

# Producto 4 – Estudios y Diseños de Pre-factibilidad

## Entregable 8 – Propuesta funcional y pre-dimensionamiento de infraestructura del Patio Taller

---





Mayo de 2021

# Producto 4 – Estudios y Diseños de Pre-factibilidad

## Entregable 8 – Propuesta funcional y pre-dimensionamiento de infraestructura del Patio Taller

---

Preparado por:

Unión Temporal Egis Steer  
Metro de Bogotá  
Carrera 15 #93a-62 Oficina 602  
Teléfono. 746 04 03  
Bogotá D.C. Colombia

+57 1 7460403

Preparado para:

Financiera de Desarrollo Nacional -  
FDN  
Av. Carrera 7 No. 71 - 42  
Torre B Piso 6  
Bogotá D.C. Colombia

Cliente ref: Contrato FDN 033 de 2020

Nuestra ref: 23858501



Este documento fue preparado por la Unión Temporal Egis Steer Metro de Bogotá para Financiera de Desarrollo Nacional - FDN. La información contenida en este documento debe considerarse confidencial, cada destinatario reconoce la confidencialidad de la información aquí incluida y se compromete a no divulgarla de ninguna manera. Cualquier persona o institución que utilice cualquier parte de este documento sin el consentimiento expreso por escrito de Unión Temporal Egis Steer Metro de Bogotá, se considerará que otorga su conformidad a indemnizar a la Unión Temporal Egis Steer Metro de Bogotá por todas las pérdidas o daños que resulten de dicha utilización. La Unión Temporal Egis Steer Metro de Bogotá ha llevado a cabo su propio análisis utilizando toda la información disponible en el momento de elaboración del presente documento y señala que la llegada de nuevos datos e información podría alterar la validez de los resultados y conclusiones que aquí se presentan. Por lo tanto, La Unión Temporal Egis Steer Metro de Bogotá no se responsabiliza de los cambios en la validez de los resultados y conclusiones debido a eventos y circunstancias actualmente imprevisibles.

## Contenido

Glosario y abreviaturas .....	iii
1 Introducción.....	1
Antecedentes .....	1
Descripción de la SLMB .....	2
2 Objetivos .....	6
Objetivos Generales .....	6
Objetivos Específicos.....	6
3 Alcance .....	7
4 Localización del Patio Taller .....	8
5 Funciones del Patio Taller .....	10
Funciones principales.....	10
Equipamiento del patio taller .....	11
6 Concepto de patio taller para la Segunda Línea de Metro de Bogotá .....	14
Normatividad aplicada .....	14
Hipótesis de trazado y de material rodante para el dimensionamiento del patio taller.....	14
Plan de mantenimiento preventivo .....	15
Dimensionamiento del patio taller .....	16
Cálculo de la carga de trabajo asociada al taller .....	16
Cálculo de intervenciones con mantenimiento correctivo .....	17
Principales requisitos y objetivos tomados en cuenta cuando se conceptualizó el patio y taller .....	18
Descripción pre dimensionamiento y opciones de localización .....	21
Consideraciones constructivas.....	24
Análisis geotécnico.....	25
8 Conexión del patio taller a la línea.....	26
9 Conclusiones y recomendaciones.....	29

## Figuras

Figura 1.1 Esquema Cola de Maniobras.....	2
---	---

Figura 1.2 Alternativa de mejor desempeño Calle 72 – Av. Cali – ALO / Subterránea / Línea nueva.....	4
Figura 1.3 Patio Taller – Predio Fontanar del Río.....	5
Figura 4.4 Opciones evaluadas de predios o zonas para el Patio Taller .....	8
Figura 4.5 Localización predio Fontanar del Río .....	9
Figura 6.6 Ejemplo de gato hidráulico fijo .....	20
Figura 6.7 Ejemplos de vehículos de transporte de material rodante.....	21
Figura 6.8 Concepto - Patio Taller .....	22
Figura 8.9 - Zonas con riesgo de inundación alto e intermedio SDP Resolución 1641 de 2020. .....	26
Figura 8.10 - Viaducto en Patio-Taller sobre pondaje EAAB existente .....	27
Figura 8.11 Ejemplo de viaducto (PLMB) .....	28

