

Metro de Santiago Subgerencia Desarrollo Internacional Informe para Ministerio de Transporte Actividades de Asesoría de Metro de Santiago		
Contrato: 520-2016, entre Ministerio de Transporte de Colombia y Metro de Santiago de Chile	Fecha: 5 Junio 2017 ASISTENCIA TÉCNICA - METRO DE BOGOTÁ	

CONTRATO N° 520/2016
ENTRE MINISTERIO DE TRANSPORTE DE COLOMBIA
Y METRO DE SANTIAGO DE CHILE
OBJETO: ASESORIA A EMPRESA METRO DE BOGOTA
INFORME FINAL

ANTECEDENTES

Conforme Contrato N° 520, de 2016, el Ministerio de Transporte de Colombia y Metro de Santiago de Chile, suscribieron un acuerdo por el cual este último se comprometió a prestar un servicio de asesoría a su par de la ciudad de Bogotá, en tareas relacionados con la revisión de estudios preliminares y de diseño conceptual, para la construcción de la primera línea de metro de esa ciudad.

Lo anterior, junto con prestar apoyo en tareas complementarias relacionadas con el estudio y preparación de la documentación necesaria para iniciar los procesos de licitación para la construcción de las obras respectivas, además de realizar diversos talleres para la entrega de conocimientos y experiencias acumuladas durante la construcción y operación del Metro de Santiago y que pudieren servir de antecedente a su par de la ciudad de Bogotá, para abordar similares actividades.

Iniciado el trabajo de la asesoría y por razones de fuerza mayor, Metro de Bogotá solicitó a Metro de Santiago su acompañamiento en las conversaciones que debía sostener con el Estructurador Técnico, el Consorcio Metro Bog (Systra – Ingetec), para el desarrollo de la ingeniería básica del proyecto.

Tal solicitud, a fin de examinar las propuestas técnicas de dicho Consorcio, haciendo observaciones y sugerencias que pudieran generar un proyecto eficiente, que utilice de buena forma los recursos disponibles y que garantice la puesta en marcha de un sistema de transporte del tipo metro, que represente una efectiva solución a la situación del transporte público de pasajeros de Bogotá.

Es necesario precisar que la participación de Metro de Santiago ha tenido lugar en un escenario predefinido, toda vez que ya se encontraban definidas dos características centrales del Proyecto:

- Su trazado y estaciones correspondientes a la primera etapa, entre los terminales Portal de Las Américas y Calle 72 y
- Que la extensión total del trazado será elevada, en viaducto.

Todas las actividades que en ese contexto realizó Metro de Santiago, así como las sugerencias y recomendaciones efectuadas, constan en los informes y acta de reuniones realizadas durante el periodo del contrato de asesoría, todas las cuales fueron entregadas en su oportunidad a la empresa Metro de Bogotá y al Ministerio de Transporte de Colombia.

Metro de Santiago Subgerencia Desarrollo Internacional Informe para Ministerio de Transporte Actividades de Asesoría de Metro de Santiago		
Contrato: 520-2016, entre Ministerio de Transporte de Colombia y Metro de Santiago de Chile	Fecha: 5 Junio 2017 ASISTENCIA TÉCNICA - METRO DE BOGOTÁ	

ACTIVIDADES DESARROLLADAS. En la línea indicada, Metro de Santiago desarrolló su trabajo a través de las siguientes actividades:

1. Participación en Mesas de Trabajo
2. Revisión de documentación técnica y Entregables (versiones preliminares)
3. Realización de pasantías y talleres de transmisión de experiencias
4. Reuniones con autoridades y agrupaciones locales

Para el inicio de estas actividades, Metro de Santiago tomó conocimiento previo del Proyecto a través de versiones preliminares de Entregables desarrollados el Consultor –el Consorcio Metro Bog, respecto de dos de los cuales (marcados en cursiva) Metro de Bogotá solicitó opiniones específicas, vertidas en los respectivos informes. Los Entregables preliminares referidos son:

- Entregable 2. Experiencias internacionales de metros en viaducto
- Entregable 3. Alternativas para la optimización del diseño de la PLMB
- *Entregable 4. Viaducto para la PLMB*
- Entregable 5. Comparación de inversión respecto de trazado original (túnel)
- Entregable 6. Análisis de sostenibilidad financiera
- Entregable 7. Cronología y presupuestos
- Entregable 9. Informe Ejecutivo Final
- *Entregable 10. Material Rodante y Equipamientos*

1. **MESAS DE TRABAJO.** Las Mesas de Trabajo tuvieron lugar durante el primer semestre de 2017 y se orientaron a tomar conocimiento de las propuestas técnicas hechas por el Consorcio Metro Bog respecto de los diversos sistemas y equipamientos que conformarían el sistema de transporte del Metro de Bogotá.

Las Mesas de Trabajo, celebradas periódicamente, tuvieron como propósito abrir debates respecto de las propuestas técnicas mencionadas de modo de ir adoptando decisiones que se tradujeran en definiciones respecto de los equipos y sistemas del Proyecto, así como de los planes de operación y mantenimiento del Metro de Bogotá.

De esa forma, las actividades desarrolladas en esas mesas de trabajo se han traducido finalmente en las primeras versiones de los “Entregables”, de cada disciplina, sometidos a la revisión de las instancias participantes en el desarrollo del Proyecto y, particularmente, de la Interventoría contratada al efecto.

En Anexo 1 se detallan las Mesas de Trabajo realizadas en 2017, los temas tratados y la participación que cupo en ellas a Metro de Santiago.

