



**Proyecto Corredor Bioceánico Central, Sección Paso Fronterizo Aguas Negras,
Chile – Argentina.**

**MEMORIA DE TÍTULO
PARA OPTAR AL TÍTULO DE CONSTRUCTOR CIVIL**

Estudiante:

Cristóbal Humberto Monsalve Silva

Profesor Guía:

Alejandro Ossandón Sasso

Diciembre 2018
Santiago, Chile

DEDICATORIA:

A mis Padres, Yanina y Humberto:

Por darme el apoyo incondicional y necesario para lograr mis metas los cuales han sido y serán parte de cada uno de mis logros y en ellos mi pensamiento está siempre por cada paso que doy.

¡Infinitas Gracias!

A mi Hermana, Francisca:

Por estar a mi lado siempre y aunque ahora esté lejos, este proceso se le piensa y no estaría en esta etapa sin su compañía.

A mis Familiares:

Por ser mi núcleo lejos de mis padres, darme ese calor familiar y abrirme la puerta de sus casas cada vez que lo necesité y conté con su apoyo siempre.

¡Muchas Gracias!

A mis Amigos:

Por ser mi pilar fundamental en mi paso a la vida independiente y poder contar con ellos siempre haciendo el paso por Santiago una gran experiencia que terminó siendo el hogar de varios.

AGRADECIMIENTOS:

- A mis Padres, Humberto Monsalve Ávila y Yanina Silva Carrasco.

- A mi Hermana, Francisca Monsalve Silva.

- A mis Abuelos, María Ávila, Geraldine Carrasco, Sergio Salas y Chito Monsalve.

- A mi pareja, Verónica Cutolo Zerpa.

- A mis Familiares, Cecilia Monsalve, Logy Monsalve, Oscar Correa, Renata Correa, Antonio Díaz Silva (Padre e Hijo), Lisbeth Silva Carrasco, Lisbeth Díaz Silva, Felipe Díaz Silva, Jorge Díaz, Raissa Silva Carrasco, Rodrigo Abarca Silva, Andrés Vera Espinoza, Rosa Espinoza.

- A mis Amigos: Sebastián Marambio, Enrique Espinoza, Daniel Ambler, Camilo Segovia, Patricio Sepúlveda, Leonardo Hernández, Alexander Leopold, Andrés Inostroza, Sergio Caroca y Elías Ibarra.

- A mis Compañeros, Patricio Rozas, Pablo Carcamán.

- A mi Conserje, Pedro Pacheco.

- A mis profesores, Alejandro Ossandon, Nicolás Moreno, Carlos Aguirre.

RESUMEN

El Corredor Bioceánicos Central (CBC) será una ruta que unirá dos océanos, el Atlántico con el Pacífico por medio de dos Puertos que estarán ubicados en la Región de Coquimbo, Chile y Porto Alegre, Brasil quienes se unirán por una carretera Argentina, lo cual hará que se junten por una sola arteria el ABC de América del Sur (Argentina, Brasil y Chile).

La importancia que tiene el Corredor Bioceánico Central no es tan solo para la Región de Coquimbo, si no, que para todo el país, Argentina y Brasil. Así poder alivianar la congestión que tiene cada año el Paso Libertador Bernardo O'higgins.

Con esto, además de darle un mayor uso al Puerto de Coquimbo, se unirá Porto Alegre de Brasil con la IV Región de nuestro país.

ABSTRACT

The *Central Bi-oceanic Passage* (CBP) is a route linking two oceans, the Atlantic and Ocean by two ports to be located in the Region of Coquimbo, Chile and Porto Alegre, Brazil who will be joined by Argentina road, which it will come together for a single artery the ABC of South America (Argentina , Brazil and Chile).

The importance of the *Central Bi-Oceanic Passage* is not only for the Region of Coquimbo, if for the whole country, Argentina and Brazil. So to be more free the Libertador Bernardo O'Higgins pass.

With this, besides giving greater use to the Port of Coquimbo, Porto Alegre of Brazil will join the IV Region of our country.

SOLO USO ACADÉMICO

INDICE

	Pág.
INTRODUCCION.....	07
CAPITULOS:	
I. ANTECEDENTES.....	08
1.1 Planteamiento del proyecto.....	08
1.2 Preguntas de investigación.....	08
1.3 Justificación de la investigación.....	08
1.4 Objetivos de la investigación.....	08
II. MARCO TEÓRICO.....	09
2.1 Origen.....	09
2.2 Causas del proyecto.....	10
2.3 Ruta La Serena – San Juan.....	11
2.3.1 Puerto de Coquimbo.....	13
2.3.2 Ruta Nacional 150, Argentina.....	14
2.3.3 Túnel Paso Agua Negra.....	18
2.4 Mención Porto Alegre.....	21
III. MARCO METODOLÓGICO.....	23
3.1 Antecedentes del lugar.....	23
3.2 Criterios de diseño.....	24
3.2.1 Ejemplo Túnel San Cristóbal.....	34
ANÁLISIS DEL PROYECTO.....	39
CONCLUSIÓN.....	40
BIBLIOGRAFÍA.....	41

INTRODUCCIÓN:

El Corredor Bioceánico Central es un proyecto en el cual en conjunto Chile, Argentina y Brasil planean la unión del océano Pacífico con el Atlántico en una sola ruta para poder conectar los Puertos de Coquimbo con el de Porto Alegre pasando por una carretera moderna y adecuada para todo tipo de vehículos que cruza casi todo San Juan de Argentina.

Además, para esto se deberá construir un importante Túnel Bidireccional que atravesará la Cordillera de los Andes casi 14 kilómetros de largo lo que hace este proyecto un gran desafío para la Construcción de Chile y nuestro país vecino.

SOLO USO ACADÉMICO

Capítulo I:

1.1 Planteamiento del Proyecto:

Este proyecto lo que busca, básicamente es unir el océano Atlántico con el océano Pacífico mediante dos puertos en sus extremos, uno en la Región de Coquimbo, Chile y el otro en Puerto Alegre, Brasil los cuales en el medio estarán enlazados por una importante carretera que se encuentra en Argentina.

1.2 Preguntas de Investigación:

- ¿Qué cambios tendrán las rutas existentes por donde se llevará a cabo el CBC?
- ¿De qué manera se cruzará la Cordillera de los Andes para conectar Chile con Argentina?
- ¿En que ayudará este proyecto a los países afectados?

1.3 Justificación de la Investigación:

La investigación busca informar al lector sobre el importante proyecto desarrollándose en nuestro país, esto para que no pase desapercibido y menos a personas vinculadas a la profesión ya que algo tan importante no es muy conocido hasta la fecha.

1.4 Objetivos de la Investigación:

Objetivo General:

- Dar a conocer el proyecto de CBC.

Objetivos Específicos:

- Detalles de trabajos en los países involucrados, especialmente Chile y Argentina.
- Historia de los lugares.
- Datos constructivos y métodos del proyecto

Capítulo II:

2.1 Origen:

Lo que hoy conocemos como el Paso de Agua Negra, antiguamente fue camino de las primeras tribus cazadoras y recolectoras. Estos clanes caminantes inagotables que al trasladar sus animales, tales como vicuñas y guanacos en verano los cuales recorrían el lugar.