## Tablas

Tabla 6.1 - Características del material rodante .....	14
Tabla 6.2 - Plan de mantenimiento preventivo .....	15
Tabla 6.3 - Primera Fase – 2030 : 23 trenes / Cálculo de número de intervenciones previstas para la carga de trabajo asociada .....	16
Tabla 6.4 - Segunda Fase – 2050 : 30 trenes / Cálculo de número de intervenciones previstas para la carga de trabajo asociada .....	17
Tabla 6.5 - Primera Fase – 2030 : 23 trenes / Distribución de la carga de mantenimiento preventivo y correctiva por tipo de vía.....	17
Tabla 6.6 - Segunda Fase – 2050 : 30 trenes / Distribución de la carga de mantenimiento preventivo y correctiva por tipo de vía.....	18

## Anexos

Anexo A. PLANOS	RAQB014-PROD4-ENT7-TYC-PL-01.dwg
	RAQB014-PROD4-ENT7-TYC-PL-02.dwg
	RAQB014-PROD4-ENT7-TYC-PL-03.dwg
	RAQB014-PROD4-ENT7-TYC-PL-04.dwg
	RAQB014-PROD4-ENT7-TYC-SE-01.dwg

## Glosario y abreviaturas

- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C, o Alcaldía Mayor
- ALO: Avenida Longitudinal de Occidente
- Bogies: conjunto de dos (3 o más, según modelo) pares de ruedas, montadas sobre ejes próximos, paralelos, que se utilizan en ambos extremos de los vehículos de gran longitud para circular sobre carriles
- Consultoría: Formulación, análisis y priorización de alternativas para la expansión del PLMB-T1, y elaborar los estudios y diseños a nivel de prefactibilidad de la alternativa seleccionada para la expansión de la PLMB-T1 y su articulación con otros proyectos de transporte de la Región Bogotá – Cundinamarca.
- DADEP: Departamento Administrativo de la Defensoría del Espacio Público
- DNP: Departamento Nacional de Planeación
- SDA: Secretaría Distrital de Ambiente, o Autoridad Ambiental
- SDM: Secretaría Distrital de Movilidad, o Autoridad de Transporte
- SDP: Secretaría Distrital de Planeación
- SLMB: Segunda Línea Metro de Bogotá
- SHD: Secretaría de Hacienda Distrital
- EAAB: Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá
- EEB: Empresa de Energía de Bogotá
- EMB: Empresa Metro de Bogotá
- Equipo Consultor: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, o Unión Temporal
- FDN: Financiera de Desarrollo Nacional
- ICANH: Instituto Colombiano de Antropología e Historia
- IDPC: Instituto Distrital de Patrimonio Cultural
- IDU: Instituto de Desarrollo Urbano
- MHCP: Ministerio de Hacienda y Crédito Público
- MT: Ministerio de Transporte
- Para referirnos a TransMilenio:
  - La empresa (ente gestor del SITP): TRANSMILENIO S.A. o TMSA
  - El BRT (Sistema): Bus Rapid Transit (Bus de tránsito rápido), o Sistema TransMilenio, o Sistema de Transporte Masivo
- PMMB: Plan Maestro de Movilidad de Bogotá
- PLMB-T1 o PLMB: Primera Línea de Metro de Bogotá
- PLMB-T2: Primera Línea Metro de Bogotá Tramo 2
- POT: Plan de Ordenamiento Territorial
- SITP: Sistema Integrado de Transporte Público, o Sistema
- SLMB: Segunda línea del Metro de Bogotá
- TCC: Términos de Condiciones Contractuales – Adenda 5

