



### El Proyecto

- El proyecto es parte del nuevo acceso a Valparaíso denominado Camino La Pólvara
- El Camino La Pólvara es de 20 Km.
- En ejecución la tercera etapa de un desarrollo aproximado de 4,8 Km, donde se emplazan 3 viaductos (120 m., 330 m. y 250 m.) y 4 túneles:
- T3 de 437 m., 2 calzadas
- T2 de 308 m., 2 calzadas
- **T1 de 2.180 m. sección 57-87 m2, 2-3 calzadas**
- T1A de 165 m. y corresponde a túnel de servicio.
- Las obras tienen un costo de US \$ 85 millones



## Construcción de Túneles

### NATM : New Austrian Tunneling Method

- NATM: Basado en las observaciones sobre el comportamiento reológico (Mecanismos de deformación) del macizo rocoso  
 → Sostinimiento Inmediato + Auscultación in situ + eventuales refuerzos + Revestimiento definitivo.

### CLASIFICACIÓN GEOTECNICA DE LA ROCA

A	A1	MACIZO ESTABLE SIN DESPRENDIMIENTO
MACIZO ESTABLE	A2	MACIZO ESTABLE CON DESPRENDIMIENTO
B	B1	MACIZO FRIABLE (con fracturas)
	B2	MACIZO SEVERAMENTE FRIABLE
	B3	MACIZO ESCURRIDIZO
C	C1	MACIZO CON ESTALLIDO DE ROCAS (presiones laterales)
	C2	MACIZO INESTABLE CON ACCION COMPRESIVA
	C3	MACIZO INESTABLE CON SEVERA ACCION COMPRESIVA
	C4	MACIZO FLUYENTE
	C5	MACIZO HINCHABLE

### Clase Geológica de Roca Túnel T1 (ml.)

P2	37,34
P1	7,80
A1	3,40
A2	908,79
<b>B1</b>	<b>1.023,31</b>
B2	174,20
<b>TOTAL</b>	<b>2.154,84</b>

### TUNEL T1

CLASE GEOTECNICA	MACIZO ESTABLE		MACIZO FRIABLE		MACIZO INESTABLE O PLASTICO		
	P1	P2	A1	A2	B1	B2	C2
RANGO DE RMR	PORTALES		100-81	80-61	60-41	40-21	MEJOR A 20
SUPERFICIE BOVEDA m2	54,679	56,549	51,935	52,842	53,757	54,679	55,610
SUPERFICIE BANCO m2	31,879	32,547	30,981	31,214	31,467	31,638	43,839
SUPERFICIE CONTRABOVEDA	NO	44,210	NO	NO	NO	43,099	44,928
PERIMETRO BOVEDA	18,535	18,850	18,064	18,221	18,378	18,535	18,693
PERIMETRO BANCO	6,795	6,792	6,899	6,799	6,731	6,796	7,405
PERI METRO CONTRABOVEDA	NO	7,403	NO	NO	NO	7,409	8,290
RADIOS EXCAVACION BOVEDA	5,900	6,000	5,750	5,800	5,850	5,900	5,950
PLANOS	203-TN-012 y 203-TN-015		203-TN-013		203-TN-014 y 203-TN-016		

CLASE GEOTÉCNICA	P1	P2	A1	A2	B1	B2	C2
<b>Longitud de avance Mts.</b>							
<b>Bóveda</b>	1,3 a 1,7	0,8 a 1,3	3 a 4	2 a 3	1,5 a 2,0	1,0 a 1,5	0,8 a 1,0
<b>Banco</b>	2,6 a 3,4	0,8 a 2,6	4,4 a 6,0	4 a 6	3 a 4	1,0 a 3	0,8 a 2,0
<b>Contrabóveda</b>	No	2,4 a 7,8	No	No	No	6,0 a 9	2,4 a 6,0
<b>Pernos en Bóveda</b>	8p=4m 9p=4m	8p=4m - 4p=6m 9p=4m - 4p=6m	Variable	Variabl e	8p= 3 m 9p=3 m	8p. 4 m 9p. 4m	8p. 4 m 9p. 4m
<b>Fijación</b>	Mortero o resina	Mortero o resina o autoperforante	Mortero o resina	Mortero o resina	Mortero o resina	Mortero o resina o autoperforante	Mortero o resina o autoperforante
<b>Colocación</b>	Sistemática	Sistemática	Local	Local	Sistemat ico	Sistemático	Sistemático
<b>Pu(KN)</b>	250	250	150	150	250	250	250
<b>L(m)</b>	4 m	4mts y 6 mts	2 a 3 m	2 a 3 m	3 m	4 m	4 m
<b>e(m)</b>	2,0 a 2,25	1,0 a 1,5	2,0 a 1,3	2,0 a 1,3	2,0 a 2,5	1,5 a 2,0	1,0 a 1,5
<b>s(m) Paten avance</b>	1,3 a 1,7	0,8 a 1,3			1,7	1,0 a 1,5	0,8 a 1,0
<b>Pernos en Banco</b>	2p= 4m Mortero o	2p=4m a 6m Mortero o	NO	NO	2p= 2m a 3m Mortero	2p. 3 a 4m Mortero o	2p.4m