Más adelante, la llegada de los españoles, los que estaban en plan de conquista, usaron el lugar para expandir sus horizontes lo que dejaron su marca para las futuras independencias y la unión de lo que sería más tarde “el paso patriota de dos pueblos hermanos en la unión americana”.

En 1943 las obras de mejoras permitieron el tránsito de vehículos motorizados las cuales, miles de viajeros utilizan la ruta como su camino de paso.

Esta ruta se habilitó al tráfico internacional a partir del año 1964. El acceso se reabrió al turismo a partir de Enero de 1992.



Figura N°1. Fotografía Paso Agua Negra.

(Fuente: <http://www.elobservatodo.cl/noticia/sociedad/entregan-detalles-de-la-apertura-del-paso-de-agua-negra>)

2.2 Causa del Proyecto:

De acuerdo a lo que dice la Dirección de Fronteras y Límites de Estado (DIFROL):

“El establecimiento de corredores bioceánicos en Sudamérica ha tenido en cuenta la facilitación e intensificación del intercambio, con el fin de generar un espacio económico más integrado, y de lograr convergencias entre mecanismos e instituciones regionales. Al mismo tiempo, ha significado ampliar la plataforma de inserción internacional, fortaleciendo los enlaces terrestres entre los diversos centros de producción con los puertos del Pacífico y del Atlántico, abriendo nuevas conexiones hacia los mercados externos.

Desde el punto de vista interno, los países también han visto en este tema un medio para dinamizar el desarrollo de centros y localidades situados a lo largo de un corredor, aportando nuevas oportunidades a zonas tradicionalmente menos favorecidas en el área de influencia de aquél.

Más allá del desarrollo de la infraestructura, en los corredores o ejes de integración, también se busca satisfacer la facilitación del tráfico internacional y el intercambio entre los países, uniendo territorios a través de conexiones eficientes bajo un marco operativo y de normas acorde con esa finalidad. Es decir que, por una parte, se procura formar una plataforma logística de conectividad para el intercambio, y por otra, crear las condiciones normativas y operatorias para que se pueda efectivamente hacer uso de aquélla.

Chile ha participado en diversos foros destinados a avanzar en esta materia, asumiendo un rol activo y permanente en asociación con otros Estados, e impulsando el desarrollo de infraestructura para el transporte internacional”. (Fuente: <http://www.difrol.gob.cl/corredores-bioceanicos/corredores-bioceanicos.html>).

2.3 Ruta Región de Coquimbo – San Juan:

Región de Coquimbo:

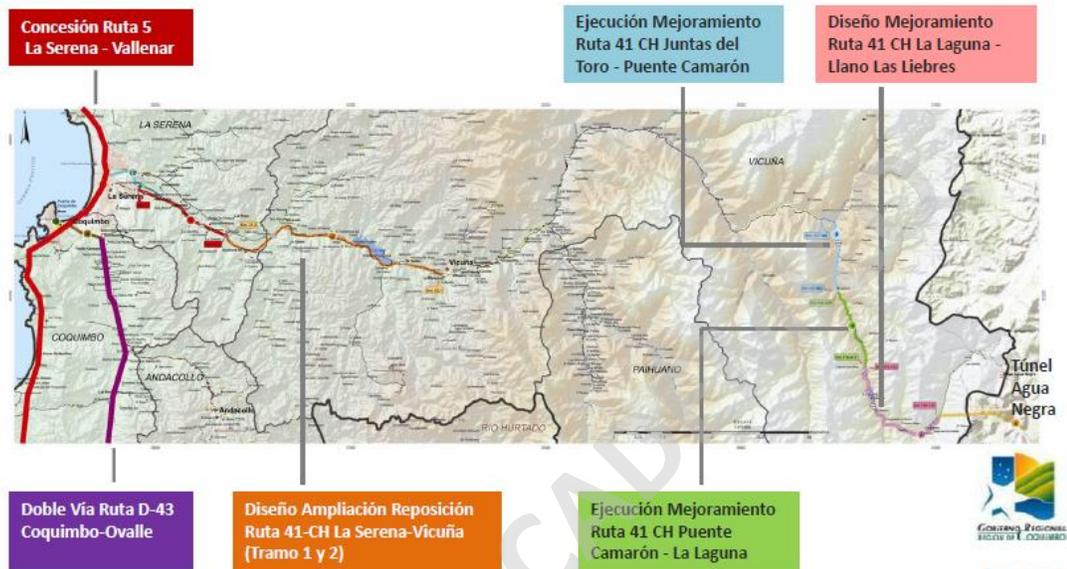


Figura N°2. Infraestructura para la conectividad en el contexto del corredor.
(Fuente: pti_buenosaires14_anexo6a_Coquimbo.pdf).

Trabajos en desarrollo en la actualidad.

- Concesión Ruta 5. La Serena – Vallenar: Trabajos ya avanzados, doble vía con salidas a caletas.
- Doble Vía Ruta D-43: En desarrollo.
- Ruta 41-CH La Serena - Vicuña: No hay trabajos aún.
- Ruta 41-CH Juntas del Toro – Puente Camarón: Comenzaron los mejoramientos.
- Ruta 41-CH Puente Camarón – La Laguna: Comenzaron los mejoramientos.
- Ruta 41-CH La Laguna – Llano las Liebres: Comenzaron los mejoramientos.

Mejoramientos y nuevas obras dentro de la Urbe para conectividad del CBC.



Figura N°3. Infraestructura para la conectividad en el contexto del corredor.
(Fuente: pti_buenosaires14_anexo6a_Coquimbo.pdf).

Trabajos en la actualidad:

1. Mejoramiento realizado hace años, no información sobre alguno nuevo.
2. Ampliación de calles realizada.
3. Sin realizarse.
4. Trabajos avanzados.
5. Sin realizarse.
6. Sin realizarse.

La ciudad de La Serena ya hace un tiempo está teniendo cambios importantes, en cuanto a viabilidad y de infraestructuras las cuales están siendo opacadas con el aumento de la población en los últimos años, estas requieren un nuevo toque para la realización del CBC.

La ciudad de Coquimbo ha tenido algunos cambios, sobretodo en la conectividad y el cruce de esta misma, pero aún no se ven movimientos para poder tener un acceso más libre hacia al puerto o desde él.

2.3.1 Puerto de Coquimbo:



Figura N°4: Puerto de Coquimbo.

(Fuente: <http://www.puertocoquimbo.cl/puerto/galeria>)

Los cambios que se realizarán en el Puerto de Coquimbo son:

- Nuevo sitio para embarque de graneles.
- 25.000 m² adicionales de explanada.
- Nueva bodega de 6.000 m² con presión negativa.
- Terminal de pasajeros.

