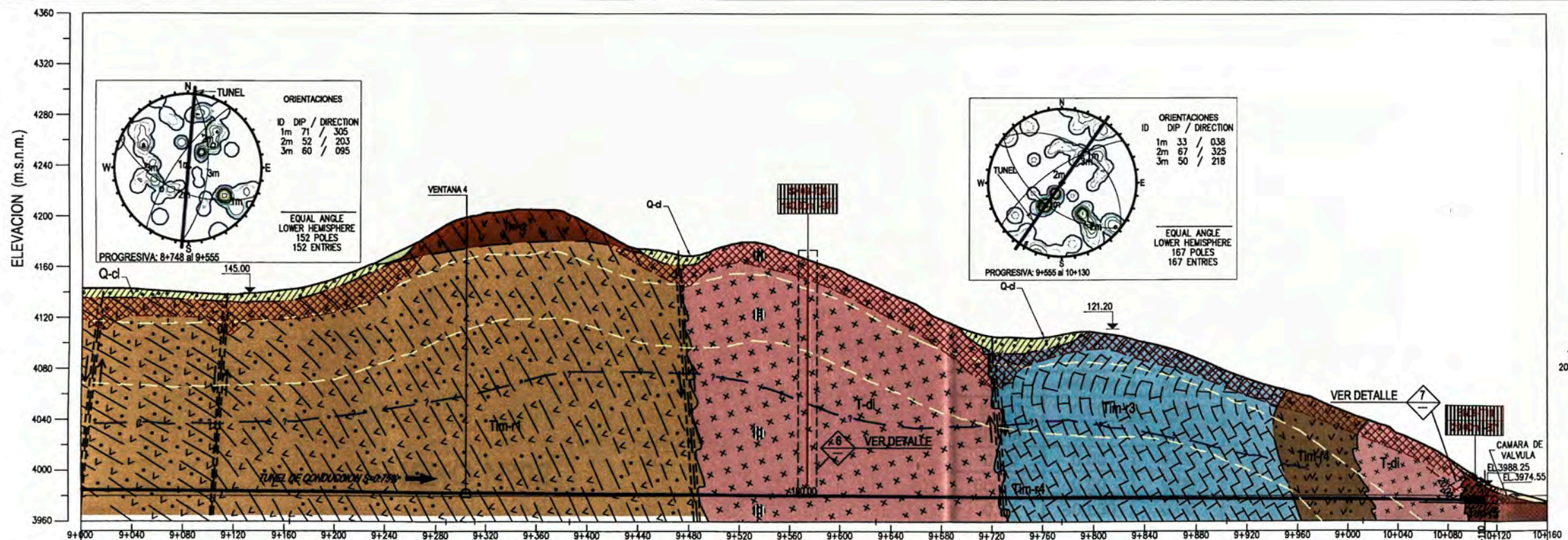
SIMBOLOGIA

- MOJADO
- FLUJO
- NIVEL FREATICO
- GOTEOS
- CHORROS
- FALLA INFERIDA
- AGRIETAMIENTO (ALIVIO DE TENSIONES)
- CONTACTO GEOLOGICO
- VENTANA DE ACCESO
- E-16 ESTACION DE MAPEO
- DISTANCIA DESDE COTA DEL TERRENO AL TUNEL
- RMR PROMEDIO
- 73°/149° BUZAMIENTO / DIR. BUZ.
- SONDAJE DE PERFORACION
- SN09-P04 25.00m -90°
- GRADO DE INCLINACION
- PROFUNDIDAD DE PERFORACION
- ZONA DE ROCA FRACTURADA
- LINEA DE TENSIONES
- LINEA DE NIVEL FREATICO
- PERMEABILIDAD
- RQD
- RMR



**PRELIMINAR**  
FECHA: Feb 12, 2010

N° DE PLANO		DESCRIPCION	
PLANOS DE REFERENCIA			
FECHA	REV.	DESCRIPCION	DIB. REV. APRO.
CONSORCIO		SIGLAS   FECHA   FIRMA   REVISADO POR EL CLIENTE:	
ASTALDI GyM		DISEÑADO   REVISADO   APROBADO	
CONSORCIO ENERGETICO DE HUANGAVELICA S.A.		APROBADO POR EL CLIENTE:	
CENTRAL HIDROELECTRICA HUANZA			
MWH PERU S.A.		TUNEL DE CONDUCCION GEOLOGIA	
DISEÑADO   REVISADO   APROBADO		PERFIL LONGITUDINAL	
SIGLAS   FECHA   FIRMA		PROG. 8+000 AL 9+000	
DIBUJO   H.S.C.   DIC.09			
REVISADO   H.H.A.   DIC.09			
APROBADO   J.A.   DIC.09			
ESCALA:		PLANOS N°:	
N° DE SECUENCIA: 1.3.2.18		CHH-0000-GG3-003-I	



ESTACION (MAPEO)	PROGRESIVA TUNEL	RMR (BIENIAWSKI)	Q (BARTON)	GRADO DE ALT./DUREZA/FRAC.	TIPO DE ROCA	CALIDAD MACIZO	PRESENCIA DE AGUA	LITOLOGIA	ORIENTACION DEL TUNEL	SISTEMA DE DISCONTINUIDAD BUZ./DIR. BUZ. MODULO DE DEFORMACION (Em)	PRESION (PV) PRESION (PH)	SOSTENIMIENTO PREVISTO
9+000	9+000	4.74	58	A3-A4/D3-D4/F4-F5	IV-a	MALA-a	ZONA MOJADA Y CHORROS DE AGUA	TOBA GRISÁCEA	S 05° W	1) 71°/305° 2) 52°/203° 3) 60°/095°	Pv = 4.0 MPa Ph = 1.93 MPa	IVa-75% IVb-25%
9+160	9+160	3.79	56	A3/D3-D4/F3	III	REGULAR	ZONA HUMEDA Y GOTEO	TOBA GRISÁCEA Y ANDESITAS	S 05° W	1) 71°/305° 2) 52°/203° 3) 60°/095°	Pv = 6.0 MPa Ph = 3.66 MPa	III-85% IVa-15%
9+480	9+480	0.07	20	A4-A5/D4-D5/F5	V	MUY MALA	ZONA MOJADA Y CHORROS DE AGUA	DIORITA A GRANDIORITA MUY FRACTURADA	S 35° W	1) 33°/038° 2) 67°/325° 3) 50°/218°	Pv = 5.0 MPa Ph = 1.66 MPa	V-100%
9+780	9+780	0.17	28	A3-A4/D3-D4/F4-F5	IV-a	MALA-a	ZONA HUMEDA Y GOTEO	CALIZAS MUY FRACTURADAS	S 35° W	1) 33°/038° 2) 67°/325° 3) 50°/218°	Pv = 3.0 MPa Ph = 1.81 MPa	IVa-75% IVb-25%
9+860	9+860	1.25	46	A4-A5/D4-D5/F5	V	MUY MALA	ZONA MOJADA Y GOTEO	TOBA, DIORITAS, LIMOLITAS Y ARENSICAS	S 35° W	1) 33°/038° 2) 67°/325° 3) 50°/218°	Pv = 3.0 MPa Ph = 1.02 MPa	V-100%

**BASAMENTO ROCOSO**

**ZONA DE TENSIONES**

- A ZONA DE TENSIONES DE RELAJAMIENTO (S.R.F.=5)
- B ZONA DE BAJAS TENSIONES (S.Q.F.)=2.5
- C ZONA DE TENSIONES MODERADAS (S.Q.F.)=1
- D ZONA DE ALTAS TENSIONES O OCURRENCIA DE ESTALLIDO DE ROCA (S.R.F.= 5 a 10)

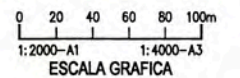
GRADO DE ALTERACION		GRADO DUREZA		FRACTURAMIENTO	
A1	FRESCA	D1	MUY DURA	F1	< 2 FRACTURAS
A2	POCO ALTERADA	D2	DURA	F2	2.5 FRACTURAS
A3	MODERADAMENTE ALTERADA	D3	MEDIANAMENTE DURA	F3	6.10 FRACTURAS
A4	MUY ALTERADA	D4	LIGERAMENTE DURA	F4	11-20 FRACTURAS
A5	COMPLETAMENTE ALTERADA	D5	DEBIL	F5	> 20 FRACTURAS

CLASIFICACION DEL MACIZO ROCOSO		
TIPO	RMR	CALIDAD
I	> 80	MUY BUENA
II	61-80	BUENA
III	41-60	REGULAR
IV a	31-40	MALA a
IV b	21-30	MALA b
V	< 20	MUY MALA

