UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CONTROL Y SEGUIMIENTO DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE TUNELES - CASO PLANTA DE TRATAMIENTO HUACHIPA

INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL

Para optar el Titulo Profesional de:

INGENIERO CIVIL

MICHELA MARYBELL CORIMANYA DIAZ

Lima- Perú

2010

INDICE

RESUMEN 4
LISTA DE TABLAS 6
LISTA DE FIGURAS 8
LISTA DE SIGLAS 10
INTRODUCCIÓN 11

CAPITULO 1. GENERALIDADES DE LA OBRA

1.1 RESUMEN EJECUTIVO DE LA OBRA 12
1.2 DESCRIPCION DEL TUNEL 1 14
1.2.1 FRENTES DE TRABAJO 15
1.2.2 ASPECTO GEOLOGICO Y GEOTECNICO 16

CAPITULO 2. FUNDAMENTO TEORICO

2.1 DEFINICIÓN DE TUNEL 17
2.2 PROCESO CONSTRUCTIVO 17
2.2.1 PERFORACION 18
2.2.2 CARGA DE EXPLOSIVOS, VOLADURA Y VENTILACION 21
2.2.3 EXTRACCION DE MATERIAL 23
2.2.4 SOSTENIMIENTO 28
2.2.5 SERVICIOS AUXILIARES 31
2.3 DEFINICIÓN DE CONTROL 33
2.3.1 IMPORTANCIA DEL CONTROL 34
2.3.2 ETAPAS DEL CONTROL 35
2.3.2.1 PLANIFICAR 35
2.3.2.2 MEDICIÓN DE LOS RESULTADOS 35
2.3.2.3 EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS 35
2.3.2.4 ESTABLECER Y EJECUTAR MEDIDAS CORRECTIVAS 35

CAPITULO 3. PLANEAMIENTO DE CONTROL

3.1 PLANEAMIENTO DE CONTROL DE PRODUCCION 37
3.2 PLANEAMIENTO DE CONTROL DE CALIDAD 42

3.2.1 PRUEBA DE PERNOS DE ANCLAJE..... 43
3.2.2 ENSAYO DE RESISTENCIA DE CONCRETO..... 44
3.2.3 INSPECCIONES Y MONITOREOS.....45
3.2.4 MEDICIONES TOPOGRÁFICAS (DIMENSIONES).....48
3.3 PLANEAMIENTO DE CONTROL DE SEGURIDAD.....50
3.3.1 INDICES DE SSMA.....53
3.4 PLANEAMIENTO DE CONTROL DE COSTOS.....54

CAPITULO 4. MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS

4.1 MEDICION Y EVALUACION DE PRODUCCION 59
4.2 MEDICION Y EVALUACION DE CALIDAD..... 68
4.2.1 PRUEBA DE PERNOS DE ANCLAJE..... 68
4.2.2 ENSAYO DE RESISTENCIA DE CONCRETO..... 69
4.2.3 INSPECCIONES Y MONITOREOS..... 71
4.2.4 MEDICIONES DE DIMENSIONAMIENTO DE TUNEL..... 71
4.3 MEDICION Y EVALUACION DE SEGURIDAD.....74
4.4 MEDICION Y EVALUACION DE COSTOS.....75

CAPITULO 5. MEDIDAS CORRECTIVAS

5.1 MEDIDAS CORRECTIVAS DE PRODUCCION 81
5.2 MEDIDAS CORRECTIVAS DE CALIDAD..... 82
5.3 MEDIDAS CORRECTIVAS DE SEGURIDAD..... 83
5.4 MEDIDAS CORRECTIVAS DE COSTOS..... 84

CAPITULO 6. COSTO UNITARIO DIRECTO SEGUN ETAPAS DEL CONTROL

6.1 CANTIDADES PARA ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS..... 87
6.2 ANALISIS DE COSTO UNITARIO POR TIPO DE ROCA..... 92

CONCLUSIONES..... 96
RECOMENDACIONES..... 98
BIBLIOGRAFIA.....99
ANEXOS.....100

RESUMEN

El objetivo de los procesos de control y seguimiento es lograr la conformidad de los resultados de acuerdo a lo previsto por los indicadores definidos, de forma tal que se obtenga un registro de datos que permita no solo el adecuado desarrollo y ejecución de los trabajos sino que ayude a tomar las acciones de mejora pertinente.

En este informe se presenta el proceso de control y seguimiento efectuado en la construcción del Túnel 1 del proyecto denominado "Mejoramiento Sanitario de las Áreas Marginales de Lima – Lotes 1, 2 y 3" que SEDAPAL la realiza a través de la empresa constructora Consocio Huachipa.

La empresa constructora implantó un sistema de control y seguimiento considerando cuatro etapas: planificación, medición de indicadores, evaluación de resultados y, establecimiento y ejecución de medidas correctivas. Este informe describe el control del proceso constructivo del Túnel 1 en sus cuatro perspectivas referidas a la producción, la calidad, la seguridad y el costo.

Los indicadores de producción fueron alcanzados, ya que la finalización del Túnel 1 se realizó cuatro meses antes de la fecha programada en la propuesta y cuatro días antes de la reprogramación, siendo los ciclos de avance y productividad de equipos los previstos. Para ello se tomó medidas preventivas y de mejora de procesos, como la reducción de tiempos muertos, para lograr el plazo alcanzado.

Los indicadores de calidad estuvieron referidos a: prueba de colocación de pernos de anclaje, a la resistencia del concreto lanzado (shotcrete), a las inspecciones/monitoreos y a las mediciones de dimensiones del túnel (sobre excavación y pérdida de shotcrete), los cuales fueron alcanzados pero después de tomar medidas correctivas adecuadas. En el caso del concreto lanzado se tuvo que recapear 2 zonas que no alcanzaron las resistencias especificadas. En el caso de la sobre excavación se redujo el contorno de la malla de perforación, se taladró con más cuidado para lograr el paralelismo y se redujo la carga de explosivos. Y en el control de la pérdida de shotcrete se capacitó al personal.

La seguridad fue medida con los indicadores de Indice de Frecuencia y Gravedad, los que no fueron alcanzados en la construcción del Túnel 1 a pesar de las medidas preventivas y correctivas tomadas; no hubieron accidentes fatales ni discapacitantes pero si se produjeron nueve accidentes leves en una construcción que llegó a tener 154 personas trabajando durante un año..

Los indicadores de costos fueron: FE (factor de explosivos que es la cantidad de explosivos real entre el previsto), CR_{MO} / CO_{MO} que es el costo real entre el costo previsto de mano de obra y CR_{TOT} / CO_{TOT} que es el costo total real entre el costo total previsto. Estos indicadores fueron todos cumplidos al obtener relaciones menores a 1.

Todas las tablas e imágenes de este informe que no cuentan con especificación de fuente son de elaboración propia del autor.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1.- Medidas de la sección geométrica abovedada del Túnel 1..... 15
Tabla 2.1.- Malla de perforación típica..... 20
Tabla 3.1.- Longitudes según tipo de roca..... 38
Tabla 3.2.- Longitud de avance por ciclos, según tipo de roca..... 39
Tabla 3.3.- Planeamiento de la propuesta..... 39
Tabla 3.4.- Re planeamiento a partir de mayo del 2009..... 40
Tabla 3.5.- Límite admisible de prueba de pernos de anclaje..... 43
Tabla 3.6.- Límite admisible de resistencia de concreto..... 44
Tabla 3.7.- Límite admisible de sobre excavación..... 49
Tabla 3.8.- Límite admisible de pérdida de shotcrete..... 49
Tabla 3.9.- Control de Calidad en Excavación de Túnel..... 50
Tabla 3.10.- EPI por frente de trabajo 52
Tabla 3.11.- Parámetro a controlar: Índice de Frecuencia y Gravedad..... 54
Tabla 3.12.- Parámetros a controlar: Costos..... 56
Tabla 4.1.- Periodo de entrega de reportes de Evaluaciones..... 57
Tabla 4.2.- Medición de avance Túnel 1 entrada; enero a junio 2009..... 59
Tabla 4.3.- Medición de avance Túnel 1 entrada; julio a diciembre 2009..... 61
Tabla 4.4.- Medición de avance Túnel 1 salida; marzo a agosto 2009..... 62
Tabla 4.5.- Medición de avance Túnel 1 salida; septiembre a diciembre 2009..... 63
Tabla 4.6.- Porcentaje real del tipo de roca..... 63
Tabla 4.7.- Histórico mensual de pérdida de shotcrete y sobre excavación según tipo de roca y frente..... 72
Tabla 4.8.- Histórico mensual de cantidad de explosivo por tipo de roca y frente..... 76
Tabla 4.9.- Histórico de CR_{MO} / CO_{MO}..... 79
Tabla 4.10.- Parámetros de Costos totales mensuales y acumulados..... 80
Tabla 6.1.- Datos característicos según tipo de roca..... 86
Tabla 6.2.- Cuadrilla típica descrita por función..... 87
Tabla 6.3.- Cantidad para el análisis de costo unitario de mano de obra..... 88

Tabla 6.4.- Cantidad de análisis de costo unitario de equipos..... 89
Tabla 6.5.- Cantidad para el análisis de costo unitario de materiales..... 90
Tabla 6.6.- Cantidad para el análisis de costo unitario de subcontratos..... 92
Tabla 6.7.- Resumen de costos unitario..... 92
Tabla 6.8.- Análisis de Costo Unitario Túnel 1, roca tipo I..... 93
Tabla 6.9.- Análisis de Costo Unitario Túnel 1, roca tipo II..... 94
Tabla 6.8.- Análisis de Costo Unitario Túnel 1, roca tipo III..... 95

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1.- Esquema de la Obra..... 13
Figura 1.2.- Esquema de sección típica del túnel..... 14
Figura 2.1.- Esquema del ciclo de excavación del Túnel 1..... 18
Figura 2.2.- Esquema de Denominación de taladros..... 19
Figura 2.3.- Fotografía de perforación con Jumbo 20
Figura 2.4.- Fotografía de malla de voladura..... 23
Figura 2.5.- Fotografía scoop T1S..... 24
Figura 2.6.- Fotografías haggloader T1E..... 25
Figura 2.7.- Fotografías vagones Shuttletrain T1E..... 26
Figura 2.8.- Fotografías Locomotora y vagones Shuttletrain T1E..... 27
Figura 2.9.- Fotografías de pernos de anclaje..... 29
Figura 2.10.- Fotografías de colocación de concreto proyectado..... 30
Figura 2.11.- Fotografía de almacenamiento de cerchas..... 31
Figura 2.12.- Colocación de cerchas..... 31
Figura 2.13.- Fotografía indicando los servicios auxiliares..... 32
Figura 3.1.- Esquema de sistema planificado para construcción del túnel... 38
Figura 3.2.- Formato de Parte Diario de Excavación. 41
Figura 3.3.- Esquema de distribución del personal para el control de calidad..... 42
Figura 3.4.- Construcción de paneles de madera para ensayo de resistencia de concreto..... 44
Figura 3.5.- Pruebas de obtención de testigos..... 45
Figura 3.6.- Formato de BIM (Boletín de inspección y monitoreo)..... 47
Figura 4.1.- Gráfico radial de evaluación de resultados del Túnel 1 entrada – periodo 01/08/09 al 12/08/0..... 58
Figura 4.2.- Gráfico comparativo de avance programado vs. real según programación Propuesta – Túnel 1 entrada..... 64
Figura 4.3.- Gráfico comparativo de avance programado vs. real según programación Propuesta – Túnel 1 salida..... 64
Figura 4.4.- Gráfico comparativo de avance programado vs. real según programación Propuesta – Túnel 1 total..... 65
Figura 4.5.- Gráfico comparativo de avance programado vs . real según programación Mayo 09 – Túnel 1 entrada..... 66

Figura 4.6.- Gráfico comparativo de avance programado vs. real según programación Mayo 09 – Túnel 1 salida 66
Figura 4.7.- Gráfico comparativo de avance programado vs. real según programación Mayo 09 – Túnel 1 total 67
Figura 4.8.- Gráfico comparativo límite de prueba de pernos vs. real del Túnel 1..... 69
Figura 4.9.- Porcentajes de cantidad de muestras según rangos de resistencia alcanzadas 70
Figura 4.10.- Evaluación de pérdida de shotcrete mensual por frente..... 72
Figura 4.11.- Evaluación de sobre excavación mensual Roca tipo I..... 73
Figura 4.12.- Evaluación de sobre excavación mensual Roca tipo II..... 73
Figura 4.13.- Evaluación de sobre excavación mensual Roca tipo III..... 74
Figura 4.14.- Índice de Frecuencia acumulado..... 74
Figura 4.15.- Índice de Gravedad acumulado..... 75
Figura 4.16.- Evaluación de Cantidad de explosivos mensual Roca tipo I..... 77
Figura 4.17.- Evaluación de Cantidad de explosivos mensual Roca tipo II.... 77
Figura 4.18.- Evaluación de Cantidad de explosivos mensual Roca tipo III... 78
Figura 4.19.- Indice de Cantidad de explosivo mensual y acumulado..... 78
Figura 4.20.- Indice de Costos mensual y acumulado..... 80
Figura 5.1.- Esquema de sección de ensanche de túnel para maniobras de equipos..... 82

LISTA DE SÍMBOLOS

SEDAPAL	Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima
PC	Punto de curva
PT	Punto tangente
T1E	Túnel 1 entrada
T1S	Túnel 1 salida
RTI	Roca Tipo I
RTII	Roca Tipo II
RTIII	Roca Tipo III
LHD	Load – Haul – Dump: carga – transporte – vertido
HDPE	High density polyethylene: Polietileno de alta densidad
ASTM	American Society of Testing Materials: Asociación Americana de Ensayo de Materiales
ACI	American Concrete Institute: Instituto Americano de concreto
BIM	Boletín de inspección y monitoreo
SE	Sobre excavación
VE	Volumen de excavación
PS	Pérdida de shotcrete
VS	Volumen de shotcrete
EPI	Equipos de Protección Individual
EPC	Equipos de Protección Colectiva
SSMA	Seguridad, salud y medio ambiente
APT	Análisis de prevención de trabajo
IF	Indice de Frecuencia
IG	Indice de Gravedad
OSHA	Ocupation, Safety and Health Agency: Agencia de Ocupación, Seguridad y salud.
FE	Factor de explosivo
CR	Costo real
CO	Costo previsto

INTRODUCCIÓN

El Túnel 1 del proyecto de "Mejoramiento Sanitario de las Áreas Marginales de Lima – Lotes 1, 2 y 3" que realiza SEDAPAL, ubicado entre los distritos de San Antonio de Huarochirí y San Juan de Lurigancho de Lima, tiene una longitud de 4658.28 m y una sección de 12.69 m2. Fue ejecutada por la empresa Consorcio Huachipa durante el año 2009 mediante el "sistema cíclico" convencional de perforación, carga de explosivos, voladura, extracción de material, sostenimiento y servicios auxiliares.

Este informe muestra un sistema de control periódico que permite la medición de resultados para realizar el análisis y la evaluación de indicadores, para que de forma oportuna se tomen medidas preventivas, correctivas o de mejora y así poder optimizar las actividades logrando con ello un proceso de "mejora continua" constante.

El informe comprende un primer capítulo que trata de las generalidades de la obra, y específicamente del Túnel 1; luego se pasa al Capítulo 2 con la descripción teórica del proceso constructivo de un túnel mediante el sistema cíclico: perforación, carga y voladura, extracción de material, sostenimiento y servicios auxiliarles. Se presenta igualmente el fundamento teórico sobre el proceso de control, que consta de cuatro etapas: planificación, medición de indicadores, evaluación de resultados y, establecimiento y ejecución de medidas correctivas. El Capítulo 3 describe la etapa del planeamiento del sistema de control que se adoptó en la construcción del túnel: qué se va controlar, cómo se va a controlar, qué parámetros se medirán y bajo qué valor se considerará que un parámetro está bajo control. Igualmente, el Capítulo 4 muestra la medición y evaluación de los resultados obtenidos de los parámetros a controlar; mientras que el Capítulo 5 describe las principales medidas preventivas y correctivas tomadas frente a resultados que no están según lo previsto; finalmente el Capítulo 6 contiene los análisis unitarios de costos reales del túnel según el tipo de roca.

CAPITULO 1: GENERALIDADES DE LA OBRA

1.1 ALCANCES DEL PROYECTO

El proyecto de "Mejoramiento Sanitario de las Áreas Marginales de Lima – Lotes 1, 2 y 3" que SEDAPAL realiza a través Consorcio Huachipa consiste en el diseño y la construcción de una bocatoma de 12 m3/seg en el río Rímac, una planta de tratamiento de agua potable en Huachipa de 5 m3/seg de capacidad que contiene el reservorio principal de 77000 m3 (Primera etapa), una línea de conducción de 27 km constituida por los tramos I, III y V, dos túneles para el pase de la línea de aducción (9.8 km entre los dos) denominados Tramo II y IV, y cinco reservorios ubicados en Jicamarca (2000 m3), Canto Grande (9000 m3), Comas (dos de 4000 m3) y Puente Piedra (4000 m3). La Figura 1.1 muestra un esquema en planta de las estructuras descritas que comprende la obra.

La nueva planta se construirá a una altura de 400 msnm a fin de que el agua alcance sus lugares de destino por gravedad y no por bombeo, está destinada a abastecer de líquido potable a los distritos de Comas, Carabayllo, Los Olivos, San Martín de Porres, Puente Piedra, Callao y San Juan de Lurigancho.

El consorcio está integrado por las empresas Construcoes e Comercio Camargo Correa S.A. de Brasil y OTV S.A. de Francia y tiene como supervisor a la empresa Consorcio NIPPON KOEI CO., LTD.- CESEL S.A. – OIST S.A.

El contrato de este proyecto es Mixto siendo de Precios unitarios los túneles y de Precio global el resto de las estructuras. El presupuesto es de U.S.$.304'600,642.98 dólares americanos. El plazo de entrega es de 930 días (31 meses), siendo la fecha de inicio el 28 de Octubre de 2008.

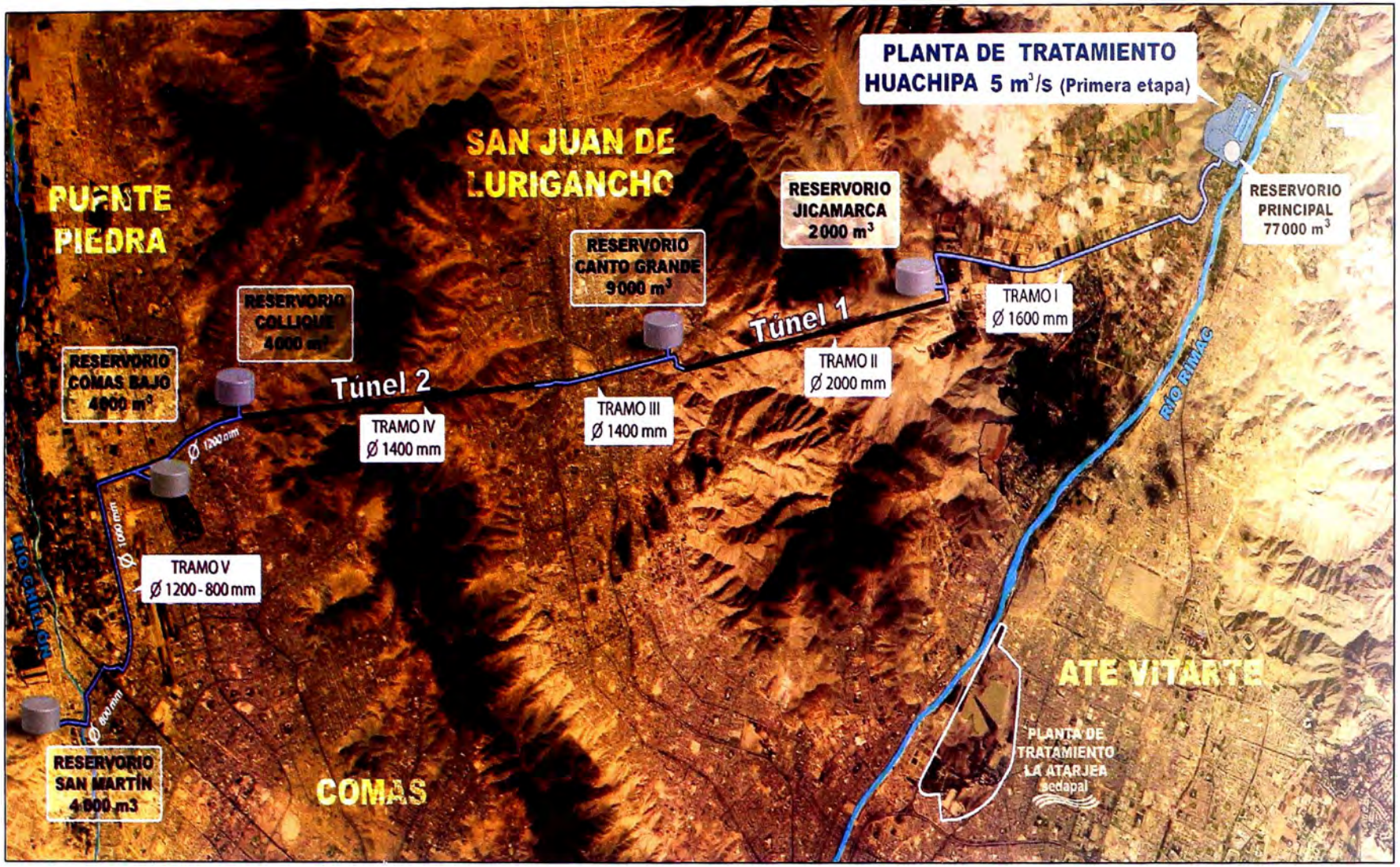


Figura 1.1.- Esquema de la Obra: Mejoramiento Sanitario de las Áreas Marginales de Lima – Lotes 1, 2 y 3

1.2 CARACTERISITICAS DEL TUNEL 1

El Túnel 1 fue denominado el Tramo 2 del Lote 3 del proyecto de "Mejoramiento Sanitario de las Áreas Marginales de Lima – Lotes 1, 2 y 3", tuvo un presupuesto de U.S.$ 13´759,610.60 dólares americanos. Tiene una longitud de 4,469.76m y un trazo en planta conformado por dos tangentes unidas mediante una curva de 500 m de radio, cuyo PC se ubica en la progresiva km 1+277.15 y su PT en la progresiva km 1+450.05. La justificación del trazo no recto sino en dos tangentes, se debe a la necesidad de cruzar la quebrada existente con una cobertura suficiente para asegurar la excavación de la sección del túnel en roca competente. Su función, dentro del esquema hidráulico planteado, es la de alojar la tubería de Φ 2000 mm conformante del Tramo 2 del Ramal Norte.

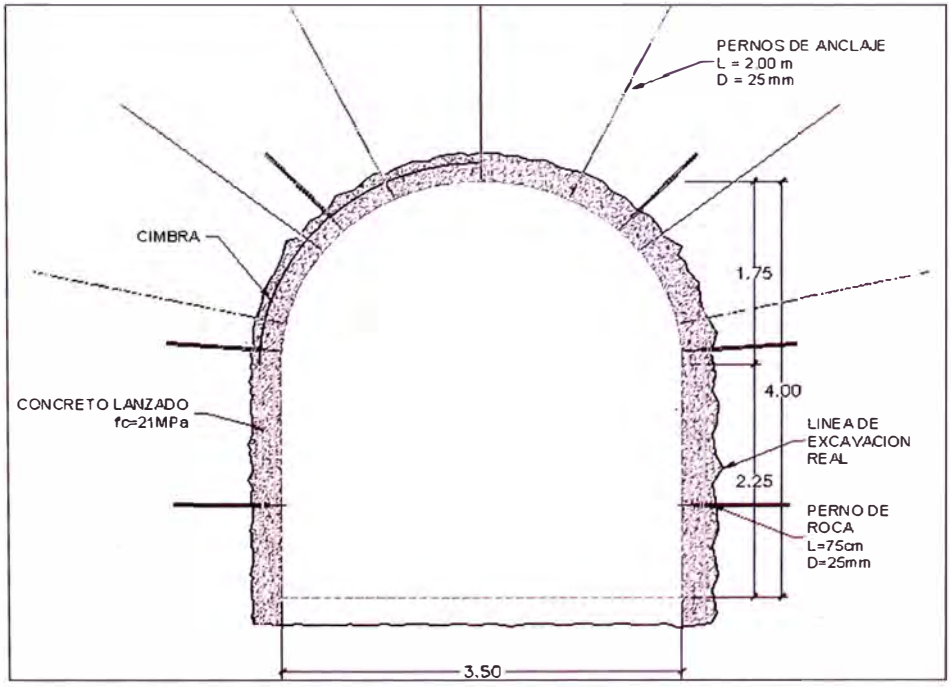


Figura 1.2.- Esquema de sección típica del túnel

La pendiente longitudinal del túnel es de 0.002. La sección del túnel es de geometría abovedada tipo baúl tal como se muestra en la Figura 1.2, de 3.50 m de ancho y 4.00 m de altura total, 2.25 m de hastiales y 1.75 m de bóveda como se presenta en la Tabla 1.1. Las dimensiones fueron seleccionadas para disponer de una sección mínima constructiva que permita tanto el ingreso y operación del equipo de construcción, como la posterior instalación del tubo y la creación de una berma que permita su inspección durante la fase de explotación del Proyecto.

DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD
Ancho	m	3.50
Altura total	m	4.00
Altura de hastiales	m	2.25
Altura de bóveda	m	1.75
Área de sección	m2	12.69
Presenta una curva de radio	m	500.00
PC de la curva	km	1+277.15
PT de la curva	km	1+450.05

Tabla 1.1.- Medidas de la sección geométrica abovedada del Túnel 1

1.2.1 FRENTES DE TRABAJO

Los frentes de trabajo considerados en la programación tuvieron las siguientes características:

- El portal entrada se ubicó en el distrito San Antonio de Huarochirí, con las coordenadas 8 673 719 N y 288 688 E, a 362.60 msnm y con área de 3,000 m^2.

- El portal salida de salida se ubicó en el distrito San Juan de Lurigancho de Lima, con las coordenadas 8 676 112 N y 284 975 E, a 353.66 msnm y con un área de 2,000 m^2.

Ambos frente contaron con:
Construcción de protección contra: ruido y vibraciones
Estructura de protección: perfiles de acero y planchas acanaladas, todo recubierto por bolsas de polietileno rellenas con arena.
Longitud de estructura de protección fuera del túnel: 10.0 m
Longitud de estructura de protección dentro del túnel: 5.1 m

En el Anexo 20 se muestra un plano de elaboración propia: Plano en Planta – Perfil Ramal Norte – Túnel 1, indicando la distinción del tipo de roca por avance longitudinal de forma mensual y por frente. También se tiene otros planos del Expediente Técnico, tales como: Portal de entrada, Portal de Salida y Sección Típica de Excavación y sostenimiento, que describen gráficamente los detalles dimensionales del Túnel 1 y sus concernientes.

1.2.2 ASPECTO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO

El Túnel 1 atraviesa el macizo rocoso que conforma el cerro Ventana que es parte de las estribaciones de la Cordillera Occidental de los Andes, comprendido entre la quebrada Jicamarca, al sureste y la quebrada Canto Grande, al noroeste; ambas quebradas son afluentes del río Rímac, por su margen derecha. En la longitud del Túnel 1 no se presentó circulación de agua, por lo tanto, la situación general que se observó durante la excavación del túnel fue seca. En este tramo se han distinguido dos cuerpos plutónicos bien diferenciados que corresponden a una tonalita-granodiorita y a una tonalita-diorita, los mismos que en algunos puntos han sido cortados por diques aplíticos y dioríticos.

Estructuralmente, a lo largo del trazo se han observado varios alineamientos que corresponden a probables fallas geológicas de diferente magnitud. Teniendo en cuenta los parámetros descritos tales como el diaclasamiento, presencia de diques y sobre todo las fallas geológicas, la masa rocosa puede clasificarse hasta en tres tipos como son:

ROCA TIPO I (RTI).- Es roca de buenas características geomecánicas y buen estado de conservación, es estable, tiene pocas fracturas, es prácticamente inalterada y no requiere mayores medidas de sostenimiento excepto soportes livianos y aislados (pernos puntuales de anclaje).

ROCA TIPO II (RTII).- Es roca de medianas características geomecánicas y regular estado de conservación, cuya estabilidad es solo regular, tiene un mediano grado de fracturación y alteración. Para permanecer estable requiere medidas de sostenimiento liviano y sistemático (concreto lanzado y pernos sistemáticos de anclaje).

ROCA TIPO III (RTIII).- Es roca de muy malas características geomecánicas y mal estado de conservación, con muy mala o precaria estabilidad, con alto grado de fracturación (hasta disgregación) y alteración que requiere de inmediatas medidas de sostenimiento medianamente pesadas y sistemáticas (cerchas de celosía, pernos sistemáticos de anclaje y concreto lanzado).

CAPITULO 2: FUNDAMENTO TEORICO

2.1 DEFINICION DE TUNEL

Se define túnel como aquella construcción de paso subterráneo abierto artificialmente para establecer una comunicación a través de un macizo rocoso, por debajo de un río u otro obstáculo. Este tipo de obras surgen de la necesidad de superar un obstáculo natural de forma subterránea. Entre los usos más comunes se puede mencionar a los túneles para viaductos (paso vehicular, de ferrocarriles urbanos o metros y peatonales), para acueductos (abastecimiento de agua, saneamiento, irrigación, etc.) y otros usos (extracción minera, gaseoductos, etc.).

Los sistemas más empleados en la excavación de túneles son:

- **Sistema continuo**, en la que se utiliza maquinarias integrales capaces de excavar un túnel a plena sección, a la vez que colabora en la colocación de su sostenimiento provisional, se le conoce habitualmente a este equipo como TBM (Tunnel boring machine).
- **Sistema cíclico**, que es el convencional, consiste en realizar perforación, carga de explosivos, voladura, extracción de material, sostenimiento en caso sea necesario y servicios auxiliares, continuando con esto cíclicamente.

El Túnel 1 del Ramal Norte fue ejecutado basándose en los planos, normas, especificaciones y todo el proceso constructivo fue desarrollado de acuerdo a los métodos previamente determinados entre el Contratista y la Supervisión.

2.2 PROCESO CONSTRUCTIVO

El contratista empleo en ambos frentes de trabajo, Túnel 1 entrada: T1E y Túnel 1 salida: T1S, el sistema convencional cíclico de perforación y voladura, estabilizando en las zonas necesarias sostenimientos según está previsto en el

diseño, tal como se esquematiza en la Figura 2.1. En todo el proceso constructivo se mantuvo las condiciones exigidas de seguridad.

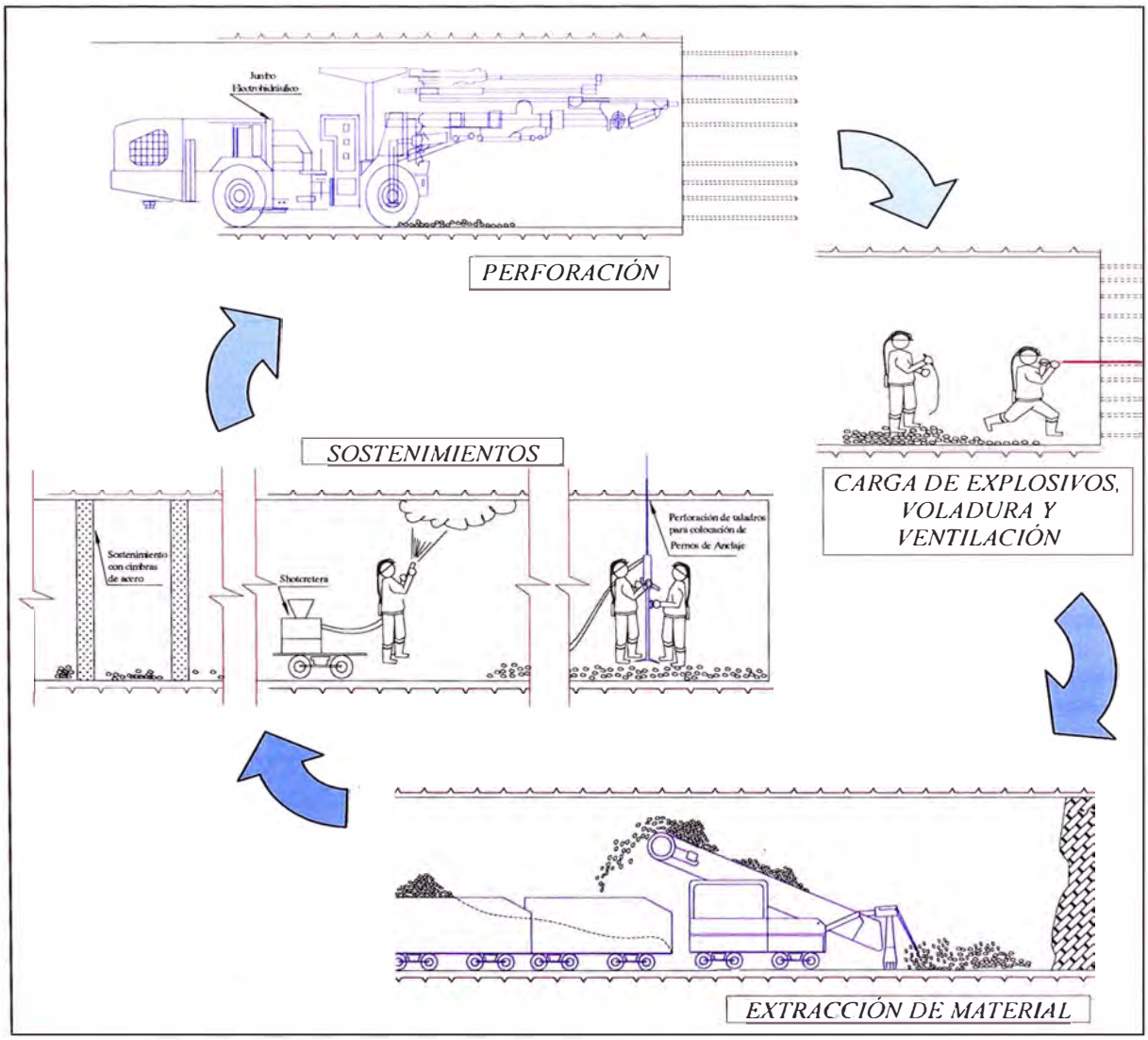


Figura 2.1.- Esquema del ciclo de excavación del Túnel 1

A continuación se detalla el proceso constructivo:

2.2.1 PERFORACIÓN

Previo a la perforación se debe realizar la marcación topográfica de la malla de perforación aprobado por la supervisión en un Plan de Voladura. La perforación, tal y como se muestra en la Figura 2.2, es la primera operación en la preparación de una voladura, su propósito es el de abrir en la roca perforaciones cilíndricos destinados a alojar al explosivo y sus accesorios iniciadores, denominados

taladros o **barrenos**. La perforación se basa en la combinación de los siguientes principios:

Percusión.- Los impactos producidos por el golpeo del pistón originan unas ondas de choque que trasmiten a la broca.
Rotación.- Con este movimiento se hace girar la broca para que los impactos se produzcan sobre la roca en distintas posiciones.

El esquema de la figura 2.2 muestra los tipos de taladros en una sección típica de un túnel según el Manual Práctico de Voladura EXSA [4].

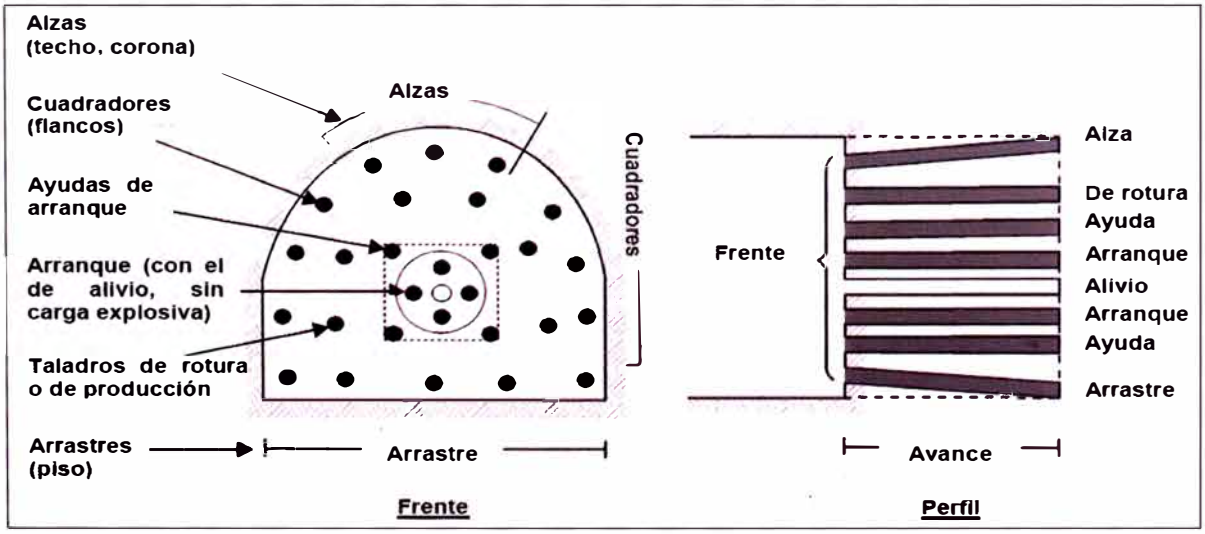


Figura 2.2.- Esquema de Denominación de taladros
(Fuente: Manual práctico de voladura EXSA)

El equipo que se usa para la perforación son las Perforadoras Manuales y las Perforadoras Mecanizadas (Jumbos); en la obra se optó por el segundo equipo que consigue un ciclo de mejor avance que si se usará en otro.

PERFORADORAS MECANIZADAS (JUMBOS).- Los jumbos son unidades de perforación equipadas con uno o varios martillos, las fuentes de energía que usan suelen ser del tipo eléctrico, para el accionamiento de los elementos de perforación. También suelen llevar un compresor de aire, usado para la lubricación de martillos y para el cambio de barrido de agua ha barrido de aire para limpiar y secar los barrenos una vez taladrados. En la Figura 2.3 se muestra el trabajo de perforación de Jumbo.

Figura 2.3.- Fotografía de perforación con Jumbo

En la obra se uso el siguiente equipo:

Equipo:	Jumbo
Fabricante:	Atlas Copco
Modelo:	Rail Drill 282 – 38
Rotación:	360 grados
Perforadora:	COP 1238/COP 1838 (Atlas Copco)
Chasís:	Sobre rieles
Peso:	14 000 kg

DESCRIPCIÓN:	CANT. TALADROS:
Arranques	4
Ayudas de arranque	4
Cuñas	4
Ayuda de cuña	5
Cuadradores	17
Ayudas de cuadradores	10
Ayudas de arrastre	5
Arrastre	6
Alivios	4
Total	**59**

Tabla 2.1.- Malla de perforación típica

La malla típica de perforación se muestra en la Tabla 2.1 y de forma gráfica en el Anexo 01 siendo el diámetro de taladro de 45 mm y solo para los alivios de 102 mm.

Una vez realizada la perforación se procede verificar si la profundidad y distribución de los taladros están correctas. De encontrar obstrucciones se procede a limpiar o a realizar perforaciones de nuevos taladros.

La perforación debe efectuarse con buen criterio y cuidado. Ya que puede ocurrir deficiencias en la calidad del trabajo (taladros desviados, más espaciados, de longitud irregular, etc.) que determinan pérdidas de eficiencia de la energía explosiva disponible. Normalmente la calidad de los taladros a ser perforados está determinada por cuatro condiciones: Diámetro, longitud, rectitud y estabilidad.

En el Anexo 02 - Reporte de Evaluación Geológica del Túnel 1 salida en la fecha 11-05-09, se presenta un documento elaborado por el Geólogo para la determinación del tipo de roca. Este reporte debe ser elaborado después de cada limpieza de material para realizar la siguiente perforación ya que la profundidad de taladros de perforación depende del tipo de roca que se encuentre, siendo para RTI taladros de 11 pies (3.3 m), para RTII taladros de 8 pies (2.4 m) y para RTIII taladros de 5 pies (1.5 m)

2.2.2 CARGA DE EXPLOSIVOS, VOLADURA Y VENTILACIÓN

El principio de ejecución de una voladura se basa en crear una cara libre con los taladros de los arranques y los alivios hacia el cual rompe las cargas restantes de la sección. Los taladros de contorno (cuadradores) son los que establecen la forma final de la sección del túnel.

Actualmente se fabrican una gran variedad de explosivos y accesorios de voladuras. La elección de estos esta direccionado hacia una mayor seguridad en su manipulación y un menor costo no solo en su fabricación sino también en su aplicación.

En el Anexo 01 se muestran fotografías de los explosivos y accesorios usados para la carga de voladura del Túnel 1 de la obra.

Los explosivos usados fueron suministrados a la obra por un transporte especial con personal habilitado para esta tarea, al llegar al túnel fueron almacenados en polvorines tipo B. Cada frente contaba con 2 polvorines uno para explosivos y el otro para accesorios, que fueron construidos dentro del túnel en la que se podían almacenar hasta 250 kg de explosivos, cumpliendo con el Decreto Supremo Nº 019-71/IN que exige la DISCAMEC (Dirección de Control de Armas, Municiones y Explosivos de uso Civil), la cual otorgó la aprobación para la instalación de ambos polvorines.

Para iniciar un taladro cargado con un explosivo rompedor sensible o con un agente de voladura se emplea un CEBO, que en su forma más simple es el detonador introducido en un cartucho de dinamita.

CEBO.- Se denominan cebos o primas a los conjuntos formados por un cartucho de dinamita, de emulsión o de hidrogel sensible al fulminante, al que se le ha insertado un fulminante, un detonador eléctrico, o un extremo de cordón detonante y que se utilizan para activar e iniciar la detonación de la carga explosiva principal en un taladro de voladura. Los cebos son activados con un detonador o con cordón detonante.

El cebo puede ser introducido en un explosivo blando o plástico empujándolo suavemente por un punzón de madera, plástico o bronce, obedeciendo el diagrama de voladura. El cebo preparado debe ser manejado con precaución. No debe ser taconeado o atacado al ser cargado en el taladro. Todo cebo es explosivo activado dispuesto a detonar por cualquier incentivo (fuego, golpe, maltrato, etc.) por lo que debe ser tratado con el máximo cuidado, tanto al transportarlo, como al introducirlo en el taladro.

Realizada la introducción de explosivos se procede a conectar y hacer el amarre según diagrama de voladura, tal y como se muestra en la Figura 2.4.

Para hacer la voladura se avisa que se realizará ésta con la alarma sonora para la salida del personal del área de riesgo. El encargado de la actividad autoriza la colocación del detonador con la mecha de seguridad y se hace el encendido. La longitud de mecha es variable ya que a mayor profundidad de túnel, mayor

longitud de mecha, esto es para qué el tiempo sea el suficiente para que el personal este fuera del área de riesgo cuando se produzca la voladura.

Figura 2.4.- Fotografía de malla de voladura

Luego de la detonación se debe esperar un tiempo de aproximadamente 30 minutos para la ventilación del frente de trabajo y así que se tenga las condiciones para continuar con el ciclo.

En el Anexo 03 se presenta es un Protocolo de Voladura del Túnel 1 salida en la fecha 11-09-09, este tipo de documento fue elaborado para cada voladura y entregado a la supervisión después de realizada la medición del avance efectivo de esta voladura, este documento describe los taladros de perforación, los explosivos y accesorios usados para esta detonación.

2.2.3 EXTRACCIÓN DE MATERIAL

Según las características de longitud del túnel se decide la elección del uso de equipos, ya que existen muy variados para esta actividad. Se puede agrupar en función del método de transporte sobre el que van montados: sobre neumáticos o sobre rieles.

El transporte sobre neumáticos se adapta mejor a las pendientes y en túneles de gran sección permite usarse maquinaria que no es específicamente subterránea, lo cual es importante en obras de corta duración.

El transporte sobre rieles tiene la ventaja de dar un mayor rendimiento en relación con la sección del túnel, ya que los vagones sobre rieles pueden ocupar una mayor parte de la sección y además se pueden organizar grandes trenes para evacuar de una sola vez toda la voladura.

Los equipos que uso el contratista fueron:

CARGADORES LHD.- Las características fundamentales de los cargadores LHD (Load – Haul – Dump: carga – transporte – vertido) es su diseño compacto en altura y ancho, perfectamente adaptada al ambiente en el que han de trabajar. Si a esto le unimos su estructura articulada que le permite un radio de giro mínimo y su maniobrabilidad en zonas estrechas, se tiene un equipo de alta productividad para una sección dada en recorrido de transporte medio y corto (1000 m). En la obra se usó Scoops, como muestra la Figura 2.5, esto hasta longitudes de 200 m de avance.

Figura 2.5.- Fotografía scoop T1S

CARGADOR DE BRAZOS RECOLECTORES.- este tipo de cargador, llamada Haggloader, cuenta con brazos recolectores que cargan el material hacia cintas transportadoras que lo descargan sobre el elemento transportador situado tras ella. El brazo recolector alcanza unos 5 m de altura y gira lateralmente hasta 62 grados con lo que cubre todo el frente del túnel. Puede estar montado sobre rieles o ruedas. Debido a su alta capacidad de desescombro, este equipo no tiene tiempos muertos, ya que los elementos transportadores, comúnmente vagones, son de gran volumen, y durante el cambio de elementos transportadores realiza trabajos de limpieza del frente, del piso del túnel y de precarga.

En la obra se usó el equipo mostrado en la Figura 2.6 en el Túnel 1 entrada y en el frente del Túnel 1 salida es igual. Las características de este equipo son:

Equipo:	Haggloader
Fabricante:	Rock – Machines
Modelo:	8 HR2
Chasís:	Sobre rieles
Rotación de pala:	180° horizontal y 45° vertical
Peso:	10300 kg

Figura 2.6.- Fotografías haggloader T1E

VAGÓNES.- Un vagón de riel se compone por una caja donde se carga el material, el bastidor en el que aquella se asienta y al que se fijan los topes y los ganchos. Este tipo de transporte tiene como característica ser de poco peso, tener gran volumen de carga, resistencia a los golpes, al desgaste, corrosión, facilidad en las marchas, ceñirse en las curvas cerradas, descarga cómoda, etc. Los vagones disponen de un sistema de descarga automática, bien por vuelco lateral o por abertura en el fondo de la caja. También se tiene los vagones de fondo móvil, que es un sistema que consiste en un número variable de vagones especiales arrastrados por una locomotora, el fondo de los vagones tiene un transportador de cadena, el cual facilita la transferencia de escombro de un vagón a otro.

La Figura 2.7 muestra los vagones usados en el Túnel 1 entrada, los del frente del Túnel 1 salida, son iguales. Las características de estos vagones son:

Equipo:	Vagones Shuttletrain
Fabricante:	Rock – Machine
Modelo:	HRST 140-C
Capacidad teórica:	14 m3
Peso:	12000 kg

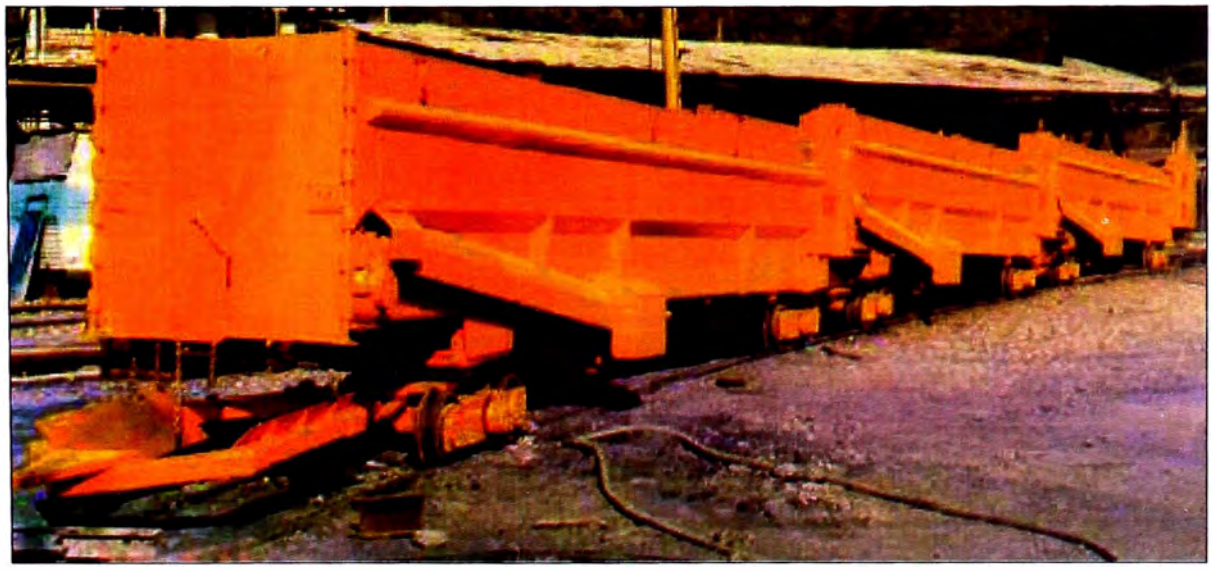


Figura 2.7.- Fotografías vagones Shuttletrain T1E

LOCOMOTORA.- Estos equipos funcionan con diesel, que proporcionan mayor potencia y velocidades, y también hay las accionadas por baterías de acumuladores que son más eficientes y no generan gases nocivos. Alcanzan velocidades de hasta 20 km/h, esto para modelos de tamaños pequeños. La actividad que realiza este equipo consiste en llevar hasta el frente de trabajo el jumbo, el cargador Haggloader y los vagones Shuttletrain a través de rieles; para el caso de la extracción de material las locomotoras trasladan los dos últimos equipos hacia el frente de trabajo a fin de cargar en los vagones el material suelto, una vez que estos estén llenos la locomotora los retira afuera hasta el punto de descarga.

La Figura 2.8 muestra la locomotora usada en el Túnel 1 entrada, la cual está conectada a los vagones que desplaza hacia el punto de descarga para dejar el material suelto, siendo similar el equipo del frente del Túnel 1 salida. Las características de este equipo usado en la obra son:

Equipo:	Locomotora y vagones Shuttletrain
Fabricante:	GIA
Rayo mínimo:	7 m
Peso:	8500 kg

Figura 2.8.- Fotografías Locomotora y vagones Shuttletrain T1E

2.2.4 SOSTENIMIENTO

Se entiende como sostenimiento al conjunto de elementos que se colocan en una excavación subterránea para contribuir a su estabilización.

Los principales tipos de sostenimiento que el contratista usó en esta obra subterránea fueron:

PERNOS DE ANCLAJE.- el material para los pernos de anclaje estuvo en acuerdo con las especificaciones para varilla de acero al carbón, sujetas a los requisitos de propiedades mecánicas ASTM-A-306, grado 60 o su equivalente. Los pernos estuvieron constituidos por varillas de acero, diámetro 1" y longitud 2m, con características correspondientes a las normas ASTM-A-306, fy=4200 kg/cm2. Este sostenimiento consiste en anclar en el interior de las rocas una barra de material resistente que aporta una resistencia a la tracción y confinado al macizo rocoso que permite aprovechar las características resistentes propias de las rocas facilitando así su sostenimiento. Tradicionalmente los pernos se han clasificado en función de su anclaje: al terreno en un extremo, anclaje puntual o a lo largo de toda la barra del perno, anclaje repartido. Físicamente un perno de anclaje está constituido por una barra resistente, normalmente de acero que se anda al terreno mediante un sistema de anclaje determinado y se solidariza con él a través de una placa de reparto, apretada mediante una tuerca roscada en el extremo libre del perno. El sistema de anclaje puede ser por adherencia con uso de resinas y cementos, o por fricción. Este tipo de sostenimiento tiene que pasar por controles cuantitativo: cantidad y posición, y cualitativos: que se basa en la comprobación de de la fuerza axial que puede soportar el perno, la adherencia entre el perno y el terreno y la longitud de anclaje efectivo.

Para la obra, el procedimiento que se usó consistió en perforar con un martillo manual roto por percusión con un diámetro adecuado (35 – 38 mm), estos serán ubicados en donde la topografía marcó por indicación del geólogo que coordinó con el jefe de guardia. Los taladros son verificados en cuanto a longitud, dirección y limpieza para proceder a introducir los cartuchos de resina (5 lentas y 1 rápidas), tal y como se muestra en la Figura 2.9 (a), y en el mismo martillo que se taladro se ubica el perno de anclaje para que sea instalado mediante la

rotación que el equipo le proporciona, cuando llega al fondo se debe continuar por unos 30 segundos más con esta rotación para garantizar la perfecta mezcla entre los componentes de la resina, esto se muestra en la Figura 2.9 (b). En la parte exterior del perno se encuentra la platina que es un accesorio de fijación como muestra la Figura 2.9 (c).

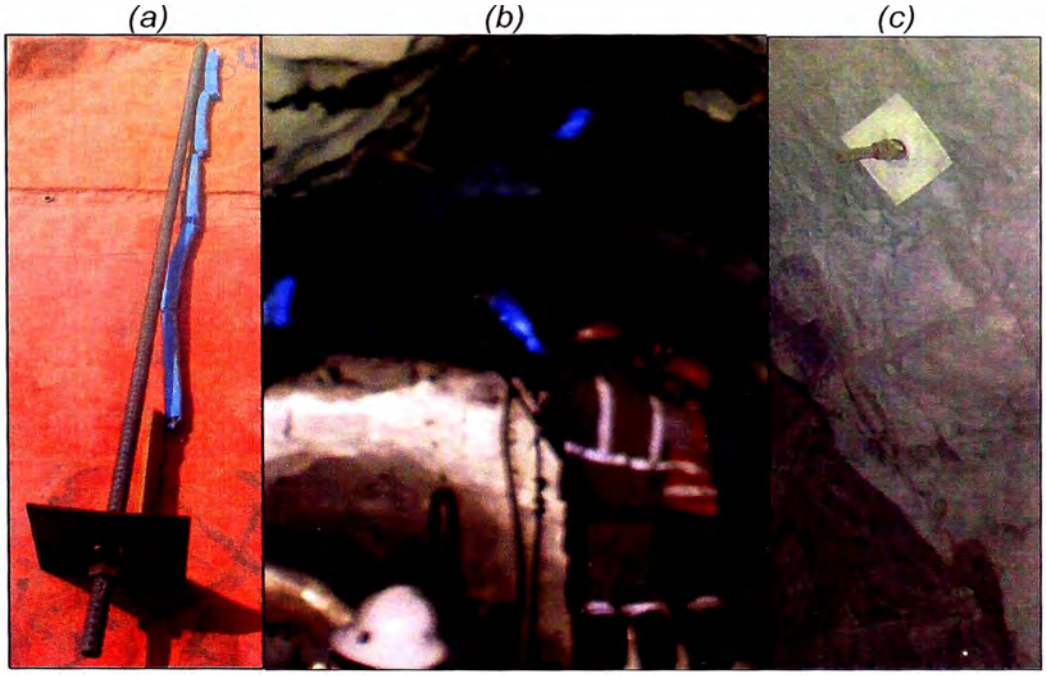


Figura 2.9.- Pernos de anclaje

(a) Esquematización pernos – cartuchos de resinas
(b) Colocación de pernos con jack leg
(c) Perno colocado con platina pintada

CONCRETO PROYECTADO.- es el concreto que se coloca mediante proyección del mismo contra la superficie de roca que se desea proteger, de forma que queda adherido a ésta, tal y como se muestra en la Figura 2.10. El concreto proyectado se diferencia únicamente del concreto colocado (encofrado y vibrado) aparte del método de puesta en obra en que el tamaño máximo de los áridos es menor y en que lleva siempre, como aditivo, un acelerante para facilitar su adherencia a la superficie de roca y para conseguir altas resistencias iníciales. Existen dos tipos de concreto proyectado en función del método de puesta en obra: por vía seca y por vía húmeda. En el concreto por vía seca se proyecta separadamente el agua y la mezcla de áridos y cemento, lográndose su unión precisamente en el impacto contra la superficie que se está colocando. En cambio, en el concreto por vía húmeda se efectúa la mezcla completa (cemento

+ áridos + agua + aditivos) como en el concreto convencional y se proyecta posteriormente la mezcla obtenida. Este tipo de sostenimiento, concreto proyectado o shotcrete, tiene que pasar por pruebas cuantitativas (espesores) y cualitativas (pruebas de resistencia del concreto a los 7, 14 y 28 días).

Figura 2.10.- Fotografías de colocación de concreto proyectado

CERCHAS METÁLICAS.- Las cerchas son elementos de acero en forma de arco que tienen una misión resistente de por sí y fundamentalmente en unión al concreto proyectado. Se han de colocar en contacto con el terreno a lo largo de toda su longitud y firmemente apoyadas en el suelo. Generalmente en secciones grandes cada cercha se divide en tres arcos para facilitar su colocación. Entre una cercha y la siguiente se deben colocar unas barras de acero de unión, llamadas tresillones, que permiten que el conjunto de todas las cerchas trabaje solidariamente. Las CERCHAS RETICULRES fueron las usadas en la obra, que están formadas por una retícula de barras soldadas entre sí siendo el solape entre arcos mediante tornillos, al lanzar el concreto proyectado sobre estas colabora muy bien con éste, son comúnmente llamadas cimbras. Las cerchas que se usaron en la obra se muestran en la Figura 2.11 (almacenamiento temporal en un nicho dentro del túnel) y la Figura 2.12 (colocación de cerchas), estas fueron las cerchas reticulares que consisten de 03 varillas de acero de construcción conformando una viga con sección de triángulo equilátero de 10 cm de altura.

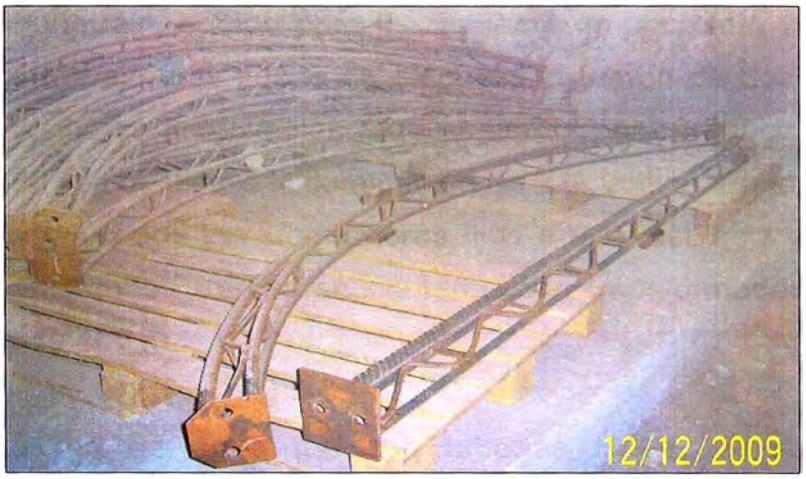


Figura 2.11.- Fotografía de almacenamiento de cerchas

Figura 2.12.- Colocación de cerchas

2.2.5 SERVICIOS AUXILIARES

Para la construcción del túnel se tiene que contar con servicios auxiliares, tales como: instalación de líneas de ventilación, líneas de electricidad, líneas de agua, líneas de aire, líneas de rieles y darles su debido mantenimiento para que estén operativos. La Figura 2.12 muestra la instalación de servicios auxiliares en el Túnel 1 de la obra.

La línea de ventilación dará el aire necesario para descontaminar el ambiente del polvo y demás contaminantes producidos por los equipos, explosivos y los mismos minerales del macizo rocoso.

