

PROYECTO

MEMORIA DESCRIPTIVA

INTRODUCCIÓN

La Región Metropolitana de Buenos Aires está conformada por la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y los 42 Partidos de la Provincia de Buenos Aires hasta donde llegan los servicios de pasajeros de los ferrocarriles metropolitanos, constituyendo un conglomerado de 16.767 km² donde residen aproximadamente 14.000.000 de habitantes. La magnitud y significación del conjunto de la Región Metropolitana en relación al país, puede constatarse al verificar que en el 0,6% de la superficie del territorio argentino se concentra más del 35% de su población.

La construcción de la red de autopistas en el área a partir de la década del 70, contribuyó a una aceleración de la dinámica de crecimiento demográfico a favor de las periferias y de desaceleración de los centros locales, lo que ha marcado la conformación de la organización espacial de la RMBA. No obstante, el Área Central de la ciudad de Buenos Aires se ha consolidado cada vez más como punto focal de la estructura metropolitana y punto de convergencia del sistema de movilidad y conectividad.

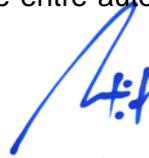
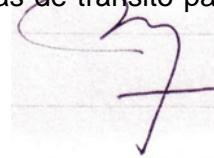
Cerca de la mitad del volumen total de tránsito llega a la ciudad a través de las autopistas de acceso, y en el caso específico de la Av. 9 de Julio, recibe vehículos que ingresan a la misma por las Autopistas Illia; 9 de Julio Sur , 25 de Mayo y La Plata – Buenos Aires. A este caudal debe sumarse el aporte de avenidas y calles que cruzan la Av. 9 de Julio al ingresar y egresar del Microcentro, y el tránsito que ingresa a la avenida para recorridos cortos utilizándola como distribuidora para llegar a sus puntos de destino.

La Av. 9 de Julio, ubicada en el corazón del Área Central de la ciudad, está integrada a este sistema de accesos y es receptora – distribuidora de los crecientes flujos de tránsito que se canalizan por el mismo, pero al mismo tiempo es un tramo fundamental de la vinculación norte – sur del sistema regional y de la estructura vial de la ciudad, funciones que están comprometidas por las formas de uso actuales de esta vía y las crecientes demandas para la circulación en el área. El Proyecto que acá se describe para su licitación, intenta interpretar los requerimientos para mejorar las condiciones operativas de esta vía emblemática de la ciudad de modo de rescatar esas funciones básicas.

DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA PROPUESTA

La solución que se propone es la construcción de cuatro túneles, dos de ellos para la circulación norte-sur y los otros dos en el sentido contrario. De los cuatro, esta Licitación incluye sólo los túneles colectores y sus conexiones.

El esquema conceptual que define el funcionamiento de los túneles, puede sintetizarse expresando que el Proyecto solamente permitirá el uso de los túneles a aquellos vehículos que llegan desde o van hacia las autopistas Illia, 25 de Mayo, 9 de Julio Sur o La Plata – Buenos Aires. Las funciones que permitiría la nueva infraestructura serían las de tránsito pasante entre autopistas pre-

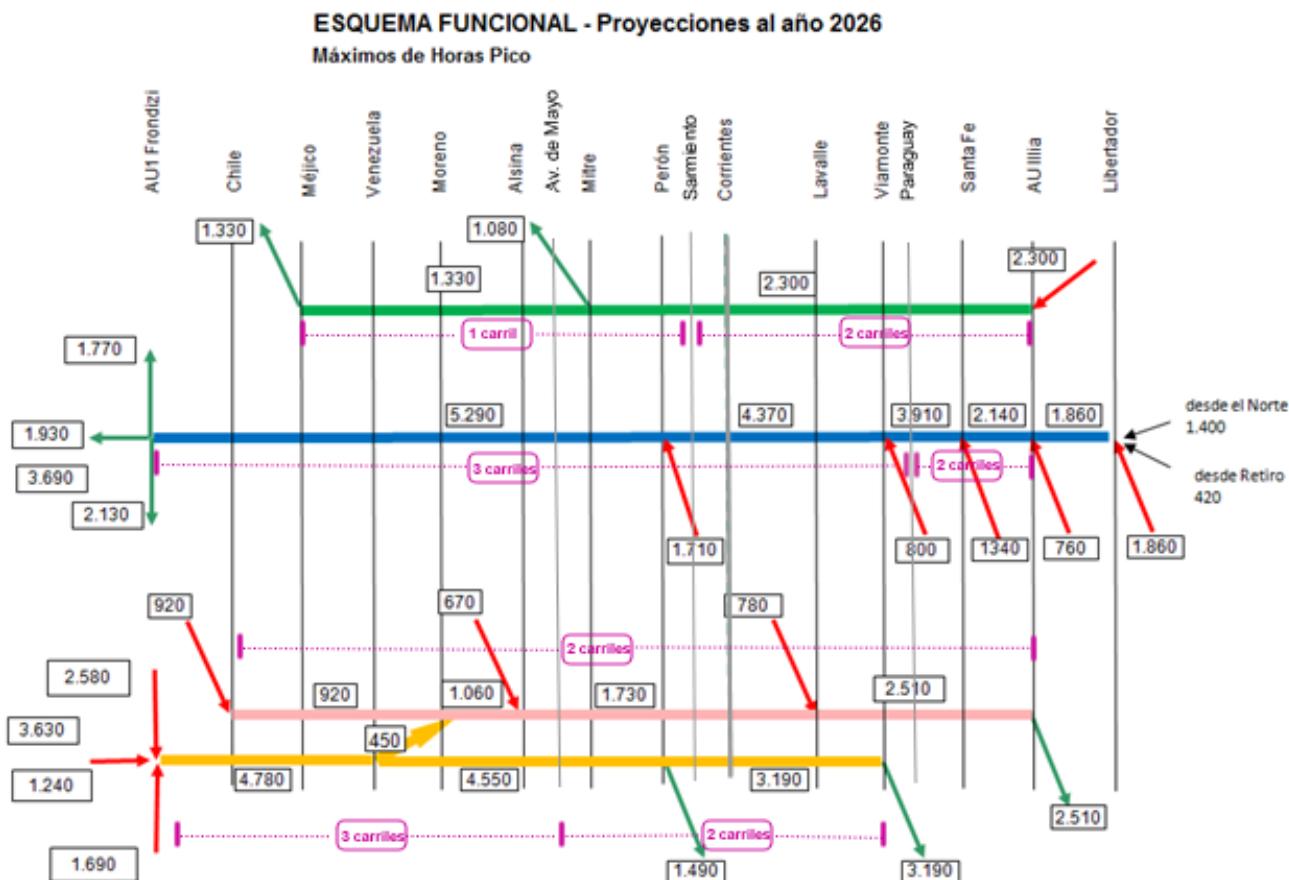


sentes en los extremos de la actual avenida, de colectora del tránsito que tiene como destino esas autopistas, y distribuidora del que proviene de ellas. Se conseguiría de esta forma eliminar gran parte del tránsito de superficie en la propia Avenida 9 de Julio, y en las calles y avenidas complementarias, parte de cuyo tránsito se derivaría readecuándose a la nueva situación de descongestión.

Los volúmenes de tránsito consignados corresponden a valores para el 2011. El tránsito actual en superficie se incrementaría en caso de no realizar la obra, por el crecimiento demográfico, en caso de materializarla tendería a aumentar por causa de la derivación de otras arterias teniendo en cuenta las nuevas facilidades, a pesar de estas razones se eliminarán cantidades importantísimas en la superficie que alcanzan valores entre el 60 y el 70%, dependiendo del sector de la avenida en análisis.

Se han utilizado diferentes colores para identificar más fácilmente cada uno de los túneles.

En la etapa que se licita sólo se incluyen los túneles azul y rojo con sus conexiones y ramas de entrada.



Se realizó una modelización del tránsito considerando el período 2011–2026 a efectos de determinar la variación anual de los volúmenes. Las proyecciones que se exponen corresponden al último año y muestran la eficiencia en el período de las capacidades diseñadas (número de trochas por sección). Se consignan los máximos correspondientes a las horas pico en cada sección a efectos de verificar la capacidad.