# 1 Introducción

## Antecedentes

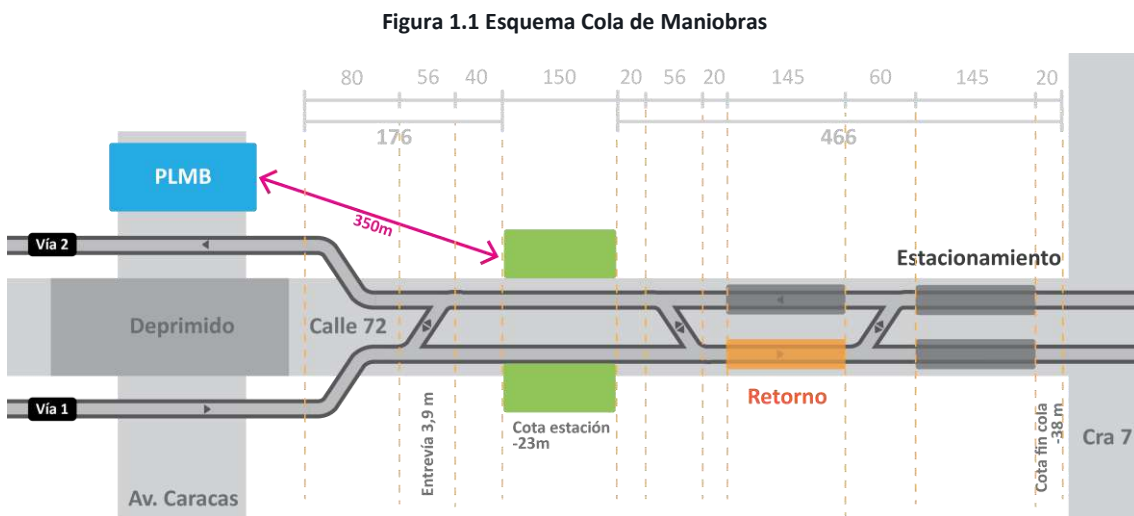
- 1.1 Bogotá como región capital, en aras de mejorar la calidad de vida de sus habitantes, ha venido trabajando en la transformación de su infraestructura en materia de movilidad para todos los modos de transporte, con el fin de que funcionen perfectamente, mediante una programación y operación unificada. Para el caso del transporte público masivo y como parte de este proceso, se busca tener un Sistema Integrado de Transporte mucho más completo y armonioso que incluya varios tipos de servicios, es así como surge la incorporación del sistema metro como nueva opción de medio de transporte.
- 1.2 Bajo este entendido y enfocados en el marco de la red de transporte masivo, además de materializar el desarrollo de la primera línea de metro de Bogotá (PLMB), se proyecta robustecer dicho sistema identificando y teniendo en cuenta la zona de expansión a priorizar logrando el mayor beneficio para la ciudad.
- 1.3 Por tal razón se estructura la expansión de la Primera Línea de Metro de Bogotá - PLMB –T1 o Segunda Línea de Metro de Bogotá - SLMB, mediante el contrato FDN 033 de 2020 cuyo objeto es “Formulación, análisis y priorización de alternativas para la expansión del PLMB-T1, y elaborar los estudios y diseños a nivel de prefactibilidad de la alternativa seleccionada para la expansión de la PLMB-T1”.
- 1.4 El contrato 033 de 2020 establece una evaluación multidisciplinaria distribuida en tres (3) fases con diferentes niveles de detalle, que logra la definición de un corredor óptimo a nivel de prefactibilidad, articulando la operación de la extensión del Sistema Metro con la PLMB y otros proyectos de transporte de la Región Bogotá – Cundinamarca (Regiotram).
- 1.5 En una primera fase o fase uno (1) del contrato 033 de 2020, se realizaron los análisis correspondientes para definir la zona de expansión, la cual arrojó como resultado que la localidad de Suba es la zona o cuenca de la ciudad priorizada hacia donde debería ir la SLMB.
- 1.6 Una vez identificada la Zona de expansión priorizada, se busca conectar la PLMB con la Localidad de Suba, para lo cual se formularon diferentes alternativas de líneas, las cuales fueron desarrolladas en la fase dos (2) de este estudio; es así como se obtiene la línea que discurre en los corredores de la Calle 72, Av. Cali y ALO., como la alternativa de mejor desempeño o mejor calificada mediante una metodología de evaluación por medio de una matriz multicriterio.
- 1.7 Posteriormente se configura el nodo de terminación, mediante la incorporación de diferentes opciones de localización de patio taller y se adelantó igualmente, una evaluación multicriterio para la zona norte del trazado, incluyendo en la evaluación el tramo de la Avenida Longitudinal

de Occidente ALO, entre Av. Cali y Av. Suba, el cual arrojo como resultado para el nodo de terminación, el proyecto de expansión priorizado (PMLB - T2) con terminación en el polígono denominado “Fontanar del Río”, en el cual se implantará el patio-taller.