La línea de electricidad dará la energía necesaria para el funcionamiento de los equipos, tales como: Jumbo, Haggloader, faja transportadora de vagones

Shuttetrain, equipo para lanzamiento de shotcrete y la iluminación para el área de trabajo. Las líneas de electricidad fueron de dos niveles de voltajes; para el avance de subestación, que es usada para el funcionamiento de equipos es de 380 voltios y para la iluminación de 220 voltios. En la entrada del túnel de la obra se armó dos transformadores fijos a una distancia de 1200 m y en la salida 1, para ambos frentes se contaron con transformadores móviles que avanzaban cada 400 m.

La red de agua fue con tuberías HDPE Ø 3". Para la continuidad del abastecimiento de agua, en cada portal se construyó un sistema de reutilización y filtrado del agua utilizada en el túnel. El abastecimiento de estos tanques fue efectuado por bombeo a partir de camiones cisterna.

Las líneas de aire, agua y bombeo son para el funcionamiento de los equipos usados para la excavación, tales como: Jumbo, jack leg y equipo para proyección de shotcrete.

La línea de rieles fue usada para el desplazamiento de los equipos, son perfiles de acero de longitud de 3 metros fijados en el suelo con separación de 0.75 m.

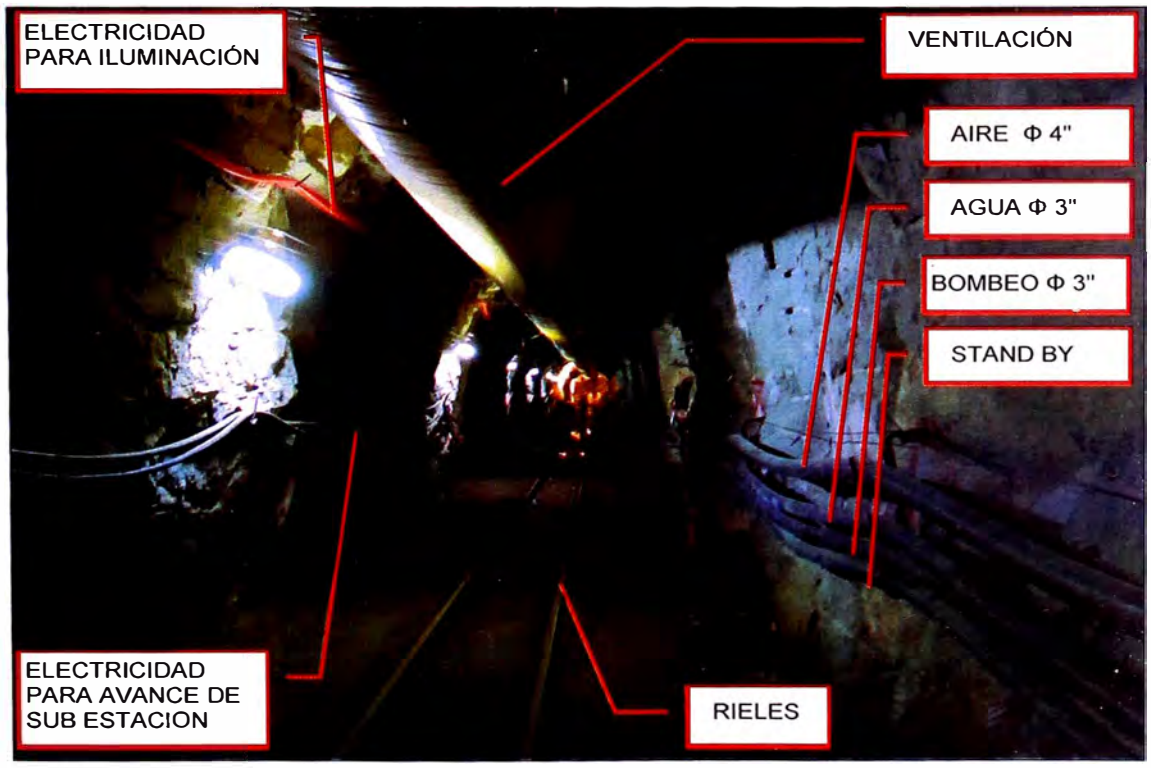


Figura 2.13.- Fotografía indicando los servicios auxiliares

2.3 DEFINICIÓN DE CONTROL

El control en una empresa es una etapa importante, pues, aunque esta cuente con magníficos planes y una dirección eficiente, el ejecutivo no podrá verificar cuál es la situación real de la organización si no existe un mecanismo que se cerciore e informe si los hechos van de acuerdo con los objetivos.

Algunos autores han definido el control como sigue a continuación:

- Henry Farol: El control consiste en verificar si todo se realiza conforme al programa adoptado, a las órdenes impartidas y a los principios admitidos. Tiene como fin señalar las debilidades y errores a fin de rectificarlos e impedir que se produzcan nuevamente. [2]

- Robert B. Buchele: El control es el proceso de medir los actuales resultados en relación con los planes, diagnosticando la razón de las desviaciones y tomando las medidas correctivas necesarias. [11]

- Robert C. Appleby: El control es la medición y corrección de las realizaciones de los subordinados con el fin de asegurar que tanto los objetivos de la empresa como los planes para alcanzarlos se cumplan económica y eficazmente. [11]

- Robert Eckles, Ronald Carmichael y Bernard Sarchet: control es la regulación de las actividades, de conformidad con un plan creado para alcanzar ciertos objetivos. [10]

La palabra control tiene muchas connotaciones y su significado depende de la función o del área en que se aplique; para el caso de la construcción se definirá como el conjunto de actividades efectuadas por un agente con el propósito de que las actividades se realicen lo más cerca posible a lo planificado inicialmente.

El mecanismo de control es fruto de una planificación y, por lo tanto, apunta al futuro. El sistema de control se proyecta sobre la base de previsiones del futuro y debe ser suficientemente flexible para permitir adaptaciones y ajustes que se

originen en discrepancias entre el resultado previsto y el real. Esto significa que el control es una función dinámica, no solo porque admite ajustes, sino también por estar presente en cada actividad humana, renovándose ciclo tras ciclo.

Una vez que las estrategias y acciones están definidas, es necesario desarrollar procedimientos operativos que permitan que el plan sea monitoreado, evaluado y controlado. Para ello se recomienda establecer estándares porcentuales para comparar los logros reales con los previstos y controlar estos indicadores. Estas comparaciones deberían llevarse a cabo regularmente (preferentemente en forma mensual) para poder controlar cada etapa del proceso. Para asegurar bases sólidas para el sistema de evaluación y control es también necesario desarrollar **indicadores de desempeño**. Estos indicadores deberían proporcionar información cuantitativa y/o cualitativa cuando se los compara con las metas o estándares previamente establecidos, y mostrar si las actividades que están siendo implementadas están en la línea correcta o si necesitan ser corregidas. En la obra, la definición de indicadores de desempeño y criterios de evaluación dependió de la decisión de las gerencias, tanto de producción, calidad, seguridad y costos, con el fin de decidir cuáles indicadores de desempeño deberían ser adoptados para satisfacer las expectativas de esta obra de construcción del túnel.

2.3.1 Importancia del control

El control de estos indicadores definidos es importante porque:

- Establece medidas para corregir las actividades, de tal forma que se alcancen los planes exitosamente.
- Se aplica a todo: a las cosas, a las personas, y a los actos.
- Determina y analiza rápidamente las causas que pueden originar desviaciones, para que no vuelvan a presentarse en el futuro.
- Localiza a los sectores responsables, desde el momento en que se establecen medidas correctivas.
- Proporciona información acerca de la situación de la ejecución de los planes, sirviendo como fundamento al reiniciarse el proceso de la planeación.
- Reduce costos y ahorra tiempo al evitar errores.

- Dejan registros históricos de indicadores para referentes de obras futuras.

2.3.2 Etapas del control

Las etapas del control son:

2.3.2.1 Planeamiento: El control siempre existe para verificar el logro de los objetivos que se establecen en el planeamiento. En la etapa del planeamiento es cuando se debe definir los parámetros de control (metas). La definición de los parámetros debe prever un margen de normalidad de tal forma que el sistema de control actúe cuando se sobrepase este margen por cualquiera de sus límites, inferior o superior.

2.3.2.2 Medición de los resultados: Una vez que la planificación está definida, es necesario desarrollar un seguimiento o monitoreado. Este sistema debe poseer medios para verificar el resultado de cada actividad. Esta verificación puede presentarse bajo una forma cuantitativa, como por ejemplo: metros lineales de avance de túnel. Cuando no se puede verificar se está sujeto a distorsiones introducidas por quien hace la medición ya que su valor es relativo.

2.3.2.3 Evaluación de los resultados.- La evaluación es la comparación entre los resultados previstos y los reales. Por la propia incertidumbre inherente a la planificación y a lo difícil que es trabajar en proyectos, algunas veces no se cumple lo realizado con lo programado. Es necesario, entonces, determinar la magnitud de la diferencia comprobada y sus repercusiones sobre el proceso de ejecución del plan.

2.3.2.4 Establecer y ejecutar medidas correctivas.- Una vez evaluado un error y su gravedad, se hace necesario analizar las posibles soluciones existentes y seleccionar aquella que parezca más adecuada. Las soluciones encontradas deben traducirse en lenguaje apropiado para quien se encargue de ejecutarlas y de esta forma tenga la medición bajo control, es decir bajo los parámetros esperados.

El realizar el seguimiento de la ejecución de una obra es lo más complicado del control, pero no imposible, este debe consistir en:

- Establecer sistemas de supervisión y de informes, para lo cual hay que determinar: los datos necesarios, quién los recibe y cuándo se reciben.

- Medir los resultados, lo que permite determinar la consecución o la desviación de los objetivos.

- Utilizar las herramientas y las técnicas disponibles de forma efectiva.

Para lograr un buen seguimiento de debe diseñar un sistema que permita desarrollar no solo un control efectivo del avance físico del proyecto, así como del costo y aun más que permita establecer, a cada momento, la relación tiempo/costo o meta/costo.

Para la implementación de un sistema de control, se debe considerar siempre:

- Capacitar, tanto a quienes realizarán el seguimiento como a quienes recibirán la información para procesarla.

- Contar con instalaciones adecuadas como son las oficinas de procesamiento de datos.

CAPITULO 3: PLANEAMIENTO DE CONTROL

Todos los trabajos de excavación fueron planificados según las exigencias de la obra y a lo acordado entre el Contratista y la Supervisión así como a las condiciones naturales del terreno. El sistema de control se consideró realizarlo conforme se describe en este capítulo.

3.1 PLANEAMIENTO DE CONTROL DE PRODUCCIÓN

En la construcción de túneles se avanza siempre con un cierto grado de indeterminación debido a la dificultad de conocer con exactitud las características del terreno antes de iniciar la excavación del túnel. Debido a los diferentes tipos de roca la construcción de un túnel tiene diferentes tiempos de ciclo de trabajo, necesitándose mayor periodo en la roca más débil por necesitar mayor sostenimiento.

El planeamiento que se consideró para la ejecución fue el de la propuesta, en el cual previeron usar los siguientes equipos:

A. Hasta los 200 m de longitud, sistema neumáticos, con los equipos:
Para perforación: Jumbo.
Para extracción de material: Scoop y Dumpers.

B. Después de 200 m de longitud, sistema sobre rieles, con los equipos:
Para perforación: Jumbo.
Para extracción de material: Haggloader y Vagones Shuttletrain
Para transportar: Locomotoras.

En la Figura 3.1 se esquematiza los sistemas considerados a usar.

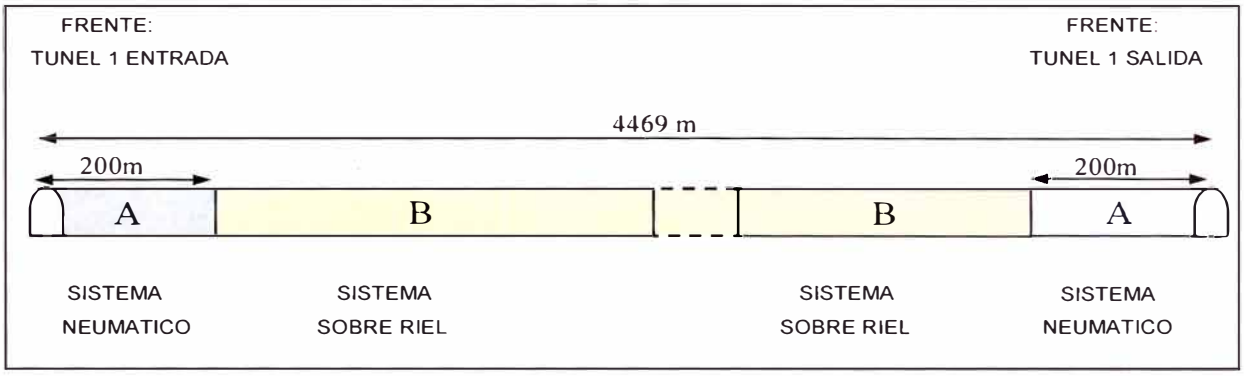


Figura 3.1.- Esquema de sistema planificado para construcción del túnel

Se planificó subcontratar este sistema neumático hasta llegar a las longitudes de avance de 200 m en ambos frentes para una vez alcanzadas estas longitudes la construcción seguiría a cargo de la Contratista con el sistema de rieles.

El personal que la Contratista planificó contratar sería de experiencia en construcción de túneles para obras civiles, para lo cual se hizo una selección detallada.

La Tabla 3.1 muestra los porcentajes de longitudes según el tipo de roca pronosticado por el expediente técnico y lo considerado por el área de planeamiento, siendo éstos diferentes ya que este tipo de trabajos subterráneos así lo ameritan por la incertidumbre del terreno a encontrarse. El planeamiento debe ser poco optimista y los especialistas lo determinaron de la siguiente forma:

TIPO DE ROCA	PRONOSTICO EXPEDIENTE TÉCNICO		CONSIDERACIÓN PARA PLANEAMIENTO		REAL	
	%	LONG. (M)	%	LONG. (M)	%	LONG. (M)
I	90	4022	55	2458	68	3050
II	8	358	30	1341	27	1223
III	2	89	15	670	5	196
TOTAL	100	4469	100	4469	100	4469

Tabla 3.1.- Longitudes según tipo de roca

Además se consideró para el avance diferentes longitudes de taladros y ciclos, estos se muestran detallados en la Tabla 3.2:

TIPO DE ROCA	AVANCE POR VOLADURA				AVANCE POR VOLADURAS AL DÍA					
	LONG. TALADRO		EFIC.	LONG. EFIC.	CICLO 1		CICLO 2		CICLO 3	
	PIES	m	%	m	Nº vol.	LONG. (m)	Nº vol.	LONG. (m)	Nº vol.	LONG. (m)
I	11	3.3	0.85	2.81	2	5.6	3	8.4	4	11.2
II	8	2.4	0.85	2.04	2	4.1	2.5	5.1	3.5	7.1
III	5	1.5	0.85	1.28	1	1.3	1	1.3	2.5	3.2

Tabla 3.2.- Longitud de avance por ciclos según tipo de roca

El construir por los dos frentes fue una alternativa que se manejó según el plazo que tenían como ejecución para la entrega final de la obra. Se consideró iniciar con los trabajos del Túnel 1 entrada, en enero del 2009 y en el Túnel 1 salida en agosto del 2009 como se muestra detallado en la Tabla 3.3.

PERIODO	DIAS HABILES	CICLO		AVANCE (m)	
		TUNEL 1 ENTRADA	TUNEL 1 SALIDA	TUNEL 1 ENTRADA	TUNEL 1 SALIDA
Ene-09	24	CICLO 1	-	108.0	-
Feb-09	24	CICLO 1	-	108.0	-
Mar-09	26	CICLO 2	-	165.1	-
Abr-09	23	CICLO 2	-	146.0	-
May-09	25	CICLO 2	-	158.7	-
Jun-09	25	CICLO 3	-	219.8	-
Jul-09	25	CICLO 3	-	219.8	-
Ago-09	26	CICLO 3	CICLO 1	228.6	117.0
Sep-09	26	CICLO 3	CICLO 2	228.6	165.1
Oct-09	25	CICLO 3	CICLO 2	219.8	158.7
Nov-09	25	CICLO 3	CICLO 2	219.8	158.7
Dic-09	21	CICLO 3	CICLO 3	184.6	184.6
Ene-10	24	CICLO 3	CICLO 3	211.0	211.0
Feb-10	24	CICLO 3	CICLO 3	211.0	211.0
Mar-10	27	CICLO 3	CICLO 3	237.4	237.4
Abr-10	10	CICLO 3	CICLO 3	87.9	72.2
TOTAL	380			2.954.10	1.515.66
TOTAL	380			4.469.76	

Tabla 3.3.- Planeamiento propuesta

El planeamiento es dinámico, ya que los procesos constructivos pueden cambiar para mejorar el ciclo, o por decisiones de gerencia. Al iniciar la obra de Mejoramiento de las áreas marginales de Lima, - Lote 1, 2 y 3 se tuvo un retraso en ejecución por falta de aprobación de proyecto de las demás obras diferentes a la del Túnel 1, por esto la gerencia tomó la decisión de acelera su construcción Túnel 1 para de esta manera lograr que las mediciones mejoraran las valorizaciones de la empresa. Así se empezó antes el frente del Túnel 1 salida. Teniendo como replanteamiento el mostrado en la Tabla 3.4, en el cual la línea roja es el límite entre el realmente ejecutado y el re planeamiento el cual se realizó con los porcentajes de tipo de roca encontrado a las fechas de abril (roca tipo I (RTI) = 59%, roca tipo II (RTII) = 37% y roca tipo III (RTIII) = 4%).

PERIODO	DIAS HABILES	AVANCE T1E (M)	AVANCE T1S (M)	OBSERVACIONES
Ene-09	24	563.7	-	**REAL**
Feb-09	24		-	
Mar-09	26		219.8	
Abr-09	23			
May-09	25	234.7	234.7	**RE PLANEAMIENTO** *CICLO 3:* RTI: 59% RTII: 37% RTIII: 4%
Jun-09	25	234.7	234.7	
Jul-09	25	234.7	234.7	
Ago-09	26	244.1	244.1	
Sep-09	26	244.1	244.1	
Oct-09	25	234.7	234.7	
Nov-09	25	234.7	234.7	
Dic-09	20	187.8	174.7	
TOTAL	294	2,413.35	2,056.41	4 ,469.76

Tabla 3.4.- Re planeamiento a partir de mayo del 2009

Para realizar un control y seguimiento de la producción de forma diaria se tuvo que capacitar a los jefes de guardia y sus respectivos apuntadores para que de forma diaria y por turno informen de su avance, tipo de roca, tiempo de cada actividad, y otras informaciones complementarias. Siendo el formato que se usó el de la Figura 3.2.

| | | |

3.2 PLANEAMIENTO DE CONTROL DE CALIDAD

El control de calidad se realiza para garantizar que el producto se entregue bajo las exigencias mínimas establecidas por el cliente, en este caso el producto es la construcción del túnel. El control de calidad se realiza mediante la verificación, inspección, medición con ensayos, comparando el producto o servicio con sus especificaciones.

Para el inicio de esta actividad se previó contratar personal con experiencia, a quien además se consideró instruir con el sistema de control de calidad que la empresa aplicaría. El Ingeniero Inspector de Calidad sería el responsable de la medición de ensayos, básicamente de los elementos de sostenimiento usados, para que cumplan las especificaciones mínimas y las verificaciones e inspecciones del cumplimiento de instructivos de trabajo. La topografía sería responsable de proveer ejes y cotas antes del inicio del servicio, de la medición de secciones del túnel a cada metro para verificación de volúmenes, pérdida de concreto proyectado y convergencia.

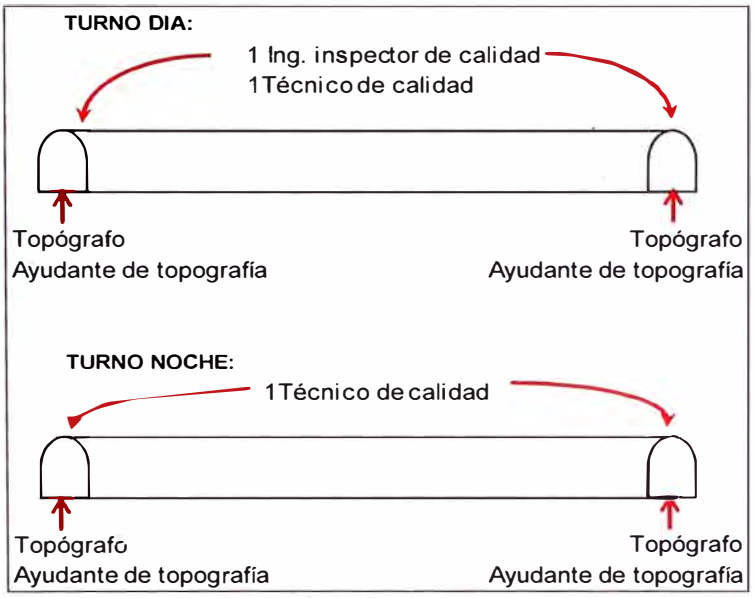


Figura 3.3.- Esquema de distribución del personal para el control de calidad

Se planifico una distribución de personal de control de calidad según la Figura 3.3, en la cual se está considerando cuando los dos frentes estén trabajando en 2 turnos, siendo necesarios:

1 Ing. inspector de calidad, solo en el turno día que se realizaron las inspecciones y en cambio de turno las coordinaciones con técnicos de calidad.
2 técnicos de calidad, 1 para cada turno.
4 topógrafos, 1 para cada turno y frente.
4 ayudantes de topografía, 1 para cada turno y frente.

A continuación se describirán brevemente las principales acciones de control de calidad que el Contratista consideró necesario llevar a cabo para asegurar una correcta ejecución del túnel en sus principales actividades.

3.2.1 PRUEBA DE PERNOS DE ANCLAJE

Previamente a la instalación de los pernos de anclaje en las obras, el Contratista planificó desarrollar una serie de ensayos a fin de verificar la capacidad del sistema, para los fines del caso se decidieron hacer pruebas de arranque de pernos, empleando para ello una gata hidráulica especial para tal fin. Se ensayaron un perno por cada 30 instalados. Se siguió lo establecido por las especificaciones dada por la norma ASTM D 4435 (Standard Test Method for Rock Bolt Anchor Pull Test).

Estos ensayos debieron garantizar:

a. La cantidad de resina necesaria para rellenar la parte situada alrededor del perno de anclaje en una longitud del taladro.
b. La resistencia de resinas necesarias para anclar las barras totalmente hasta alcanzar la resistencia de ***5 toneladas*** característica de los pernos de anclaje, como muestra la Tabla 3.5.
c. La capacidad del equipo necesario a fin de instalar los pernos de anclaje totalmente rellenados hasta una longitud máxima de 1.5 m en los taladros inclinados hacia arriba.
d. La capacidad de cada cuadrilla para instalar y tensar correctamente los pernos de anclaje.

PARAMETRO	LIMITE
Carga de Prueba de Perno de Anclaje	≥ 5 Tn

Tabla 3.5.- Limite admisible: Prueba de pernos de anclaje

Este ensayo se planificó realizar con el equipo de tensión directamente, debiendo instalar los pernos de ensayo en una cara de la roca apropiada situada en una dirección inclinada y ascendente.

3.2.2. ENSAYO DE RESISTENCIA DE CONCRETO

Para los ensayos se planificó construir paneles de madera como los que se muestran en la Figura 3.4, los mismos que se llenaron en el lugar de aplicación con 10 cm de concreto lanzado en 3 capas. De la muestra del concreto obtenida se tomaron 6 muestras cilíndricas cortados con el equipo de extracción de testigos, como se muestra en la Figura 3.5, para ser sometidos a ensayos de compresión, dos a los 3 días y dos a los 28 días; además dos quedaron de reserva. El ensayo debe resistir los límites establecidos en la Tabla 3.6. Para las consideraciones de estos ensayos el Contratista se basó en la Norma ACI 506R-05 (Guide to Shotcrete).

PARAMETRO	LIMITE
Resistencia especifica del concreto	≥ 210 kg/cm2

Tabla 3.6.- Limite admisible de Resistencia de concreto lanzado

Figura 3.4.- Construcción de paneles de madera para ensayo de resistencia de concreto

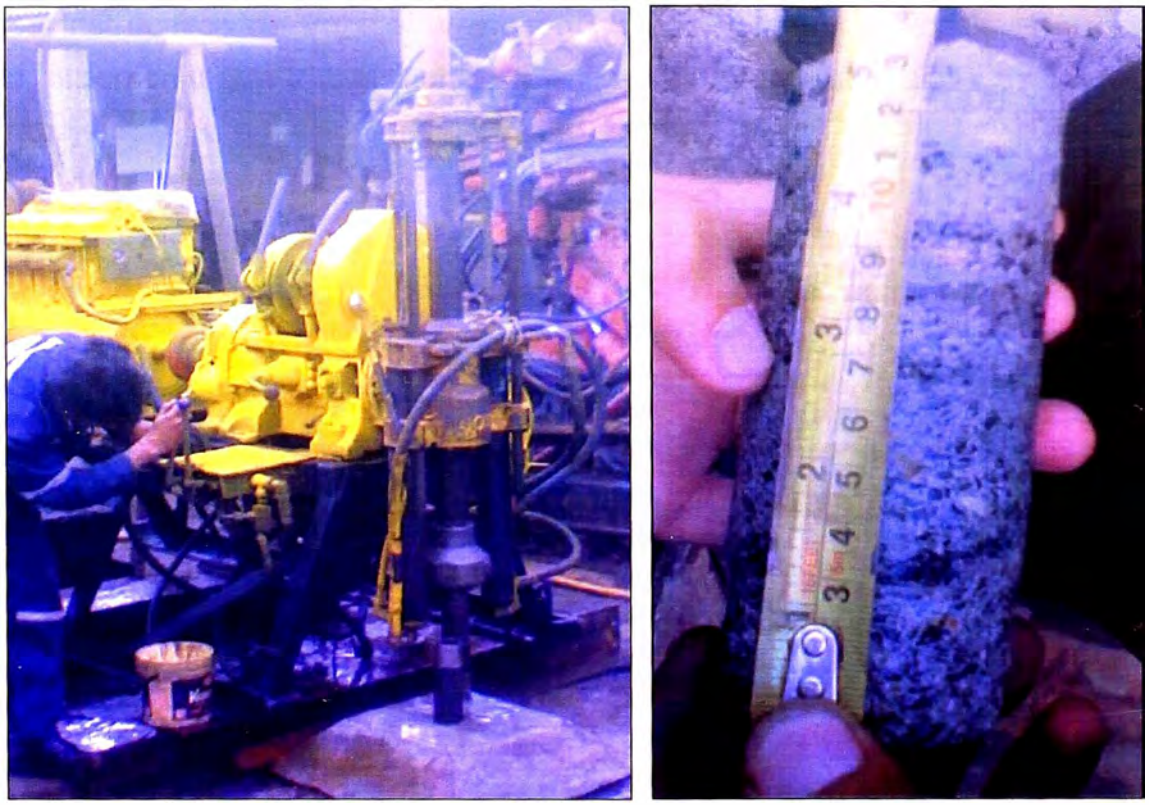


Figura 3.5.- Pruebas de obtención de testigos

3.2.3. INSPECCIONES Y MONITOREOS

El inspector de calidad tenía como responsabilidad orientar al personal de producción, Jefe de túneles y Jefes de guardia, para la elaboración de sus instructivos de trabajos, que debían tener:

- Objetivo
- Aplicación
- Responsabilidad
- Descripción del procedimiento
- Medidas de prevención de seguridad y medio ambiente
- Control de registros
- Anexos
- Glosario
- Referencias
- Plazo de validez, y
- Formalización de documentos

Estos Instructivos de trabajos y procedimientos modelos fueron implantadas a todo el personal que trabaja con este trabajo, de preferencia antes de que inicie el trabajo.

Un instructivo de trabajo es dinámico ya que pueden ir cambiando de versiones para ser mejorados o por los cambios en cuanto a sistemas de procesos constructivos o situaciones identificadas durante la ejecución.

El Anexo 04 enlista los instructivos de trabajos y procedimientos modelos usados para la construcción del Túnel 1 de la obra. Además, en el Anexo 05 y 06 se muestra dos Instructivos de Trabajos significativos, el de Concreto Proyectado e Instalación de Pernos y Barras de Anclaje respectivamente.

Al ingeniero inspector de calidad se le programo hacer inspecciones y monitoreos en cada frente de forma diaria, esto lo debía hacer de preferencia en conjunto con el ingeniero jefe de guardia responsable, para en caso haya que tomarse una medida de corrección esta sea de forma inmediata. Para facilitar las tareas de inspección de calidad, se elaboraron Boletines de Inspección y Monitoreo, para el caso de la construcción de túneles se creó uno específico, en el cual se inspeccionaría temas como Voladura en túneles, Instalación de pernos y barras de anclaje, concreto proyectados, y otros que pueda creer conveniente el ingeniero inspector.

La elaboración de informes diarios de las inspecciones realizadas también se consideró necesaria ya que aquí se incluyó fotografías que son mucho más ilustrativas en cuanto a lo evaluado por calidad.

La Figura 3.6 muestra el formato del Boletín de Inspección y Monitoreo usado por el área de Calidad para la construcción de los túneles.

CONSORCIO HUACHIPA OTV	**PTAP HUACHIPA** **BOLETIN DE INSPECCIÓN Y MONITOREO - BIM**

Título:

Túnel: Voladura, Pernos de Anclaje, Shotcrete.

PLAN DE INSPECCIONES Y PRUEBAS RELACIONADO **HUA-PLA-013**

Responsable por la emisión del boletin

☐ **Calidad** HUA/CLD/BIM/_____/_____ ☐ **Producción** HUA/PRO/BIM_____/_____

Tipo de verificación ejecutada		**Fecha de la Verificación**
☐ **Monitoreo** El servicio que aún está siendo ejecutado	☐ **Inspección** El servicio que ya fue concluido	____/____/____

Local de verificación

Tipo de roca:_____	Avance de excavación:_____
Túnel:_____	Jefe de turno:_____

Datos Proyección de Shotcrete	Inicio proyectado:	Vol. Turno (m³):	Progresiva Inicial turno :
	Fin proyectado:	Espesor (mm):	Progresiva Final turno :

Evidencia de la(s) verificación(es)

Ítems verificados		Horario(s) de la(s) verificación(es)		
Voladura en túnel	01. Supervisar cumplimiento del plan de evacuación para voladura en túnel.			
	02. Inspeccionar que se realicen las acciones de seguridad previas a la carga (señalización, alarma, coloc. De letreros de seguridad, cintas de advertencia)			
	03. Inspeccionar cumplimiento del procedimiento y fases de excavación.			
	04. Verificar el almacenamiento y certificación de calidad de explosivos.			
	05. Verificación de la sección (túnel) pos voladura.			
Instalación de pernos y barras de anclaje	06. Verificar certificación, especificaciones técnicas y estándares de calidad de las barras y accesorios de anclaje.			
	07. Verificar que los elementos y accesorios de anclaje, cuenten con una adecuada limpieza y almacenaje para garantizar su instalación.			
	08. Verificar el almacenaje y certificado de calidad de la resina epoxica.			
	09. Vigilar por el cumplimiento de procedimiento de instalación de pernos de anclaje (perforación, preparación de huecos, preparación de pernos, Inst. de pernos con resina, inspección de la instalación)			
	10. Terminado el anclaje del perno, Verificar la colocación de accesorios de fijación.			
	11. Supervisar pruebas de arranque de pernos de anclaje (prueba axial)			
Concreto proyectado – shotcrete.	12. Tratamiento, limpieza y preparación de la superficie: ☐ Agua ☐ Aire comprimido.			
	13. Verificación y control de filtraciones de agua antes del proyectado de shotcrete.			
	14. Verificar las dosificaciones (%humedad) en preparación del concreto (shotcrete)			
	15. Verificar el correcto procedimiento de aplicación de shotcrete.			
	16. Verificar el espesor final de shotcrete según reporte de evaluación geológica.			
Otros	17. Otros (Identificar):			

La situación de la verificación: **C = Conforme** o **NC = No Conforme**. En el caso de Ítem **No Verificado** llenar con un trazo.

Observaciones	**Resumen del boletín**	
	Nº. Ítems conformes	
	Nº. Ítems no conformes	
	Total de Ítems verificados	
	Nº de verificaciones conformes	
	Nº de verificaciones no conformes	
	Total de verificaciones	

Identificación y firma del responsable por la(s) verificación(es)	**Identificación y firma de la Supervisión**
Firma: Identificación:	Firma: Identificación:

En la ocurrencia de Ítem(s) no conforme(s) de inspección, este(os) será(n) tratado(s) en Informe de No Conformidad, registro(s) nº:_____ _____

Los Registros de No Conformidades serán tratados conforme previsto en el HUA/PM/006

Figura 3.6.- Formato de BIM (Boletín de inspección y monitoreo)

3.2.4. MEDICIONES TOPOGRÁFICAS (DIMENSIONAMIENTO)

Desde el inicio de los trabajos de los túneles es necesario personal de topografía, ya que son quienes marquen la dirección de avance, con las coordenadas, respectivos buzamientos y cotas. Se encargarón de los siguientes controles:

ALINEAMIENTO:

Se planificó tanto en los frentes de entrada y la salida del túnel, establecer 04 puntos principales, dos de cada lado, para poder cumplir con el objetivo del control de alineamiento del eje del Túnel 1 del proyecto. Para ello se subcontrato a la empresa PTZ INGENIEROS SA (Servicios Topográficos y Geodésicos). Estos puntos fueron aprobados por la supervisión.

Con esos puntos base, se tomaron dos puntos de apoyo (BM`s), uno en la entrada y uno en la salida respectivamente, que serán las coordenadas de inicio de cada frente. Para realizar el control de alineamiento, topografía debió partir con dicho BM y a medida que se avanza en la perforación del túnel, se colocó BM´s auxiliares a cada 50 metros respectivamente y realizando nivelaciones cerradas, a fin de encontrar la cota óptima que está diseñada en el proyecto del túnel.

SOBRE EXCAVACIÓN:

Otro tipo de control se refiere al volumen de excavación, el cual se realizó con el levantamiento topográfico de las secciones transversales cada metro de avance, estos datos serán entregados a la oficina técnica para verificar los volúmenes. La sobre excavación se consideró controlarla mediante el indicador referido a la longitud promedio de sobre excavación en centímetros. Este se calcula con la siguiente fórmula:

$$SE = (VE_{real} - VE_{teórico}) / (L \times P_{teórico})$$

Siendo:

SE : Sobre excavación (m)

VE : Volumen de excavación (m^3)
L : Diferencia entre progresivas (m)
P : Perímetro de hastiales y bóveda (m)

Los valores admitidos de sobre excavación por cada tipo de roca son los descritos en la Tabla 3.7.

PARAMETROS	LÍMITE
SE_{RTI}	≤ 10 cm
SE_{RTII}	≤ 15 cm
SE_{RTIII}	≤ 40 cm

Tabla 3.7.- Límite admisible de Sobre excavación

PERDIDA DE SHOTCRETE:

El shotcrete o concreto proyectado al ser lanzado a la roca sufre de una pérdida de material por rebote debido a la fuerza con que es lanzado el material, pero también a la habilidad del personal para lanzar éste.

Para tener bajo control esta pérdida de shotcrete, se debe realizar el levantamiento topográfico de las secciones transversales una vez colocado el shotcrete por cada metro de avance, estos datos serán entregados a la oficina técnica para calcular los volúmenes. La pérdida de shotcrete, que se mide en porcentaje, se calcula con la siguiente fórmula:

$$PS = (VS_{real} - VS_{teórico}) / VS_{real} \times 100\ \%$$

Siendo:
PS : Pérdida de shotcrete (%)
VS : Volumen de shotcrete (m^3)

PARAMETRO	LIMITE
Pérdida de shotcrete	≤ 40%

Tabla 3.8.- Límite admisible de Pérdida de shotcrete

El valor admitido de pérdida de shotcrete esta mencionado en la Tabla 3.8.

A continuación, la Tabla 3.9, muestra un resumen de los parámetros a controlar para la calidad de la obra.

MIDE	ACTIVIDAD	CONTROL	FRECUENCIA	PARAMETRO	LIMITE
INSPECTOR DE CALIDAD	Ensayo	Prueba de pernos de anclaje	Cada 30 pernos	Resistencia a la tracción	≥ 5 T
	Ensayo	Resistencia de concreto	Cada tanda preparada	Resistencia a la compresión	≥ 210 kg/cm2
	Inspección	Inspección y monitoreo de trabajos en túnel	1 vez al día	Conformidad	100%
TOPOGRAFIA	Alineación del túnel	Comprobar topográficamente en horizontal y vertical que se sigue el eje de proyecto.	Cada avance o voladura	Coordenadas	100%
	Sección transversal sobre roca	Obtener perfiles transversales topográficamente para controlar sobre excavación.	Cada avance a cada metro.	Sobre excavación	$SE_{RI} \leq 10$ cm $SE_{RII} \leq 15$ cm $SE_{RIII} \leq 40$ cm
	Sección transversal sobre shotcrete	Obtener perfiles de shotcrete real colocado.	Cada avance a cada metro.	Pérdida de shotcrete	PS ≤ 35 %

Tabla 3.9.- Control de Calidad en Excavación de Túnel

3.3 PLANEAMIENTO DE CONTROL DE SEGURIDAD

Dentro de las construcciones civiles, la excavación de un túnel es una de las actividades que entraña más riesgos. Se trabaja en una zona estrecha, oscura, con presencia de maquinaria pesada, se manejan explosivos, suele existir gran cantidad de humo y polvo e incluso gases tóxicos en el aire y se trabaja con ventilación forzada.

Se planificó un sistema de gestión basado en la implementación de controles operacionales enfocados en: sistemas de bloqueo (Bloqueo y tarjeteo); equipo de protección individual y colectivo, análisis de Prevención de Tarea (APT) e Inspecciones / Monitoreos. Los que se describen a continuación:

- **Sistemas de bloqueo:** Son dispositivos, barreras físicas o documentarias que impiden que la persona pueda estar en contacto directo o exponerse a la fuente de riesgo. Estas pueden tener carácter inviolable o manipulable. Ejemplo: candados, guardas, tranqueras, permisos de trabajo, tarjetas de bloqueo, precintos, alarmar, APT´s, etc.

- **Equipo de Protección Individual y Colectivo:** Se refiere a las características que tiene los Equipos de Protección Individual (EPI) y Equipos de Protección Colectiva (EPC) con respecto al nivel de protección y eficacia que brindan para garantizar la integridad en aspectos Seguridad, Salud y Medio Ambiente (SSMA) de las personas o ambiente expuesto. Realizar la solicitud de los EPI y administrar el control de su frente de trabajo es responsabilidad del Inspector de seguridad así como solicitar que los EPC estén en buen estado de funcionamiento. En esta obra se planificó usar el equipo suficiente como el establecido en la Tabla 3.10. Y en cuanto a los equipos de Protección colectiva se tiene:

  - ✓ Servicios auxiliares: ventilación, iluminación, agua y aire comprimido.
  - ✓ Señalización adecuada.
  - ✓ Para desplazamientos, para longitud de túnel de 600 m se consideró la construcción de vagones para transporte de personal movilizados por la locomotora.
  - ✓ Equipo de emergencia y rescate, conformado por las brigadas de trabajadores a quienes se capacitó de manera constante, el equipo logístico como son camillas y tópicos equipado, y ambulancia operativa
  - ✓ Sistema de comunicación del túnel hacia el exterior por medio de teléfono.

ÍTEM	PUESTOS DE TRABAJO DESARROLLADOS EN TÚNEL	PROTECCIÓN DE LA CABEZA		PROTECCIÓN DE OJOS		PROTECCIÓN DE OÍDOS		PROTECCIÓN DE PIES			PROTECCIÓN DE MANOS				PROTECCIÓN RESPIRATORIA		OTROS					
		BARBIQUEJO	CASCO ALA ANCHA	LENTES	LENTES SOLD. OXICORTE	TAPONES	PROTECTOR AUDITIVO Tipo Copa	BOTINES CON PUNTA DE ACERO	BOTINES DIELÉCTRICOS	BOTAS NEOPRENO O NITRILO	GUANTES CUERO AMARILLO	GUANTES NITRILO	GUANTES DIELÉCTRICOS	GUANTES SOLD. CAÑA LARGA	RESPIRADOR MEDIA CARA CON FILTRO	MASCARILLA POLVO	MANDIL CUERO	CHAQUETA CUERO	ESCARPINES DE CUERO	UNIFORME (Camisa / Pantalon)	CHALECO	CARETA PARA SOLD. ARCO ELÉCTRICO
1	ALMACÉN	X	X	X		X		X								X				X		
2	AYUDANTE DE TREN DE LÍNEA	X	X	X		X		X		X	X	X			X					X		
3	AYUDANTE TÚNEL	X	X	X		X		X		X	X	X			X					X		
4	CAPATAZ TÚNEL	X	X	X		X		X		X	X	X			X					X	X	
5	ELECTRICISTA	X	X	X		X			X		X		X		X					X		
6	JEFE DE TURNO	X	X	X		X		X		X					X					X	X	
7	OPERADOR DE EQUIPOS	X	X	X		X	X	X			X				X					X		
8	PERFORISTA/MINERO	X	X	X		X	X	X		X	X	X			X	X				X		
9	SOLDADOR	X	X	X	X	X		X			X			X	X	X	X	X	X	X		X
10	SUPERVISIÓN		X	X		X		X													X	

Tabla 3.10.- EPI por frente de trabajo (Fuente: Elaborado por el área de SSMA)

- **Análisis de prevención de trabajo (APT´s):** Este es un documento que describe la forma de cómo se realiza una determinada tarea mediante pasos secuenciales, considerando los posibles daños e impactos asociados a cada paso de la tarea y los mecanismos de control de seguridad para prevenir éstos.

Estos documentos son actualizados cuando se cambia el proceso constructivo o las características de los mismos. El APT es de conocimiento de todo trabajador que realiza la tarea descrita en el mismo y su eficacia se mide en base a su elaboración, difusión, aplicación y cumplimiento.

El Anexo 07 enlista los APT´s elaborados para la construcción del Túnel 1 de la obra. Además, en el Anexo 08 y 09 se muestra dos APT significativos, el de Sostenimiento de pernos y Sostenimiento con shotcrete.

- Inspecciones / Monitoreos: Se refiere a los mecanismos de observación y medición del desempeño SSMA de las actividades y sus componentes. Estos mecanismos son ejecutados por el personal de producción, Jefe de túneles y Jefes de guardia.

El Anexo 06 enlista los Registros de inspección y monitoreo de seguridad elaborados para la construcción del Túnel 1 de la obra.

3.3.1 ÍNDICES DE MEDICIÓN DE SEGURIDAD:

Los Índices que se consideró registrar son:

- **Índice de Frecuencias (IF)**: Indica la cantidad de accidentes con pérdidas de tiempo o reportables sin pérdida de tiempo, ocurridos y relacionados a un período de tiempo de 200 horas trabajadas (Seguridad durante la Construcción G.050)

$$IF = \frac{\text{N° de Accidentes con tiempo perdido x 200}}{\text{Horas efectivamente trabajadas}}$$

- **Índice de Gravedad (IG)**: Es el número de días perdidos o no trabajados por el personal de la obra por efecto de los accidentes relacionándolos a un periodo de 200 horas de trabajo (OSHA). Para el efecto acumulativo se suman todos los días perdidos por los lesionados durante los meses transcurridos en lo que va del año. Si el descanso médico de un lesionado pasara de un mes, se sumarán los días no trabajados correspondientes a cada mes.

$$IG = \frac{\text{N° de Días perdidos} \times 200}{\text{Horas efectivamente trabajadas}}$$

El rango aceptable definido por la empresa constructora, para valores acumulados, los mencionados en la Tabla 3.11

PARAMETROS	LIMITE
IF	< 40
IG	< 800

Tabla 3.11.- Límite admisible: Índice de Frecuencia y Gravedad

Se consideró llevar dos tipos de estadísticas: mensual y acumulativa. En la estadística mensual sólo se tomó en cuenta los accidentes ocurridos y los días perdidos durante el mes y en la estadística acumulativa se hará la suma de los accidentes ocurridos y los días no trabajados en la parte de año transcurrido.

3.4 PLANEAMIENTO DE CONTROL DE COSTOS

El costo de la construcción de un túnel va a depender del tipo de roca que se encuentre. El tipo de contrato que la constructora tenía con el cliente fue de Precios Unitarios según el tipo de roca, siendo su unidad de medición metro lineal de avance.

Mientras la roca sea más estable necesitará menos sostenimiento y el avance será mayor, por lo tanto el costo por metro lineal será menor:

$$C_{TRI} < C_{TRII} < C_{TRIII}$$

Siendo:

C : Costo total
TR : Tipo de roca

Para obtener el costo real se consideró cuatro categorías: mano de obra, equipos, materiales (incluye herramientas) y subcontratos. Con esta clasificación se realizó el control de costo directo de la construcción del túnel.

Los parámetros a controlar fueron:

- **Para la cantidad de explosivos:** se ha considerado dos parámetros por frente, a) Cantidad de explosivos según el tipo de roca (E_{RTI}, E_{RTI} y E_{RTIII}) y b) Factor de explosivo (FE = ER/ET). Estos valores acumulados mensualmente son informado a los jefes de guardia de forma diaria. Donde:

E_{RTI} : Kilos de explosivos real por metro de avance en roca tipo I
E_{RTII} : Kilos de explosivos real por metro de avance en roca tipo II
E_{RTIII} : Kilos de explosivos real por metro de avance en roca tipo III
ER : Kilos de explosivo real por metro de avance en total (en roca Tipo I, II y III)
ET : Kilos de explosivo teórico ponderado por metro de avance en total (en roca Tipo I, II y III)

- **Para el costo de la Mano de Obra: CR_{MO} / CO_{MO}**, es un parámetro de costo de mano de obra, el cual se ha considerado totalizado por túnel para todos los tipos de roca; el indicador muestra un comparativo entre el costo real y el previsto de mano de obra. Este valor acumulado mensualmente es informado a los jefes de guardia de forma semanal. Donde:

CR_{MO} : Costo real de mano de obra
CO_{MO} : Costo previsto de mano de obra

- **Para el costo total: CR_{TOT} / CO_{TOT}**, es un parámetro de costo total, el cual se ha considerado totalizado para todos los tipos de roca; el indicador muestra

un comparativo entre el costo real y el previsto total. Este valor mensual es informado a los jefes de guardia de forma mensual, al cierre de mes. Para ello se tiene:

$$CR_{TOT} = CR_{MO} + CR_{EQ} + CR_{MA} + CR_S$$

$$CO_{TOT} = \sum M * CU = M_{TRI} * CU_{TRI} + M_{TRII} * CU_{TRII} + M_{TRIII} * CU_{TRIII}$$

Siendo:

CR_{TOT} : Costo real total
MO : Mano de obra
EQ : Equipo
MA : Materiales
S : Subcontrato
CO_{TOT} : Costo previsto total
M : Metro lineal de avance real
CU : Costo unitario por metro lineal

La Tabla 3.12 muestra los límites de los parámetros de costos medidos. Se estableció que los límites de la cantidad de explosivos en kilos por metro de avance fueron según lo considerado en el análisis de costo previsto, si estos se superan el costo es mayor.

DESCRIPCION	PARAMETRO	LIMITE
Explosivos	E_{RTI}	≤ 41.35 kg/m
	E_{RTII}	≤ 35.15 kg/m
	E_{RTIII}	≤ 20.67 kg/m
	FE	≤ 1.00
Mano de obra	CR_{MO} / CO_{MO}	≤ 1.00
Total	CR_{TOT} / CO_{TOT}	≤ 1.00

Tabla 3.12. Límites admisibles: Costos

Si el resultado de los CR/CO es 1.00, se dice que el costo real está de acuerdo a lo planificado, si es menor a 1.00, se dice que el costo real está debajo de lo planificado y si es mayor a 1.00, se dice que el costo real está encima de lo planificado, por esto es que este parámetro está controlado siempre que sea menor o igual a 1.00.

CAPITULO 4: MEDICION Y EVALUACION DE RESULTADOS

Las mediciones se realizaron como se describió en el planeamiento. Entregándose los reportes de medición y evaluación de resultados a los Ingenieros Jefes de Guardia y al Ingeniero responsable de los Túneles. Los reportes se entregaron con la frecuencia que muestra la Tabla 4.1 para que se realice el analizar en el momento oportuno y se tomen medidas correctivas necesarias.

	PARAMETRO	UND.	FRECUENCIA DE ENTREGA DE REPORTE
PRODUCCION	AVANCE	m	DIARIO
	PRODUCTIVIDAD JUMBO (*)	m/h	DIARIO
	PRODUCTIVIDAD HAGGLOADER	m3/h	DIARIO
CALIDAD	PRUEBA DE PERNO DE ANCLAJE	T	INMEDIATO
	RESISTENCIA DE CONCRETO	Kg/cm2	SEMANAL
	SOBRE EXCAVACION	cm	SEMANAL
	PERDIDA DE SHOTCRETE	%	SEMANAL
SEGURIDAD	INDICE DE FRECUENCIA	# acci./h	MENSUAL
	INDICE DE GRAVEDAD	#dias perd./h	MENSUAL
COSTOS	CANTIDAD DE EXPLOSIVO	kg/m	DIARIO
	CR/CO MO	----	SEMANAL
	CR/CO TOTAL	----	MENSUAL

(*) metros de avance por número de perforaciones

Tabla 4.1.- Frecuencia de entrega de reportes de Evaluaciones

La presentación en que se entregaron los reportes diarios es la mostrada en la Figura 4.1, el cual es un gráfico radial de evacuación que muestra los valores previstos y los resultados reales obtenidos. La línea azul punteada representa los valores previstos y la línea roja continua representa los valores reales obtenidos. Si en un determinado parámetro la línea roja esta fuera de la línea azul quiere decir que está superando lo previsto, si esta en el mismo punto significa que se está alcanzando el límite y si esta dentro significa que el parámetro está debajo de lo esperado y deben tomarse medidas para mejorar. Este gráfico fue acumulativo a nivel mensual, cada mes volvió a empezar.

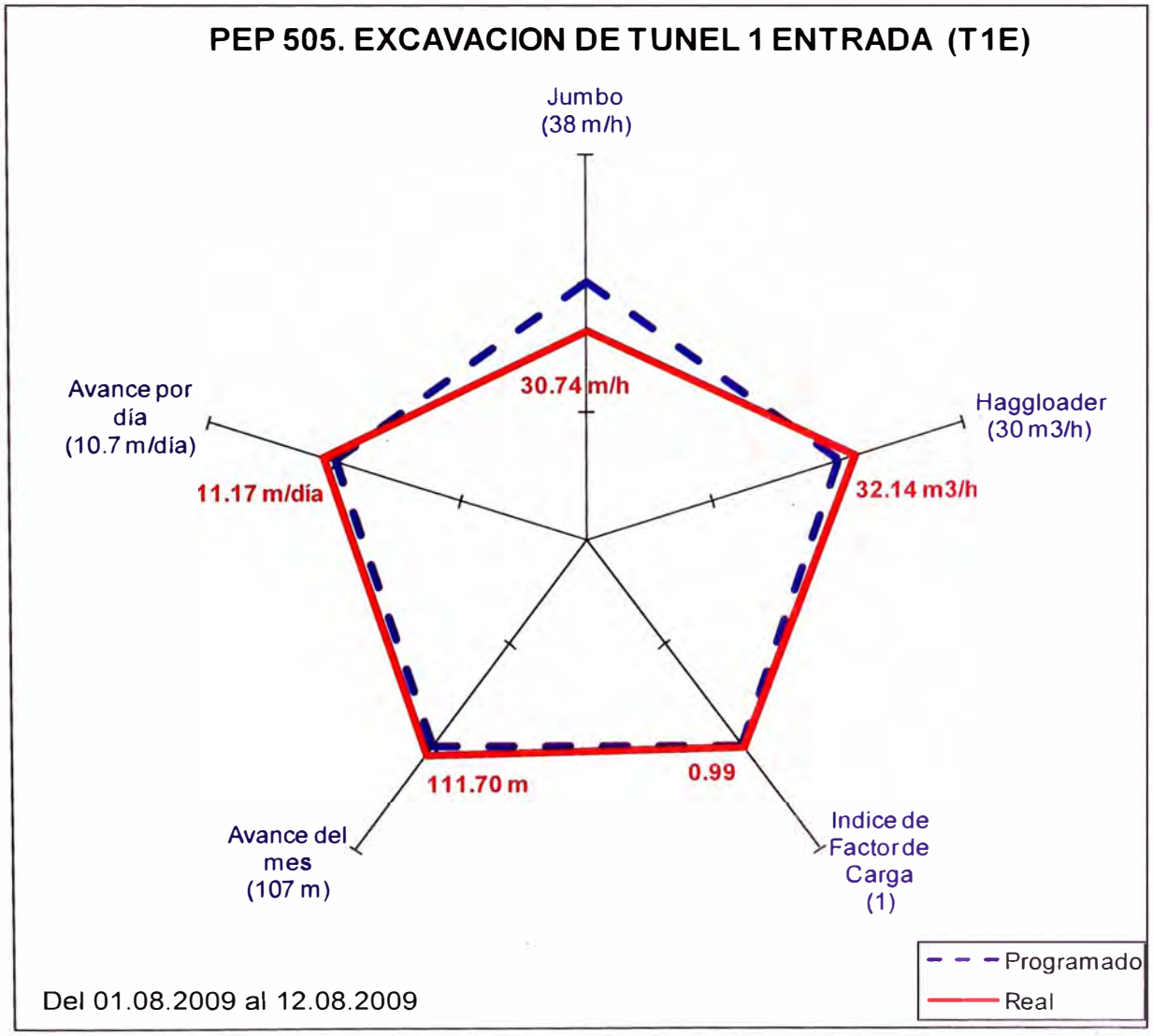


Figura 4.1.- Gráfico radial de evaluación de resultados del Túnel 1 entrada – periodo 01/08/09 al 12/08/09

A continuación se resumirá las mediciones realizadas con frecuencias diaria, semanal y/o mensual, mostrando los valores obtenidos agrupados por mes según el tipo de roca que se encontró en el avance y los diferentes gráficos de evaluación, que permitieron la fácil visualización comparativa entre los valores previstos y los resultados reales obtenidos.

4.1 MEDICION Y EVALUACION DE PRODUCCIÓN

Los parámetros establecidos fueron los ya descritos en el Capítulo 3.1 Planeamiento de producción. Llegando a su punto más óptimo de producción, según la Tabla 3.2, el conseguido por el ciclo 3, que quiere decir que por día se tenía que avanzar por frente las siguientes longitudes: RTI: 11.20m, RTII: 7.10m y RTIII: 3.20m.

Del seguimiento de producción diario se obtuvo la medición de avance por tipo de roca en cada mes y en cada frente. En el Anexo 10 se muestra dos formatos llenados de **Parte diario de excavación** del frente de trabajo del Túnel 1 salida de la fecha 11-07-09 en los turnos día y noche, que fueron los documentos por los cuales se informó el avance, ciclos y otros datos de la producción diaria.

A continuación se resumen las mediciones por tipo de roca en el Túnel 1 entrada del periodo de enero a junio del 2009 en la Tabla 4.2 y en el periodo de julio a diciembre del 2009 en la Tabla 4.3. Así como las mediciones por tipo de roca en Túnel 1 salida del periodo de marzo a agosto del 2009 en la Tabla 4.4 y en el periodo de septiembre a diciembre del 2009 en la Tabla 4.5.

Con estas mediciones se realizaron las evaluaciones en gráficos de barras comparativos. Las Figuras 4.2, 4.3 y 4.4 muestran la comparación entre el avance real mensual con el avance previsto según la propuesta y las Figuras 4.5, 4.6 y 4.7 muestran la comparación entre el avance real mensual con el avance previsto según la reprogramación hecha en mayo del 2009.