Metro de Santiago Subgerencia Desarrollo Internacional Informe para Ministerio de Transporte Actividades de Asesoría de Metro de Santiago		
Contrato: 520-2016, entre Ministerio de Transporte de Colombia y Metro de Santiago de Chile	Fecha: 5 Junio 2017 ASISTENCIA TÉCNICA - METRO DE BOGOTÁ	

2. **REVISION DE DOCUMENTACION TECNICA Y PRIMERAS VERSIONES DE ENTREGABLES.** La actividad desarrollada en las Mesas de Trabajo dio lugar a informes preparados por el Consultor en los que iba compilando los acuerdos alcanzados en aquellas, sobre cada materia.

La revisión de dichos informes dio lugar al trabajo más intenso de la asesoría de Metro de Santiago, toda vez que dichas revisiones han generado los Entregables a partir de los cuales el Consultor deberá luego elaborar las Especificaciones Técnicas y Funcionales en base a las cuales se desarrollará el proceso de licitación para la concesión integral del Proyecto.

En éste ámbito, Metro de Santiago emitió una serie de informes respecto de temas y/o materias específicas, a fin de proporcionar a Metro de Bogotá elementos de juicio conducentes a adoptar las definiciones que el Proyecto ha requerido.

En Anexo 2 se detallan los informes emitidos por Metro de Santiago.

3. **PASANTIAS Y TALLERES DE TRANSMISION DE EXPERIENCIAS.** Capítulo concerniente a la realización de pasantías y talleres de transmisión de experiencias y conocimientos, sobre temas que responden al interés de Metro de Bogotá, en el propósito de contribuir a la buena marcha del Proyecto de la PLMB.

En primer término, las pasantías fueron realizadas mediante visitas técnicas a la red del Metro de Santiago, en Marzo 2018 y estuvieron orientadas a mostrar y describir a un grupo de profesionales y técnicos del Metro de Bogotá, componentes y equipos centrales de las líneas automáticas del Metro de Santiago, sistema tecnológico similar al que se implementará en el Metro de Bogotá.

En segundo lugar cabe citar la realización de talleres de transmisión de experiencias, realizados en Bogotá, destinados a presentar a profesionales de la empresa Metro de Bogotá materias específicas, tanto técnicas como de gestión, inherentes al Metro de Santiago, complementadas con el relato de experiencias reales vividas durante los procesos de construcción y operación de sus líneas.

Ello, con el propósito de ilustrar en profundidad a esas personas acerca de la operación de un sistema de metro, con sus equipos y componentes, similar al escogido para el Metro de Bogotá, permitiéndoles así participar con mayor propiedad en los debates y discusiones que se celebran en torno al Proyecto, de modo de adquirir la experiencia necesaria para administrar a futuro la concesión de su propio ferrocarril urbano.

En Anexo 3 se detallan los informes emitidos por Metro de Santiago, con ocasión de las pasantías y talleres de transmisión de experiencias.

Metro de Santiago Subgerencia Desarrollo Internacional Informe para Ministerio de Transporte Actividades de Asesoría de Metro de Santiago		
Contrato: 520-2016, entre Ministerio de Transporte de Colombia y Metro de Santiago de Chile	Fecha: 5 Junio 2017 ASISTENCIA TÉCNICA - METRO DE BOGOTÁ	

4. REUNIONES CON AUTORIDADES Y AGRUPACIONES LOCALES. En este mismo campo, la asesoría de Metro de Santiago se extendió además a colaborar en reuniones con autoridades y agrupaciones locales, para dar a conocer el Proyecto de la PLMB y apoyar su implementación sobre la base de la experiencia operacional y de servicio acumulada en más de 40 años, por esa red de metro. Entre ellas, podemos nombrar:

- Transmisión de experiencias y recomendaciones para un estudio de interés de la Financiera de Desarrollo Nacional - FDN, para evaluar, diagnosticar y proponer medidas de solución al problema de evasión de pasajeros del sistema Transmilenio.
- Transmisión de experiencias y recomendaciones en relación a procesos de enajenación de predios y cambios de redes de servicios, en cuanto ellas puedan ser útiles a procesos similares, de responsabilidad de UMUS, del Ministerio de Transporte de Colombia.
- Transmisión de experiencias y recomendaciones para el desarrollo de una metodología de control del presupuesto de inversión del Proyecto PLMB, a solicitud de UMUS, Ministerio de Transporte de Colombia.
- Participación en reunión de la Asociación Colombiana de Ingenieros, para una mejor comprensión de la línea automática del futuro Metro de Bogotá, a partir de la construcción y puesta en servicio de líneas del mismo tipo, en el Metro de Santiago.
- Participación en reunión del Concejo Municipal del Distrito, para apoyar la difusión del Proyecto de la PLMB y entregar información respecto de los beneficios de una línea de metro y su contribución a mejorar el transporte público de la ciudad y la calidad de vida de sus habitantes.

5. PRINCIPALES SUGERENCIAS Y RECOMENDACIONES DEL EQUIPO ASESOR DE METRO DE SANTIAGO.

Como se señalara anteriormente, desde Febrero 2017, el Equipo Asesor de Metro de Santiago, a solicitud de Metro de Bogotá, se ha integrado activamente a las reuniones programadas por el Consorcio Metro Bog, para revisar las propuestas técnicas presentadas por este último e intercambiar opiniones y experiencias orientadas a optimizar los sistemas y equipos en desarrollo a fin de obtener el mejor nivel de servicio de la línea de metro proyectada.