- 1.8 Finalmente, en la fase tres (3) del proyecto, se desarrollan los estudios de prefactibilidad técnica para esta alternativa, contenidos en los productos 4,5,6 y 7, definidos en los términos de referencia del contrato, el presente documento contiene el desarrollo del entregable 8 de la SLMB detallada a continuación:

## Descripción de la SLMB

- 1.9 La SLMB, presenta una infraestructura mixta mediante la incorporación de dos (2) tipologías de metro: subterráneo y elevado, con una longitud de 15.8 km aproximadamente. Esta línea, comprende además una cola de maniobras en su extremo oriental, 11 estaciones y un patio taller, discurriendo por los corredores de la Calle 72, Avenida Ciudad de Cali, reserva vial ALO y la extensión de la Avenida Transversal de Suba.
- 1.10 El K0+000 se localiza en la Calle 72 a 60 m al oriente de la Carrera 7, donde se contempla una cola de maniobras en tipología subterránea, la cual alberga la zona para maniobras de retorno con sus respectivos cambiavías y una zona para parqueo con capacidad para albergar tres trenes, todo ello con el fin de permitir una adecuada operación de la SLMB, ver Figura 1.1; después de la cola de maniobras, encontramos la estación No. 1 ubicada en la Calle 72 entre las abscisas K0+466 a la K0+616, estación que servirá de integración con los modos de transporte masivo TransMilenio (estación calle 72) y la Primera Línea de Metro de Bogotá PLMB (Estación 16).



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- 1.11 Al occidente de la Avenida Caracas en el corredor de la Calle 72, se proyecta el primer tramo subterráneo de la SLMB mediante la construcción de dos (2) túneles de 7 m de diámetro cada uno, aproximadamente, tipología que continúa hasta llegar a la actual reserva de la ALO.
- 1.12 La estación N° 2 se localiza entre el K2+465 y el K2+615, a la altura de la calle 72 con la Avenida Ciudad de Quito o Carrera 30, estación que tendrá integración con el proyecto de Regiotram