En base a la demanda indicada y teniendo en cuenta la disponibilidad de espacio físico planimétrico tanto en superficie para canalizar el tránsito en las ramas y el residual de superficie, como en el subsuelo, se han diseñado los túneles con la siguiente cantidad de carriles:

	Tramo	Rama N - S		Colector-Pasante	
		Carriles	Distribuidor Longitud (km) / Cantidad	Carriles	Colector-Pasante Longitud (km) / Cantidad
Tramos de Túnel					
Arenales - Paraguay	2		0,40	2	0,40
Paraguay-Sarmiento	2		0,80	3	0,80
Sarmiento - Av de Mayo	1		0,45	3	0,45
Av de Mayo - Moreno	1		0,30	3	0,30
Moreno - Estados Unidos	0		0,80	3	0,80

	Tramo	Rama S - N		Distribuidor	
		Colector-Pasante Carriles	Longitud (km) / Cantidad	Distribuidor Carriles	Longitud (km) / Cantidad
Tramos de Túnel					
San Juan - Estados Unidos	0		0,41	3	0,41
Est Unidos - Venezuela	0		0,48	3	0,48
Venezuela - Av. de Mayo	2		0,58	3	0,58
Av. de Mayo - Lavalle	2		0,72	2	0,72
Lavalle - Paraguay	2		0,52	0	0,52
Paraguay Juncal	2		0,55	0	0,55

Si bien los aspectos constructivos se tratan más extensamente en los otros documentos de esta Licitación, puede adelantarse que los túneles podrían realizarse eventualmente con métodos convencionales de avance, similares a los que actualmente se utilizan para la construcción de los túneles de las ampliaciones de los subterráneos y así se ha considerado a los efectos de los cómputos y presupuestos, como también en la estimación de los plazos.

Podrían también realizarse por el procedimiento de la ejecución de bóvedas ovaladas con *precorte mecánico*, previa ejecución de hastiales desde túneles laterales, pudiendo obtenerse ventajas económicas y de velocidad en la construcción, reduciendo algunos plazos.

En lo que respecta a las ramas de entrada y salida se ha considerado la ejecución de *cut & cover* para el acceso propiamente dicho, con el agregado de *pipe roofing* a continuación, por ser este procedimiento el que menos perturba durante la obra. Una vez alcanzada la profundidad necesaria podrá continuarse con el método tradicional o el de *precorte mecánico*, ya mencionados.

CARACTERÍSTICAS DEL SUBSUELO

Se recopiló la información existente, siendo significativa la que se compiló para el estudio realizado en 1980, con la cual se construyó la estratigrafía básica a lo largo de la traza. Complementariamente se agregaron los resultados de los estudios de suelo con perforaciones de 40 m de pro-



fundidad y los ejecutados para otras obras públicas, como la ampliación del distribuidor de la Autopista 25 de Mayo, y diversas obras privadas en lotes frentistas de la Avenida.

Esta información ratifica la presencia de excelentes suelos para realizar trabajos subterráneos siempre que no se alcance el manto de arenas puelchenses, la cuales se encuentran a una profundidad de alrededor de los 35 metros.

INTERFERENCIAS

Uno de los condicionantes para el trazado de las obras en estudio es la presencia de servicios públicos importantes, cuyo desplazamiento implica riesgos y costos incompatibles con la rentabilidad del proyecto. La red de subterráneos actuales y las líneas proyectadas, el sistema de desagües pluvio-cloacal, etc., se muestran en los planos de altimetría.

En particular, en el cruce con la Avenida Corrientes nos encontramos con las líneas B y D que obligan a profundizar la traza.

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO

GENERALIDADES

En general, las construcciones subterráneas atraviesan zonas de escurrimiento de agua subterránea, sean zonas de escurrimientos freáticos (sub-superficiales) o zonas de acuíferos profundos (libres o confinados). Las construcciones en estos casos constituyen un elemento de obstrucción al natural y libre escurrimiento de las aguas, provocando directamente consecuencias medio ambientales.

Para el caso de obstrucciones a los escurrimientos freáticos, las consecuencias directas son un levantamiento del nivel de las aguas, aguas arriba de la obstrucción, y un descenso del nivel de las aguas, aguas abajo de la misma obstrucción. Estas obstrucciones generan al mismo tiempo aceleraciones del flujo en la zona de los contornos de las mismas.

Entre las consecuencias de orden amplio que generan las obstrucciones se encuentran:

- a) *Aguas arriba*: susceptibilidad al sifonaje, incremento de las fuerzas de empuje y levantamiento, incremento de humedad en el suelo, disminución de la capacidad de filtración del subsuelo, y
- b) *Aguas abajo*: afectación de vegetación, cedimiento de fundaciones, consolidación de los suelos, disminución del nivel de agua en pozos de abastecimiento, entre otros.

Las obstrucciones en acuíferos confinados, si bien no generan un efecto directo tangible en los alrededores cercanos, sí someten a las estructuras a mayores esfuerzos durante la vida útil, y más esforzados trabajos de control durante la ejecución de las obras.

Ejemplos de obstrucciones subterráneas lo son estacionamientos, autovías, edificios de gran altura con excavaciones y fundaciones en profundidad entre otros, elementos que generan alteraciones medio-ambientales que deben ser prevenidos, controlados y mitigados.

PARTICULARIDADES DEL ENTORNO DE PROYECTO

La Ciudad de Buenos Aires cuenta con referencias varias de este tipo de obstrucciones, las cuales ya han modificado el normal y libre escurrimiento de las aguas y más aún fuertemente en la zona del Centro de la Ciudad, donde se dispone de líneas de subterráneo, estacionamientos subterráneos, y edificios de gran altura, entre otros.

En la Ciudad de Buenos Aires se identifica una condición geológica que consiste en:

- **Acuífero freático subsuperficial;** en el mismo se produce el escurrimiento de las aguas de lluvia. La variación en profundidad del mismo se encuentra comandado por la variación en cantidad y periodicidad de la precipitación y a la variación del nivel del Río de La Plata.
- **Acuitardo;** consistente en una capa de poco espesor (no mayor de 4 m) de arcillas muy compactas que oficia de barrera casi impermeable.
- **Acuífero puelche;** acuífero confinado formado por arenas del cual se nutren gran cantidad de perforaciones para el abastecimiento de agua potable.