En el caso de Metro de Santiago, las opiniones de su Equipo Asesor han estado sostenidas por la experiencia de más de 40 años de servicio de su red, por las adecuaciones que la empresa ha introducido en sus protocolos operacionales, en sus procesos de mantenimiento y reposición de equipos, en el desarrollo y ejecución de proyectos de extensión de su red y en la gestión de administración de la empresa.

Y todo ello, en el contexto de una empresa que ha debido operar y mantener los equipos y tecnologías adquiridas, conforme su propia idiosincrasia y de acuerdo a recursos acotados, marco en el cual ha alcanzado niveles de eficiencia y de autofinanciamiento operacional casi únicos en el mundo.

Metro de Santiago Subgerencia Desarrollo Internacional Informe para Ministerio de Transporte Actividades de Asesoría de Metro de Santiago		
Contrato: 520-2016, entre Ministerio de Transporte de Colombia y Metro de Santiago de Chile	Fecha: 5 Junio 2017 ASISTENCIA TÉCNICA - METRO DE BOGOTÁ	

Las propuestas presentadas por el Consultor Metro Bog en el curso de la ingeniería básica contienen, por cierto, la experticia de una empresa consultora internacional que ha asesorado los proyectos de ingeniería y puesta en marcha de un sinnúmero de sistemas de metro en el mundo, junto con agregar innovación y nuevas tecnologías aportadas por proveedores internacionales del rubro ferroviario.

En ese marco, hacer observaciones a un consultor de esa calificación ha tenido el significado de evaluar sus propuestas y revisar su confiabilidad, sometiéndolas al criterio de operadores de metro que hemos desarrollado nuestra propia experticia, sobre la base del rigor técnico y de la eficiencia en nuestra gestión operacional y de administración.

Se puede concordar o disentir de tales propuestas, no obstante, al Equipo Asesor de Metro de Santiago lo ha animado el interés porque de esa discusión surjan alternativas eficientes y duraderas que permitan a Metro de Bogotá disponer de soluciones efectivas, gestionables en el marco de su propia realidad e idiosincrasia y que hagan a esta empresa merecedora del reconocimiento público por el servicio que prestará a la ciudad

En esta línea, estimamos que los principales aportes surgidos de las recomendaciones del Equipo Asesor del Metro de Santiago y que la empresa Metro de Bogotá ha incorporado al Proyecto, son los siguientes:

5.1 Efectos de la demanda proyectada para el Metro de Bogotá. Conocidas las proyecciones de demanda, desarrolladas por la SDM, Metro de Santiago hizo notar sus observaciones a causa del impacto de aquella en aspectos relevantes del Proyecto de la PLMB y de su crecimiento futuro. Las referidas observaciones tienen relación con:

- 5.1.1. Las proyecciones de demanda de la PLMB surgen, en buena medida, del desarrollo y funcionamiento prácticamente independiente del sistema Transmilenio, dejando de lado la necesaria complementariedad que deberá existir con el sistema metro, cuando este comience a operar, lo que puede llevar a elevados e injustificados costos de operacionales y de inversión.
- 5.1.2. Por la misma circunstancia señalada en la letra anterior, parece sobredimensionada la demanda máxima proyectada para la Línea A o línea principal del Metro de Bogotá, en 2050 (60.000 pasajeros por hora, por sentido), lo que puede llevar a elevados costos en equipamientos e infraestructura.
- 5.1.3. El proyecto ha considerado para la Línea A un trazado determinado (Portal de Las Américas – Calle 170) y la creación de un ramal (Calle 127 – Calle 152), lo que puede significar restricciones graves para la extensión futura del Metro de Bogotá, en el mediano y largo plazo. Esto, acentuado por la elección del viaducto como solución para su línea principal.

Metro de Santiago Subgerencia Desarrollo Internacional Informe para Ministerio de Transporte Actividades de Asesoría de Metro de Santiago		
Contrato: 520-2016, entre Ministerio de Transporte de Colombia y Metro de Santiago de Chile	Fecha: 5 Junio 2017 ASISTENCIA TÉCNICA - METRO DE BOGOTÁ	

- 5.1.4. La operación de la Línea A y de su ramal obligarían a que este último tuviese un diseño similar en infraestructura, trenes, equipos y sistemas, pese a la menor demanda máxima proyectada para él, lo que se traduciría en una sobre inversión.

El Equipo Asesor de Metro de Santiago ha manifestado las dificultades que todo esto significa para la extensión futura del Metro de Bogotá, para la ciudad y su sistema de transporte, sugiriendo se encarguen nuevos estudios que permitan visualizar otras alternativas, flexibilizar escenarios ante el crecimiento de la red de metro y optimizar los recursos destinados a su construcción. Para ello ha recomendado:

- a. Estudiar la conveniencia de crear la figura de una autoridad superior, encargada de la administración del sistema transporte público de pasajeros de la ciudad de Bogotá, con el propósito de:
 - Coordinar la operación de todos los modos de transporte de pasajeros de la ciudad, definiendo recorridos, horarios y nivel de oferta de cada uno de ellos.
 - Establecer las tarifas del sistema de transporte de la ciudad y administrar el proceso de recaudo y venta.
 - Realizar las negociaciones con los operadores de dichos modos y negociar y administrar los contratos respectivos.
 - Estudiar y actualizar permanentemente las demandas de los corredores viales de la ciudad y, en función de ello, ajustar periódicamente los recorridos establecidos.
- b. Sensibilizar las proyecciones de demanda máxima, considerando la existencia de un Sistema Integrado de Transporte para la ciudad y de una Autoridad Superior que lo administra, ajustando los niveles de la demanda a un escenario más objetivo y satisfaciendo esta, adecuadamente, a través de la acción coordinada de todos los modos de transporte a fin de proporcionar el nivel de servicio que los ciudadanos requieren.
- c. Desarrollar los estudios de factibilidad que correspondan para establecer alternativas de desarrollo del ramal original Calle 127 – Calle 152, sobre la base de considerarlo una línea independiente. Ello, junto con estudiar la factibilidad real de disponibilidad de suelo que requeriría convertir la estación Calle 127, en un punto de combinación entre ambas líneas.