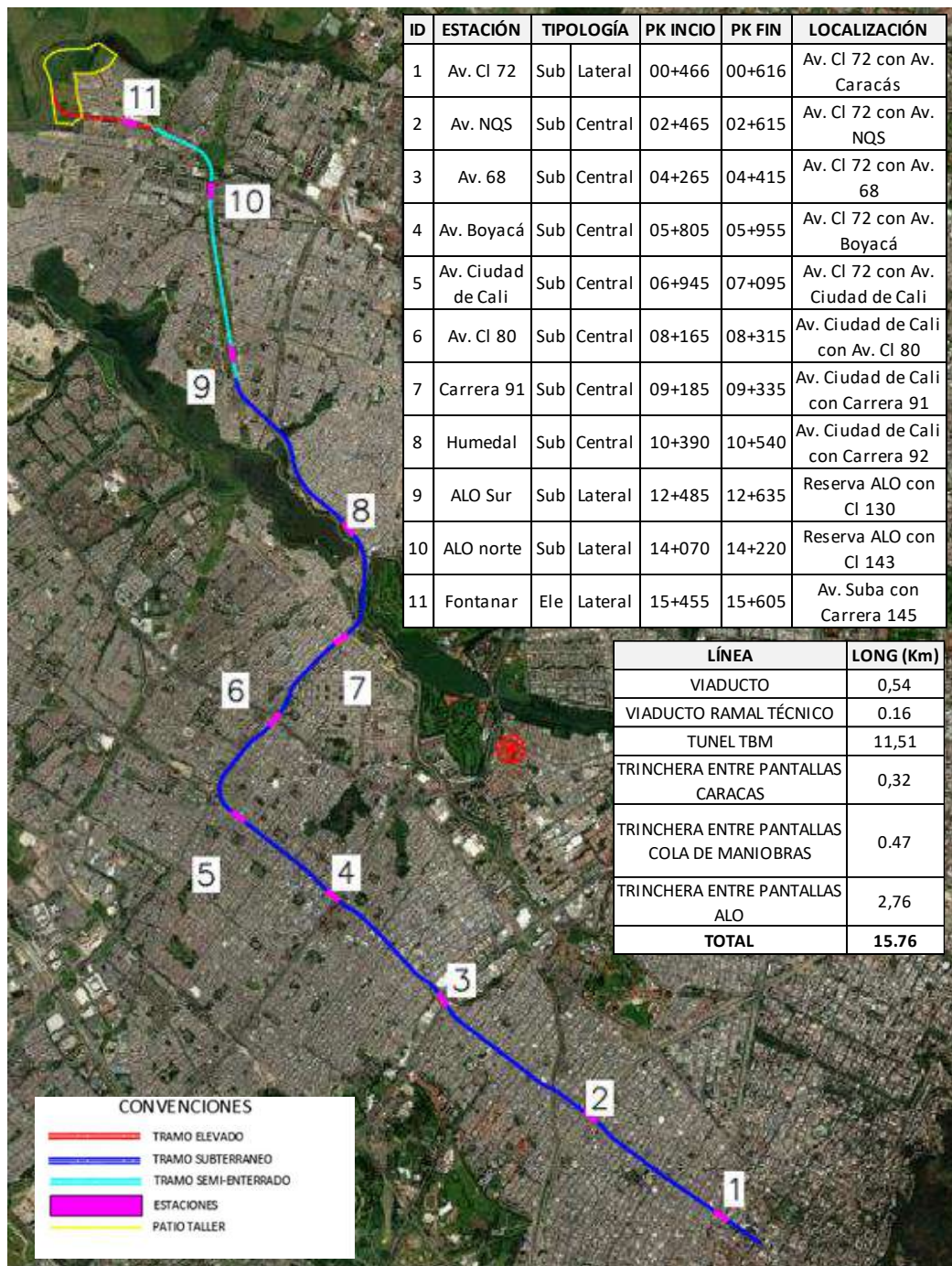


Norte y el TransMilenio de la NQS. La estación N° 3 se encuentra localizada entre las abscisas K4+265 al K4+415, a la altura de la intersección de la Calle 72 costado sur con la Avenida 68, estación que tendrá integración con la futura Estación de la Troncal de TransMilenio de la Av. 68. La estación N° 4 se localiza entre las abscisas K5+805 al K5+955, sobre el mismo costado en el cruce de la Calle 72 con la Avenida Boyacá. La estación N° 5 la última sobre el corredor de la calle 72 se ubica entre las abscisas K6+945 a la K7+095.

- 1.13 Posteriormente, el alineamiento toma dirección norte por el eje de la Avenida Ciudad de Cali o carrera 86, hasta la calle 75 donde toma el costado oriental del corredor para llegar a la estación N° 6 localizada entre las abscisas del K8+165 al K8+315, en inmediaciones del cruce con la Avenida Calle 80, posteriormente por este mismo corredor se llega a la estación N° 7 ubicada entre las abscisas K9+185 al K9+335, a la altura de la calle 90, la estación N° 8) se encuentra ubicada entre el K10+390 al K10+540, al costado norte en la reserva del futuro proyecto de la Troncal TransMilenio de la Avenida Ciudad de Cali a la altura de la carrera 93.
- 1.14 En la Av. Ciudad de Cali a la altura de la carrera 103 se cruza el barrio Nueva Colombia para encontrar la reserva de la ALO. En la reserva de la ALO se cambia el alineamiento vertical, elevando la rasante de la línea para lograr una profundidad aproximada de 7 metros lo que permite modificar el sistema constructivo pasando de excavación con tuneladora a excavación abierta en trinchera.
- 1.15 Sobre la reserva vial de la ALO se localiza la estación N° 9 ubicada entre las abscisas K12+485 al K12+635 a la altura de la calle 130. La estación N° 10) se localiza entre las abscisas K14+070 al K14+220 a la altura de la calle 134 A, en este punto la línea discurre al occidente por la Calle 145 o Transversal de Suba pasando de tipología semienterrada a tipología elevada, a partir de la abscisa K15+060.

La estación N° 11 se localiza entre las abscisas K15+455 al K15+605, esta estación está proyectada con tipo mezzanine con una cota riel aproximada de 9 m sobre el terreno existente, el planteamiento anteriormente descrito, se detalla en la siguiente Figura 1.2:

Figura 1.2 Alternativa de mejor desempeño Calle 72 – Av. Cali – ALO / Subterránea / Línea nueva



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- 1.16 Desde la estación 11, la línea discurre elevada hasta llegar a inmediaciones del polígono denominado “Fontanar del Río” destinado para la instalación del patio-taller, cuya localización se detalla en la siguiente Figura 1.3 .