Malla Acma(paraBóveda y Banco eventual)			NO	NO			
<b>Bóveda</b>	Ev. C - 188 simple	Ev.C - 335 doble			Ev. C - 188 simple	Ev. C-335 simple	Ev. C - 335 simple
<b>Banco(m)</b>	Ev. C - 188 simple	Ev. C - 335 doble			Ev. C - 188 simple	Ev. C-335 simple	Ev. C-335 doble
<b>Contrabóveda</b>	No	No	No	No	No	Sit. C -355 doble	Ev. C-335 doble
<b>Espesor de Hormigón proyectado con fibra</b>							
<b>Tipo</b>	Continuo	Continuo	Local	Continuo	Continuo	Continuo	Continuo
<b>Bóveda(cm)</b>	15 (5+10)	25 (5+10+10)	3 a 5	3 a 5	10 (5+5)	15 (3+12)	20 (3+9+8)
<b>Banco(cm)</b>	15 (5+10)	25 (5+10+10)	3 a 5	3 a 5	5	10 (5+5)	20 (3+9+8)
<b>Sello Hormigón proyectado frente excavación</b>							
<b>Tipo</b>	No	Si	No	No	No	Si	Si
<b>Bóveda (cm)</b>		Local				Local	Local
<b>Banco (cm)</b>		5				3	5
<b>Inyecciones de mortero local% en la clave</b>	No	Si	No	No	No	Si	Si

Malla	No	Si	No	No	No	Si	Si
<b>Marchi avanti o placas de acero</b>	No	Si	No	No	No	Si	Si
<b>Longitud (mts)</b>		2 (mts)				2,5	2
<b>Perfil con Pie de Elefante</b>	No	Si	No	No	No	No	Si
<b>Pernos Locales Frente excavación</b>	No	Si	No	No	Si	Si	Si
<b>Fijación</b>		Mortero o Resina o autoperforante			Si Fijación o Mortero	Mortero	Mortero o autoperforante
<b>PU(KN)</b>		250			150	250	250
<b>L(m)</b>		3 a 4			3	3	3
<b>Contrabóveda</b>	No	Si	No	No	No	Si	Si
<b>Tipo</b>		Eventual				Eventual	Continua
<b>Losá e = 40 cm</b>		H.30				H.30	H.30
<b>Malla</b>		C-335 doble				C-335 doble	C-335 doble

**Nota:** 1)- P1 y P2 aplicable hasta tapada de 22,5 mt. Sost. A1 Aplicable con tapada > 15 mt. Sosteminimo. A 1, A 2, B 1, B 2 y C 2 Aplicable tapada > 15 mts

2)- Tapada < 10 mt. No requiere pernos en la clave sólo en hastiales de 6,0 mt.

3)- Pu= 250 KN : Pernos Diametro 28 mm

4)- Pu= 222 KN : Pernos Diametro 25 mm

- ### Clasificación RMR (0 – 100)
- Desarrollado por Bieniawski (1973, rev. 1979 y 1989), donde se relacionan índices de calidad con parámetros geotécnicos del macizo:
  - Parámetros:**
  - Resistencia uniaxial
  - Grado de facturación RQD
  - Espaciado de las discontinuidades
  - Condiciones de las discontinuidades
  - Condiciones hidrogeológicas
  - Orientación de las discontinuidades con respecto a las excavaciones

### CLASIFICACIÓN GEOMECAICA DE ROCAS DIACLASADAS: RMR de BIENIAWSKI

PARAMETROS DE CLASIFICACIÓN Y SUS RANGOS								
RESISTENCIA DE LA ROCA INALTERADA	Índice de la carga puntual	> 8	4-8	2-4	1-2	Para esta escala tan baja se prefiere la prueba tan baja se a la compresión isotrofica		
	Mpa	Mpa	Mpa	Mpa	Mpa			
1	Resistencia a la compresión uniaxial	> 250	100-250	50-100	25-50	May-25	01-May	< 1
	VALORACION	15	12	7	4	2	1	0
2	RQD	Calidad de testigos	90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	< 25%	
3	SEPARACION DE JUNTAS	VALORACION	20	17	13	8	3	
	VALORACION	>3 m	1-3 m	0.3-1 m	8	8	< 30 mm	
4	ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	Superficies muy rugosas, sin continuidad.	Superficies algo rugosas separación	Superficies algo rugosas separación	Superficies pulidas o relleno < 5 mm	Espasamiento o fisuras abiertas 1-5 mm	Refino blando > 5 mm	Fisuras abiertas > 5 mm
	VALORACION	30	25	20	10	0		
5	AGUAS SUBTERRANEAS	Condición de infiltración	Ninguna	< 10	10-25	25-125	> 125 litros/minuto	
	VALORACION	0	< 0.1	0.0-0.2	0.3-0.5	> 0.5		
Situación general		Seco	Húmedo	Mojado	Gotando		Seños problemas de agua	