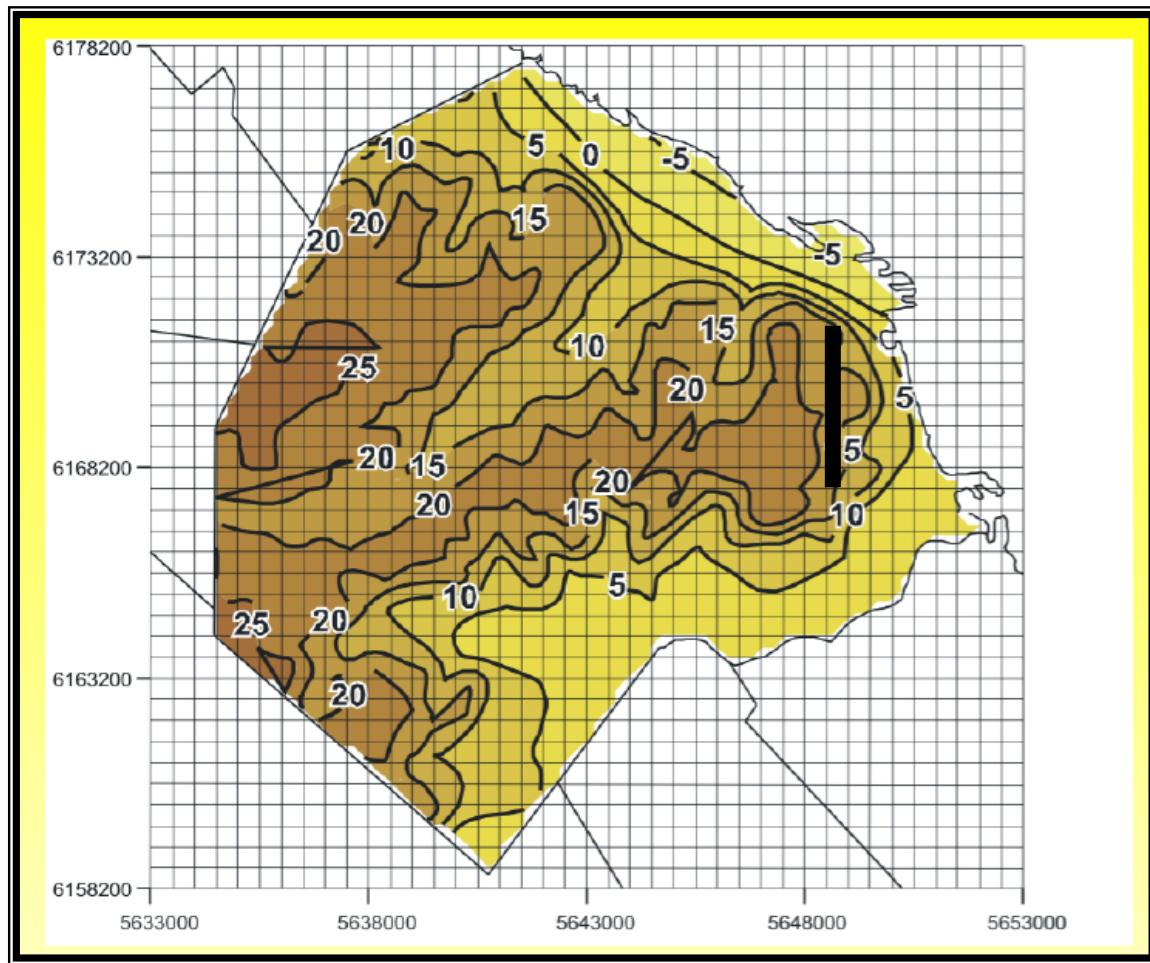


Figura 1 – Topografía de la Ciudad en niveles IGM

La topografía de la Ciudad se presenta según la figura 1, donde se ubica la zona de proyecto (resaltado en negro), de la misma manera el techo del acuífero Puelche se presenta en la figura 2. En la figura 3 se adjuntan los niveles del acuífero freático.



Como se puede deducir de las figuras, en la zona de proyecto el nivel del techo del acuífero Puelchense ronda la cota -20/-25 m IGM, mientras que el escurrimiento normal del acuífero freático ronda cotas de entre 5 m IGM y 2 m IGM.

En general se verifica, lo que puede observarse en la planialtimetría del Proyecto, donde se han indicado las interferencias más significativas: la totalidad de las obstrucciones más relevantes como ser líneas de subterráneo y conductos importantes se encuentran inmersos dentro del acuífero freático, por debajo de la cota 5 m IGM y por encima de la cota -20 m IGM.

Estos valores confirman los resultados del Estudio de Campo realizado durante el mes de noviembre de 2008 donde se detecta que la napa freática comienza a observarse a los 10 y 12 m de profundidad desde el terreno natural ($TN = +12/15 \text{ m IGM} - 10 \text{ m} = 2/5 \text{ m IGM}$).