2.3.2 Carretera Ruta Nacional 150, Argentina:



Figura N°5: Rutas, Distancias, Mapas paso Agua Negra
(Fuente: <http://sanjuan.gov.ar/sj2015/Defaulttest.aspx?nId=8839&cId=2>)

La Ruta Nacional 150 que se localiza al sur de la Provincia de la Rioja y al centro norte de la Provincia de San Juan, tiene una longitud total de 389 km, la cual conecta la Ruta Nacional 38 en la localidad de Patquia con el Paso Fronterizo de Agua Negra, esta tiene su continuidad en Chile como la Ruta 41-CH en la ciudad de La Serena.

Historia de la Ruta Nacional 150:

En el año 1947 se inicio la construcción del camino hacia Chile pero esta ruta llevaba otro nombre, “Camino Internacional Presidente Perón”. En 1948 se abrieron 20 km pero luego de varias interrupciones, se concluye en 1965.

Cuando entra el proyecto del CBC y se dan cuenta que esta ruta será la principal arteria de conexión entre Chile y Brasil, deciden concluir la ruta ya que existían 131km que aún no se encontraban en condiciones, muchos sectores de tierra e incluso sin caminos.

Detalles de la Ruta Nacional 150:

Bajo lo explicado en el video RUTA NACIONAL 150, ARGENTINA – CHILE - BRAZIL (Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=1p3OI3b7hqE>), consolidándose como una política nacional de integración y que privilegia la descentralización, une el océano atlántico con el océano pacífico, desde Porto Alegre, Brasil hasta Coquimbo, Chile a través del túnel internacional Paso de Agua Negra.

De los 303 km pertenecientes a la provincia de San Juan, la mitad fue trazada en áreas que solo eran antes accesibles por helicópteros o a pie, lo que tuvo un gran reto profesional, técnico y económico, que demandó un trabajo coordinado de especialistas tanto de organismos públicos como privados, nacionales e internacionales los que fueron supervisados por Dirección Nacional de Vialidad.

Con una inversión de \$1.100 Millones de pesos Argentinos (a valor nominal el 2014), equivalentes a \$52.970.599.000 de pesos Chilenos.

La proyecto de construcción de esta obra tuvo en cuenta aspectos:

- Topográficos.
- Geológicos.
- Ambientales.
- Técnicos.
- Estructurales.
- Morfológicos.
- Y Paleontológicos.

La ruta corre contigua al extremo sur del Parque Provincial Ischigualasto, Patrimonio Natural de la Humanidad, reserva fosilífera más importante del mundo. Su enorme importancia científica implicó la necesidad de minimizar el impacto ambiental de los trabajos.

La morfología del lugar, desafío a los expertos que debieron diseñar un camino acorde a los parámetros técnicos de un corredor internacional:

- Pendientes longitudinales menores al 5.5%.
- Anchos de calzada variable (Zonas de sobrepaso).
- 37.000 m² Mallas de Acero, Altura promedio de 4 metros (inérito en Argentina).
- 670 metros lineales de barreras dinámicas, Altura promedio de 4 metros (inérito en Argentina).
- Lechos de Frenado.
- Carriles de Ascenso.



Figura N°6: Lechos de Frenado Ruta Nacional 150.
(Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=1p3OI3b7hqE>)

Datos de la Ruta Nacional 150:

- Con estas medidas, la Ruta Nacional 150 está completamente apta para la circulación de cualquier vehículo de carga.
- Además, con los trabajos realizados, se pudieron ahorrar 160 km de recorrido.
- Se debieron mover 3 millones m³ de roca y suelo.
- 22.000 m² de Paramentos de Muro del tipo Terramesh y Tierra Armada.
- 350 Alcantarillas.
- 6 Túneles. Excavados con el método de perforación y Voladura. Emplazados en 12 km suman un total de casi 1,9 km.
- 8 Puentes. Un total de 825 metros de longitud. 2 de ellos en Arco.



Figura N°7: Paramentos de Muro y Tierra Armada. (Fuente: http://www.tierra-armada.com/tae/index.php?option=com_content&view=article&id=4&Itemid=11&lang=es)

2.3.3 Túnel Paso Agua Negra:



Figura N°8: Fotografía Presentación de Proyecto EBITAN.
(Fuente: Corredor Bioceánico Central - Túnel de Agua Negra - La Serena 2014.ppt)

El Túnel Internacional Agua Negra es un proyecto que estará financiado por dos países, Chile y Argentina, como forma de conectar a los dos países en el paso fronterizo con el mismo nombre, el cual se transformará y una vez terminado el proyecto, se podrá cruzar mediante un túnel lo que lo hace una de las obras más importante del proyecto CBC.

Estará bajo las alas de la EBITAN, Entidad Binacional Túnel Agua Negra la cual está integrada por:

- Grupo Técnico Mixto (GTM).
- Mesa Técnica Mixta (MTM).

Lo que conforman las entidades para el proyecto de ingeniería básica del Túnel Paso Agua Negra.

Administrada por:

- Consejo de Administración.
- Comité Ejecutivo.

Conformado por 8 personas, 4 de cada país.

- 1 Canciller.
- 2 Ministerio de Obras Públicas.
- 1 Entidad de la Región o Provincia.

El trabajo de la EBITAN está en:

- Revisar y aprobar estudios técnicos.
- Proceder al llamado de licitación y conducir el proceso licitatorio en todas las instancias.
- Actuar como organismo controlador e inspección durante la ejecución de contratos hasta su fin.
- Aprobar reglamentos de operación y uso del túnel.
- Ejercer mandos de mantenimiento, administración y explotación del proyecto.

El Proyecto:

El proyecto considera dos túneles de aproximadamente 13,9 km cada uno, de los cuales un 72% de la longitud correspondería al sector argentino, en tanto un 28% corresponde al sector chileno. Se contempla mejorar el acceso vial, bajando su altura aproximadamente de 4800 a 4.000 msnm en la boca del lado argentino y hasta 3.600 msnm en la boca del lado chileno.

La formulación del proyecto ha sido realizada por profesionales con amplia experiencia en estudios y obras de túneles de gran longitud en el mundo, teniendo en cuenta factores fundamentales tales como geología, sistemas de ventilación, emplazamiento en la alta cordillera, evaluación financiera y/o alternativas de financiamiento, entre otros.

(Fuente: <http://www.ebitan.org/proyecto.php>)

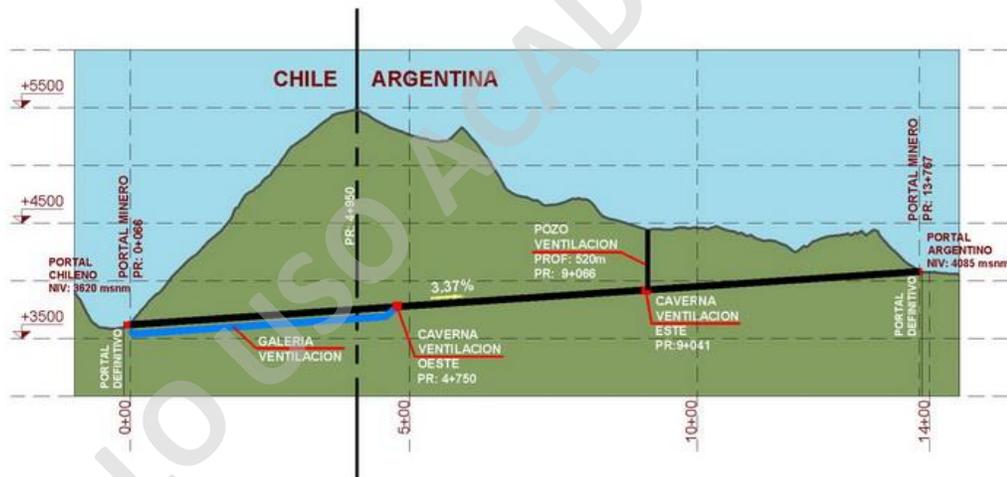


Figura N°9: Esquema digital del Túnel de Aguas Negras.