Este estudio puede arrojar importantes resultados en términos de:

- Factibilidad real de prolongar el ramal o Línea B al oriente de la Av. Caracas.
- Disminución de la flota de trenes de la Línea A, requerida para el escenario 2050.
- Reducir las dimensiones (galibo) de los trenes necesarios para la Línea B.

Metro de Santiago Subgerencia Desarrollo Internacional Informe para Ministerio de Transporte Actividades de Asesoría de Metro de Santiago		
Contrato: 520-2016, entre Ministerio de Transporte de Colombia y Metro de Santiago de Chile	Fecha: 5 Junio 2017 ASISTENCIA TÉCNICA - METRO DE BOGOTÁ	

- Reducir el ancho del viaducto de la Línea B, considerando también tramos en túnel en sectores en que este pudiere resultar más conveniente.
- Reducir definitivamente la capacidad de la cochera del Patio - Taller.
- Factibilidad de mejorar el trazado de la Línea B, optimizando su conectividad con la Línea A, permitiendo menores tiempos de viajes y un mejor aprovechamiento de la oferta máxima de esta última línea.

5.2 Configuración de los trenes y galibo de los coches. Producto de la oferta requerida por la PLMB para satisfacer la demanda máxima proyectada hacia 2050, Metro de Santiago sugirió en su momento la elección de trenes de 6 coches, de 2,9 m de ancho y 23 m de longitud, en promedio.

La propuesta de Metro de Santiago fue acogida por Metro de Bogotá, en cuanto al ancho de los coches (2,9 m), decisión que aportará un beneficio directo al Proyecto por el menor costo del material rodante y, también, por el menor ancho del viaducto.

Ha quedado pendiente la definición relativa a la longitud de los coches dado que el Consultor no ha podido aportar datos relativos al costo estimado de trenes de 6 y de 7 coches, materia que necesariamente deberá resolverse a través del proceso de licitación. Esperamos que la decisión que se adopte en esta instancia confirme la propuesta de Metro de Santiago, toda vez que ella implica menores costos de inversión y mantenimiento, como ha sido confirmado por el propio Consultor.

5.3 Viaducto y viga “Gran U”. Resulta satisfactorio haber aportado la experiencia y los antecedentes técnicos relativos a la utilización de la “viga gran U” como elemento central del viaducto de la Línea 4 del Metro de Santiago, en cuanto todo ello ha servido a Metro de Bogotá para adoptar una decisión similar para la construcción del futuro viaducto de la PLMB. Ello, después de haber realizado debates e intercambio de experiencias sobre una variada tipología de vigas, utilizadas en el mundo, con diferentes resultados.

Como ha quedado planteado luego de esta decisión, Metro de Santiago ha puesto toda su experiencia y conocimiento a disposición de Metro de Bogotá para abordar las etapas futuras que consideran la fabricación de esas vigas, su transporte, montaje y pruebas, en cuanto ello pueda aportar al completo éxito en la implementación de esta estructura.

5.4 Sistema de alimentación eléctrica. El sistema eléctrico es, entre varios, uno de los de mayor complejidad toda vez que su diseño debe considerar el nivel de confiabilidad del suministro externo y, en los mismos términos, asegurar la transformación y distribución de la energía al interior del sistema metro, para el funcionamiento de trenes, equipos e instalaciones y, con ello, la seguridad de las personas que se transportan en él.

En las sucesivas reuniones sobre esta materia, Metro de Santiago tuvo la oportunidad de aportar la experiencia acumulada en sus más de 40 años de funcionamiento, sugiriendo medidas y criterios funcionales, varios de los cuales fueron acogidos por Metro de Bogotá, pudiendo destacarse:

Metro de Santiago Subgerencia Desarrollo Internacional Informe para Ministerio de Transporte Actividades de Asesoría de Metro de Santiago		
Contrato: 520-2016, entre Ministerio de Transporte de Colombia y Metro de Santiago de Chile	Fecha: 5 Junio 2017 ASISTENCIA TÉCNICA - METRO DE BOGOTÁ	

5.4.1. Potencia requerida por la PLMB. Producto de su experiencia en el diseño y operación de sus 6 líneas, Metro de Santiago sugirió revisar el nivel de potencia propuesto inicialmente para la PLMB, de 120 MW, para su tramo inicial. Sobre la base de revisar los supuestos con que se realizó la proyección inicial, la potencia del sistema ha sido reducida a 35 MW para el escenario 2022 y 50 MW para 2050, manteniendo el nivel de seguridad del sistema y reduciendo de manera importante el costo de los equipos requeridos y del consumo futuro.

5.4.2. Dimensionamiento de subestaciones receptoras y de tracción. En esa misma línea, Metro de Santiago propuso también disminuir el dimensionamiento de estas instalaciones, reduciendo a dos las subestaciones receptoras y también a dos la cantidad de transformadores de cada una de estas, junto con utilizar conjuntos “bigrupos” en las subestaciones de tracción. Analizada esta materia en la Mesa de Trabajo respectiva y considerado, esencialmente, el nivel de confiabilidad del suministro externo de energía por la empresa distribuidora de la ciudad, resultó de consenso general mantener las configuraciones propuestas inicialmente con miras a asegurar, al mayor nivel, el suministro de energía para el funcionamiento y servicio de la futura PLMB.