RQD	CONDICION
<25	MUY MALA
25-50	MALA
50-75	REGULAR
75-90	BUENA
90-100	EXCELENTE BUENA

**SIMBOLOGIA**

- MOJADO
- FLUJO
- NIVEL FREATICO
- GOTEOS
- CHORROS
- FALLA INFERIDA
- AGRETIAMIENTO (ALIVIO DE TENSIONES)
- CONTACTO GEOLOGICO
- VENTANA DE ACCESO
- ESTACION DE MAPEO
- DISTANCIA DESDE COTA DEL TERRENO AL TUNEL
- RMR PROMEDIO
- 73°/149° BUZAMIENTO / DIR. BUZ.
- ZONA DE ROCA FRACTURADA
- LINEA DE TENSIONES
- LINEA DE NIVEL FREATICO
- PERMEABILIDAD
- RQD
- RMR
- SONDAJE DE PERFORACION
- GRADO DE INCLINACION
- PROFUNDIDAD DE PERFORACION



- GRUPO RIMAC**
- Tim-1 GRUPO RIMAC (Tim-1) Secuencias de tobos grises o violáceos
  - Tim-2 GRUPO RIMAC (Tim-2) Derrame volcánico andesítico textura fina
  - Tim-3 GRUPO RIMAC (Tim-3) Horizonte de caliza gris blanquecina
  - Tim-4 GRUPO RIMAC (Tim-4) Tobos grisáceos a violáceos textura granular
  - Tim-5 GRUPO RIMAC (Tim-5) Capas de areniscas, limonitas y aglomerados de coloración roja y muy fracturado
  - T-di ROCA INTRUSIVA Compuesta generalmente por diorita de textura granular

**DEPOSITO CUATERNARIO**

- Q-cl COLUMIAL Mezcla de bloques y material fino
- Q-te TERRAZA Acumulaciones de bloques y gravas
- Q-bo BOFEDAL Zona pantanosa saturada de agua

**PRELIMINAR**  
FECHA: Feb 12, 2010

N° DE PLANO	DESCRIPCION
PLANOS DE REFERENCIA	
FECHA	REV.
DESCRIPCION	DIB. REV. APRO.
<b>CONSORCIO</b> <b>ASTALDI GyM</b>	
<b>CONSORCIO ENERGETICO DE HUANCAYELICA S.A.</b> <b>CENTRAL HIDROELECTRICA HUANZA</b>	
<b>MWH PERU S.A.</b>	
<b>TUNEL DE CONDUCCION GEOLOGIA</b> <b>PERFIL LONGITUDINAL</b> <b>PROG. 9+000 AL 10+110</b>	
DIBUJO H.S.C. DIC.09 DISEÑADO H.H.A. DIC.09 REVISADO J.E.Y. DIC.09 APROBADO J.A. DIC.09	SIGLAS FECHA FIRMA REVISADO POR EL CUENTE: APROBADO POR EL CUENTE:
ESCALA: GRAFICA N° DE SECUENCIA: 1.3.4.3	PLANO N°: <b>CHH-0000-GG3-003-J</b>

## **ANEXO N°02**

### **ANÁLISIS DE ESCENARIOS**

Metrados

Costos de ejecución

Tiempos de ejecución

Diagramas Tiempo Camino

**ESCENARIO 1**

TRAMO	INICIO	FIN	LONG.	CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA						LONGITUDES POR TIPO DE ROCA						TIEMPOS POR TIPO DE ROCA					
				PORCENTAJE POR TIPO DE ROCA																	
				I	II	III	IVA	IVB	V	I	II	III	IVA	IVB	V	I	II	III	IVA	IVB	V
1	0+000	0+450	450	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	450.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	135.03	0.00	0.00
2	0+450	0+895	445	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	445.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	72.83	0.00	0.00	0.00
V1	0+895	0+900	5	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.82	0.00	0.00	0.00
3	0+900	1+200	300	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0.00	300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39.68	0.00	0.00	0.00	0.00
4	1+200	1+650	450	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	450.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	73.65	0.00	0.00	0.00
5	1+650	2+700	1,050	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	1,050.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	315.07	0.00	0.00
6	2+700	3+300	600	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0.00	0.00	0.00	0.00	600.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	313.03	0.00
7	3+300	3+750	450	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	450.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	73.65	0.00	0.00	0.00
8	3+750	3+834	84	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0.00	84.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.11	0.00	0.00	0.00	0.00
V2	3+834	4+500	666	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0.00	666.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	88.09	0.00	0.00	0.00	0.00
9	4+500	4+950	450	100%	0%	0%	0%	0%	0%	450.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	4+950	5+550	600	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0.00	600.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	79.36	0.00	0.00	0.00	0.00
11	5+550	5+850	300	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	49.10	0.00	0.00	0.00
12	5+850	6+000	150	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	45.01	0.00	0.00
13	6+000	6+300	300	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	49.10	0.00	0.00	0.00
14	6+300	7+155	855	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0.00	855.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	113.08	0.00	0.00	0.00	0.00
V3	7+155	7+350	195	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0.00	195.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.79	0.00	0.00	0.00	0.00
15	7+350	7+800	450	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	450.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	73.65	0.00	0.00	0.00
16	7+800	7+950	150	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	45.01	0.00	0.00
17	7+950	8+100	150	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.55	0.00	0.00	0.00
18	8+100	9+000	900	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0.00	900.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	119.04	0.00	0.00	0.00	0.00
19	9+000	9+300	300	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	49.10	0.00	0.00	0.00
20	9+300	9+325	25	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.50	0.00	0.00
V4	9+325	9+600	275	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	275.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	82.52	0.00	0.00
21	9+600	9+750	150	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0.00	0.00	0.00	0.00	150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	78.26	0.00
22	9+750	10+110	360	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	234.22
										450.00	3,600.00	2,850.00	2,100.00	750.00	360.00						
										4%	36%	28%	21%	7%	4%						

<b>Tiempo total (días)</b>	2,253.13
<b>N° de frentes</b>	4
<b>Tiempo de ejecución (días)</b>	563
<b>Tiempo de ejecución (meses)</b>	18.77

## COSTOS - ESCENARIO 1

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	COSTO UNIT. (US\$)	SUB TOTAL (US\$)
<b>ROCA TIPO I</b>			<b>101.57</b>	<b>560,793.46</b>
Materiales	m3	5,521.50	30.84	170,299.62
Costo operativo de equipos	m3	5,521.50	24.08	132,963.24
Costo de posesión de equipos	m3	5,521.50	25.58	141,248.11
Costo de posesión mano de obra	m3	5,521.50	21.06	116,282.49
<b>ROCA TIPO II</b>			<b>101.66</b>	<b>4,490,411.53</b>
Materiales	m3	44,172.00	30.94	1,366,460.82
Costo operativo de equipos	m3	44,172.00	24.08	1,063,705.93
Costo de posesión de equipos	m3	44,172.00	25.58	1,129,984.87
Costo de posesión mano de obra	m3	44,172.00	21.06	930,259.91
<b>ROCA TIPO III</b>			<b>132.45</b>	<b>4,631,646.55</b>
Materiales	m3	34,969.50	30.64	1,071,325.60
Costo operativo de equipos	m3	34,969.50	24.76	865,693.29
Costo de posesión de equipos	m3	34,969.50	43.36	1,516,298.45
Costo de posesión mano de obra	m3	34,969.50	33.70	1,178,329.22
<b>ROCA TIPO IVa</b>			<b>196.58</b>	<b>5,065,303.45</b>
Materiales	m3	25,767.00	30.97	797,991.11
Costo operativo de equipos	m3	25,767.00	33.50	863,181.62
Costo de posesión de equipos	m3	25,767.00	74.31	1,914,853.53
Costo de posesión mano de obra	m3	25,767.00	57.80	1,489,277.20
<b>ROCA TIPO IVb</b>			<b>254.45</b>	<b>2,591,568.56</b>
Materiales	m3	10,185.00	30.77	313,433.19
Costo operativo de equipos	m3	10,185.00	40.19	409,360.61
Costo de posesión de equipos	m3	10,185.00	103.22	1,051,308.41
Costo de posesión mano de obra	m3	10,185.00	80.26	817,466.35
<b>ROCA TIPO V</b>			<b>279.60</b>	<b>1,366,925.32</b>
Materiales	m3	4,888.80	27.39	133,918.90
Costo operativo de equipos	m3	4,888.80	38.74	189,390.48
Costo de posesión de equipos	m3	4,888.80	120.11	587,169.42
Costo de posesión mano de obra	m3	4,888.80	93.37	456,446.52
<b>SHOTCRETE</b>			<b>516.37</b>	<b>3,084,273.03</b>
Materiales	m3	5,973.00	405.00	2,419,038.12
Equipos	m3	5,973.00	25.67	153,337.86
Mano de obra	m3	5,973.00	85.70	511,897.05
<b>PERNOS DE ANCLAJE</b>			<b>37.56</b>	<b>1,033,811.48</b>
Materiales	und	27,525.00	23.05	634,341.15
Equipos	und	27,525.00	2.81	77,446.18
Mano de obra	und	27,525.00	11.70	322,024.15
<b>CIMBRAS METÁLICAS</b>			<b>3,973.45</b>	<b>4,410,524.51</b>
Materiales	und	1,110.00	3,258.31	3,616,720.22
Equipos	und	1,110.00	21.01	23,317.40
Mano de obra	und	1,110.00	694.13	770,486.89
<b>SUB TOTAL</b>				<b>27,235,257.89</b>
COSTOS INDIRECTOS (15%)				4,085,288.68
UTILIDAD (12%)				3,268,230.95
			<b>TOTAL (US\$)</b>	<b>34,588,777.52</b>