TUNEL 1 - ENTRADA								
Mes	Progresiva		Parcial	Tipo	TR I	TR II	TR III	TOTAL
	Inicio	Fin	(m)	Roca	(m)	(m)	(m)	(m)
ENERO	00+000.00	00+007.35	7.35	III	3.65	47.4	16.95	68
	00+007.35	00+049.85	42.5	II				
	00+049.85	00+053.50	3.65	I				
	00+053.50	00+058.40	4.9	II				
	00+058.40	00+068.00	9.6	III				
FEBRERO	00+068.00	00+086.75	18.75	III	4.7	82.85	18.75	106.3
	00+086.75	00+169.60	82.85	II				
	00+169.60	00+174.30	4.7	I				
MARZO	00+174.30	00+177.40	3.1	I	155.5	34.9	-	190.4
	00+177.40	00+181.90	4.5	II				
	00+181.90	00+190.35	8.45	I				
	00+190.35	00+195.15	4.8	II				
	00+195.15	00+198.40	3.25	I				
	00+198.40	00+209.70	11.3	II				
	00+209.70	00+230.00	20.3	I				
	00+230.00	00+235.70	5.7	II				
	00+235.70	00+241.00	5.3	I				
	00+241.00	00+249.60	8.6	II				
	00+249.60	00+364.70	115.1	I				
ABRIL	00+364.70	00+425.90	61.2	I	134.8	57	7.2	199
	00+425.90	00+450.00	24.1	II				
	00+450.00	00+475.20	25.2	I				
	00+475.20	00+483.70	8.5	II				
	00+483.70	00+532.10	48.4	I				
	00+532.10	00+556.50	24.4	II				
	00+556.50	00+563.70	7.2	III				
MAYO	00+563.70	00+566.70	3	III	242.7	26.1	3	271.8
	00+566.70	00+571.20	4.5	II				
	00+571.20	00+607.20	36	I				
	00+607.20	00+616.40	9.2	II				
	00+616.40	00+651.90	35.5	I				
	00+651.90	00+661.00	9.1	II				
	00+661.00	00+762.80	101.8	I				
	00+762.80	00+766.10	3.3	II				
	00+766.10	00+835.50	69.4	I				
JUNIO	00+835.50	00+838.50	3	I	53.5	184.5	9.8	247.8
	00+838.50	00+856.20	17.7	II				
	00+856.20	00+887.10	30.9	I				
	00+887.10	00+908.90	21.8	II				
	00+908.90	00+918.70	9.8	III				
	00+918.70	00+964.80	46.1	II				
	00+964.80	00+977.90	13.1	I				
	00+977.90	01+076.80	98.9	II				
	01+076.80	01+083.30	6.5	I				

Tabla 4.2.- Medición de avance Túnel 1 entrada; enero a junio 2009

TUNEL 1 - ENTRADA								
Mes	Progresiva		Parcial	Tipo	TR I	TR II	TR III	TOTAL
	Inicio	Fin	(m)	Roca	(m)	(m)	(m)	(m)
JULIO	01+083.30	01+102.10	18.8	I	211.8	41	-	252.8
	01+102.10	01+124.20	22.1	II				
	01+124.20	01+140.30	16.1	I				
	01+140.30	01+146.70	6.4	II				
	01+146.70	01+221.10	74.4	I				
	01+221.10	01+224.10	3	II				
	01+224.10	01+227.30	3.2	I				
	01+227.30	01+236.80	9.5	II				
	01+236.80	01+336.10	99.3	I				
AGOSTO	01+336.10	01+577.80	241.7	I	245	21.4	2.4	268.8
	01+577.80	01+583.90	6.1	II				
	01+583.90	01+587.20	3.3	I				
	01+587.20	01+602.50	15.3	II				
	01+602.50	01+604.90	2.4	III				
SET	01+604.90	01+636.20	31.3	III	119.8	42.8	46.6	209.2
	01+636.20	01+646.30	10.1	II				
	01+646.30	01+667.90	21.6	I				
	01+667.90	01+670.90	3	II				
	01+670.90	01+680.20	9.3	III				
	01+680.20	01+757.70	77.5	I				
	01+757.70	01+769.70	12	II				
	01+769.70	01+778.80	9.1	I				
	01+778.80	01+784.80	6	III				
	01+784.80	01+802.50	17.7	II				
	01+802.50	01+814.10	11.6	I				
OCT	01+814.10	01+860.30	46.2	I	179.7	63.7	6.7	250.1
	01+860.30	01+903.50	43.2	II				
	01+903.50	01+909.60	6.1	I				
	01+909.60	01+924.70	15.1	II				
	01+924.70	01+931.40	6.7	III				
	01+931.40	01+933.90	2.5	II				
	01+933.90	02+029.00	95.1	I				
	02+029.00	02+031.90	2.9	II				
	02+031.90	02+064.20	32.3	I				
NOV	02+064.20	02+070.20	6	I	279.1	14.1	-	293.2
	02+070.20	02+084.30	14.1	II				
	02+084.30	02+357.40	273.1	I				
DIC	02+357.40	02+506.60	149.2	I	149.2	-	-	149.2

Tabla 4.3.- Medición de avance Túnel 1 entrada; julio a diciembre 2009

TUNEL 1 - SALIDA								
Mes	Progresiva Inicio	Progresiva Fin	Parcial ml	Tipo Roca	TR I (m)	TR II (m)	TR III (m)	TOTAL (m)
MARZO	04+469.76	04+466.86	2.90	III	4.90	76.00	2.90	83.80
	04+466.86	04+453.46	13.40	II				
	04+453.46	04+448.56	4.90	I				
	04+448.56	04+385.96	62.60	II				
ABRIL	04+385.96	04+249.96	136.00	II	-	136.00	-	136.00
MAYO	04+249.96	04+192.66	57.30	II	141.00	68.10	-	209.10
	04+192.66	04+163.96	28.70	I				
	04+163.96	04+160.16	3.80	II				
	04+160.16	04+157.06	3.10	I				
	04+157.06	04+150.06	7.00	II				
	04+150.06	04+040.86	109.20	I				
JUNIO	04+040.86	04+034.56	6.30	I	240.40	46.70	-	287.10
	04+034.56	04+031.56	3.00	II				
	04+031.56	03+957.96	73.60	I				
	03+957.96	03+938.96	19.00	II				
	03+938.96	03+904.76	34.20	I				
	03+904.76	03+901.46	3.30	II				
	03+901.46	03+892.06	9.40	I				
	03+892.06	03+885.76	6.30	II				
	03+885.76	03+835.06	50.70	I				
	03+835.06	03+822.96	12.10	II				
	03+822.96	03+777.26	45.70	I				
	03+777.26	03+774.26	3.00	II				
	03+774.26	03+753.76	20.50	I				
JULIO	03+753.76	03+705.26	48.50	I	95.10	105.20	3.00	203.30
	03+705.26	03+683.86	21.40	II				
	03+683.86	03+680.86	3.00	III				
	03+680.86	03+626.06	54.80	II				
	03+626.06	03+591.36	34.70	I				
	03+591.36	03+582.26	9.10	II				
	03+582.26	03+570.36	11.90	I				
	03+570.36	03+550.46	19.90	II				
AGOSTO	03+550.46	03+538.26	12.20	II	115.90	109.40	-	225.30
	03+538.26	03+529.86	8.40	I				
	03+529.86	03+526.86	3.00	II				
	03+526.86	03+518.46	8.40	I				
	03+518.46	03+501.36	17.10	II				
	03+501.36	03+498.36	3.00	I				
	03+498.36	03+495.36	3.00	II				
	03+495.36	03+486.96	8.40	I				
	03+486.96	03+475.16	11.80	II				
	03+475.16	03+460.16	15.00	I				
	03+460.16	03+448.16	12.00	II				
	03+448.16	03+397.76	50.40	I				
	03+397.76	03+359.16	38.60	II				
	03+359.16	03+355.86	3.30	I				
	03+355.86	03+344.16	11.70	II				
	03+344.16	03+325.16	19.00	I				

Tabla 4.4.- Medición de avance Túnel 1 salida; marzo a agosto 2009

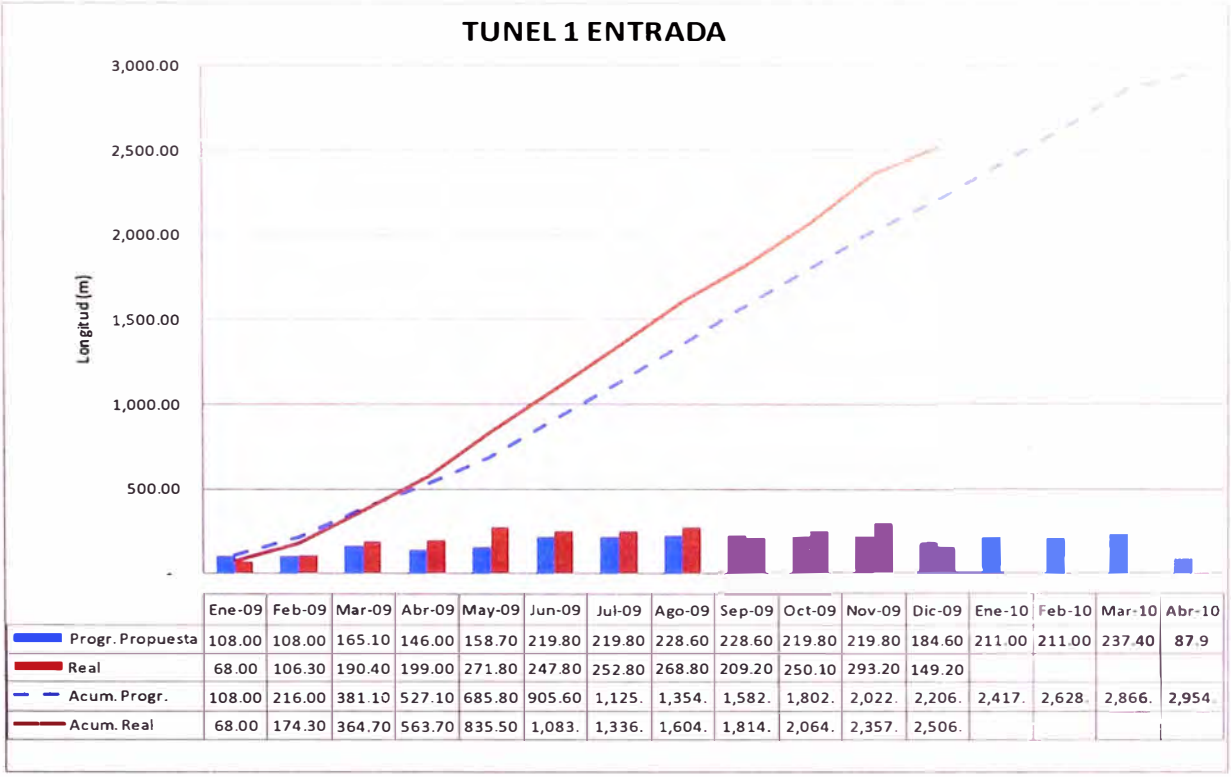
TUNEL 1 - SALIDA								
Mes	Progresiva Inicio	Progresiva Fin	Parcial ml	Tipo Roca	TR I (m)	TR II (m)	TR III (m)	TOTAL (m)
SET	03+325.16	03+300.06	25.10	I	120.70	80.90	-	201.60
	03+300.06	03+294.06	6.00	II				
	03+294.06	03+290.76	3.30	I				
	03+290.76	03+240.46	50.30	II				
	03+240.46	03+211.76	28.70	I				
	03+211.76	03+195.46	16.30	II				
	03+195.46	03+186.26	9.20	I				
	03+186.26	03+177.96	8.30	II				
	03+177.96	03+123.56	54.40	I				
OCT	03+123.56	03+085.26	38.30	I	138.70	56.30	22.50	217.50
	03+085.26	03+073.06	12.20	II				
	03+073.06	03+007.76	65.30	I				
	03+007.76	03+001.46	6.30	II				
	03+001.46	02+978.96	22.50	III				
	02+978.96	02+970.96	8.00	II				
	02+970.96	02+964.66	6.30	I				
	02+964.66	02+934.86	29.80	II				
	02+934.86	02+906.06	28.80	I				
NOV	02+906.06	02+835.06	71.00	I	241.10	38.70	-	279.80
	02+835.06	02+802.36	32.70	II				
	02+802.36	02+784.86	17.50	I				
	02+784.86	02+778.86	6.00	II				
	02+778.86	02+626.26	152.60	I				
DIC	02+626.26	02+614.26	12.00	I	36.76	26.30	56.60	119.66
	02+614.26	02+595.96	18.30	II				
	02+595.96	02+592.96	3.00	III				
	02+592.96	02+589.96	3.00	II				
	02+589.96	02+536.36	53.60	III				
	02+536.36	02+531.36	5.00	II				
	02+531.36	02+506.60	24.76	I				

Tabla 4.5.- Medición de avance Túnel 1 salida;septiembre a diciembre 2009

Siendo el total de avance del túnel 1 por tipo de roca la que muestra la Tabla 4.6.

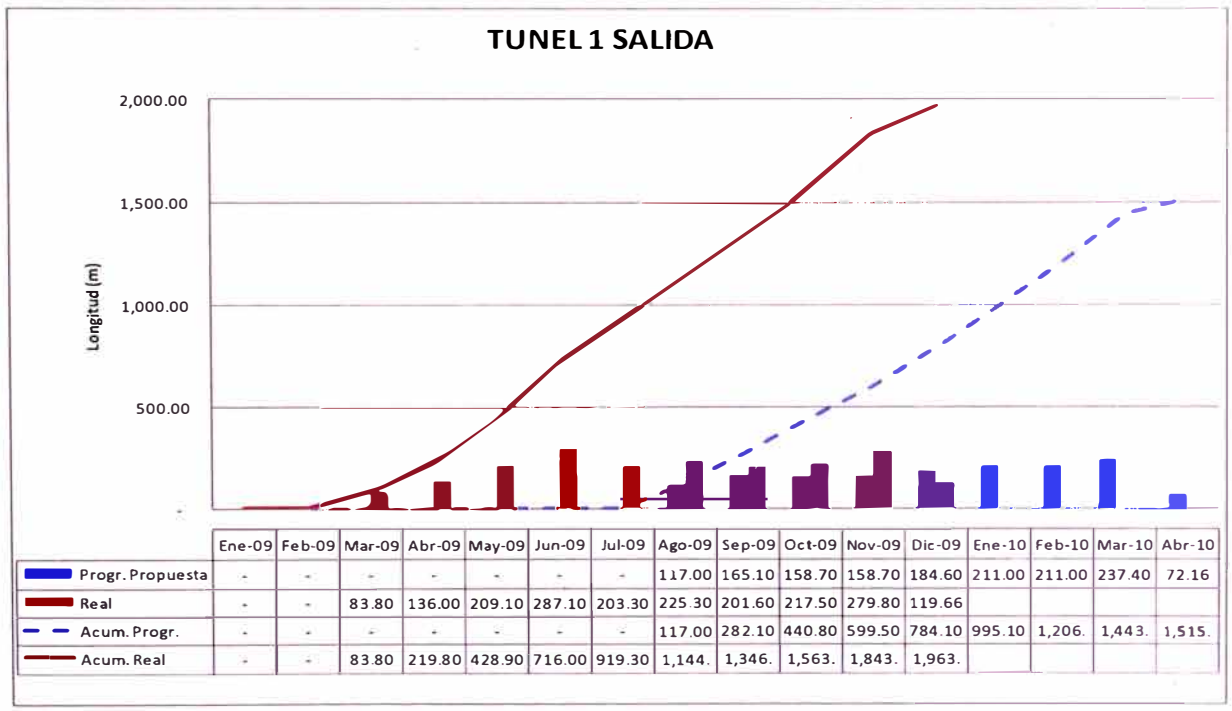
DESCRIPCION TUNEL 1	RTI (m)	RTII (m)	RTIII (m)	TOTAL (m)
TOTAL DE ROCA	3050.01	1223.35	196.40	4469.76
PORCENTAJE (%)	68.24%	27.37%	4.39%	100.00%
DIAS POR TIPO DE ROCA (días)	286.32	191.43	48.25	526.00
AVANCE POR DIA POR FRENTE (m/día)	10.65	6.39	4.07	8.50

Tabla 4.6- Porcentaje real del tipo de roca



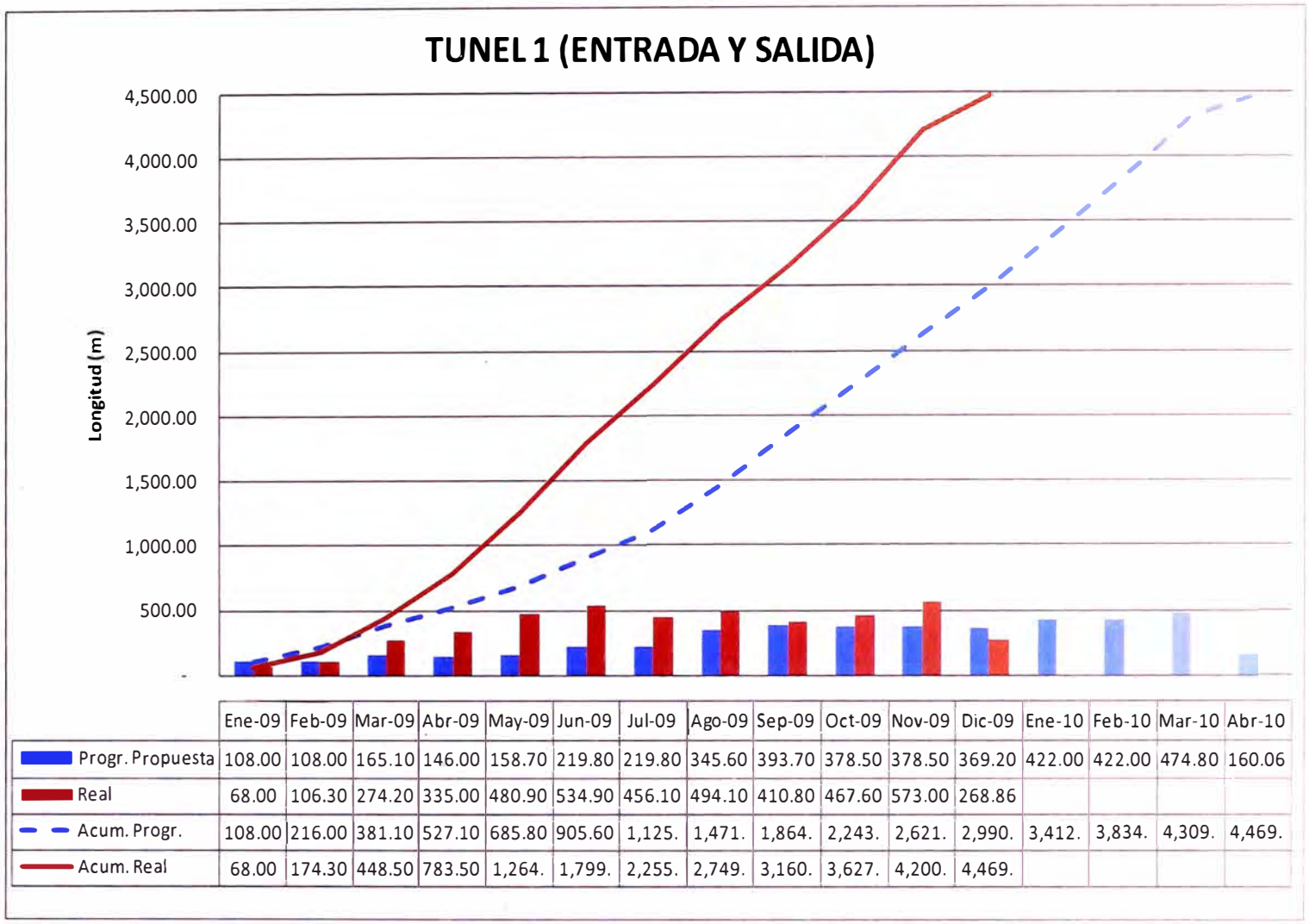
	Ene-09	Feb-09	Mar-09	Abr-09	May-09	Jun-09	Jul-09	Ago-09	Sep-09	Oct-09	Nov-09	Dic-09	Ene-10	Feb-10	Mar-10	Abr-10
Progr. Propuesta	108.00	108.00	165.10	146.00	158.70	219.80	219.80	228.60	228.60	219.80	219.80	184.60	211.00	211.00	237.40	87.9
Real	68.00	106.30	190.40	199.00	271.80	247.80	252.80	268.80	209.20	250.10	293.20	149.20				
Acum. Progr.	108.00	216.00	381.10	527.10	685.80	905.60	1,125.	1,354.	1,582.	1,802.	2,022.	2,206.	2,417.	2,628.	2,866.	2,954.
Acum. Real	68.00	174.30	364.70	563.70	835.50	1,083.	1,336.	1,604.	1,814.	2,064.	2,357.	2,506.				

Figura 4.2.-Gráfico comparativo de avance programado vs. real según programación Propuesta – Túnel 1 entrada



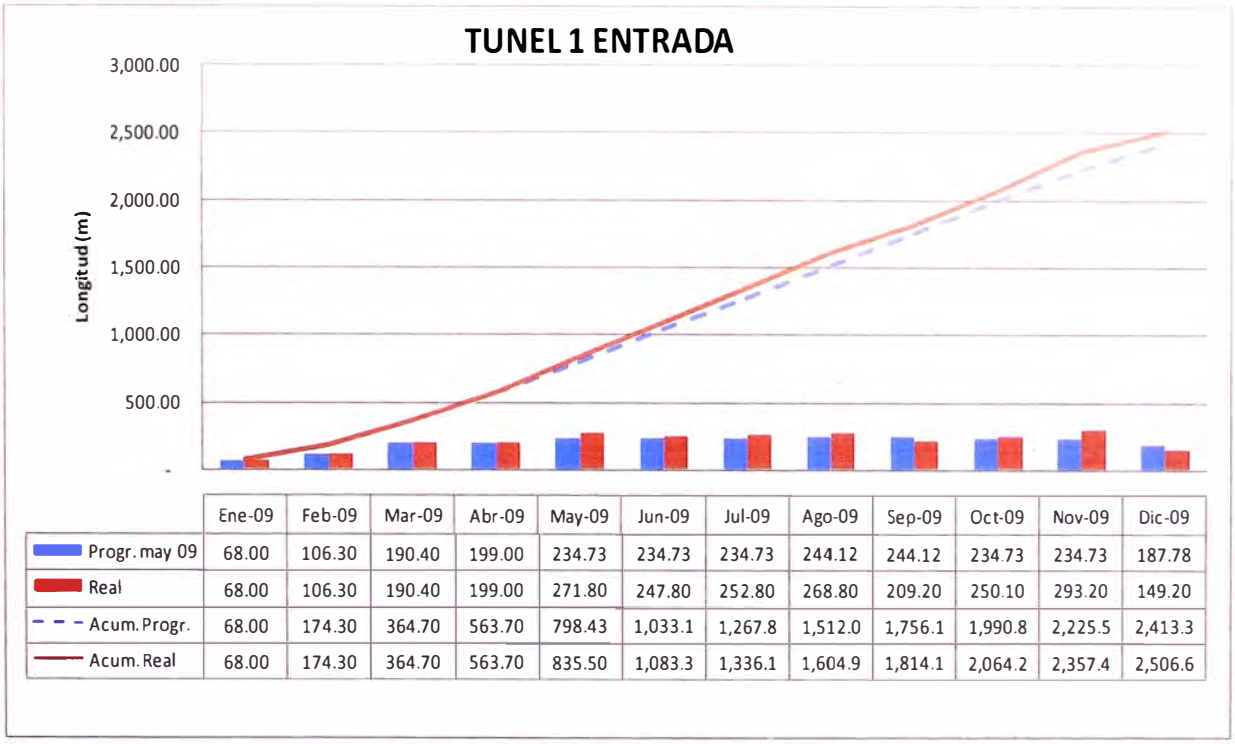
	Ene-09	Feb-09	Mar-09	Abr-09	May-09	Jun-09	Jul-09	Ago-09	Sep-09	Oct-09	Nov-09	Dic-09	Ene-10	Feb-10	Mar-10	Abr-10
Progr. Propuesta	-	-	-	-	-	-	-	117.00	165.10	158.70	158.70	184.60	211.00	211.00	237.40	72.16
Real	-	-	83.80	136.00	209.10	287.10	203.30	225.30	201.60	217.50	279.80	119.66				
Acum. Progr.	-	-	-	-	-	-	-	117.00	282.10	440.80	599.50	784.10	995.10	1,206.	1,443.	1,515.
Acum. Real	-	-	83.80	219.80	428.90	716.00	919.30	1,144.	1,346.	1,563.	1,843.	1,963.				

Figura 4.3.-Gráfico comparativo de avance programado vs. real según programación Propuesta – Túnel 1 salida



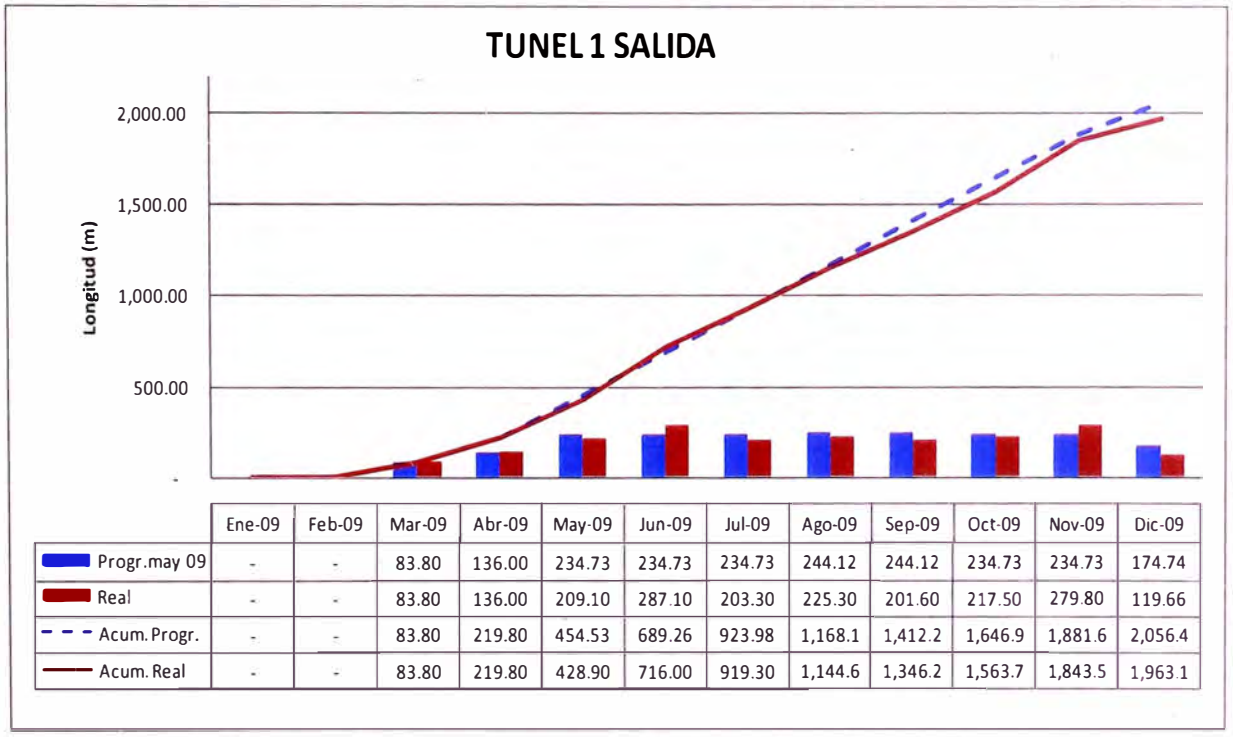
	Ene-09	Feb-09	Mar-09	Abr-09	May-09	Jun-09	Jul-09	Ago-09	Sep-09	Oct-09	Nov-09	Dic-09	Ene-10	Feb-10	Mar-10	Abr-10
Progr. Propuesta	108.00	108.00	165.10	146.00	158.70	219.80	219.80	345.60	393.70	378.50	378.50	369.20	422.00	422.00	474.80	160.06
Real	68.00	106.30	274.20	335.00	480.90	534.90	456.10	494.10	410.80	467.60	573.00	268.86				
Acum. Progr.	108.00	216.00	381.10	527.10	685.80	905.60	1,125.	1,471.	1,864.	2,243.	2,621.	2,990.	3,412.	3,834.	4,309.	4,469.
Acum. Real	68.00	174.30	448.50	783.50	1,264.	1,799.	2,255.	2,749.	3,160.	3,627.	4,200.	4,469.				

Figura 4.4.-Gráfico comparativo de avance programado vs. real según programación Propuesta – Túnel 1 total



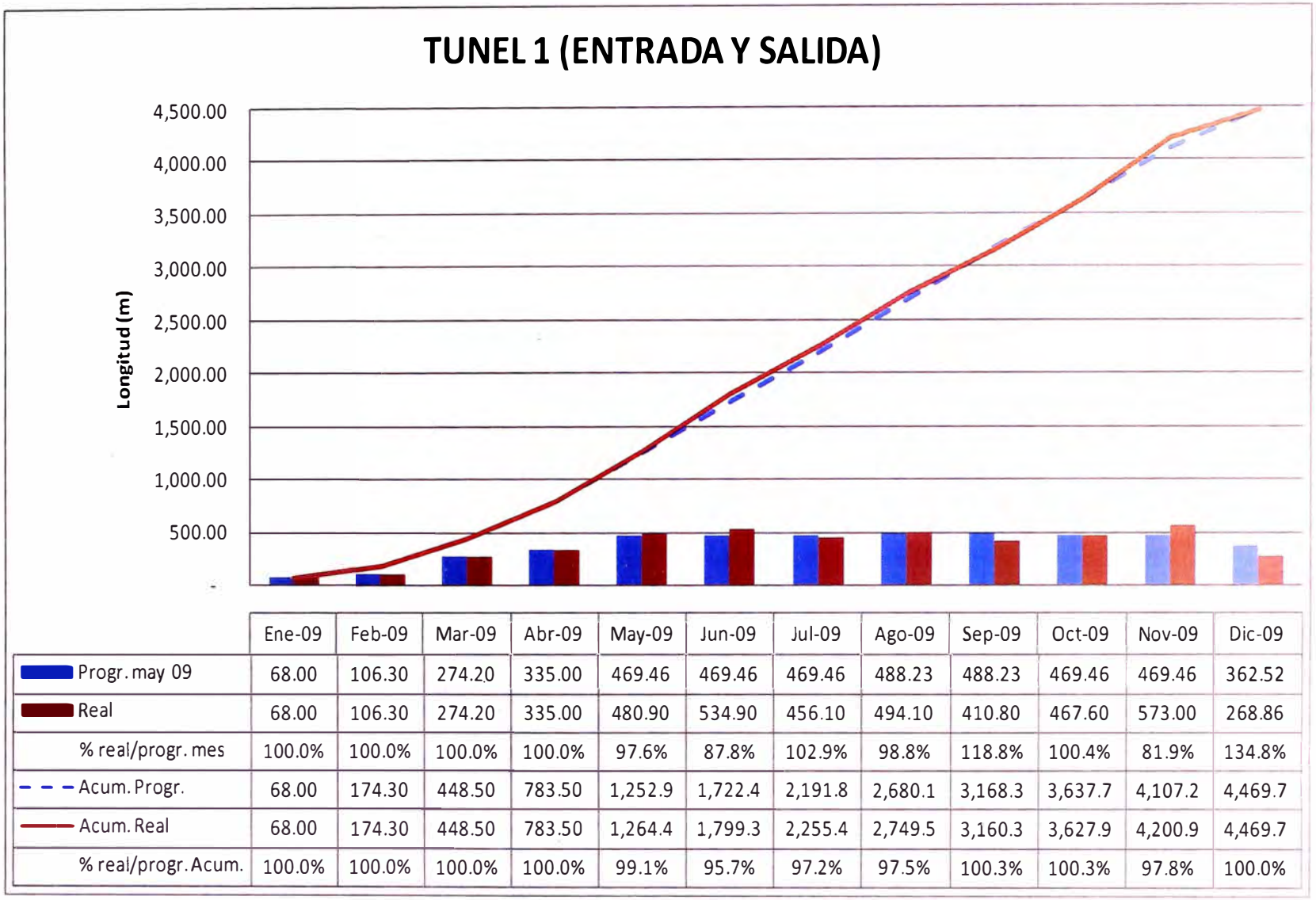
	Ene-09	Feb-09	Mar-09	Abr-09	May-09	Jun-09	Jul-09	Ago-09	Sep-09	Oct-09	Nov-09	Dic-09
Progr. may 09	68.00	106.30	190.40	199.00	234.73	234.73	234.73	244.12	244.12	234.73	234.73	187.78
Real	68.00	106.30	190.40	199.00	271.80	247.80	252.80	268.80	209.20	250.10	293.20	149.20
Acum. Progr.	68.00	174.30	364.70	563.70	798.43	1,033.1	1,267.8	1,512.0	1,756.1	1,990.8	2,225.5	2,413.3
Acum. Real	68.00	174.30	364.70	563.70	835.50	1,083.3	1,336.1	1,604.9	1,814.1	2,064.2	2,357.4	2,506.6

Figura 4.5.-Gráfico comparativo de avance programado vs. real según programación Mayo 09 – Túnel 1 entrada



	Ene-09	Feb-09	Mar-09	Abr-09	May-09	Jun-09	Jul-09	Ago-09	Sep-09	Oct-09	Nov-09	Dic-09
Progr.may 09	-	-	83.80	136.00	234.73	234.73	234.73	244.12	244.12	234.73	234.73	174.74
Real	-	-	83.80	136.00	209.10	287.10	203.30	225.30	201.60	217.50	279.80	119.66
Acum. Progr.	-	-	83.80	219.80	454.53	689.26	923.98	1,168.1	1,412.2	1,646.9	1,881.6	2,056.4
Acum. Real	-	-	83.80	219.80	428.90	716.00	919.30	1,144.6	1,346.2	1,563.7	1,843.5	1,963.1

Figura 4.6.-Gráfico comparativo de avance programado vs. real según programación Mayo 09 – Túnel 1 salida



	Ene-09	Feb-09	Mar-09	Abr-09	May-09	Jun-09	Jul-09	Ago-09	Sep-09	Oct-09	Nov-09	Dic-09
Progr. may 09	68.00	106.30	274.20	335.00	469.46	469.46	469.46	488.23	488.23	469.46	469.46	362.52
Real	68.00	106.30	274.20	335.00	480.90	534.90	456.10	494.10	410.80	467.60	573.00	268.86
% real/progr. mes	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	97.6%	87.8%	102.9%	98.8%	118.8%	100.4%	81.9%	134.8%
Acum. Progr.	68.00	174.30	448.50	783.50	1,252.9	1,722.4	2,191.8	2,680.1	3,168.3	3,637.7	4,107.2	4,469.7
Acum. Real	68.00	174.30	448.50	783.50	1,264.4	1,799.3	2,255.4	2,749.5	3,160.3	3,627.9	4,200.9	4,469.7
% real/progr. Acum.	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.1%	95.7%	97.2%	97.5%	100.3%	100.3%	97.8%	100.0%

Figura 4.7.-Gráfico comparativo de avance programado vs. real según programación Mayo 09 – Túnel 1 total

La Figura 4.4 es un comparativo entre el avance programado de la propuesta y el real, en el cual la diferencia es muy notoria ya que se empezó a trabajar el frente del Túnel 1 salida 5 meses antes de lo planificado inicialmente y acelerar, en ambos frentes, con el ritmo de trabajo del Ciclo 3. En este gráfico se muestra que el Túnel 1 se terminó 4 meses antes de lo previsto. Los avances, en metros, del planeamiento de la propuesta se indican en la Tabla 3.3.

La Figura 4.7 es un comparativo entre el avance programado del re-planeamiento a partir de mayo del 2009 y el real, en el cual los avances alcanzados son más acordes con el programado debido a que los porcentajes por tipo de roca que se consideraron para el re-planeamiento fueron los obtenidos hasta el mes anterior. A pesar que hubo meses en el que no se alcanzo el avance re-programado, como son mayo, junio, agosto y noviembre del 2009, con 97.3%, 87.3%, 98.8% y 81.9% respectivamente de avance real entre reprogramado, al evaluar el avance acumulado si se alcanzaba el avance reprogramado, llegándose a la conclusión de que estos meses el tipo de roca fue la de más lento avance, pero como era previsto que esto tenía que ocurrir por cuestiones mecánicas de la roca, se consideró que tendría que cambiar para los siguientes meses en donde se alcanzaría el avance acumulado, llegando a ser el día del encuentro de los dos frentes del Túnel 1 el 16 de diciembre del 2009, y como según el re-planeamiento esto sería el día 20 de diciembre, se obtuvo alcanzar lo reprogramado con 4 días de anticipación.

El Anexo 11 muestra mayor detalle numérico de lo expuesto en este sub capítulo. Además de las productividades alcanzadas por los equipos principales en ambos frentes.

4.2 MEDICION Y EVALUACION DE CALIDAD

En el capítulo 3.2 se describió como se realizó los ensayos, pruebas y mediciones topográficas así como algunos de los cálculos para obtener los indicadores a medir. Todo lo planeado se efectuó en obra, obteniendo las mediciones y evaluaciones que se mostrarán a continuación.

4.2.1 PRUEBA DE PERNOS DE ANCLAJE

Estas pruebas fueron efectuadas según lo registrado en el Anexo 12, pasando todas las pruebas el parámetro mínimo exigido de la especificación técnica que es de 5T. La Figura 4.8 muestra en el eje de las abscisas las progresivas donde se realizaron las pruebas de pernos de anclaje y en el eje de las ordenadas la fuerza a la tracción que alcanzaron en dichas pruebas en el Túnel 1.

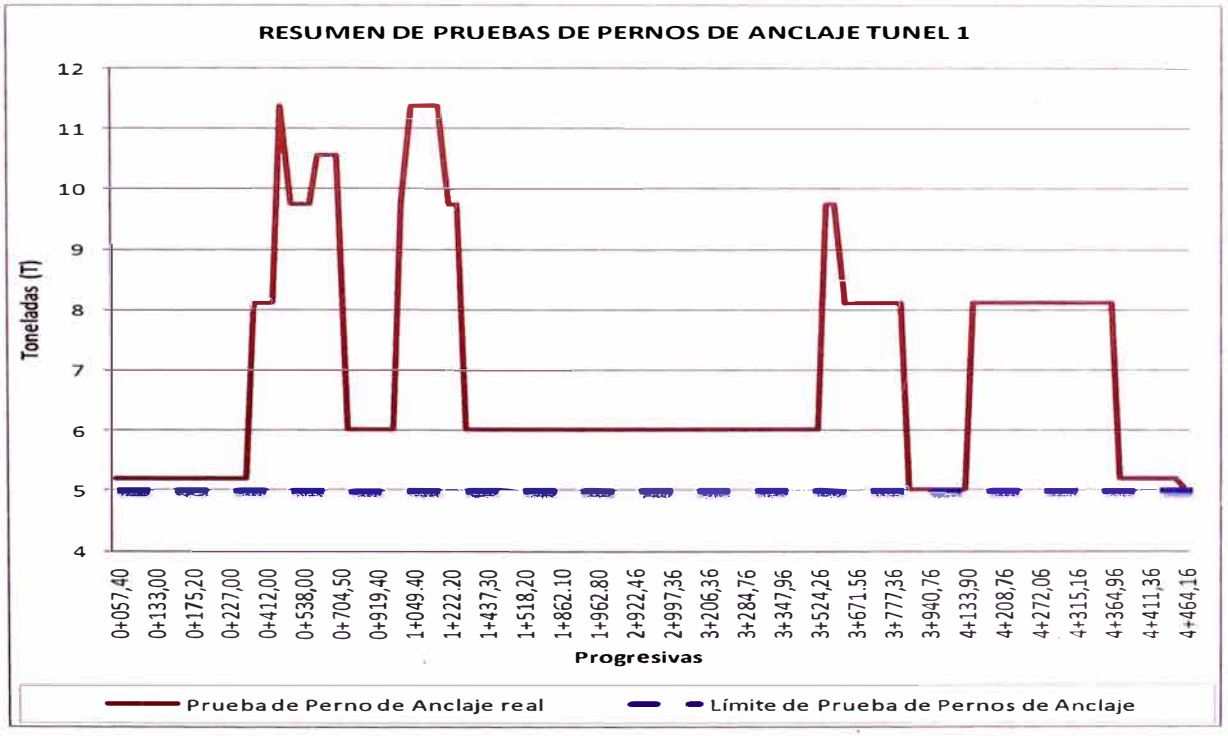


Figura 4.8.- Gráfico comparativo límite de prueba de pernos vs. real del Túnel 1

Los valores obtenidos de esta prueba son variables entre 5T y 11.36T, esta variación puede ser el ángulo en el que fue realizado el ensayo, por el ángulo en el que se coloco el perno de anclaje o por la compatibilidad de adherencia entre la roca y el perno.

Para mayor descripción de cómo se realizaron estos se ensayos se adjunta en el Anexo 13 la Norma ASTM D 4435 - Método Standard de ensayo para la prueba de pernos de anclaje en roca.

4.2.2 ENSAYO DE RESISTENCIA DE CONCRETO

Para comprobar la resistencia del shotcrete o concreto proyectado se hicieron los ensayos correspondientes según lo descrito en el capitulo 3.2.2, teniendo como resultado lo mostrado en el Anexo 14.

Estos ensayos debieron cumplir que la resistencia promedio obtenida a los 28 días debe ser mayor a 0.85 Fm (178.5 kg/cm3), que se le denominó la condición 1; y la resistencia mínima obtenida a los 28 días debía ser mayor a 0.75 Fmin (157.5 kg/cm3), que se le denominó la condición 2, esto según la Guía de Shotcrete ACI 506R-05. Cuando no cumpla la condición 1 y 2 se coordina con la Supervisión para tomar la medida correctiva correspondiente.

De todos los ensayos realizados en el Túnel 1, se obtuvo un porcentaje de 91.67% que cumplió con la condición 1, un 6.06% con la condición 2 y un 2.27% que no cumplió ninguna de las condiciones. En la Figura 4.9 se muestra los resultados obtenidos de modo porcentual.

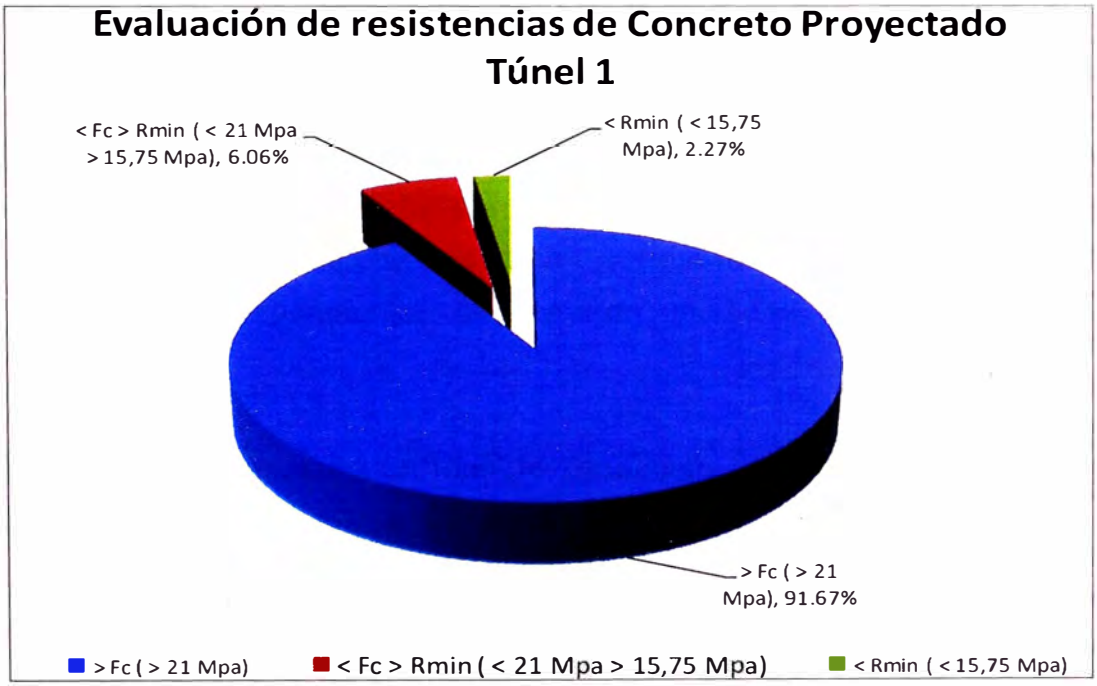


Figura 4.9.- Porcentajes de cantidad de muestras según rangos de resistencias alcanzadas

De todos los ensayos de resistencia que se realizo en el Túnel 1, el área de Calidad, específicamente Laboratorio, realizó los graficó que muestran las diferentes resistencias alcanzadas, ya sean promedios o sean las mínimas, estos son mostrados en el Anexo 11, en las cuales se están comparando la resistencia específica con la resistencia de la condición 1 y 2. Las resistencias obtenidas fueron muy variables debido que el factor humano influye mucho en la resistencia que alcance el shotcrete, alguno de estos son el ángulo de aplicación, la distancia, la cantidad de aditivo o cemento al aplicar, etc.

Con respecto al 2.27% que no cumplió ninguna de las condiciones, se identificó que fueron en dos ensayos donde el concreto proyectado fue lanzados los días 07-01-09 en el Túnel 1 entrada y el 03-04-09 en el Túnel 1 salida, entre las distancias de avance de 0+001.0 a 0+002.5 y 0+095.1 a 0+098.0 del inicio de cada portal respectivamente.

4.2.3 INSPECCIONES Y MONITOREOS

Los Instructivos de trabajo previstos fueron elaborados y difundidos hacia todo el personal de Túnel 1 según correspondía en lo planificado.

El Boletín de Inspección y Monitoreo para el Túnel 1 se comenzó a realizar desde el noveno mes de empezado la construcción de este (septiembre 2009), teniendo el Túnel 1 la longitud de avance de 2750m aproximadamente, siendo este el 62% de la longitud total. Lográndose realizar 49 inspecciones tal como muestra el Anexo 16.- Resumen de Boletines de Inspección y Monitoreo (BIM´s) del Túnel 1, en el cual no se observa ninguna **No Conformidad**, debido a que el personal se encontraba bien familiarizado con los instructivos de trabajo y en caso se tuvo que hacer alguna corrección, porque no se realizó el trabajo según el instructivo correspondiente, se tomaron medidas correctivas de forma inmediata.

En el Anexo 15 se muestra un formato llenado de un BIM que se realizó en la fecha del 09/10/09 en el frente del Túnel 1 salida en el turno día.

4.2.4 MEDICIONES DE DIMENSIONAMIENTO DEL TUNEL

El equipo de topografía realizó las mediciones según lo planificado, ingresando al frontón antes de cada voladura para marcar la malla de voladura y el alineamiento, y después de cada voladura y extracción de material, para medir la longitud de avance, la sección transversal sobre la roca y sobre el shotcrete. Estas mediciones permitieron el cálculo de sobre excavación y perdida de shotcrete las cuales eran entregadas semanalmente a los Jefes de Guardia para que analicen sus resultados y tomen medidas correctivas de ser necesarias. Pero si bien el levantamiento topográfico fue diario desde el inicio de la excavación subterránea del Túnel 1, la elaboración de estos índices se comenzaron a calcular desde marzo del 2009, pero lo anterior se tuvo que actualizar para tener el histórico.

Desde entonces se midieron y registraron cada mes como se muestra en la Tabla 4.7, y en las Figuras 4.10, 4.11, 4.12 y 4.13, donde se puede observar los gráficos de barras que ilustran los valores de la pérdida de shotcrete y sobre excavación por tipo de roca y por frente. La pérdida de shotcrete siempre estuvo por debajo del límite establecido (40%) aunque hubo meses, como marzo y junio, en el frente del Túnel 1 salida, en que estos estuvieron a punto de ser superados.

	TUNEL 1 ENTRADA				TUNEL 1 SALIDA			
MES	P.S. (%)	SOBRE EXCAVACION RT I (cm)	SOBRE EXCAVACION RT II (cm)	SOBRE EXCAVACION RT III (cm)	P.S. (%)	SOBRE EXCAVACION RT I (cm)	SOBRE EXCAVACION RT II (cm)	SOBRE EXCAVACION RT III (cm)
Ene-09	38.00	20.90	17.09	1.39	-	-	-	-
Feb-09	34.20	19.20	27.50	17.75	-	-	-	-
Mar-09	30.00	16.00	18.20	-	40.00	15.20	20.50	10.00
Abr-09	28.00	10.00	16.90	10.50	-	-	14.61	-
May-09	33.00	8.70	11.70	9.20	16.00	3.16	2.56	-
Jun-09	39.00	10.90	4.60	9.24	40.00	3.15	6.51	-
Jul-09	25.00	9.46	3.50	-	22.00	7.48	5.09	5.76
Ago-09	-	10.00	5.19	8.21	16.00	5.60	11.15	-
Sep-09	27.00	13.40	1.88	1.88	19.40	11.60	16.42	-
Oct-09	25.00	5.46	1.09	20.68	25.00	8.00	4.65	8.11
Nov-09	25.00	4.37	3.10	-	12.70	7.70	6.81	-
Dic-09	-	3.53	-	-	15.30	10.00	1.67	28.86
Prom.	30.42	10.99	2.95	9.86	22.93	7.99	9.00	13.18

Tabla 4.7.- Histórico mensual de pérdida de shotcrete y sobre excavación según tipo de roca y frente

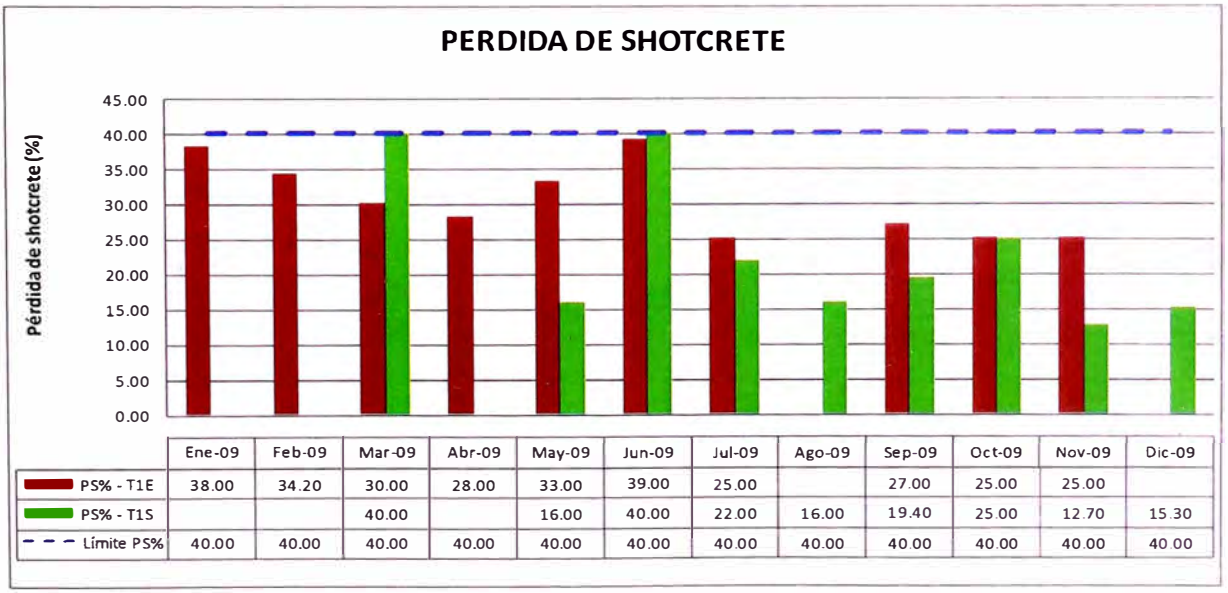
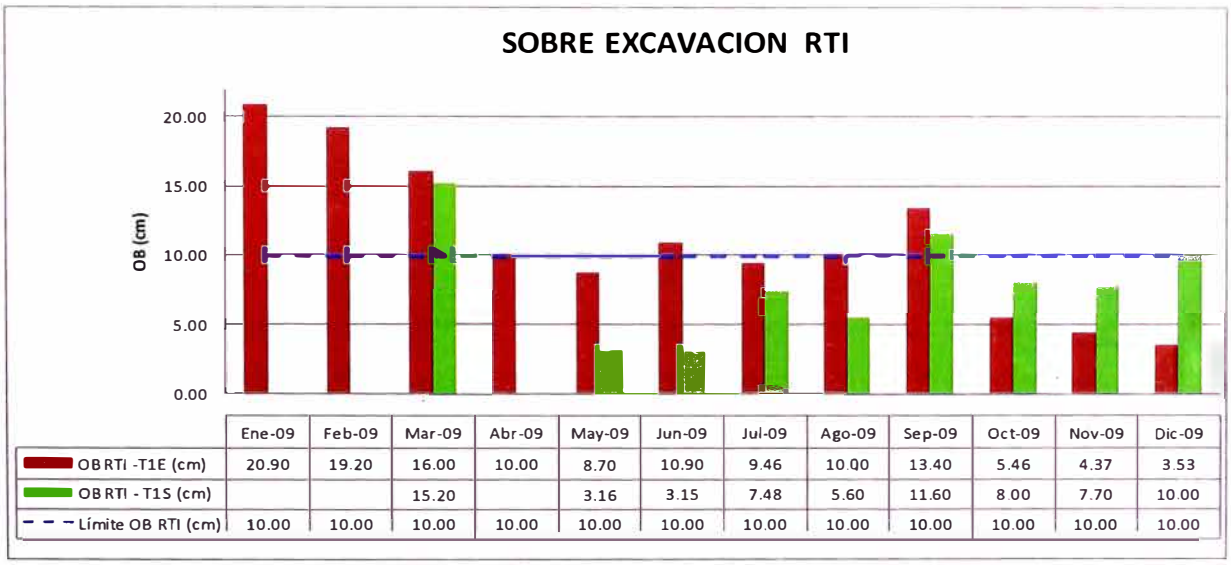


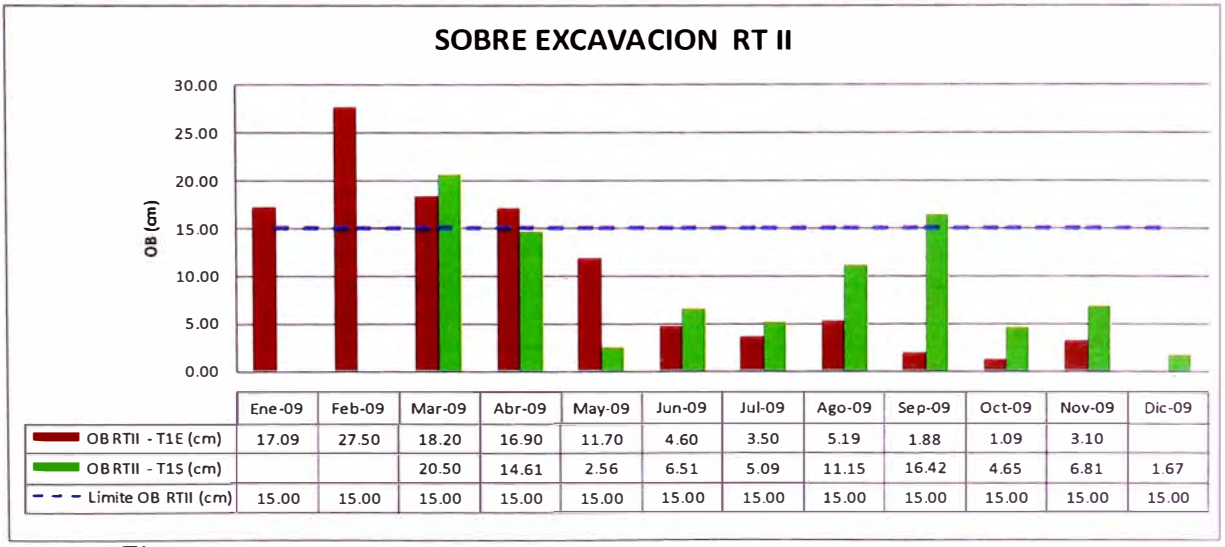
Figura 4.10.- Evaluación de pérdida de shotcrete mensual por frente

En cuanto a la sobre excavación en el Túnel 1 entrada, para la roca tipo I se obtuvo que en los 3 primeros meses los valores fueron muy altos, siendo estos controlados para los meses siguientes a excepción de junio y septiembre, para la roca tipo II solo los 4 primeros meses sobrepasaron su límite y para la roca tipo III siempre estuvo dentro de lo esperado. En cuanto a la sobre excavación del Túnel 1 salida, para la roca tipo I, en los 2 primeros meses y el séptimo se obtuvo valores altos, el resto estuvo bajo control, para la roca tipo II, marzo y septiembre mostró valores altos y para la roca tipo III siempre se mantuvo dentro de lo esperado. Los reportes presentados a los Jefes de Guardia permitieron analizar las causas y tomar medidas correctivas que se mencionarán en el siguiente capítulo.



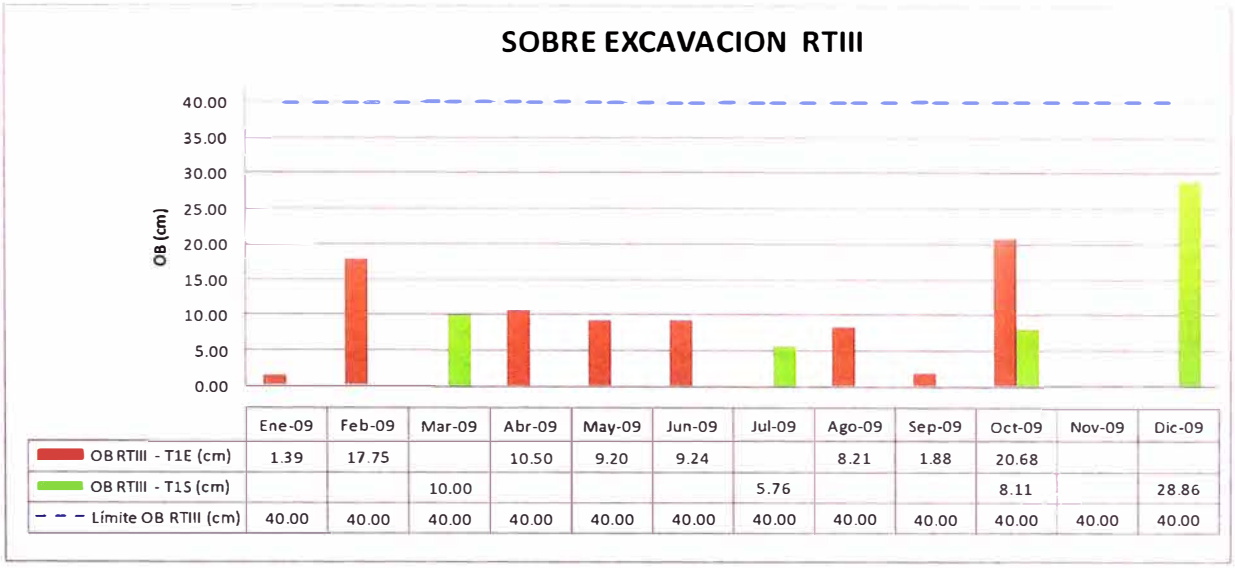
	Ene-09	Feb-09	Mar-09	Abr-09	May-09	Jun-09	Jul-09	Ago-09	Sep-09	Oct-09	Nov-09	Dic-09
OB RTI -T1E (cm)	20.90	19.20	16.00	10.00	8.70	10.90	9.46	10.00	13.40	5.46	4.37	3.53
OB RTI - T1S (cm)			15.20		3.16	3.15	7.48	5.60	11.60	8.00	7.70	10.00
Límite OB RTI (cm)	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00

Figura 4.11.- Evaluación de sobre excavación mensual Roca tipo I



	Ene-09	Feb-09	Mar-09	Abr-09	May-09	Jun-09	Jul-09	Ago-09	Sep-09	Oct-09	Nov-09	Dic-09
OB RTII - T1E (cm)	17.09	27.50	18.20	16.90	11.70	4.60	3.50	5.19	1.88	1.09	3.10	
OB RTII - T1S (cm)			20.50	14.61	2.56	6.51	5.09	11.15	16.42	4.65	6.81	1.67
Límite OB RTII (cm)	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00

Figura 4.12.- Evaluación de sobre excavación mensual Roca tipo II

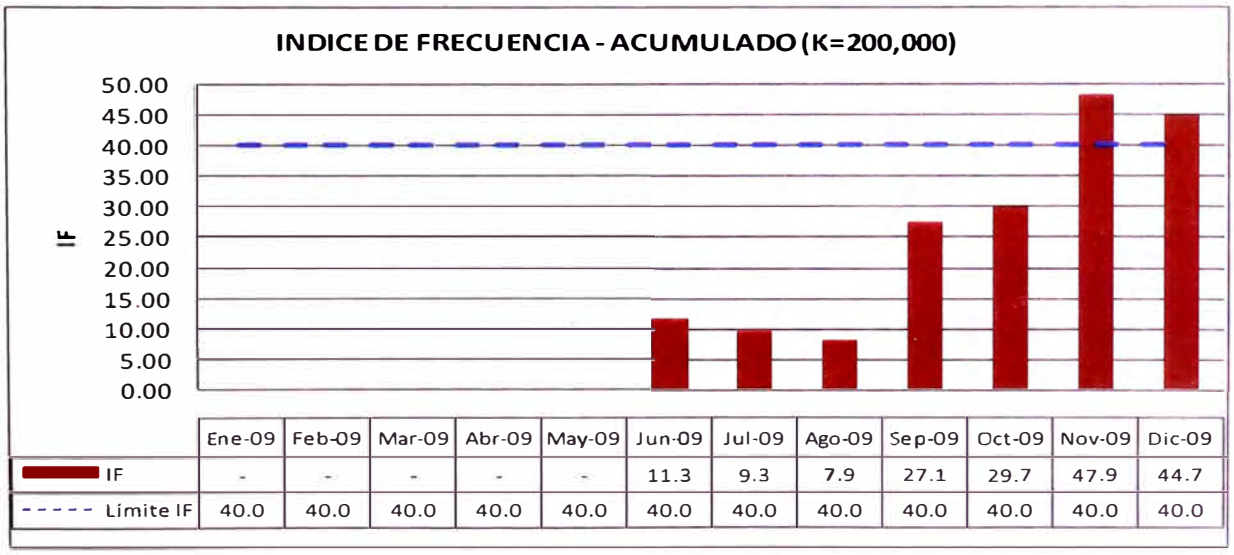


	Ene-09	Feb-09	Mar-09	Abr-09	May-09	Jun-09	Jul-09	Ago-09	Sep-09	Oct-09	Nov-09	Dic-09
OB RTIII - T1E (cm)	1.39	17.75		10.50	9.20	9.24		8.21	1.88	20.68		
OB RTIII - T1S (cm)			10.00				5.76			8.11		28.86
Límite OB RTIII (cm)	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00

Figura 4.13.- Evaluación de sobre excavación mensual Roca tipo III

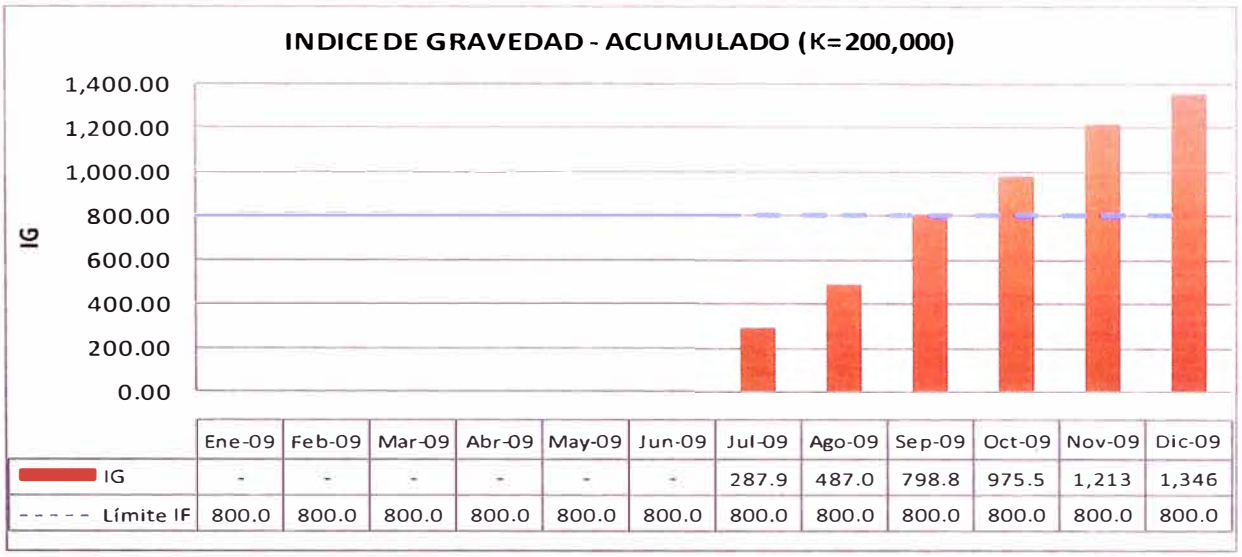
4.3 MEDICION Y EVALUACION DE SEGURIDAD

El personal del área de seguridad realizó campañas, entrenamientos y capacitaciones para implementar los sistemas descritos en el planeamiento. Aun así en toda obra se cuenta con personal nuevo, comúnmente ayudantes, que en el caso de esta obra, por su poca experiencia se presentaron accidentes con descansos médicos, los cuales son contabilizados en los Índices de Frecuencia y Gravedad.