### CLASIFICACIÓN GEOMECAICA DE ROCAS DIACLASADAS: RMR de BIENIAWSKI

TUNEL: T1-ENTRADA, UBICACIÓN (PK): 2143.70, FECHA: 17-10-2024, ELABORADO: Luis E. Arias, SUIJO, EXPEDIENTE: 20582.10

PARAMETROS DE CLASIFICACIÓN Y SUS RANGOS								
RESISTENCIA DE LA ROCA INALTERADA	Índice de la carga de punta	> 8	4-8	2-4	1-2	Para esta escala tan baja se prefiere la prueba tan baja se a la compresión isotrofica		
	Mpa	Mpa	Mpa	Mpa	Mpa			
1	Resistencia a la compresión uniaxial	> 250	100-250	50-100	25-50	May-25	01-May	< 1
	VALORACION	15	12	7	4	2	1	0
2	RQD	Calidad de testigos	90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	< 25%	
3	SEPARACION DE JUNTAS	VALORACION	20	17	13	8	3	
	VALORACION	>3 m	1-3 m	0.3-1 m	8	8	< 30 mm	
4	ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	Superficies muy rugosas, sin continuidad	Superficies algo rugosas, separación	Superficies algo rugosas, separación	Superficies pulidas o relleno < 5 mm	Espasamiento o fisuras abiertas 1-5 mm	Refino blando > 5 mm	Fisuras abiertas > 5 mm
	VALORACION	30	25	20	10	0		
5	AGUAS SUBTERRANEAS	Condición de infiltración en 10 m de túnel	Ninguna	< 0.1	0.0-0.2	0.3-0.5	> 0.5	
	VALORACION	0	< 0.1	0.0-0.2	0.3-0.5	> 0.5		
Situación general		Seco	Húmedo	Mojado	Gotando		Seños problemas de agua	

RANGOS DE AJUSTE PARA DIACLASAS POR ORIENTACION						
ORIENTACION DE LAS DIACLASAS	Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable	
Fracturas	0	-2	-5	-10	-12	
Fanestaciones	0	-2	-5	-10	-12	
Faludes	0	-2	-5	-10	-12	
VALORACION TOTAL						
Rango de valoración						
Desfavorable						
Muy buena						
Buena						
Regular						
Mala						
Muy Mala						

CLASES DE MACIZOS ROCOSOS DETERMINADOS DE LA VALORACION TOTAL						
Rango de valoración	100-81	80-61	60-41	40-21	< 20	
Desfavorable	Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy Mala	

EFECTO DE LA ORIENTACION DE LAS DIACLASAS DURANTE LA EXCAVACION						
Orientación	Escalonamiento	Escalonamiento	Escalonamiento	Escalonamiento	Escalonamiento	Escalonamiento
Horizontal	Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable	
Vertical	Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable	
Condición	Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable	

RMR = Σ (1, 2, 3, 4 y 5) + (Valoración de B en función de D) = 49

**Consortio Consultor** MAPEO GEOLOGICO DE FRENTE DEL TUNEL T1-Entrada Registro N°

**Zañartu Cade Ltda.** Hoja de Documentación de Ingeniería Geológica y Clasificación de los Macizos Rocosos Ubicación (PK): 20.582,10

Fecha: 08.05.04 Elaborado por: Luis E. Arias Orientación de la sarea investigada: N5W

Unidad Geológica: Gneiss

Nombre de la Roca: Gneiss

Diagrama de bloques (sección):

Propiedades litológicas y comportamiento de macizos rocosos, observaciones:

Roca maciza y muy dura. Pocas fracturas. Sector inferior con litología más meteorizada y fracturada.

Compartimiento geomecánico: A2, con RME=62

Pendientes de sostenimiento: 4 (10°, 15°, 12° y 2°).

Elaborado por: Luis E. Arias, C.A. Campo

**ZASARKU** HABILITACIÓN CAMINO LA PÓLVORA SOSTENIMIENTO PRIMARIO POR AVANCE DIARIO TUNEL T-1 SOPORTE TIPO B-1

TUNEL FRENTE T1-ENTRADA Km inicial 2143.15

FECHA 17-10-2024 Km final 2146.20

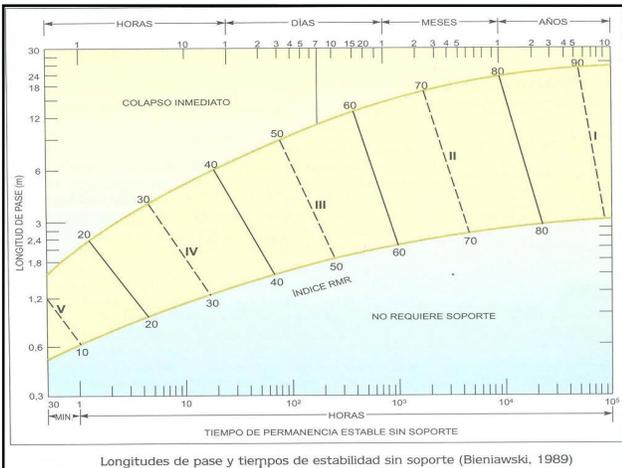
Diagrama de bloques (sección):

El frente se encuentra localizado en el PK 2143.15, constituido por diorita gris muy fracturada, espesor medio entre fracturas de 6 a 20 cm, y zona central de 0.80 m de espesor, roca blanda por sector superior y duro por sector inferior.