(Fuente: <http://www.ebitan.org/proyecto.php>)

2.4 Mención Porto Alegre:



Figura N°10: Puerto de Porto Alegre, Brasil.

(Fuente: <https://www.marinetraffic.com/es/ais/details/ports/17381>)

Origen:

La construcción del puerto fue iniciada en el año 1911, por iniciativa del gobierno del estado de Río Grande do Sul. El 26 de agosto de 1913, se concluyeron 146 metros de muelle con 4 metros de profundidad, frente a la plaza Senador Florencio.

Desde 1919, debido a la mayor demanda para mover mercancías con la apertura de canales internos en Río Grande do Sul, comenzó la operación comercial el 1^{to} de agosto de 1921, los primeros muelles de amarre se extienden, con 300 metros, bajo la administración de la Secretaría de Hacienda del gobierno estatal. Sólo con la edición del Decreto N.º 24.617, de 9 de julio de 1934, se regularizó la autorización al estado para explotar el puerto durante 60 años.

En 1951 se creó el Departamento de Puertos, Ríos y Canales (DEPRC), autarquía estadual que se hizo responsable de la explotación comercial del puerto, de acuerdo con la concesión al estado de Río Grande del Sur.

Con el fin de la concesión en 1994, dos aditivos hasta la firma de un convenio de delegación entre el Ministerio de Transportes y el estado de Río Grande del Sur, el 27 de marzo de 1997, para la administración y explotación del puerto, que quedó a cargo de la Superintendencia de Puertos e Hidrovías del Río Grande del Sur (SPH).



Figura N°11: Conexión de dos océanos.
(Fuente: <http://www.crdp.cl/noticias/5>)

Capítulo III:

3.1 Antecedentes de lugar:

El paso de Aguas Negras es catalogado, tanto como chilenos y argentinos, como un hermoso lugar para cruzar hacia el país vecino, imponentes montañas, aguas verdes y un entorno que enamora a cualquiera.

El problema que aquí existe es que debido a su altitud (4.700 m.s.n.m app) se encuentra abierto solo en temporada estival (de diciembre a abril) ya que el resto del año se ve bloqueado por la nieve.

La importancia no tan solo de la construcción del túnel, casi 14 km cruzando la cordilla y llegar a una altura máxima de 4.000 m.s.n.m de los 4.700 m.s.n.m que hoy se deben llegar para atravesar la cordillera, si no que también el mejoramiento de la carretera existente (camino sinuoso de ripio por la montaña) que lo hace peligroso sobre todo para conductores menos experimentados.

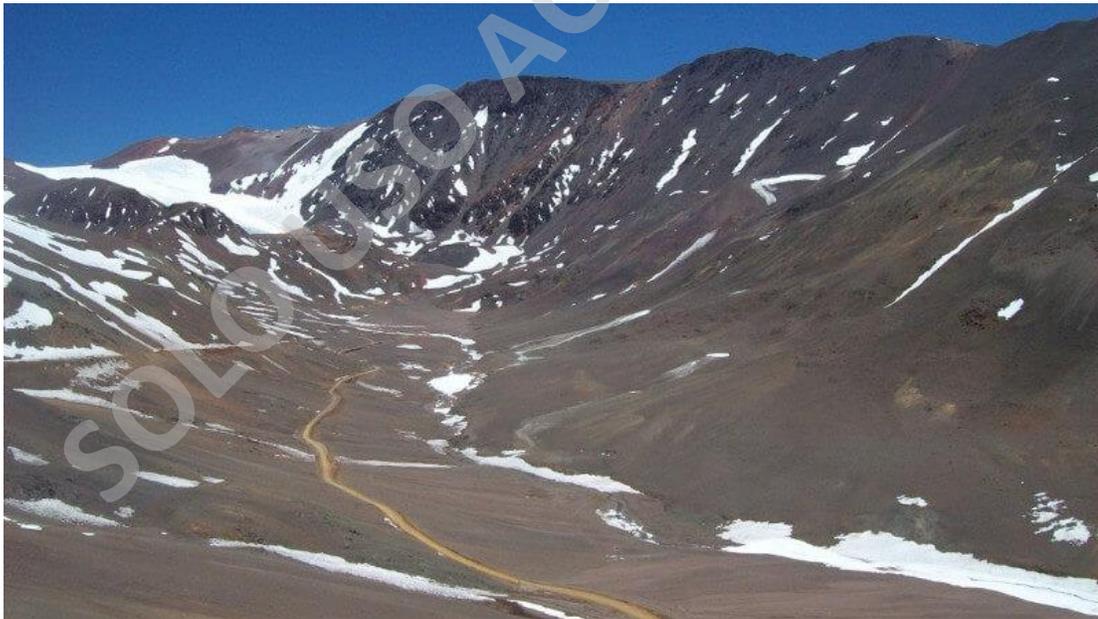


Figura N°12: Camino por las montañas en el Paso de Aguas Negras.
(Fuente: <https://www.cotizacion.co/paso-agua-negra/>)

3.2 Criterios del diseño:

Dos túneles paralelos, uno para cada sentido de circulación, construidos con el método de perforación y voladura.



Figura N°13: Video Promocional EBITAN.
(Fuente: <http://www.ebitan.org/index.php>)

Método Constructivo Perforación y voladura:

Uno de los métodos de excavación de túneles en roca más usados es el sistema de excavación mediante la perforación y voladura con explosivos.

El método de excavación por perforación y voladura es especialmente válido en la ejecución de un túnel en roca cuando ésta es muy abrasiva y resistente o se encuentra en estado masivo. Es necesario taladrar la superficie del frente del túnel, cargándose estos taladros con explosivos, que se detonarán. Esta reacción explosiva genera una serie de gases y vibraciones que rompen la roca.

Para minimizar los daños sufridos por el macizo rocoso es necesario que la voladura se realice de forma controlada, suave y con precorte.