	Ene-09	Feb-09	Mar-09	Abr-09	May-09	Jun-09	Jul-09	Ago-09	Sep-09	Oct-09	Nov-09	Dic-09
IF	-	-	-	-	-	11.3	9.3	7.9	27.1	29.7	47.9	44.7
Límite IF	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0

Figura 4.14.- Índice de Frecuencia acumulado



	Ene-09	Feb-09	Mar-09	Abr-09	May-09	Jun-09	Jul-09	Ago-09	Sep-09	Oct-09	Nov-09	Dic-09
IG	-	-	-	-	-	-	287.9	487.0	798.8	975.5	1,213	1,346
Límite IF	800.0	800.0	800.0	800.0	800.0	800.0	800.0	800.0	800.0	800.0	800.0	800.0

Figura 4.15.- Índice de Gravedad acumulado

Estos índices fueron registrados como se muestra en el Anexo 17.- Resumen de estadísticas de accidentes incapacitantes – Túnel 1. Estos accidentes fueron descritos en documentos como Informes de investigaciones, los cuales se resumió y se muestran en el Anexo 18. Descripción de accidentes incapacitantes - Túnel 1. Los índices obtenidos se graficaron en las Figuras 4.14 y 4.15, las cuales son acumuladas ya que muestras una vista más general de estos índices.

Lo que la Figura 4.14 muestra es que se ha sobrepasado el límite del Índice de Frecuencia acumulado que la empresa esperaba alcanzar, siendo la cantidad de accidentes 12% más que el límite al final, y la Figura 4.15 muestra que el Índice de Gravedad acumulado tampoco alcanzó el límite en 68%, indicándonos estos dos índices que la cantidad de accidentes fueron altas así como la gravedad de los mismos. En el mes de Septiembre se estaba en el límite, pero un accidente que ocurrió el 30 de junio, con días de descanso médico desde el primero de julio hasta diciembre, no permitió tener controlado estos índices.

4.4 MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DE COSTOS

La medición de costos se realizó según lo planeado, considerando como parámetros de repercusión a los explosivos y la mano de obra, pero también se midió el costo total, todo ellos mediante indicadores que compararon lo realmente gastado y lo previsto.

Para la cantidad de explosivos: La medición de la cantidad de explosivo por metro de avance se realizó después de cada voladura en campo.

	TUNEL 1 ENTRADA					TUNEL 1 SALIDA				
MES	E_{RTI} (Kg/m)	E_{RTII} (Kg/m)	E_{RTIII} (Kg/m)	FE	FE acum.	E_{RTI} (Kg/m)	E_{RTII} (Kg/m)	E_{RTIII} (Kg/m)	FE	FE acum.
Ene-09	38.30	37.20	30.00	1.11	1.11	—	—	—	—	—
Feb-09	42.00	38.10	32.70	1.14	1.12	—	—	—	—	—
Mar-09	43.60	38.14	—	1.06	1.06	17.39	39.40	24.75	1.07	1.07
Abr-09	40.69	36.35	14.42	0.99	1.03		39.64	—	1.13	1.11
May-09	43.32	37.15	41.00	1.05	1.03	46.52	50.18	—	1.21	1.05
Jun-09	35.09	33.00	24.20	0.92	1.01	39.53	38.47	—	0.98	0.98
Jul-09	32.89	32.63	—	0.81	0.99	40.91	41.85	43.47	1.10	1.01
Ago-09	39.90	23.30	19.57	0.94	0.97	41.64	41.91	—	1.09	1.03
Sep-09	36.80	30.10	20.30	0.90	0.96	38.21	35.12	—	0.95	1.02
Oct-09	42.49	27.50	23.42	0.97	0.96	35.06	32.45	29.41	0.90	1.00
Nov-09	42.30	32.61	—	1.02	0.97	39.99	35.58	—	0.97	0.99
Dic-09	43.80	—	—	1.06	0.97	37.26	34.91	16.31	0.89	0.99
Prom.	40.10	33.28	25.70	0.97		37.39	38.95	28.49	0.99	

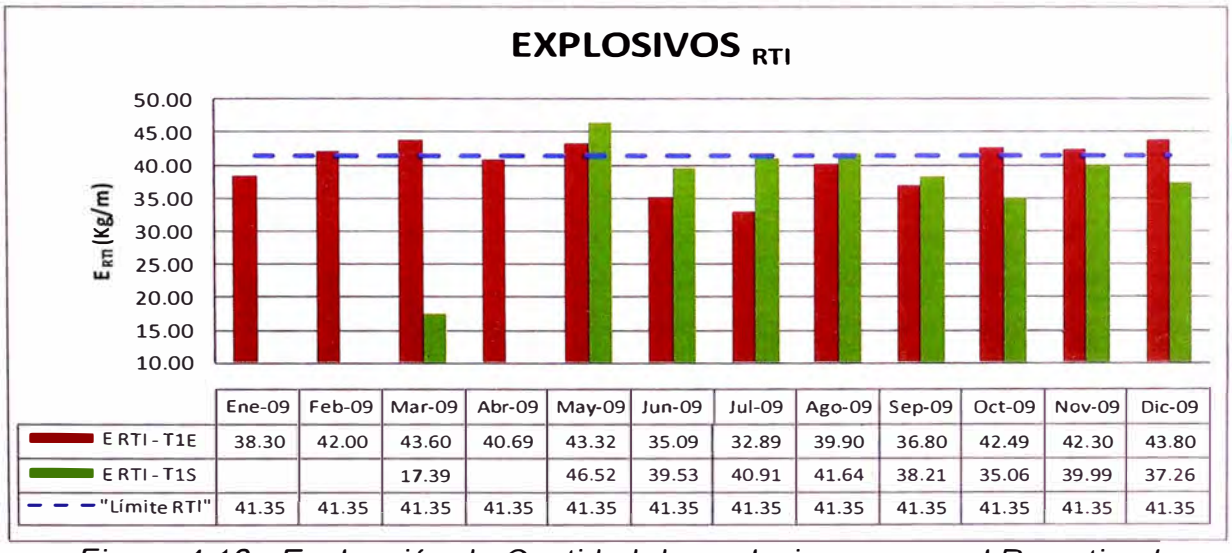
Tabla 4.8.- Histórico mensual de cantidad de explosivo por tipo de roca y frente

En gabinete se hizo el seguimiento de forma diaria y se registro como muestra la Tabla 4.8 de forma mensual, siendo FE=ER/ET (factor de explosivo) el indicador del conjunto de todos los tipos de roca, este indicador debió ser menor o igual a 1. Para un análisis de explosivos acumulados de toda la obra, en la misma Tabla se ha generado el indicador FE_{acum}. Los resúmenes mensuales por tipo de roca comparados con los previstos son los que se muestran las Figuras 4.16, 4.17 y 4.18 del Túnel 1 entrada y salida según tipo de roca.

En el Túnel 1 entrada, la cantidad de explosivos usado para roca tipo I a partir del mes 6 se tuvo controlado pero fue mayor al esperado en los dos últimos meses, siendo en noviembre y diciembre 2% y 6% más respectivamente, esto debido a que no se estuvo manipulando con el debido cuidado los explosivos ocasionando retrabajos de detonación y porque el último mes se tenía que llegar al encuentro entre los dos frentes dejando de lado el cuidado del uso de la cantidad de explosivos para asegurar el avance; para la roca tipo II se tuvo cantidades elevadas en los primeros 5 meses pero meses adelante se mantuvo bajo control las cantidades usadas; y para la roca tipo III fue complicado el control, ya que los dos primeros meses estuvo la excavación subterránea a cargo de una empresa subcontratista, el mes de 5 (mayo 2010) solo se tuvo una

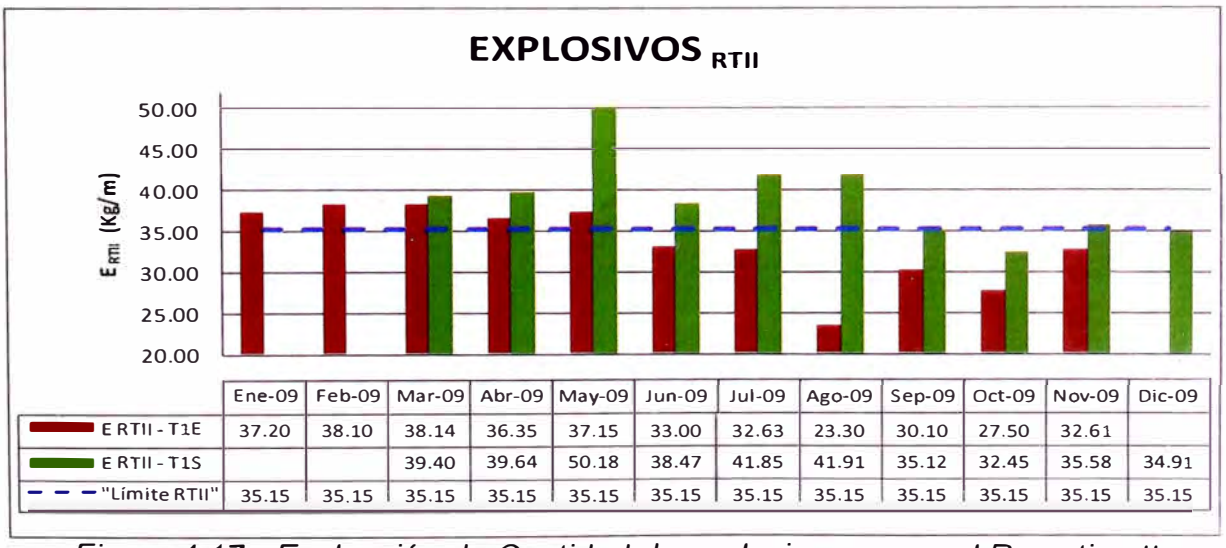
sola detonación de 3.0m de avance no pudiendo mejorar este exceso de uso de explosivo y por cuestiones de seguridad del personal de topografía las mediciones debieron cambiarse en cuanto al ciclo, realizándose espués del sostenimiento de la roca.

En el Túnel 1 salida, la cantidad de explosivos usado para roca tipo I estuvo bajo control a excepción del mes de mayo, esto debido a que el explosivo no estuvo llegando en optimas condiciones ocasionando retrabajos de detonación; para la roca tipo II casi no se tuvo bajo control la cantidad usada por lo mismo explicado en la roca tipo I; y para la roca tipo III fue complicado el control, ya que hubo pocos días de roca de este tipo pero en diciembre que la longitud fue 56.6 m si se controlo muy bien la cantidad de explosivo usado.



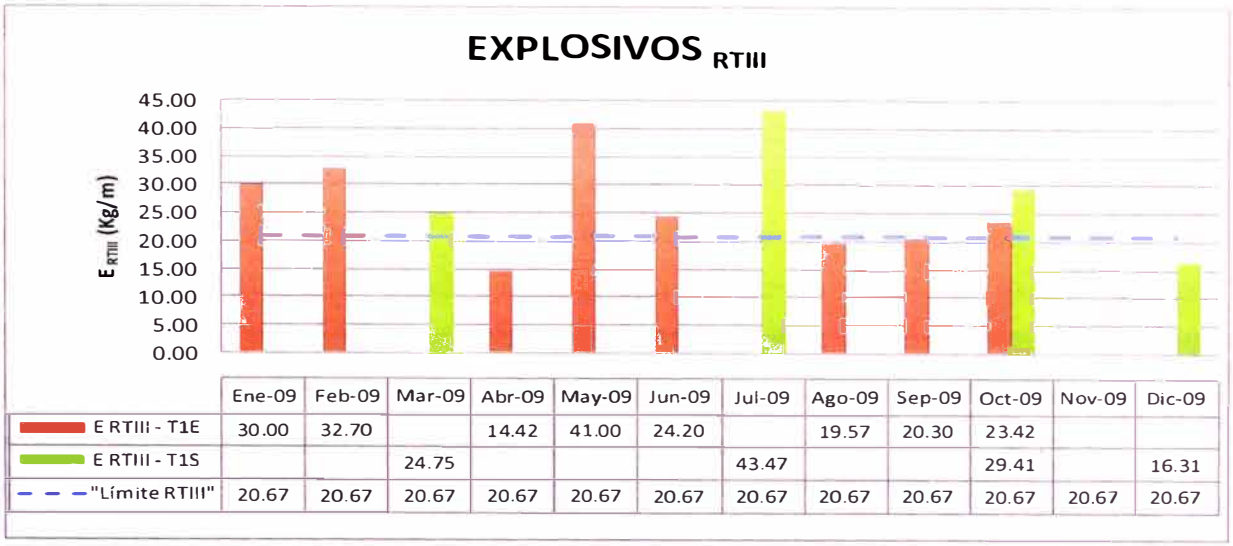
	Ene-09	Feb-09	Mar-09	Abr-09	May-09	Jun-09	Jul-09	Ago-09	Sep-09	Oct-09	Nov-09	Dic-09
E RTI - T1E	38.30	42.00	43.60	40.69	43.32	35.09	32.89	39.90	36.80	42.49	42.30	43.80
E RTI - T1S			17.39		46.52	39.53	40.91	41.64	38.21	35.06	39.99	37.26
"Límite RTI"	41.35	41.35	41.35	41.35	41.35	41.35	41.35	41.35	41.35	41.35	41.35	41.35

Figura 4.16.- Evaluación de Cantidad de explosivos mensual Roca tipo I



	Ene-09	Feb-09	Mar-09	Abr-09	May-09	Jun-09	Jul-09	Ago-09	Sep-09	Oct-09	Nov-09	Dic-09
E RTII - T1E	37.20	38.10	38.14	36.35	37.15	33.00	32.63	23.30	30.10	27.50	32.61	
E RTII - T1S			39.40	39.64	50.18	38.47	41.85	41.91	35.12	32.45	35.58	34.91
"Límite RTII"	35.15	35.15	35.15	35.15	35.15	35.15	35.15	35.15	35.15	35.15	35.15	35.15

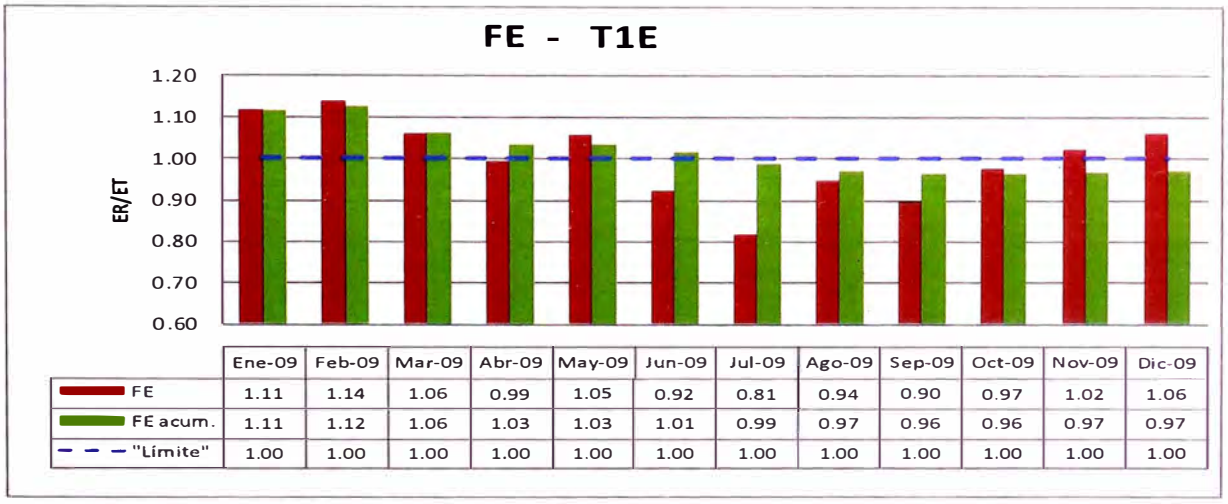
Figura 4.17.- Evaluación de Cantidad de explosivos mensual Roca tipo II



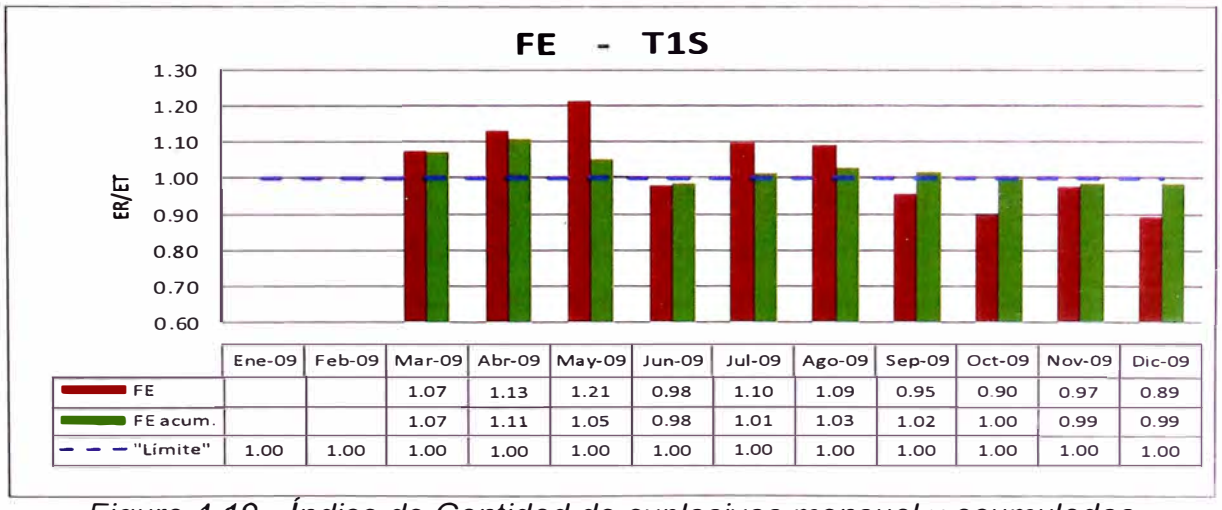
	Ene-09	Feb-09	Mar-09	Abr-09	May-09	Jun-09	Jul-09	Ago-09	Sep-09	Oct-09	Nov-09	Dic-09
E RTIII - T1E	30.00	32.70		14.42	41.00	24.20		19.57	20.30	23.42		
E RTIII - T1S			24.75				43.47			29.41		16.31
"Límite RTIII"	20.67	20.67	20.67	20.67	20.67	20.67	20.67	20.67	20.67	20.67	20.67	20.67

Figura 4.18.- Evaluación de Cantidad de explosivos mensual Roca tipo III

La Figura 4.19 muestra que en conjunto y acumulado, en el frente del Túnel 1 entrada, se usa 2% más de lo previsto; y en el Túnel 1 salida, 1% menos de los previsto.



	Ene-09	Feb-09	Mar-09	Abr-09	May-09	Jun-09	Jul-09	Ago-09	Sep-09	Oct-09	Nov-09	Dic-09
FE	1.11	1.14	1.06	0.99	1.05	0.92	0.81	0.94	0.90	0.97	1.02	1.06
FE acum.	1.11	1.12	1.06	1.03	1.03	1.01	0.99	0.97	0.96	0.96	0.97	0.97
"Límite"	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00



	Ene-09	Feb-09	Mar-09	Abr-09	May-09	Jun-09	Jul-09	Ago-09	Sep-09	Oct-09	Nov-09	Dic-09
FE			1.07	1.13	1.21	0.98	1.10	1.09	0.95	0.90	0.97	0.89
FE acum.			1.07	1.11	1.05	0.98	1.01	1.03	1.02	1.00	0.99	0.99
"Límite"	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Figura 4.19.- Índice de Cantidad de explosivos mensual y acumulados

Para el costo de la Mano de Obra: CR_{MO} / CO_{MO}: La cantidad de horas hombre por persona fue reportado de forma diaria así como el avance lo que generó que de forma semanal se hiciera el cálculo de este indicador, estando siempre bajo control, es decir siendo menor o igual a uno, y esto debido a que la cantidad de personal en cada frente fue previsto por permanencia y como los avances por tipo de roca alcanzaron a ser los programados no hubo ningún exceso en este indicador. En la Tabla 4.9 s muestra el resumen de los valores obtenidos de este indicador. En los dos primeros meses de trabajo no se calculó el costo de la mano de obra porque todo el servicio fue subcontratado.

	CR_{MO} / CO_{MO}	
	CR_{MO} / CO_{MO} (MES)	CR_{MO} / CO_{MO} (ACUM.)
Ene-09	----	------
Feb-09	----	------
Mar-09	0.95	0.95
Abr-09	0.93	0.94
May-09	0.96	0.94
Jun-09	0.97	0.96
Jul-09	1.00	0.98
Ago-09	0.98	0.98
Sep-09	0.90	0.94
Oct-09	0.92	0.94
Nov-09	0.95	0.94
Dic-09	0.94	0.94

Tabla 4.9.- Histórico de CR_{MO} / CO_{MO}

Para el costo total: CR_{TOT} / CO_{TOT}: El costo total solo pudo ser calculado a fin de mes ya que algunos materiales y todos los subcontratos fueron cargados al sistema a fin de mes. La Tabla 4.10 muestra el resumen de este indicador de forma mensual y acumulada, y la Figura 4.20 lo muestra de forma gráfica. Los primeros 2 meses, este indicador fue alto, es decir no favorable, debido a que fue el inicio de los trabajos y recién se probaron formas de trabajo con los equipos que se contaba, siendo este trabajo realizado por una subcontrata. Además se tuvo que hacer compras de materiales que se usaron en el transcurso de varios meses pero la carga al sistema se realizó en el primer mes.

	CR_{TOT}/CO_{TOT}	
	CR_{TOT}/CO_{TOT} (MES)	CR_{TOT}/CO_{TOT} (ACUM.)
Ene-09	1.40	1.40
Feb-09	1.12	1.15
Mar-09	0.90	1.04
Abr-09	0.88	0.98
May-09	1.08	1.00
Jun-09	1.00	0.99
Jul-09	0.95	0.97
Ago-09	0.90	0.93
Sep-09	0.88	0.89
Oct-09	0.90	0.90
Nov-09	0.90	0.90
Dic-09	0.93	0.91

Tabla 4.10.- Indice de Costos totales mensuales y acumulados

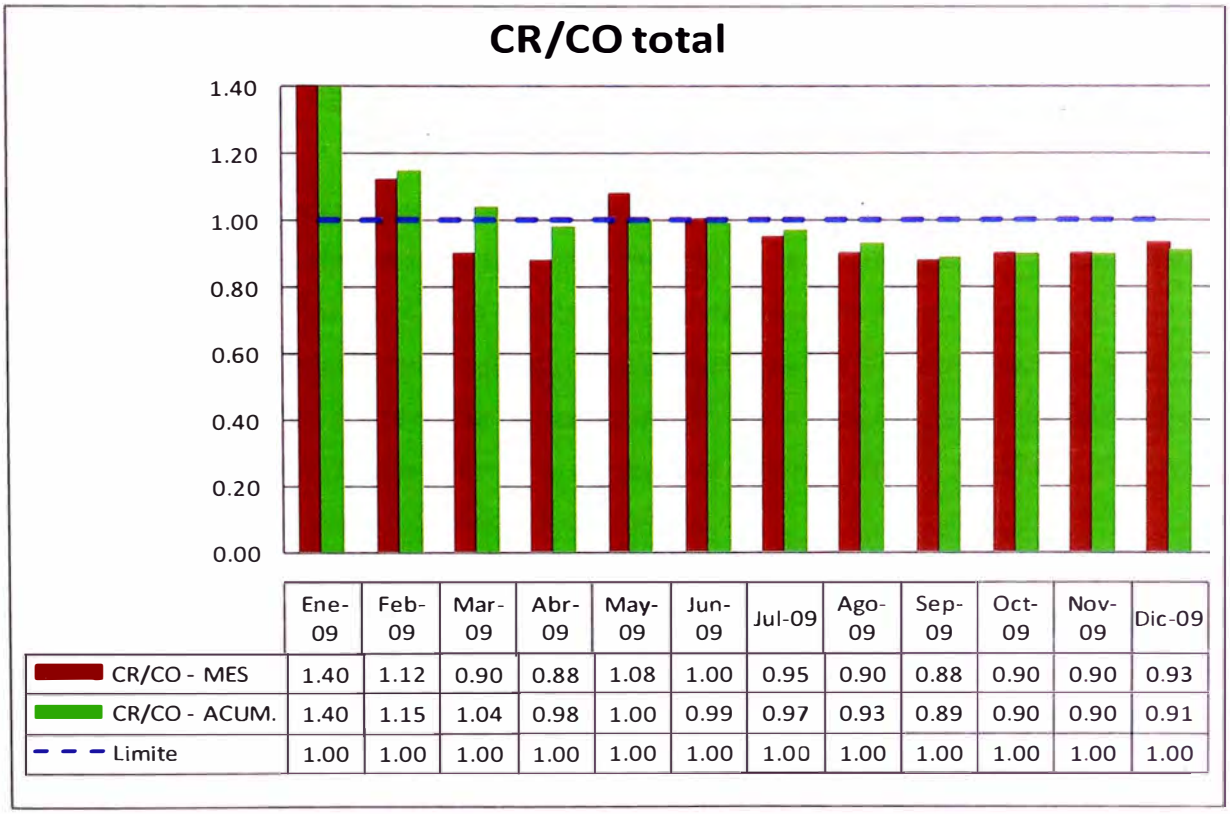


Figura 4.20.- Indice de Costos mensual y acumulado

CAPITULO 5: MEDIDAS CORRECTIVAS

El objeto del control es prever y corregir los errores para alcanzar las metas propuestas. Como en la construcción del Túnel 1 se realizó las evaluaciones de forma periódica de todo lo planificado, con el objetivo de conseguir tenerlos bajo control, se lograron tomar medidas correctivas en los casos que fueron necesarios para alcanzar lo previsto.

Muchas veces en la construcción del Túnel 1 se tomó las medidas correctivas adecuadas en el momento oportuno para mejorar indicadores, hasta inclusive lograr no solo tenerlos bajo control sino superar los límites establecidos. A continuación se describe brevemente las medidas correctivas tomadas y se menciona si dichas medidas consiguieron controlar los parámetros establecidos de las cuatro perspectivas referidas a la producción, la calidad, la seguridad y el costo.

5.1 MEDIDAS CORRECTIVAS DE PRODUCCIÓN

El avance de la producción tuvo que cumplir inicialmente el planeamiento de la propuesta, el cual estableció que el termino del la construcción del Túnel 1 sería en el mes de abril del 2010. Se realizó un re-planeamiento en el cuarto mes de construcción del Túnel 1, el cual estableció que final de la construcción sería en diciembre del 2009. Al realizar el análisis de la medición que se realizo del avance, se determinó que siempre se estuvo dentro de lo previsto, no hubo necesidad de tomar ninguna medida correctiva.

Pero esto no quiere decir que no se tomaron medidas preventivas, entre ellas, la construcción de un ensanche para maniobras de equipos en cada frente de trabajo, en la entrada y salida a una distancia de cada portal de 1500m y 1150m respectivamente. La figura 5.1 muestra la sección típica del ensanche.

Estos se construyeron para lograr realizar el ciclo 3 de la Tabla 3.2, a pesar de que se estaba a una longitud de avance muy profunda. El ensanche en cada

frente de trabajo permitió que se tuvieran equipos dentro del túnel en espera y no tengan que salir hasta el patio de maniobras ni hacer el recorrido total de la longitud de avance del túnel.

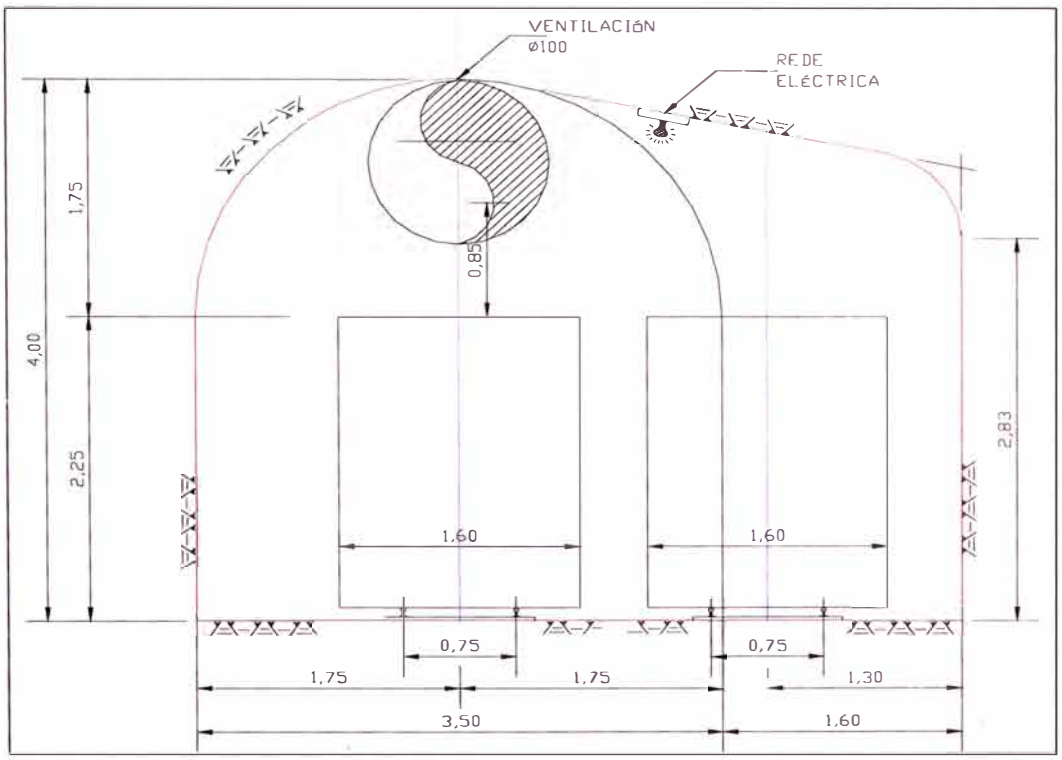


Figura 5.1.- Esquema de sección de ensanche de túnel para maniobras de equipos

5.2 MEDIDAS CORRECTIVAS DE CALIDAD

Con lo referente a calidad las medidas correctivas fueron:

- En el caso de la Prueba de pernos de anclaje, todos los ensayos cumplieron, no hubo necesidad de medida correctiva. La medida preventiva que se consideró fue de dar capacitación periódica al personal operacional que trabajaba colocando los pernos de anclaje.

- Para lograr superar o alcanzar la resistencia de concreto, se coordinó con Supervisión, que las dos zonas de concreto proyectado que no cumplió lo especificado tuvo que ser recapeado con shotecrete, los cuales tenían que

cumplir con los ensayos de resistencia, siendo esta la medida correctiva. Otra de las medidas que se hizo para que esto no vuelva a ocurrir lo anteriormente mencionado, fue publicar la Tabla de dosificación de shotecrete, que se muestra en el Anexo 19, en cada punto de preparación de este, así como realización de capacitación periódica al personal operacional que trabajaba con el shotcrete. Esta medida fue suficiente ya que no se volvió a presentar este incumplimiento en ninguno de los dos frentes.

- De las Inspecciones y monitoreos, el análisis realizado mostró que no se presentaron No Conformidades debido a que el personal de cada frente se involucró con el cumplimiento de los instructivos de trabajo y tomó medidas correctivas inmediatas, que muchas veces fueron identificadas por el inspector de calidad y levantadas en conjunto con el personal operativo, pero estas fueron de grado menor ya que las cuadrillas estaban muy familiarizadas con este trabajo de excavación subterránea por la experiencia que tenían de otras obras y por ser este un trabajo cíclico.

- Las mediciones de dimensiones del túnel, con respecto a la pérdida de shotcrete no hubo medida de corrección que realizar ya que siempre se estuvo dentro de lo esperado, pero si se tomó la medida preventiva de capacitar periódicamente al personal operacional que trabajaba lanzando el shotcrete. Con respecto a que se presentaron sobre excavaciones que superaron los límites establecidos tanto en la roca tipo I y tipo II en ambos frentes, la medida inicial tomada fue reducir la marcación topográfica del contorno de la malla de perforación entre 5 a 10 cm, otra de las medidas fue perforar con mayor cuidado los taladros de los contornos para lograr paralelismo y reducir la carga de los taladros de contorno (voladura controlada). Se debe mencionar que la presencia de fracturas en el macizo rocoso pudo ocasionar mayor sobre excavación, estas fueron encontradas y clasificadas por el geólogo en el mes de septiembre del 2009 en ambos frentes, siendo la razón natural de la sobre excavación.

5.3 MEDIDAS CORRECTIVAS DE SEGURIDAD

Las medidas correctivas de seguridad fueron diversas según los incidentes, actos sub estándar, condiciones sub estándar y accidentes. Se realizó

investigaciones de lo que ocurría para poder analizar las causas. Para obtener los valores de los Indices de Frecuencia y Gravedad se tuvo que registrar aquellos accidentes con descanso médico para los cuales se realizó un análisis sistemático de causa, siendo los pasos: identificación de los tipos de contactos o cuasi contactos, identificación de las causas inmediatas (actos y condiciones sub estándar o inseguras), identificación de las causas básicas (factores personales y laborales) y toma de las medidas correctivas, de entre las cuales, para el casos de la construcción del Túnel 1 se pueden mencionar:

- Se difundió cada accidente, se dio la respectiva sensibilización y capacitación.
- Se creó APT´s de bloqueos y tarjeteos.
- Se reforzó capacitando sobre los APT´s existentes, y se modificó en el caso que fueron necesarios.
- Se implementó en los equipos bocinas y en la zona de trabajo más iluminación.
- Se realizó revisiones constantes de uso correcto de EPP´s.
- Se incorporó al personal de seguridad vigías.
- La guardia saliente debió informar a la entrante lo que corresponde a su turno con respecto a incidentes, accidentes, condición de roca y condición de trabajo.
- El geólogo del turno entrante evaluó y validó la clasificación de la roca del turno anterior.

Con las cuales se mejoró muchas acciones y condiciones de trabajo.

5.4 MEDIDAS CORRECTIVAS DE COSTOS

Con respecto a la cantidad de explosivos usados se tomó la medida de tener mayor cuidado en la recepción y manipulación de explosivos para evitar que estos se deterioren y produzcan retrabajos de voladuras. Esta medida no fue totalmente suficiente ya que se siguieron produciendo usos de mayor explosivo que lo planificado.

En cuanto al costo de mano de obra, medido con el indicador $\mathbf{CR_{MO}}$ / $\mathbf{CO_{MO}}$, se mantuvo bajo control todo el tiempo debido a que se previó que el personal con que se contaría sería por permanencia, para explicar esto se dará el siguiente

ejemplo: si en un mes solo se tuvo roca tipo I en un frente se tenía que contar con la presencia del personal encargado de la preparación y lanzado del shotcrete ya que el tipo de roca encontrado pudo haber sido roca tipo II o III donde su trabajo es necesario.

El costo total en los primeros meses fue mayor que el previsto debido a la compra de materiales en cantidades altas para abaratar los costos, tales como rieles, mangueras, herramientas, etc., pero en el sistema que la empresa contratista usó, el cierre de costos se hacía mensual y cargar la compra de todos estos materiales en el primer mes produjeron que el $\mathbf{CR_{TOT}/CO_{TOT}}$ salga alto, es decir que el costo real sea mayor que el previsto, para evitar esta distorsión del indicador se tomó la medida de que estas compras serían cargadas no al costo del túnel sino a un costo de stock y conforme mensualmente se vayan usando se cargaron recién al costo mensual del túnel, siendo esta decisión la acertada.

Otra de las medidas tomadas fue el de realizar revisiones de mantenimiento diarias exhaustivas a los equipos para que estos no fallen o le falten piezas de repuesto o desgaste evitando de esta forma que la producción pare ya que al ser equipos propios de la empresa los contratos dicen que el pago se realiza por horas mínimas, estando bajo responsabilidad de la obra tenerlos operativos, de esta forma así el equipo trabaje, el costo existió por sus determinadas horas mínimas, así como el del personal parado. Esta medida fue tomada en el mes de mayo del 2009, cuarto mes de iniciado la construcción del Túnel 1, lográndose buenos resultados.

CAPITULO 6: COSTO UNITARIO DIRECTO SEGUN ETAPAS DEL CONTROL

Este informe hasta el momento ha resumido las etapas de control realizadas al proceso constructivo de la construcción del Túnel 1 del proyecto de "Mejoramiento Sanitario de las Áreas Marginales de Lima – Lotes 1, 2 y 3". El aporte que se pretende con este capítulo es tener una referencia, para tener en cuenta en futuras obras similares, de un Análisis de Costo Unitario real obtenido de las etapas de control realizadas para la construcción de este túnel.

Se ha elaborado tres Análisis de Costo Unitarios Directo por metro de avance del túnel: TUNEL 1 ROCA TIPO I, TUNEL 1 ROCA TIPO II, TUNEL 1 ROCA TIPO III. Estos diferentes análisis fueron separados de esta forma ya que cada tipo de roca tiene diferentes características que se consideraron para la construcción y por lo mismo, para el costo unitario. La Tabla 6.1 muestra los datos característicos de cada tipo de roca, los cuales se obtuvieron de las mediciones reales obtenidas de la construcción de esta obra.

Características \ Tipo de roca	I	II	III
m / frente al día	10.70	6.40	4.00
m / turno al día	5.35	3.20	2.00
N° voladuras / día	4.00	3.00	2.00
m / voladura	2.68	2.13	2.00
# días al mes	25.00	25.00	25.00
m / frente al mes *	267.50	160.00	100.00
Perforaciones por tanda	59.00	59.00	59.00
Sección incl./ sobre excavación (m^2) **	14.07	14.79	16.28
Sección de shotcrete (m^2) ***	0.00	1.33	2.30

* Se esta considerando 2 turnos de 11 horas
** Sección típica 12.69 m^2
*** Incluido el 40% de pérdida de shotcrete por rebote

Tabla 6.1.- Datos característicos según el tipo de roca

Los avances por tipo de roca fueron de 10.7m, 6.4m y 4.0m para roca tipo I, II y III respectivamente, esto incluyendo que se tuvo que construir en algunos puntos de avance secciones de mayor dimensión como para dos polvorines de explosivos (2.5x2.5x6.0m), dos polvorines de accesorios de explosivos (2.5x2.5x3.0m), dos ensanches de sección para maniobras de equipos (1.6x4x12m), nichos para transformadores móviles cada 400 m y nichos para transformadores fijos cada 1200 m (3.0x3.0x2.5m). Las dimensiones descritas entre paréntesis son ancho x alto x longitud de avance.

6.1 CANTIDADES PARA ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

MANO DE OBRA

La cuadrilla típica que se necesitó para la construcción del Túnel 1 fue la que se muestra en la Tabla 6.2. Esta cuadrilla típica es considerando que se tuvieron 4 cuadrillas iguales, ya que en cada frente, entrada y salida, hubo dos turnos.

N°	FUNCION	CARGO	CANTIDAD
1	JEFE DE GUARDIA	CAPATAZ II	1
2	CAPATAZ TUNEL	CAPATAZ I	1
3	OP. LOCOMOTORA	OPERARIO	2
4	OP. JUMBO	OPERARIO	1
5	OP. HAGGLOADER	OPERARIO	1
6	PERFORISTA/MINERO	OPERARIO	3
7	SHOCRETERO	OPERARIO	1
8	OPERADOR SHOTECRETERA	OPERARIO	1
9	OPERADOR DE PLANTA	OPERARIO	1
10	SOLDADOR	OPERARIO	1
11	AYUDANTE TUNEL	OFICIAL	2
12	AYUDANTE DE LOCOMOTORA	OFICIAL	2
13	ALMACENERO	OFICIAL	1
14	ELECTRICISTA	OPERARIO	2
15	MECANICO DE JUMBO	OPERARIO	1
16	OPERADOR CARGADOR FRONTAL	OPERARIO	1
17	APUNTADOR DE PRODUCCIÓN	PEON	1
18	CARRILANOS	PEON	4
TOTAL			27

Tabla 6.2.- Cuadrilla típica descrita por función

Con estos datos de cantidad de personal se armó las cantidades según el tipo de roca como se muestra en la Tabla 6.3.

MANO DE OBRA	Cant.	H turno	H turno total	UND.	Cantidad		
					I	II	III
CAPATAZ II	1	11	11	hh	2.0561	3.4375	5.5000
CAPATAZ I	1	11	11	hh	2.0561	3.4375	5.5000
OPERARIO	15	11	165	hh	30.8411	51.5625	82.5000
OFICIAL	5	11	55	hh	10.2804	17.1875	27.5000
PEON	5	11	55	hh	10.2804	17.1875	27.5000

Cantidad = (Horas turno total) / (m/turno al dia)

Tabla 6.3.- Cantidad para el análisis de costo unitario de Mano de obra

EQUIPOS

Las cantidades de los equipos para el análisis de costo según el tipo de roca se calcularon según se describe en la Tabla 6.4.

Los equipos señalados con (a) en la Tabla 6.4 tuvieron que ser evaluados según su productividad de uso y según sus horas mínimas, esto debido a que hay equipos que sus horas mínimas son mayores que las usadas. Por ejemplo el Jumbo, para un avance mensual de 267.5 m para roca tipo I se necesitan 225.5 horas, siendo este mayor a sus horas mínimas del equipo (200 h), así que para su análisis de costo unitario se tomará las horas trabajadas (225.5/267.5=0.8429), pero para el tipo de roca II con avance mensual 160.0 m se necesitan 134.9 horas, siendo este menor que sus horas mínimas, así que en este caso se tomarán las horas mínimas para el análisis de costo unitario (200/160=1.2500).

Los señalados con (b), en la abla 6.4, son equipos que sin importar el tiempo que se usen se tienen que considerar un costo mensual fijo (acuerdo de contratación).

Se contó con equipos que se consideró en el análisis de costo unitario por permanencia, ya que así no sea usado se debe realizar el pago por horas mínimas por estar a disposición, por ejemplo, si en un mes solo se encontró roca tipo I, no se usaría mezcladora de concreto, pero debía estar considerada en el análisis de roca tipo I porque estuvo en el frente de trabajo a disposición.

EQUIPO	Cant.	Productiv.	Und. Productiv.	H trabajadas total mes *			H min equipo	H min total	UND.	Cantidad			
				I	II	III				I	II	III	
JUMBO**	1	70.0	m/h	225.5	134.9	84.3	200.0	200.0	hm	0.8429	1.2500	2.0000	
CARGADOR HAAGLOADER	1	25.0	m3/h	150.5	94.7	65.1	80.0	80.0	hm	0.5628	0.5916	0.8000	
LOCOMOTORAS	2	0.45	m/h	297.2	177.8	111.1	80.0	160.0	hm	1.1111	1.1111	1.6000	
VAGONES	4	9.5	m3/h	99.0	62.3	42.8	200.0	800.0	hm	2.9907	5.0000	8.0000	(a)
CARGADOR FRONTAL	1	27.0	m3/h	139.4	87.6	60.3	160.0	160.0	hm	0.5981	1.0000	1.6000	
COMPRESORA	1	17.0	m3/h	221.4	139.2	95.8	120.0	120.0	hm	0.8276	0.8700	1.2000	
CISTERNA	1	3.2	m/h	83.6	50.0	31.3	----	----	hm	0.3125	0.3125	0.3125	
BOMBA DE AGUA	2	----	----	----	----	----	100	200.0	hm	0.7477	1.2500	2.0000	
PLATAFORMA PARA PASAJEROS	2	----	----	----	----	----	80	160.0	hm	0.5981	1.0000	1.6000	
PLATAFORMA SOBRE RIELES	2	----	----	----	----	----	80	160.0	hm	0.5981	1.0000	1.6000	
VENTILADOR	1	----	----	----	----	----	200	200.0	hm	0.7477	1.2500	2.0000	(b)
PERFORADORA JACK LEG	2	----	----	----	----	----	60	120.0	hm	0.4486	0.7500	1.2000	
MEZCLADORA DE CONRETO 0.5 M3 ***	1	----	----	----	----	----	60	60.0	hm	0.2243	0.3750	0.6000	
BOMBA DE SHOTCRETE ***	1	----	----	----	----	----	80	80.0	hm	0.2991	0.5000	0.8000	

* H = Producción / (productividad x n° equipos)

** Productividad medida por equipo en longitud de perforación por numero de perforaciones realizadas

*** Estos equipos aunque no se usen para el Roca Tipo I se tienen que pagar mensualmente

(a) Cantidad es el máximo de (Horas min total mes u Horas trabajadas total mes) entre el avance del frente

(b) Cantidad es (Horas min total del mes) / avance del frente, no se hace comparación ya que las horas de uso son definitivamente menores que las minima

Tabla 6.4.- Cantidad de análisis de costo unitario de Equipos

MATERIALES

Los materiales que se usaron para la construcción del Túnel 1 se ha clasificado por actividad de detonación o voladura, de sostenimiento (pernos de anclaje, shotcrete y cimbras) y otros materiales de servicios auxiliares. Las cantidades de cada uno de los materiales dependerán del tipo de roca, la Tabla 6.5 muestra los diferentes materiales usados por actividad con sus respectivas cantidades.

MATERIALES PARA DETONACION	Cantidad por voladura			UND.	Cantidad		
	I	II	III		I	II	III
CORDON DETONANTE	70.0	55.0	35.0	m	26.1682	25.7813	17.5000
MECHA	8.0	8.0	8.0	m	2.9907	3.7500	4.0000
FULMINATE	3.0	2.0	1.0	und	1.1215	0.9375	0.5000
EXEL LP	55.0	45.0	25.0	und	20.5607	21.0938	12.5000
EXEL MS	18.0	14.0	7.0	und	6.7290	6.5625	3.5000
EXPLOSIVOS	110.6	75.0	41.3	kg	41.3500	35.1500	20.6700
Cantidad = (Cant. por voladura) / (m / voladura)							

MATERIALES PARA PERNOS	Cantidad por distancia, cada:			UND.	Cantidad		
	1.0 m	1.8 m	1.0 m				
	I	II	III		I	II	III
PERNO DE 2.0 M.	1.00	6.00	6.00	und	1.0000	3.3333	6.0000
TUERCA HEXAGONAL 1"	1.00	6.00	6.00	pza	1.0000	3.3333	6.0000
PLACA PARA PERNO	1.00	6.00	6.00	und	1.0000	3.3333	6.0000
PINTURA ANTICORROSIVA	0.05	0.30	0.30	gal	0.0500	0.1667	0.3000
RESINA RAPIDA	1.00	6.00	6.00	cja	1.0000	3.3333	6.0000
RESINA LENTA	5.00	30.00	30.00	cja	5.0000	16.6667	30.0000
Cantidad = (Cant. por distancia) / distancia							

MATERIALES PARA SHOTCRETE	Cantidad por m3 de shotcrete			UND.	Cantidad		
	I	II	III		I	II	III
ARENA	0.00	0.35	0.35	m3	0.0000	0.4613	0.7963
CEMENTO PORTLAND	0.00	380.00	380.00	kg	0.0000	505.4000	872.4800
MICROSILICA	0.00	20.00	20.00	kg	0.0000	26.6000	45.9200
ACELERANTE DE FRAGUA	0.00	19.00	19.00	L	0.0000	25.2700	43.6240
FIBRA	0.00	25.00	25.00	Kg	0.0000	33.2500	57.4000
Cantidad = (Cant. por m3 de shotcrete) x (sección de shotcrete)							

MATERIALES PARA CIMBRAS	Cantidad por m			UND.	Cantidad		
	I	II	III		I	II	III
CIMBRAS	0.00	0.00	1.00	und	0.0000	0.0000	1.0000
ACERO CORRUGADO	0.00	0.00	7.00	kg	0.0000	0.0000	7.0000
PERFIL METALICO	0.00	0.00	10.00	kg	0.0000	0.0000	10.0000
ARENA	0.00	0.00	0.50	m3	0.0000	0.0000	0.5000
CEMENTO PORTLAND	0.00	0.00	60.00	kg	0.0000	0.0000	60.0000

OTROS MATERIALES	Cantidad por mes			UND.	Cantidad		
	I	II	III		I	II	III
AGUA	2.50	2.50	2.50	m3	2.5000	2.5000	2.5000
MATERIALES PARA LINEA ELECTRICA	1.00	1.00	1.00	glb	0.0037	0.0063	0.0100
MATERIALES PARA VENTILACION	1.00	1.00	1.00	glb	0.0037	0.0063	0.0100
MATERIALES PARA LINEAS DE AIRE Y AGUA	1.00	1.00	1.00	glb	0.0037	0.0063	0.0100
MATERIALES PARA LINEA DE RIELES	1.00	1.00	1.00	glb	0.0037	0.0063	0.0100
MATERIALES PARA SOLDADURA	1.00	1.00	1.00	glb	0.0037	0.0063	0.0100
Cantidad = 1 / (avance del frente), de los que tiene unidad global							

Tabla 6.5.- Cantidad para el análisis de costo unitario de materiales

Para el cálculo de la cantidad de materiales por metro de avance de túnel se consideró los realmente usados en la construcción del Túnel 1. En el caso de los materiales para detonación se tomó la cantidad promedio por voladura para cada tipo de roca, así que para obtener la cantidad del análisis de costo unitario por tipo de roca se tuvo que dividir por metro de voladura para cada tipo de roca.

Para el caso de los materiales para pernos de anclaje se tomó la cantidad de pernos que se uso a cada distancia, siendo para roca tipo I la consideración de 1 por cada metro, para roca tipo II la consideración de 6 cada 1.8 metros y para el roca tipo III la consideración de 6 cada metro. La cantidad para los análisis de costos unitarios se obtuvo de dividir las cantidades por distancia entre las respectivas distancias.

Para el caso de los materiales para shotcrete, se obtuvo las cantidades para un metro cubico de este material del Anexo 19 - Tabla de dosificaciones de shotcrete, estas cantidades se multiplicaron por la cantidad de shotcrete por metro de avance del túnel para así obtener las cantidades para los análisis de costos unitarios por tipo de roca.

Las cerchas o cimbras solo se usaron en la roca tipo III y se consideró uno por cada metro de avance de túnel, según la Especificación Técnica de la Obra.

Los materiales agrupados en Otros Materiales son los usados para los servicios auxiliares. Estos fueron calculados en forma total durante toda la construcción del Túnel 1 y divididos entre los meses de ejecución de tal forma que el análisis de costo unitario lo muestra en la unidad de medida global. Para su obtención se debe dividir 1 entre el avance total del mes por cada tipo de roca.

SUBCONTRATOS

Los subcontratos considerados para la ejecución del Túnel 1 de la obra fueron los Servicios de Geología y el Transporte de explosivos, mencionados en la Tabla 6.6, los cuales tienen como unidad el global ya que es un pago fijo mensual por servicio. Para obtener la Cantidad para el análisis de costo unitario se tiene que dividir 1 entre el avance mensual por tipo de roca.

SUBCONTRATOS	Cantidad por mes			UND.	Cantidad		
	I	II	III		I	II	III
SERVICIOS DE GEOLOGIA	1.00	1.00	1.00	glb	0.0037	0.0063	0.0100
TRANSPORTE DE EXPLOSIVOS	1.00	1.00	1.00	glb	0.0037	0.0063	0.0100

Cantidad = 1 / (avance del frente), ya que tiene unidad global y es mensual el pago

Tabla 6.6.- Cantidad para el análisis de costo unitario de subcontratos

6.2 ANALISIS DE COSTO UNITARIO POR TIPO DE ROCA

Lo que este capítulo muestra es la forma de cómo se obtuvieron las cantidades que son los coeficientes de participación por metro de avance del Túnel, dependiendo del tipo de roca, ya que los precios unitarios de los recursos pueden variar dependiendo de la zona en que se encuentre la obra, el tiempo de vida de los equipos y/o las buenas negociaciones comerciales para obtener un buen precio unitario de equipos, materiales o subcontratos.

Los precios de los recursos usados en los análisis de costos mostrados son de mercado a la fecha del 22/03/2010.

De las tablas anteriormente mostradas y explicadas en este capítulo se armó los Análisis de costos unitarios por tipo de roca tal como se muestra en las Tablas 6.8, 6.9 y 6.10. Siendo la Tabla 6.7 la que muestra el resumen de los costos unitarios por tipo de roca.