El comportamiento geomecánico es el de un caso B1 con RME=49.

Se debe aplicar según plano 203-TN-013 instalando el cargado de pernos #530 compuestos por 2 unidades de 25 mm diámetro y longitud 300 mm, en el PK 2143.70.

Los paros de convergencia de la estaca principal deben ser controlados y el otro los de protección.



## Construcción Túnel T1

- El túnel T1, tiene una longitud de 2.154,8 m el cual se construye en las siguientes etapas:

1. Construcción de Portales
2. Excavación Minera del Túnel
3. Construcción de Fundaciones
4. Instalación de Drenes Laterales
5. Perfilado del Túnel y Gunitado
6. Impermeabilización
7. Colocación de Hormigón Moldeado
8. Inyección de Contacto
9. Colocación de Cañerías Red Contra Incendio
10. Confeción de Cámaras de Percoladas y de Calzada
11. Colocación de Soleras y Sumideros Continuos
12. Colocación de Banco Ductos Eléctricos
13. Colocación de Hormigón de Aceras y Cámaras Eléctricas
14. Colocación de un Sub-Dren de calzada
15. Colocación de Sub-base y Base de Calzada
16. Construcción de Cielo Falso
17. Colocación de Hormigón de Calzada y Coronamiento CI-AC
18. Construcción de Bodegas Contra Incendio
19. Canalización Eléctrica
20. Instrumentación y Equipamiento del Túnel.

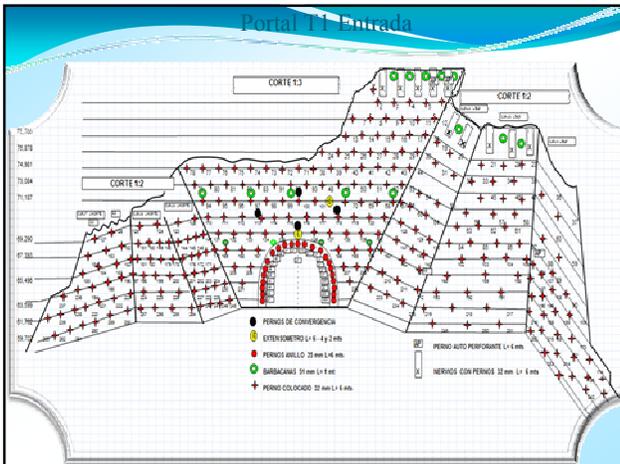
## Construcción de Portales

- Antes de realizar la excavación del túnel , hubo que cortar y sostener con pernos, malla y shotcrete los taludes (llamados portales de aquí en adelante), que en total fueron 3; El Portal T1 Entrada, El Portal T1 A y el Portal T1 Salida.
- La Obra del Túnel T1 , se inicia con la construcción del portal del Túnel T1 Entrada en Agosto de 2003.

## Portal T1 Entrada

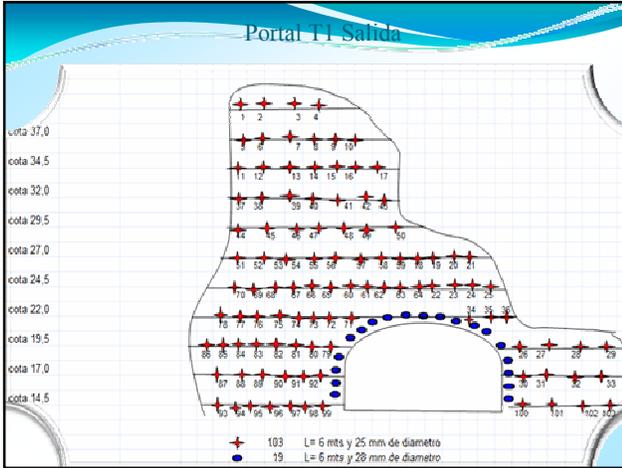
- Cota de Inicio : 83 m s/m
- Cota de Termino : 57 m s/m
- Ubicación : Sector "LA EXPLANADA" de PLAYA ANCHA.
- **Método Constructivo:** Este portal al igual que los otros 2 se realizo desde la parte superior a la inferior, excavando bancos de 2 metros , una vez chequeado por topografía el corte del talud ( 1:2 o 1:3), se fortificaba con shotcrete ( 10 cm de espesor), pernos de 6 mts de largo, malla Acma (C-188) y shotcrete (10 cm de espesor).
- Todo el portal se construyo en forma mecanizada, comenzando por la parte superior , que básicamente consistió en remover material de relleno y rocas muy alteradas, que fueron retiradas fácilmente con excavadoras, hasta llegar a la roca en la cual hubo que utilizar martillo hidráulico para la roca menos alterada y explosivo para la roca mas competente.
- En el portal y sobre la boca del túnel, se colocaron estaciones de monitoreo, consistentes en pernos especiales, que se controlaron diariamente, para comprobar la estabilidad del portal durante la excavación del túnel.
- Previo a la excavación del túnel, y dentro de los trabajos del portal, se construyo un anillo dando la forma del túnel, compuesto por una mayor cantidad de pernos, malla y shotcrete.