El ciclo de trabajo en este sistema de excavación es el siguiente:

1. Replanteo del esquema de tiro
2. Perforación de los taladros
3. Carga del explosivo, conexiones y comprobaciones
4. Voladura y ventilación
5. Retirada del escombro
6. Saneo del frente, bóveda y hastiales

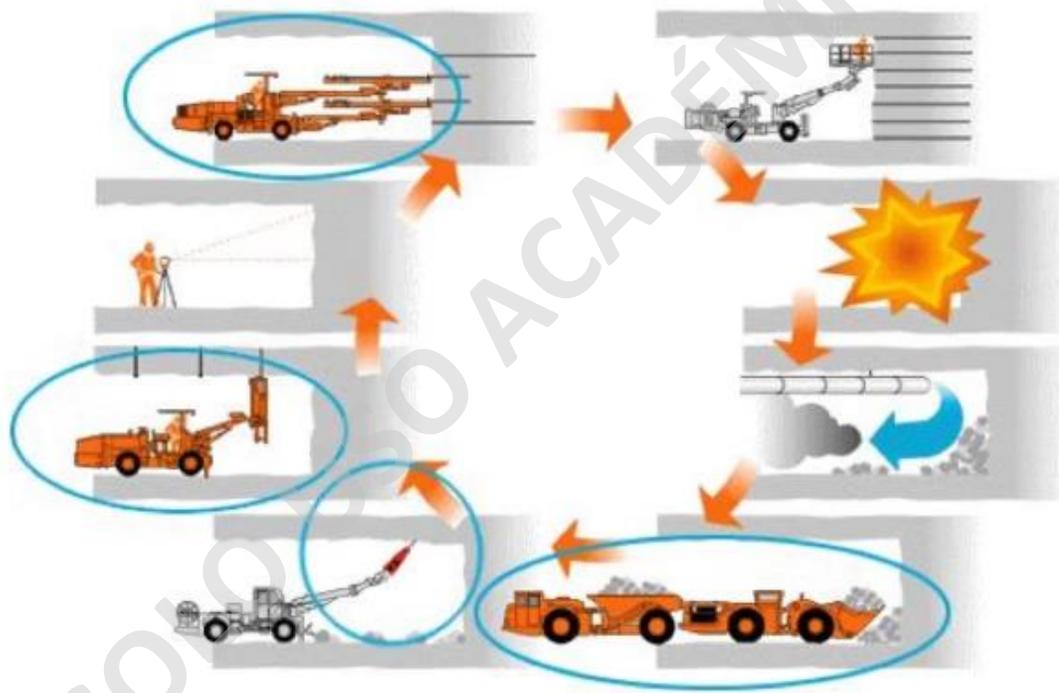


Figura N°14: Esquema ciclo de trabajo construcción de túneles.

(Fuente: <https://blog.structuralia.com/metodos-de-excavacion-de-tuneles-perforacion-y-voladura>)

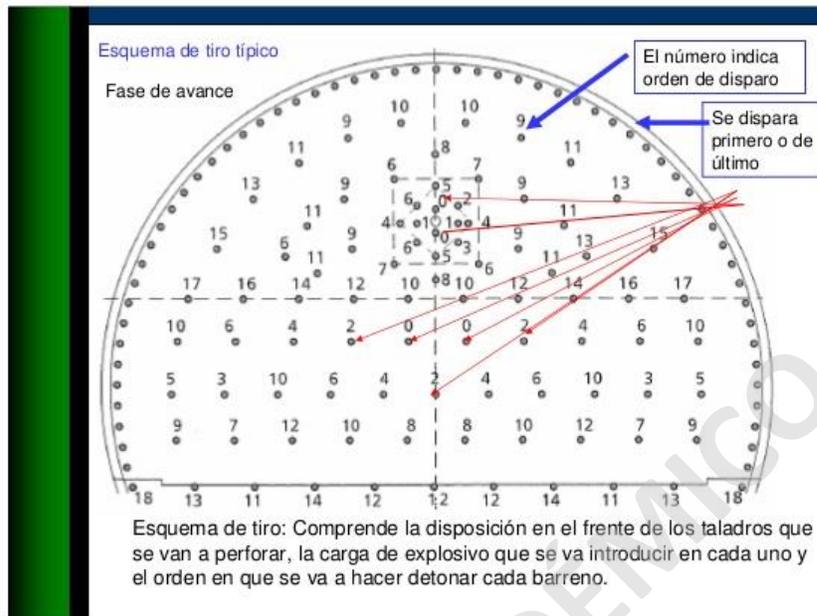


Figura N°15: Esquema ciclo de trabajo construcción de túneles.
 (Fuente: <https://es.slideshare.net/jl04/clase2-metodos-exacavacion1>)

El esquema de tiro es la disposición de los taladros a perforar en el frente del túnel, junto con los explosivos y el orden en el que detonar las diferentes cargas. La longitud de la explosión debe ser entre un 5 y un 10 % mayor que el avance.

Los taladros del esquema de tiro no se detonan a la vez; existe un pequeño retardo entre ellos y por eso es necesario ordenarlos en el esquema. Este desfase de tiempo hace más efectiva la voladura.

Se distinguen cuatro zonas en el esquema de tiro (que varían en función de la densidad de perforación, carga específica de explosivo y secuencia de encendido):

Cuele y contracuele: Es la fase más importante y provoca la primera abertura en el frente, lo que facilita posteriormente el arranque de otras zonas.

Destroza: parte central y más amplia. El éxito de esta depende en gran medida de la zona de cuele y contracuele.

Zapateras: Es una zona de voladura situado a ras del suelo.

Contorno: Con el contorno se aproxima a la superficie teórica. A veces no son utilizados por su elevado coste.

El túnel descendente desde Argentina hacia Chile y ascendente de Chile a la Argentina, de 13,9 km de longitud. El portal argentino está a 4.085 msnm de altitud, y el portal chileno a 3.620 msnm, lo que otorga al túnel una pendiente media de 3,37%.

La separación entre túneles es variable entre 40 y 50 m



Figura N°16: Video Promocional EBITAN.
(Fuente: <http://www.ebitan.org/index.php>)

Trazado vial interior con curvas de muy altos radios.



Figura N°17: Video Promocional EBITAN.
(Fuente: <http://www.ebitan.org/index.php>)

Calzadas de 7,5 m de ancho con espacios laterales para circulación peatonal y servicios.



Figura N°18: Video Promocional EBITAN.
(Fuente: <http://www.ebitan.org/index.php>)

Altura libre de circulación vehicular de 4,80 m. Sección transversal típica de cada túnel: 70 m².