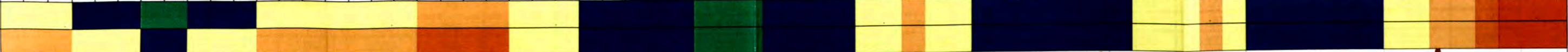
DIAGRAMA TIEMPO CAMINO - ESCENARIO 1

TUNEL DE CONDUCCIÓN

TUNEL DE CONDUCCIÓN

TUNEL DE CONDUCCIÓN

00+150	00+300	00+450	00+600	00+750	00+900	01+050	01+200	01+350	01+500	01+650	01+800	01+950	02+100	02+250	02+400	02+550	02+700	02+850	03+000	03+150	03+300	03+450	03+600	03+750	03+900	04+050	04+200	04+350	04+500	04+650	04+800	04+950	05+100	05+250	05+400	05+550	05+700	05+850	06+000	06+150	06+300	06+450	06+600	06+750	06+900	07+050	07+200	07+350	07+500	07+650	07+800	07+950	08+100	08+250	08+400	08+550	08+700	08+850	09+000	09+150	09+300	09+450	09+600	09+750	09+900	10+050	10+110
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------



Ventana de Acceso 1

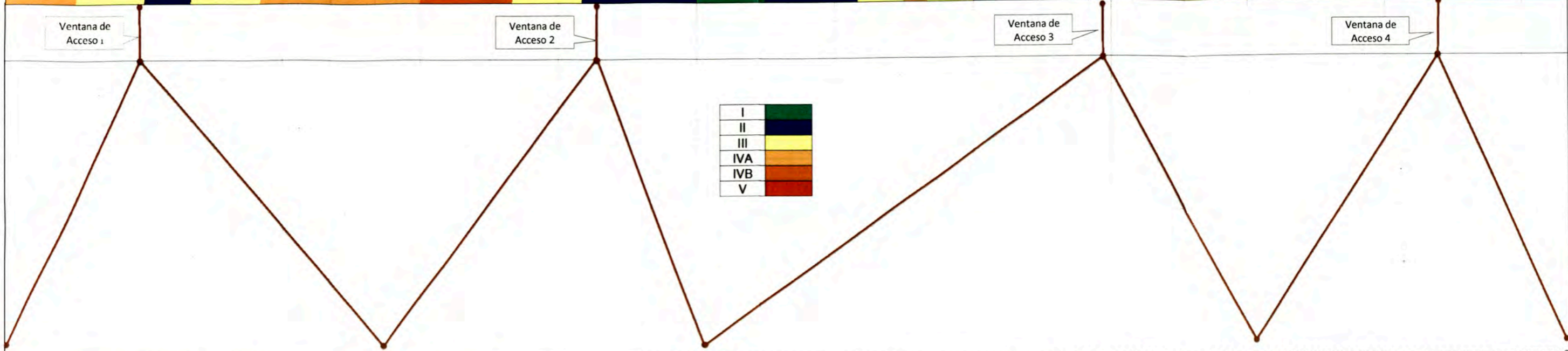
Ventana de Acceso 2

Ventana de Acceso 3

Ventana de Acceso 4

I	Green
II	Dark Blue
III	Yellow
IVA	Orange
IVB	Red-Orange
V	Red

MES 1  
MES 2  
MES 3  
MES 4  
MES 5  
MES 6  
MES 7  
MES 8  
MES 9  
MES 10  
MES 11  
MES 12  
MES 13  
MES 14  
MES 15  
MES 16  
MES 17  
MES 18  
MES 19



2,450 m

2,080 m

3,630 m

1,950 m

**ESCENARIO 2**

TRAMO	INICIO	FIN	LONG.	CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA																	
				PORCENTAJE POR TIPO DE ROCA						LONGITUDES POR TIPO DE ROCA						TIEMPOS POR TIPO DE ROCA					
				I	II	III	IVA	IVB	V	I	II	III	IVA	IVB	V	I	II	III	IVA	IVB	V
1	0+000	0+450	450	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	450.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	73.65	0.00	0.00	0.00
2	0+450	0+895	445	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0.00	445.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	58.86	0.00	0.00	0.00	0.00
V1	0+895	0+900	5	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.66	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0+900	1+200	300	100%	0%	0%	0%	0%	0%	300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	1+200	1+650	450	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0.00	450.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	59.52	0.00	0.00	0.00	0.00
5	1+650	2+700	1,050	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	1,050.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	171.86	0.00	0.00	0.00
6	2+700	3+300	600	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	600.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	180.04	0.00	0.00
7	3+300	3+750	450	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	450.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	135.03	0.00	0.00
8	3+750	3+834	84	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	84.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.75	0.00	0.00	0.00
V2	3+834	4+500	666	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	666.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	109.01	0.00	0.00	0.00
9	4+500	4+950	450	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0.00	450.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	59.52	0.00	0.00	0.00	0.00
10	4+950	5+550	600	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	600.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	98.20	0.00	0.00	0.00
11	5+550	5+850	300	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	90.02	0.00	0.00
12	5+850	6+000	150	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0.00	0.00	0.00	0.00	150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	78.26	0.00
13	6+000	6+300	300	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	90.02	0.00	0.00
14	6+300	7+155	855	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0.00	855.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	113.08	0.00	0.00	0.00	0.00
V3	7+155	7+350	195	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0.00	195.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.79	0.00	0.00	0.00	0.00
15	7+350	7+800	450	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	450.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	73.65	0.00	0.00	0.00
16	7+800	7+950	150	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	45.01	0.00	0.00
17	7+950	8+100	150	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.55	0.00	0.00	0.00
18	8+100	9+000	900	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0.00	900.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	119.04	0.00	0.00	0.00	0.00
19	9+000	9+300	300	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	49.10	0.00	0.00	0.00
20	9+300	9+325	25	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.50	0.00	0.00
V4	9+325	9+600	275	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	275.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	82.52	0.00	0.00
21	9+600	9+750	150	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0.00	0.00	0.00	0.00	150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	78.26	0.00
22	9+750	10+110	360	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	234.22
										300.00	3,300.00	3,750.00	2,100.00	300.00	360.00						
										3%	33%	37%	21%	3%	4%						

<b>Tiempo total (días)</b>	2,107.70
<b>N° de frentes</b>	4
<b>Tiempo de ejecución (días)</b>	527
<b>Tiempo de ejecución (meses)</b>	17.57

## COSTOS - ESCENARIO 2

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	COSTO UNIT. (US\$)	SUB TOTAL (US\$)
<b>ROCA TIPO I</b>			<b>101.57</b>	<b>373,862.31</b>
Materiales	m3	3,681.00	30.84	113,533.08
Costo operativo de equipos	m3	3,681.00	24.08	88,642.16
Costo de posesión de equipos	m3	3,681.00	25.58	94,165.41
Costo de posesión mano de obra	m3	3,681.00	21.06	77,521.66
<b>ROCA TIPO II</b>			<b>101.66</b>	<b>4,116,210.57</b>
Materiales	m3	40,491.00	30.94	1,252,589.09
Costo operativo de equipos	m3	40,491.00	24.08	975,063.77
Costo de posesión de equipos	m3	40,491.00	25.58	1,035,819.46
Costo de posesión mano de obra	m3	40,491.00	21.06	852,738.25
<b>ROCA TIPO III</b>			<b>132.45</b>	<b>6,094,271.78</b>
Materiales	m3	46,012.50	30.64	1,409,638.95
Costo operativo de equipos	m3	46,012.50	24.76	1,139,070.11
Costo de posesión de equipos	m3	46,012.50	43.36	1,995,129.54
Costo de posesión mano de obra	m3	46,012.50	33.70	1,550,433.18
<b>ROCA TIPO IVa</b>			<b>196.58</b>	<b>5,065,303.45</b>
Materiales	m3	25,767.00	30.97	797,991.11
Costo operativo de equipos	m3	25,767.00	33.50	863,181.62
Costo de posesión de equipos	m3	25,767.00	74.31	1,914,853.53
Costo de posesión mano de obra	m3	25,767.00	57.80	1,489,277.20
<b>ROCA TIPO IVb</b>			<b>254.45</b>	<b>1,036,627.42</b>
Materiales	m3	4,074.00	30.77	125,373.28
Costo operativo de equipos	m3	4,074.00	40.19	163,744.25
Costo de posesión de equipos	m3	4,074.00	103.22	420,523.36
Costo de posesión mano de obra	m3	4,074.00	80.26	326,986.54
<b>ROCA TIPO V</b>			<b>279.60</b>	<b>1,366,925.32</b>
Materiales	m3	4,888.80	27.39	133,918.90
Costo operativo de equipos	m3	4,888.80	38.74	189,390.48
Costo de posesión de equipos	m3	4,888.80	120.11	587,169.42
Costo de posesión mano de obra	m3	4,888.80	93.37	456,446.52
<b>SHOTCRETE</b>			<b>516.37</b>	<b>2,999,072.12</b>
Materiales	m3	5,808.00	405.00	2,352,213.86
Equipos	m3	5,808.00	25.67	149,102.01
Mano de obra	m3	5,808.00	85.70	497,756.25
<b>PERNOS DE ANCLAJE</b>			<b>37.56</b>	<b>1,107,051.53</b>
Materiales	und	29,475.00	23.05	679,280.85
Equipos	und	29,475.00	2.81	82,932.83
Mano de obra	und	29,475.00	11.70	344,837.85
<b>CIMBRAS METÁLICAS</b>			<b>3,973.45</b>	<b>2,622,474.03</b>
Materiales	und	660.00	3,258.31	2,150,482.29
Equipos	und	660.00	21.01	13,864.40
Mano de obra	und	660.00	694.13	458,127.34
<b>SUB TOTAL</b>				<b>24,781,798.53</b>
COSTOS INDIRECTOS (15%)				3,717,269.78
UTILIDAD (12%)				2,973,815.82
			<b>TOTAL (US\$)</b>	<b>31,472,884.14</b>