COSTOS UNITARIOS POR METRO DE AVANCE		MANO DE OBRA	EQUIPO	MATERIALES	SUBCONTR.	TOTAL
TUNEL 1 - ROCA TIPO I	S/.	949.70	1,693.13	1,710.21	305.24	**4,658.28**
	%	20.39%	36.35%	36.71%	6.55%	100.00%
TUNEL 1 - ROCA TIPO II	S/.	1,587.79	2,359.59	4,721.02	519.73	**9,188.13**
	%	17.28%	25.68%	51.38%	5.66%	100.00%
TUNEL 1 - ROCA TIPO III	S/.	2,540.45	3,657.28	9,053.02	835.29	**16,086.04**
	%	15.79%	22.74%	56.28%	5.19%	100.00%

Tabla 6.7.- Resumen de costos unitario

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS - TUNEL 1 - ROCA TIPO I Costo al: 22/03/2010

Rendimiento: **10.7 m/día** Costo unitario directo por: m **4.658,28**
Día: 2 turnos de 11 horas

	UND.	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO (S/.)	PARCIAL (S/.)
MANO DE OBRA					
CAPATAZ II	hh	1,0000	2,0561	54,30	111,65
CAPATAZ I	hh	1,0000	2,0561	31,60	64,97
OPERARIO	hh	15,0000	30,8411	16,80	518,13
OFICIAL	hh	5,0000	10,2804	13,80	141,87
PEON	hh	5,0000	10,2804	11,00	113,08
					949,70
EQUIPOS					
JUMBO**	hm	1,0000	0,8429	490,73	413,64
CARGADOR HAAGLOADER	hm	1,0000	0,5628	267,77	150,70
LOCOMOTORAS	hm	2,0000	1,1111	379,96	422,17
VAGONES	hm	4,0000	2,9907	174,48	521,83
CARGADOR FRONTAL	hm	1,0000	0,5981	114,21	68,31
COMPRESORA	hm	1,0000	0,8276	10,61	8,78
CISTERNA	hm	1,0000	0,3125	49,20	15,38
BOMBA DE AGUA	hm	2,0000	0,7477	37,20	27,81
PLATAFORMA PARA PASAJEROS	hm	2,0000	0,5981	12,56	7,51
PLATAFORMA SOBRE RIELES	hm	2,0000	0,5981	4,35	2,60
VENTILADOR	hm	1,0000	0,7477	7,00	5,23
PERFORADORA JACK LEG	hm	2,0000	0,4486	0,39	0,17
MEZCLADORA DE CONRETO 0.5 M3 ***	hm	1,0000	0,2243	2,30	0,52
BOMBA DE SHOTCRETE ***	hm	1,0000	0,2991	3,30	0,99
HERRAMIENTAS	%MO		5,0000		47,49
					1.693,13
MATERIALES					
CORDON DETONANTE	m		26,1682	0,50	13,19
MECHA	m		2,9907	0,38	1,13
FULMINATE	und		1,1215	0,44	0,49
EXEL LP	und		20,5607	4,04	83,00
EXEL MS	und		6,7290	4,04	27,16
EXPLOSIVOS	kg		41,3500	7,21	297,93
PERNO DE 2.0 M.	und		1,0000	29,76	29,76
TUERCA HEXAGONAL 1"	pza		1,0000	8,90	8,90
PLACA PARA PERNO	und		1,0000	10,11	10,11
PINTURA ANTICORROSIVA	gal		0,0500	40,36	2,02
RESINA RAPIDA	cja		1,0000	164,93	164,93
RESINA LENTA	cja		5,0000	164,93	824,67
AGUA	m3		2,5000	7,73	19,33
MATERIALES PARA LINEA ELECTRICA	glb		0,0037	5.344,92	19,78
MATERIALES PARA VENTILACION	glb		0,0037	420,11	1,55
MATERIALES PARA LINEAS DE AIRE Y AGUA	glb		0,0037	7.636,27	28,25
MATERIALES PARA LINEA DE RIELES	glb		0,0037	45.818,30	169,53
MATERIALES PARA SOLDADURA	glb		0,0037	2.290,85	8,48
					1.710,21
SUBCONTRATOS					
SERVICIOS DE GEOLOGIA	glb		0,0037	12.390,84	45,85
TRANSPORTE DE EXPLOSIVOS	glb		0,0037	70.106,40	259,39
					305,24

Tabla 6.8.- Análisis de Costo Unitario Túnel 1, roca tipo I

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS - TUNEL 1 ROCA TIPO II Costo al: 22/03/2010

Rendimiento: **6.4 m/día** Costo unitario directo por: m **9.188,13**
Día: 2 turnos de 11 horas

	UND.	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO (S/.)	PARCIAL (S/.)
MANO DE OBRA					
CAPATAZ II	hh	1,0000	3,4375	54,30	186,66
CAPATAZ I	hh	1,0000	3,4375	31,60	108,63
OPERARIO	hh	15,0000	51,5625	16,80	866,25
OFICIAL	hh	5,0000	17,1875	13,80	237,19
PEON	hh	5,0000	17,1875	11,00	189,06
					1.587,79
EQUIPOS					
JUMBO**	hm	1,0000	1,2500	490,73	613,42
CARGADOR HAAGLOADER	hm	1,0000	0,5916	267,77	158,41
LOCOMOTORAS	hm	2,0000	1,1111	379,96	422,17
VAGONES	hm	4,0000	5,0000	174,48	872,42
CARGADOR FRONTAL	hm	1,0000	1,0000	114,21	114,21
COMPRESORA	hm	1,0000	0,8700	10,61	9,23
CISTERNA	hm	1,0000	0,3125	49,20	15,38
BOMBA DE AGUA	hm	2,0000	1,2500	37,20	46,50
PLATAFORMA PARA PASAJEROS	hm	2,0000	1,0000	12,56	12,56
PLATAFORMA SOBRE RIELES	hm	2,0000	1,0000	4,35	4,35
VENTILADOR	hm	1,0000	1,2500	7,00	8,75
PERFORADORA JACK LEG	hm	2,0000	0,7500	0,39	0,29
MEZCLADORA DE CONRETO 0.5 M3 ***	hm	1,0000	0,3750	2,30	0,86
BOMBA DE SHOTCRETE ***	hm	1,0000	0,5000	3,30	1,65
HERRAMIENTAS	%MO		5,0000		79,39
					2.359,59
MATERIALES					
CORDON DETONANTE	m		25,7813	0,50	12,99
MECHA	m		3,7500	0,38	1,42
FULMINATE	und		0,9375	0,44	0,41
EXEL LP	und		21,0938	4,04	85,16
EXEL MS	und		6,5625	4,04	26,49
EXPLOSIVOS	kg		35,1500	7,21	253,26
PERNO DE 2.0 M.	und		3,3333	29,76	99,19
TUERCA HEXAGONAL 1"	pza		3,3333	8,90	29,68
PLACA PARA PERNO	und		3,3333	10,11	33,70
PINTURA ANTICORROSIVA	gal		0,1667	40,36	6,73
RESINA RAPIDA	cja		3,3333	164,93	549,77
RESINA LENTA	cja		16,6667	164,93	2.748,91
ARENA	m3		0,4613	24,56	11,33
CEMENTO PORTLAND	kg		505,4000	0,36	181,94
MICROSILICA	kg		26,6000	2,24	59,58
ACELERANTE DE FRAGUA	L		25,2700	3,19	80,61
FIBRA	Kg		33,2500	4,00	133,00
AGUA	m3		2,5000	7,73	19,33
MATERIALES PARA LINEA ELECTRICA	glb		0,0063	5.344,92	33,67
MATERIALES PARA VENTILACION	glb		0,0063	420,11	2,65
MATERIALES PARA LINEAS DE AIRE Y AGUA	glb		0,0063	7.636,27	48,11
MATERIALES PARA LINEA DE RIELES	glb		0,0063	45.818,30	288,66
MATERIALES PARA SOLDADURA	glb		0,0063	2.290,85	14,43
					4.721,02
SUBCONTRATOS					
SERVICIOS DE GEOLOGIA	glb		0,0063	12.390,84	78,06
TRANSPORTE DE EXPLOSIVOS	glb		0,0063	70.106,40	441,67
					519,73

Tabla 6.9 - Análisis de Costo Unitario Túnel 1, roca tipo II

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS - TUNEL 1 ROCA TIPO III Costo al: 22/03/2010

Rendimiento: **4.0 m/día** Costo unitario directo por: m **16.086,04**
Día: 2 turnos de 11 horas

	UND.	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO (S/.)	PARCIAL (S/.)
MANO DE OBRA					
CAPATAZ II	hh	1,0000	5,5000	54,30	298,65
CAPATAZ I	hh	1,0000	5,5000	31,60	173,80
OPERARIO	hh	15,0000	82,5000	16,80	1386,00
OFICIAL	hh	5,0000	27,5000	13,80	379,50
PEON	hh	5,0000	27,5000	11,00	302,50
					2.540,45
EQUIPOS					
JUMBO**	hm	1,0000	2,0000	490,73	981,46
CARGADOR HAAGLOADER	hm	1,0000	0,8000	267,77	214,22
LOCOMOTORAS	hm	2,0000	1,6000	379,96	607,93
VAGONES	hm	4,0000	8,0000	174,48	1.395,88
CARGADOR FRONTAL	hm	1,0000	1,6000	114,21	182,74
COMPRESORA	hm	1,0000	1,2000	10,61	12,73
CISTERNA	hm	1,0000	0,3125	49,20	15,38
BOMBA DE AGUA	hm	2,0000	2,0000	37,20	74,40
PLATAFORMA PARA PASAJEROS	hm	2,0000	1,6000	12,56	20,10
PLATAFORMA SOBRE RIELES	hm	2,0000	1,6000	4,35	6,95
VENTILADOR	hm	1,0000	2,0000	7,00	13,99
PERFORADORA JACK LEG	hm	2,0000	1,2000	0,39	0,46
MEZCLADORA DE CONRETO 0.5 M3 ***	hm	1,0000	0,6000	2,30	1,38
BOMBA DE SHOTCRETE ***	hm	1,0000	0,8000	3,30	2,64
HERRAMIENTAS	%MO		5,0000		127,02
					3.657,28
MATERIALES					
CORDON DETONANTE	m		17,5000	0,50	8,82
MECHA	m		4,0000	0,38	1,51
FULMINATE	und		0,5000	0,44	0,22
EXEL LP	und		12,5000	4,04	50,46
EXEL MS	und		3,5000	4,04	14,13
EXPLOSIVOS	kg		20,6700	7,21	148,93
PERNO DE 2.0 M.	und		6,0000	29,76	178,54
TUERCA HEXAGONAL 1"	pza		6,0000	8,90	53,42
PLACA PARA PERNO	und		6,0000	10,11	60,67
PINTURA ANTICORROSIVA	gal		0,3000	40,36	12,11
RESINA RAPIDA	cja		6,0000	164,93	989,60
RESINA LENTA	cja		30,0000	164,93	4948,02
ARENA	m3		1,2963	24,56	31,84
CEMENTO PORTLAND	kg		932,4800	0,36	335,69
MICROSILICA	kg		45,9200	2,24	102,86
ACELERANTE DE FRAGUA	L		43,6240	3,19	139,16
FIBRA	Kg		57,4000	4,00	229,60
CIMBRAS	und		1,0000	1031,80	1031,80
ACERO CORRUGADO	kg		7,0000	1,96	13,72
PERFIL METALICO	kg		10,0000	2,03	20,27
AGUA	m3		2,5000	7,73	19,33
MATERIALES PARA LINEA ELECTRICA	glb		0,0100	5.344,92	53,45
MATERIALES PARA VENTILACION	glb		0,0100	496,50	4,96
MATERIALES PARA LINEAS DE AIRE Y AGUA	glb		0,0100	8.272,63	82,73
MATERIALES PARA LINEA DE RIELES	glb		0,0100	49.636,50	496,36
MATERIALES PARA SOLDADURA	glb		0,0100	2.481,75	24,82
					9.053,02
SUBCONTRATOS					
SERVICIOS DE GEOLOGIA	glb		0,0100	13.423,41	134,23
TRANSPORTE DE EXPLOSIVOS	glb		0,0100	70.106,40	701,06
					835,29

Tabla 6.10.- Análisis de Costo Unitario Túnel 1, roca tipo III

CONCLUSIONES

El objetivo del presente Informe de Competencia es describir el proceso de control y seguimiento de una obra de construcción de un túnel, que alcanzó los indicadores previsto en cuanto a producción, calidad y costos pero en seguridad éstos no fueron alcanzados. Los principales aportes que se hace con este Informe es mostrar que un sistema de control permite tener información oportuna para que se tomen medidas correctivas y así se optimice las actividades logrando un proceso de "mejora continua" constante; y mostrar los Análisis de Costos Unitarios reales obtenido de las etapas de control realizadas para la construcción del Túnel 1, que sirvan como referencia para tener en cuenta en obras similares. A continuación se enumeran lo que se concluye de este Informe:

1. En el control de la producción se obtuvo resultados dentro de lo previsto, ya que se terminó la construcción del Túnel 1 cuatro meses antes del planeamiento de la propuesta y cuatro días antes de la reprogramación. Esto a pesar que hubieron meses en el que no se alcanzo el avance reprogramado, debido a que el macizo rocoso presentó cantidades más altas del tipo de roca de avance más lento. Pero para el último mes, la roca fue Tipo I, lo que permitió mayor producción, teniendo un avance de 134.8% del reprogramado.

2. En el control de calidad se midió: prueba de pernos de anclaje, resistencia del concreto lanzado (shotcrete) y mediciones de dimensiones del túnel (sobre excavación y pérdida de shotcrete), estos indicadores estuvieron dentro de lo esperado, sin embargo para las dimensiones de sección del túnel se cumplió lo previsto con pequeñas desviaciones en las que se tuvieron que tomar medidas correctivas.

3. En el control de seguridad se registró que hubieron ocho accidentes con descansos médicos que no permitieron alcanzar los Indices de Frecuencia ni Gravedad. Esto a pesar que se tomaron medidas preventivas y correctivas pero que al final no fueron suficientes.

4. En el control de costos se alcanzó los indicadores esperados. Esto debido que para la construcción de un túnel se debe considerar la mano de obra y los equipos por permanencia, tal como se realizó en este proyecto, ya que el tipo de roca determinó el trabajo que fue necesario realizar.

5. No se debe pretender hacer un control de todos los detalles de un proceso, sino de las actividades más importantes, de tal manera que lo que se controló en la construcción del túnel sirvió para armar los análisis de costos unitarios por tipo de roca los cuales serán referenciales para futuras propuestas similares.

6. Para realizar una buena medición de lo que se vaya a controlar el planeamiento debe ser elaborado de forma detallada por el personal a cargo de cada área involucrada en el control, este personal debe ser especialistas del tema para evitar improvisaciones. La eficacia del control depende del conocimiento que tengan todos los involucrados, ellos deben ser capacitados en todas las etapas del control.

7. Con este informe se concluye que se puede realizar mediciones de resultados de lo que se decida controlar de forma periódica, llegando a realizarse diariamente el seguimiento del avance de producción con un promedio diario de 10.7m, 6.4m y 4.0m en las rocas tipo I, II y III respectivamente; el seguimiento de las productividades de equipos, siendo la promedio del Jumbo 35.07m/h y del Haggloader 25.28m3/h; y la cantidad de explosivo usado promedio de 41.35Kg/m, 35.15 Kg/m y 20.67 Kg/m en las rocas tipo I, II y III respectivamente.

8. Un sistema de trabajo repetitivo o cíclico, como la construcción de un túnel, permite fácilmente la optimización de recursos y procedimientos. Como por ejemplo, para reducir tiempos, se puede mencionar el logrado con el ensanche de sección del túnel para maniobras de equipos, el realizar voladura controlada en el contorno de la sección del túnel para evitar sobre excavación, el uso de tacos de material detrítico en la boca de la perforación para sellar la carga explosiva y con eso incrementar el efecto de trituración de la roca y un avance de mayor efectividad.

RECOMENDACIONES

1. Los equipos que se utilizan para la construcción de un túnel son muchas veces irremplazables, ya que solo se cuentan con uno por frente como el caso del Jumbo y el Haggloader. Si estos fallan, la producción se paraliza, así que deben estar en óptimas condiciones para un buen funcionamiento. Se recomienda tener un plan de mantenimiento preventivo diario.

2. La realización de un programa de incentivo económico para el personal que cumpla con los indicadores esperados por la empresa puede lograr que cada uno de los trabajadores se sienta involucrado y tengan participación activa para alcanzar estas metas. Esto se aplicó en la construcción del Túnel 1, siendo los dos primeros meses algo difíciles la aceptación del personal al programa, por la cantidad de indicadores que tenían que cumplir, pero con la sensibilización y el apoyo de sus jefes se logró involucrar al personal con la obtención de estos.

3. La seguridad es lo primero en todas las etapas de la construcción de una obra, la vida e integridad de una persona no tiene precio, es lo primero en lo que se debe preocupar una empresa, sobre todo si la actividad que realizarán sus colaboradores serán riesgosas. Para lo que se recomienda que no se debe escatimar en cuidar la salud de los trabajadores dándoles las condiciones adecuadas para que realicen un buen trabajo y capacitándolos sobre seguridad y salud ocupacional.

4. En lo referente a control de calidad, para la construcción de un túnel por ambos frentes, se recomienda que los BM´s de inicio y fin deban ser verificados mediante el cierre poligonal de estos, para de esta forma conseguir el encuentro de forma precisa de ambos frentes de ejecución.

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS:

[1] Cornejo, Laureano y Salvador, Eduardo. Manual de túneles Interurbanos de carretera. España, 1996.

[2] Fayol, Henry. Administración Industrial y General. Francia. 1916.

[3] Lopez Jimeno, Carlos. Manual de Túneles y obras subterráneas. España, 1996.

[4] Murillo Gutarra, Marco. Manual práctico de voladura EXSA. Perú, 2009

TESIS:

[5] Briceño Balarezgo, Omar Orlando. Implantación del Sistema de Planeamiento y Control de Costos por Procesos para empresas de Construcción. UNMSA – Facultad de Ingeniería Industrial, 2003.

[6] Cartolín Espinoza, Mario. Excavación de túneles en roca. UNI – Facultad de Ingeniería Civil, 1996.

[7] Maguiña Rodríguez, Paul. Programación y procesos constructivos de túnel de aducción y obras conexas de la Central Hidroeléctrica San Gabán II. UNI – Facultad de Ingeniería Civil, 2000.

[8] Torres Calderón, Elvis Daniel. Procedimiento de excavación de túnel Ichocruz - Chiara. Frente de salida del proyecto especial río Cachi - Ayacucho. UNI – Facultad de Ingeniería Civil, 1997.

[9] Vitteri Quiroz, Virgilio. Metodología para el Control de Procesos Constructivos. UNI – Facultad de Ingeniería Civil, 2004.

PÁGINAS WEB:

[10] http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger/ctrlpytos.htm

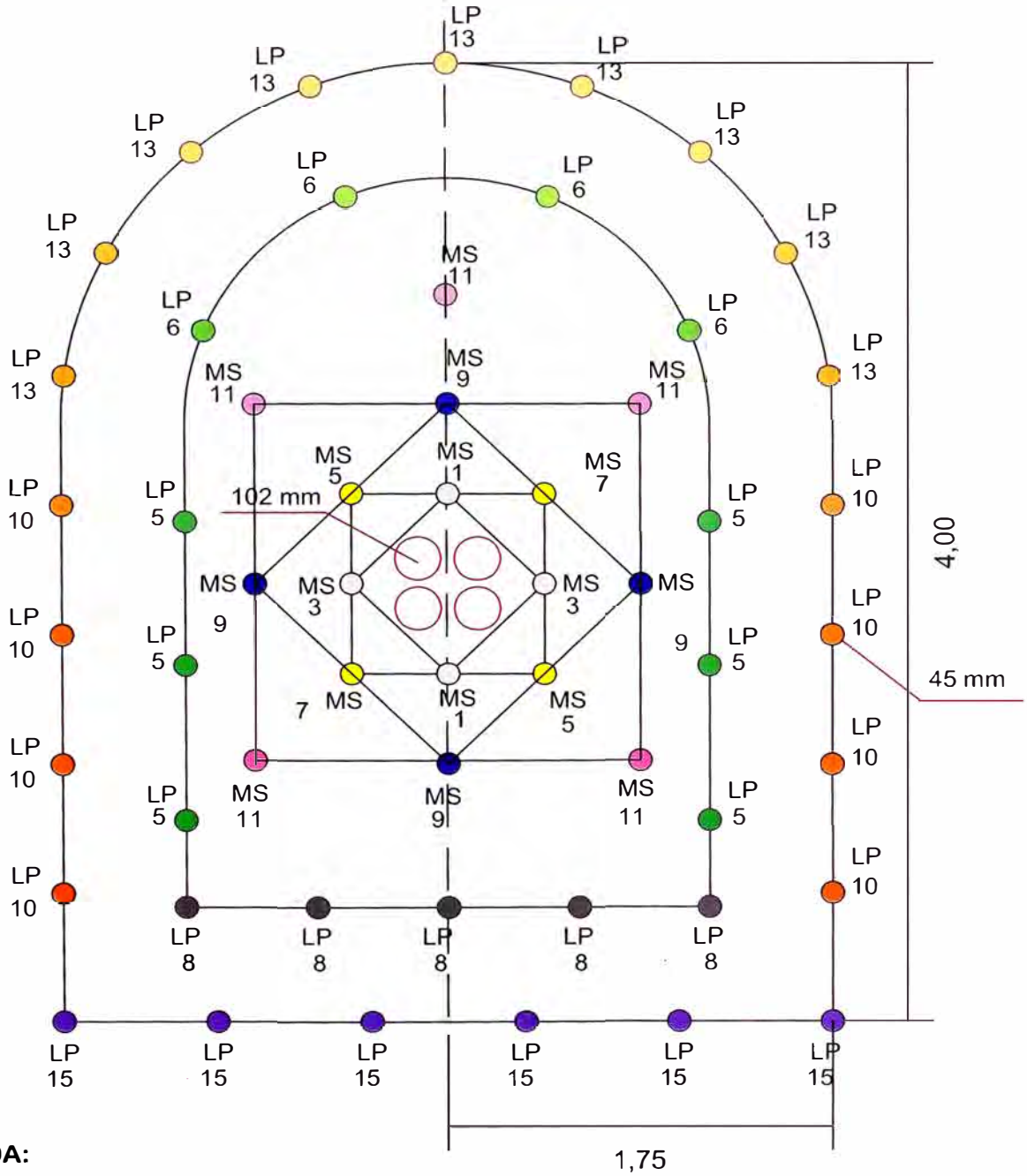
[11] http://www.oni.escuelas.edu.ar/2004/GCBA/467/Control.htm

ANEXOS

ANEXO 01 - ESQUEMA DE MALLA DE PERFORACIÓN TÍPICA. FOTOS DE EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS..... 101
ANEXO 02 -REPORTE DE EVALUACIÓN GEOLOGICA DEL TÚNEL 1 SALIDA EN LA FECHA 11-05-09..... 102
ANEXO 03 - PROTOCOLO DE VOLADURA DEL TÚNEL 1 SALIDA EN LA FECHA 11-05-09..... 103
ANEXO 04 - LISTADO DE REGISTROS DE CONTROL DE CALIDAD..... 104
ANEXO 05 - HUA/IT/044 Concreto Proyectado..... 105
ANEXO 06 - HUA/IT/045 Instalación de Pernos y Barras de Anclaje.....106
ANEXO 07 - LISTADO DE REGISTROS DE CONTROL DE SEGURIDAD.... 107
ANEXO 08 - HUA/APT/074 Sostenimiento de pernos..... 108
ANEXO 09 - HUA/APT/075 Sostenimiento con Shotcrete.....109
ANEXO 10 - FORMATOS LLENADOS DE PARTE DIARIO DE EXCAVACION DEL TUNEL 1 SALIDA EN LA FECHA 11-07-09..... 110
ANEXO 11 - PRODUCCION Y PRODUCTIVIDADES MENSUALES..... 111
ANEXO 12 - RESUMEN DE ENSAYOS DE PERNOS DE ANCLAJE.....112
ANEXO 13 - NORMA ASTM D 4435 – MÉTODO STANDARD DE ENSAYO PARA LA PRUEBA DE PERNOS DE ANCLAJE EN ROCA.....113
ANEXO 14 - RESUMEN DE EVALUACION Y ACEPTACION DE RESISTENCIAS DE CONCRETO PROYECTADO..... 114
ANEXO 15 - FORMATO LLENADO DE BIM DEL TUNEL 1 SALIDA EN LA FECHA 09-10-09..... 115
ANEXO 16 - RESUMEN DE BIM´s DEL TUNEL 1..... 116
ANEXO 17 - RESUMEN DE ESTADISTICAS DE ACCIDENTES INCAPACITANTES..... 117
ANEXO 18 - DESCRIPCCION DE ACCIDENTES INCAPACITANTES.....118
ANEXO 19 - TABLA DE DOSIFICACIONES DE SHOTCRETE.....119
ANEXO 20 -PLANOS.....120

ANEXO 01

ESQUEMA DE MALLA DE PERFORACIÓN TÍPICA. FOTOS DE EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS



LEYENDA:

DESCRIPICION:		CANT.
Arranques	=	4
Ayudas de arranques	=	4
Cuñas	=	4
Ayudas de cuñas	=	5
Cuadradores	=	17
Ayudas de cuadradores	=	10
Arrastres	=	6
Ayudas de arrastres	=	5
Alivios (sin explosivos)	=	4
TOTAL DE TALADROS	=	59

Exel de largo periodo [LP n]

Exel en milisegundos [MS m]

donde "n" y "m" es la velocidad

PROYECTO DE MEJORAMIENTO SANITARIO DE LAS ÁREAS MARGINALES DE LIMA - LOTES 1, 2 Y 3

Lote 3 - Túnel 1

ESQUEMA:

DIAGRAMA DE PERFORACION DE MALLA TIPICA
LOTE 3 (RAMAL NORTE) - TUNEL 1

KM 0+000.00 - 4+469.76

ELABORADO POR: BACH. MICHELA MARYBELL CORIMANYA DIAZ

FECHA: MARZO 2010

FOTOGRAFÍAS DE EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS USADOS PARA LAS VOLADURAS DEL TÚNEL 1 DEL PROYECTO DE MEJORAMIENTO SANITARIO DE LAS ÁREAS MARGINALES DE LIMA – LOTE 1, 2 Y 3

Explosivos

Emulsión 1 ½"x16" 82%

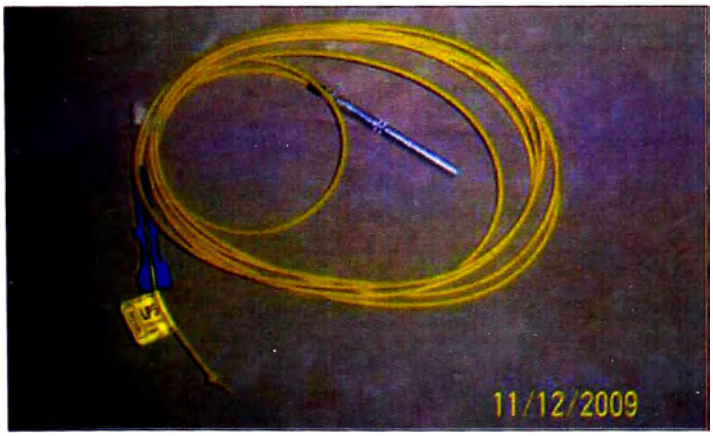
Emulsión 1 1/8"x16" 82%

Emulsión 1 1/8" x 8" 62%

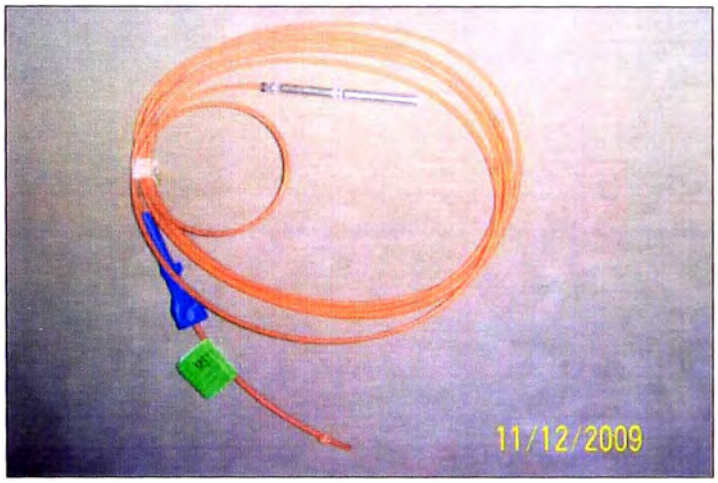
Dinamita 1 1/8"x16" 80%

Fulminante

Exel LP

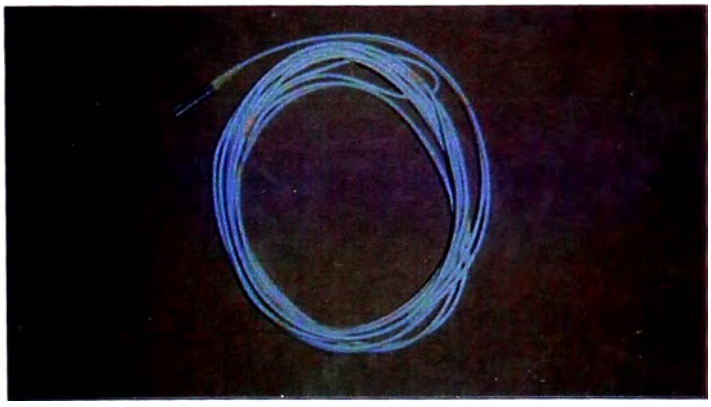


Exel MS



Cordón Detonante

Mecha



ANEXO 02

REPORTE DE EVALUACIÓN GEOLÓGICA DEL TÚNEL 1 SALIDA EN LA FECHA 11-05-09

PROYECTO HUACRIPA

Túnel N° 1

Reporte de la evaluación Geológica-Geotécnica del Túnel N° 1 (VALVULA)

Tramo: 2+760 a 2+820

Fecha: 11/05/09

Turno: DIA

I.- Parámetros del índice "Q" Rock Mass Quality).

Índice de calidad de la roca:	RQD: 91.90
Índice numérico del sistema o sistemas de fisuras:	Jn: 6
Índice numérico del grado de rugosidad de las fisuras:	Jr: 1
Índice numérico de la alteración de las fisuras:	Ja: 4
Factor de reducción por presencia de agua en las fisuras	Jw: 1
Factor de reducción por presencia de esfuerzos:	SRF: 2.5

Q: RQD / Jn x Jr / Ja x Jw / SRF

Q: 1.532

Clase:

II.- Relación de "RMR" y "Q":

RMR: Rock Mass Rating

RMR: 9ln Q + 44

RMR: 47.837

Clase:

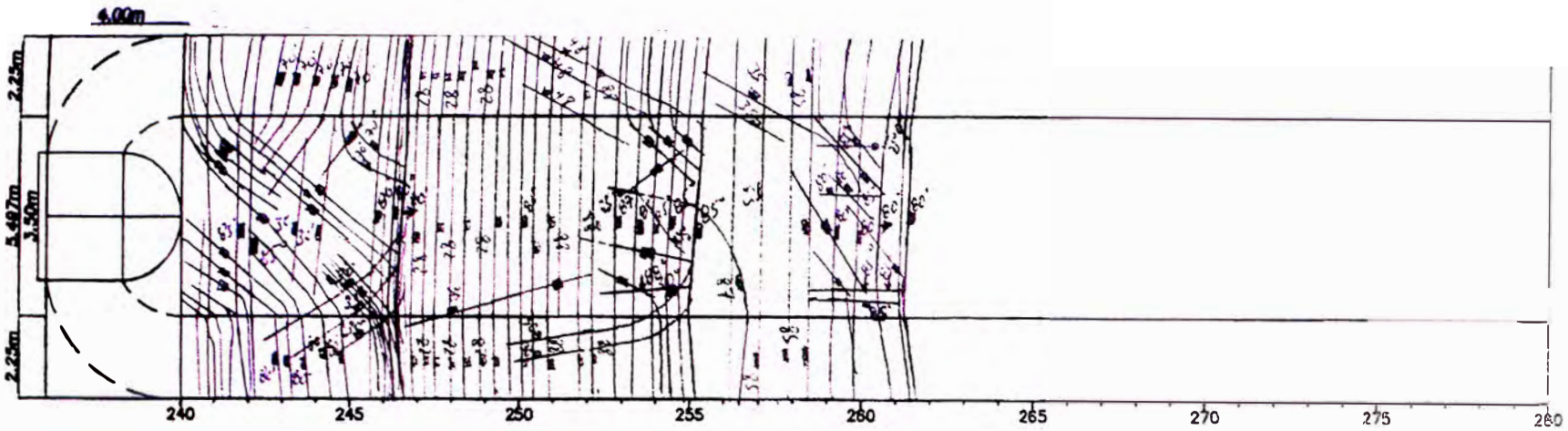
III.- Clasificación geomecánica de la masa rocosa:

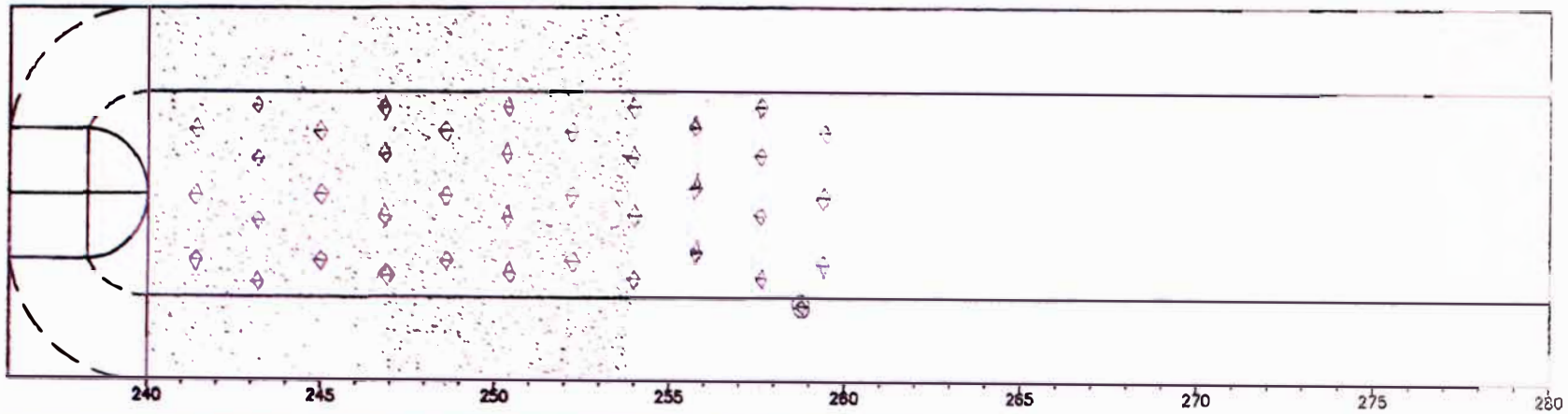
Tipo: II

- Se recomienda concreto lanzado reforzado con fibra de acero e=5cm + pe no de roca sistemático malla 4-3 espaciados @ 1.80m. Long = 2m ϕ = 1". Adicional se coloca 01 perno puntual.
- Perforar el avance con barrena de 10', 11's es necesario para cuadrar el frente.

Realizado por: HECKNER DEL CASTILLO H.

RECIBIDO 11/05/09





PROGRESIVA (km.)		239.00 a 242.10	242.10 a 245.30	245.30 a 246.60	246.60 a 249.30	249.30 a 252.30	252.30 a 255.30	255.30 a 258.40	258.40 a 261.40
GEOLOGIA		Dior-Ton fract	Dior-Ton fract	Dior-Ton fract	Dior-Ton fract	Dior-Ton fract	Dior-Ton fract	Dior-Ton fract	Dior-Ton fract
CLASIFICACION GEOMECANICA	Q-BIENIAWSKI	1.025	1.42	1.257	1.366	1.586	1.477	1.586	1.532
	R.M.R.	44.222	47.15	41.06	46.906	48.15	47.503	48.15	47.837
TIPO DE ROCA		II	II	II	II	II	II	II	II

ESC: 1/200

LEYENDA

- TONALITA/GRANODIORITA
- DIQUE BÁSICO
- DIQUE ÁCIDO
- RUMBO Y BUZAMIENTO DE DIACLASAS
- DIACLASAS VERTICALES
- DIACLASA
- CONTACTO GEOLÓGICO
- RUMBO Y BUZAMIENTO DE FALLA

SIMBOLOS

- FILTRACIONES DE AGUA
- FRACTURA PRINCIPAL
- LÍMITE DE ZONA GEOTÉCNICA
- BRECHA DE FALLA
- ZONA DE ALTERACIÓN
- SHOTCRETE
- MALLA ELECTROSOLDADA
- PLANCHA METÁLICA
- PERNO DE ANCLAJE DE 2.00 m. PUNTUAL
- PERNO DE ANCLAJE DE 2.00 m.
- PERNO DE ANCLAJE DE 2.10 m.
- CINTAS

ANEXO 03

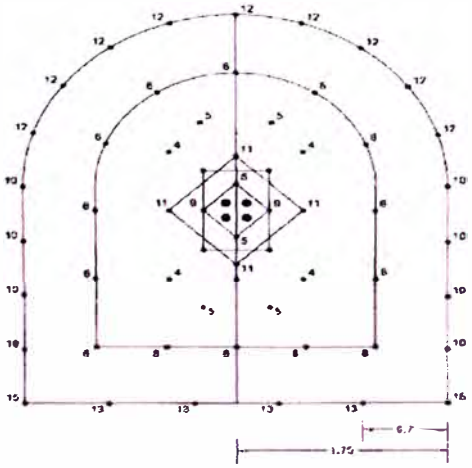
PROTOCOLO DE VOLADURA
DEL TÚNEL 1 SALIDA EN LA FECHA 11-05-09

PROYECTO TUNEL HUACHIPA

PROTOCOLO DE VOLADURA

RESPONSABLE:	Nº DE REPORTE	TURNO	FECHA
Ing. Harold Boy S.	JHCC/0098	A 7:00 - 19:00 hrs	11 may 09

TIPO DE ROCA	LUGAR	TRAMO	UBICACIÓN
II	TUNEL 1	SALIDA	SJL



PERFORACION / DETONACIÓN

SECCION (m2)	12,69	EFICIENCIA (%)	100%	Nº DE DISP / SEMANA (Und)	FACTOR DE CARGA (Kg/M³)
Nº DE TALADROS (Und.)	59	AVANCE EFECTIVO (m)	3,00	PRODUCCIÓN DIARIA (m)	3,6
PROF DE TALADROS (m)	3,00	DIAMETRO TALADROS (mm)	45mm	PRODUCCIÓN SEMANAL (m)	Nº DE DISPARO
VOLUMEN DE CORTE (m3)	38,07	TOTAL PERFORACIÓN (m)	177	PRODUCCIÓN MENSUAL (m)	98

DESCRIPCION	TALADROS			Nº de Cartuchos			EXPLOSIVOS (1)		EXPLOSIVOS (2)		EXPLOSIVOS (3)	
Nº DE DISPARO	1	2	3	1	2	3	IREMITA 82 11/2 X 16	Kg	62 1 1/2 x 12	Kg	SOFTRON	Kg
ARRANQUE	5			2	8		10	2,84	40	14,68		
AY. ARRANQUE	4			2	8		8	2,27	32	11,74		
CUÑA	4			2	8		8	2,27	32	11,74		
AY. CUÑA	8			5	3		40	11,36	24	8,8		
CUADRADORES	17					6					102	0,141
AY. CUADRADO.	10			5	3		50	14,2	30	11		
AY. ARRASTRE	5			5	3		25	7,1	15	5,5		
ARRASTRE	6			2	8		12	3,4	48	17,6		
TOTAL	59						153	43,44	221	81,06		14,38

Peso de Iremita 82 1 1/8" x 8" = 0,139 kg; Softron 11/16" x 20" = 0,141 Kg; Peso de Iremita 62 1/8" x 16" Kg.

CLASE	EXANEL																	C. De S.P	Fulm. Nº 8 (Un)	Mecha de 6ft	FULM ELECTRICO (UN)
	MILISEGUNDOS						MEDIOSEGUNDO														
EQUIVALENCIA	1	3	5	7	9	11	4	5	6	8	10	13	12	15	0	0	0	Total			
EXCEL	1	2	2	2	2	4	4	4	10	5	10	4	7	2				59	0	2	4	
FANEL																		0				
TOTAL																		59				

ELABORADOR POR:	FECHA			FECHA		APROBADO POR	FECHA	
Firma:	D	11	Firma:	D	11		D	
	M	5		M	5		M	
	A	9		A	9		A	

Recibido
18/05/09
17:30

TUNEL 1 SALIDA

CONTROL MATERIAL DE EXPLOSIVOS Nº 099

TUNEL SALIDA

99	Día		Mes		Año	
	1	1	0	5	0	9
Cód. Op.	Fecha de Consumo					

Hora: 7:25

Solicitado:

Cant.	Und.	DESCRIPCION
153	Cant	1 1/8 x 10 82%
221	Cant	1 1/2 x 12 62%
102	Cant	SOFTRON
2	Und.	Fulminantes
60	M	Cordón detonante
4	M	Mecha de Seguridad

Devolución

Cant.	Und.	DESCRIPCION

Consumo

Cant.	Und.	DESCRIPCION
153	Cant	1 1/8 x 10 82%
221	Cant	1 1/2 x 12 62%
102	Cant	SOFTRON
2	Und.	Fulminantes
60	M	Cordón detonante
4	M	Mecha de Seguridad

EXCEL MS

Nº	1	3	5	7	9	11			
Pza	1	2	2	2	2	4			

EXCEL MS

Nº	1	3	5	7	9	11			
Pza									

EXCEL MS

Nº	1	3	5	7	9	11			
Pza	1	2	2	2	2	4			

EXCEL LP

Nº	4	5	6	8	10	13	12	15	
Pza	4	4	10	5	10	4	7	2	

EXCEL LP

Nº	4	5	6	8	10	13	92	4 00	
Pza									

EXCEL LP

4 Nº	4	5	6	8	10	12	13	400	
Pza	4	4	10	5	10	7	4		

Autorizado Por:

ANEXO 04

LISTADO DE REGISTROS DE CONTROL DE CALIDAD

INSTRUCTIVOS DE TRABAJO ELABORADOS EN LA OBRA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL:

Identificación:	**Instructivo de Trabajo:**
HUA/IT/005	Operación de la central dosificadora
HUA/IT/022	Preservación de materiales y equipos
HUA/IT/037	Servicios topográficos
HUA/IT/041	Excavación en Portales
HUA/IT/042	Excavación subterránea
HUA/IT/043	Montaje de tubería en túnel
HUA/IT/044	Concreto proyectado
HUA/IT/045	Instalación de pernos y barras de anclaje
HUA/IT/048	Plan de Evaluación para Voladura (Túnel 2 salida)
HUA/IT/064	Plan de emergencias para casos especiales (pérdidas, robos, secuestros, accidentes vehiculares, paros y/o huelgas)

PROCEDIMIENTOS MODELOS DE LA EMPRESA QUE SE CONSIDERÓ USAR PARA LA CONSTRUCCION DEL TUNEL:

Identificación:	**Procedimientos modelos:**
HUA/PM/005	Control de registros
HUA/PM/006	Control de no conformidad, acción correctiva, preventiva y mejora
HUA/PM/032	Elaboración de Análisis de Prevención de la Tarea (APT)

Histórico		
Fecha	Revisión	Modificaciones
05/12/08	0	Emisión inicial.
19/02/09	1	Formateo del documento.
04/08/09	2	Cambio del Responsable.
20/10/09	3	Adecuación de documento a Consorcio Huachipa; Cambio de Responsable. Se incluye BIM como anexo. Revisión e inclusión de información del ítem 4. Revisión de ítem 4.1.1. Se retira indicación de uso de malla de acero electrosoldada. Se incluye indicación que los materiales deben estar dentro de las normas y contar con certificado de calidad (Cuando aplique), las balanzas de shotcrete deben estar operativas y calibradas y el sentido y espesor de las capas se deben respetar según la evaluación geológica. Revisión de ítem 4.2. Se incluye indicación del sentido de aplicación (movimiento) debe ser circular para permitir un menor rebote (reflexión) y una mejor distribución de la mezcla en el área de aplicación. Inclusión del ítem 4.2.3.
29/01/10	4	Adecuación del ítem 4.1.1. - Concreto Proyectado (Shotcrete) Vía Seca. Inclusión del texto "Es importante resaltar que el agua es para solamente utilizada para impedir el rebote y la formación de polvo en interior del túnel."

Este documento fue desarrollado por la UT 845 – PTAP Huachipa constituyéndose en propiedad del Consorcio Huachipa.

COPIA NO CONTROLADA
FECHA: 06 / 08 / 10
VISTO:
Construcoes e Comercio Camargo Correa S.A.

PARA CONOCIMIENTO
FECHA: 06 / 08 / 10
VISTO:
Contrucoes e Comercio Camargo Correa S.A.

1. Objetivo

Este documento describe las actividades del concreto proyectado para la protección de los taludes y los soportes de las excavaciones subterráneas.

2. Aplicación

Este documento se aplica a área de la producción de la UT – 845 PTAP Huachipa del Consorcio Huachipa.

3. Responsabilidad

El área de Gestión de Calidad es responsable de la elaboración y actualización de este documento. Cabe a todos los involucrados seguirlo integralmente.

4. Descripción del Procedimiento

4.1 Generalidades

Corresponde al concreto proyectado (shotcrete) por medio de equipo mecánico o bomba, y de endurecimiento rápido.

Es un mortero de concreto que es lanzado neumáticamente sobre una superficie a alta velocidad.

La capacidad de proyectar grandes volúmenes de concreto a menor plazo (sin encofrado) y de acelerar el fraguado y la ganancia de resistencia, hace de esta técnica una parte esencial de la construcción subterránea moderna.

Su aplicación es particularmente importante en estructuras abovedadas o en la construcción de túneles para la estabilización de fragmentos de roca suelta y expuesta

Las principales aplicaciones de este producto se presentan en:

- Túneles.
- Taludes.
- Revestimiento de canales.
- Entibaciones y socalzados.
- Muros contra terreno.

El concreto proyectado (shotcrete) es un material estructuralmente resistente y durable, con alta adherencia a la roca, albañilerías, acero y otros materiales. La obtención de estas propiedades favorables es fruto de una adecuada planificación, supervisión y habilidad de la cuadrilla de aplicación.

Hay dos tipos de métodos de concreto proyectado: **seco** (al que se le añade el agua de hidratación en la boquilla de proyección), y **húmedo** (aquel en el que las mezclas transportadas contienen ya el agua necesaria para la hidratación).

4.1.1 Concreto Proyectado (Shotcrete) Vía Seca

Se define como una mezcla de cemento, agregados, sílice, fibras metálicas y un aditivo acelerante, cuando sea necesario, conducido a través de una manguera y proyectada neumáticamente a alta velocidad sobre una superficie, agregando el agua en la boquilla. Es importante resaltar que el agua es para solamente utilizada para impedir el rebote y la formación de polvo en interior del túnel.

En el Concreto proyectado vía seca es necesario destacar lo siguiente:

- Los materiales deben estar dentro de las normas y con certificados de calidad (cuando sea aplicable).
- El cemento y los agregados deben estar mezclados adecuadamente hasta conseguir una perfecta homogeneidad en proporciones variables.
- Verificar el peso de los agregados de acuerdo con las tablas de dosificación.
- La mezcla de cemento/agregados se introduce en un alimentador.
- La mezcla entra en la manguera mediante una rueda ó distribuidor (rotor).
- La mezcla es transportada mediante aire a presión hasta una boquilla. Esta boquilla va equipada con un distribuidor múltiple perforado, a través del cual se pulveriza agua a presión que se mezcla con el conjunto cemento/agregados.
- La mezcla ya húmeda se proyecta desde la boquilla sobre la superficie.

Requisitos de aplicación:

A fin de obtener un concreto proyectado duradero, y garantizar que las propiedades del material satisfagan los requisitos, el proceso de aplicación debe conformarse con los siguientes criterios:

- Las balanzas shotcreteras (mezcladoras) deben estar en perfecto estado de operatividad y calibración.
- El shotcrete debe ser de alta calidad, con una mínima variación de la mezcla.
- En la boquilla debe proyectarse un concreto homogéneo muy bien mezclado (incluyendo las fibras), libre de obstrucciones.
- El sistema debe estar diseñado para reducir el riesgo de errores humanos que afecten negativamente la calidad del concreto proyectado.
- Es importante contar con un suministro continuo del concreto proyectado durante el proyectado.
- El sentido de aplicación y espesor de la capa deben ser respetados según la evaluación geológica.

4.1.2 Refuerzo de Fibras.

La principal función de las fibras en el concreto proyectado es aumentar la ductilidad del material.

del concreto lanzado debido al fraguado instantáneo, y los agregados gruesos no penetrarán en la superficie del concreto proyectado.

4.2.10 Las dosificaciones del concreto proyectado tendrán que permitir la obtención de la resistencia a la compresión de 21MPa (fcj) en 28 días de edad según la ASTM C39 y C42 para cilindros estándar.

4.2.11 En las superficies a ser tratadas, las filtraciones del agua deberán ser controladas y drenadas antes del principio del lanzado.

5. Medidas de Prevención de Seguridad y Medio Ambiente

APT de Concreto Proyectado (en su última revisión aprobada).

6. Control de Registros

a) BIM Túnel: Voladura, Pernos de Anclaje, Shotcrete

Los registros generados para atender esta Instrucción de Trabajo serán tratadas conforme procedimiento HUA/PM/005 – Control del Registros.

7. Anexos

Anexo I: BIM Túnel: Voladura, Pernos de Anclaje, Shotcrete

8. Glosario

No aplicable.

9. Referencias

No aplicable.

10. Plazo de Validez

Este documento entrará en vigencia a partir de la fecha de su aprobación, y debe ser revisado en un plazo máximo de 02 años.

del concreto lanzado debido al fraguado instantáneo, y los agregados gruesos no penetrarán en la superficie del concreto proyectado.

4.2.10 Las dosificaciones del concreto proyectado tendrán que permitir la obtención de la resistencia a la compresión de 21MPa (fcj) en 28 días de edad según la ASTM C39 y C42 para cilindros estándar.

4.2.11 En las superficies a ser tratadas, las filtraciones del agua deberán ser controladas y drenadas antes del principio del lanzado.

5. Medidas de Prevención de Seguridad y Medio Ambiente

APT de Concreto Proyectado (en su última revisión aprobada).

6. Control de Registros

a) BIM Túnel: Voladura, Pernos de Anclaje, Shotcrete

Los registros generados para atender esta Instrucción de Trabajo serán tratadas conforme procedimiento HUA/PM/005 – Control del Registros.

7. Anexos

Anexo I: BIM Túnel: Voladura, Pernos de Anclaje, Shotcrete

8. Glosario

No aplicable.

9. Referencias

No aplicable.

10. Plazo de Validez

Este documento entrará en vigencia a partir de la fecha de su aprobación, y debe ser revisado en un plazo máximo de 02 años.

Anexo I - BIM Túnel: Voladura, Pernos de Anclaje, Shotcrete.

CONSORCIO HUACHIPA COTV

PTAP HUACHIPA
BOLETIN DE INSPECCIÓN Y MONITOREO - BIM

Título:

Túnel: Voladura, Pernos de Anclaje, Shotcrete.

PLAN DE INSPECCIONES Y PRUEBAS RELACIONADO **HUA-PLA-013**

Responsable por la emisión del boletín

☐ **Calidad** HUA/CLD/BIM/_____/_____ ☐ **Producción** HUA/PRO/BIM_____/_____

Tipo de verificación ejecutada		**Fecha de la Verificación**
☐ **Monitoreo** El servicio que aún está siendo ejecutado.	☐ **Inspección** El servicio que ya fue concluido	_____/_____/_____

Local de verificación

Tipo de roca:_____	Avance de excavación:_____
Túnel:_____	Jefe de turno:_____

Datos Proyección de Shotcrete			
	Inicio proyectado:	Vol. Turno (m³):	Progresiva Inicial turno :
	Fin proyectado:	Espesor (mm):	Progresiva Final turno :

Evidencia de la(s) verificación(es)				
Ítems verificados		Horario(s) de la(s) verificación(es)		
Voladura en túnel	01. Supervisar cumplimiento del plan de evacuación para voladura en túnel.			
	02. Inspeccionar que se realicen las acciones de seguridad previas a la carga (señalización, alarma, coloc. De letreros de seguridad, cintas de advertencia)			
	03. Inspeccionar cumplimiento del procedimiento y fases de excavación.			
	04. Verificar el almacenamiento y certificación de calidad de explosivos.			
	05. Verificación de la sección (túnel) pos voladura.			
Instalación de pernos y barras de anclaje	06. Verificar certificación, especificaciones técnicas y estándares de calidad de las barras y accesorios de anclaje.			
	07. Verificar que los elementos y accesorios de anclaje, cuenten con una adecuada limpieza y almacenaje para garantizar su instaladón.			
	08. Verificar el almacenaje y certificado de calidad de la resina epoxica.			
	09. Vigilar por el cumplimiento de procedimiento de instalación de pernos de anclaje (perforación, preparación de huecos, preparación de pernos, Inst. de pernos con resina, inspección de la instalación)			
	10. Terminado el anclaje del perno, Verificar la colocación de accesorios de fijación.			
	11. Supervisar pruebas de arranque de pernos de anclaje (prueba axial)			
Concreto proyectado – shotcrete.	12. Tratamiento, limpieza y preparación de la superficie: ☐ Agua ☐ Aire comprimido.			
	13. Verificación y control de filtraciones de agua antes del proyectado de shotcrete.			
	14. Verificar las dosificaciones (%humedad) en preparación del concreto (shotcrete)			
	15. Verificar el correcto procedimiento de aplicación de shotcrete.			
	16. Verificar el espesor final de shotcrete según reporte de evaluación geológica.			
Otros	17. Otros (identificar):			

La situación de la verificación: **C = Conforme** o **NC = No Conforme.** En el caso de ítem **No Verificado** llenar con un trazo.

Observaciones	**Resumen del boletín**	
	Nº. Ítems conformes	
	Nº. Ítems no conformes	
	Total de Ítems verificados	
	Nº de verificaciones conformes	
	Nº de verificaciones no conformes	
	Total de verificaciones	

Identificación y firma del responsable por la(s) verificación(es)	**Identificación y firma de la Supervisión**
Firma:	Firma:
Identificación.	Identificación

En la ocurrencia de ítem(s) no conforme(s) de inspección, este(os) será(n) tratado(s) en informe de No Conformidad, registro(s) nº _____ — _____.

Los Registros de No Conformidades serán tratados conforme previsto en el HUA/PM/C06.

ANEXO 06

HUA/IT/045 Instalación de Pernos y Barras de Anclaje

Histórico		
Fecha	Revisión	Modificaciones
05/12/2008	00	Emisión inicial
19/02/2009	01	Formateo del documento y cambio de responsable.
04/08/2009	02	Cambio de Responsable
28/10/2009	03	Adecuación de documento a Consorcio Huachipa. Cambio de Responsable. Inclusión de las pruebas en el ítem 4.4.

Este documento fue desarrollado por la UT 845 – PTAP Huachipa constituyéndose en propiedad del Consorcio Huachipa.

COPIA NO CONTROLADA
FECHA: 06 / 08 / 10
VISTO:
Construcoes e Comercio Camargo Correa S.A.

PARA CONOCIMIENTO
FECHA: 06 / 08 / 10
VISTO:
Contrucoes e Comercio Camargo Correa S.A.

1. Objetivo

Este documento describe los pasos a seguir para la instalación de los pernos y barras de anclaje, como parte del soporte definitivo en las diferentes obras que se construyen.

2. Aplicación

Este documento aplica a la UT 845 – PTAP Huachipa del Consorcio Huachipa.

3. Responsabilidad

El área de Gestión de Calidad de la obra es responsable por la elaboración y actualización de este documento. Cabe a todos los involucrados seguirla integralmente.

4. Descripción del Procedimiento

4.1 Consideración Inicial

4.1.1 Verificar que las barras, los pernos, sus accesorios y los materiales a utilizar para la conformación de los anclajes, cumplan con las dimensiones y características de calidad indicadas en los planos y especificaciones técnicas.

4.1.2 Comprobar que los pernos y/o barras de anclaje estén adecuadamente limpios para garantizar que no tengan escamas de oxido, grasas o cualquier otro material indeseable que pueda ocasionar una mala adherencia entre el perno y el material de anclaje.

4.1.3 Evaluar la proximidad del sitio de colocación de los pernos con la del frente de ejecución de las voladuras, para evitar el posible deterioro de las resinas, lechadas y morteros de anclaje por las ondas expansivas de las voladuras sucesivas.

4.2 Generalidades

4.2.1 Perforación

4.2.1.1 Las perforaciones se ejecutarán con martillos roto percutor con un diámetro adecuado según el diámetro del perno o barra a instalar. En casos especiales y justificados se podrá utilizar otro equipo.

4.2.1.2 Deberá ser ejecutada después de la marcación correcta de los puntos, de acuerdo con lo mostrado en los planos de construcción.

4.2.1.3 Verificar que la localización, dirección y profundidad de la perforación ejecutada esté de acuerdo con lo indicado en los planos de construcción.

4.2.2 Preparación de los huecos

4.2.2.1 Los huecos a utilizar para la colocación de los pernos y barras de anclaje se deberán lavar con chorros de agua y aire con una presión mínima de 350Kpa. Esta operación se debe mantener hasta que el agua de lavado salga limpia.

4.2.2.2 Si los pernos y barras de anclaje no fuesen instalados inmediatamente, los huecos se taponarán después del lavado y se verificará su limpieza una vez se vaya a realizar la instalación del perno.

4.2.3 Preparación de pernos

4.2.3.1 Los pernos no deberán tener costras de óxido, mugre, grasa o cualquier otra sustancia objetable. La rosca del perno deberá estar limpia y sin rebabas, de tal forma que la tuerca enrosque libremente en el mismo. Estas roscas deberán cubrirse con un lubricante.

4.3 Instalación de pernos anclajes con resinas:

4.3.1 En todo caso se debe verificar previamente que el diámetro de los cartuchos de resina a utilizar sea compatible con los diámetros de la perforación y del perno de anclaje; en forma tal que se garantice tanto la adecuada mezcla de los componentes de la resina como el volumen necesario para llenar correctamente el espacio libre entre la perforación y el perno.

4.3.2 El número de cartuchos de resina que deberá ser empleado para el anclaje será determinado en función de los diámetros de la perforación y del perno. En el fondo del hueco deben ser utilizados cartuchos de resina de "endurecimiento rápido" en cantidad suficiente para garantizar la capacidad inicial del anclaje. A lo largo del perno deben ser empleados cartuchos de resina de "endurecimiento lento" en cantidad suficiente para protección de la barra.

4.3.3 Después de la colocación de los cartuchos de resina en el hueco, el perno de acero se instalará, girándolo con rotación constante para facilitar la rotura de los cartuchos de resina, utilizando preferiblemente para esta operación la rotación del propio martillo del equipo de perforación. Al alcanzar el fondo del hueco el perno de anclaje deberá rotarse continuamente como mínimo 30 segundos para garantizar una perfecta mezcla entre los componentes de la resina. El tiempo máximo para la mezcla de la resina no debe ser mayor de 1 minuto.

4.3.4 Terminado el anclaje del perno, se colocan la platina y demás accesorios de fijación.

4.4 Inspección de la instalación de los pernos:

Las actividades correspondientes a este documento serán inspeccionados por los responsables de la producción y / o inspectores de calidad de obra.

Pruebas de arranque de pernos serán hechas a cada 30 pernos colocados.

5. Medidas de Prevención de Seguridad y Medio Ambiente

Seguir la medidas preventivas de la APT de Instalación de Pernos y Barras de Anclaje.

6. Control de Registros

Los registros generados para atender este documento, serán tratadas conforme procedimiento HUA/PM/005 – Control del Registros.

7. Anexos

Anexo I - Boletín de Inspección y Monitoreo – Túnel: Voladura, Pernos de Anclaje, Shotcrete.

8. Glosario

No Aplicable.

9. Referencias

No Aplicable.

10. Plazo de validez

Este documento entrará en vigencia a partir de la fecha de su aprobación, y debe ser revisado en un plazo máximo de 02 años.

11. Formalización del Documento

Este documento ha sido desarrollado por el área de Gestión de Calidad y aprobado por la Gerencia de Operaciones de la UT 845 – PTAP Huachipa y todo el personal involucrado con la ejecución de este documento deben ser informados a su respecto y velar por su fiel cumplimiento.

Huachipa, 28 de Octubre del 2009.

Anexo I BIM – Túnel: Voladura, Pernos de Anclaje, Shotcrete

CONSORCIO HUACHIPA OTV

PTAP HUACHIPA
BOLETIN DE INSPECCIÓN Y MONITOREO - BIM

Título:

Túnel: Voladura, Pernos de Anclaje, Shotcrete.

PLAN DE INSPECCIONES Y PRUEBAS RELACIONADO **HUA-PLA-013**

Responsable por la emisión del boletín

☐ **Calidad** HUA/CLD/BIM/_____/____ ☐ **Producción** HUA/PRO/BIM_____/_____

Tipo de verificación ejecutada		**Fecha de la Verificación**
☐ **Monitoreo** El servicio que aún está siendo ejecutado	☐ **Inspección** El servicio que ya fue concluido	____/____/____

Local de verificación

Tipo de roca:_____	Avance de excavación:_____
Túnel:_____	Jefe de turno:_____

Datos Proyección de Shotcrete	Inicio proyectado:	Vol. Turno (m³):	Progresiva Inicial turno :
	Fin proyectado:	Espesor (mm):	Progresiva Final turno :

Evidencia de la(s) verificación(es)

Ítems verificados		Horario(s) de la(s) verificación(es)		
Voladura en túnel	01. Supervisar cumplimiento del plan de evacuación para voladura en túnel.			
	02. Inspeccionar que se realicen las acciones de seguridad previas a la carga (señalización, alarma, coloc. De letreros de seguridad, cintas de advertencia)			
	03. Inspeccionar cumplimiento del procedimiento y fases de excavación.			
	04. Verificar el almacenamiento y certificación de calidad de explosivos.			
	05. Verificación de la sección (túnel) pos voladura.			
Instalación de pernos y barras de anclaje	06. Verificar certificación, especificaciones técnicas y estándares de calidad de las barras y accesorios de anclaje.			
	07. Verificar que los elementos y accesorios de anclaje, cuenten con una adecuada limpieza y almacenaje para garantizar su instalación.			
	08. Verificar el almacenaje y certificado de calidad de la resina epoxica.			
	09. Vigilar por el cumplimiento de procedimiento de instalación de pernos de anclaje (perforación, preparación de huecos, preparación de pernos, Inst. de pernos con resina, inspección de la instalación)			
	10. Terminado el anclaje del perno, Verificar la colocación de accesorios de fijación.			
	11. Supervisar pruebas de arranque de pernos de anclaje (prueba axial)			
Concreto proyectado – shotcrete.	12. Tratamiento, limpieza y preparación de la superficie: ☐ Agua ☐ Aire comprimido.			
	13. Verificación y control de filtraciones de agua antes del proyectado de shotcrete.			
	14. Verificar las dosificaciones (%humedad) en preparación del concreto (shotcrete)			
	15. Verificar el correcto procedimiento de aplicación de shotcrete.			
	16. Verificar el espesor final de shotcrete según reporte de evaluación geológica.			
Otros	17. Otros (Identificar):			

La situación de la verificación: **C = Conforme** o **NC = No Conforme**. En el caso de ítem **No Verificado** llenar con un trazo.

Observaciones	**Resumen del boletín**	
	Nº. Ítems conformes	
	Nº. Ítems no conformes	
	Total de Ítems verificados	
	Nº de verificaciones conformes	
	Nº de verificaciones no conformes	
	Total de verificaciones	

Identificación y firma del responsable por la(s) verificación(es)	**Identificación y firma de la Supervisión**
Firma:	Firma:
Identificación:	Identificación:

En la ocurrencia de ítem(s) no conforme(s) de inspección, este(os) será(n) tratado(s) en Informe de No Conformidad, registro(s) nº:_____

Los Registros de No Conformidades serán tratados conforme previsto en el HUA/PM/006.