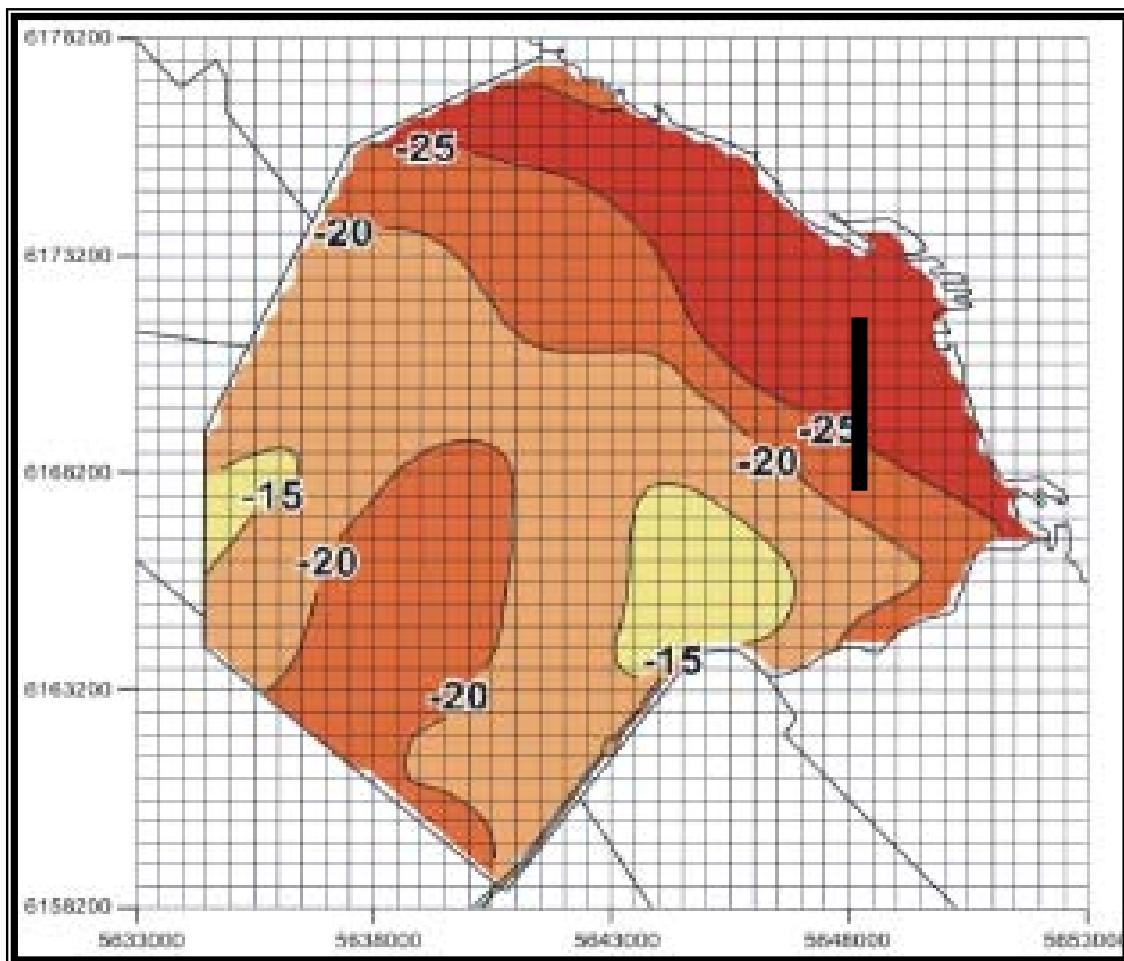


Figura 2 – Techo de acuífero Puelche en niveles IGM

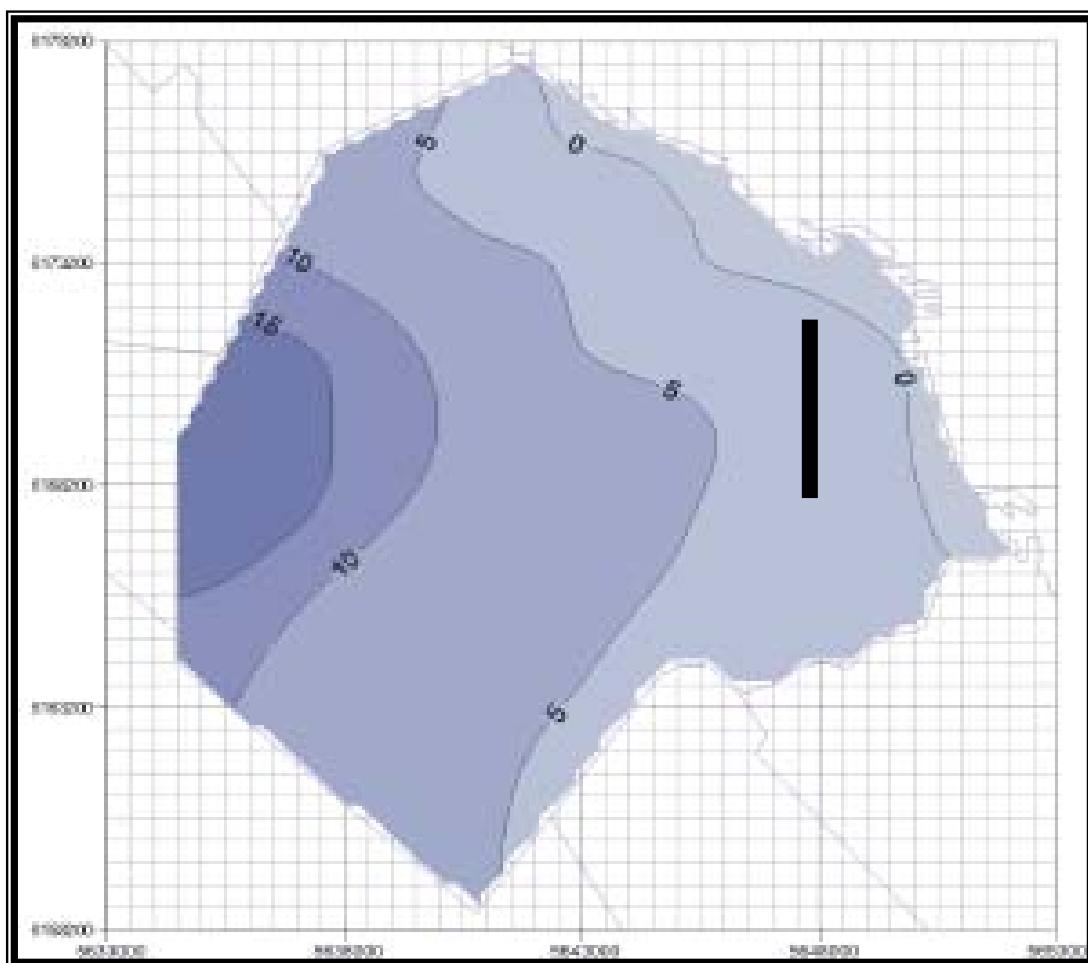
Las características del acuífero freático según se desprende de la información disponible, son de una **permeabilidad máxima de 5 m/día**, y un **gradiente hidráulico promedio de 1 mm/m**.

PARTICULARIDADES DEL PROYECTO

La alternativa seleccionada contempla excavaciones convencionales superficiales para luego proseguir con otro método constructivo. En algunos casos, aunque todavía no totalmente definidos, la obra puede complementarse con el sistema de *pipe-roofing*.

El proyecto contempla alcanzar el nivel freático en zonas tales como:

- Desde Humberto Primo hasta Av. De Mayo, y
- Desde Perón hasta Paraguay.



Mediante modelación también se deberá estudiar la percolación durante la etapa constructiva y así proponer los sistemas de control de aguas más eficientes para cada metodología constructiva.

Durante la etapa constructiva se prevé que los **caudales a extraer** ronden **0,005 m³/día por metro cuadrado de superficie excavada bajo napa freática**.

OBRAS A REALIZAR E INSTALACIONES

TÚNELES

El complejo vial subterráneo a construirse bajo la actual traza de la Av. 9 de Julio, entre las Av. del Libertador y la Av. San Juan, conectará las autopistas Illia (al Norte) con la autopista 25 de Mayo (al Sur).

La obra completa estará formada por cuatro túneles, unidireccionales, aproximadamente paralelos, dos de ellos con tránsito en dirección N-S y los otros dos con tránsito en dirección S-N.

De los cuatro, esta Licitación incluye sólo los túneles colectores y sus conexiones, debiendo el proponente prever en su proyecto ejecutivo la construcción de los 4 túneles, a efectos de evitar a futuro problemas de ubicación de los mismos.

Para dar una idea de la magnitud de las obras y de la importancia de los sistemas que se deben prever para mantener ventilados los túneles se hace una breve reseña de las características de cada uno de ellos.

Rama N-S “Distribuidor” (Túnel A)

Esta rama la denominaremos Túnel A y tendrá un recorrido subterráneo de aproximadamente 2.400 m entre la entrada y la salida mas alejadas. Dicho recorrido se completa con una salida intermedia de aprox. 175 m lo que hace una longitud total de túnel del orden de 2.575 m. Se estima que de la longitud total, 1.170 m de túnel tendrá sección apta para calzada de dos carriles y 1.105 m tendrá sección apta para 1 carril. Se espera que por el túnel detallado circulen 2.300 vehículos en hora pico.

Rama N-S “Colector Pasante” (Túnel B)

Denominaremos esta rama como Túnel B y cubrirá un recorrido subterráneo de aproximadamente 3.625 m entre la entrada y la salida mas alejadas. Dicho recorrido se completa con cuatro entradas intermedias que suman juntas 995 m y dos salidas más que suman 395 m lo que hace una longitud total del orden de los 5.015 m de túnel. Se estima que de la longitud total, 2.510 m de túnel tendrá sección apta para tres calzadas y 2.505 m sección apta para dos calzadas. Se espera que por el túnel detallado circulen como máximo 5.290 vehículos en hora pico.

Rama S-N “Colector Pasante” (Túnel C)

Al Colector Pasante de la rama S-N la llamaremos Túnel C y tendrá un recorrido subterráneo de aproximadamente 2.540 m entre la entrada y la salida mas alejadas. Dicho recorrido se completa con dos entradas intermedias que suman 535 m lo que completa una longitud total de túnel del orden de los 3.075 m. Se estima que de la longitud total, 2.160 m de túnel tendrá sección apta para



calzada de dos carriles y 915 m tendrá sección apta para 1 carril. Se espera que por el túnel detallado circulen, como máximo, 2.510 vehículos en hora pico.

Rama S-N “Distribuidor” (Túnel D)

El Distribuidor de la rama S-N la nombraremos como Túnel D y recorrerá aproximadamente 2.370 m entre la entrada y la salida mas alejadas. Dicho recorrido se completa con dos entradas y dos salidas intermedias, que en conjunto suman 780 m, lo que hace un total de túnel del orden de los 3.150 m. Se estima que 1.085 m de túnel tendrá sección apta para calzada de tres carriles, 1.085 m de túnel tendrá sección apta para calzada de dos carriles y 980 m tendrá sección apta para 1 carril. Se espera que por el túnel detallado circulen en hora pico, como máximo, 4.780 vehículos.

En la etapa que se licita sólo se construirán los túneles denominados B y C. Incluyéndose todos los elementos necesarios para la operación de los túneles con los estándares establecidos en los documentos del llamado a Licitación.

Sin pretender una enumeración exhaustiva, las obras incluyen las excavaciones de los túneles y las de las ramas de entrada y conexión con las autopistas existentes, el hormigonado de las bóvedas, hastiales y contrabóvedas, como así también los muros pantalla, columnas, vigas y demás elementos de sustentación estructural.

Se incluye la ejecución de las superficies de revestimiento de los túneles una vez hormigonados. Los pavimentos internos, en las entradas completas hasta su vinculación con la red arterial existente y las autopistas actualmente en operación.

La obras de desagüe, las barreras de seguridad, las instalaciones de iluminación y de electricidad, de seguridad contra incendios, la telefonía y todos los elementos de control a distancia mencionados en los documentos de la Licitación que integra esta Memoria.

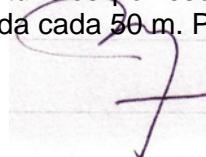
OBRAS HIDRÁULICAS

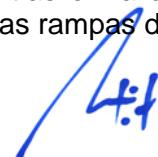
Las obras de desagües pluviales de los viaductos han sido concebidas sobre la base de tomar los aportes de agua propios del sistema. Estos aportes serían en principio; ingresos de agua por las bocas de egreso e ingreso a los túneles, aportes de agua por infiltración desde la napa freática, y por último, aportes puntuales y de alta recurrencia como son los aportes por posibles combates de incendios dentro de alguno de los viaductos.