DIAGRAMA TIEMPO CAMINO - ESCENARIO 2

TUNEL DE CONDUCCIÓN

TUNEL DE CONDUCCIÓN

TUNEL DE CONDUCCIÓN

00+150	00+300	00+450	00+600	00+750	00+900	01+050	01+200	01+350	01+500	01+650	01+800	01+950	02+100	02+250	02+400	02+550	02+700	02+850	03+000	03+150	03+300	03+450	03+600	03+750	03+900	04+050	04+200	04+350	04+500	04+650	04+800	04+950	05+100	05+250	05+400	05+550	05+700	05+850	06+000	06+150	06+300	06+450	06+600	06+750	06+900	07+050	07+200	07+350	07+500	07+650	07+800	07+950	08+100	08+250	08+400	08+550	08+700	08+850	09+000	09+150	09+300	09+450	09+600	09+750	09+900	10+050	10+110
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------



Ventana de Acceso 1

Ventana de Acceso 2

Ventana de Acceso 3

Ventana de Acceso 4

MES 1  
MES 2  
MES 3  
MES 4  
MES 5  
MES 6  
MES 7  
MES 8  
MES 9  
MES 10  
MES 11  
MES 12  
MES 13  
MES 14  
MES 15  
MES 16  
MES 17  
MES 18

I	Green
II	Dark Blue
III	Yellow
IVA	Orange
IVB	Light Orange
V	Red

3,120 m

2,620 m

2,690 m

1,680 m



**ESCENARIO 3**

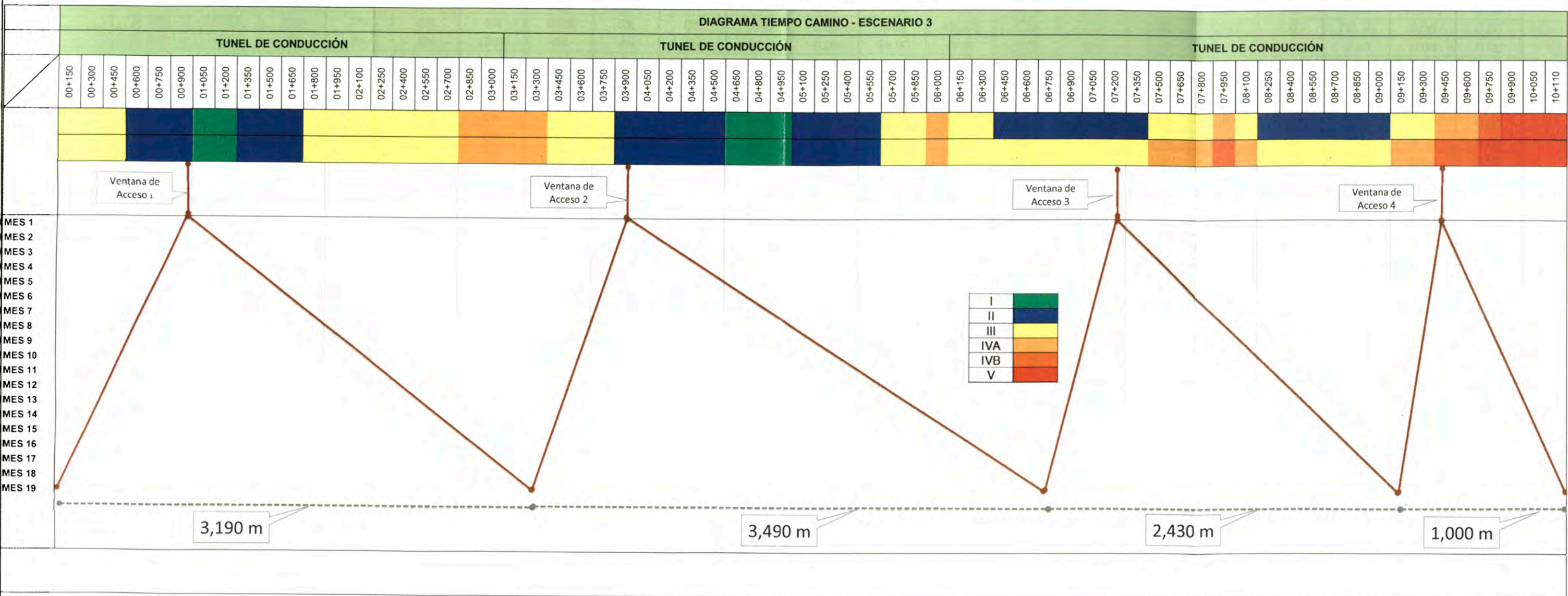
TRAMO	INICIO	FIN	LONG.	CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA						LONGITUDES POR TIPO DE ROCA						TIEMPOS POR TIPO DE ROCA						
				PORCENTAJE POR TIPO DE ROCA																		
				I	II	III	IVA	IVB	V	I	II	III	IVA	IVB	V	I	II	III	IVA	IVB	V	
1	0+000	0+450	450	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	450.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	73.65	0.00	0.00	0.00
2	0+450	0+895	445	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0.00	445.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	58.86	0.00	0.00	0.00	0.00
V1	0+895	0+900	5	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.66	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0+900	1+200	300	100%	0%	0%	0%	0%	0%	300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	1+200	1+650	450	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0.00	450.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	59.52	0.00	0.00	0.00	0.00
5	1+650	2+700	1,050	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	1,050.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	171.86	0.00	0.00	0.00
6	2+700	3+300	600	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	600.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	180.04	0.00	0.00
7	3+300	3+750	450	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	450.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	73.65	0.00	0.00	0.00
8	3+750	3+834	84	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0.00	84.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.11	0.00	0.00	0.00	0.00
V2	3+834	4+500	666	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0.00	666.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	88.09	0.00	0.00	0.00	0.00
9	4+500	4+950	450	100%	0%	0%	0%	0%	0%	450.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	4+950	5+550	600	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0.00	600.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	79.36	0.00	0.00	0.00	0.00
11	5+550	5+850	300	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	49.10	0.00	0.00	0.00
12	5+850	6+000	150	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	45.01	0.00	0.00
13	6+000	6+300	300	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	49.10	0.00	0.00	0.00
14	6+300	7+155	855	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	855.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	139.94	0.00	0.00	0.00
V3	7+155	7+350	195	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	195.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.92	0.00	0.00	0.00
15	7+350	7+800	450	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	450.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	135.03	0.00	0.00
16	7+800	7+950	150	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0.00	0.00	0.00	0.00	150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	78.26	0.00
17	7+950	8+100	150	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	45.01	0.00	0.00
18	8+100	9+000	900	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	900.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	147.31	0.00	0.00	0.00
19	9+000	9+300	300	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	90.02	0.00	0.00
20	9+300	9+325	25	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.04	0.00
V4	9+325	9+600	275	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0.00	0.00	0.00	0.00	275.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	143.47	0.00
21	9+600	9+750	150	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.59
22	9+750	10+110	360	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	234.22
										750.00	2,250.00	4,500.00	1,650.00	450.00	510.00							
										7%	22%	45%	16%	4%	5%							

Tiempo total (días)	2,187.28
N° de frentes	4
Tiempo de ejecución (días)	547
Tiempo de ejecución (meses)	18.23