ANEXO 07

LISTADO DE REGISTROS DE CONTROL DE SEGURIDAD

APT´S ELABORADOS EN LA OBRA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL:

Identificación:	**APT:**
HUA/APT/005	Excavación y movimiento de tierra a cielo abierto T1
HUA/APT/009	Desate de roca T1
HUA/APT/016	Demolición de estructuras y transporte de material
HUA/APT/017	Energía eléctrica de vagones
HUA/APT/020	Falso túnel (túnel 02 roca TI / TII / TIII)
HUA/APT/044	Almacenamiento de insumo y materiales
HUA/APT/045	Almacenamiento de gases comprimidos
HUA/APT/060	Limpieza y preparación del frente - túneles
HUA/APT/063	Mantenimiento eléctrico en túneles
HUA/APT/066	Mantenimiento mecánico túneles
HUA/APT/068	Perforación túneles
HUA/APT/069	Instalación de líneas de carril
HUA/APT/070	Almacenamiento de explosivos
HUA/APT/071	Atención de emergencias y urgencias médicas
HUA/APT/072	Preparación de shotcrete
HUA/APT/074	Sostenimiento de pernos
HUA/APT/075	Sostenimiento con shotcrete
HUA/APT/076	Sostenimiento con cimbras
HUA/APT/078	Topografía en túneles
HUA/APT/080	Operación y mantenimiento de planta de tratamiento de efluentes industriales
HUA/APT/081	Voladuras

REGISTROS DE INSPECCIONES Y MONITORES DE SEGURIDAD PARA LA CONSTRUCCION DEL TUNEL:

Identificación:	**Registro:**
HUA/SSMA/PLN/001	Identificación y Evaluación de Aspectos e Impactos Ambientales
HUA/SSMA/PLN/002	Inventario de Peligros
HUA/SSMA/PLN/003	Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos
HUA/SSMA/ITE/001	Informe de Evaluación de Simulacro o Emergencia
HUA/SSMA/PT/001	Planificación de Simulacros de Emergencia
HUA/SSMA/PIP/001	Plan de Inspección y Pruebas
HUA/SSMA/CL/001	Inspección Equipo Nuevo - Primer Ingreso
HUA/SSMA/CL/002	Check list de Inspección General de Equipos Livianos
HUA/SSMA/CL/003	Check list de Inspección General de Equipos Pesados
HUA/SSMA/CL/004	Inspección de Compresoras
HUA/SSMA/CL/005	Inspección de Grupos Electrógenos
HUA/SSMA/CL/007	Inspección gerencial
HUA/SSMA/CL/008	Inspección EPI
HUA/SSMA/CL/009	Inspección de extintores
HUA/SSMA/CL/010	Inspección de Equipos Médicos de Ambulancia
HUA/SSMA/CL/011	Inspección de Estaciones de Emergencia
HUA/SSMA/CL/012	Inspección de Botiquines
HUA/SSMA/CL/013	Inspección de Tópicos
HUA/SSMA/CL/014	Inspección de Comedor
HUA/SSMA/CL/015	Inspección de Servicios Higiénicos
HUA/SSMA/CL/016	Inspección de Herramientas

HUA/SSMA/CL/018	Inspección de Protección Contra Caídas
HUA/SSMA/CL/019	Inspección Especial - Aplicación de Concreto
HUA/SSMA/CL/022	Inspección de Escaleras
HUA/SSMA/RI/004	Inspección de señales
HUA/SSMA/RI/006	Reporte de Incidentes/Actos y Condiciones Sub Estándares
HUA/SSMA/RI/007	Inspección de Trabajos Eléctricos

ANEXO 08

HUA/APT/074 Sostenimiento de pernos

UT 845 – PTAP Huachipa	**ANALISIS DE PREVENCIÓN DE LA TAREA (APT)** **Sostenimiento con Perno** **Lote III** **Túneles**	Página	1 / 6
		Revisión	00
		Fecha	07/12/09
		Identificación:	HUA/APT/074
Responsable: Encargado de Producción/Técnico de SSMA		Aprobación: Coordinador de SSMA	

Histórico		
Fecha	Revisión	Modificación
07/12/09	00	Emisión inicial

COPIA NO CONTROLADA
FECHA: 06 / 01 / 2010
VISTO:
Contrucoes e Comercio Camargo Correa S.A.

PARA CONOCIMIENTO
FECHA: 06 / 01 / 2010
VISTO:
Contrucoes e Comercio Camargo Correa S.A.

Este documento fue desarrollado por la UT 845 – PTAP Huachipa constituyéndose en propiedad del Consorcio Huachipa.

Observaciones:
Dar conocimiento de este APT a los colaboradores responsables del proceso, a través del DDE., explicando las etapas del servicio, riesgos e impactos ambientales y las medidas de control.
Registrar objetivamente en las CF.

ETAPAS DE LA ACTIVIDAD	RIESGOS / IMP AMBIENTALES DE CADA ETAPA	GRADO DE RIESGO	PLAN DE LAS ACCIONES DE CONTROL DE RIESGOS / IMPACTOS AMBIENTALES
Transporte de plataforma de Pernos	Contacto con objetos / superficies punzo cortantes	Moderado	• Uso de EPI`S básicos (guantes de cuero).
	Ergonómicos por sobreesfuerzos	Moderado	• Realizar el traslado de los pernos en el camión de bajo perfil (dámper). • El peso máximo de carga por persona es de 25 kg. • Capacitar al personal en riesgos ergonómicos.
	Accidente vehicular (equipo liviano / pesado)	Substancial	• Restringir el tránsito de personas durante el desplazamiento del equipo. • Utilizar vigías durante el traslado del equipo. • Señalización en la vía. • Los equipos y vehículos deberán contar con su circulina y faros operativos. • Se utilizarán los toques de bocina como mecanismo de advertencia para el desplazamiento de equipos. Art. 326 DS 046-2001-EM.
Perforación para colocación de pernos	Falla mecánica	Moderado	• El operador del equipo será responsable de llenar diariamente su Check List de seguridad antes de iniciar cualquier operación. • Cumplir con el Programa mensual de Mantenimiento preventivo.
	Inhalación de sustancias químicas.	Substancial	• Uso de EPI`S básicos (respirador con cartucho de carbón activado). • Ubicar en el punto de trabajo la Hoja MSDS del las sustancias químicas utilizadas.
	Golpeado por equipo / objetos en proyección.	Substancial	• Sujetación del perno. • Solo se permitirá el número de personas de acuerdo a la capacidad de la plataforma.

Observaciones:
Dar conocimiento de este APT a los colaboradores responsables del proceso, a través del DDE., explicando las etapas del servicio, riesgos e impactos ambientales y las medidas de control.
Registrar objetivamente en las CF.

ETAPAS DE LA ACTIVIDAD	RIESGOS/IMP. AMBIENTALES DE CADA ETAPA	GRADO DE RIESGO	PLAN DE LAS ACCIONES DE CONTROL DE RIESGOS/IMPACTOS AMBIENTALES
			• Sólo se realizará la tarea con el personal capacitado y autorizado. • Restringir el acceso.
	Caída de roca	Substancial	• Inspeccionar las condiciones críticas de la roca en la zona de trabajo. • Cumplir con el desate de rocas antes, durante y después de la actividad.
	Caída a distinto nivel	Substancial	• La perforación en altura se realizará sobre la canastilla de elevación o sobre la plataforma. Utilizar arnés de seguridad para trabajos a mas de 1.8 m de altura.
	Golpe por caída de herramientas	Moderado	• Delimitar el área de trabajo y restringir el tránsito de personas debajo de la plataforma.
Aplicación de resina	Contacto de la piel con sustancias químicas	Moderado	• Uso de EPI`S básicos (guantes, lentes, mameluco de trabajo y botas de jebe). • Capacitación al personal en la Hoja MSDS del producto. El documento debe estar a disposición del usuario.
	Contacto de la vista con material particulado	Substancial	• Uso de EPI`S básicos (lentes de seguridad). • Capacitación al personal en la Hoja MSDS del producto. El documento debe estar a disposición del usuario.
	Impacto al suelo por generación de residuos.	Moderado	• Cumplir con el Procedimiento de Manejo y Disposición de residuos. • Utilizar un recipiente para contener los posibles derrames de CEMBOLL.
	Caída a distinto nivel	Substancial	• La perforación en altura se realizará sobre la canastilla de elevación o sobre la plataforma. • Utilizar arnés de seguridad, línea de anclaje y línea de vida para trabajos a mas

Observaciones:
Dar conocimiento de este APT a los colaboradores responsables del proceso, a través del DDE., explicando las etapas del servicio, riesgos e impactos ambientales y las medidas de control.
Registrar objetivamente en las CF.

ETAPAS DE LA ACTIVIDAD	RIESGOS / IMP. AMBIENTALES DE CADA ETAPA	GRADO DE RIESGO	PLAN DE LAS ACCIONES DE CONTROL DE RIESGOS / IMPACTOS AMBIENTALES
			de 1.8 m de altura.
	Exposición a ruido.	Substancial	• Uso de EPI`S básicos (tapón auditivo / Orejeras).
	Exposición a vibraciones.	Moderado	• Realizar el trabajo con intervalos de descanso.
	Golpeado por caída de herramientas / objetos manipulación.	Substancial	• Delimitar el área de trabajo y restringir el tránsito de personas debajo de la plataforma.

Observaciones:
Dar conocimiento de este APT a los colaboradores responsables del proceso, a través del DDE., explicando las etapas del servicio, riesgos e impactos ambientales y las medidas de control.
Registrar objetivamente en las CF.

Formalización de documento

Este documento ha sido desarrollado y aprobado por el Área de Producción y aprobado por la Gerencia de SSMA de la UT 845 – PTAP Huachipa y todo el personal involucrado con la aplicación de este documento debe ser informado a su respecto y velar por su fiel cumplimiento.

Huachipa, 07 de diciembre del 2009

Julián Silva / Luis Bravo
Elaboración
Encargado de Producción / Técnico de Seguridad y/o Técnico de Medio Ambiente

Dulio Sánchez
Aprobación
Ingeniero Responsable de Seguridad y/o de Medio Ambiente

Observaciones:
Dar conocimiento de este APT a los colaboradores responsables del proceso, a través del DDE., explicando las etapas del servicio, riesgos e impactos ambientales y las medidas de control.
Registrar objetivamente en las CF.

	ANALISIS DE PREVENCIÓN DE LA TAREA (APT)	Página	6 / 6
		Revisión	00
	Sostenimiento con Perno Lote III Túneles	Fecha	07/12/09
UT 845 – PTAP Huachipa		Identificación: HUA/APT/074	
Responsable: Encargado de Producción/Técnico de SSMA		Aprobación: Coordinador de SSMA	

COLABORADORES INVOLUCRADOS EN LA ACTIVIDAD

NOMBRE Y APELLIDOS	FIRMA	NOMBRE Y APELLIDOS	FIRMA

Observaciones:
Dar conocimiento de este APT a los colaboradores responsables del proceso, a través del DDE., explicando las etapas del servicio, riesgos e impactos ambientales y las medidas de control.
Registrar objetivamente en las CF.

ANEXO 09

HUA/APT/075 Sostenimiento con Shotcrete

	ANALISIS DE PREVENCIÓN DE LA TAREA (APT)	Página	1 / 5
		Revisión	00
	Sostenimiento con Shotcrete **Lote III** **Túneles**	Fecha	07/12/09
UT 845 – PTAP Huachipa		Identificación: HUA/APT/075	
Responsable: Encargado de Producción/Técnico de SSMA		Aprobación: Coordinador de SSMA	

Histórico		
Fecha	Revisión	Modificación
07/12/09	00	Emisión inicial

COPIA NO CONTROLADA
FECHA: 06 / 01 / 2010
VISTO:
Contrucoes e Comercio Camargo Correa S.A.

PARA CONOCIMIENTO
FECHA: 06 / 01 / 2010
VISTO:
Contrucoes e Comercio Camargo Correa S.A.

Este documento fue desarrollado por la UT 845 – PTAP Huachipa constituyéndose en propiedad del Consorcio Huachipa.

Observaciones:
Dar conocimiento de este APT a los colaboradores responsables del proceso, a través del DDE., explicando las etapas del servicio, riesgos e impactos ambientales y las medidas de control.
Registrar objetivamente en las CF.

ETAPAS DE LA ACTIVIDAD	RIESGOS / IMP. AMBIENTALES DE CADA ETAPA	GRADO DE RIESGO	PLAN DE LAS ACCIONES DE CONTROL DE RIESGOS / IMPACTOS AMBIENTALES
Traslado de shotcretera.	Golpeado contra objetos/ equipo.	Sustancial	• Trasladar la shotcretera remolcada con el camión de bajo perfil (dámper). • Utilizar un vigía durante el traslado.
	Accidente vehicular (Equipo liviano / Pesado).	Substancial	• Restringir el tránsito de personas dentro del túnel durante en desplazamiento del equipo o vehículos. • Contar con el guía de transito. • Se utilizarán los toques de bocina como mecanismo de advertencia para el desplazamiento de equipos. Art. 326 DS 046-2001-EM. • El operador del equipo es responsable del llenado del check list antes de iniciar cualquier actividad.
Instalación de agua y aire.	Golpeado por caída de rocas	Substancial	• Inspección de la zona de trabajo. • Verificar que las recomendaciones de sostenimiento sean ejecutadas antes de realizar el trabajo. • El desate debe ser constante. • Uso de EPI básicos.
	Golpeado por fluidos a presión	Moderado	• Inspección de los acoples. • Instalación de las abrazaderas y cadenas. • Uso de EPI básicos. • Utilizar las tarjetas de bloqueo para las instalaciones presurizadas.
	Contacto a la vista con material particulado.	Substancial	• Uso de EPI básicos (lentes de seguridad, caretas de malla).

Observaciones:
Dar conocimiento de este APT a los colaboradores responsables del proceso, a través del DDE., explicando las etapas del servicio, riesgos e impactos ambientales y las medidas de control.
Registrar objetivamente en las CF.

ETAPAS DE LA ACTIVIDAD	RIESGOS / IMP. AMBIENTALES DE CADA ETAPA	GRADO DE RIESGO	PLAN DE LAS ACCIONES DE CONTROL DE RIESGOS / IMPACTOS AMBIENTALES
	Contacto con electricidad	Substancial	• Verificación de las conexiones, uniones eléctricas y equipos, personal autorizado y calificado. • Los tableros eléctricos deberán tener línea de aterramiento y sus llaves deberán estar debidamente rotuladas. • Cumplir con el Procedimiento de Bloqueo y Tarjeteo. • Uso de EPI`S dieléctricos.
	Exposición al Ruido	Substancial	• Uso de EPI (tapones de oído).
	Contaminación de suelo	Moderado	• Aplicación de HUA/PM/033 Manejo de Residuos de Construcción. • Instalación contenedores según código de colores establecido en el Plan de Gestión de Residuos Sólidos HUA/PLA/012.

Observaciones:
Dar conocimiento de este APT a los colaboradores responsables del proceso, a través del DDE., explicando las etapas del servicio, riesgos e impactos ambientales y las medidas de control.
Registrar objetivamente en las CF.

Formalización de documento

Este documento ha sido desarrollado y aprobado por el Área de Producción y aprobado por la Gerencia de SSMA de la UT 845 – PTAP Huachipa y todo el personal involucrado con la aplicación de este documento debe ser informado a su respecto y velar por su fiel cumplimiento.

Huachipa, 07 de diciembre del 2009

Julián Silva / Luis Bravo
Elaboración
Encargado de Producción / Técnico de Seguridad y/o Técnico de Medio Ambiente

Dulio Sánchez / Víctor Jiménez
Aprobación
Ingeniero Responsable de Seguridad y/o de Medio Ambiente

Observaciones:
Dar conocimiento de este APT a los colaboradores responsables del proceso, a través del DDE., explicando las etapas del servicio, riesgos e impactos ambientales y las medidas de control.
Registrar objetivamente en las CF.

	ANALISIS DE PREVENCIÓN DE LA TAREA (APT)	Página	5 / 5
		Revisión	00
UT 845 – PTAP Huachipa	**Sostenimiento con Shotcrete** **Lote III** **Túneles**	Fecha	07/12/09
		Identificación: HUA/APT/075	
Responsable: Encargado de Producción/Técnico de SSMA		Aprobación: Coordinador de SSMA	

COLABORADORES INVOLUCRADOS EN LA ACTIVIDAD

NOMBRE Y APELLIDOS	FIRMA	NOMBRE Y APELLIDOS	FIRMA

Observaciones:
Dar conocimiento de este APT a los colaboradores responsables del proceso, a través del DDE., explicando las etapas del servicio, riesgos e impactos ambientales y las medidas de control.
Registrar objetivamente en las CF.

ANEXO 10

FORMATOS LLENADOS DE PARTE DIARIO DE EXCAVACION DEL TUNEL 1 SALIDA EN LA FECHA 11-07-09

CONSORCIO HUACHIPA — OTV

PARTE DIARIO DE EXCAVACIÓN TÚNEL

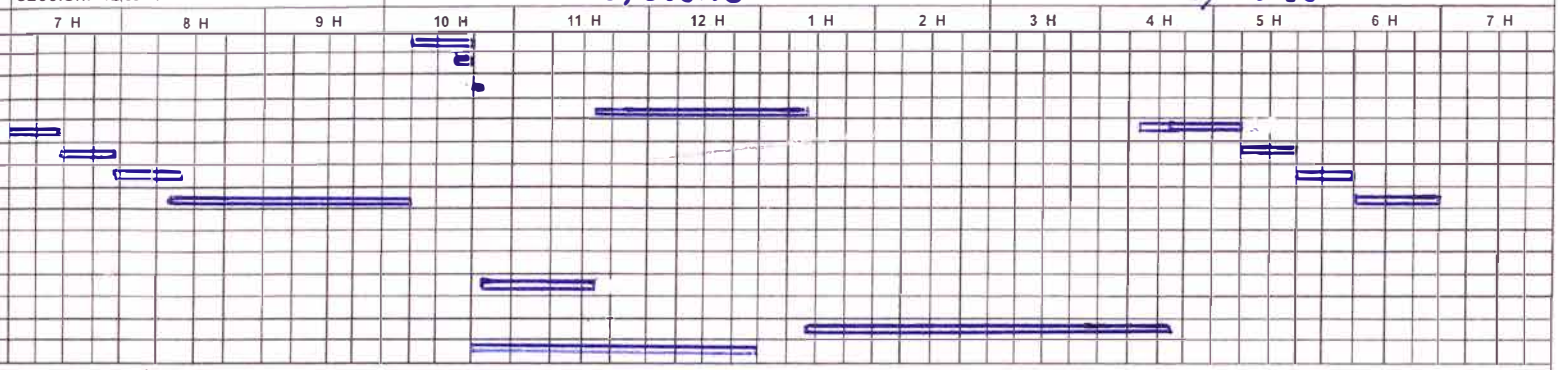
PROYECTO DE MEJORAMIENTO SANITARIO DE ... ÁREAS MARGINALES DE LIMA LOTES 1, 2, Y 3

FECHA: DÍA 11 | MES 07 | AÑO [X] 09 [ ] 10

RESPONSABLE: HAROLD BOY SIPIRAN.

TURNO: [X] DÍA [ ] NOCHE

TUNEL: 1 | SECCIÓN: 12.69 m² | PROGRESIVA INICIAL 3,620.76 | PROGRESIVA FINAL 3,668.06



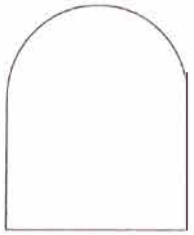
PERFORACIÓN - DETONACIÓN

EQUIPO DE PERFORACIÓN: JUMBO [X] PERFORADORAS [ ] | BRAZOS: 1 [ ] 2 [X]

DIÁMETRO DE TALADRO DE ALIVIO PULG. | DIÁMETRO DE TALADROS PULG. | LONGITUD DE TALADROS MTS. 3.00

DESCRIPCIÓN	PRIMERA DETONACIÓN Nro HUECOS	CANTIDAD DINAMITA 82% 1 1/8 x 16"	82% 1 1/2 x 16"	SOFTON	SEGUNDA DETONACIÓN Nro HUECOS	CANTIDAD DINAMITA 82% 1 1/2 x 12"	62% 1 1/2 x 12"	42% 7/8 x 8"
ARRANQUE	5	40	5					
AYUDA ARRANQUE	4	32	4					
CUÑA	4	32	4					
AYUDA DE CUÑA	4	32	4					
Cuadradores	17	17	-	85				
Ay. Cuadradores	10	30	10					
Ay. Arrastres	5	40	5					
Arrastres	6	54	6					
TOTAL TALADRO CARGADOS	55	327	38 UND				UND	
TALADROS VACÍOS	4		UND				UND	
FULMINANTES	2		UND				UND	
MECHA SEGURIDAD	8		ML				ML	
CORDÓN DETONANTE 3P	60		ML				ML	
CORDÓN DETONANTE 5P			ML				ML	
NONEL MS	9		UND				UND	
NONEL LP	46		UND				UND	
FACTOR DE CARGA	3.6		KG / M3				KG / M3	

OBSERVACIONES



TIPO DE ROCA I [ ] II [X] III [ ]

FILTRACIÓN DE AGUA SI [ ] NO [X]

MANO DE OBRA

SUPERVISOR	(1)	HH	
CAPATAZ	(1)	HH	
OPERARIO	(5)	HH	
OFICIAL	(1)	HH	
PEÓN	(4)	HH	
OPERADOR	(6)	HH	

PRODUCCIÓN DE ESTE TURNO 2.70

AVANCE TOTAL 803.70 MI

SOSTENIMIENTO

PERNOS DE 3 MI		UND
PERNOS DE 2 MI	9	UND
RESINA FRAGUADO RAPIDO	18	UND
~~RESINA FRAGUADO LENTO~~ CEMBOL	36	UND
MALLA ELECTROSOLDADA		M2
CIMBRAS		UND
SPILLING BARRA		UND
PLANCHAS ACANALADAS		UND

INSTALACIONES DE SERVICIOS

SE INSTALO 09 PERNOS:

3 01+796.60

4 01+798.40

1 01+800.20 BOY CEN.

1 01+797.40 MAS DER.

OBSERVACIONES

SE LANZO 4 m³ DE SHOTCRET:

SE REALIZA EL DISPARO # 282 A 12:15 HRS.

OTROS: SE HACE LA LOZA DEL NICHO.

CAPATAZ / JEFE DE GUARDIA

RESPONSABLE POR FRENTE

SUPERVISIÓN

CONSORCIO HUACHIPA — OTV

PARTE DIARIO DE EXCAVACIÓN TÚNEL

PROYECTO DE MEJORAMIENTO SANITARIO DE ... ÁREAS MARGINALES DE LIMA LOTES 1, 2, Y 3

FECHA: DÍA 11 | MES 07 | AÑO [X] 09 [ ] 10

RESPONSABLE: Pacheco Valdivia Gonzalo

TURNO: [ ] DÍA [X] NOCHE

TUNEL: 1 | SECCIÓN: 12,69 m² | PROGRESIVA INICIAL 3,668.06 | PROGRESIVA FINAL 3,662.86

SERVICIOS	7 H	8 H	9 H	10 H	11 H	12 H	1 H	2 H	3 H	4 H	5 H	6 H	7 H
MARCACIÓN DE FRENTE													
MOVILIZ. DEL EQUIP. PERF													
INSTAL. EQUIP. AIRE Y AGUA													
PERFORACIÓN													
CARGUIO Y DISPARO													
VENTILACIÓN													
DESATE DE ROCAS													
LIMPIEZA DE DESMONTE													
LIMPIEZA SECUNDARIA													
REFRIGERIO													
INSTAL. DE CIMBRAS													
INSTAL. DE PERNOS													
INSTAL. DE MALLA													
SHOTCRET													
INSTAL. SERV AUX. Y OTROS													

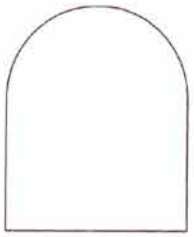
PERFORACIÓN - DETONACIÓN

EQUIPO DE PERFORACIÓN: JUMBO [X] PERFORADORAS [ ] | BRAZOS: 1 [ ] 2 [X]

DIÁMETRO DE TALADRO DE ALIVIO PULG	DIÁMETRO DE TALADROS PULG.	LONGITUD DE TALADROS MTS
102 mm	45 mm	2.70 mts

DESCRIPCIÓN	PRIMERA DETONACIÓN Nro HUECOS	CANTIDAD DINAMITA 82% 1 1/8 x 16	82% 1 1/2 x 16	SOF TROU	SEGUNDA DETONACIÓN Nro HUECOS	CANTIDAD DINAMITA 82% 1 1/8 x 16	82% 1 1/2 x 16	SOF TROU
ARRANQUE	5	40	5		5	40	5	
AYUDA ARRANQUE	4	32	4		4	32	4	
CUÑA	4	32	4		4	32	4	
AYUDA DE CUÑA	4	32	4		4	32	4	
Cuadradores	17	17	—	85	17	17	—	85
Ay. Cuadradores	10	70	10		10	70	10	
Ay. Arrastres	5	40	5		5	40	5	
Arrastres	6	54	6		6	54	6	
TOTAL TALADRO CARGADOS	55	317	38 UND		55	317	38 UND	
TALADROS VACIOS	4		UND		4		UND	
FULMINANTES	2		UND		2		UND	
MECHA SEGURIDAD	6		ML		6		ML	
CORDÓN DETONANTE 3P			ML				ML	
CORDÓN DETONANTE 5P	60		ML		60		ML	
NONEL MS	9		UND		9		UND	
NONEL LP	46		UND		46		UND	
FACTOR DE CARGA	3.4		KG / M3		3.6		KG / M3	

OBSERVACIONES



TIPO DE ROCA I [ ] II [X] III [ ]

FILTRACIÓN DE AGUA SI [ ] NO [X]

MANO DE OBRA

SUPERVISOR	2	HH
CAPATAZ	1	HH
OPERARIO	5	HH
OFICIAL	4	HH
PEÓN	—	HH
OPERADOR	5	HH

PRODUCCIÓN DE ESTE TURNO: 2.80 + 2.70

AVANCE TOTAL: 809.20 ML

SOSTENIMIENTO

PERNOS DE 3 ML		UND
PERNOS DE 2 ML	10	UND
RESINA FRAGUADO RAPIDO	30	UND
~~RESINA FRAGUADO LENTO~~ Cembol	40	UND
MALLA ELECTROSOLDADA		M2
CIMBRAS		UND
SPILLING BARRA		UND
PLANCHAS ACANALADAS		UND

INSTALACIONES DE SERVICIOS: Se Instala 10 Pernos.

03 Pernos Sistematicos c+800.20

04 " " c+802.00

03 " " c+803.30

Se lanza 4 m³ de Shotcrete en Seccion Tunel de 801.00 AL 806.40

Se lanza 1 m³ de shotcrete en Nicho c+750.00

OBSERVACIONES: Se Realiza el Disparo # 283 a 00'57 AM.

- Se hace Remarcacion de Frente despues del lanzado de Shotcrete.

Se Realiza el Disparo # 284 A 8:15

CAPATAZ / JEFE DE GUARDIA

RESPONSABLE POR FRENTE

SUPERVISION

ANEXO 11

PRODUCCION Y PRODUCTIVIDADES MENSUALES

PRODUCCION Y PRODUCTIVIDADE MENSUALES

PROGRA MA CION DE LA PROPUESTA

MES	TUNEL 1: Entrada										
	Avance		Acumulado		Productividad Real				Material usado		
	Progr. Propuesta m	Real m	Progr. Propuesta m	Real m	Jumbo m/h	Haggloader m3/h	Vagones m3/h	Locomotora m3/h	Pernos und	Shotcrete m3	Cimbras und
Ene-09	108.00	68.00	108.00	68.00	-	-	-	-	135	88.00	15
Fe b-09	108.00	106.30	216.00	174.30	28.85	-	-	-	208	187.00	19
Mar-09	165.10	190.40	381.10	364.70	29.72	20.87	5.13	9.81	230	46.50	-
A br-09	146.00	199.00	527.10	563.70	37.27	28.43	6.50	12.16	172	70.00	5
Ma y-09	158.70	271.80	685.80	835.50	38.90	30.86	7.79	13.80	152	51.10	-
Jun-09	219.80	247.80	905.60	1,083.30	47.49	33.25	7.91	16.11	323	165.00	8
Jul-09	219.80	252.80	1,125.40	1,336.10	39.27	31.43	7.72	13.02	146	58.00	-
Ago-09	228.60	268.80	1,354.00	1,604.90	34.00	34.55	8.78	14.94	162	27.00	5
Se p-09	228.60	209.20	1,582.60	1,814.10	42.21	32.56	8.69	12.48	248	154.00	35
Oc t-09	219.80	250.10	1,802.40	2,064.20	40.28	33.38	8.63	12.38	271	115.00	8
Nov-09	219.80	293.20	2,022.20	2,357.40	39.23	34.99	9.40	12.36	155	20.00	-
Dic -09	184.60	149.20	2,206.80	2,506.60	37.51	36.19	9.18	12.65	49	-	-
Ene -10	211.00		2,417.80								
Fe b-10	211.00		2,628.80								
Ma r-10	237.40		2,866.20								
A br-10	87.9		2,954.10								

MES	TUNEL 1: Salida										
	Avance		Acumulado		Productividad Real				Material usado		
	Progr. Propuesta m	Real m	Progr. Propuesta m	Real m	Jumbo m/h	Haggloader m3/h	Vagones m3/h	Locomotora m3/h	Pernos und	Shotcrete m3	Cimbras und
Ene-09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe b-09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mar-09	-	83.80	-	83.80	38.27	-	-	-	206	69	5
A br-09	-	136.00	-	219.80	40.57	-	-	-	302	164	2
Ma y-09	-	209.10	-	428.90	40.68	22.81	5.78	9.79	210	57	-
Jun-09	-	287.10	-	716.00	42.06	29.07	11.87	10.06	199	38	-
Jul-09	-	203.30	-	919.30	38.89	32.49	12.42	9.58	253	115	3
Ago-09	117.00	225.30	117.00	1,144.60	38.84	30.88	10.92	10.44	254	131	-
Se p-09	165.10	201.60	282.10	1,346.20	38.14	33.18	10.87	10.92	266	108	-
Oc t-09	158.70	217.50	440.80	1,563.70	40.93	26.54	11.18	9.73	190	115	18
Nov-09	158.70	279.80	599.50	1,843.50	38.43	34.57	9.86	9.86	142	43	-
Dic -09	184.60	119.66	784.10	1,963.16	41.28	31.40	10.98	10.58	171	96	5
Ene-10	211.00		995.10								
Fe b-10	211.00		1,206.10								
Mar-10	237.40		1,443.50								
A br-10	72.16		1,515.66								

MES	TUNEL 1 (ENTRADA Y SALIDA)										
	Avance		Acumulado		Productividad Real				Material usado		
	Progr. Propuesta m	Real m	Progr. Propuesta m	Real m	Jumbo m/h	Haggloader m3/h	Vagones m3/h	Locomotora m3/h	Pernos und	Shotcrete m3	Cimbras und
Ene-09	108.00	68.00	108.00	68.00	-	-	-	-	135.00	88.00	15
Fe b-09	108.00	106.30	216.00	174.30	28.85	-	-	-	208.00	187.00	19
Ma r-09	165.10	274.20	381.10	448.50	34.00	20.87	5.13	9.81	436.00	115.50	5
A br-09	146.00	335.00	527.10	783.50	38.92	28.43	6.50	12.16	474.00	234.00	7
Ma y-09	158.70	480.90	685.80	1,264.40	39.79	26.84	6.79	11.80	362.00	108.10	-
Jun-09	219.80	534.90	905.60	1,799.30	44.78	31.16	9.89	13.09	522.00	203.00	8
Jul -09	219.80	456.10	1,125.40	2,255.40	39.08	31.96	10.07	11.30	399.00	172.50	3
Ago -09	345.60	494.10	1,471.00	2,749.50	36.42	32.72	9.85	12.69	416.00	158.00	5
Sep-09	393.70	410.80	1,864.70	3,160.30	40.18	32.87	9.78	11.70	514.00	261.50	35
Oc t-09	378.50	467.60	2,243.20	3,627.90	40.61	29.96	9.91	11.06	461.00	230.00	26
Nov-09	378.50	573.00	2,621.70	4,200.90	38.83	34.78	9.63	11.11	297.00	63.00	-
Dic -09	369.20	268.86	2,990.90	4,469.76	39.40	33.80	10.08	11.62	220.00	96.00	5
Ene -10	422.00		3,412.90								
Fe b-10	422.00		3,834.90								
Ma r-10	474.80		4,309.70								
A br-10	160.06		4,469.76								

PRODUCCION Y PRODUCTIVIDADE MENSUALES

PROGRAMACION A PARTIR DE MAYO DEL 2009

MES	TUNEL 1: Entrada										
	Avance		Acumulado		Productividad Real				Material usado		
	Progr. may 09	Real	Progr. may 09	Real	Jumbo	Haggloader	Vagones	Locomotora	Pernos	Shotcrete	Cimbras
	m	m	m	m	m/h	m3/h	m3/h	m3/h	und	m3	und
Ene-09	68.00	68.00	68.00	68.00	-	-	-	-	135	88.00	15
Feb-09	106.30	106.30	174.30	174.30	28.85	-	-	-	208	187.00	19
Mar-09	190.40	190.40	364.70	364.70	29.72	20.87	5.13	9.81	230	46.50	-
Abr-09	199.00	199.00	563.70	563.70	37.27	28.43	6.50	12.16	172	70.00	5
May-09	234.73	271.80	798.43	835.50	38.90	30.86	7.79	13.80	152	51.10	-
Jun-09	234.73	247.80	1,033.16	1,083.30	47.49	33.25	7.91	16.11	323	165.00	8
Jul-09	234.73	252.80	1,267.88	1,336.10	39.27	31.43	7.72	13.02	146	58.00	-
Ago-09	244.12	268.80	1,512.00	1,604.90	34.00	34.55	8.78	14.94	162	27.00	5
Sep-09	244.12	209.20	1,756.12	1,814.10	42.21	32.56	8.69	12.48	248	154.00	35
Oct09	234.73	250.10	1,990.84	2,064.20	40.28	33.38	8.63	12.38	271	115.00	8
Nov-09	234.73	293.20	2,225.57	2,357.40	39.23	34.99	9.40	12.36	155	20.00	-
Dic-09	187.78	149.20	2,413.35	2,506.60	37.51	36.19	9.18	12.65	49	-	-

MES	TUNEL 1: Salida										
	Avance		Acumulado		Productividad Real				Material usado		
	Progr. may 09	Real	Progr. may 09	Real	Jumbo	Haggloader	Vagones	Locomotora	Pernos	Shotcrete	Cimbras
	m	m	m	m	m/h	m3/h	m3/h	m3/h	und	m3	und
Ene-09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Feb-09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mar-09	83.80	83.80	83.80	83.80	38.27	-	-	-	206	69	5
Abr-09	136.00	136.00	219.80	219.80	40.57	-	-	-	302	164	2
May-09	234.73	209.10	454.53	428.90	40.68	22.81	5.78	9.79	210	57	-
Jun-09	234.73	287.10	689.26	716.00	42.06	29.07	11.87	10.06	199	38	-
Jul-09	234.73	203.30	923.98	919.30	38.89	32.49	12.42	9.58	253	115	3
Ago-09	244.12	225.30	1,168.10	1,144.60	38.84	30.88	10.92	10.44	254	131	-
Sep-09	244.12	201.60	1,412.22	1,346.20	38.14	33.18	10.87	10.92	266	108	-
Oct-09	234.73	217.50	1,646.94	1,563.70	40.93	26.54	11.18	9.73	190	115	18
Nov-09	234.73	279.80	1,881.67	1,843.50	38.43	34.57	9.86	9.86	142	43	-
Dic-09	174.74	119.66	2,056.41	1,963.16	41.28	31.40	10.98	10.58	171	96	5

MES	TUNEL 1 (ENTRADA Y SALIDA)										
	Avance		Acumulado		Productividad Real				Material usado		
	Progr. may 09	Real	Progr. may 09	Real	Jumbo	Haggloader	Vagones	Locomotora	Pernos	Shotcrete	Cimbras
	m	m	m	m	m/h	m3/h	m3/h	m3/h	und	m3	und
Ene-09	68.00	68.00	68.00	68.00	-	-	-	-	135.00	88.00	15
Feb-09	106.30	106.30	174.30	174.30	28.85	-	-	-	208.00	187.00	19
Mar-09	274.20	274.20	448.50	448.50	34.00	20.87	5.13	9.81	436.00	115.50	5
Abr-09	335.00	335.00	783.50	783.50	38.92	28.43	6.50	12.16	474.00	234.00	7
May-09	469.46	480.90	1,252.96	1,264.40	39.79	26.84	6.79	11.80	362.00	108.10	-
Jun-09	469.46	534.90	1,722.41	1,799.30	44.78	31.16	9.89	13.09	522.00	203.00	8
Jul-09	469.46	456.10	2,191.87	2,255.40	39.08	31.96	10.07	11.30	399.00	172.50	3
Ago-09	488.23	494.10	2,680.10	2,749.50	36.42	32.72	9.85	12.69	416.00	158.00	5
Sep-09	488.23	410.80	3,168.33	3,160.30	40.18	32.87	9.78	11.70	514.00	261.50	35
Oct09	469.46	467.60	3,637.79	3,627.90	40.61	29.96	9.91	11.06	461.00	230.00	26
Nov-09	469.46	573.00	4,107.24	4,200.90	38.83	34.78	9.63	11.11	297.00	63.00	-
Dic-09	362.52	268.86	4,469.76	4,469.76	39.40	33.80	10.08	11.62	220.00	96.00	5
				PROMEDIO	35.07	25.28	9.89	11.79			

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 12

RESUMEN DE ENSAYOS DE PERNOS DE ANCLAJE

RESUMEN - ENSAYO DE PERNOS DE ANCLAJE TUNEL 1							
FECHA ENSAYO	FECHA COLOCACION	TUNEL	EDAD DEL ELEMENTO (Dias)	PROGRESIVA (km)	Nº PERNO	CARGA MAX. ENSAYO (Tn)	CONCLUSION: APROBADO / NO APROBADO
04/02/2009	27/01/2009	Túnel 1 - Entrada	8	0+057,40	120	5.19	APROBADO
14/02/2009	08/02/2009	Túnel 1 - Entrada	6	0+091,00	140	5.19	APROBADO
14/02/2009	12/02/2009	Túnel 1 - Entrada	2	0+104,50	173	5.19	APROBADO
03/04/2009	16/02/2009	Túnel 1 - Entrada	46	0+119,50	197	5.19	APROBADO
26/02/2009	19/02/2009	Túnel 1 - Entrada	7	0+133,00	240	5.19	APROBADO
26/02/2009	23/02/2009	Túnel 1 - Entrada	3	0+146,50	271	5.19	APROBADO
26/02/2009	25/02/2009	Túnel 1 - Entrada	1	0+157,50	293	5.19	APROBADO
31/03/2009	27/02/2009	Túnel 1 - Entrada	32	0+166,60	330	5.19	APROBADO
31/03/2009	01/03/2009	Túnel 1 - Entrada	30	0+175,20	345	5.19	APROBADO
31/03/2009	04/03/2009	Túnel 1 - Entrada	27	0+190,00	394	5.19	APROBADO
31/03/2009	05/03/2009	Túnel 1 - Entrada	26	0+197,20	423	5.19	APROBADO
31/03/2009	07/03/2009	Túnel 1 - Entrada	24	0+205,30	450	5.19	APROBADO
31/03/2009	12/03/2009	Túnel 1 - Entrada	19	0+227,00	482	5.19	APROBADO
31/03/2009	15/03/2009	Túnel 1 - Entrada	16	0+242,00	506	5.19	APROBADO
31/03/2009	23/03/2009	Túnel 1 - Entrada	8	0+290,00	557	5.19	APROBADO
24/04/2009	31/03/2009	Túnel 1 - Entrada	24	0+358,00	529	8.12	APROBADO
24/04/2009	06/04/2009	Túnel 1 - Entrada	18	0+412,00	617	8.12	APROBADO
24/04/2009	13/04/2009	Túnel 1 - Entrada	11	0+439,00	640	8.12	APROBADO
04/05/2009	17/04/2009	Túnel 1 - Entrada	17	0+469,00	668	11.36	APROBADO
03/05/2009	20/04/2009	Túnel 1 - Entrada	13	0+487,50	693	9.74	APROBADO
20/05/2009	26/04/2009	Túnel 1 - Entrada	24	0+538,00	725	9.74	APROBADO
20/05/2009	16/05/2009	Túnel 1 - Entrada	4	0+565,50	849	9.74	APROBADO
20/05/2009	07/05/2009	Túnel 1 - Entrada	13	0+608,00	789	10.55	APROBADO
20/05/2009	16/05/2009	Túnel 1 - Entrada	4	0+638,50	843	10.55	APROBADO
27/05/2009	19/05/2009	Túnel 1 - Entrada	8	0+704,50	881	10.55	APROBADO
05/06/2009	27/05/2009	Túnel 1 - Entrada	9	0+774,50	912	6	APROBADO
12/06/2009	01/06/2009	Túnel 1 - Entrada	11	0+844,00	940	6	APROBADO
12/06/2009	07/06/2009	Túnel 1 - Entrada	5	0+894,70	968	6	APROBADO
22/06/2009	11/06/2009	Túnel 1 - Entrada	11	0+919,40	1000	6	APROBADO
22/06/2009	14/06/2009	Túnel 1 - Entrada	8	0+939,20	1042	6	APROBADO
22/06/2009	16/06/2009	Túnel 1 - Entrada	6	0+951,80	1069	6	APROBADO
13/07/2009	24/06/2009	Túnel 1 - Entrada	19	1+026.50	1194	9.74	APROBADO
13/07/2009	27/06/2009	Túnel 1 - Entrada	16	1+049.40	1227	11.36	APROBADO
14/07/2009	01/07/2009	Túnel 1 - Entrada	13	1+070,60	1264	11.36	APROBADO
14/07/2009	02/07/2009	Túnel 1 - Entrada	12	1+102,50	1271	11.36	APROBADO
14/07/2009	04/07/2009	Túnel 1 - Entrada	10	1+117,70	1300	11.36	APROBADO
07/08/2009	15/07/2009	Túnel 1 - Entrada	23	1+222.20	1353	9.74	APROBADO
07/08/2009	17/07/2009	Túnel 1 - Entrada	21	1+239.20	1377	9.74	APROBADO
09/09/2009	05/08/2009	Túnel 1 - Entrada	35	1+335,30	1411	6	APROBADO
09/09/2009	12/08/2009	Túnel 1 - Entrada	28	1+426,50	1442	6	APROBADO
09/09/2009	13/08/2009	Túnel 1 - Entrada	27	1+437,30	1454	6	APROBADO
09/09/2009	21/08/2009	Túnel 1 - Entrada	19	1+493,40	1484	6	APROBADO

RESUMEN - ENSAYO DE PERNOS DE ANCLAJE TUNEL 1							
FECHA ENSAYO	FECHA COLOCACION	TUNEL	EDAD DEL ELEMENTO (Dias)	PROGRESIVA (km)	Nº PERNO	CARGA MAX. ENSAYO (Tn)	CONCLUSION: APROBADO / NO APROBADO
09/09/2009	24/08/2009	Túnel 1 - Entrada	16	1+504,10	1535	6	APROBADO
09/09/2009	24/08/2009	Túnel 1 - Entrada	16	1+511,30	1546	6	APROBADO
09/09/2009	27/08/2009	Túnel 1 - Entrada	13	1+518,20	1561	6	APROBADO
09/09/2009	28/08/2009	Túnel 1 - Entrada	12	1+556,00	1589	6	APROBADO
14/10/2009	30/09/2009	Túnel 1 - Entrada	14	1+625.10	1546	6	APROBADO
14/10/2009	20/09/2009	Túnel 1 - Entrada	24	1+722.90	1546	6	APROBADO
14/10/2009	06/10/2009	Túnel 1 - Entrada	8	1+862.10	1546	6	APROBADO
15/10/2009	07/10/2009	Túnel 1 - Entrada	8	1+870.70	1546	6	APROBADO
15/10/2009	13/10/2009	Túnel 1 - Entrada	2	1+911.10	1546	6	APROBADO
31/10/2009	14/10/2009	Túnel 1 - Entrada	17	1+916.50	2057	6	APROBADO
31/10/2009	21/10/2009	Túnel 1 - Entrada	10	1+962.80	2101	6	APROBADO
31/10/2009	28/10/2009	Túnel 1 - Entrada	3	2+023.20	2133	6	APROBADO
13/11/2009	09/11/2009	Túnel 1 - Salida	4	2+827,86	2017	6	APROBADO
13/11/2009	07/11/2009	Túnel 1 - Salida	6	2+842,46	1999	6	APROBADO
13/11/2009	30/10/2009	Túnel 1 - Salida	14	2+922,46	1974	6	APROBADO
13/11/2009	27/10/2009	Túnel 1 - Salida	17	2+951,66	1943	6	APROBADO
13/11/2009	21/10/2009	Túnel 1 - Salida	23	2+979,76	1900	6	APROBADO
13/11/2009	20/10/2009	Túnel 1 - Salida	24	2+985,26	1873	6	APROBADO
13/11/2009	17/10/2009	Túnel 1 - Salida	27	2+997,36	1843	6	APROBADO
13/11/2009	12/10/2009	Túnel 1 - Salida	32	3+025,26	1815	6	APROBADO
29/10/2009	05/09/2009	Túnel 1 - Salida	54	3+083,76	1777	6	APROBADO
29/10/2009	24/09/2009	Túnel 1 - Salida	35	3+182,26	1752	6	APROBADO
29/10/2009	21/07/2009	Túnel 1 - Salida	100	3+206,36	1718	6	APROBADO
01/10/2009	15/09/2009	Túnel 1 - Salida	16	3+245,16	1682	6	APROBADO
01/10/2009	13/09/2009	Túnel 1 - Salida	18	3+255,96	1661	6	APROBADO
01/10/2009	11/09/2009	Túnel 1 - Salida	20	3+268,56	1630	6	APROBADO
01/10/2009	08/09/2009	Túnel 1 - Salida	23	3+284,76	1576	6	APROBADO
01/10/2009	05/09/2009	Túnel 1 - Salida	26	3+297,96	1546	6	APROBADO
01/10/2009	04/09/2009	Túnel 1 - Salida	27	3+309,06	1518	6	APROBADO
01/10/2009	10/09/2009	Túnel 1 - Salida	21	3+311,76	1616	6	APROBADO
01/10/2009	27/08/2009	Túnel 1 - Salida	35	3+347,96	1491	6	APROBADO
01/10/2009	17/08/2009	Túnel 1 - Salida	45	3+409,96	1394	6	APROBADO
01/10/2009	05/08/2009	Túnel 1 - Salida	57	3+465,95	1365	6	APROBADO
01/10/2009	08/08/2009	Túnel 1 - Salida	54	3+490,16	1333	6	APROBADO
01/10/2009	05/08/2009	Túnel 1 - Salida	57	3+524,26	1300	6	APROBADO
14/08/2009	21/07/2009	Túnel 1 - Salida	24	3+609.76	1183	9.74	APROBADO
14/08/2009	17/07/2009	Túnel 1 - Salida	28	3+641.26	1153	9.74	APROBADO
23/07/2009	14/07/2009	Túnel 1 - Salida	9	3+655.36	1122	8.12	APROBADO
23/07/2009	11/07/2009	Túnel 1 - Salida	12	3+671.56	1090	8.12	APROBADO
23/07/2009	10/07/2009	Túnel 1 - Salida	13	3+683.36	1061	8.12	APROBADO
23/07/2009	07/07/2009	Túnel 1 - Salida	16	3+696.26	1037	8.12	APROBADO
23/07/2009	02/07/2009	Túnel 1 - Salida	21	3+736.16	1006	8.12	APROBADO
03/07/2009	29/06/2009	Túnel 1 - Salida	4	3+777,36	975	8.12	APROBADO

RESUMEN - ENSAYO DE PERNOS DE ANCLAJE TUNEL 1							
FECHA ENSAYO	FECHA COLOCACION	TUNEL	EDAD DEL ELEMENTO (Dias)	PROGRESIVA (km)	Nº PERNO	CARGA MAX. ENSAYO (Tn)	CONCLUSION: APROBADO / NO APROBADO
03/07/2009	22/06/2009	Túnel 1 - Salida	11	3+847,06	941	8.12	APROBADO
25/06/2009	17/06/2009	Túnel 1 - Salida	8	3+890,26	912	5	APROBADO
25/06/2009	13/06/2009	Túnel 1 - Salida	12	3+919,26	879	5	APROBADO
25/06/2009	11/06/2009	Túnel 1 - Salida	14	3+940,76	860	5	APROBADO
17/06/2009	08/06/2009	Túnel 1 - Salida	9	3+967,16	821	5	APROBADO
17/06/2009	06/06/2009	Túnel 1 - Salida	11	3+988,96	801	5	APROBADO
09/06/2009	01/06/2009	Túnel 1 - Salida	8	4+036,56	766	5	APROBADO
04/06/2009	21/05/2009	Túnel 1 - Salida	14	4+133,90	731	5	APROBADO
25/05/2009	18/05/2009	Túnel 1 - Salida	7	4+162,16	700	8.12	APROBADO
25/05/2009	15/05/2009	Túnel 1 - Salida	10	4+181,56	664	8.12	APROBADO
15/05/2009	12/05/2009	Túnel 1 - Salida	3	4+199,76	649	8.12	APROBADO
15/05/2009	11/05/2009	Túnel 1 - Salida	4	4+208,76	628	8.12	APROBADO
15/05/2009	06/05/2009	Túnel 1 - Salida	9	4+230,36	585	8.12	APROBADO
15/05/2009	04/05/2009	Túnel 1 - Salida	11	4+244,76	555	8.12	APROBADO
07/05/2009	29/04/2009	Túnel 1 - Salida	8	4+257,36	529	8.12	APROBADO
07/05/2009	27/04/2009	Túnel 1 - Salida	10	4+272,06	498	8.12	APROBADO
27/04/2009	23/04/2009	Túnel 1 - Salida	4	4+288,56	469	8.12	APROBADO
27/04/2009	22/04/2009	Túnel 1 - Salida	5	4+297,16	447	8.12	APROBADO
25/04/2009	30/03/2009	Túnel 1 - Salida	26	4+298,96	182	8.12	APROBADO
27/04/2009	18/04/2009	Túnel 1 - Salida	9	4+315,16	411	8.12	APROBADO
27/04/2009	15/04/2009	Túnel 1 - Salida	12	4+327,36	383	8.12	APROBADO
27/04/2009	08/04/2009	Túnel 1 - Salida	19	4+347,16	342	8.12	APROBADO
25/04/2009	06/04/2009	Túnel 1 - Salida	19	4+357,46	313	8.12	APROBADO
25/04/2009	05/04/2009	Túnel 1 - Salida	20	4+364,96	285	8.12	APROBADO
04/04/2009	03/04/2009	Túnel 1 - Salida	1	4+375,96	256	5.19	APROBADO
04/04/2009	31/03/2009	Túnel 1 - Salida	4	4+389,26	220	5.19	APROBADO
01/04/2009	28/03/2009	Túnel 1 - Salida	4	4+401,66	176	5.19	APROBADO
01/04/2009	27/03/2009	Túnel 1 - Salida	5	4+411,36	138	5.19	APROBADO
27/03/2009	26/03/2009	Túnel 1 - Salida	1	4+422,96	110	5.19	APROBADO
27/03/2009	26/03/2009	Túnel 1 - Salida	1	4+430,16	93	5.19	APROBADO
24/03/2009	21/03/2009	Túnel 1 - Salida	3	4+441,96	72	5.19	APROBADO
17/06/2009	17/03/2009	Túnel 1 - Salida	92	4+464,16	15	5	APROBADO

ANEXO 13

NORMA ASTM D 4435 - MÉTODO STANDARD DE ENSAYO PARA LA PRUEBA DE PERNOS DE ANCLAJE EN ROCA

Designation: D 4435 – 84 (Reapproved 1998)

Standard Test Method for Rock Bolt Anchor Pull Test[1]

This standard is issued under the fixed designation D 4435; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ε) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 The objective of this test method is to measure the working and ultimate capacities of a rock bolt anchor. This method does not measure the entire roof support system. This method also does not include tests for pretensioned bolts or mine roof support system evaluation.

1.2 This test method is applicable to mechanical, cement grout, resin, (epoxy, polyester, and the like), or other similar anchor systems.

1.3 The values stated in inch-pound units are to be regarded as the standard.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use: It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Terminology

2.1 *Definitions of Terms Specific to This Standard:*

2.1.1 *displacement*—The movement of the rock bolt head.

2.1.2 *failure*—the inability of the anchor system or rock to sustain increased load without rapidly increasing deformation. In some instances, the peak load itself cannot be sustained.

2.1.3 *load*—the total axial force on the rock bolt.

2.1.4 *pressure, stress*—the force per unit area.

2.1.5 *ultimate capacity*—the maximum load sustained by the anchor system.

2.1.6 *working capacity*—the load on the anchor system at which significantly increasing displacement begins.

3. Summary of Test Method

3.1 A rock bolt is installed in the same manner and in the same material as its intended construction use. The bolt is pulled hydraulically and the displacement of the bolt head is measured concurrently. The bolt is pulled until the anchor system or rock fails. The ultimate and working capacities of the bolt are calculated from the plot of load versus displacement.

4. Significance and Use

4.1 Rock bolts are used for support in a variety of mining and civil engineering situations[2]. The pull test may be used to provide a quantitative measure of the relative performance of different anchor systems in the same rock type. Anchor systems may be different mechanical anchors or different bond materials or lengths for grouted anchors. Such data can be used to choose an anchor type and determine bolt length, spacing, and size.

4.2 The objective of the method is to measure anchor performance, and not the performance of the rock bolt itself. Thus, to ensure that the bolt response during the test is minimal and predictable, high strength, short-length (6 to 8 ft (1.8 to 2.5 m)) bolts have been specified. The bolt should be just long enough to ensure that no failure of the rock/mass occurs.

4.3 Ideally, the rock bolt anchor should fail by shear at the anchor-rock interface or bond. Therefore, the local characteristics of the rock, such as roughness and induced fractures, are significant factors in the anchor strength. To obtain realistic strength values, the test holes should be drilled using the same methods as the construction rock bolt holes.

4.4 Rocks with significant time-dependent behavior, such as rock salt or shale, may respond to the anchor system itself and change the anchor strength. In these cases, consideration should be given to testing bolts over a period of time.

4.5 In establishing a testing program, the following factors should be considered:

4.5.1 Anchor pull tests should be conducted in all rock types in which construction bolts will be installed. If the rock is anisotropic, for example, bedded or schistose, the tests should be conducted in various orientations relative to the anisotropy, including those at which the construction bolt may be installed.

4.5.2 In each rock type, at each orientation, and for each anchor system, a sufficient number of tests should be conducted to determine the average bolt capacities within a fixed uncertainty at the 95 % confidence level. The allowable uncertainty band depends on the project and involves such factors as the rock quality, expected project lifetime, and importance of the areas to be bolted. Its determination will require considerable engineering judgment. As a rough guideline, at least 10 to 12 pull tests for a single set of variables have been found necessary to satisfy the statistical requirements.

---

[1] This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D-18 on Soil and Rock and is the direct responsibility of Subcommittee D18.12 on Rock Mechanics.

Current edition approved Nov. 30, 1984. Published January 1985.

[2] For additional information see, "Suggested Method for Determining the Strength of a Rock Bolt Anchor (Pull Test),"*Suggested Methods for Rock Bolt Testing*, International Society for Rock Mechanics Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests, 1974.

Copyright © ASTM, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.

5. Apparatus

5.1 *Loading System*—The system for pulling the rock bolts shall consist of a hollow-center hydraulic ram and mounting/reaction frame. The hydraulic ram shall be of sufficient capacity to fail the anchor and shall have a travel range of at least 2 in. (50 mm). The mounting/reaction frame shall be usable against uneven rock surfaces. The loading system shall apply a force that deviates by no more than 5° from the long axis of the bolt during the test.

5.2 *Load Transducer*—An electronic load cell is recommended to measure the load on the rock bolt. The cell shall have an accuracy of at least ±200 lbf (±890 N), including errors introduced by the excitation and readout system, and a resolution of at least 100 lbf (445 N). Other types of load transducers may be used if their performance meets these specifications. Alternatively, a pressure gage or electronic transducer may be used to measure the pressure applied to the ram, provided that the load measurement requirements above are satisfied, including the effects of friction in the hydraulic ram, and the like.

5.3 *Displacement Transducer*—A dial gage is recommended to measure the displacement of the rock bolt head. It shall have an accuracy of at least ±0.001 in. (0.025 mm), a resolution of at least 0.0005 in. (0.013 mm), and a range of at least 2 in. (50 mm). It shall be mounted along the axis of the rock bolt within 5°. The end of the rock bolt, or pulling rod if used, shall be smooth with a counter-sink area approximately ¼ in. (6 mm) in diameter to accommodate the measuring tip of the dial gage. Other types of displacement transducers may be used provided they satisfy the requirements of this section.

5.4 *Displacement Transducer Support*— The displacement transducer shall be supported from a point no closer than 3 ft (0.9 mm) to the reaction frame, if attached to the same rock face. The support shall be sufficiently rigid that no deflection or instability occurs during testing.

5.5 *Anchor Systems*—The anchors used for testing shall be from the manufacturer's standard production stock. Mechanical anchors shall be inspected to ensure that no defective anchors are tested. Grout or resin shall be fresh (within the shelf life) and obtained from unopened containers.

5.6 *Rock Bolt and Accessories*—The rock bolt shall be of sufficient diameter and strength that its elastic range is not exceeded during testing. Standard bearing plates, washers, and the like may be used as required.

5.7 *Drilling Equipment*—The same type of drilling equipment and drill bits that will be used for installing rock bolts during the construction phase of the project shall be used as far as possible to drill the test holes.

5.8 *Torque Wrench*—If expandable shell mechanical anchors are used, a torque wrench shall be used to set them. The wrench shall have a capacity at least 20 % greater than the manufacturer's recommended anchor-setting torque. The torque wrench shall have an accuracy of at least ±2 % of the full-scale reading, and a resolution of at least 1 % of the full-scale reading.

5.9 *Borehole Diameter Measuring Gage*— A gage shall be used to measure the diameter of the borehole at the anchor location. It shall have an accuracy of at least ±0.02 in. (0.05 mm) and resolution of at least 0.01 in. (0.25 mm)

5.10 Fig. 1 shows a typical test setup.

6. Procedure

6.1 *Drilling the Test Hole*:

6.1.1 Drill the test hole using the same procedure that will be used during construction. Wash or blow the borehole clean of all cuttings.

6.1.2 The hole need not be as deep as the proposed length of the rock bolts. It shall, however, be deep enough to set the

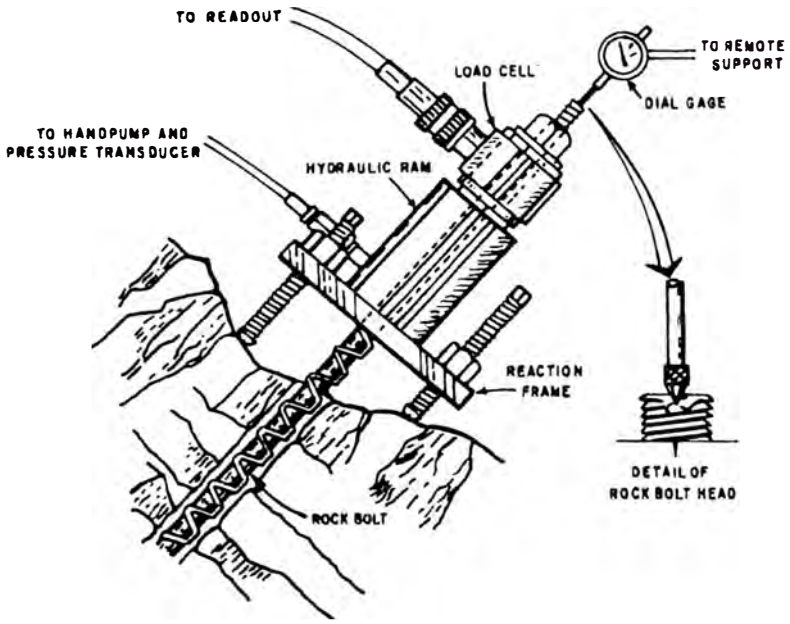


FIG. 1 Typical Rock Bolt Pull Test Schematic

increments or increments of 500 lbf (2.2 kN), whichever is less.