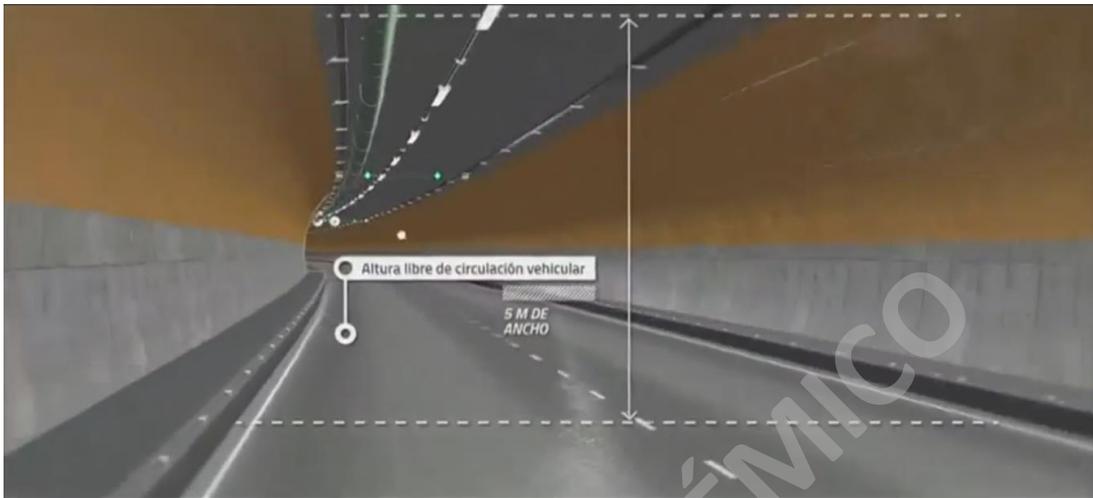


Figura N°19: Video Promocional EBITAN.
(Fuente: <http://www.ebitan.org/index.php>)

Galerías peatonales de conexión entre túneles, para emergencias, separadas 250 m entre sí, a lo largo de todo el trazado.



Figura N°20: Video Promocional EBITAN.
(Fuente: <http://www.ebitan.org/index.php>)

Galerías de interconexión vehicular, para emergencias, cada 1.550 m.

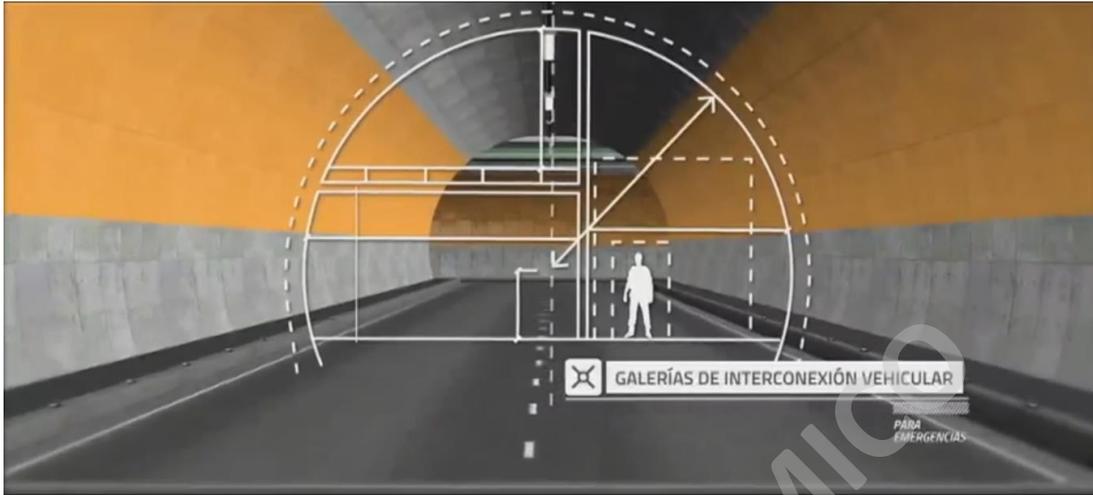


Figura N°21: Video Promocional EBITAN.
(Fuente: <http://www.ebitan.org/index.php>)

Sistemas de sostenimiento/revestimiento de las cavidades adecuados a la naturaleza geomecánica de los macizos atravesados.

Ventilación sanitaria para operación normal y sistema de ventilación para extracción de humos de incendio.

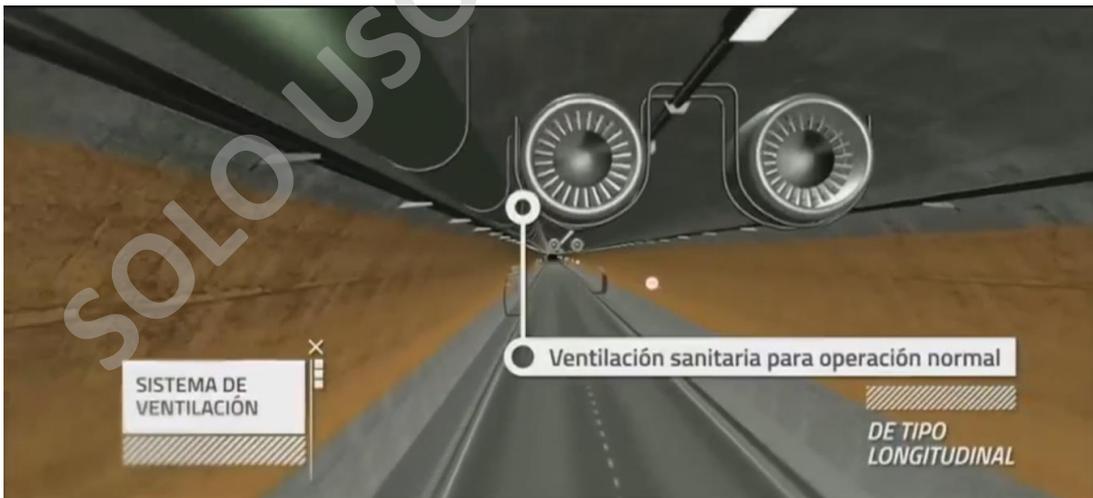


Figura N°22: Video Promocional EBITAN.
(Fuente: <http://www.ebitan.org/index.php>)

Pozo vertical de ventilación en territorio argentino de 535 m. de altura de excavación y 4,5 m. de diámetro interno.



Figura N°23: Video Promocional EBITAN.
(Fuente: <http://www.ebitan.org/index.php>)

Galería de ventilación en territorio chileno de 4,75 km de largo y 36 m² de sección transversal.



Figura N°24: Video Promocional EBITAN.
(Fuente: <http://www.ebitan.org/index.php>)

Cavernas de ventilación en los extremos del pozo y galería de ventilación antes mencionados.

Hidrantes para el combate del fuego a todo lo largo del trazado.

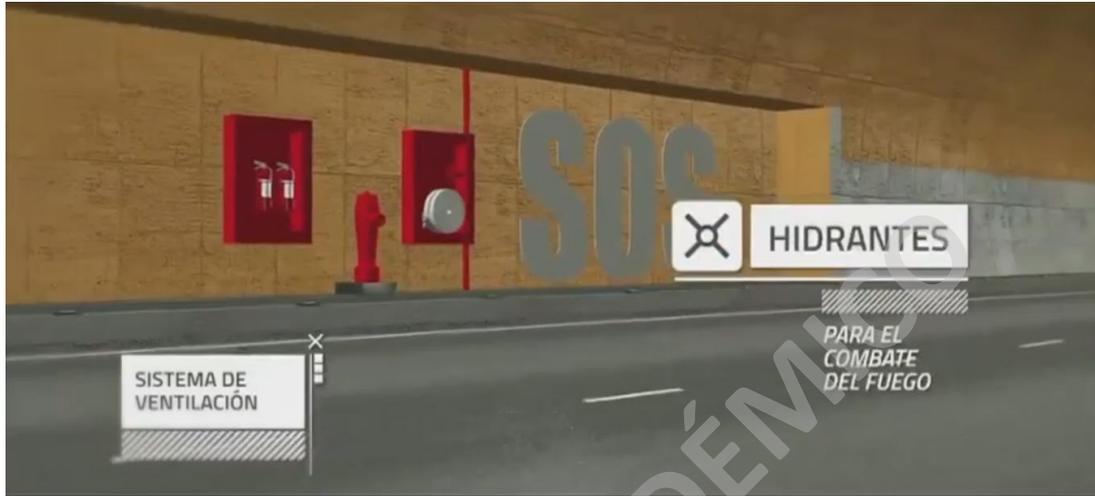


Figura N°25: Video Promocional EBITAN.
(Fuente: <http://www.ebitan.org/index.php>)

Centro Integrado de control de tránsito para vigilar su seguridad y tener bajo control aspectos esenciales para la circulación como la ventilación sanitaria, la iluminación y la visibilidad interior. Sistemas de última generación de detección automática de incidentes, cámaras de televisión y comunicaciones.