Las obras no han sido diseñadas para la toma de aportes superficiales que actualmente se desarrollan en superficie y vuelcan a la red de desagües existente. En la etapa de proyecto de detalle, si por alguna razón que implique la modificación planialtimétrica de ciertos espacios, incurriendo estos cambios en la necesidad ineludible de aportar caudales al sistema de túneles, deberá este ser evaluado en particular. En principio debe prevalecer el criterio de no emplear el sistema de túneles como destino final de la escorrentía superficial de la zona ni como reservorio.

El sistema de desagües pluviales ha resultado del balance de comparar volúmenes de agua para combate de incendios versus aportes pluviales de recurrencia centenaria. Los aportes de aguas de infiltración, como se podrá observar en las memorias, pasan a ser poco relevante.

Con el objeto de no generar áreas importantes de acumulación de volúmenes de agua (por combates de incendio) en los túneles colectores y distribuidores, y de no generar inconvenientes en la circulación por las rampas de egreso e ingreso a los túneles por escorrentías en la calzada, se han previsto sumideros S1 en ambos lados de la calzada cada 50 m. Para las rampas de egreso e





ingreso y dada la elevada pendiente que poseen algunas, también se han previsto cada 50 m rejillas transversales a la calzada. De esta manera la intención es tomar la escorrentía lo antes posible y no generar sensaciones de poco confort por acumulación de escorrentía en la misma.

El sistema de desagües pluviales, por cuestiones de forma de los túneles, se ha materializado por el centro de la calzada. En el caso de las rampas de ingresos y egresos a los túneles principales, el desagüe se materializa por medio de 2 cañerías de 500 mm. de material plástico. A partir de disponer pendientes de 0.7% o menor, los desagües se materializan por medio de dos cañerías de 600 mm. Los sumideros laterales se conectan con las cañerías centrales mediante cañerías plásticas de las dimensiones suficientes para cada caso. El diámetro de la conexión mínima será de 400 mm y pendiente 0.5%.

Las aguas que provengan de infiltración serán recolectadas en un sistema específico para éstas y descargando en las cámaras de los sumideros, para, de esta manera, incorporarse al sistema.

El sistema de desagüe descarga en las zonas bajas de cada uno de los túneles principales para ingresar por gravedad a las Estaciones de Bombeo previstas (1 por cada túnel). Desde las Estaciones de Bombeo, el agua se impulsará hacia la superficie para incorporarse a la red pluvial existente. La ubicación de la Estaciones de Bombeo y los posteriores puntos de descarga para cada una de las mismas son:

- Túnel colector Sur/Norte; EB en calle Moreno. Descarga a conducto M6 en calle Alsina.
- Túnel distribuidor Sur/Norte; EB en calle Venezuela. Descarga a conducto de 3500mm en calle México.
- Túnel colector Norte/Sur; EB en calle México. Descarga a conducto de 3500mm en la misma calle.
- Túnel distribuidor Norte/Sur; EB en calle Alsina. Descarga a conducto M6 pasante por la misma calle.

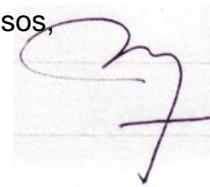
Cada Estación de Bombeo cuenta con 4 equipos de bombeo de 110 l/seg previendo una altura manométrica de HM=20 m. En cada etapa de bombeo, 3 equipos funcionan y 1 queda en reserva. El volumen del pozo de bombeo se ha estimado en 40 m³. De cada electrobomba ascenderá un impulsor de acero soldado de 300 para luego conjugar en una impulsión de 500mm en PRFV hasta el punto de descarga.

PAVIMENTOS

Para el diseño estructural de los pavimentos que integrarán los túneles bajo la Avenida 9 de Julio se han adoptado como pilares de diseño tres aspectos fundamentales: seguridad, confort y durabilidad. Se proyectan pavimentos de larga vida, con seguridad para el usuario y con suficiente nivel de confort expresado en bajo nivel de ruido y mínimo valor de IRI. Es fundamental diseñar y construir un pavimento durable y de bajo mantenimiento habida cuenta de las dificultades y riesgos que existen trabajando dentro de un túnel en servicio. Se pueden emplear pavimentos rígidos –losas de hormigón sobre hormigón- o rígido-compuestos formados por capas asfálticas sobre hormigón del piso del túnel. En el presente proyecto se han adoptado pavimentos rígidos de hormigón de cemento Pórtland.

Se consideran cuatro condiciones de apoyo diferentes para los paquetes estructurales:

- a) sobre suelos heterogéneos,
- b) sobre suelos predominantemente limo-arcillosos,



- c) sobre hormigón estructural, y
- d) sobre solera de fondo rellena con mortero de densidad controlada.

En el presente proyecto se ha trabajado con una solución en pavimento rígido sobre las distintas sustentaciones antes indicadas conformado por una subbase de suelo cemento y una losa de hormigón simple de 20 cm de espesor con juntas transversales sin barras pasadoras. Cuando se trata de hormigón sobre hormigón estructural se asigna un espesor de losa igual a 10 cm actuando monolíticamente mediante la aplicación de puente de adherencia, y cuando se trata de losas de hormigón sobre el mortero de densidad controlada de relleno, se emplean losas de 18 cm de espesor con juntas transversales sin pasadores.

Las calzadas que componen los túneles se diseñaron empleando métodos que tienen en cuenta los cinco factores considerados fundamentales en un diseño ingenieril contemporáneo:

- Sustentabilidad,
- Seguridad
- Respeto por el medio ambiente,
- Confort de rodadura y
- Durabilidad.

Los principios de sustentabilidad requieren del uso racional de fuentes no renovables y técnicas que empleen materiales de alto desempeño. Ello es particularmente importante a fin de reducir las tareas de mantenimiento y los costos del usuario al mínimo necesario durante la vida útil de las estructuras a construir. El tema de la seguridad es fundamental desde dos puntos de vista: la calidad de la calzada y el peligro de incendio dentro de un túnel. La calidad de la calzada a su vez se compone de: confort, nivel de ruido, calidad de rodadura, propiedades friccionales y durabilidad.

Para el diseño de los pavimentos de hormigón de los túneles se ha empleado el método simplificado de la PCA (Portland Cement Association) de los EE, verificando mediante los lineamientos de la Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimentos, edición 1993 y su suplemento 1998 para cálculo de pavimentos de hormigón. Asimismo se ha tenido en cuenta el Real Decreto 635/2006 sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras de España. También se han consultado diversos documentos relacionados con el diseño de pavimentos en túneles de la Unión Europea y de la EAPA (European Asphalt Paving Association). Finalmente se ha consultado una publicación del corriente año titulada Propuesta para el proyecto de firmes y pavimentos en túneles de M A Del Val Mel de la Universidad Politécnica de Madrid, España.

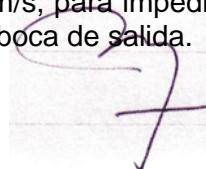
VENTILACIÓN

Objetivos a lograr con la ventilación a instalar en los túneles

La ventilación forzada a instalar en un túnel vial debe cumplir dos objetivos principales, el primero durante su uso normal y rutinario y el segundo bajo emergencia, salvando vidas de usuarios y posibilitando la acción de los bomberos durante un eventual incendio.

En uso normal debe ser capaz de inyectar y/o extraer suficiente cantidad de aire dentro del túnel para diluir los gases y los humos de la combustión producidos por los vehículos que circulan por el mismo.

Durante el uso en emergencia (incendio dentro del túnel), el sistema debe ser capaz de producir una corriente de aire con una velocidad mínima de 3 m/s, para impedir el retroceso de los humos hacia la boca de entrada y orientar los humos hacia la boca de salida.