6.4.6 Read and record displacement and load after each pressure increment or decrement.

6.4.7 Failure is the peak load sustained by the bolt, as shown on Fig. 3, or a total deflection of 0.5 in. (1.25 cm).

6.4.8 Pull the bolt 0.5 in. (12.5 mm) beyond the failure displacement. Record the load every 0.05 in. (1 mm).

6.5 *Data Recording*—As a minimum for this method, record all the data shown in Fig. 2.

7. Calculation

7.1 Calculate the stress on the bolt, σ_b, in psi (MPa) as follows:

$$\sigma_b = \frac{P}{A} \quad (1)$$

where:
P = load on the bolt, lbf (N), and
A = cross-sectional area of the bolt, in.^{2}(mm^2).

7.2 Calculate the elastic deformation of the bolt, U_b, in in. (mm) as follows:

$$U_b = \frac{\sigma_b}{E} \times L \quad (2)$$

where:
σ_b = stress on the bolt, psi (MPa),
L = exposed length of bolt between the anchor and the head, in. (mm), and
E = elastic modulus of the steel in the bolt, psi (MPa).

7.3 Calculate the corrected bolt head displacement, U_c, which is the same as the displacement of the anchor, as follows:

$$U_c = U_t - U_b \quad (3)$$

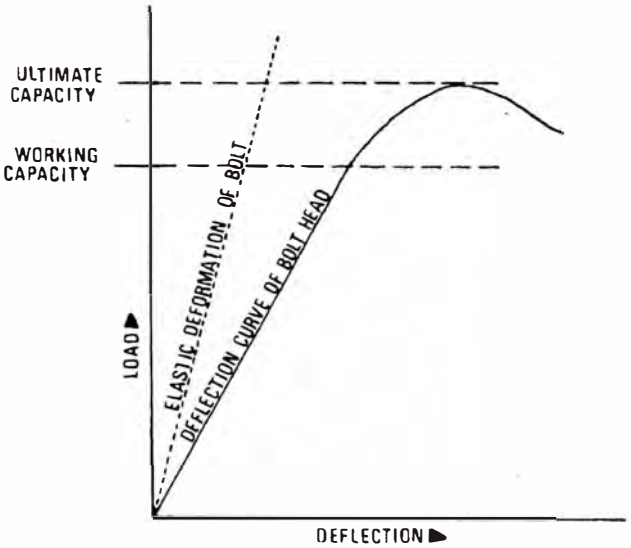


FIG. 3 Typical Load versus Deflection Curve for Rock Bolt Pull Test

where:
U_b = elastic deformation of the bolt, and
U_t = total displacement of bolt head.

7.4 Determine the working and ultimate capacities of the anchor system from the plot of load versus anchor displacement. A typical curve is shown in Fig. 3. Interpretation of the curve often requires some engineering judgment.

7.5 For each group of tests on a similar rock type with the same anchor type and orientation (if applicable), calculate the mean and uncertainty of the results at the 95 % confidence level[3].

8. Report

8.1 The report shall include the following:

8.1.1 Describe the rock material(s) in which the anchors were tested, including the composition, texture, and any structural features which could affect anchor capacities, such as joints, weathering, and the like,

8.1.2 Briefly describe the types of anchors tested,

8.1.3 A summary table of the test program including test number, anchor type, rock type, orientation, and test depth,

8.1.4 List the equipment, other than anchors, with model numbers or dimensions as appropriate. Include the range, accuracy, and resolution of transducers,

8.1.5 Present the equations used to reduce the data, including those required to convert transducer output into engineering units,

8.1.6 Prepare summary tables of results, including the working and ultimate capacity of each anchor type in each rock type, with anchor type, number of tests, mean working capacity, range, and uncertainty of the mean,

8.1.7 Include a plot of load versus corrected bolt head displacement for each test, and

8.1.8 Append the data sheets for each test.

9. Precision and Bias

9.1 *Precision*—Due to the nature of rock materials tested by this test method, it is, at this time, either not feasible or too costly to produce multiple specimens which have uniform physical properties. Therefore, since specimens which would yield the same test results cannot be tested, Subcommittee D18.12 cannot determine the variation between tests since any variation observed is just as likely to be due to specimen variation as to operator or laboratory testing variation. Subcommittee D18.12 welcomes proposals to resolve this problem that would allow for development of a valid precision statement.

9.2 *Bias*—There is no accepted reference value for this test method; therefore, bias cannot be determined.

10. Keywords

10.1 anchors (rock); displacement; field testing; loading tests; mines; pull testing; rock; shear testing

[3] To calculate the mean and uncertainty of the results see, "Statistical Considerations," *Rock Testing Handbook*, U.S. Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS, 1980, Section 104-80.

anchor past the zone of disturbance caused by the excavation and the zone of stress concentration caused by the reaction of the pulling frame. For mechanical shell anchors, drill the hole 1 ft (0.9 m) past the end of the anchor. A hole approximately 6 ft. (1.8 m) in length has generally been found to be adequate.

6.1.3 Inspect the test hole visually using a flashlight. If more than one half of the bottom of the hole cannot be seen, the hole is not sufficiently straight for a pull test and shall not be used.

6.1.4 Measure the test hole diameter in two perpendicular directions at the top and bottom of the anchor location for a total of four measurements.

6.2 *Preparation of Anchors*—If any anchor preparations, such as degreasing or rust removal, will be done during construction, prepare the test anchors in the same way. If no special preparation will be done during construction, do not prepare the test anchors.

6.3 *Setting the Anchor*:

6.3.1 If mechanical anchors are used, lightly lubricate the downhole end of the rock bolt and screw on the anchor. When in position, torque the bolt to the manufacturer's recommended level to set the anchor. A pair of jam-nuts on the upper end of the rod may be used to apply torque without producing axial load in the bolt. If the manufacturer's torque cannot be achieved because of anchor rotational slippage due to shear failure in the rock, note the maximum torque reading and install subsequent anchors to 80 % of this value. Do not test anchors where rotation occurs between the rock surface and the anchor. In all cases, record any slipping or other anomalous behavior as shown in Fig. 2.

6.3.2 Install cement grout or resin anchors according to the manufacturer's recommendations.

6.4 *Test Method*:

6.4.1 All tests are performed on untensioned bolts.

6.4.2 On at least half of the tests, perform three loading and unloading cycles to check for pre-failure anchor movements. Apply the load with the hydraulic ram in cycles to ¼, ½, and ¾ of the estimated failure load. Load the bolt in ten equal increments and unload it in ten equal decrements.

6.4.3 Apply the load smoothly and rapidly.

6.4.4 After the third cycle, pull the bolt to failure in the same increments as used during the last cycle or in 500 lbf (2.2 kN) increments, whichever is less.

6.4.5 Test non-cycled bolts to failure in 20 equal load

Rock Bolt Anchor Pull Test
Test Data Sheet—Sample Form

Project _____ Anchor: Type _____
Feature _____ Depth _____
Test Location _____ Inst. Torque _____
Rock Type _____ Bolt: Type _____
Test Number _____ Length _____
Orientation _____ Diameter _____

Equipment Description	Serial No.	Date of Next Calibration

Borehole diameter _____ _____ _____ _____
Average _____

Time	Pressure/ Load Reading	Displacement	Net Displacement

Time	Pressure/ Load Reading	Displacement	Net Displacement

Remarks:

Test Supervisor _____ Date _____
Checked by _____ Date _____
Project Engineer _____ Date _____

FIG. 2 Rock Bolt Anchor Pull Test Sample Form

ANEXO 14

RESUMEN DE EVALUACION Y ACEPTACION DE RESISTENCIAS DE CONCRETO PROYECTADO

CONSORCIO HUACHIPA COTV	PROYECTO HUACHIPA "Mejoramiento Sanitario de las Áreas Marginales de Lima"	REVISIÓN : 00
CONTROL TECNOLÓGICO	EVALUACION Y ACEPTACION DE RESISTENCIAS DE CONCRETO PROYECTADO	EMISION: 22-05-09 Nº. DOC. CT-CP04

Nº	Fecha Muestreo	Hora Muestreo	Lugar de Muestreo	Cota/ Km Inicial	Cota/ Km Final	Via	Con o sin fibra	ROTURAS a 28 DIAS (Mpa)			Condición 1 : Promedio (f_m) > 0,85 Resistencia Especificada (f_c)				Condición 2 : Valor Minimo (f_{min}) > 0,75 Resistencia Especificada (f_c)		
								Edad real	Testigo 01	Testigo 02	Promedio	f_c	$0,85f_c$	$f_m >= 0,85f_c$	Testigo Min.	$0,75f_c$	$f_{min} >= 0,75f_c$
	06/01/2009		Tunel 1 - Entrada	0+001,00		seca	con	29	15.30	31.70	23.50	21.00	17.85	CUMPLE	15.30	15.75	NO CUMPLE
	07/01/2009		Tunel 1 - Entrada	0+001,00	0+002,50	seca	con	28	18.90	14.40	16.65	21.00	17.85	NO CUMPLE	14.40	15.75	NO CUMPLE
	08/01/2009		Tunel 1 - Entrada	0+002,50	0+003,50	seca	con	34	29.53	-	29.53	21.00	17.85	CUMPLE	29.53	15.75	CUMPLE
	10/01/2009		Tunel 1 - Entrada	exterior		seca	con	18	26.43	23.60	25.02	21.00	17.85	CUMPLE	23.60	15.75	CUMPLE
	13/01/2009		Tunel 1 - Entrada	0+003,50	0+006,15	seca	con	29	23.13	28.28	25.71	21.00	17.85	CUMPLE	23.13	15.75	CUMPLE
	14/01/2009		Tunel 1 - Entrada	0+006,15	0+007,35	seca	con	28	26.08	23.07	24.58	21.00	17.85	CUMPLE	23.07	15.75	CUMPLE
	16/01/2009		Tunel 1 - Entrada	0+010,30	0+014,10	seca	con	29	29.10	31.10	30.10	21.00	17.85	CUMPLE	29.10	15.75	CUMPLE
	17/01/2009		Tunel 1 - Entrada	0+014,10	0+018,65	seca	con	28	28.18	-	28.18	21.00	17.85	CUMPLE	28.18	15.75	CUMPLE
	19/01/2009		Tunel 1 - Entrada	0+023,50	0+027,90	seca	con	28	29.10	16.05	22.58	21.00	17.85	CUMPLE	16.05	15.75	CUMPLE
	20/01/2009		Tunel 1 - Entrada	0+027,90	0+032,45	seca	con	28	25.50	29.10	27.30	21.00	17.85	CUMPLE	25.50	15.75	CUMPLE
	21/01/2009		Tunel 1 - Entrada	0+032,45	0+037,00	seca	con	28	23.89	26.73	25.31	21.00	17.85	CUMPLE	23.89	15.75	CUMPLE
	23/01/2009		Tunel 1 - Entrada	0+041,60	0+045,80	seca	con	29	25.55	17.46	21.51	21.00	17.85	CUMPLE	17.46	15.75	CUMPLE
	27/01/2009		Tunel 1 - Entrada	0+049,85	0+058.40	seca	con	28	26.20	-	26.20	21.00	17.85	CUMPLE	26.20	15.75	CUMPLE
	29/01/2009		Tunel 1 - Entrada	0+060.90	0+063,90	seca	con	35	31.47	25.92	28.70	21.00	17.85	CUMPLE	25.92	15.75	CUMPLE
	31/01/2009		Tunel 1 - Entrada	0+065,60	0+068.00	seca	con	33	42.01	43.40	42.71	21.00	17.85	CUMPLE	42.01	15.75	CUMPLE
	02/02/2009		Tunel 1 - Entrada	0+070,30	0+072,60	seca	con	31	30.47	34.28	32.38	21.00	17.85	CUMPLE	30.47	15.75	CUMPLE
	06/02/2009		Tunel 1 - Entrada	0+083,00	0+086.75	seca	con	57	37.57	-	37.57	21.00	17.85	CUMPLE	37.57	15.75	CUMPLE
	13/02/2009		Tunel 1 - Entrada	0+106,10	0+112,50	seca	con	50	33.26	-	33.26	21.00	17.85	CUMPLE	33.26	15.75	CUMPLE
	14/02/2009		Tunel 1 - Entrada	0+112.50	0+115,60	seca	con	27	45.40	24.41	34.91	21.00	17.85	CUMPLE	24.41	15.75	CUMPLE

JEFE DE LABORATORIO
TEC. REGULO ACHACHAU AYQUIPA
CONSTRUCOES E COMERCIO CAMARGO CORREA S.A

CONSORCIO HUACHIPA	PROYECTO HUACHIPA "Mejoramiento Sanitario de las Áreas Marginales de Lima"	REVISIÓN : 00
CONTROL TECNOLÓGICO	EVALUACION Y ACEPTACION DE RESISTENCIAS DE CONCRETO PROYECTADO	EMISIÓN: 22-05-09 Nº. DOC. CT-CP04

Nº	Fecha Muestreo	Hora Muestreo	Lugar de Muestreo	Cota/ Km Inicial	Cota/ Km Final	Via	Con o sin fibra	ROTURAS a 28 DIAS (Mpa)			Condición 1 : Promedio (f_m) > 0,85 Resistencia Especificada (f_c)				Condición 2 : Valor Minimo (f_{min}) > 0,75 Resistencia Especificada (f_c)		
								Edad real	Testigo 01	Testigo 02	Promedio	f_c	$0,85f_c$	$f_m >= 0,85f_c$	Testigo Min.	$0,75f_c$	$f_{min} >= 0,75f_c$
	15/02/2009		Tunel 1 - Entrada			seca	con	38	28.31	23.20	25.76	21.00	17.85	CUMPLE	23.20	15.75	CUMPLE
	17/02/2009		Tunel 1 - Entrada	0+124,20	0+127,30	seca	con	36	23.61	31.58	27.60	21.00	17.85	CUMPLE	23.61	15.75	CUMPLE
	19/02/2009		Tunel 1 - Entrada	0+132,30	0+135,20	seca	con	34	27.02	38.30	32.66	21.00	17.85	CUMPLE	27.02	15.75	CUMPLE
	23/02/2009		Tunel 1 - Entrada	0+145,70	0+151,00	seca	con	30	29.67	29.18	29.43	21.00	17.85	CUMPLE	29.18	15.75	CUMPLE
	25/02/2009		Tunel 1 - Entrada	0+156,00	0+160,50	seca	con	28	28.64	33.03	30.84	21.00	17.85	CUMPLE	28.64	15.75	CUMPLE
	27/02/2009		Tunel 1 - Salida			seca	con	28	32.30	-	32.30	21.00	17.85	CUMPLE	32.30	15.75	CUMPLE
	27/02/2009		Tunel 1 - Entrada	0+165,55	0+169,60	seca	con	28	30.21	29.26	29.74	21.00	17.85	CUMPLE	29.26	15.75	CUMPLE
	28/02/2009		Tunel 1 - Entrada	0+169,60	0+175,00	seca	con	31	36.25	37.72	36.99	21.00	17.85	CUMPLE	36.25	15.75	CUMPLE
	04/03/2009	10:30	Tunel 1 - Salida	368.16	364.66	seca	con	30	20.55	30.90	25.73	21.00	17.85	CUMPLE	20.55	15.75	CUMPLE
	10/03/2009	10:05	Tunel 1 - Salida	359.30	355.90	seca	con	29	33.10	-	33.10	21.00	17.85	CUMPLE	33.10	15.75	CUMPLE
	17/03/2009		Tunel 1 - Entrada	0+205,00	0+210,00	seca	con	28	31.88	-	31.88	21.00	17.85	CUMPLE	31.88	15.75	CUMPLE
	18/03/2009	13:20	Tunel 1 - Salida	0+013,00	0+015,80	seca	con	28	24.97	32.92	28.95	21.00	17.85	CUMPLE	24.97	15.75	CUMPLE
	21/03/2009	18:40	Tunel 1 - Salida	0+018,30	0+028,90	seca	con	28	21.69	24.72	23.21	21.00	17.85	CUMPLE	21.69	15.75	CUMPLE
	24/03/2009	00:35	Tunel 1 - Salida	0+037,20	0+045,30	seca	con	28	33.46	36.69	35.08	21.00	17.85	CUMPLE	33.46	15.75	CUMPLE
	25/03/2009	05:00	Tunel 1 - Entrada	0+212,00	0+220.00	seca	con	28	21.62	20.86	21.24	21.00	17.85	CUMPLE	20.86	15.75	CUMPLE
	26/03/2009		Tunel 1 - Salida	0+050,00	0+058,80	seca	con	28	29.86	29.86	29.86	21.00	17.85	CUMPLE	29.86	15.75	CUMPLE
	28/03/2009	01:50	Tunel 1 - Salida	0+058,80	0+065,70	seca	con	28	25.72	20.60	23.16	21.00	17.85	CUMPLE	20.60	15.75	CUMPLE
	30/03/2009	11:30	Tunel 1 - Salida	0+077,20	0+080,30	seca	con	28	19.50	20.45	19.98	21.00	17.85	CUMPLE	19.50	15.75	CUMPLE
	31/03/2009	20:00	Tunel 1 - Entrada	0+358,00	0+362,00	seca	con	28	30.31	28.60	29.46	21.00	17.85	CUMPLE	28.60	15.75	CUMPLE

JEFE DE LABORATORIO
TEC. REGULO ACHACHAU AYQUIPA
CONSTRUCOES E COMERCIO CAMARGO CORREA S.A

CONSORCIO HUACHIPA COTV	PROYECTO HUACHIPA "Mejoramiento Sanitario de las Áreas Marginales de Lima"	REVISIÓN : 00
CONTROL TECNOLÓGICO	EVALUACION Y ACEPTACION DE RESISTENCIAS DE CONCRETO PROYECTADO	EMISIÓN: 22-05-09 Nº. DOC. CT-CP04

Nº	Fecha Muestreo	Hora Muestreo	Lugar de Muestreo	Cota/ Km Inicial	Cota/ Km Final	Via	Con o sin fibra	ROTURAS a 28 DIAS (Mpa)			Condición 1 : Promedio (f_m) > 0,85 Resistencia Especificada (f_c)				Condición 2 : Valor Minimo (f_{min}) > 0,75 Resistencia Especificada (f_c)		
								Edad real	Testigo 01	Testigo 02	Promedio	f_c	$0,85f_c$	$f_m >= 0,85f_c$	Testigo Min.	$0,75f_c$	$f_{min} >= 0,75f_c$
	01/04/2009	16:30	Tunel 1 - Salida	0+085,70	0+090,00	seca	con	28	19.55	19.69	19.62	21.00	17.85	CUMPLE	19.55	15.75	CUMPLE
	03/04/2009	01:00	Tunel 1 - Salida	0+095,10	0+098,00	seca	con	27	14.82	12.36	13.59	21.00	17.85	NO CUMPLE	12.36	15.75	NO CUMPLE
	05/04/2009	00:00	Tunel 1 - Salida	0+103,70	0+108,20	seca	con	28	30.47	27.70	29.09	21.00	17.85	CUMPLE	27.70	15.75	CUMPLE
	07/04/2009	02:00	Tunel 1 - Salida	0+115,00	0+121,00	seca	con	28	17.69	19.31	18.50	21.00	17.85	CUMPLE	17.69	15.75	CUMPLE
	08/04/2009	23:00	Tunel 1 - Entrada	0+429,00	0+432,00	seca	con	28	19.46	24.01	21.74	21.00	17.85	CUMPLE	19.46	15.75	CUMPLE
	13/04/2009	01:00	Tunel 1 - Salida	0+126,30	0,131,50	seca	con	28	24.14	26.20	25.17	21.00	17.85	CUMPLE	24.14	15.75	CUMPLE
	14/04/2009	19:15	Tunel 1 - Entrada	0+440,90	0+446,90	seca	con	28	24.43	25.75	25.09	21.00	17.85	CUMPLE	24.43	15.75	CUMPLE
	15/04/2009	15:30	Tunel 1 - Salida	0+139,00	0+141,20	seca	con	28	30.39	24.80	27.60	21.00	17.85	CUMPLE	24.80	15.75	CUMPLE
	17/04/2009	00:50	Tunel 1 - Salida	4+321,16	4+316,36	seca	con	28	24.86	21.21	23.04	21.00	17.85	CUMPLE	21.21	15.75	CUMPLE
	19/04/2009	11:45	Tunel 1 - Entrada	0+474,00	0+486,00	seca	con	29	35.65	38.27	36.96	21.00	17.85	CUMPLE	35.65	15.75	CUMPLE
	21/04/2009	02:00	Tunel 1 - Salida	4+310,36	4+304,36	seca	con	28	25.48	28.39	26.94	21.00	17.85	CUMPLE	25.48	15.75	CUMPLE
	21/04/2009	09:45	Tunel 1 - Entrada	0+440,00	0+447,00	seca	con	28	34.55	34.30	34.43	21.00	17.85	CUMPLE	34.30	15.75	CUMPLE
	23/04/2009	02:00	Tunel 1 - Salida	4+298,06	4+291,66	seca	con	28	22.13	26.14	24.14	21.00	17.85	CUMPLE	22.13	15.75	CUMPLE
	25/04/2009	01:00	Tunel 1 - Salida	4+286,06	4+279,76	seca	con	28	21.69	24.72	23.21	21.00	17.85	CUMPLE	21.69	15.75	CUMPLE
	27/04/2009	17:00	Tunel 1 - Salida	4+273,36	4+267,76	seca	con	28	45.57	31.26	38.42	21.00	17.85	CUMPLE	31.26	15.75	CUMPLE
	27/04/2009	11:00	Tunel 1 - Entrada	0+541,50	0+544,30	seca	con	28	28.52	25.69	27.11	21.00	17.85	CUMPLE	25.69	15.75	CUMPLE
	28/04/2009	11:45	Tunel 1 - Entrada	0+550,60	0+553,40	seca	con	28	36.58	24.47	30.53	21.00	17.85	CUMPLE	24.47	15.75	CUMPLE
	29/04/2009	02:00	Tunel 1 - Salida	4+261,56	4+255,96	seca	con	28	20.46	23.69	22.08	21.00	17.85	CUMPLE	20.46	15.75	CUMPLE
	29/04/2009	06:00	Tunel 1 - Entrada	0+556,40	0+562,10	seca	con	28	30.47	27.70	29.09	21.00	17.85	CUMPLE	27.70	15.75	CUMPLE

JEFE DE LABORATORIO
TEC. REGULO ACHACHAU AYQUIPA
CONSTRUCOES E COMERCIO CAMARGO CORREA S.A

CONSORCIO HUACHIPA – COTV	**PROYECTO HUACHIPA** **"Mejoramiento Sanitario de las Áreas Marginales de Lima"**	REVISIÓN : 00
CONTROL TECNOLÓGICO	**EVALUACION Y ACEPTACION DE RESISTENCIAS DE CONCRETO PROYECTADO**	EMISIÓN: 22-05-09 Nº. DOC. CT-CP04

Nº	Fecha Muestreo	Hora Muestreo	Lugar de Muestreo	Cota/ Km Inicial	Cota/ Km Final	Via	Con o sin fibra	ROTURAS a 28 DIAS (Mpa)			Condición 1 : Promedio (f_m) > 0,85 Resistencia Especificada (f_c)				Condición 2 : Valor Minimo (f_{min}) > 0,75 Resistencia Especificada (f_c)		
								Edad real	Testigo 01	Testigo 02	Promedio	f_c	$0,85f_c$	$f_m >= 0,85f_c$	Testigo Min.	$0,75f_c$	$f_{min} >= 0,75f_c$
	30/04/2009	14:30	Tunel 1 - Entrada	0+559,30	0+561,30	seca	con	28	25.72	20.60	23.16	21.00	17.85	CUMPLE	20.60	15.75	CUMPLE
	03/05/2009	20:15	Tunel 1 - Entrada	0+565.20	0+567.20	seca	con	28	26.50	35.90	31.20	21.00	17.85	CUMPLE	26.50	15.75	CUMPLE
	05/05/2009	02:00	Tunel 1 - Salida	4+245,75	4+241,76	seca	con	28	25.10	30.60	27.85	21.00	17.85	CUMPLE	25.10	15.75	CUMPLE
	07/05/2009	01:50	Tunel 1 - Salida	4+237,26	4+229,76	seca	con	28	43.80	41.80	42.80	21.00	17.85	CUMPLE	41.80	15.75	CUMPLE
	08/05/2009	15:00	Tunel 1 - Entrada	0+420,00	0+430,00	seca	con	28	31.10	26.90	29.00	21.00	17.85	CUMPLE	26.90	15.75	CUMPLE
	09/05/2009	03:00	Tunel 1 - Salida	4+226,56	4+222,46	seca	con	28	26.50	32.70	29.60	21.00	17.85	CUMPLE	26.50	15.75	CUMPLE
	11/05/2009	09.30	Tunel 1 - Entrada	0+090,00	0+115,00	seca	con	28	24.10	22.50	23.30	21.00	17.85	CUMPLE	22.50	15.75	CUMPLE
	12/05/2009	03:00	Tunel 1 - Salida	4+217,46	4+210,56	seca	con	28	27.90	32.80	30.35	21.00	17.85	CUMPLE	27.90	15.75	CUMPLE
	14/05/2009	03:40	Tunel 1 - Salida	4+200,76	4+195,36	seca	con	28	20.60	33.10	26.85	21.00	17.85	CUMPLE	20.60	15.75	CUMPLE
	17/05/2009	03:00	Tunel 1 - Salida	4+175,06		seca	con	29	22.60	23.80	23.20	21.00	17.85	CUMPLE	22.60	15.75	CUMPLE
	18/05/2009		Tunel 1 - Salida	4+175,06	4+160,76	seca	con	28	22.30	22.30	22.30	21.00	17.85	CUMPLE	22.30	15.75	CUMPLE
12	28/05/2009	23:30	Tunel 1 - Entrada	0+760.00	0+767.00	seca	con	28	33.10	29.49	31.30	21.00	17.85	CUMPLE	29.49	15.75	CUMPLE
13	28/05/2009	16:15	Tunel 1 - Entrada	0+700.00	0+708.00	seca	con	28	45.24	24.06	34.65	21.00	17.85	CUMPLE	24.06	15.75	CUMPLE
14	29/05/2009	16:40	Tunel 1 - Entrada	0+650.00	0+661.00	seca	con	28	34.30	39.59	36.95	21.00	17.85	CUMPLE	34.30	15.75	CUMPLE
15	01/06/2009	13:00	Tunel 1 - Entrada	0+838.00	0+844.80	seca	con	28	21.82	22.68	22.25	21.00	17.85	CUMPLE	21.82	15.75	CUMPLE
18	06/06/2009	17:25	Tunel 1 - Entrada	0+893.80	0+900.40	seca	con	28	31.96	34.59	33.28	21.00	17.85	CUMPLE	31.96	15.75	CUMPLE
19	08/06/2009	14:00	Tunel 1 - Entrada	0+903.40	0+906.30	seca	con	28	38.05	26.33	32.19	21.00	17.85	CUMPLE	26.33	15.75	CUMPLE
21	10/06/2009	23:00	Tunel 1 - Entrada	0+912.90	0+914.40	seca	con	28	40.26	33.61	36.94	21.00	17.85	CUMPLE	33.61	15.75	CUMPLE
23	12/06/2009	11:15	Tunel 1 - Entrada	0+924.30	0+927.60	seca	con	28	34.72	42.85	38.79	21.00	17.85	CUMPLE	34.72	15.75	CUMPLE

JEFE DE LABORATORIO
TEC. REGULO ACHACHAU AYQUIPA
CONSTRUCOES E COMERCIO CAMARGO CORREA S.A

CONSORCIO HUACHIPA	PROYECTO HUACHIPA "Mejoramiento Sanitario de las Áreas Marginales de Lima"	REVISIÓN : 00
CONTROL TECNOLÓGICO	EVALUACION Y ACEPTACION DE RESISTENCIAS DE CONCRETO PROYECTADO	EMISION: 22-05-09 Nº. DOC. CT-CP04

Nº	Fecha Muestreo	Hora Muestreo	Lugar de Muestreo	Cota/ Km Inicial	Cota/ Km Final	Via	Con o sin fibra	ROTURAS a 28 DIAS (Mpa)			Condición 1 : Promedio (f_m) > 0,85 Resistencia Especificada (f_c)				Condición 2 : Valor Minimo (f_{min}) > 0,75 Resistencia Especificada (f_c)		
								Edad real	Testigo 01	Testigo 02	Promedio	f_c	$0,85f_c$	$f_m >= 0,85f_c$	Testigo Min.	$0,75f_c$	$f_{min} >= 0,75f_c$
25	15/06/2009	14:15	Tunel 1 - Entrada	0+945.90	0+949.10	seca	con	28	19.29	21.85	20.57	21.00	17.85	CUMPLE	19.29	15.75	CUMPLE
27	19/06/2009	10:45	Tunel 1 - Entrada	0+984.50	0+987.70	seca	con	28	21.43	26.16	23.80	21.00	17.85	CUMPLE	21.43	15.75	CUMPLE
28	19/06/2009	18:40	Tunel 1 - Salida	0+588.30	0+606.40	seca	con	28	23.42	24.28	23.85	21.00	17.85	CUMPLE	23.42	15.75	CUMPLE
29	22/06/2009	21:15	Tunel 1 - Entrada	1+077.40	1+010.60	seca	con	28	23.63	20.58	22.11	21.00	17.85	CUMPLE	20.58	15.75	CUMPLE
31	23/06/2009	11:15	Tunel 1 - Entrada	0+900	0+910	seca	con	28	30.91	28.62	29.76	21.00	17.85	CUMPLE	28.62	15.75	CUMPLE
32	24/06/2009	20:45	Tunel 1 - Entrada	1+026.60	1.029.90	seca	con	28	16.04	18.19	17.11	21.00	17.85	NO CUMPLE	16.04	15.75	CUMPLE
33	24/06/2009	14:50	Tunel 1 - Entrada	0+917.00	0+927.00	seca	con	28	25.39	24.75	25.07	21.00	17.85	CUMPLE	24.75	15.75	CUMPLE
34	25/06/2009	21:25	Tunel 1 - Entrada	1+036.30	1+039.50	seca	con	28	31.28	29.46	30.37	21.00	17.85	CUMPLE	29.46	15.75	CUMPLE
35	27/06/2009	13:30	Tunel 1 - Entrada	1+051.50	1+054.60	seca	con	33	27.07	22.92	24.99	21.00	17.85	CUMPLE	22.92	15.75	CUMPLE
36	27/06/2009	21:45	Tunel 1 - Entrada	1+054.60	1+057.90	seca	con	33	24.44	26.25	25.35	21.00	17.85	CUMPLE	24.44	15.75	CUMPLE
37	28/06/2009	09:20	Tunel 1 - Entrada	0+938.50	0+966.50	seca	con	28	22.82	28.40	25.61	21.00	17.85	CUMPLE	22.82	15.75	CUMPLE
39	29/06/2009	15:30	Tunel 1 - Salida	694.40	697.40	seca	con	31	27.91	34.22	31.06	21.00	17.85	CUMPLE	27.91	15.75	CUMPLE
40	30/06/2009	16:30	Tunel 1 - Entrada	0+930.00	0+940.00	seca	con	30	39.76	36.28	38.02	21.00	17.85	CUMPLE	36.28	15.75	CUMPLE
42	07/07/2009	08:00	Tunel 1 - Salida	3+704.76	3+692.76	seca	con	28	31.63	30.57	31.10	21.00	17.85	CUMPLE	30.57	15.75	CUMPLE
43	07/07/2009	00:00	Tunel 1 - Entrada	1+005	1+015	seca	con	28	28.78	24.44	26.61	21.00	17.85	CUMPLE	24.44	15.75	CUMPLE
44	08/07/2009	20:00	Tunel 1 - Salida	3+693.76	3+682.36	seca	con	28	30.12	33.69	31.90	21.00	17.85	CUMPLE	30.12	15.75	CUMPLE
46	09/07/2009	23:00	Tunel 1 - Entrada	1+045.00	1+055.00	seca	con	28	21.02	19.92	20.47	21.00	17.85	CUMPLE	19.92	15.75	CUMPLE
47	09/07/2009	10:15	Tunel 1 - Entrada	1+020.00	1+035.00	seca	con	28	20.92	20.61	20.77	21.00	17.85	CUMPLE	20.61	15.75	CUMPLE
48	10/07/2009	23:30	Tunel 1 - Entrada	1+055.00	1+065.00	seca	con	28	24.61	24.27	24.44	21.00	17.85	CUMPLE	24.27	15.75	CUMPLE

JEFE DE LABORATORIO
TEC. REGULO ACHACHAU AYQUIPA
CONSTRUCOES E COMERCIO CAMARGO CORREA S.A

CONSORCIO HUACHIPA	**PROYECTO HUACHIPA** **"Mejoramiento Sanitario de las Áreas Marginales de Lima"**	REVISIÓN : 00
CONTROL TECNOLÓGICO	**EVALUACION Y ACEPTACION DE RESISTENCIAS DE CONCRETO PROYECTADO**	EMISIÓN: 22-05-09 Nº. DOC. CT-CP04

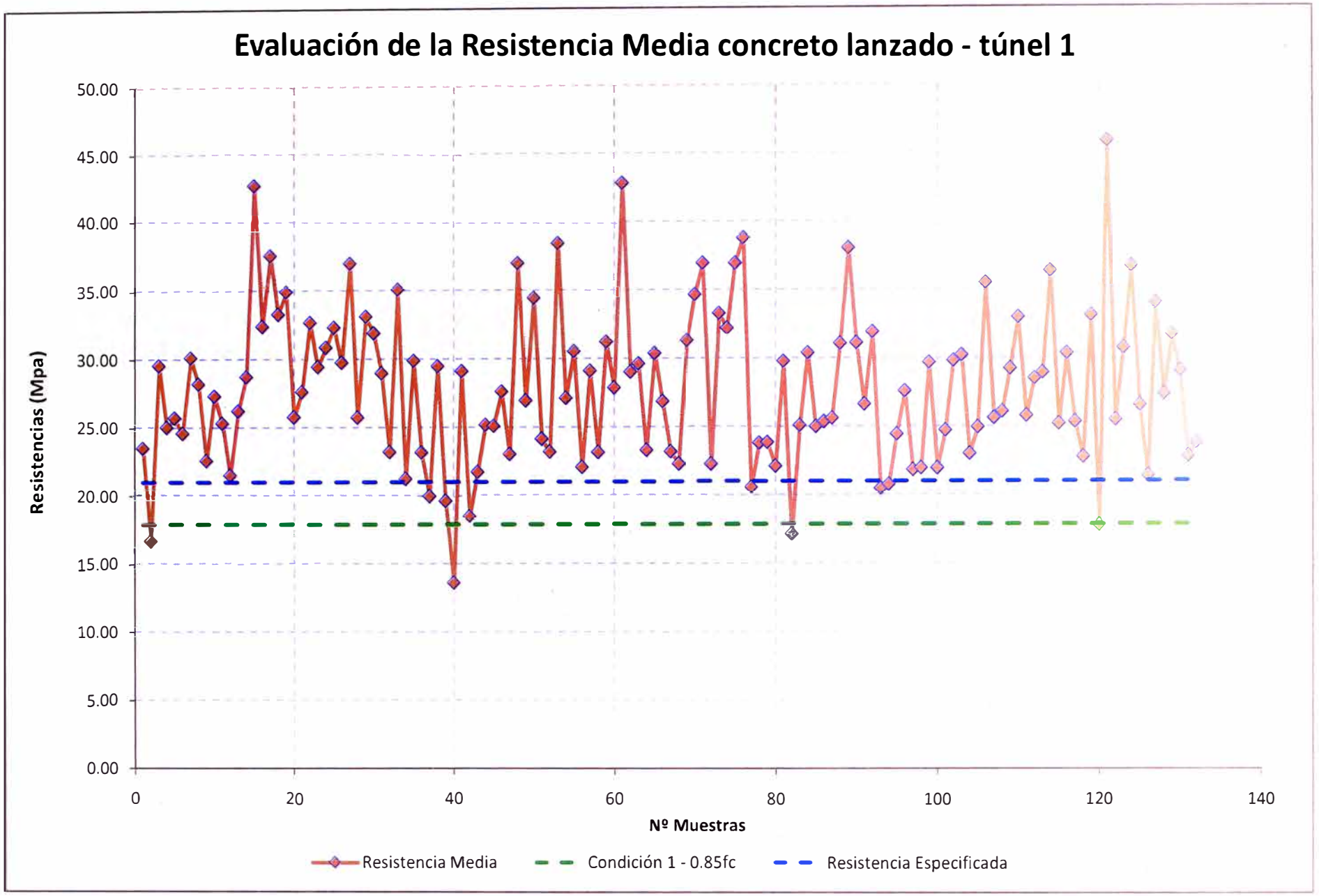
Nº	Fecha Muestreo	Hora Muestreo	Lugar de Muestreo	Cota/ Km Inicial	Cota/ Km Final	Via	Con o sin fibra	ROTURAS a 28 DIAS (Mpa)			Condición 1 : Promedio (f_m) > 0,85 Resistencia Especificada (f_c)				Condición 2 : Valor Minimo (f_{min}) > 0,75 Resistencia Especificada (f_c)		
								Edad real	Testigo 01	Testigo 02	Promedio	f_c	$0,85f_c$	$f_m >= 0,85f_c$	Testigo Min.	$0,75f_c$	$f_{min} >= 0,75f_c$
49	11/07/2009	16:00	Tunel 1 - Salida	3+676.76	3+665.36	seca	con	28	31.10	24.06	27.58	21.00	17.85	CUMPLE	24.06	15.75	CUMPLE
50	11/07/2009	17:15	Tunel 1 - Entrada	1+043.00	1+055.00	seca	con	28	21.95	21.73	21.84	21.00	17.85	CUMPLE	21.73	15.75	CUMPLE
52	14/07/2009	23:00	Tunel 1 - Entrada	1+055	1+066	seca	con	28	21.45	22.49	21.97	21.00	17.85	CUMPLE	21.45	15.75	CUMPLE
53	14/07/2009	11:00	Tunel 1 - Salida	3+660.76	3+654.26	seca	con	28	28.54	30.78	29.66	21.00	17.85	CUMPLE	28.54	15.75	CUMPLE
55	16/07/2009	15:00	Tunel 1 - Salida	3+693.36	3+643.16	seca	con	28	22.28	21.64	21.96	21.00	17.85	CUMPLE	21.64	15.75	CUMPLE
56	16/07/2009	04:45	Tunel 1 - Entrada	1+225.00	1+228.50	seca	con	28	28.08	21.34	24.71	21.00	17.85	CUMPLE	21.34	15.75	CUMPLE
57	17/07/2009	03:15	Tunel 1 - Entrada	1+132.00	1+143.00	seca	con	28	30.19	29.39	29.79	21.00	17.85	CUMPLE	29.39	15.75	CUMPLE
59	22/07/2009	10:15	Tunel 1 - Entrada	1+104.00	1+113.00	seca	con	28	30.57	29.82	30.20	21.00	17.85	CUMPLE	29.82	15.75	CUMPLE
60	22/07/2009	11:10	Tunel 1 - Salida	3+657.26	3+651.76	seca	con	28	20.03	25.99	23.01	21.00	17.85	CUMPLE	20.03	15.75	CUMPLE
64	01/08/2009	22:15	Tunel 1 - Salida	3+550.46	3+544.36	seca	con	28	25.57	24.30	24.94	21.00	17.85	CUMPLE	24.30	15.75	CUMPLE
66	03/08/2009	22:40	Tunel 1 - Entrada	PRUEBA		seca	con	28	33.89	37.03	35.46	21.00	17.85	CUMPLE	33.89	15.75	CUMPLE
68	06/08/2009	22:00	Tunel 1 - Salida	953.30	956.30	seca	con	28	25.52	25.69	25.61	21.00	17.85	CUMPLE	25.52	15.75	CUMPLE
74	11/08/2009	11:50	Tunel 1 - Salida	3+463.36	3+460.36	seca	con	28	27.54	24.61	26.08	21.00	17.85	CUMPLE	24.61	15.75	CUMPLE
80	22/08/2009	07:15	Tunel 1 - Salida	1103.60	1106.60	seca	con	28	30.14	28.29	29.21	21.00	17.85	CUMPLE	28.29	15.75	CUMPLE
83	29/08/2009	13:30	Tunel 1 - Entrada	1+598.50	1+601.90	seca	con	28	33.87	32.04	32.96	21.00	17.85	CUMPLE	32.04	15.75	CUMPLE
85	01/09/2009	00:38	Tunel 1 - Entrada	1+605.85	1+606.95	seca	con	28	26.22	25.30	25.76	21.00	17.85	CUMPLE	25.30	15.75	CUMPLE
87	03/09/2009	09:30	Tunel 1 - Entrada	1+611.35	1+613.55	seca	con	28	26.85	30.14	28.50	21.00	17.85	CUMPLE	26.85	15.75	CUMPLE
92	13/09/2009	05:15	Tunel 1 - Salida	1216.30	1219.50	seca	con	29	31.37	26.45	28.91	21.00	17.85	CUMPLE	26.45	15.75	CUMPLE
95	16/09/2009	21:15	Tunel 1 - Salida	1+191.50	1+197.00	seca	con	28	39.99	32.72	36.35	21.00	17.85	CUMPLE	32.72	15.75	CUMPLE

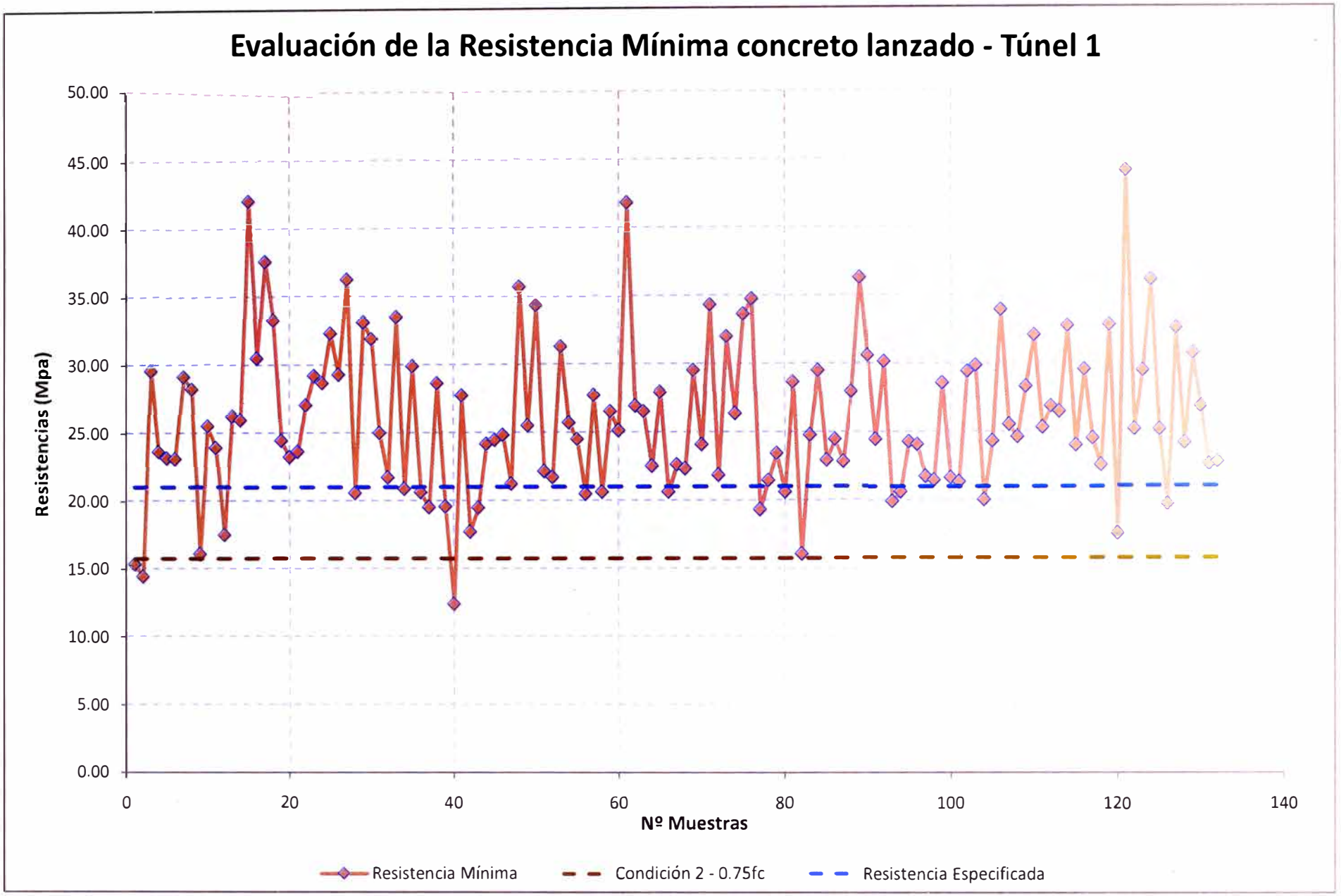
JEFE DE LABORATORIO
TEC. REGULO ACHACHAU AYQUIPA
CONSTRUCOES E COMERCIO CAMARGO CORREA S.A

CONSORCIO HUACHIPA COTV	**PROYECTO HUACHIPA** **"Mejoramiento Sanitario de las Áreas Marginales de Lima"**	REVISIÓN : 00
CONTROL TECNOLÓGICO	**EVALUACION Y ACEPTACION DE RESISTENCIAS DE CONCRETO PROYECTADO**	EMISIÓN: 22-05-09 Nº. DOC. CT-CP04

Nº	Fecha Muestreo	Hora Muestreo	Lugar de Muestreo	Cota/ Km Inicial	Cota/ Km Final	Via	Con o sin fibra	ROTURAS a 28 DIAS (Mpa)			Condición 1 : Promedio (f_m) > 0,85 Resistencia Especificada (f_c)				Condición 2 : Valor Minimo (f_{min}) > 0,75 Resistencia Especificada (f_c)		
								Edad real	Testigo 01	Testigo 02	Promedio	f_c	$0,85f_c$	$f_m >= 0,85f_c$	Testigo Min.	$0,75f_c$	$f_{min} >= 0,75f_c$
98	19/09/2009	11:50	Tunel 1 - Salida	1260.00	1262.70	seca	con	28	23.99	26.40	25.19	21.00	17.85	CUMPLE	23.99	15.75	CUMPLE
106	06/10/2009	08:40	Tunel 1 - Entrada	1+860.30	1+863.00	seca	con	28	29.53	31.12	30.32	21.00	17.85	CUMPLE	29.53	15.75	CUMPLE
109	07/10/2009	11:20	Tunel 1 - Entrada	1+868.50	1+871.50	seca	con	28	24.51	26.15	25.33	21.00	17.85	CUMPLE	24.51	15.75	CUMPLE
111	12/10/2009	12:00	Tunel 1 - Entrada	1+900.5	1+903.50	seca	con	28	22.97	22.57	22.77	21.00	17.85	CUMPLE	22.57	15.75	CUMPLE
113	15/10/2009	10:30	Tunel 1 - Salida	0.00	0.00	seca	con	28	32.78	33.41	33.10	21.00	17.85	CUMPLE	32.78	15.75	CUMPLE
115	16/10/2009	10:15	Tunel 1 - Entrada	1+925.56	1+927.80	seca	con	28	17.53	18.05	17.79	21.00	17.85	NO CUMPLE	17.53	15.75	CUMPLE
116	16/10/2009	21:26	Tunel 1 - Salida	1+475.5	1+477.6	seca	con	28	44.08	47.52	45.80	21.00	17.85	CUMPLE	44.08	15.75	CUMPLE
117	19/10/2009	17:24	Tunel 1 - Salida	1+482,8	1+484,8	seca	con	28	25.73	25.18	25.46	21.00	17.85	CUMPLE	25.18	15.75	CUMPLE
119	22/10/2009	18:38	Tunel 1 - Salida	1+494,8	1+497,8	seca	con	28	31.95	29.45	30.70	21.00	17.85	CUMPLE	29.45	15.75	CUMPLE
120	22/10/2009	10:20	Tunel 1 - Entrada	1+870	1+880	seca	con	28	37.28	36.08	36.68	21.00	17.85	CUMPLE	36.08	15.75	CUMPLE
121	26/10/2009	12:06	Tunel 1 - Salida	1+463,3	1+470,0	seca	sin	28	25.15	27.91	26.53	21.00	17.85	CUMPLE	25.15	15.75	CUMPLE
129	09/11/2009	22:20	Tunel 1 - Salida	1+645,7	1+648,5	seca	con	28	23.14	19.64	21.39	21.00	17.85	CUMPLE	19.64	15.75	CUMPLE
136	18/11/2009	16:25	Tunel 1 - Salida	1+660,7	1+666,0	seca	con	28	32.58	35.41	33.99	21.00	17.85	CUMPLE	32.58	15.75	CUMPLE
149	07/12/2009	17:35	Tunel 1 - Salida	1+896.8	1+899.80	seca	con	28	24.18	30.51	27.35	21.00	17.85	CUMPLE	24.18	15.75	CUMPLE
152	09/12/2009	22:46	Tunel 1 - Salida	1+917.7	1+920.7	seca	con	28	32.65	30.73	31.69	21.00	17.85	CUMPLE	30.73	15.75	CUMPLE
156	12/12/2009	07:38	Tunel 1 - Salida	1+929.7	1+932.7	seca	con	28	26.83	31.25	29.04	21.00	17.85	CUMPLE	26.83	15.75	CUMPLE
157	12/12/2009	22:29	Tunel 1 - Salida	1+931.9	1+935.4	seca	con	28	22.59	23.00	22.79	21.00	17.85	CUMPLE	22.59	15.75	CUMPLE
163	23/12/2009	15:08	Tunel 1 - Salida	4+170	4+180	seca	con	28	24.73	22.77	23.75	21.00	17.85	CUMPLE	22.77	15.75	CUMPLE

JEFE DE LABORATORIO
TEC. REGULO ACHACHAU AYQUIPA
CONSTRUCOES E COMERCIO CAMARGO CORREA S.A


Evaluación de la Resistencia Media concreto lanzado - túnel 1
Resistencias (Mpa)
50.00
45.00
40.00
35.00
30.00
25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
0
20
40
60
80
100
120
140
Nº Muestras
Resistencia Media
Condición 1 - 0.85fc
Resistencia Especificada


Evaluación de la Resistencia Mínima concreto lanzado - Túnel 1
Resistencias (Mpa)
50.00
45.00
40.00
35.00
30.00
25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
0
20
40
60
80
100
120
140
Nº Muestras
Resistencia Mínima
Condición 2 - 0.75fc
Resistencia Especificada

ANEXO 15

FORMATO LLENADO DE BIM DEL TUNEL 1 SALIDA EN LA FECHA 09-10-09

CONSORCIO HUACHIPA COTV

PTAP HUACHIPA
BOLETIN DE INSPECCIÓN Y MONITOREO - BIM

Título:

Túnel: Voladura, Pernos de Anclaje, Shotcrete.

PLAN DE INSPECCIONES Y PRUEBAS RELACIONADO **HUA-PLA-013**

Responsable por la emisión del boletín

[X] **Calidad** HUA/CLD/BIM/VPSICH / 024-09 [ ] **Producción** HUA/PRO/BIM——/——

Tipo de verificación ejecutada		**Fecha de la Verificación**
[X] **Monitoreo** El servicio aún está siendo ejecutado	[X] **Inspección** El servicio que ya fue concluido	09 / 10 / 09

Local de verificación

Tipo de roca: Roca I	Avance de excavación: 3.00 (1,426.20)
Túnel: T. 1. S	Jefe de turno: Gonzalo Pacheco

Datos Proyección de Shotcrete					
Inicio proyectado: 1,401.70	Vol. Turno (m³): 2.0	Progresiva Inicial turno : 3+048.56
Fin proyectado: 1,404.70	Espesor (mm): 4.7 ~ 5 cm	Progresiva Final turno : 3+045.56

Evidencia de la(s) verificación(es)

Ítems verificados		Horario(s) de la(s) verificación(es) 12:00	——	——
Voladura en túnel	01. Supervisar cumplimiento del plan de evacuación para voladura en túnel.	C		
	02. Inspeccionar que se realicen las acciones de seguridad previas a la carga (señalización, alarma, coloc. De letreros de seguridad, cintas de advertencia)	C		
	03. Inspeccionar cumplimiento del procedimiento y fases de excavación.	C		
	04. Verificar el almacenamiento y certificación de calidad de explosivos.	C		
	05. Verificación de la sección (túnel) pos voladura.	—		
Instalación de pernos y barras de anclaje	06. Verificar certificación, especificaciones técnicas y estándares de calidad de las barras y accesorios de anclaje.	—		
	07. Verificar que los elementos y accesorios de anclaje, cuenten con una adecuada limpieza y almacenaje para garantizar su instalación.	C		
	08. Verificar el almacenaje y certificado de calidad de la resina epoxica.	C		
	09. Vigilar por el cumplimiento de procedimiento de instalación de pernos de anclaje (perforación, preparación de huecos, preparación de pernos, Inst. de pernos con resina, inspección de la instalación)	—		
	10. Terminado el anclaje del perno, Verificar la colocación de accesorios de fijación.	C		
	11. Supervisar pruebas de arranque de pernos de anclaje (prueba axial)	—		
Concreto proyectado – shotcrete.	12. Tratamiento, limpieza y preparación de la superficie: [X] Agua [ ] Aire comprimido.	C		
	13. Verificación y control de filtraciones de agua antes del proyectado de shotcrete.	C		
	14. Verificar las dosificaciones (%humedad) en preparación del concreto (shotcrete)	C		
	15. Verificar el correcto procedimiento de aplicación de shotcrete.	C		
	16. Verificar el espesor final de shotcrete según reporte de evaluación geológica.	C		
Otros	17. Otros (identificar):	—		

La situación de la verificación: **C = Conforme** o **NC = No Conforme**. En el caso de Ítem **No Verificado** llenar con un trazo.

Observaciones	**Resumen del boletín**	
	Nº. Ítems conformes	12
	Nº. Ítems no conformes	00
	Total de Ítems verificados	12
	Nº de verificaciones conformes	12
	Nº de verificaciones no conformes	00
	Total de verificaciones	12

Identificación y firma del responsable por la(s) verificación(es)	**Identificación y firma de la Supervisión**
Firma: HUGO MIRANDA LUNA INSPECTOR CIVIL CONSORCIO HUACHIPA	Firma: Consorcio Huachipa Fabricio Gottardello Coordinador Calidad
Identificación:	Identificación:

En la ocurrencia de ítem(s) no conforme(s) de inspección, este(os) será(n) tratado(s) en informe de No Conformidad, registro(s) nº:

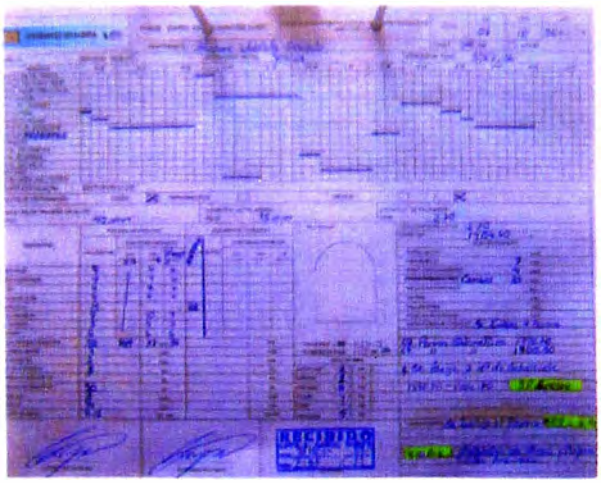
Los Registros de No Conformidades serán tratados conforme previsto en el HUA/PM/008.

TUNEL 01 SALIDA (11:39 - 13:09 hrs.)

DETALLES GRAFICOS DE LA INSPECCION

HUGO MIRANDA LUNA
INSPECTOR CIVIL
CONSORCIO HUACHIPA

Túnel en fase de limpieza, posteriormente en marcación topográfica.



Revisión de parte diario de excavación y reporte de evaluación geológica.

Verificación de aplicación de shotcrete espesor (4.7 cm) en progresivas 1+398.70 – 1+401.70 según reporte de geólogo.