## Portal T1 Entrada



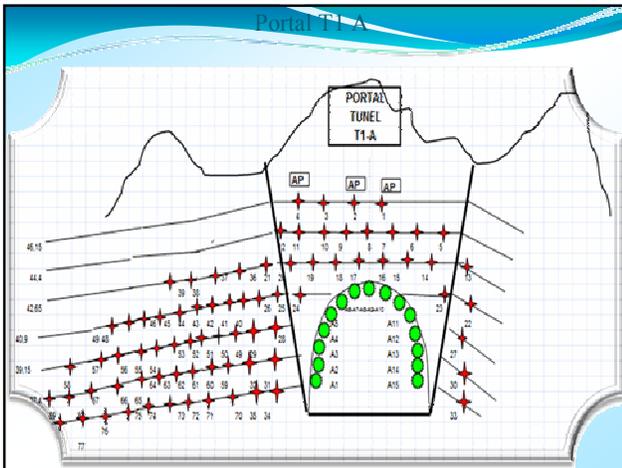
## Portal T1 Salida

- Cota de Inicio : 40 m s/m
- Cota de Termino : 14 m s/m
- Ubicación : Calle Antonio Varas , Bajo el paseo 21 de Mayo
- En lo que corresponde a lo que es fortificación , monitoreo y anillo en la boca del túnel, se realizo lo mismo que el portal del túnel T1 Entrada.
- La particularidad de la ejecución de esta obra recayó en lo escarpado y abrupto del terreno, con locomoción colectiva y particular pasando por la calle Antonio Varas, lo que derivó en tomar medidas de ejecución y seguridad especiales, tales como la capacitación y entrenamiento del personal en técnicas de escalado en roca y andinismo , la colocación de malla protectora a toda la superficie del portal para el deslizamiento de las rocas , la construcción de un muro de contención y de un parapeto de material de relleno para la contención de rocas producto de la construcción del portal ; en casos muy especiales hubo que sostener bloques pre-formados de gran tamaño con pernos, malla y piolas , para posteriormente ir reduciéndolas de a poco.
- La excavación de este portal se realizo completamente manual, sin la utilización de explosivos.



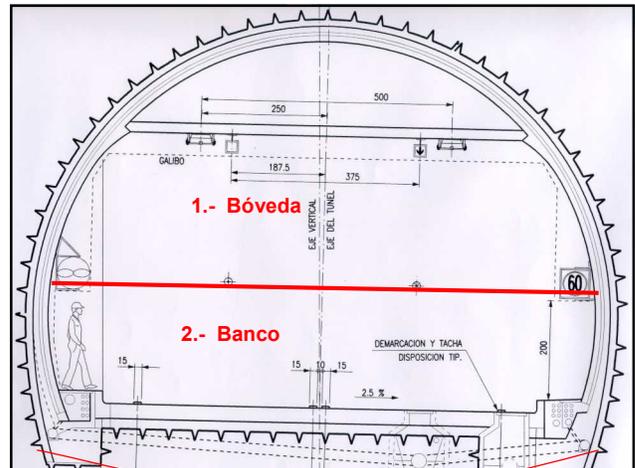
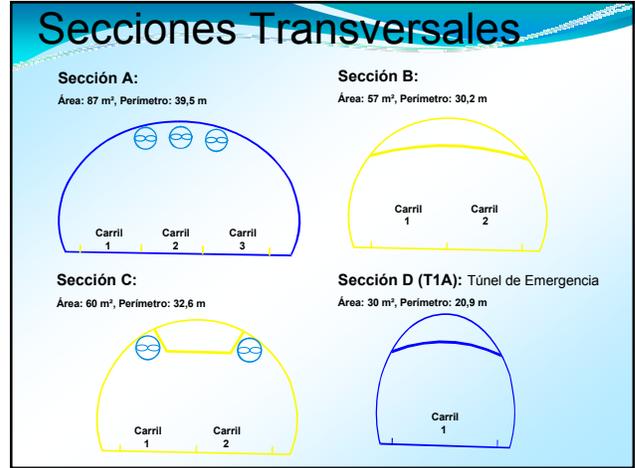
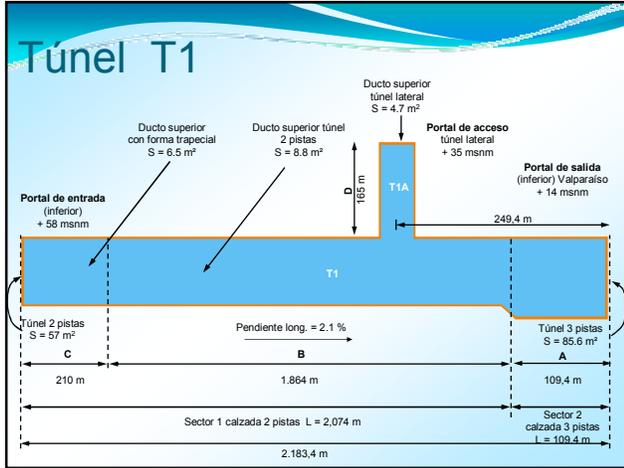
### Portal T1 A