Figura 1.3 Patio Taller – Predio Fontanar del Rio



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

## 2 Objetivos

### Objetivos Generales

- 2.1 Desarrollar con la información mínima necesaria, obtenida de fuentes secundarias, la definición de la propuesta funcional y el pre-dimensionamiento de la infraestructura requerida en el patio taller para la SLMB.

### Objetivos Específicos

- 2.2 Identificar los principales aspectos técnicos a tener en cuenta para la implantación de la infraestructura necesaria para el patio taller de la SLMB teniendo en cuenta la necesidad de flota y equipos.
- 2.3 Proponer alternativa de solución a las necesidades operativas y funcionales del Patio Taller.
- 2.4 Viabilizar la logística y llegada del Material Rodante a las instalaciones del Patio y Talleres, mediante una implantación adecuada a su entorno.
- 2.5 Realizar un desarrollo del concepto de patio y taller viable en armonía con la operación y dimensionamiento de la flota de trenes según la demanda estimada que debe atender la SLMB.

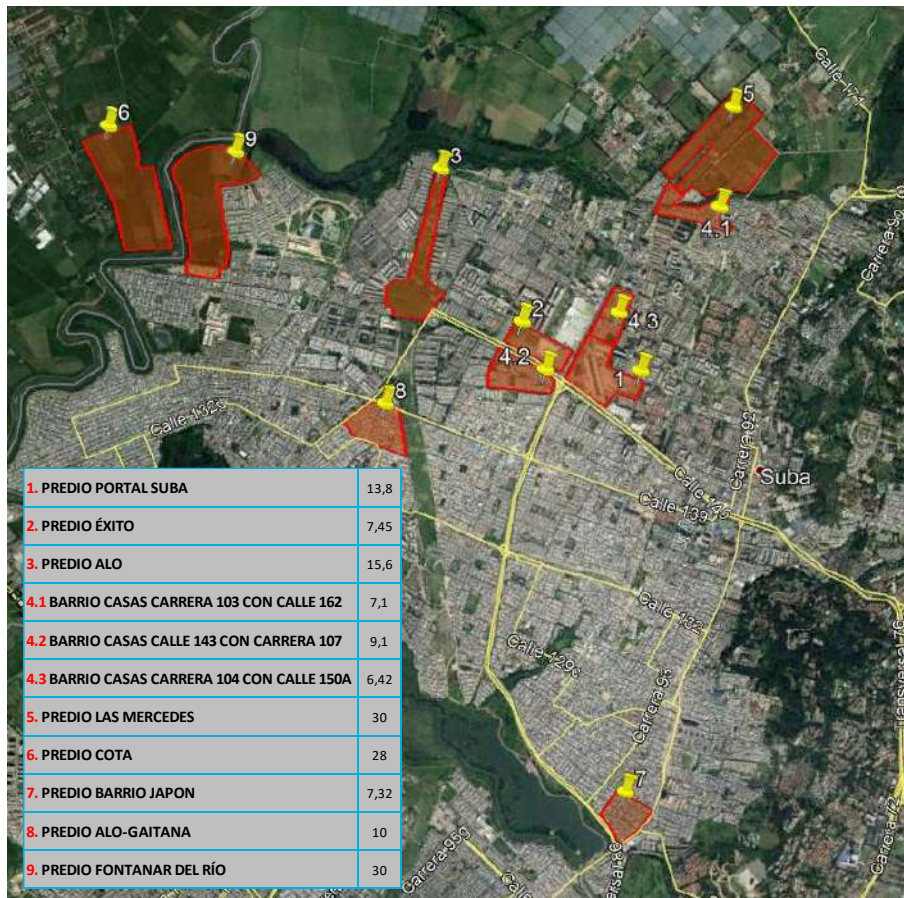
## 3 Alcance

- 3.1 El presente documento presenta el análisis realizado para el desarrollo del concepto de patio y talleres para la SLMB. Producto 4 - Entregable No. 7 del contrato 033 de 2020 denominado propuesta funcional y pre-dimensionamiento de infraestructura del Patio Taller.