Esta técnica es útil en túneles unidireccionales porque, en general, la dirección de la corriente de aire de ventilación se orienta en el mismo sentido del tránsito y ante un eventual incendio en algún tramo del túnel, todos aquellos usuarios que al iniciarse el fuego ya hayan pasado por el lugar del hecho, podrán continuar su camino con su propio vehículo y alcanzar la salida antes que lo alcancen los humos. Por otra parte, aquellos vehículos que ingresaron al túnel antes que se clausuren los accesos y que han quedado entre el incendio y la boca de ingreso, es probable que queden bloqueados por las llamas y que sus pasajeros deban abandonar sus vehículos y escapar por las puertas de emergencia mas cercanas. La finalidad de la ventilación en estos casos es forzar los humos hacia las bocas de salida evitando que el humo se desplace hacia las bocas de entrada y por lo tanto hacia la zona que puede haber gente aún no evacuada. En general con esta acción se logra tiempo de escape y permite el acceso de los bomberos a rescatar posibles heridos y a atacar el incendio.

Descripción de la ventilación a instalar en cada túnel

Para lograr los objetivos detallados, se ha previsto proveer a cada uno de los túneles con un Sistema de Ventilación Longitudinal (SVL), equipado con ventiladores a chorro.

El principio de funcionamiento del sistema, está basado en el principio de la transmisión de cantidad de movimiento. Una parte, relativamente pequeña de la totalidad del aire que circula por la sección del túnel, es aspirada por los ventiladores de chorro e impulsada hacia adelante con alta velocidad. Esta masa de aire, con energía cinemática elevada, comunica un impulso al resto del aire que se desplaza en dirección longitudinal hacia la boca de salida del túnel. En túneles unidireccionales se montan los ventiladores de tal forma que el sentido del soplado y del tráfico sea el mismo.

Para cada túnel se debe montar una determinada cantidad de ventiladores que en conjunto darán suficiente empuje a toda la masa de aire interior túnel a fin que se obtengan los caudales requeridos en cada tramo.

Los ventiladores serán tipo axial, equipados con silenciador en la boca de aspiración y en la boca de descarga, aptos para colgar. Se montarán en conjuntos de uno, dos o de tres unidades en paralelo, suspendidas desde la bóveda del túnel.

Para control y el mantenimiento de los equipos se debe acceder mediante una plataforma móvil.

Las fotos muestran un montaje típico de los ventiladores a chorro.



Ilustración de los equipos instalados en la Autopista Central de Santiago de Chile.
Ref. Boletín CR Ingeniería, N° 1, Año 1, Febrero 2005

SISTEMA ELÉCTRICO E ILUMINACIÓN

Se describe las instalaciones eléctricas a nivel de anteproyecto, que deberán considerarse, como mínimo, para el equipamiento eléctrico y de iluminación de las obras de los túneles.

Se deberá prever que la alimentación de la energía eléctrica provendrá de la fuente más cercana que determine la Empresa prestataria de los Servicios Públicos de Electricidad (EDESUR). Alimentación desde la Red Pública.

Se deberán prever áreas para las instalaciones de los equipos principales del sistema eléctrico, las que contendrán entre otros, los centros de transformación, constituidos por tableros de media tensión, transformadores de potencia y tableros de baja tensión de distribución, así como también los equipos de alimentación de emergencia, tales como grupos electrógenos.

INSTALACIONES ELECTRICAS

Las instalaciones eléctricas comprenderán las redes de alimentación eléctrica tanto en media tensión como en baja tensión así como la distribución de ésta a los equipos consumidores de los sistemas de iluminación, ventilación y bombeo de drenajes y filtraciones, servicios e instalaciones del túnel, la puesta a tierra de la instalación y la implantación de los centros de transformación, cables para distribución en MT, tableros de MT y BT, centros de mando y medición, etc. Asimismo, los grupos electrógenos de emergencia conectados al sistema de baja tensión y eventualmente, un sistema de emergencia autónomo. Todo ello se ajustará en su conjunto a lo dispuesto en las normativas vigentes de aplicación.

Se deberá considerar la instalación de una red de 13,2 KV propia del proyecto, a los efectos de brindar seguridad de suministro de energía y hacer frente a fallas intempestivas y a reparaciones y/o mantenimiento de la Red de Media Tensión.

En principio, se preverá redundancia en toda la red de media tensión (cables, celdas y transformadores), de manera de hacer frente a la ocurrencia de fallas y a trabajos de mantenimiento, sin disminuir la calidad del servicio.

La instalación eléctrica objeto de la presente memoria descriptiva, comprenderá todo el equipamiento necesario, a partir de los puntos de conexión con la red eléctrica en media tensión del concesionario EDESUR, hasta el último equipo consumidor de los sistemas de iluminación, ventilación, bombeo y sistemas complementarios, a instalar en los accesos e interior del viaducto.

Se describe a continuación, con carácter no limitativo, las instalaciones principales que deberán ser contempladas en el proyecto eléctrico:

Sistema de media tensión

- Conexión con el sistema de distribución de EDESUR .
- Conducciones eléctricas en media tensión.
- Bandejas y canalizaciones
- Tableros de media tensión



- Centro de transformación
- Sistema de puesta a tierra de las instalaciones eléctricas (en todos los niveles de tensión)

Transformadores MT/BT

Celdas de transformadores de tipo seco 13,2/0,4-0,231KV, grupo de conexión DYn11, cuyas potencias resultarán del proyecto ejecutivo.

Sistema de Baja tensión:

- Tableros principales de baja tensión
- Conducciones eléctricas en baja tensión
- Bandejas y canalizaciones de distribución
- Centro de control de motores
- Tableros distribución de mando y control para alumbrado
- Grupos electrógenos de emergencia y sistemas auxiliares
- Cargas eléctricas:
 - Sistema de iluminación
 - Sistema de ventilación
 - Sistema de bombeo
 - Otros sistemas a considerar en el proyecto ejecutivo (Tomacorrientes, control y mando local y a distancia, detección y alarma de incendio, cámaras TV, llamado por altavoces, telefonía de emergencia, semaforización, detector de gálibo, etc.)

Límite de suministro

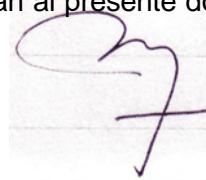
El sistema de distribución de media Tensión, en 13,2 KV, de EDESUR será el punto de partida para los cálculos del proyecto, en el que se deberá determinar las corrientes máximas de cortocircuito trifásico y monofásico a tierra, los tiempos de despeje de fallas y el número de reenganches si los hubiera.

En función de la disponibilidad de salidas de reserva en las instalaciones de EDESUR, se deberá prever dentro del suministro, tableros de media tensión conteniendo equipos de maniobras, protección, control y medición de magnitudes eléctricas (tensión, corriente, factor de potencia, energía, etc.). Todos estos equipos deberán ser integrados al sistema de control del viaducto, tanto para simple señalización, o para telemundo de los equipos a definir en el proyecto, por lo que deberán incluir los elementos de señalización de estados (abierto, cerrado, disparo por protecciones, etc.), accionamientos y/o comunicaciones necesarios para este fin.

El tendido eléctrico comprendido entre el punto de conexión con la red de EDESUR y los centros de transformación del viaducto, deberá considerarse de tipo subterráneo.

Dimensionamiento de la alimentación eléctrica

La definición de la potencia consumida en el viaducto correspondiente a las instalaciones eléctricas deberá considerar los criterios de diseño que se adjuntan al presente documento y a las normas de



aplicación que también se detallan en el mismo. La potencia consumida en servicio normal variará en función de la densidad de tráfico y distintas horas del día.

Los principales consumos a considerar en el proyecto ejecutivo serán:

- Iluminación
- Ventilación
- Instalaciones de bombeo
- Instalaciones complementarias

Para la estimación de las potencias consumidas en ventilación e iluminación se deberá distribuir la potencia instalada en franjas horarias aplicándolas al consumo del régimen de funcionamiento. Para las instalaciones de bombeo se definirán unos regímenes básicos con una potencia asignada y un número de horas /año. Para las instalaciones complementarias se considerará una potencia permanente.

Con ello se establecerá un cuadro horario de demanda de las distintas potencias conjuntamente con la distribución por bloques horarios de los distintos tipos de discriminación horaria.