### COSTOS - ESCENARIO 3

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	COSTO UNIT. (US\$)	SUB TOTAL (US\$)
<b>ROCA TIPO I</b>			<b>101.57</b>	<b>934,655.77</b>
Materiales	m3	9,202.50	30.84	283,832.71
Costo operativo de equipos	m3	9,202.50	24.08	221,605.40
Costo de posesión de equipos	m3	9,202.50	25.58	235,413.51
Costo de posesión mano de obra	m3	9,202.50	21.06	193,804.15
<b>ROCA TIPO II</b>			<b>101.66</b>	<b>2,806,507.21</b>
Materiales	m3	27,607.50	30.94	854,038.01
Costo operativo de equipos	m3	27,607.50	24.08	664,816.21
Costo de posesión de equipos	m3	27,607.50	25.58	706,240.54
Costo de posesión mano de obra	m3	27,607.50	21.06	581,412.44
<b>ROCA TIPO III</b>			<b>132.45</b>	<b>7,313,126.13</b>
Materiales	m3	55,215.00	30.64	1,691,566.74
Costo operativo de equipos	m3	55,215.00	24.76	1,366,884.14
Costo de posesión de equipos	m3	55,215.00	43.36	2,394,155.44
Costo de posesión mano de obra	m3	55,215.00	33.70	1,860,519.82
<b>ROCA TIPO IVa</b>			<b>196.58</b>	<b>3,979,881.29</b>
Materiales	m3	20,245.50	30.97	626,993.01
Costo operativo de equipos	m3	20,245.50	33.50	678,214.13
Costo de posesión de equipos	m3	20,245.50	74.31	1,504,527.77
Costo de posesión mano de obra	m3	20,245.50	57.80	1,170,146.38
<b>ROCA TIPO IVb</b>			<b>254.45</b>	<b>1,554,941.14</b>
Materiales	m3	6,111.00	30.77	188,059.91
Costo operativo de equipos	m3	6,111.00	40.19	245,616.37
Costo de posesión de equipos	m3	6,111.00	103.22	630,785.04
Costo de posesión mano de obra	m3	6,111.00	80.26	490,479.81
<b>ROCA TIPO V</b>			<b>279.60</b>	<b>1,936,477.54</b>
Materiales	m3	6,925.80	27.39	189,718.44
Costo operativo de equipos	m3	6,925.80	38.74	268,303.18
Costo de posesión de equipos	m3	6,925.80	120.11	831,823.35
Costo de posesión mano de obra	m3	6,925.80	93.37	646,632.57
<b>SHOTCRETE</b>			<b>516.37</b>	<b>3,057,163.65</b>
Materiales	m3	5,920.50	405.00	2,397,775.86
Equipos	m3	5,920.50	25.67	151,990.09
Mano de obra	m3	5,920.50	85.70	507,397.70
<b>PERNOS DE ANCLAJE</b>			<b>37.56</b>	<b>1,002,825.30</b>
Materiales	und	26,700.00	23.05	615,328.20
Equipos	und	26,700.00	2.81	75,124.90
Mano de obra	und	26,700.00	11.70	312,372.20
<b>CIMBRAS METÁLICAS</b>			<b>3,973.45</b>	<b>3,814,507.68</b>
Materiales	und	960.00	3,258.31	3,127,974.24
Equipos	und	960.00	21.01	20,166.40
Mano de obra	und	960.00	694.13	666,367.04
<b>SUB TOTAL</b>				<b>26,400,085.70</b>
COSTOS INDIRECTOS (15%)				3,960,012.86
UTILIDAD (12%)				3,168,010.28
			<b>TOTAL (US\$)</b>	<b>33,528,108.84</b>

DIAGRAMA TIEMPO CAMINO - ESCENARIO 3



- I
- II
- III
- IVA
- IVB
- V

Ventana de Acceso 1

Ventana de Acceso 2

Ventana de Acceso 3

Ventana de Acceso 4

3,190 m

3,490 m

2,430 m

1,000 m

- MES 1
- MES 2
- MES 3
- MES 4
- MES 5
- MES 6
- MES 7
- MES 8
- MES 9
- MES 10
- MES 11
- MES 12
- MES 13
- MES 14
- MES 15
- MES 16
- MES 17
- MES 18
- MES 19

**ESCENARIO 1+2**

TRAMO	INICIO	FIN	LONG.	CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA						LONGITUDES POR TIPO DE ROCA						TIEMPOS POR TIPO DE ROCA					
				PORCENTAJE POR TIPO DE ROCA						LONGITUDES POR TIPO DE ROCA						TIEMPOS POR TIPO DE ROCA					
				I	II	III	IVA	IVB	V	I	II	III	IVA	IVB	V	I	II	III	IVA	IVB	V
1	0+000	0+450	450	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	450.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	135.03	0.00	0.00
2	0+450	0+895	445	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	445.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	72.83	0.00	0.00
V1	0+895	0+900	5	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.82	0.00	0.00
3	0+900	1+200	300	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0.00	300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39.68	0.00	0.00	0.00
4	1+200	1+650	450	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	450.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	73.65	0.00	0.00
5	1+650	2+700	1,050	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	1,050.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	315.07	0.00
6	2+700	3+300	600	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0.00	0.00	0.00	0.00	600.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	313.03
7	3+300	3+750	450	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	450.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	135.03	0.00
8	3+750	3+834	84	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	84.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.75	0.00	0.00
V2	3+834	4+500	666	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	666.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	109.01	0.00	0.00
9	4+500	4+950	450	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0.00	450.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	59.52	0.00	0.00	0.00
10	4+950	5+550	600	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	600.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	98.20	0.00	0.00
11	5+550	5+850	300	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	90.02	0.00
12	5+850	6+000	150	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0.00	0.00	0.00	0.00	150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	78.26
13	6+000	6+300	300	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	90.02	0.00
14	6+300	7+155	855	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0.00	855.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	113.08	0.00	0.00	0.00
V3	7+155	7+350	195	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0.00	195.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.79	0.00	0.00	0.00
15	7+350	7+800	450	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	450.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	73.65	0.00	0.00
16	7+800	7+950	150	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	45.01	0.00
17	7+950	8+100	150	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.55	0.00	0.00
18	8+100	9+000	900	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0.00	900.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	119.04	0.00	0.00	0.00
19	9+000	9+300	300	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	49.10	0.00	0.00
20	9+300	9+325	25	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.50	0.00
V4	9+325	9+600	275	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	275.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	82.52	0.00
21	9+600	9+750	150	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0.00	0.00	0.00	0.00	150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	78.26
22	9+750	10+110	360	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	234.22
										0.00	2,700.00	3,150.00	3,000.00	900.00	360.00						
										0%	27%	31%	30%	9%	4%						

<b>Tiempo total (días)</b>	2,476.64
<b>N° de frentes</b>	4
<b>Tiempo de ejecución (días)</b>	619
<b>Tiempo de ejecución (meses)</b>	20.63



## COSTOS - ESCENARIO 1+2

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	COSTO UNIT. (US\$)	SUB TOTAL (US\$)
<b>ROCA TIPO I</b>			<b>101.57</b>	<b>0.00</b>
Materiales	m3	-	30.84	0.00
Costo operativo de equipos	m3	-	24.08	0.00
Costo de posesión de equipos	m3	-	25.58	0.00
Costo de posesión mano de obra	m3	-	21.06	0.00
<b>ROCA TIPO II</b>			<b>101.66</b>	<b>3,367,808.65</b>
Materiales	m3	33,129.00	30.94	1,024,845.62
Costo operativo de equipos	m3	33,129.00	24.08	797,779.45
Costo de posesión de equipos	m3	33,129.00	25.58	847,488.65
Costo de posesión mano de obra	m3	33,129.00	21.06	697,694.93
<b>ROCA TIPO III</b>			<b>132.45</b>	<b>5,119,188.29</b>
Materiales	m3	38,650.50	30.64	1,184,096.72
Costo operativo de equipos	m3	38,650.50	24.76	956,818.89
Costo de posesión de equipos	m3	38,650.50	43.36	1,675,908.81
Costo de posesión mano de obra	m3	38,650.50	33.70	1,302,363.87
<b>ROCA TIPO IVa</b>			<b>196.58</b>	<b>7,236,147.79</b>
Materiales	m3	36,810.00	30.97	1,139,987.30
Costo operativo de equipos	m3	36,810.00	33.50	1,233,116.60
Costo de posesión de equipos	m3	36,810.00	74.31	2,735,505.04
Costo de posesión mano de obra	m3	36,810.00	57.80	2,127,538.86
<b>ROCA TIPO IVb</b>			<b>254.45</b>	<b>3,109,882.27</b>
Materiales	m3	12,222.00	30.77	376,119.83
Costo operativo de equipos	m3	12,222.00	40.19	491,232.74
Costo de posesión de equipos	m3	12,222.00	103.22	1,261,570.09
Costo de posesión mano de obra	m3	12,222.00	80.26	980,959.62
<b>ROCA TIPO V</b>			<b>279.60</b>	<b>1,366,925.32</b>
Materiales	m3	4,888.80	27.39	133,918.90
Costo operativo de equipos	m3	4,888.80	38.74	189,390.48
Costo de posesión de equipos	m3	4,888.80	120.11	587,169.42
Costo de posesión mano de obra	m3	4,888.80	93.37	456,446.52
<b>SHOTCRETE</b>			<b>516.37</b>	<b>3,603,224.05</b>
Materiales	m3	6,978.00	405.00	2,826,058.60
Equipos	m3	6,978.00	25.67	179,138.05
Mano de obra	m3	6,978.00	85.70	598,027.39
<b>PERNOS DE ANCLAJE</b>			<b>37.56</b>	<b>1,298,602.43</b>
Materiales	und	34,575.00	23.05	796,815.45
Equipos	und	34,575.00	2.81	97,282.53
Mano de obra	und	34,575.00	11.70	404,504.45
<b>CIMBRAS METÁLICAS</b>			<b>3,973.45</b>	<b>5,006,541.33</b>
Materiales	und	1,260.00	3,258.31	4,105,466.19
Equipos	und	1,260.00	21.01	26,468.40
Mano de obra	und	1,260.00	694.13	874,606.74
<b>SUB TOTAL</b>				<b>30,108,320.13</b>
COSTOS INDIRECTOS (15%)				4,516,248.02
UTILIDAD (12%)				3,612,998.42
			<b>TOTAL (US\$)</b>	<b>38,237,566.56</b>