Metro de Santiago se incorporó a ese acuerdo toda vez que ella fue producto de un profundo análisis por parte de los especialistas y de la debida consideración de un factor ajeno (suministro externo), sobre el cual Metro de Bogotá no tendrá ingerencia.

5.4.3. Energía de tracción (trenes). Metro de Santiago sugirió la conveniencia de revisar la tensión de la alimentación de tracción propuesta inicialmente, de 1500 Vcc, dada la reducida cantidad de fabricantes de trenes que utilizan dicho voltaje y los mayores costos implica en razón de las protecciones más robustas que requiere. Alternativamente, Metro de Santiago propuso evaluar una tensión de 750 Vcc, desarrollada por un amplio número de fabricantes y utilizada y de probado uso en diversas redes, como es el caso del propio Metro de Santiago.

Analizado el tema en la Mesa de Trabajo respectiva, Metro de Bogotá adoptó la decisión de elegir el modo de transmisión mediante tensión de 750 Vcc, materia ratificada por la Junta Directiva de la EMB (Marzo 2017).

5.5. Automatismo en la conducción de trenes. La ingeniería conceptual desarrollada por el Consultor planteó en su Entregable N° 4, distintas formas de conducción para los trenes de la futura PLMB. Desde sistemas semi automáticos convencionales, con conductor, hasta sistemas completamente automáticos, sin conductor, conocido como GoA4 (Grade of Automation 4).

Metro de Santiago Subgerencia Desarrollo Internacional		
Informe para Ministerio de Transporte Actividades de Asesoría de Metro de Santiago		
Contrato: 520-2016, entre Ministerio de Transporte de Colombia y Metro de Santiago de Chile	Fecha: 5 Junio 2017 ASISTENCIA TÉCNICA - METRO DE BOGOTÁ	

Al respecto, Metro de Santiago describió la amplísima investigación desarrollada por sus especialistas, a nivel internacional, que condujo a la elección del sistema GoA4, sin conductor, para sus líneas automáticas 3 y 6; dados los significativos beneficios que aporta, entre los que pueden contarse:

- regularidad de la oferta, mediante el aseguramiento de la frecuencia e intervalos de trenes
- menor consumo de energía
- menor dotación de personal
- menores costos y gestión administrativa
- mayor seguridad para los pasajeros (puertas de andén)

Producto de todos los antecedentes recopilados y revisados en la Mesa de Trabajo respectiva, Metro de Bogotá ha adoptado la decisión de implementar el sistema GoA4 en su futura línea, decisión ratificada por su Junta Directiva (Marzo 2017). Metro de Santiago confía en haber contribuido favorablemente a esa decisión, tras aportar su experiencia como uno de los escasos operadores de líneas automáticas en Latinoamérica.

5.6 Ubicación y direccionamiento de los aparatos de vías. Se denominan “aparatos de vías”, a mecanismos ubicados en los terminales y en puntos intermedios del trazado, a través de los cuales los trenes pueden cambiar de una vía a la otra y retornar en la dirección contraria. El propósito tradicional de ellos ha sido permitir la realización de dichas maniobras en caso de suspensión de un tramo de la línea y/o ante averías de trenes. Atendiendo a este propósito, el Consultor planteó la instalación de un número determinado de dichos aparatos y su direccionamiento.

No obstante, la necesidad de utilizar eficientemente los sistemas de que dispone para satisfacer su demanda, ha conducido a Metro de Santiago, tras numerosos ensayos, a dar a estos aparatos de vías un propósito adicional y relevante: efectuar servicios parciales de trenes para aumentar la oferta de viajes en tramos de alta demanda.

En este caso, los trenes interrumpen su recorrido en puntos determinados de la línea donde la demanda de pasajeros se hace menor, descargan sus pasajeros y retornan por la vía contraria, donde se concentra una mayor demanda. Esta estrategia operacional ha permitido a Metro de Santiago aumentar la oferta de viajes en puntos críticos de sus líneas, sin requerir de más trenes y aumentando la eficiencia de la gestión operacional y la calidad del servicio.

En función de dicha experiencia, Metro de Santiago propuso modificaciones en la ubicación y direccionamiento de algunos aparatos de vías, tanto en terminales como en puntos intermedios de la línea, lo cual fue acogido por Metro de Bogotá, medida que ha sido incorporada al Proyecto.

Metro de Santiago Subgerencia Desarrollo Internacional Informe para Ministerio de Transporte Actividades de Asesoría de Metro de Santiago		
Contrato: 520-2016, entre Ministerio de Transporte de Colombia y Metro de Santiago de Chile	Fecha: 5 Junio 2017 ASISTENCIA TÉCNICA - METRO DE BOGOTÁ	

Ello ha sido particularmente importante en el caso de la estación ALO (no incluida en el primer tramo de la PLMB), donde los aparatos de vías sugeridos por Metro de Santiago (ubicación y direccionamiento) hacen que esta quede habilitada para operar como futuro terminal (caso de extensión de la línea), sin perjuicio que en lo inmediato permita maniobras de estacionamiento de trenes y el paso de los mismos hacia el Patio Taller.

5.7 Sistema tarifario. Las autoridades han previsto que todos los modos de transporte de la ciudad utilicen un mismo medio de pago (tarjeta inteligente) y que se implemente un sistema de tarifa integrada de modo que los pasajeros que efectúan un determinado viaje puedan pasar de un modo de transporte a otro, pagando una sola tarifa.