Figura N°26: Video Promocional EBITAN.
(Fuente: <http://www.ebitan.org/index.php>)

Edificaciones contiguas a los portales para servicios de bomberos y socorristas, con los equipamientos necesarios.



Figura N°27: Video Promocional EBITAN.
(Fuente: <http://www.ebitan.org/index.php>)

Camino de acceso de calzadas separadas en la zona de influencia de ambos portales.



Figura N°28: Video Promocional EBITAN.
(Fuente: <http://www.ebitan.org/index.php>)

3.2.1 Ejemplo Proyecto realizado:

Ficha Técnica:

Obra: Túnel San Cristóbal.

Mandante: Ministerio de Obras Públicas.

Arquitectura: Dirección General de Arquitectura del MOP en conjunto con Constructora Vespucio Norte.

Constructora: Vespucio Norte.

Inspección Técnica: Asesoría Zañartu, Martínez y Cuevas.

Superficie de Obra: Dos túneles de 1.860 m.

Inversión: US\$ 70.000.000.

Duración de Proyecto: Plazo de la concesión 30 años.

Fecha de inauguración: 04 de julio de 2008



La concesión, que representó una inversión de 70 millones de dólares, contempló la construcción de obras de vialidad superficial para la conexión directa entre el norte y oriente de Santiago. Ambos túneles unidireccionales, al igual que el proyecto de Aguas Negras, cuentan con equipamiento de seguridad del más alto estándar, con dos pistas de 3,5 metros por dirección. La obra vial, que atraviesa tres comunas del Gran Santiago (Huechuraba, Recoleta y Providencia), contempla también servicios al usuario, tales como vehículos y teléfonos de emergencia, grúas, cámaras con sistema de circuito cerrado, monitoreo de tráfico, detección de accidentes, vías de evacuación (8 galerías, 7 peatonales y 1 vehicular), sistemas de señalización variable, ventilación y detección de incendios, entre otros.

El Túnel San Cristóbal opera bajo el sistema de free flow (cobro remoto de peaje), lo que implica que quienes accedan a éste deberán contar con su respectivo Televía.

Sustentabilidad

La obra cuenta con un completo Estudio de Impacto Ambiental, que cumple con los estándares correspondientes. A partir de él se evaluaron los potenciales impactos y se diseñaron los Planes de Manejo Ambiental. Por tratarse de una obra subterránea, no existen efectos sobre la vegetación, flora o fauna. Tampoco afecta, de ninguna forma, al Parque Metropolitano.

Construcción:

Para la construcción de los dos túneles unidireccionales, que totalizan 3.656 metros, se utilizó la metodología del Diseño Estructural Activo (DEA), que básicamente considera el empleo de cálculos tenso-deformacionales sumamente afinados. Éstos se retroalimentan durante la construcción, por medidas de convergencias para comprobar y mejorar las previsiones de cálculo. Los principios del DEA se sustentan en un buen conocimiento de las características del terreno, utilizando para ello la clasificación de BIENIAWSKI para estimar las propiedades del macizo. De esta manera, durante la construcción a través de la caracterización de los frentes de avance se escoge el sostenimiento tipo diseñado, luego, mediante la medición de las convergencias se verifica el comportamiento tenso-deformacional real del terreno con lo proyectado. En caso de existir diferencias apreciables, se modifican las características del sostenimiento.

El sistema de excavación (mediante explosivos, mecanizada o mixta), los pases de avance en metros y la tipología de los sostenimientos utilizados en la construcción del túnel (pernos de sostenimiento, marcos TH-29, sellado del perímetro con shotcrete de 3 cm de espesor, y capa de sostenimiento de espesor variable, contra bóveda de hormigón armado y revestimiento de shotcrete de 5 cm de espesor mínimo) varía según el tipo de roca que presenta el macizo. Entonces, el primer paso consistió en el análisis del tipo de material que compone la geología del Cerro San Cristóbal.

Se detectó una sucesión de andesitas, tobas y brechas volcánicas, rocas intrusivas, depósitos cuaternarios no consolidados (suelo), depósitos eluviales, depósitos de falda y de fondo de quebrada. Entre las conclusiones sobresale que el lado norte (Américo Vespucio) y el sur (El Cerro) presentan notables diferencias en la composición rocosa. “A través de sondajes y estudios geoelectricos evaluamos la calidad de la roca que varía según su humedad, resistencia a la compresión y fractura. Nos encontramos en el norte con rocas de gran consistencia, mientras que en el sur predominaban los elementos fracturados con depósitos con material de baja calidad”, afirma Carlos Uribe, Inspector fiscal del Ministerio de Obras Públicas.

Ahora que el cerro ya no tenía secretos, se definieron dos sistemas de excavación para los túneles. En el sector sur se realiza principalmente de manera mecánica empleando martillo hidráulico y pala excavadora. A medida que avanza la faena, se fortifica la abertura con marcos metálicos TH-29 y shotcrete. Sistema aplicado hasta alcanzar roca de mejor calidad que permita el uso de explosivos y fortificación con pernos y shotcrete.

En cambio, en el lado norte la faena se pone más interesante, ya que por la mayor consistencia del macizo se utiliza excavación con explosivos empleando avanzada maquinaria tipo jumbo para la perforación de los tiros.

Se aplican diagramas de disparo normalmente a sección completa con 96 a 102 tiros, y largos de perforación desde 1,8 a 4,6 m dependiendo de las restricciones de ruido a generar, competencia de la roca y cercanía a fallas.

El explosivo consiste en una emulsión PDBG para la carga de columna, más Tronex plus como carga de fondo y Softron para el recorte. Se emplean tres tipos de detonadores según la tronadura. Para la explosión estándar se usan los detonadores Nonel serie MS y LP, más cordón detonante y mecha compuesta (sin restricción ruido y vibraciones).

Para tronadura controlada se aplican los NONELES EZTL más cordón detonante y mecha compuesta (restricción de vibraciones) con descarga tiro a tiro. Por último, para explosión silenciosa se utilizan los NONELES EZTL más racimos de tubos de iniciación NONEL y mecha compuesta (restricción de ruidos).