DIAGRAMA TIEMPO CAMINO - ESCENARIO 1 + 2

TUNEL DE CONDUCCIÓN

TUNEL DE CONDUCCIÓN

TUNEL DE CONDUCCIÓN

00+150 00+300 00+450 00+600 00+750 00+900 01+050 01+200 01+350 01+500 01+650 01+800 01+950 02+100 02+250 02+400 02+550 02+700 02+850 03+000 03+150 03+300 03+450 03+600 03+750 03+900 04+050 04+200 04+350 04+500 04+650 04+800 04+950 05+100 05+250 05+400 05+550 05+700 05+850 06+000 06+150 06+300 06+450 06+600 06+750 06+900 07+050 07+200 07+350 07+500 07+650 07+800 07+950 08+100 08+250 08+400 08+550 08+700 08+850 09+000 09+150 09+300 09+450 09+600 09+750 09+900 10+050 10+110



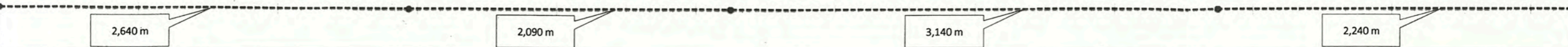
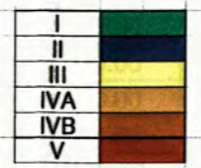
Ventana de Acceso 1

Ventana de Acceso 2

Ventana de Acceso 3

Ventana de Acceso 4

MES 1  
MES 2  
MES 3  
MES 4  
MES 5  
MES 6  
MES 7  
MES 8  
MES 9  
MES 10  
MES 11  
MES 12  
MES 13  
MES 14  
MES 15  
MES 16  
MES 17  
MES 18  
MES 19  
MES 20  
MES 21



**ESCENARIO 1+3**

TRAMO	INICIO	FIN	LONG.	CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA						LONGITUDES POR TIPO DE ROCA						TIEMPOS POR TIPO DE ROCA					
				PORCENTAJE POR TIPO DE ROCA																	
				I	II	III	IVA	IVB	V	I	II	III	IVA	IVB	V	I	II	III	IVA	IVB	V
1	0+000	0+450	450	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	450.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	135.03	0.00	0.00
2	0+450	0+895	445	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	445.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	72.83	0.00	0.00	0.00
V1	0+895	0+900	5	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.82	0.00	0.00	0.00
3	0+900	1+200	300	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0.00	300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39.68	0.00	0.00	0.00	0.00
4	1+200	1+650	450	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	450.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	73.65	0.00	0.00	0.00
5	1+650	2+700	1,050	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	1,050.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	315.07	0.00	0.00
6	2+700	3+300	600	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0.00	0.00	0.00	0.00	600.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	313.03	0.00
7	3+300	3+750	450	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	450.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	73.65	0.00	0.00	0.00
8	3+750	3+834	84	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0.00	84.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.11	0.00	0.00	0.00	0.00
V2	3+834	4+500	666	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0.00	666.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	88.09	0.00	0.00	0.00	0.00
9	4+500	4+950	450	100%	0%	0%	0%	0%	0%	450.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	4+950	5+550	600	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0.00	600.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	79.36	0.00	0.00	0.00	0.00
11	5+550	5+850	300	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	49.10	0.00	0.00	0.00
12	5+850	6+000	150	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	45.01	0.00	0.00
13	6+000	6+300	300	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	49.10	0.00	0.00	0.00
14	6+300	7+155	855	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	855.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	139.94	0.00	0.00	0.00
V3	7+155	7+350	195	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	195.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.92	0.00	0.00	0.00
15	7+350	7+800	450	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	450.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	135.03	0.00	0.00
16	7+800	7+950	150	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0.00	0.00	0.00	0.00	150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	78.26	0.00
17	7+950	8+100	150	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	45.01	0.00	0.00	0.00
18	8+100	9+000	900	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	900.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	147.31	0.00	0.00	0.00
19	9+000	9+300	300	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	90.02	0.00	0.00
20	9+300	9+325	25	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.04	0.00
V4	9+325	9+600	275	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0.00	0.00	0.00	0.00	275.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	143.47	0.00
21	9+600	9+750	150	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.59
22	9+750	10+110	360	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	234.22
										450.00	1,650.00	3,900.00	2,550.00	1,050.00	510.00						
										4%	16%	39%	25%	10%	5%						

<b>Tiempo total (días)</b>	2,556.22
<b>N° de frentes</b>	4
<b>Tiempo de ejecución (días)</b>	639
<b>Tiempo de ejecución (meses)</b>	21.3

## COSTOS - ESCENARIO 1+3

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	COSTO UNIT. (US\$)	SUB TOTAL (US\$)
<b>ROCA TIPO I</b>			<b>101.57</b>	<b>560,793.46</b>
Materiales	m3	5,521.50	30.84	170,299.62
Costo operativo de equipos	m3	5,521.50	24.08	132,963.24
Costo de posesión de equipos	m3	5,521.50	25.58	141,248.11
Costo de posesión mano de obra	m3	5,521.50	21.06	116,282.49
<b>ROCA TIPO II</b>			<b>101.66</b>	<b>2,058,105.28</b>
Materiales	m3	20,245.50	30.94	626,294.54
Costo operativo de equipos	m3	20,245.50	24.08	487,531.89
Costo de posesión de equipos	m3	20,245.50	25.58	517,909.73
Costo de posesión mano de obra	m3	20,245.50	21.06	426,369.12
<b>ROCA TIPO III</b>			<b>132.45</b>	<b>6,338,042.65</b>
Materiales	m3	47,853.00	30.64	1,466,024.51
Costo operativo de equipos	m3	47,853.00	24.76	1,184,632.92
Costo de posesión de equipos	m3	47,853.00	43.36	2,074,934.72
Costo de posesión mano de obra	m3	47,853.00	33.70	1,612,450.51
<b>ROCA TIPO IVa</b>			<b>196.58</b>	<b>6,150,725.62</b>
Materiales	m3	31,288.50	30.97	968,989.20
Costo operativo de equipos	m3	31,288.50	33.50	1,048,149.11
Costo de posesión de equipos	m3	31,288.50	74.31	2,325,179.28
Costo de posesión mano de obra	m3	31,288.50	57.80	1,808,408.03
<b>ROCA TIPO IVb</b>			<b>254.45</b>	<b>3,628,195.98</b>
Materiales	m3	14,259.00	30.77	438,806.47
Costo operativo de equipos	m3	14,259.00	40.19	573,104.86
Costo de posesión de equipos	m3	14,259.00	103.22	1,471,831.77
Costo de posesión mano de obra	m3	14,259.00	80.26	1,144,452.89
<b>ROCA TIPO V</b>			<b>279.60</b>	<b>1,936,477.54</b>
Materiales	m3	6,925.80	27.39	189,718.44
Costo operativo de equipos	m3	6,925.80	38.74	268,303.18
Costo de posesión de equipos	m3	6,925.80	120.11	831,823.35
Costo de posesión mano de obra	m3	6,925.80	93.37	646,632.57
<b>SHOTCRETE</b>			<b>516.37</b>	<b>3,661,315.58</b>
Materiales	m3	7,090.50	405.00	2,871,620.59
Equipos	m3	7,090.50	25.67	182,026.13
Mano de obra	m3	7,090.50	85.70	607,668.85
<b>PERNOS DE ANCLAJE</b>			<b>37.56</b>	<b>1,194,376.20</b>
Materiales	und	31,800.00	23.05	732,862.80
Equipos	und	31,800.00	2.81	89,474.60
Mano de obra	und	31,800.00	11.70	372,038.80
<b>CIMBRAS METÁLICAS</b>			<b>3,973.45</b>	<b>6,198,574.98</b>
Materiales	und	1,560.00	3,258.31	5,082,958.14
Equipos	und	1,560.00	21.01	32,770.40
Mano de obra	und	1,560.00	694.13	1,082,846.44
<b>SUB TOTAL</b>				<b>31,726,607.30</b>
COSTOS INDIRECTOS (15%)				4,758,991.10
UTILIDAD (12%)				3,807,192.88
			<b>TOTAL (US\$)</b>	<b>40,292,791.27</b>