<u>Observación:</u> **No se pudo completar el recorrido a partir de las 14 hrs. Por motivo de regresar a túnel 2 (secretaria) para recoger documentación solicitada por área de calidad.**

ANEXO 16

RESUMEN DE BIM´s DEL TUNEL 1

CONSORCIO HUACHIPA COTV

RESUMEN BIM

TUNEL: VOLADURA, PERNOS DE ANCLAJE, SHOTCRETE

Nº	ITEM	LOTE	FRENTE	Tipo de Roca	FECHA DE RECEPCION	N° de verificaciones conformes	N° de verificaciones no conformes	Total de verificaciones
1	HUACLDBIMVPSTUN04909	3	TUNEL 1 SALIDA	Roca III	19/09/2009	15	0	15
2	HUACLDBIMVPSTUN02009	3	TUNEL 1 ENTRADA	Roca II	29/09/2009	5	0	5
3	HUACLDBIMVPSTUN01909	3	TUNEL 1 SALIDA	Roca I	29/09/2009	4	0	4
4	HUACLDBIMVPSTUN00409	3	TUNEL 1 SALIDA	Roca I	30/09/2009	4	0	4
5	HUACLDBIMVPSTUN00309	3	TUNEL 1 ENTRADA	Roca I	30/09/2009	4	0	4
6	HUACLDBIMVPSTUN02109	3	TUNEL 1 ENTRADA	Roca I	01/10/2009	3	0	3
7	HUACLDBIMVPSTUN00609	3	TUNEL 1 SALIDA	Roca I	01/10/2009	1	0	1
8	HUACLDBIMVPSTUN01809	3	TUNEL 1 ENTRADA	Roca I	02/10/2009	5	0	5
9	HUACLDBIMVPSTUN00909	3	TUNEL 1 SALIDA	Roca I	02/10/2009	4	0	4
10	HUACLDBIMVPSTUN02309	3	TUNEL 1 ENTRADA	Roca I	05/10/2009	5	0	5
11	HUACLDBIMVPSTUN01209	3	TUNEL 1 SALIDA	Roca I	05/10/2009	8	0	8
12	HUACLDBIMVPSTUN01709	3	TUNEL 1 ENTRADA	Roca II	06/10/2009	8	0	8
13	HUACLDBIMVPSTUN01309	3	TUNEL 1 SALIDA	Roca II	06/10/2009	6	0	6
14	HUACLDBIMVPSTUN02609	3	TUNEL 1 ENTRADA	Roca II	07/10/2009	13	0	13
15	HUACLDBIMVPSTUN02509	3	TUNEL 1 SALIDA	Roca I	07/10/2009	8	0	8
16	HUACLDBIMVPSTUN02809	3	TUNEL 1 SALIDA	Roca I	09/10/2009	12	0	12
17	HUACLDBIMVPSTUN03709	3	TUNEL 1 ENTRADA	Roca II	10/10/2009	12	0	12
18	HUACLDBIMVPSTUN03109	3	TUNEL 1 SALIDA	Roca I	10/10/2009	11	0	11
19	HUACLDBIMVPSTUN03409	3	TUNEL 1 ENTRADA	Roca II	12/10/2009	12	0	12
20	HUACLDBIMVPSTUN03309	3	TUNEL 1 SALIDA	Roca I	12/10/2009	12	0	12
21	HUACLDBIMVPSTUN03809	3	TUNEL 1 ENTRADA	Roca II	13/10/2009	12	0	12
22	HUACLDBIMVPSTUN04309	3	TUNEL 1 SALIDA	Roca II	14/10/2009	13	0	13
23	HUACLDBIMVPSTUN04209	3	TUNEL 1 ENTRADA	Roca II	14/10/2009	16	0	16
24	HUACLDBIMVPSTUN04709	3	TUNEL 1 SALIDA	Roca II	17/10/2009	12	0	12
25	HUACLDBIMVPSTUN0S009	3	TUNEL 1 SALIDA	Roca III	20/10/2009	16	0	16
26	HUACLDBIMVPSTUN05309	3	TUNEL 1 SALIDA	Roca II	26/10/2009	12	0	12
27	HUACLDBIMVPSTUN05209	3	TUNEL 1 ENTRADA	Roca I	26/10/2009	14	0	14
28	HUACLDBIMVPSTUN05509	3	TUNEL 1 ENTRADA	Roca I	27/10/2009	10	0	10
29	HUACLDBIMVPSTUN06109	3	TUNEL 1 SALIDA	Roca I	02/11/2009	11	0	11
30	HUACLDBIMVPSTUN06409	3	TUNEL 1 ENTRADA	Roca II	03/11/2009	15	0	15
31	HUACLDBIMVPSTUN06609	3	TUNEL 1 ENTRADA	Roca I	04/11/2009	12	0	12
32	HUACLDBIMVPSTUN07109	3	TUNEL 1 ENTRADA	Roca I	11/11/2009	12	0	12
33	HUACLDBIMVPSTUN07509	3	TUNEL 1 SALIDA	Roca I	12/11/2009	13	0	13
34	HUACLDBIMVPSTUN07609	3	TUNEL 1 ENTRADA	Roca I	13/11/2009	13	0	13
35	HUACLDBIMVPSTUN08109	3	TUNEL 1 SALIDA	Roca I	17/11/2009	13	0	13
36	HUACLDBIMVPSTUN08309	3	TUNEL 1 SALIDA	Roca I	18/11/2009	15	0	15
37	HUACLDBIMVPSTUN08409	3	TUNEL 1 ENTRADA	Roca I	19/11/2009	10	0	10
38	HUACLDBIMVPSTUN08709	3	TUNEL 1 SALIDA	Roca I	23/11/2009	14	0	14
39	HUACLDBIMVPSTUN09309	3	TUNEL 1 SALIDA	Roca II	07/12/2009	15	0	15
40	HUACLDBIMVPSTUN09209	3	TUNEL 1 ENTRADA	Roca I	07/12/2009	12	0	12
41	HUACLDBIMVPSTUN09809	3	TUNEL 1 SALIDA	Roca II	10/12/2009	15	0	15
42	HUACLDBIMVPSTUN09709	3	TUNEL 1 ENTRADA	Roca I	10/12/2009	12	0	12
43	HUACLDBIMVPSTUN09909	3	TUNEL 1 SALIDA	Roca III	11/12/2009	12	0	12
44	HUACLDBIMVPSTUN10409	3	TUNEL 1 SALIDA	Roca I	14/12/2009	15	0	15
45	HUACLDBIMVPSTUN10509	3	TUNEL 1 SALIDA	Roca I	15/12/2009	12	0	12
46	HUACLDBIMVPSTUN10809	3	TUNEL 1 SALIDA	Roca I	17/12/2009	8	0	8
47	HUACLDBIMVPSTUN10709	3	TUNEL 1 SALIDA	Exc Culm.	17/12/2009	10	0	10
48	HUACLDBIMVPSTUN11009	3	TUNEL 1 SALIDA	Exc Culm.	18/12/2009	9	0	9
49	HUACLDBIMVPSTUN11509	3	TUNEL 1 SALIDA	Exc Culm.	22/12/2009	7	0	7

ANEXO 17

RESUMEN DE ESTADISTICAS DE ACCIDENTES INCAPACITANTES

ESTADISTICAS DE ACCIDENTES INCAPACITANTES (LOTE 3 - TUNEL I)

K accidentalidad 200.000,00

MES	CANT. PERSO-NAL	HORAS TRABAJADAS		ACCIDENTES FATALES		ACCIDENTES INCAPACITANTES		DIAS PERDIDOS				ÍNDICE DE FRECUENCIA		ÍNDICE DE GRAVEDAD	
		Mes	Año (Acumu.)	Mes	Año (Acumu.)	Mes	Año (Acumu.)	DIAS TRANSFERIDOS	DIAS INCAPACITANTES	Mes	Año (Acumu.)	Mes	Año (Acumu.)	Mes	Año (Acumu.)
Ene-09	50	1225,0	1225,0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Feb-09	72	1782,0	3007,0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Mar-09	125	3343,8	6350,8	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Abr-09	138	3519,0	9869,8	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
May-09	154	3965,5	13835,3	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Jun-09	150	3825,0	17660,3	0	0	1	1	0	0	0	0	52,3	11,3	-	-
Jul-09	152	3876,0	21536,3	0	0	0	1	31	0	31	31	-	9,3	1.599,6	287,9
Ago-09	154	3927,0	25463,3	0	0	0	1	31	0	31	62	-	7,9	1.578,8	487,0
Sep-09	154	4081,0	29544,3	0	0	3	4	30	26	56	118	147,0	27,1	2.744,4	798,8
Oct-09	154	4081,0	33625,3	0	0	1	5	31	15	46	164	49,0	29,7	2.254,3	975,5
Nov-09	154	3965,5	37590,8	0	0	4	9	26	38	64	228	201,7	47,9	3.227,8	1.213,1
Dic-09	154	2656,5	40247,3	0	0	0	9	40	3	43	271	-	44,7	3.237,3	1.346,7

ANEXO 18

DESCRIPCCION DE ACCIDENTES INCAPACITANTES

DESCRIPCCION DE ACCIDENTES INCAPACITANTES - TUNEL 1

N°	Fecha	Hora	Lote	Frente	Ingeniero Responsable	Responsable del frente	Clasificación: Accidente /Incidente	Tipo de Perdidas	Nombre de Trabajador o Equipo	Lugar	Turno	Descripción	Causas del Accidente	Potencial de Gravedad	Fechas de Descanso
56	30/06/2009	22:00	Lote 3	Túnel 1 Salida		Harold Boy Sipiran	Accidente	Personal Incapacitente	Victor Hugo Jara Ramos	Interior del túnel	Noche	El Sr Fernando LOAYZA (Capataz del tunel 2E), fue trasladado al Tunel 1 Salida para operar el equipo Haggloader, esto por coordinacion previa entre los Ings. Juan Agüero (Jefe Turno Tunel 2E) y el Ing. Harold BOY (Jefe de Turno Tunel 1 Salida). Siendo las 22 hrs el Sr Victor Hugo JARA RAMOS se encuentra a 10 m. aprox. del fronton, al lado izquierdo luego de culminar su labor, el Sr. JARA viendo que el haggloader se encuentra estacionado, decide cruzar sin previo aviso entre los dos equipos (Haggloader y el Vagon) , en ese momento el Sr Fernando LOAYZA quien operaba el equipo Haggloader procede a dar marcha atras y escucha gritos de auxilio y pone de inmediato en marcha hacia adelante, constatando que el Sr. Victor Hugo JARA RAMOS se encontraba echado en el piso entre los equipos mencionados en el suelo producto del aplastamiento que sufrio en el muslo inferior Izquierdo.	ACTO INSEGURO		Hasta fin de construcción del túnel 1
87	03/09/2009	11:30	Lote 3	Túnel 1 Salida	Julián Silva	Armando Rodriguez	Accidente	Personal Incapacitante	Wili Miki Mozombite Salinas.	Progresiva 1+000 Interior	Dia	Siendo las 11:30 de la mañana que se Terminó la evacuación de carga del frente por parte de la locomotora con número N° 122123 conducida por el señor Operador Quispe Merma Juan y ayudado por el señor Wily Miky Mozombite Salinas, acuerdan sacar el convoy cargado (pala, locomotora y vagones), siendo este último personal quien realiza un agarre inadecuado en la puerta de la cabina de la locomotora, agarrándose con la mano izquierda en el manubrio de la puerta y la otra mano derecha con agarre en la bisagra, introduciendo el dedo meñique derecho en la ranura de dicha puerta, procediendo a cerrarla para quedarse en posición de espaldas al operador, es cuando se apneta el dedo, produciéndole una atricción, con sangrado prominente.	ACTO INSEGURO	PG1	Del 03/09 al 09/09
91	12/09/2009	09:15	Lote 3	Túnel 1 Salida	Julián Silva	Gonzalo Pacheco Valdivia.	Accidente	Personal Incapacitante	Santa Cruz Morales Honorio	-	Día	Siendo la 9:15 am Aproximadamente en el Frontón del Túnel 01 Salida Santa Maria cuando concluyo la limpieza de frente el operario Honorio SANTA CRUZ MORALES recibe ordenes de Casimiro Zacarias Godofredo Operador de Hagglover para que se acerque y cuando el se acercaba intempestivamente acciono la aleta del equipo golpeándole a la pierna derecha, entonces Honorio comunica a Casimiro que le ayude luego lo evacuamos fuera del túnel donde esperaba la ambulancia para trasladarlo a la clínica Limatambo para que lo evaluarán.	FACTOR PERSONAL DE INSEG.	PG2	Del 12/09 al 19/09
93	14/09/2009	23:15	Lote 3	Túnel 1 Salida	Julián Silva	Gonzalo Pacheco Valdivia	Accidente	Personal Incapacitante	Aponte Patricio Walter	Patio de Maniobras	Noche	Al momento de colocar el "PIN" para enganchar el tiro del vagón con la locomotora el trabajador posiciona mal este elemento ocasionando que el pin se desvíe y apiaste su mano contra la pared posterior del vagón.	ACTO INSEGURO	PG2	Del 15/09 al 25/09
113	13/10/2009	09:30	Lote 3	Túnel 1 Entrada	Julián Silva	Armando Rodrlguez	Accidente	Personal Incapacitante	Pedro Orosco Siancas	Frente de Perforación	Día	El ayudante se encontraba sacando la grampa de la perforadora y por aviso de desprendimiento de roca cercano cornó y se tropezó cayendo al piso golpeándose e hiriéndose la rodilla izquierda con el piso rocoso.	CONDICIÓN INSEGURA	PG2	Del 13/10 al 27/10
138	05/11/2009	2:50	Lote 3	Túnel 1 Salida	Julián Silva	Jaime Boza	Accidente	Personal Incapacitante	José Luis Taype Barrientos	Frente de Perforación	Noche	A las 2:50 hrs., Los señores Moisés Ramos Mamani y José Luis Taype Barrientos (motorista y ayudante de locomotora) realizaban la evacuación de carga hacia la superficie con la locomotora GID 122122. Es cuando el señor Taype bajo de la cabina del equipo a fin de enganchar la parte posterior del vagón con la locomotora, pero lo hizo cuando el equipo aun no se habia detenido en su totalidad, y debido a que el señor Ramos (motorista) no activa los frenos de la locomotora a tiempo, el señor Taype quede atrapado entre el equipo y la parte posterior del convoy.	FACTOR PERSONAL DE INSEG.	PG3	Del 05/11 al 31/12
146	11/11/2009	14:00	Lote 3	Túnel 1 Salida	Julián Silva	Rogelio Pauro Córdova	Accidente	Personal incapacitante	° Hernán Charly Loayza Chino ° Rojas Campusano Percy	A 50 m. Del frente de avance	Dia	Los señores Hernán Loayza Chino y Percy Rojas Campusano (electricistas) realizaban trabajos en los cables eléctricos a 50 m. Del frente de avance, en dichas circunstancias el señor Loayza se disponía a realizar el reemplazo del conector por chupones eléctricos unipolares y le comunico al señor Rojas que baje la llave termomagnentica para desenergizar el cable. Seguidamente el señor Rojas se dirigio al tablero eléctrico ubicado a pocos metros e interpreto que el mensaje era bajar la llave que energiza los cabies del jumbo y no la que energizaba los cables que manipulaban, en consecuencia bajo la llave equivocada, luego de ello se ubico junto al señor Loayza a fin de asistirlo en la tarea y a los pocos segundos de manipular los cables se originó un cortocircuito en el terminal, causando lesiones leves en el rostro del señor Loayza y en la vista del señor Rojas.	CONDICIÓN INSEGURA	PG3	°Del 11/11 al 22/11 °Del 12/11 al 14/11
151	22/11/2009	10:10	Lote 3	Túnel 1 Salida	Julián Silva	Gonzalo Pacheco Valdivia	Accidente	Personal Incapacitante	Cesar Augusto Velasquez Huaman	Patio de Maniobras	Dia	Aproximadamente a las 10:00 hrs. El señor Velasquez se encontraba colocando la malla de proteccion de su tolva parado sobre el material que se disponia a transportar, en el punto de carga del túnel 1 salida. En estas circunstancias resbala y pierde el equlibrio, cayendo de una altura de 2.5 m. del piso, sin embargo mientras caia logró sujetarse del borde de la tolva, evitando caer directamente al suelo.	ACTO INSEGURO	PG3	Del 22/11 al 24/11

ANEXO 19

TABLA DE DOSIFICACIONES DE SHOTCRETE

CONSORCIO HUACHIPA COTV

HUA/CLD/TDS/001

23/02/2010

TABLA DE DOSIFICACIONES DE SHOTCRETE / 0.5m³

REVISION: S-05

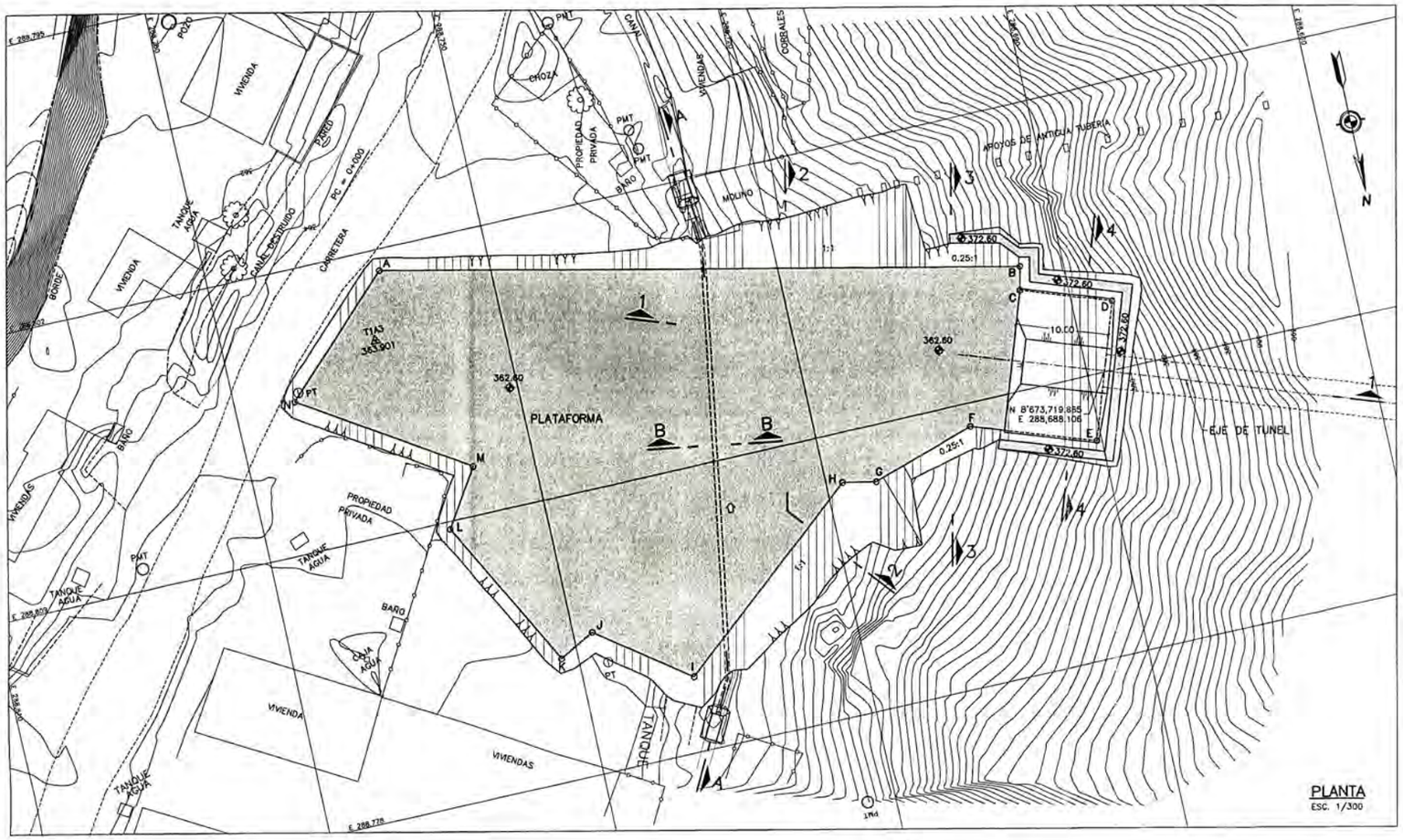
Característica			Materiales			Aditivos		
DESCRIPCION	DOSIFICACION	FCK	CEMENTO		ARENA	SIKAFUME	Sigunit L50AF	SIKAFIBER LHO 45/35 NB
CONCRETO	HUMEDAD	MPa/días	(Tipo)	(kg)	(kg)	(kg)	(l)	(kg)
SHOTCRETE/ 0.5m3								
SHOTCRETE PARA TÚNELES	0.00%	21/28	CP I	190.0	821.0	10.0	9.5	12.5
	0.50%	21/28	CP I	190.0	825.1	10.0	9.5	12.5
	1.00%	21/28	CP I	190.0	829.3	10.0	9.5	12.5
	1.50%	21/28	CP I	190.0	833.4	10.0	9.5	12.5
	2.00%	21/28	CP I	190.0	837.7	10.0	9.5	12.5
	2.50%	21/28	CP I	190.0	841.9	10.0	9.5	12.5
	3.00%	21/28	CP I	190.0	846.3	10.0	9.5	12.5
	3.50%	21/28	CP I	190.0	850.6	10.0	9.5	12.5
	4.00%	21/28	CP I	190.0	855.0	10.0	9.5	12.5
	4.50%	21/28	CP I	190.0	859.5	10.0	9.5	12.5
	5.00%	21/28	CP I	190.0	864.0	10.0	9.5	12.5
	5.50%	21/28	CP I	190.0	868.5	10.0	9.5	12.5
	6.00%	21/28	CP I	190.0	873.1	10.0	9.5	12.5
	6.50%	21/28	CP I	190.0	877.8	10.0	9.5	12.5
	7.00%	21/28	CP I	190.0	882.4	10.0	9.5	12.5
	7.50%	21/28	CP I	190.0	887.2	10.0	9.5	12.5
	8.00%	21/28	CP I	190.0	892.0	10.0	9.5	12.5
	8.50%	21/28	CP I	190.0	896.8	10.0	9.5	12.5
	9.00%	21/28	CP I	190.0	901.7	10.0	9.5	12.5

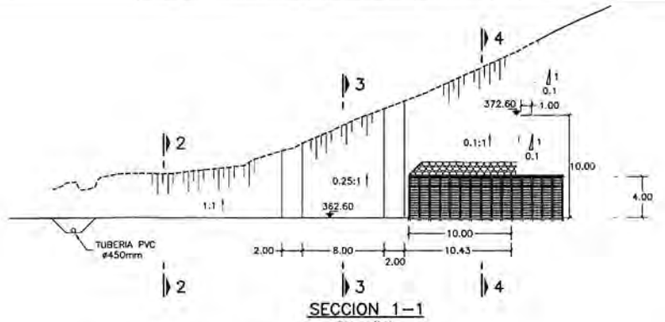
Coordinador
Gestión de la Calidad
Fabricio Rodrigo Gottardello

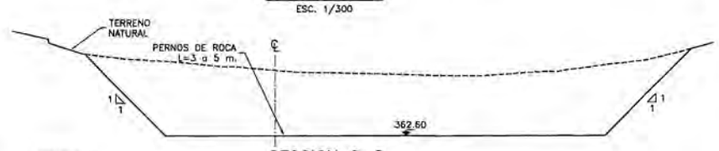
COPIA CONTROLADA

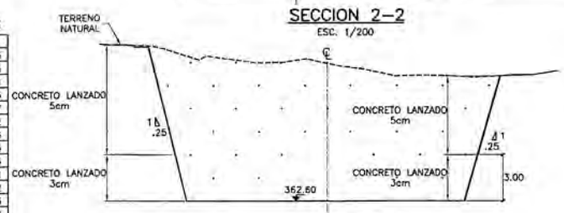
ANEXO 20

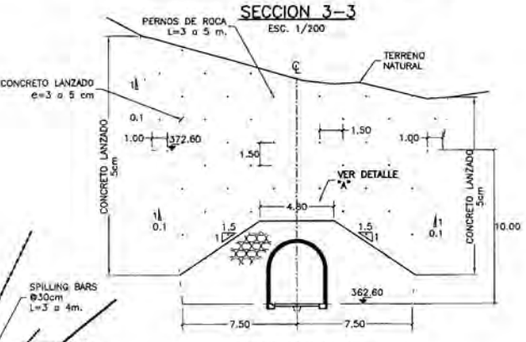
PLANOS





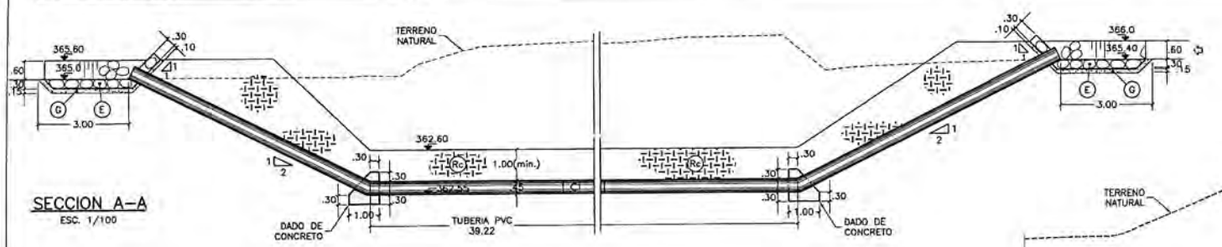


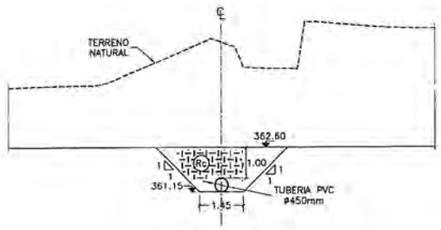


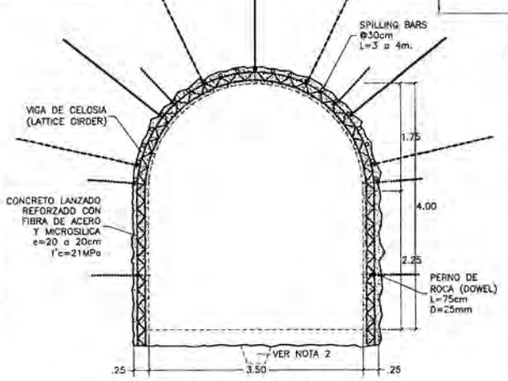


CUADRO DE COORDENADAS

PUNTO	NORTE	ESTE
A	8673692.282	288761.655
B	8673707.024	288694.573
C	8673709.519	288695.121
D	8673712.773	288685.665
E	8673726.956	288690.547
F	8673722.494	288703.512
G	8673725.967	288714.686
H	8673725.251	288718.233
I	8673741.987	288738.263
J	8673734.915	288747.981
K	8673736.944	288751.772
L	8673720.821	288760.403
M	8673714.803	288756.522
N	8673703.898	288773.639

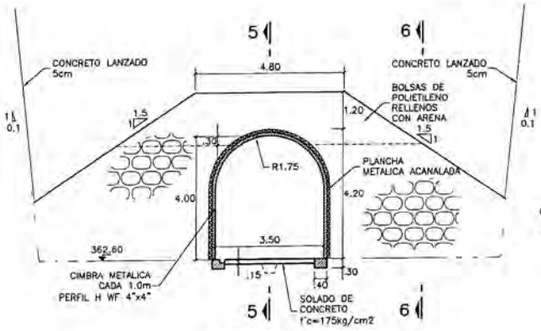


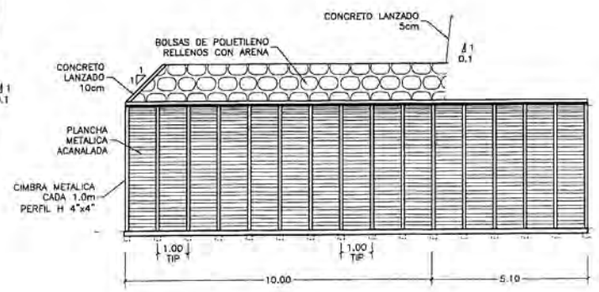


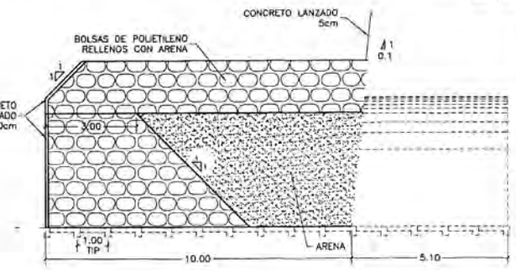


SOSTENIMIENTO

- CONCRETO LANZADO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO Y MICROSILICA e=20 a 25cm APLICADO EN BOVEDA Y PAREDES, SOBRE LAS VIGAS DE CELOSIA, EL RECUBRIMIENTO MINIMO SERA 5cm.
- PERNOS DE ROCA (L=2.0m Y D=25mm), SISTEMATICOS FIJADOS CON MORTERO DE CEMENTO, CEMBOLT O CAPSULAS DE RESINA O MIXTO (MORTERO DE CEMENTO + CAPSULA DE RESINA); COLOCADOS ENTRE LAS SECCIONES DE LAS VIGAS DE CELOSIA O SOBRE LAS MISMAS LOS PERNOS ESTARAN DISPUESTOS SEGUN MALLA 1.5mx1.5m Y EN TRES BOLILLO A LO LARGO Y ANCHO DEL TRAMO INICIAL DE 4m DEL PORTAL DE ENTRADA.
- PERNOS DE ROCA (DOWELS)(L=0.75m Y D=25mm), SE COLOCARAN SOBRE LA VIGA DE CELOSIA (LATTICE GIRDER) PARA FIJARLA A LA ROCA, CON SEPARACION DE L=1.50m EN LA SECCION, ESTOS PERNOS SERAN FIJADOS CON CAPSULAS DE RESINA Y/O CEMBOLT.
- CIMBRAS O VIGAS DE CELOSIA (LATTICE GIRDER), EN EL TRAMO INICIAL DEL PORTAL DE ENTRADA SE COLOCARAN CON SEPARACION VARIABLE HASTA 1.0m DE ACUERDO A LA CALIDAD DE LA ROCA.
- SPILLING BARS, L=3 a 4m, COLOCADOS EN LA BOVEDA SOBRE EL FRONTIS DE ENFOQUE DEL TUNEL ANTES DEL PRIMER DISPARO, SE FIJAN CON CAPSULAS DE RESINA Y/O MORTERO DE CEMENTO.







LEYENDA

- CONCRETO f'c=175kg/cm2
- RELLENO COMPACTADO
- ENROCADO
- GRAVA ARENOSA
- ARENA

NOTA:
1- LA CONFORTACION DE TALUDES INDICADA EN LAS SECCIONES ES REFERENCIAL Y PODRA SER ADECUADA A LAS CONDICIONES QUE SE ENCUENTREN DURANTE LA EXCAVACION.
2- SI ES NECESARIA CUNETA DE DRENAJE, SUS DIMENSIONES Y UBICACION SERAN DETERMINADAS POR EL CONTRATISTA.
3- LA UBICACION DEL INICIO DEL TUNEL ES REFERENCIAL Y PUEDE SER AJUSTADA DE ACUERDO A LAS CONDICIONES DE CAMPO.

REV. N°	FECHA	DESCRIPCION	REVISO	APROBO
02	05/02/09	Expediente Ramal Norte – Tunel 01	NK	
01	12/01/09	Expediente Ramal Norte – Tunel 01	NK	

CONSORCIO HUACHIPA — OTV

PROYECTO DE MEJORAMIENTO SANITARIO DE LAS ÁREAS MARGINALES DE LIMA - LOTES 1, 2 Y 3

C13 - 2008 - CW - 32920 / JBIC - SEDAPAL

sedapal

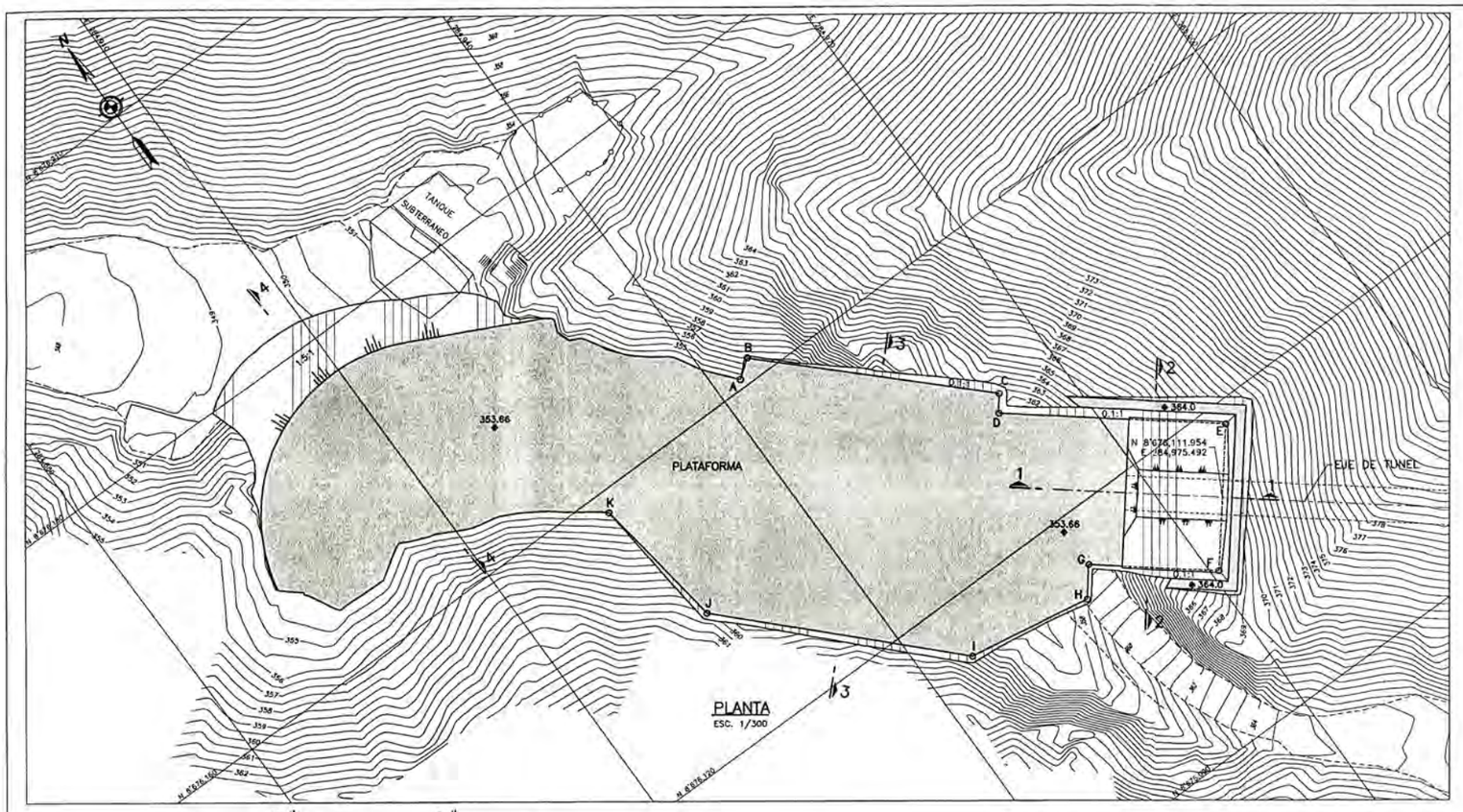
SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LIMA

PLANO DE:

RAMAL NORTE - TUNEL 1

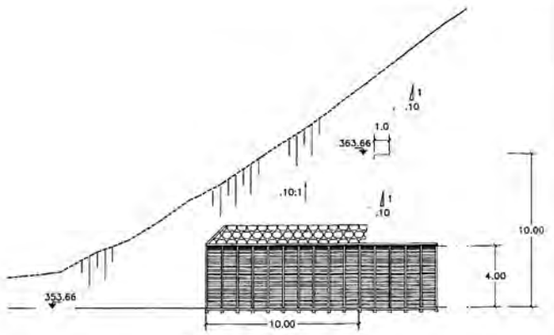
PORTAL DE ENTRADA

Nº DE PLANO: 1

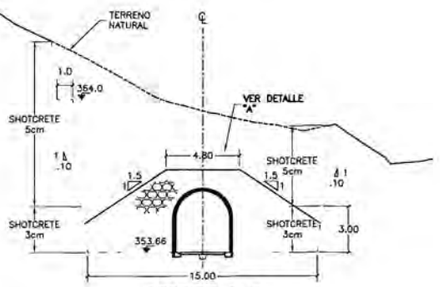


CUADRO DE COORDENADAS

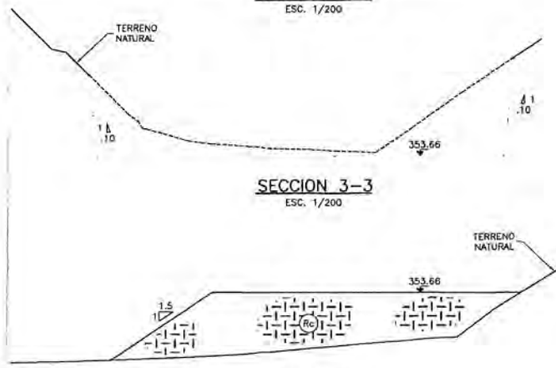
PUNTO	NORTE	ESTE
A	8676150.897	284942.633
B	8676152.270	284944.487
C	8676134.030	284963.200
D	8676132.423	284962.007
E	8676117.799	284980.192
F	8676106.110	284970.792
G	8676114.515	284960.340
H	8676111.772	284958.134
I	8676114.037	284945.164
J	8676133.726	284925.749
K	8676147.902	284923.708



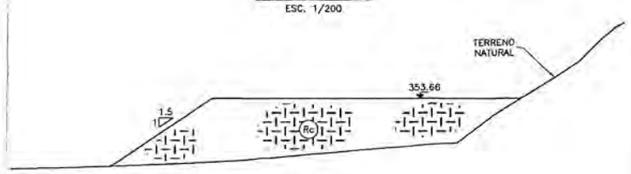
SECCION 1–1
ESC. 1/200



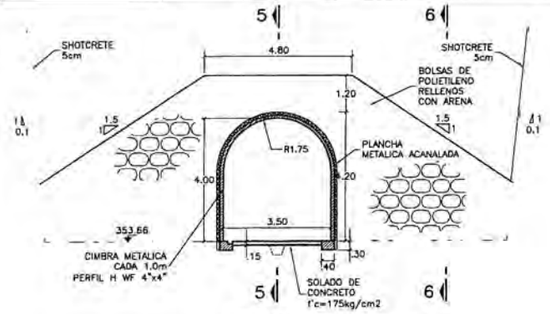
SECCION 2–2
ESC. 1/200



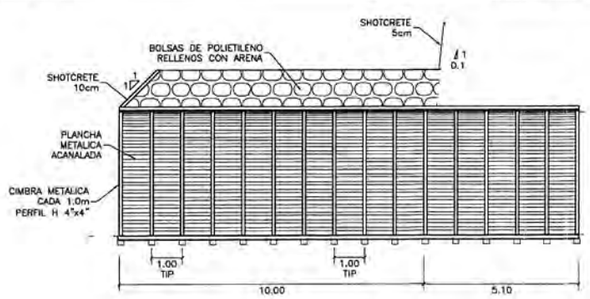
SECCION 3–3
ESC. 1/200



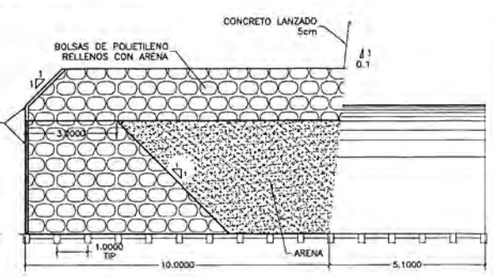
SECCION 4–4
ESC. 1/200



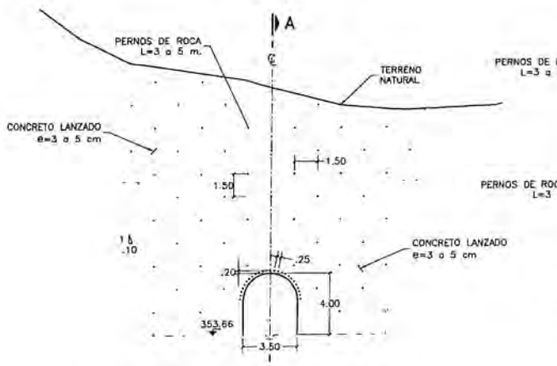
DETALLE "A"
ESC. 1/100



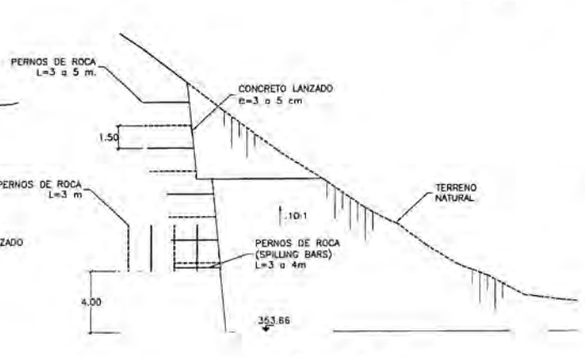
SECCION 5–5
ESC. 1/100



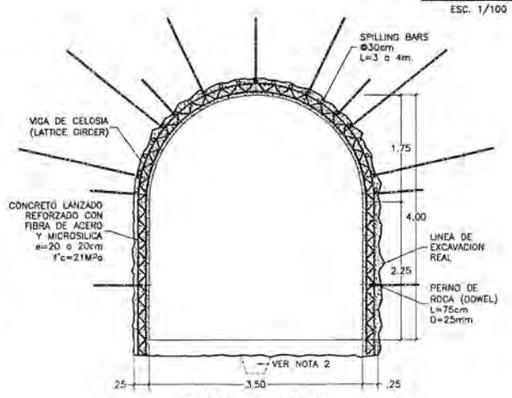
SECCION 6–6
ESC. 1/100



DESARROLLO DE LA EXCAVACION
ESC. 1/200



SECCION A–A
ESC. 1/200



SECCION TIPO 4
(PORTAL DE SALIDA)
ESC. 1/50

NOTA:
1– LA CONFORTACION DE TALUDES INDICADA EN LAS SECCIONES ES REFERENCIAL Y PODRA SER ADECUADA A LAS CONDICIONES QUE SE ENCUENTREN DURANTE LA EXCAVACION.
2– SI ES NECESARIA CUNETA DE DRENAJE, SUS DIMENSIONES Y UBICACION SERAN DETERMINADAS POR EL CONTRATISTA.
3– LA UBICACION DE LA SALIDA DEL TUNEL ES REFERENCIAL Y PUEDE SER AJUSTADA DE ACUERDO A LAS CONDICIONES DE CAMPO.

SOSTENIMIENTO
- CONCRETO LANZADO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO Y MICROSILICA e=20 a 25cm APLICADO EN BOVEDA Y PAREDES, SOBRE LAS VIGAS DE CELOSIA. EL RECUBRIMIENTO MINIMO SERA 5cm.
- PERNOS DE ROCA (L=2.0m Y D=25mm), SISTEMATICOS FIJADOS CON MORTERO DE CEMENTO, CEMBOLT O CAPSULAS DE RESINA O MIXTO (MORTERO DE CEMENTO + CAPSULA DE RESINA); COLOCADOS ENTRE LAS SECCIONES DE LAS VIGAS DE CELOSIA O SOBRE LAS MISMAS LOS PERNOS ESTARAN DISPUESTOS SEGUN MALLA 1.5mx1.5m Y EN TRES BOLILLO A LO LARGO Y ANCHO DEL TRAMO INICIAL DE 4m DEL PORTAL DE ENTRADA.
- PERNOS DE ROCA (DOWELS)(L=0.75m Y D=25mm), SE COLOCARAN SOBRE LA VIGA DE CELOSIA (LATTICE GIRDER) PARA FIJARLA A LA ROCA, CON SEPARACION DE L=1.50m EN LA SECCION, ESTOS PERNOS SERAN FIJADOS CON CAPSULAS DE RESINA Y/O CEMBOLT.
- CIMBRAS O VIGAS DE CELOSIA (LATTICE GIRDER), EN EL TRAMO INICIAL DEL PORTAL DE ENTRADA SE COLOCARAN CON SEPARACION VARIABLE HASTA 1.0m DE ACUERDO A LA CALIDAD DE LA ROCA.
- SPILLING BARS, L=3 a 4m, COLOCADOS EN LA BOVEDA SOBRE EL FRONTIS DE ENFOQUE DEL TUNEL ANTES DEL PRIMER DISPARO, SE FIJAN CON CAPSULAS DE RESINA Y/O MORTERO DE CEMENTO.

LEYENDA

CONCRETO	
RELLENO COMPACTADO	Rc
ENROCADO	E
GRAVA ARENOSA	G
ARENA	A

REV. Nº	FECHA	DESCRIPCION	REVISO	APROBO
02	05/02/09	Expediente Ramal Norte – Tunel 01	NK	
01	12/01/09	Expediente Ramal Norte – Tunel 01	NK	

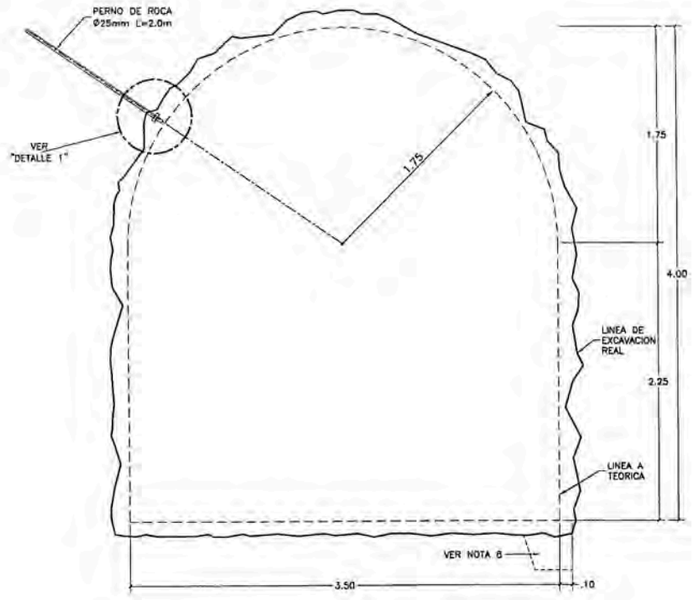
CONSORCIO HUACHIPA OTV

PROYECTO DE MEJORAMIENTO SANITARIO DE LAS ÁREAS MARGINALES DE LIMA - LOTES 1, 2 Y 3
C13 - 2008 - CW - 32920 / JBIC - SEDAPAL

sedapal
SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LIMA

PLANO DE:
RAMAL NORTE - TUNEL 1
PORTAL DE SALIDA

Nº DE LAMINA: 2

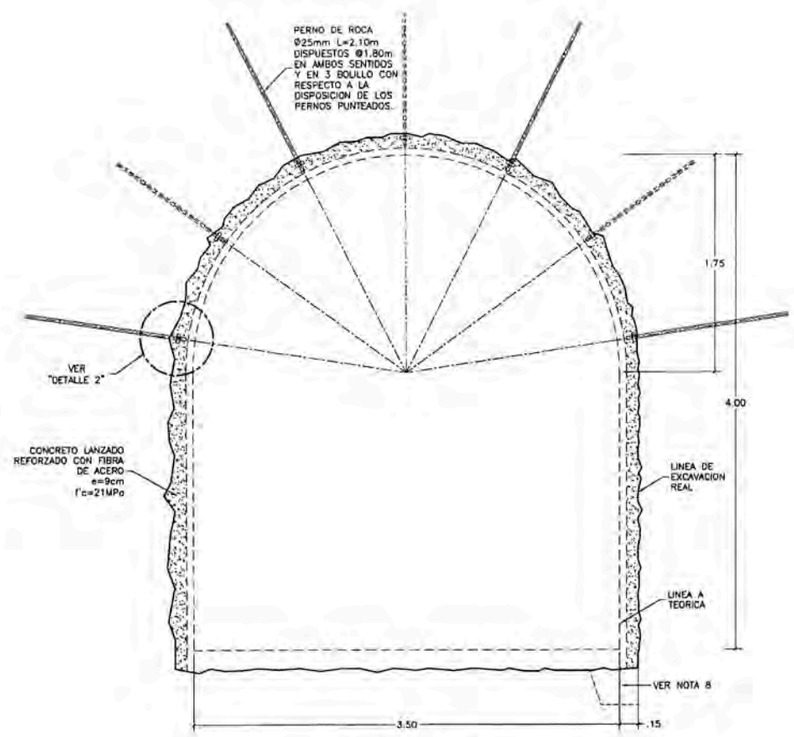


SECCION TIPO 1

ESC. 1/25

SOSTENIMIENTO

-PERNOS DE ROCA (L=2.0m Y D=25mm) NO SISTEMATICOS, COLOCADOS DONDE SE REQUIERA, FIJADOS CON MORTERO DE CEMENTO CEMBOLT O CAPSULAS DE RESINA O MIXTO (MORTERO DE CEMENTO + CAPSULA DE RESINA).

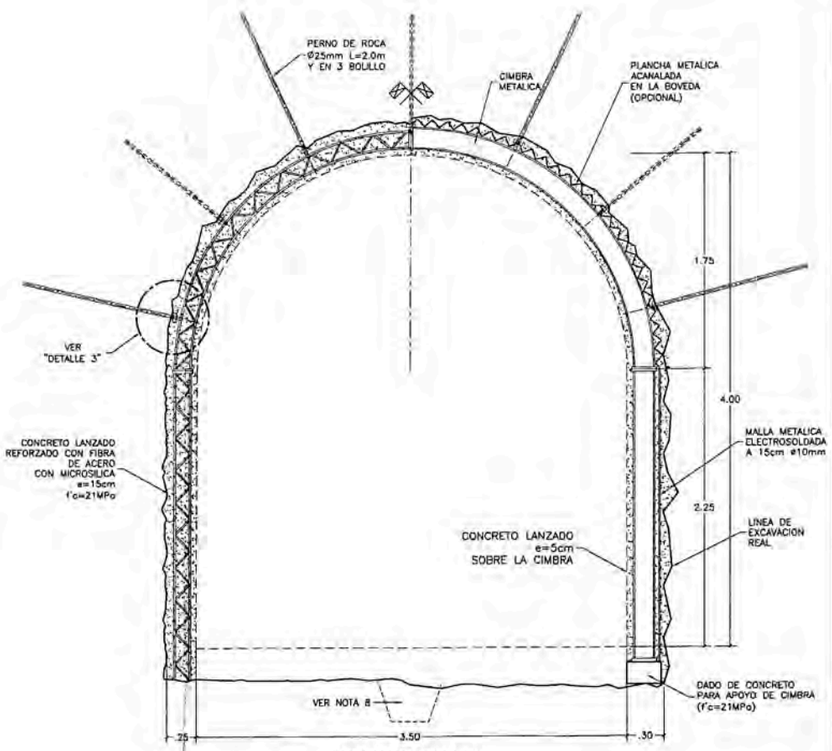


SECCION TIPO 2

ESC. 1/25

SOSTENIMIENTO

-CONCRETO LANZADO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO Y MICROSILICA e=9cm, APLICADO EN LA BOVEDA Y PAREDES.
-PERNOS DE ROCA (L=2.0m Y D=25mm), SISTEMATICOS FIJADOS CON MORTERO DE CEMENTO, CEMBOLT O CAPSULAS DE RESINA O MIXTO (MORTERO DE CEMENTO + CAPSULA DE RESINA). LOS PERNOS ESTARAN DISPUESTOS SEGUN MALLA 1.8m x 1.8m A LO LARGO Y ANCHO DEL TUNEL.

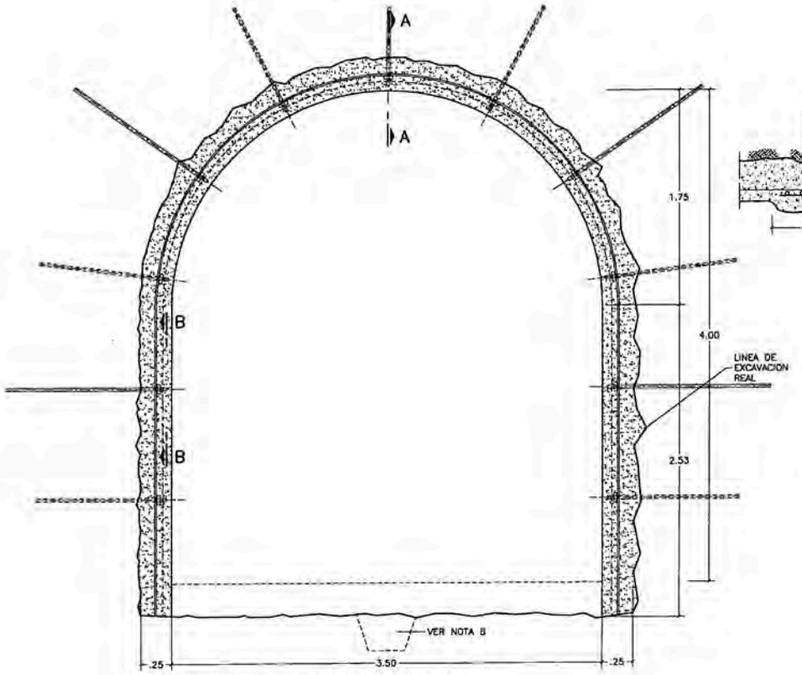


SECCION TIPO 3

ESC. 1/25

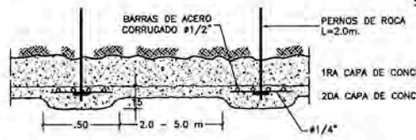
SOSTENIMIENTO

-CONCRETO LANZADO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO Y MICROSILICA e=9cm, APLICADO EN LA BOVEDA Y PAREDES.
-PERNOS DE ROCA (L=2.0m Y D=25mm), SISTEMATICOS FIJADOS CON MORTERO DE CEMENTO, CEMBOLT O CAPSULAS DE RESINA O MIXTO (MORTERO DE CEMENTO + CAPSULA DE RESINA); COLOCADOS PARA FIJAR LAS VIGAS DE CELOSIA (LATTICE GIRDER) Y/O EN LOS VANOS DE BOVEDA ENTRE



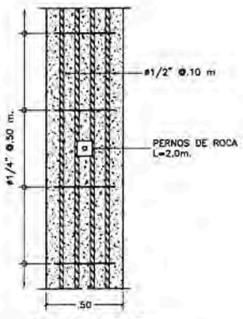
SECCION TIPO 3
ALTERNATIVA "RRS"

ESC. 1/25



SECCION A-A

ESC. 1/20

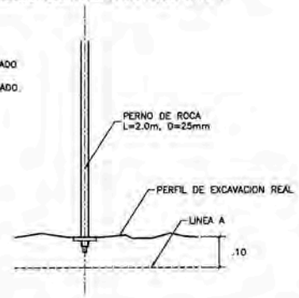


SECCION B-B

ESC. 1/20

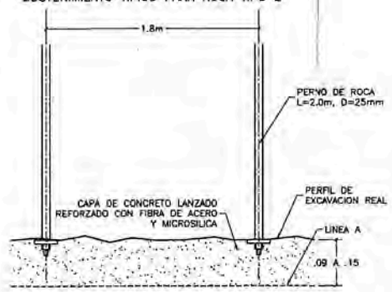
DETALLE 1

SECCION LONGITUDINAL
SOSTENIMIENTO EVENTUAL PARA ROCA TIPO 1



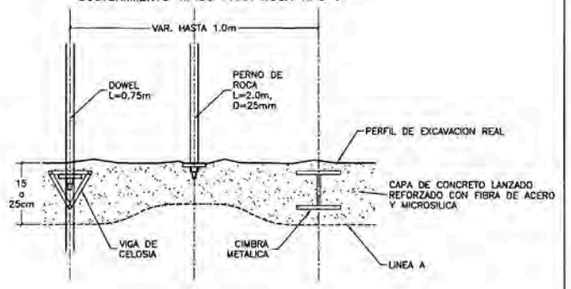
DETALLE 2

SECCION LONGITUDINAL
SOSTENIMIENTO TIPICO PARA ROCA TIPO 2



DETALLE 3

SECCION LONGITUDINAL
SOSTENIMIENTO TIPICO PARA ROCA TIPO 3



NOTAS:

1-TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN METROS EXCEPTO CUANDO SE INDICA DIFERENTE.
2-EL SOSTENIMIENTO DE LOS DIFERENTES TIPOS DE ROCA PUEDE SER MODIFICADO PARA ADECUARLO A LAS CONDICIONES DE LA MASA ROCOSA.
3-TODOS LOS CABEZALES DE LOS PERNOS DE ROCA QUE QUEDEN VISIBLES SOBRE LA ROCA O SOBRE CONCRETO LANZADO DEBERAN SER CUBIERTOS CON PINTURA DE BITUMEN O UN MASTIC EQUIVALENTE CONTRA LA CORROSION.
4-NO SE EMPLEARA ELEMENTOS O PARTES DE ELEMENTOS DE FIJACION DE MADERA EN NINGUN TIPO DE SOSTENIMIENTO.
5-DONDE SEA NECESARIO SE UTILIZARA SPILLING BARS.
6-LA COLOCACION DE CIMBRAS METALICAS O LATTICE GIRDER (VIGAS DE CELOSIA) SERA PRECEDIDA POR LA APLICACION DE CEMENTO LANZADO REFORZADO SOBRE LA SUPERFICIE DEL PERFIL DE EXCAVACION.
7-LUEGO DE COLOCADA LA VIGA SE APLICARA SOBRE LA MISMA Y SOBRE TODA LA SUPERFICIE UNA CAPA DE GROSOR UNIFORME DE CONCRETO LANZADO.
8-SI ES NECESARIA CUNETA DE DRENAJE, SUS DIMENSIONES Y UBICACION SERAN DETERMINADAS POR EL CONTRATISTA.
9-EL SOSTENIMIENTO INDICADO EN LAS SECCIONES ES REFERENCIAL Y PODRA SER ADECUADO A LAS CONDICIONES GEOLOGICAS DE LA ROCA QUE SE ENCUENTREN EN LA EXCAVACION.
10-SEPARACION ENTRE LINEA DE EXCAVACION REAL Y LINEA "A" TEORICA:
- EN ROCA TIPO 1 = 10cm
- EN ROCA TIPO 2 = 15cm
- EN ROCA TIPO 3 = 30cm (CON CIMBRAS "H")
- EN ROCA TIPO 3 = 20cm (CON VIGAS DE CELOSIA)

11-LA UBICACION, ORIENTACION Y CANTIDAD DE PERNOS DE ROCA PUEDE VARIAR PARA ADECUARSE A LAS CONDICIONES DE LA ROCA POR ESTABILIZAR.

REV. N°	FECHA	DESCRIPCION	REVISO	APROBO
02	05/02/09	Expediente Ramal Norte – Tunel 01	NK	
01	12/01/09	Expediente Ramal Norte – Tunel 01	NK	

CAMARGO CORREA — CONSORCIO HUACHIPA — OTV

PROYECTO DE MEJORAMIENTO SANITARIO DE LAS ÁREAS MARGINALES DE LIMA - LOTES 1, 2 Y 3

C13 - 2008 - CW - 32920 / JBIC - SEDAPAL

sedapal

SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LIMA

PLANO DE:

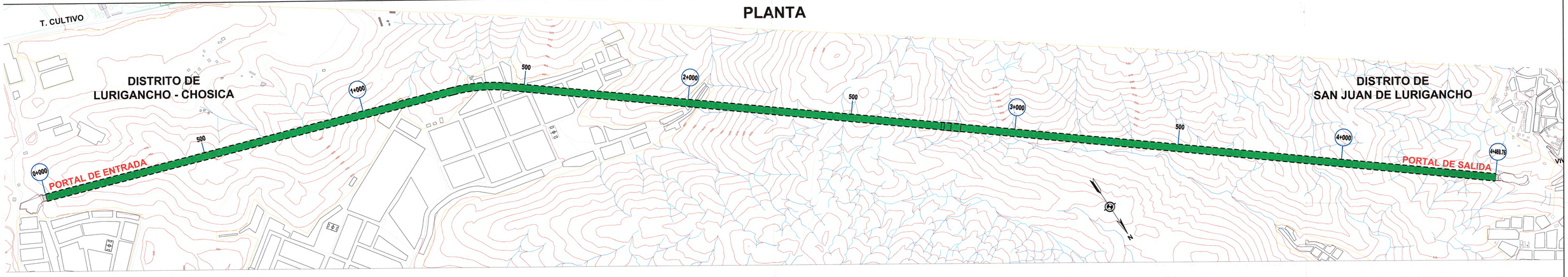
RAMAL NORTE - TUNEL 1

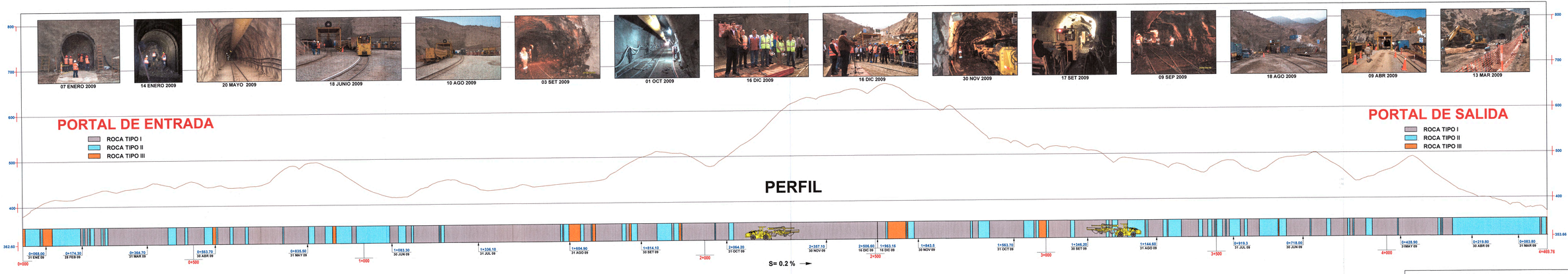
SECCIONES TIPICAS DE EXCAVACION Y SOSTENIMIENTO

N° DE LAMINA: 3

DIBUJO: DO	FECHA: FEBRERO 2009	CODIGO DEL PLANO:	
DISEÑO: MF	REVISADO: CV	APROBADO: CV	ESCALA: INDICADA

PLANTA





PROYECTO DE MEJORAMIENTO SANITARIO DE LAS ÁREAS MARGINALES DE LIMA - LOTES 1, 2 Y 3

Lote 3 - Túnel 1

PLANO DE: **PLANTA - PERFIL**

LOTE 3 (RAMAL NORTE) - TUNEL 1

KM 0+000.00 - 4+469.76

ELABORADO POR: BACH. MICHELA MARYBELL CORIMANYA DIAZ

FECHA: ABRIL 2010