La potencia eléctrica consumida por la instalación de iluminación será función de los niveles de iluminación requeridos en el viaducto según su clasificación.

Los niveles de iluminación instalados deberán ser mayores para tener en cuenta la depreciación por suciedad de las luminarias y el envejecimiento de las fuentes, este factor global de depreciación de la instalación se puede evaluar en un 70% en túneles y 80% en alumbrado exterior.

Centros de transformación

Los centros de transformación previstos en función de las características constructivas del viaducto serán cinco (5), denominados en los planos adjuntos al presente anteproyecto: CT1, CT2, CT3, CT4 y CT5, los que estarán vinculados eléctricamente entre sí mediante la instalación de un sistema de cableado de media tensión, independiente de la red pública. En el proyecto ejecutivo se deberán determinar las corrientes de cortocircuito máximas en equipos de las celdas de media tensión, bornes de conexión de media y baja tensión de los transformadores y tableros eléctricos de baja tensión, para diseñar de forma correcta la instalación.

Los centros de transformación estarán compuestos, a modo orientativo, por los siguientes equipos:

- Equipos de entrada de alimentación.
- Equipos de conmutación de alimentaciones.
- Equipos de protección general
- Equipos de medida.
- Equipos de protección de salidas en MT a transformadores
- Transformadores de potencia
- Interruptores Automáticos de control en BT
- Compensación de potencia reactiva
- Iluminación.
- Elementos de seguridad
- Redes de tierra.

Los centros de transformación serán alimentados por medio de doble circuito, para lo cual se deberá prever la instalación de un equipo de conmutación automática para que en caso de falla de uno de los circuitos se garantice que uno de los circuitos mantenga alimentados a los centros de transformación.

Transformadores de potencia

Los transformadores de potencia que se instalen en los centros de transformación situados en el interior del viaducto serán secos, previéndose tres (3) transformadores trifásicos 13,2/0,4-0,231 KV, 50 Hz, en paralelo, en 4 de los centros de transformación y 2 en uno de ellos.

Los transformadores estarán protegidos contra sobrecargas, cortocircuitos, por equipos situados en las celdas de media tensión. Dispondrán de señalización de temperatura indicando niveles de alarma y disparo, que deberán ser integrados en el sistema de control del viaducto.

La señal de disparo se deberá llevar a la celda de protección para provocar la apertura automática del interruptor en caso de sobrecalentamiento (temperatura desconexión) del transformador.

Sistema de media tensión

El sistema eléctrico principal comprenderá cinco (5) tableros de media tensión, trifásico, en 13,2 KV, los cables subterráneos de alimentación que vinculará el punto de conexión de EDESUR con los centros de transformación y los cables en aire que vincularán los tableros de media tensión de cada centro de transformación entre sí.

Los tableros de media tensión deberán ser blindados, diseñados y construidos respetando los criterios constructivos consignados en las especificaciones técnicas y los requerimientos de la Norma IRAM 2200.

Tanto las celdas como sus elementos constitutivos serán diseñados y construidos para soportar esfuerzos térmicos y electrodinámicos correspondientes a cortocircuitos en el nivel de 13,2 KV, para la potencia que resulte del proyecto ejecutivo y en base a los datos a suministrar por EDESUR.

Su construcción será modular, en cuerpos independientes, autoportantes e intercambiables entre sí. Interiormente las celdas estarán divididas en espacios metálicamente separados entre sí, de modo que en servicio normal puedan efectuarse sin riesgo las tareas de operación, inspección y mantenimiento.

Las celdas deberán asegurar un servicio continuo confiable desde todo punto de vista. Se ejecutarán con materiales de comprobada calidad. Se realizarán de acuerdo a las reglas del buen arte de la ingeniería, o de la técnica.

Desde el punto de vista eléctrico y operativo deberán ofrecer la máxima seguridad al personal que las opera.

Tanto las celdas como cada uno de los elementos constitutivos deberán soportar los cortocircuitos y sobretensiones que pudieran producirse en condiciones de servicio.

Deberán tener adecuada resistencia para soportar sin deformarse el esfuerzo consecuente de la deflagración de gases por arco eléctrico producido por cortocircuito.

Sistema de baja tensión

El sistema eléctrico principal de baja tensión (0,4 Kv, 50 Hz) comprenderá: cinco (5) tableros trifásicos generales de baja tensión, los cables de potencia para distribución, los tableros secundarios de mando y control (centro de control de motores), canalizaciones, cables de control, redes de tierra y sistemas y equipos consumidores eléctricos. (Ventilación, bombeo, iluminación, etc.)

Para el diseño de la instalación de baja tensión será preciso definir la corriente de cortocircuito máximo que afectará a cada tablero, límites de selectividad para definir las protecciones, dimensionamiento de las barras y demás equipamiento que permita una instalación confiable y segura.

Alimentación de emergencia

En áreas separadas, se preverá la instalación de grupos generadores de arranque automático para alimentación de los servicios esenciales durante interrupciones en el suministro de EDESUR. Los servicios a contemplar serán, en principio, el alumbrado vial reducido (con eventual reducción de velocidad), la ventilación, el bombeo, la señalización y la iluminación de escape.

En coincidencia con cada centro de transformación se prevé la instalación de un grupo electrógeno, conectado al tablero general de baja tensión

Se evaluará la factibilidad de centralizar la generación en correspondencia con el o los puntos de suministro desde la red pública. Esta alternativa obligará a instalar equipos de mayor potencia que generen en 13,2 kV pero minimizará los costos de obras civiles e instalaciones auxiliares (combustible, arranque, control, etc.).

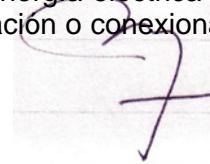
A fin de evitar la interrupción abrupta de la iluminación y de la señalización mientras dura el arranque de los grupos generadores y la conmutación de alimentación, se evaluará la posibilidad de instalar fuentes ininterrumpibles de energía (UPS).

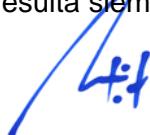
Redundancia

El momento de corte en la alimentación eléctrica de la instalación de iluminación del viaducto es la situación más crítica, siendo necesario en dicho instante que el alumbrado de emergencia entre en servicio en el lapso de tiempo más breve posible. En la práctica, menos de medio segundo desde que ocurra una falla en dicho suministro y que los servicios de seguridad del túnel queden también alimentados.

Para lograr que se garantice el correcto funcionamiento del alumbrado de emergencia, se deberá considerar la aplicación de las siguientes medidas:

- ✓ Redundancia de alimentación: Se deberá considerar una alimentación eléctrica de la instalación de alumbrado del túnel mediante dos suministros independientes, o sea con distinta subestación de origen, estando interconectadas ambas acometidas a través de un sistema de transferencia automática.
- ✓ Cada alimentación será capaz de alimentar el 100% de la instalación y en circunstancias normales cada uno de ellos alimentará el 50% de la carga total, aproximadamente.
- ✓ Los tableros de cada centro de transformación podrán alimentar el 100% de los circuitos que le corresponden y los transformadores tendrán una reserva del 50%.
- ✓ Grupos generadores de arranque automático para alimentación de los servicios esenciales durante interrupciones en el suministro normal. Los servicios a contemplar serán, en principio, el alumbrado vial reducido, la ventilación, el bombeo, la señalización y la iluminación de escape.
- ✓ Segregación de circuitos de suministros de energía eléctrica totalmente independientes., con el objeto de evitar problemas de conmutación o conexión, resulta siempre deseable.





ble alimentar parte de la instalación de iluminación desde una fuente de energía y el resto desde otra.

- ✓ Trazado redundante de canalizaciones, siempre que sea posible, se independizarán los trazados de las canalizaciones de alimentación a aquellos servicios que presenten duplicidad o que puedan ser segregados para mantener operativo el 50% de los sistemas.
- ✓ Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI). Eventualmente, se estudiará la necesidad de alimentar los servicios y alumbrado considerados de emergencia desde un SAI con una autonomía de una hora, de forma que las baterías del SAI aseguren la alimentación eléctrica durante el tiempo que necesite el generador de emergencia para arrancar u operaciones de comutación de alimentadores y dar la potencia necesaria a los servicios que se hayan considerado de emergencia durante este periodo.