### DIAGRAMA TIEMPO CAMINO - ESCENARIO 1 + 3

TUNEL DE CONDUCCIÓN

TUNEL DE CONDUCCIÓN

TUNEL DE CONDUCCIÓN

00+150	00+300	00+450	00+600	00+750	00+900	01+050	01+200	01+350	01+500	01+650	01+800	01+950	02+100	02+250	02+400	02+550	02+700	02+850	03+000	03+150	03+300	03+450	03+600	03+750	03+900	04+050	04+200	04+350	04+500	04+650	04+800	04+950	05+100	05+250	05+400	05+550	05+700	05+850	06+000	06+150	06+300	06+450	06+600	06+750	06+900	07+050	07+200	07+350	07+500	07+650	07+800	07+950	08+100	08+250	08+400	08+550	08+700	08+850	09+000	09+150	09+300	09+450	09+600	09+750	09+900	10+050	10+110
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------



Ventana de Acceso 1

Ventana de Acceso 2

Ventana de Acceso 3

Ventana de Acceso 4

MES 1  
MES 2  
MES 3  
MES 4  
MES 5  
MES 6  
MES 7  
MES 8  
MES 9  
MES 10  
MES 11  
MES 12  
MES 13  
MES 14  
MES 15  
MES 16  
MES 17  
MES 18  
MES 19  
MES 20  
MES 21  
MES 22

I	Green
II	Dark Blue
III	Yellow
IVA	Orange
IVB	Brown
V	Dark Red

2,700 m

2,970 m

2,950 m

1,490 m



**ESCENARIO 2+3**

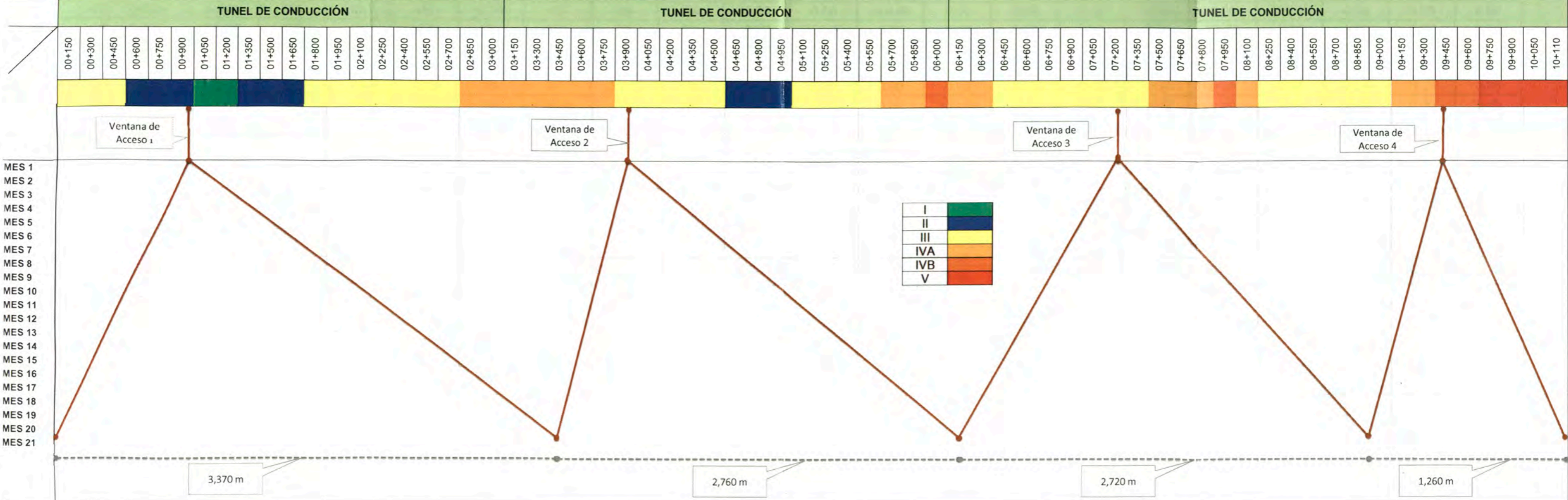
TRAMO	INICIO	FIN	LONG.	CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA						LONGITUDES POR TIPO DE ROCA						TIEMPOS POR TIPO DE ROCA						
				PORCENTAJE POR TIPO DE ROCA																		
				I	II	III	IVA	IVB	V	I	II	III	IVA	IVB	V	I	II	III	IVA	IVB	V	
1	0+000	0+450	450	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	450.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	73.65	0.00	0.00	0.00
2	0+450	0+895	445	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0.00	445.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	58.86	0.00	0.00	0.00	0.00
V1	0+895	0+900	5	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.66	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0+900	1+200	300	100%	0%	0%	0%	0%	0%	300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	1+200	1+650	450	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0.00	450.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	59.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	1+650	2+700	1,050	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	1,050.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	171.86	0.00	0.00	0.00
6	2+700	3+300	600	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	600.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	180.04	0.00	0.00
7	3+300	3+750	450	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	450.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	135.03	0.00	0.00
8	3+750	3+834	84	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	84.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.75	0.00	0.00	0.00
V2	3+834	4+500	666	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	666.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	109.01	0.00	0.00	0.00
9	4+500	4+950	450	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0.00	450.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	59.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	4+950	5+550	600	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	600.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	98.20	0.00	0.00	0.00
11	5+550	5+850	300	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	90.02	0.00	0.00
12	5+850	6+000	150	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0.00	0.00	0.00	0.00	150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	78.26	0.00
13	6+000	6+300	300	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	90.02	0.00	0.00
14	6+300	7+155	855	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	855.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	139.94	0.00	0.00	0.00
V3	7+155	7+350	195	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	195.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.92	0.00	0.00	0.00
15	7+350	7+800	450	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	450.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	135.03	0.00	0.00
16	7+800	7+950	150	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0.00	0.00	0.00	0.00	150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	78.26	0.00
17	7+950	8+100	150	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	45.01	0.00	0.00
18	8+100	9+000	900	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	900.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	147.31	0.00	0.00	0.00
19	9+000	9+300	300	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	90.02	0.00	0.00
20	9+300	9+325	25	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.04	0.00
V4	9+325	9+600	275	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0.00	0.00	0.00	0.00	275.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	143.47	0.00
21	9+600	9+750	150	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.59
22	9+750	10+110	360	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	234.22
										300.00	1,350.00	4,800.00	2,550.00	600.00	510.00							
										3%	13%	47%	25%	6%	5%							

<b>Tiempo total (días)</b>	2,410.78
<b>N° de frentes</b>	4
<b>Tiempo de ejecución (días)</b>	603
<b>Tiempo de ejecución (meses)</b>	20.1

## COSTOS - ESCENARIO 2+3

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	COSTO UNIT. (US\$)	SUB TOTAL (US\$)
<b>ROCA TIPO I</b>			<b>101.57</b>	<b>373,862.31</b>
Materiales	m3	3,681.00	30.84	113,533.08
Costo operativo de equipos	m3	3,681.00	24.08	88,642.16
Costo de posesión de equipos	m3	3,681.00	25.58	94,165.41
Costo de posesión mano de obra	m3	3,681.00	21.06	77,521.66
<b>ROCA TIPO II</b>			<b>101.66</b>	<b>1,683,904.32</b>
Materiales	m3	16,564.50	30.94	512,422.81
Costo operativo de equipos	m3	16,564.50	24.08	398,889.72
Costo de posesión de equipos	m3	16,564.50	25.58	423,744.33
Costo de posesión mano de obra	m3	16,564.50	21.06	348,847.47
<b>ROCA TIPO III</b>			<b>132.45</b>	<b>7,800,667.88</b>
Materiales	m3	58,896.00	30.64	1,804,337.86
Costo operativo de equipos	m3	58,896.00	24.76	1,458,009.74
Costo de posesión de equipos	m3	58,896.00	43.36	2,553,765.81
Costo de posesión mano de obra	m3	58,896.00	33.70	1,984,554.47
<b>ROCA TIPO IVa</b>			<b>196.58</b>	<b>6,150,725.62</b>
Materiales	m3	31,288.50	30.97	968,989.20
Costo operativo de equipos	m3	31,288.50	33.50	1,048,149.11
Costo de posesión de equipos	m3	31,288.50	74.31	2,325,179.28
Costo de posesión mano de obra	m3	31,288.50	57.80	1,808,408.03
<b>ROCA TIPO IVb</b>			<b>254.45</b>	<b>2,073,254.85</b>
Materiales	m3	8,148.00	30.77	250,746.55
Costo operativo de equipos	m3	8,148.00	40.19	327,488.49
Costo de posesión de equipos	m3	8,148.00	103.22	841,046.73
Costo de posesión mano de obra	m3	8,148.00	80.26	653,973.08
<b>ROCA TIPO V</b>			<b>279.60</b>	<b>1,936,477.54</b>
Materiales	m3	6,925.80	27.39	189,718.44
Costo operativo de equipos	m3	6,925.80	38.74	268,303.18
Costo de posesión de equipos	m3	6,925.80	120.11	831,823.35
Costo de posesión mano de obra	m3	6,925.80	93.37	646,632.57
<b>SHOTCRETE</b>			<b>516.37</b>	<b>3,576,114.66</b>
Materiales	m3	6,925.50	405.00	2,804,796.34
Equipos	m3	6,925.50	25.67	177,790.28
Mano de obra	m3	6,925.50	85.70	593,528.05
<b>PERNOS DE ANCLAJE</b>			<b>37.56</b>	<b>1,267,616.25</b>
Materiales	und	33,750.00	23.05	777,802.50
Equipos	und	33,750.00	2.81	94,961.25
Mano de obra	und	33,750.00	11.70	394,852.50
<b>CIMBRAS METÁLICAS</b>			<b>3,973.45</b>	<b>4,410,524.51</b>
Materiales	und	1,110.00	3,258.31	3,616,720.22
Equipos	und	1,110.00	21.01	23,317.40
Mano de obra	und	1,110.00	694.13	770,486.89
<b>SUB TOTAL</b>				<b>29,273,147.94</b>
COSTOS INDIRECTOS (15%)				4,390,972.19
UTILIDAD (12%)				3,512,777.75
			<b>TOTAL (US\$)</b>	<b>37,176,897.88</b>