Por otra parte, las estaciones del Metro de Bogotá de la primera etapa (2022) no coincidirán en todos los casos con las estaciones de Transmilenio. En los casos de coincidencia las estaciones de metro se situarán por sobre las estaciones de Transmilenio, dejando entre ambas un nivel intermedio (mesanina) a través del cual los pasajeros combinarán de un modo a otro.

Por el contrario, en 6 de las 15 estaciones de metro no se producirá tal coincidencia por lo que las estaciones de uno y otro modo quedarán separadas, entre sí y el acceso a cada modo será independiente, lo que hace necesario prever las adecuaciones necesarias en el sistema tarifario y en las respectivas líneas de control (torniquetes).

Al respecto, Metro de Santiago ha sugerido:

- a. incorporar tales requerimientos al desarrollo de la ingeniería básica de modo que el sistema tarifario prevea la flexibilidad necesaria para que los pasajeros puedan cambiar de un modo a otro, independientemente si las estaciones coinciden o no, sin pagar una nueva tarifa.
- b. agregar a ello la flexibilidad para que dicho sistema tarifario pueda mutar entre tarificación plana o diferenciada, conforme lo determine la autoridad del transporte de la ciudad.

Metro de Bogotá ha dispuesto que tales indicaciones sean incorporadas en calidad de requerimientos en el desarrollo del sistema tarifario que aplicará el Metro de Bogotá y recomendar a la autoridad su extensión al resto de los modos de transporte.

5.8 Horarios de servicio e intervalos de trenes. Metro de Santiago ha hecho un planteamiento en relación a los horarios de funcionamiento de la PLMB, reduciendo su amplitud respecto de lo propuesto por el Consultor, sobre la base de:

- Reducir la duración de los periodos de punta (extensos, a la luz de la experiencia internacional) y adecuarlos conforme las proyecciones de demanda máxima.
- Interrumpir el servicio del metro en horarios extremos del día donde la afluencia de pasajeros es ostensiblemente menor, haciendo ineficiente la operación de un sistema de transporte diseñado para satisfacer altas demandas de pasajeros.

Metro de Santiago Subgerencia Desarrollo Internacional Informe para Ministerio de Transporte Actividades de Asesoría de Metro de Santiago		
Contrato: 520-2016, entre Ministerio de Transporte de Colombia y Metro de Santiago de Chile	Fecha: 5 Junio 2017 ASISTENCIA TÉCNICA - METRO DE BOGOTÁ	

- Que en tales horarios, la autoridad superior del transporte debe disponer el funcionamiento de los restantes modos de transporte de modo que estos (buses) puedan satisfacer los viajes de estos periodos.
- Asegurar un espacio de tiempo suficiente, durante la noche, para ejecutar los trabajos de mantenimiento de las instalaciones de metro (vías, sistemas, etc.).
- La incidencia que tiene para el costo operacional, mantener el Metro en servicio en horarios en que la demanda no lo justifica, dada su mayor capacidad.

Debatido esta materia y revisada la experiencia internacional en este campo, esencialmente, en redes de metro de Latinoamérica, Metro de Bogotá ha fijado el horario de servicio que se extenderá entre las 05:30 y las 23:00 horas de días laborales, reduciendo además la duración de la hora de punta, a un máximo de 2,5 horas.

5.9. Patio Taller. Cochera para estacionamiento de trenes. Metro de Santiago ha sugerido revisar la capacidad que el Consultor ha previsto para esta cochera, cuyo diseño inicial permitiría el estacionamiento de la flota de trenes correspondiente al escenario 2050 (60 trenes). Tal sugerencia, en razón de:

- Resulta aventurado hacer previsiones de terrenos, estructuras, y espacios para el estacionamiento de 60 trenes, conforme el escenario estimado para 2050.
- Solo se tiene un nivel de certeza razonable con el parque de 27 trenes requerido para el escenario más inmediato – 2022.
- Igualmente, al término del servicio de cada día, no es razonable estacionar todos los trenes en una sola cochera, menos si esta se encuentra en un extremo de la línea, dados los inconvenientes que ella implica: aumento de los recorridos de los trenes; mayor consumo de energía; menor tiempo para mantenimiento nocturno de las vías y equipos; riesgos para el inicio del servicio diario; etc.
- La independización de la Línea A y su ramal (Línea B) y el uso eventual de trenes de distintas características, reduciría la flota de trenes proyectada para 2050 lo que hace más incierto el parque de 60 trenes estimado para entonces.

En ese contexto, Metro de Santiago sugirió:

- Diseño de una cochera con capacidad para 30 trenes, con 10 vías para 3 trenes cada una (en lugar de 30 vías, para 2 trenes cada una), lo que permite además un mejor aprovechamiento del terreno disponible en el Patio Taller.
- Incorporar en el Plan Operacional de la PLMB, el estacionamiento nocturno de trenes en los dos terminales (práctica generalizada), lo que reduce la exigencia de estacionamientos en la cochera.
- Considerar en los estudios sobre extensiones futuras del Metro de Bogotá, la previsión de un terreno adicional para la construcción de una **segunda cochera**, en el sector norte de la ciudad, cuya construcción será prácticamente una obligación futura para asegurar el normal funcionamiento del sistema de metro y la ejecución de los programas de mantenimiento.