En la ejecución de los túneles se emplean jumbos de última generación que destacan por perforaciones perfectas, avanzados programas computacionales y poderosas perforadoras hidráulicas.



Colocación Hormigón en Túneles (Podría usarse en Túnel de Aguas Negras):

El sistema de colocación del hormigón del sistema de sostenimiento del túnel, además de los sistemas de arriostramiento, corresponde al denominado Shotcrete u Hormigón Lanzado.

Los requisitos desde el punto de vista resistencias mecánicas corresponde a un G -30 – 90 de nivel de confianza, hormigón abastecido por una planta de hormigón premezclado.

El sistema de colocación fue por vía húmeda, por cuanto se tiene un control estricto en el cumplimiento de las especificaciones técnicas.

El hormigón lanzado vía húmeda, los componentes son mezclados en la planta de manera de controlar en forma rigurosa la razón A / C. Los componentes que se mezclan son los que se mencionan:

1. Cemento
2. Agua
3. Aditivo Reductor de agua
4. Microsílice como una adición.
5. Áridos: gravilla, arena, filler.

El hormigón premezclado llega al punto de descarga con un asentamiento de cono 6 cm y se le adiciona un aditivo superplastificante, llevando la docilidad apta para ser bombeado (12 a 14 cm).

Se hace la descarga del hormigón y en el pitón de salida se le agrega un aditivo acelerante de fraguado libre de álcalis, para lograr inicios de fraguado del orden de 10 minutos, logrando así un trabajo continuo entre sostenimiento mínimo y las futuras tronaduras.

Los componentes del hormigón que normalmente se emplean en esta técnica en túneles son:

- ✓ Cemento Grado Alta Resistencia, con el objetivo de tener tiempos de fraguado mas cortos y elevadas resistencias mecánicas iniciales.
- ✓ Aditivos Reductores de agua, con el objetivo de elevar las resistencias mecánicas, al emplear menos agua de amasado.
- ✓ Microsílice, adición de alto contenido de sílice, que se combina con el Ca (OH)₂, formando cristales aportando resistencias mecánicas y durabilidad.
- ✓ Superplastificante, con el fin de incrementar la consistencia sin necesidad de adicionar mas agua de amasado y así no afectar la adquisición de las resistencias finales.

Para lograr tenerla seguridad del cumplimiento de las resistencias mecánicas especialmente a temprana edad se realizan homigones de prueba, en donde se determinan las siguientes propiedades:

- Asentamientos de cono durante el proceso de mezclado y en el punto de descarga.
- Tiempos de fraguado
- Resistencias mecánicas a distintas edades, especialmente las correspondientes a horas.
- Determinar la pérdida de resistencia que se tiene con el empleo de los acelerantes para Shotcrete que pueden llegar a 20% y así definir la cantidad de cemento que se requiere para las resistencias mecánicas finales.

ANÁLISIS DEL PROYECTO

Este proyecto se podría mirar desde dos puntos de vista muy diferentes entre sí y que para la actualidad va cobrando cada vez más sentido.

Por un lado, tenemos que el inicio del proyecto fue tomado por gobiernos (Bachelet, Lula y Kirchner) que en América del Sur contaban en sus planes la unión de los países y que mejor idea que se conecten los dos océanos, que con su construcción beneficiaría no tan solo a los países por los cuales atraviesa el CBC, si no que a todos los que estén a su alrededor, Chile, Argentina, Brasil, Perú, Bolivia e incluso Uruguay y Paraguay podrían verse favorecidos también ya que las rutas, se acotarían tanto para exportaciones como importaciones y el turismo terrestre.

Además, los países que participan en este proyecto podrán ver como su vialidad mejora dentro de sus países, conectividad con otros (Túnel del paso de Aguas Negras) y la reducción en los tiempos de recorrido.

Por el otro lado tenemos el actual gobierno (Piñera, Bolsonaro, Macri) que, a diferencia a lo anterior, intentan cuidar sus fronteras y ven este proyecto como un paso libre al océano pacífico para exportaciones a Japón y China los cuales, no les conviene para nada a nuestro país.

Además, Chile tiene muy buena llegada con los países asiáticos y la alimentación de su población, es por eso que nos tienen preferencia al momento de comprar alimentos, ya que no contamos con plagas o enfermedades como la mosca de la fruta, lo que países participantes del proyecto si tienen y podrían afectar nuestros productos por este libre paso al pacífico.

Dos puntos de vista muy distintos, pero muy ciertos cada uno. Se hace más fuerte el segundo ya que es la actualidad y es notorio el estancamiento de este megaproyecto ya que cada vez se escucha, lee o ve menos de él.

CONCLUSIÓN

Este proyecto de gran envergadura sin duda es de gran avance para las regiones participantes e incluso colindantes, en la Región de Coquimbo aumentará significativamente el uso del puerto de Coquimbo, la vialidad para la conectividad hacia el y salida, además el paso fronterizo de Aguas Negras podrá ser utilizado todo el año y con eso poder descongestionar los otros pasos existentes.

En San Juan, Argentina podrán acceder a la Región de Coquimbo con más facilidad y en cualquier época del año (turismo y comercio). Será el encargado de unir los dos océanos, Pacífico y Atlántico en una fantástica carretera diseñada para recorrerla sin problemas ya sea en un vehículo liviano como camiones con carga lo que generará aumento en turismo, comercio y disminución en tiempos de recorrido terrestre para atravesar el continente a lo ancho.

Porto alegre en cambio, ya cuenta con una cifra elevada del turismo en su región, este proyecto aparte de facilitar el turismo hacia allá desde los países participantes, ayuda con el comercio entre ellos y la conexión con el puerto de Coquimbo para exportación o importación que venga desde el pacífico para mejorar precios de traslado.

Por otra parte, se ve cada vez más difícil que este proyecto vea la luz por las ambiciones e intereses de cada país participante, además agregarle la crisis financiera argentina actual lo que hace imaginable la solvencia para el 70% del costo del Túnel de Aguas Negras.

BIBLIOGRAFÍA

- EBITAN. (2015). VIDEO PROMOCIONAL. 2018, de EBITAN Sitio web: <http://www.ebitan.org>
- Marine Traffic. (2018). Características Puerto Porto Alegre. 2018, de Marine Traffic Sitio web: <https://www.marinetraffic.com/es/ais/details/ports/17381>
- BBC. (1 de junio del 2017). El ambicioso plan de Argentina y Chile para construir el túnel más largo de América Latina. 2018, de BBC Mundo Sitio web: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-4012151>
- Corporación Regional de Desarrollo Productivo. (2017). Internacionalización de la región de Coquimbo. 2018, de CRDP Sitio web: <http://www.crdp.cl/>
- Marcelo Casares. (ENERO 2007). TUNEL SAN CRISTOBAL, PROFUNDOS DESAFIOS. BIT, 52, 8.
- MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS. (2017). Método de Excavación de Túneles. DICIEMBRE 2018, de DIRECCION DE VIALIDAD Sitio web: <http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/tuneles/Paginas/M%C3%A9todo%20de%20Excavaci%C3%B3n.aspx>
- Aporte técnico profesor Nicolás Moreno.