- Cota de Inicio : 47 m s/m
- Cota de Termino : 35 m s/m
- Ubicación : Calle Taqueadero , con casas a ambos lados y al frente de este
- Este portal al construyo bajo los mismos parámetros de fortificación y maquinaria que el túnel T1 entrada , salvo que no hubo necesidad de utilizar explosivo por lo alterado de la roca y la construcción de muros altos para evitar la contaminaciones acústicas y de polvo a las casas aledañas a la obra.



### Excavación minera del Túnel

- Terminado de fortificar el Portal del Túnel T1 Entrada en Noviembre de 2003 se inicia el desarrollo del Túnel T1 Entrada, desde Playa Ancha hacia el Puerto, paralelo a esto en Calle Taqueadero se construye el Portal y Túnel T1A , interceptando el Túnel T1, generando nuevos dos frentes de desarrollo (Junio 2004), una hacia el túnel entrada , T1 Poniente y otro hacia el portal salida o puerto, Túnel T1 Oriente.













## Necesidad asociada al NATM y sus conceptos

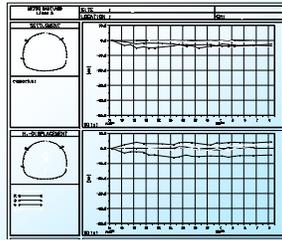
### MONITOREO DE DEFORMACIONES Y GEOTÉCNICO

- Deformaciones del soporte primario y cargas actuantes sobre él son monitoreadas a través de instrumentación, cuyos resultados son usados para efectuar ajustes en el soporte y la secuencia de excavación

Monitoreo de deformaciones - Mediciones Ópticas en 3D



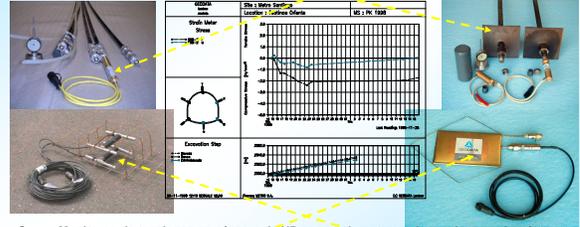
Pernos de convergencia con miras



## Monitoreo de Deformaciones y Geotécnico

### INSTRUMENTOS DE MONITOREO MÁS USADOS

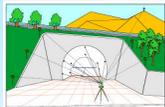
- Monitoreo de deformaciones dentro del macizo con extensómetros y de esfuerzos de tracción en pernos a través de pernos de carga



- Monitoreo de tensiones en cáscara de HP con strainmeters y de presiones sobre ésta a través de celdas de presión

## Monitoreo de Deformaciones y Geotécnico

### SECCIONES DE MONITOREO DENTRO DE LOS TÚNELES



#### Secciones de Monitoreo en Túneles

Extensómetros (miden deformación del macizo alrededor del túnel)

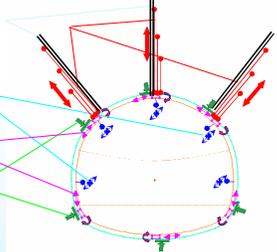
Puntos de Asentamiento (Superficiales y Sub-superficiales)

Pernos de Medición (se miden esfuerzos de fricción en pernos y carga de tracción total)

Monitoreo Óptico - miras / prismas (se miden deformaciones en 3 direcciones - se calculan convergencias)

Strainmeters - (strain gages) (Miden deformaciones unitarias en HP - se calculan esfuerzos)

Celdas de Presión (miden empujes sobre el revestimiento del túnel)



## Impermeabilización Túnel T1 Camino La Pólvora



## Impermeabilización

- La impermeabilización del Túnel T1, consistió en la colocación de una membrana flexible (geomembrana) en todo el perímetro y a todo lo largo del túnel.
- Las operaciones previas a la colocación de la geomembrana fueron:
- eliminar todas las puntas de roca y sub-excavaciones. (Plantilla)
- La captación de aguas
- El relleno con shotcrete de las sobre-excavaciones

## Plantilla verificación Sección



**Eliminación de puntas de fierro t de rocas**  
**La proyección de gunita o capa de acabado**  
**La colocación de Geotextil 500grs/m2 Polyfelt P006 en anchos de 3 metros , que es una capa protectora y compensadora, y además cumple la función de desaguar superficialmente las aguas de filtraciones**  
**Y finalmente la colocación de la Geomembrana PVC (Sikaplan 14.6) que es una lámina termoplástica, a base de cloruro de polivinilo de 2 mm de espesor, autoextingible que impide el paso de las aguas hacia el túnel.**