Metro de Santiago Subgerencia Desarrollo Internacional Informe para Ministerio de Transporte Actividades de Asesoría de Metro de Santiago		
Contrato: 520-2016, entre Ministerio de Transporte de Colombia y Metro de Santiago de Chile	Fecha: 5 Junio 2017 ASISTENCIA TÉCNICA - METRO DE BOGOTÁ	

Analizados y debatidos estos antecedentes, Metro de Bogotá acogió los planteamientos de Metro de Santiago. Primero, para reducir la capacidad de la cochera del Patio Taller y, seguidamente, internalizando la necesidad de prever una segunda cochera en los planes futuros para extensión del Metro de Bogotá.

5.10. Estación ALO. Hasta ahora, esta estación no estaba considerada en el trazado original del primer tramo de la PLMB (estación Calle 72 - estación Portal de Las Américas). No obstante, a la luz de debates sobre otras materias del Proyecto, quedaron a la vista antecedentes que Metro de Santiago expuso en las conversaciones técnicas, que hacen factible la inclusión de la estación ALO en el trazado del primer tramo de la PLMB.

Tales antecedentes se refieren a:

- La estación ALO es paso obligado de los trenes que se trasladan hacia o desde el Patio Taller.
- Por esa circunstancia el Proyecto considerado, en esta etapa inicial, su construcción, al nivel de obra gruesa.
- Metro de Bogotá ha aceptado incorporar la proposición de Metro de Santiago para que los aparatos de vías de la estación ALO se dispongan de modo que esta pueda operar desde ya, como terminal de la línea, a fin de evitar modificaciones futuras, con el costo e interferencias que ello significaría para el tramo en servicio.
- Resultaría incomprensible para la opinión pública, apreciar a diario el paso de los trenes por una estación construida en obra gruesa, no abierta al público.

En tales circunstancias, Metro de Santiago sugirió la posibilidad de incluir la estación ALO en el primer tramo de la PLMB, lo que permitiría resolver reales problemas de transporte en un sector de alta densidad poblacional, anticiparse a la presión social que ello podría involucrar y posicionar la imagen de la EMB, como una empresa de servicio.

Metro de Bogotá se ha hecho parte de la sugerencia de Metro de Santiago, habiendo iniciado las gestiones correspondientes para formalizar la integración de la estación ALO en el primer trazado de la PLMB.

6. CONCLUSIONES DEL EQUIPO ASESOR DE METRO DE SANTIAGO. Los sistemas de metro son realidades únicas en cada ciudad. Más allá de la modernidad y progreso que ellos aportan y del elevado nivel tecnológico que los sustenta, venidos siempre de medios más desarrollados, surge la realidad propia de cada ciudad, la idiosincrasia de sus habitantes y los recursos bajo los cuales se instala y opera el nuevo sistema de transporte.

Metro de Santiago Subgerencia Desarrollo Internacional Informe para Ministerio de Transporte Actividades de Asesoría de Metro de Santiago		
Contrato: 520-2016, entre Ministerio de Transporte de Colombia y Metro de Santiago de Chile	Fecha: 5 Junio 2017 ASISTENCIA TÉCNICA - METRO DE BOGOTÁ	

En ese contexto, nos ha parecido altamente positiva la oportunidad de haber prestado toda nuestra colaboración al nuevo Metro de Bogotá, principalmente, desde la óptica de nuestros países – Colombia y Chile, unidos por necesidades comunes respecto del buen uso de sus acotados recursos, del interés por asimilar las nuevas tecnologías como una inyección de energía, modernidad y cultura no solo para los habitantes de la ciudad sino también para todo el país.

Nuestra colaboración a Metro de Bogotá ha estado empapada de ello porque en Santiago hemos aprendido que la gestión operativa del metro se construye con y para los ciudadanos, adaptando la modernidad y la tecnología para ponerla al servicio de aquellos, haciendo que el nuevo sistema de transporte aporte a la calidad de vida de las personas y a una ciudad más limpia y grata.

Las sugerencias que hemos realizado contienen esa esencia. Cómo hacer más con menos y mantenerlo bien. Cómo hacer que la modernidad implementada penetre nuestras culturas, se traduzca en mejores hábitos para las personas y en una solución al problema del transporte público, en el que las personas gastan demasiada parte importante de su tiempo.

Desarrollo de la asesoría. Las Mesas de Trabajo y las numerosas reuniones realizadas como parte de los debates técnicos desarrollados para ir depurando las propuestas del Consultor sobre la funcionalidad del sistema Metro de Bogotá y las características de los equipos y automatismos requeridos, se han traducido en una invaluable ocasión para compartir y también para disentir con especialistas calificados sobre distintos aspectos del Proyecto. Pero, principalmente, se han traducido en el aprendizaje de sistemas y tecnologías que surgen en fuentes desarrolladas, que pasan a formar parte de nuestro quehacer diario.

Por otra parte, como señaláramos anteriormente, los disensos se traducen fundamentalmente en la forma diferente en que abordamos los procesos operacionales, a partir de la tecnología que adquirimos. Y ello, movidos por la necesidad de ajustar nuestra gestión a los recursos disponibles y a la realidad de nuestros países que, en general, no subsidian el transporte.

En esa perspectiva, han surgido en el caso del Metro de Santiago iniciativas que estimamos valiosas y que nos han permitido hacer más eficiente nuestra gestión, resultado que con gusto hemos compartido con Metro de Bogotá a través de nuestras sugerencias y conversaciones.

Basados en ello hemos puesto énfasis en la conveniencia de evitar el sobredimensionamiento de equipos, instalaciones o procesos, ajustando estos a los reales requerimientos y resguardando así los costos de las respectivas inversiones y de su posterior operación.