DIAGRAMA TIEMPO CAMINO - ESCENARIO 2 + 3





**ESCENARIO 1+2+3**

TRAMO	INICIO	FIN	LONG.	CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA					LONGITUDES POR TIPO DE ROCA					TIEMPOS POR TIPO DE ROCA							
				PORCENTAJE POR TIPO DE ROCA																	
				I	II	III	IVA	IVB	V	I	II	III	IVA	IVB	V	I	II	III	IVA	IVB	V
1	0+000	0+450	450	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	450.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	135.03	0.00	0.00
2	0+450	0+895	445	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	445.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	72.83	0.00	0.00	0.00
V1	0+895	0+900	5	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.82	0.00	0.00	0.00
3	0+900	1+200	300	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0.00	300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39.68	0.00	0.00	0.00
4	1+200	1+650	450	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	450.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	73.65	0.00	0.00	0.00
5	1+650	2+700	1,050	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	1,050.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	315.07	0.00	0.00
6	2+700	3+300	600	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0.00	0.00	0.00	0.00	600.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	313.03	0.00
7	3+300	3+750	450	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	450.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	135.03	0.00	0.00
8	3+750	3+834	84	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	84.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.75	0.00	0.00	0.00
V2	3+834	4+500	666	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	666.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	109.01	0.00	0.00	0.00
9	4+500	4+950	450	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0.00	450.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	59.52	0.00	0.00	0.00	0.00
10	4+950	5+550	600	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	600.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	98.20	0.00	0.00	0.00
11	5+550	5+850	300	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	90.02	0.00	0.00
12	5+850	6+000	150	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0.00	0.00	0.00	0.00	150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	78.26	0.00
13	6+000	6+300	300	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	90.02	0.00	0.00
14	6+300	7+155	855	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	855.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	139.94	0.00	0.00	0.00
V3	7+155	7+350	195	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	195.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.92	0.00	0.00	0.00
15	7+350	7+800	450	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	450.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	135.03	0.00	0.00
16	7+800	7+950	150	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0.00	0.00	0.00	0.00	150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	78.26	0.00
17	7+950	8+100	150	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	45.01	0.00	0.00
18	8+100	9+000	900	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0.00	0.00	900.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	147.31	0.00	0.00	0.00
19	9+000	9+300	300	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0.00	0.00	0.00	300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	90.02	0.00	0.00
20	9+300	9+325	25	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.04	0.00
V4	9+325	9+600	275	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0.00	0.00	0.00	0.00	275.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	143.47	0.00
21	9+600	9+750	150	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.59
22	9+750	10+110	360	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	234.22
										0.00	750.00	4,200.00	3,450.00	1,200.00	510.00						
										0%	7%	42%	34%	12%	5%						

<b>Tiempo total (días)</b>	2,779.72
<b>N° de frentes</b>	4
<b>Tiempo de ejecución (días)</b>	695
<b>Tiempo de ejecución (meses)</b>	23.17

## COSTOS - ESCENARIO 1+2+3

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	COSTO UNIT. (US\$)	SUB TOTAL (US\$)
<b>ROCA TIPO I</b>			<b>101.57</b>	<b>0.00</b>
Materiales	m3	-	30.84	0.00
Costo operativo de equipos	m3	-	24.08	0.00
Costo de posesión de equipos	m3	-	25.58	0.00
Costo de posesión mano de obra	m3	-	21.06	0.00
<b>ROCA TIPO II</b>			<b>101.66</b>	<b>935,502.40</b>
Materiales	m3	9,202.50	30.94	284,679.34
Costo operativo de equipos	m3	9,202.50	24.08	221,605.40
Costo de posesión de equipos	m3	9,202.50	25.58	235,413.51
Costo de posesión mano de obra	m3	9,202.50	21.06	193,804.15
<b>ROCA TIPO III</b>			<b>132.45</b>	<b>6,825,584.39</b>
Materiales	m3	51,534.00	30.64	1,578,795.62
Costo operativo de equipos	m3	51,534.00	24.76	1,275,758.53
Costo de posesión de equipos	m3	51,534.00	43.36	2,234,545.08
Costo de posesión mano de obra	m3	51,534.00	33.70	1,736,485.16
<b>ROCA TIPO IVa</b>			<b>196.58</b>	<b>8,321,569.96</b>
Materiales	m3	42,331.50	30.97	1,310,985.39
Costo operativo de equipos	m3	42,331.50	33.50	1,418,084.08
Costo de posesión de equipos	m3	42,331.50	74.31	3,145,830.79
Costo de posesión mano de obra	m3	42,331.50	57.80	2,446,669.69
<b>ROCA TIPO IVb</b>			<b>254.45</b>	<b>4,146,509.70</b>
Materiales	m3	16,296.00	30.77	501,493.10
Costo operativo de equipos	m3	16,296.00	40.19	654,976.98
Costo de posesión de equipos	m3	16,296.00	103.22	1,682,093.45
Costo de posesión mano de obra	m3	16,296.00	80.26	1,307,946.16
<b>ROCA TIPO V</b>			<b>279.60</b>	<b>1,936,477.54</b>
Materiales	m3	6,925.80	27.39	189,718.44
Costo operativo de equipos	m3	6,925.80	38.74	268,303.18
Costo de posesión de equipos	m3	6,925.80	120.11	831,823.35
Costo de posesión mano de obra	m3	6,925.80	93.37	646,632.57
<b>SHOTCRETE</b>			<b>516.37</b>	<b>4,180,266.59</b>
Materiales	m3	8,095.50	405.00	3,278,641.07
Equipos	m3	8,095.50	25.67	207,826.33
Mano de obra	m3	8,095.50	85.70	693,799.19
<b>PERNOS DE ANCLAJE</b>			<b>37.56</b>	<b>1,459,167.15</b>
Materiales	und	38,850.00	23.05	895,337.10
Equipos	und	38,850.00	2.81	109,310.95
Mano de obra	und	38,850.00	11.70	454,519.10
<b>CIMBRAS METÁLICAS</b>			<b>3,973.45</b>	<b>6,794,591.81</b>
Materiales	und	1,710.00	3,258.31	5,571,704.12
Equipos	und	1,710.00	21.01	35,921.40
Mano de obra	und	1,710.00	694.13	1,186,966.29
<b>SUB TOTAL</b>				<b>34,599,669.53</b>
COSTOS INDIRECTOS (15%)				5,189,950.43
UTILIDAD (12%)				4,151,960.34
			<b>TOTAL (US\$)</b>	<b>43,941,580.31</b>

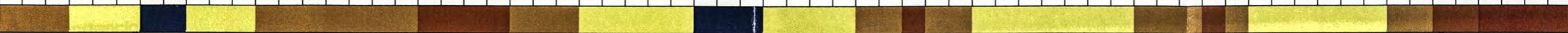
DIAGRAMA TIEMPO CAMINO - ESCENARIO 1 + 2 + 3

TUNEL DE CONDUCCIÓN

TUNEL DE CONDUCCIÓN

TUNEL DE CONDUCCIÓN

00+150 00+300 00+450 00+600 00+750 00+900 01+050 01+200 01+350 01+500 01+650 01+800 01+950 02+100 02+250 02+400 02+550 02+700 02+850 03+000 03+150 03+300 03+450 03+600 03+750 03+900 04+050 04+200 04+350 04+500 04+650 04+800 04+950 05+100 05+250 05+400 05+550 05+700 05+850 06+000 06+150 06+300 06+450 06+600 06+750 06+900 07+050 07+200 07+350 07+500 07+650 07+800 07+950 08+100 08+250 08+400 08+550 08+700 08+850 09+000 09+150 09+300 09+450 09+600 09+750 09+900 10+050 10+110



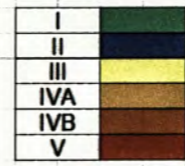
Ventana de Acceso 1

Ventana de Acceso 2

Ventana de Acceso 3

Ventana de Acceso 4

MES 1  
MES 2  
MES 3  
MES 4  
MES 5  
MES 6  
MES 7  
MES 8  
MES 9  
MES 10  
MES 11  
MES 12  
MES 13  
MES 14  
MES 15  
MES 16  
MES 17  
MES 18  
MES 19  
MES 20  
MES 21  
MES 22  
MES 23  
MES 24



2,810 m

2,820 m

2,660 m

1,820 m