## Impermeabilización

- Para conseguir una total estanqueidad se realizaron las siguientes trabajos y pruebas:
- sobre el Geotextil se instalaron clavos hilti con discos de pvc de 2" de diámetro en una cantidad equivalente a 4 ud/m2 alineados transversalmente y longitudinalmente
- la geomembrana (PVC) se colocó transversalmente soldada termoplásticamente a los discos de pvc por medio del soldador tipo leister.
- la membrana impermeable se instaló cubriendo completamente el Geotextil inferior , con suficiente holgura para prevenir la generación de esfuerzos de tracción inapropiados durante la instalación del concreto
- los paños adyacentes de membrana impermeable se unieron mutuamente a través de una soldadura térmica de doble costura, con un solape de 10 cm

A todos los cordones de soldadura térmica dobles se le realizaron ensayos con aire comprimido. Para esto, se sella uno de los extremos con un caimán especial y por el extremo opuesto se inyecta aire comprimido hasta una presión entre 2 y 2,5 atmosferas, durante 10 minutos, considerándose aprobado el ensayo de compresión siempre que la caída de presión no sea superior a 10 % de la presión de aire ejercida en el canal

En aquellos casos en que hubo que perforar la membrana para la colocación de anclajes se inyectó una masilla de poliuretano y en forma manual se colocaron parches del mismo material PVC, lo mas ajustado posible al anclaje, soldados con la soldadora del tipo Leiter, en cuyo interior y muy próximo al borde externo se colocó un alambre fino de cobre que era chequeado un chispometro. Si se producía el arco eléctrico laminaria entre el alambre de cobre y el instrumento estaba rechazado y debía volverse a parchar, si no daba el arco eléctrico al pasar el instrumento, significaba que estaba completamente sellado y se daba por aprobado.

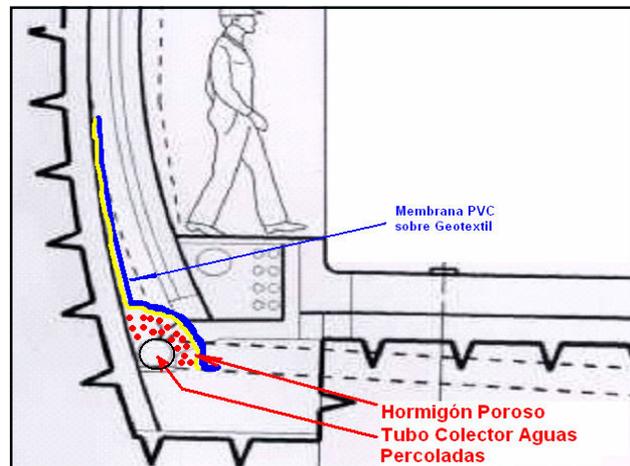
**GEOTEXTIL 500 GR/M2 Polyfelt P-006**  
**GEOMEMBRANA e=2 mm Sikaplan 14.6**

El material utilizado fue de fibra de polipropileno, entrelazadas por medios mecánicos "no tejido". Anchos de 3 m.

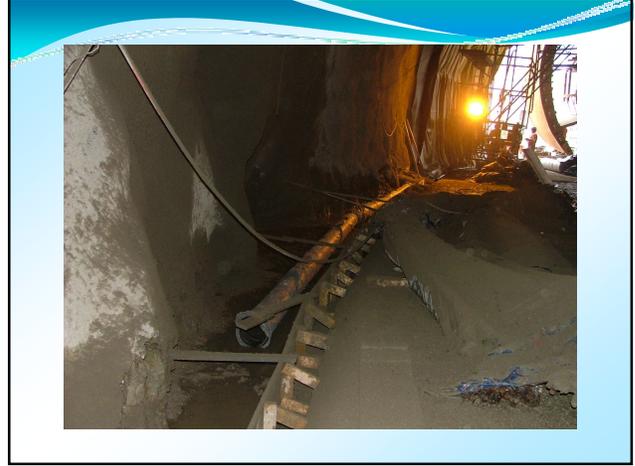
Sus propiedades Generales son:

Densidad	0.895 – 0.92 g/cm3
Punto de Fusión	160 a 165 ° C
Temperatura de Fusion Cristalino	155 a 176 ° C
Temperatura de Auto-Ignición	Ca. 375 °C
Poder Calorifico	11.000 cal/g
Calor Especifico	0.46 cal/g m ° C
Quemado Horizontal	17 a 25 mm/min

Geomembrana PVC e=2mm (Sikaplan 14.6): Es una lámina termoplástica, a base de cloruro de polivinilo de 2 mm de espesor, autoextingible.