Metro de Santiago Subgerencia Desarrollo Internacional Informe para Ministerio de Transporte Actividades de Asesoría de Metro de Santiago		
Contrato: 520-2016, entre Ministerio de Transporte de Colombia y Metro de Santiago de Chile	Fecha: 5 Junio 2017 ASISTENCIA TÉCNICA - METRO DE BOGOTÁ	

De la misma forma, hemos hecho hincapié en la conveniencia de flexibilizar la gestión operativa de la red, abandonando en alguna medida ciertas prácticas convencionales e introduciendo flexibilidades que permiten transportar más y mejor, con los mismos recursos. Introducir en la operación la posibilidad de realizar recorridos parciales (“bucles”) o que los trenes se detengan, en forma mixta, en estaciones alternadas, trae beneficios para los propios pasajeros y para los resultados de la empresa.

En esa línea, hemos apoyado el interés del Metro de Bogotá por elegir un sistema completamente automático de conducción para su primera línea, basado en amplias investigaciones y visitas que nos llevaron, desde 2012, a elegir similar sistema para nuestras nuevas líneas 3 y 6, completamente automáticas, una de las cuales ya ha sido puesta en servicio.

Dificultades. Al margen de lo señalado, el proceso de análisis y discusión sobre el cual han sido desarrollados los Entregables ofreció algunas dificultades que se tradujeron en indefiniciones y en retrasos para el término de esos documentos.

En lo central, estimamos que la presencia esporádica de los especialistas del Consultor, en Bogotá, así como la falta de información y datos específicos sobre determinadas materias, afectaron más decisivamente el avance de la ingeniería conceptual. El atraso en la definición de los criterios de diseño de las estaciones así como la falta de información sobre los costos de trenes de 6 y 7 coches, son causales que han provocado atrasos no menores en el diseño de las estaciones y en la configuración de los trenes.

En este último caso, al punto que dicha configuración ha quedado supeditada a las ofertas de los fabricantes, lo que significará alguna complejidad adicional para el estudio de las propuestas respectivas, situación que se extenderá a otras materias, también tocadas por la indefinición sobre la cantidad de coches por tren. Tal es el caso de equipos como puertas de andén, señalización, equipos de talleres, etc.

El uso del correo electrónico y la realización de conferencias satelitales no resultaron siempre alternativas eficaces para resolver situaciones como las señaladas, que requieren de una discusión directa y de la revisión en sitio de la documentación y planos correspondientes.

También es del caso señalar que el Equipo de Metro de Santiago lamenta no haber permanecido más prolongadamente en Bogotá, durante el desarrollo de la ingeniería conceptual, debido a los acotados recursos de un contrato de asesoría previsto inicialmente para un alcance menor.

Alternativamente, sin embargo, desde Santiago, estuvimos siempre a disposición de Metro de Bogotá para continuar el trabajo de revisión que ha permitido finalmente dar término a los Entregables, con las limitaciones de contactos no personales, que afectan el avance de proyectos de alta complejidad.

Metro de Santiago Subgerencia Desarrollo Internacional Informe para Ministerio de Transporte Actividades de Asesoría de Metro de Santiago		
Contrato: 520-2016, entre Ministerio de Transporte de Colombia y Metro de Santiago de Chile	Fecha: 5 Junio 2017 ASISTENCIA TÉCNICA - METRO DE BOGOTÁ	

Sugerencias. En la perspectiva de traducir lo señalado en lecciones aprendidas y obtener de ellas el provecho necesario, nos permitimos a sugerir las siguientes acciones:

- a. Asesorías, consultorías y otros. Como queda a la vista, resultará de la mayor conveniencia asegurar la presencia más constante y, según corresponda, hasta permanente de los asesores y/o especialistas que formen parte del Proyecto o que se integren a él a través de asesorías, consultorías, empresas contratistas u otras.

En sus etapas siguientes, el Proyecto requerirá de análisis y revisiones permanentes para atender consultas de los oferentes; para resolver consultas sobre funcionalidad y/o configuración de equipos; para responder consultas sobre infraestructura y/o arquitectura; para clarificar aspectos relacionados con los procesos que se concesionarán; etc. Todas ellas, materias que deben resolverse, en tiempos acotados, a fin de no afectar el cronograma y costo del Proyecto.

- b. Equipo Técnico - Metro de Bogotá. En esta línea, estimamos del todo conveniente completar a la brevedad la formación del equipo técnico de la EMB.

El desarrollo de la ingeniería conceptual, la discusión y contacto con especialistas calificados, adentrarse en el conocimiento de equipos y sistemas de alta tecnología, diseñados para uso prácticamente exclusivo de redes de metro, etc., compenetrarse anticipadamente de la infraestructura del sistema y de sus obras civiles, etc., son ocasiones imperdibles para la preparación del personal que luego se encargará de administrar la concesión, controlar procesos de recepción y pruebas, etc.

- c. Control del Proyecto. Sugerimos la rápida creación de una unidad destinada al control de las actividades en curso, aun cuando ello signifique anticiparse a la puesta en marcha de la PMO prevista para el control integral del Proyecto.

Los retrasos y pendientes ocurridos en el desarrollo de los Entregables confirman la conveniencia de anticiparse en la instalación de dichas tareas de control, previo al inicio de nuevas actividades con lo que, además, podría contribuir a la elaboración, ajuste y seguimiento del programa general del Proyecto, actividad de mucha ayuda para la instalación posterior de la PMO.


Aníbal Mardones Barría
 Director Equipo Asesor
 Metro de Santiago