Sistema de Puesta a tierra

El diseño y realización de las redes de tierra es especialmente importante en los centros situados en el interior del viaducto, debido a las condiciones de conductividad del terreno, así como por las limitaciones geométricas de implantación de las mismas. Por todo ello se realizará el proyecto, verificando su correcta ejecución durante la realización de las redes de tierra y comprobando los valores en ohmios de las mismas así como las tensiones de paso y de contacto antes de la puesta en marcha de las instalaciones.

ILUMINACION

El viaducto deberá ser dotado de un sistema de iluminación confiable y seguro, permitiendo poder aproximarse, atravesar y salir del viaducto en condiciones diurnas y nocturnas a una velocidad determinada con un grado de seguridad y confort no inferior a las condiciones en calles o rutas abiertas.

El diseño de la iluminación deberá tener muy en cuenta la problemática visual en el viaducto, que comprende los efectos de inducción y adaptación, así como la influencia de las luminancias de velo. Todo lo cual exige tener en cuenta la distancia de seguridad en función de la velocidad del tráfico del túnel.

Deberán considerarse tres tipos de iluminación: normal, seguridad y de emergencia.

- ✓ La iluminación normal se proporcionará de modo que asegure a los conductores una visibilidad adecuada de día y de noche en la entrada del túnel, en las zonas de transición y en la parte central.
- ✓ La iluminación de seguridad deberá permitir una visibilidad mínima para que los usuarios del túnel puedan evacuarlo en sus vehículos en caso de avería del suministro de energía eléctrica.
- ✓ La iluminación de emergencia, deberá proyectarse a una altura determinada de la calzada, de modo que permita guiar a los usuarios del túnel para evacuarlo a pie con un mínimo de 10 lux y 0,2 cd/m².

En la zona (A) de acceso, se adoptará como medidas de control la plantación de cortinas de árboles y la elección de un color oscuro para los portales.



Deberán generarse condiciones de contorno tendientes a minimizar el efecto de “agujero negro” que produce el túnel al automovilista que va a ingresar.

La zona de Umbral (B) se desarrolla a partir del portal de acceso, en una longitud igual a la distancia de frenado para la velocidad directriz. El coeficiente de fricción depende, entre otros factores, de la velocidad y de las condiciones del pavimento, particularmente su grado de humedad.

El valor de luminancia media en la primera mitad de la zona de umbral está relacionado con la luminancia equivalente de veo calculada para la zona de acceso y con el contraste mínimo necesario para poder visualizar un obstáculo en el interior del túnel mientras el conductor está aún en la zona de acceso. A partir del 50 % de la longitud de esta zona la luminancia podrá decrecer gradualmente hasta llegar al 40 % del valor indicado.

A partir de la finalización de la zona de umbral se inicia la zona de transición (C), de luminancia decreciente, destinada a lograr la adaptación del ojo a menores niveles de iluminación, hasta alcanzar el valor correspondiente al interior del túnel (zona D). Debido a que responde a un proceso fisiológico de adaptación, el decrecimiento de luminancia se define en función del tiempo. Por lo tanto su longitud depende de la velocidad directriz del túnel.

Finalizada la adaptación del ojo en la zona de transición se inicia la zona interior, cuyo nivel de luminancia media es función de la distancia de frenado y del volumen de tránsito. Dado que subsiste la necesidad de adaptación del ojo, en túneles largos esta zona se divide en dos subzonas. La segunda sólo existirá cuando la zona interior requiere más de 30 s para atravesarla, viajando a la velocidad directriz.

En la zona de Egreso (D) debe asegurarse una correcta visualización desde el interior del túnel de vehículos pequeños que salen de él y una visión adecuada por el espejo retrovisor desde vehículos que estén en la rampa de egreso.

Las cabeceras del Túnel, en las que se incluyen las rampas de acceso y egreso del túnel preverán para su iluminación, exclusivamente nocturna, un sistema convencional mediante luminarias montadas sobre columnas laterales.

Control automático

Se preverá el control automático de la luminancia interior en función de la iluminación exterior.

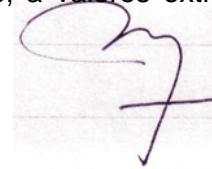
El control podrá efectuarse en forma discreta siempre que el efecto de parpadeo (flickering), función de la distancia entre luminarias, se mantenga dentro de límites aceptables para la velocidad directriz.

Cuando ello no resulte posible, se recurrirá a la regulación continua mediante dimmer.

A tal efecto deberán instalarse luminancímetros en las entradas desde la Autopista Illia y desde la Autopista 25 de Mayo. Cada uno de ellos controlará la iluminación de los túneles que tengan el mismo sentido de tránsito.

Luminarias

Deberán ser de construcción adecuada para su utilización en túneles, donde las condiciones de funcionamiento son especialmente adversas. Por tal motivo, deberán ser robustas, herméticas, resistentes a las agresiones de los gases de escape, a valores extremos de temperatura y de



humedad y a los productos de limpieza. Además deberán ser de fácil instalación, acceso y mantenimiento.

Estarán equipadas con espejos de precisión de alta efectividad y la carcasa podrá ser de acero inoxidable o de fundición de aluminio según el tipo de luminaria.

Las lámparas a ser utilizadas dentro del túnel se deberán caracterizar por una elevada eficiencia lumínosa y larga vida útil, por lo que se preverán lámparas de sodio de alta presión asegurando las mejores condiciones de visión. Podrá proponerse otro tipo de lámparas con aplicación específica para túneles y de similar o superior eficiencia lumínosa y duración.

La distribución de las luminarias deberá garantizar una iluminación uniforme sobre la calzada, el control del deslumbramiento, el nivel de luminancia, etc.

Deberá contarse con un sistema de iluminación de emergencia, que permita mantener un mínimo nivel de luminancia calculado para el horario nocturno.

En los accesos se instalará un sistema de iluminación convencional con lámparas de sodio.

Proyecto Ejecutivo

Se presentará en forma detallada en el Proyecto Ejecutivo, el sistema eléctrico para el suministro de energía y los circuitos de alimentación del sistema de iluminación y demás elementos necesarios, teniendo en cuenta los niveles de iluminación requeridos, tomando como base la presente memoria descriptiva, criterios de diseño y especificaciones técnicas que forman parte del presente anteproyecto.

La documentación correspondiente al proyecto ejecutivo será como mínimo, la siguiente:

- a) **Memoria descriptiva:** Con una descripción detallada de las obras a efectuar, indicando los materiales y operaciones incluidas en cada uno de los sistemas cotizados.
- b) **Plano de proyecto de los circuitos de alimentación del sistema de iluminación:** En dicho plano se indicarán inequívocamente las obras proyectadas incluyendo los transformadores de potencia, tableros de media y baja tensión, gabinetes de distribución y de mando, centro de control de motores, grupos electrógenos, circuitos de alimentación a las columnas y a artefactos suspendidos dentro del viaducto, los cruces de calzada y el cableado subterráneo y sobre bandejas proyectados, con todos los elementos componentes necesarios para la operación adecuada del sistema de iluminación, ventilación y bombeo conforme a los planos y especificaciones.
- c) **Memorias de cálculos de:** transformadores, tableros y cables de media y baja tensión y sistema de emergencia, correspondientes al plano citado en b) y de todo otro sistema eléctrico que surja como necesario instalar en el proyecto ejecutivo.
- d) **Datos característicos garantizados:** De los materiales y equipos a emplear, datos de ensayos o comportamiento de aquéllos y toda otra documentación que pueda servir como elemento de juicio en el estudio del proyecto.
- e) **Iluminación a nivel de calzada:** La documentación de proyecto explicitará los cálculos y software empleados para determinar los valores mínimos exigidos, según las normas y recomendaciones referenciadas en el presente documento.