## Hormigón Moldeado

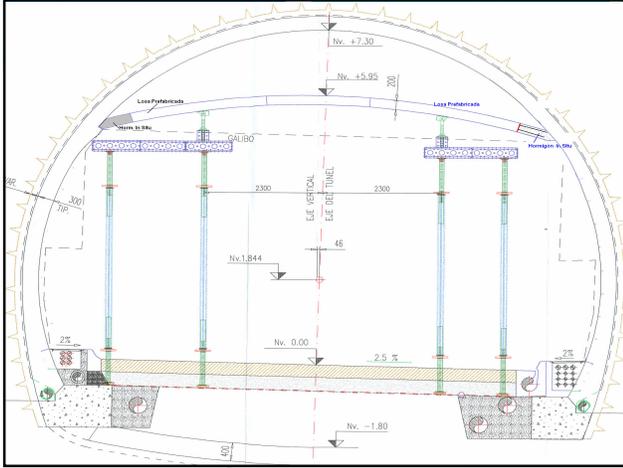
- El moldeado considero las siguientes etapas:
- Construcción del zócalo
- Hormigón del moldeado
- Inyección de Contacto
- El hormigón moldeado in-situ , es una estructura de hormigón con forma de arco que se instala concéntrica al revestimiento primario de hormigón proyectado, cuyo arco superior se compone de las paredes laterales y del techo de la cavidad, el espesor mínimo y máximo fue de 30 – 55 cm para 2 vías y de 40-65 cm para 3 vías, considerando que las paredes laterales se comportan como pilares es que debajo del ecuador del túnel el espesor de los revestimiento en los hastiales fuera superior a los máximos permitidos.
- El moldaje utilizado, fue un moldaje metálico que se trasladaba de un punto a otro por medio de unas ruedas metálicas apoyadas en rieles ( por esto fue llamado "carro").
- Las dimensiones del carro lograban cubrir longitudinalmente un máximo de 12 m de largo y transversalmente apoyados en un moldeado de +- 1 m de altura llamados zócalo.
- El llenado consideraba 2 bombas impulsoras de hormigón, 1 por cada lado las que a través de cañerías se impulsaba el hormigón y vaciaba en las ventanas del carro , el vibrado se hacía con vibradores de placas.
- En la clave del carro, cada 3 m se dejaban cañerías de pvc de 2" de diámetro insertas en el hormigón, las que una vez adquirida la resistencia del hormigón eran inyectadas con lechada a presión para el relleno de espacios sin llenar en la clave del túnel.





## Construcción Losa Techo Falso

- El cielo falso, nace de la necesidad de evacuar los gases tóxicos producidos durante un incendio en el interior del túnel, sin pasar por la gente para lo cual durante la construcción del moldeado se dejaron sobresalidos unos hombros, en cuyo lugar se apoyaron losas prefabricadas de distintas medidas las que unidas y selladas con hormigón, forman el cielo falso.
- Cada 100 metros se dejaron una aberturas llamadas celosías en total 20, cuyo fin es que declarado el incendio, 19 están cerradas y 1 abierta absorbiendo los gases generados por el siniestro.
- En el caso de las bahías en la parte mas ancha hubo que construir in situ unas losas y muros para apoyar las losa prefabricadas.
- La extracción de los gases por esta zona, obviamente se hará apoyado con ventiladores.



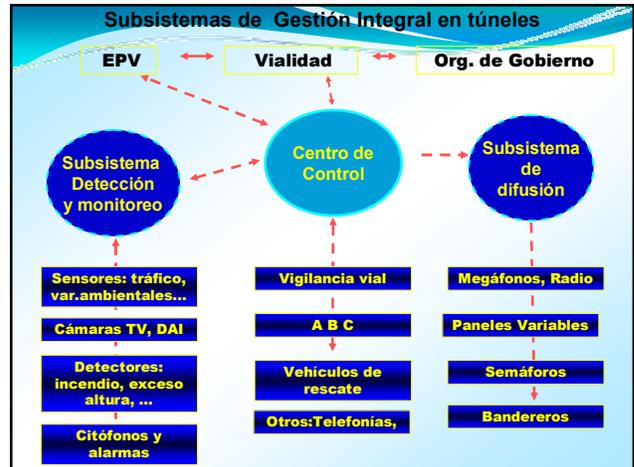


## GESTION DE TUNELES



## Sistemas de Control en la Infraestructura

- Sistema de Control Central
- Sistema de Control de Iluminación
- Sistema de Control de Ventilación
- Sistema de Detección y Alarma de Incendios
- Sistema de Circuito Cerrado de Televisión
- Sistema de Megafonía
- Sistema de Postes S.O.S.
- Sistema de Telefonía Corporativa
- Sistema de Radiocomunicaciones
- Sistema de Monitoreo de Tráfico
- Sistema de Control de Accesos al Túnel
- Sistema de Detección Automática de Incidentes
- Sistema de Señalización Variable y Semáforos
- Sistema de Detección de Exceso de Gálibo
- Sistema de Flujo de Tráfico
- Sistema de Red de Comunicaciones





# Zañartu

**Consultores de Ingeniería**



**ZANARTU**  
CONSULTORES DE INGENIERÍA