## 4 Localización del Patio Taller

4.1 En el desarrollo de las fases anteriores, el resultado de la selección del predio Fontanar del Río como mejor opción para la implantación del patio taller, obedece a un ejercicio de evaluación a varias posibilidades para su localización en la localidad de Suba, la cual presenta condiciones de urbanización densa y mediante el cual se logró tener en cuenta, no interrumpir vías principales del sector, no afectar BICs (Bienes de Interés Cultural) Distritales o Nacionales, no afectar equipamientos o parques de escala zonal o metropolitana, no afectar conjuntos residenciales o edificaciones en altura y, además, que se lograra cercanía al trazado propuesto, y con alguna facilidad de conexión de la línea con el Patio-Taller. El detalle de este análisis se encuentra en el informe Producto tres (3) - Análisis de nodo de terminación y definición del proyecto con base en restricción presupuestal.

Figura 4.4 Opciones evaluadas de predios o zonas para el Patio Taller



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021



- 4.2 La alternativa seleccionada de “Fontanar del Río” está localizada en el extremo occidental de la SLMB, entre el borde oriental del Río Bogotá y el borde urbano consolidado de la ciudad en la Localidad de Suba, entre la prolongación de la calle 144 y la diagonal 146. (alternativa 9 de la figura 4.4)
- 4.3 Al localizarse en un borde urbano, la inserción del Patio-Taller no generará una fractura en la trama urbana existente. No tiene problemas de conexión técnica con la geometría del trazado y permite el desarrollo del layout factible del Patio Taller.

Figura 4.5 Localización predio Fontanar del Río



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- 4.4 El área total del polígono es de aproximadamente 30 Ha, compuesto por 21 predios, que tiene incluidos los futuros desarrollos para el Parque Lineal del Río Bogotá y las reserva vial para la ampliación de la Avenida Transversal de Suba, así como la Zona de Manejo y Preservación Ambiental - ZMPA del Río Bogotá (Ver Figura 6.8) por lo que la implantación del Patio-Taller, la cual se desarrolla en los siguientes capítulos, tuvo en cuenta estos condicionantes, así como el relleno para mitigar el riesgo por inundaciones.
- 4.5 De acuerdo con el POT de Bogotá, al polígono antes descrito le corresponde una clasificación de un suelo de Expansión Urbana.

# 5 Funciones del Patio Taller

## Funciones principales

- 5.1 De manera general, las funciones principales a desarrollarse en el tipo patio y talleres para un sistema tipo metro pesado, serán las siguientes:
- 5.2 Mantenimiento rutinario preventivo y predictivo del material rodante:
  - (a) Efectuar los controles técnicos de seguridad cotidianos en los trenes
  - (b) Llenar los depósitos de los trenes (aceite, arena, grasa)
  - (c) Lavar el exterior de los trenes
  - (d) Limpiar el interior de los trenes
- 5.3 Mantenimiento del material rodante en estado de operación:
  - (a) Prever y prevenir las fallas del MR
  - (b) Reparar y cambiar los equipos defectuosos del MR
  - (c) Gestionar la compra, el suministro y el almacenamiento de repuestos
- 5.4 Mantenimiento de equipos de
  - (a) Prever y prevenir las fallas de los dichos sistemas y subsistemas ferroviarios (ejemplo puertas de andén y señalización ferroviaria entre otros)
  - (b) Reparar y cambiar los equipos defectuosos
- 5.5 Proporcionar espacio de parqueo suficiente para los trenes;
- 5.6 Mantener la línea en estado de operación (incluyendo los diferentes sistemas y subsistemas ferroviarios):
  - (a) Mantener las instalaciones fijas de la línea (señalización, puertas de andén, equipos de vías, línea de suministro y distribución eléctrica de tracción, etc...)
  - (b) Proporcionar espacio de parqueo para los vehículos y equipos auxiliares para el mantenimiento.
  - (c) Gestionar la compra, el suministro y el almacenamiento de repuestos
  - (d) De preferencia cada zona de mantenimiento de un sistema o sub-sistema debe ser independiente de las otras para agilizar operaciones



- 5.7 Suministrar energía eléctrica para la tracción de vehículos y para todo el patio y talleres (y posiblemente, una parte de la línea).
- 5.8 Controlar y/o restringir el ingreso de personal no habilitado al patio;
- 5.9 Gestionar las necesidades anexas:
  - (a) Organizar el flujo de vehículos, de personal y de visitantes al patio
  - (b) Clasificar y almacenar los desechos
- 5.10 Gestionar una parte, o la totalidad de la operación de la línea (esta funcionalidad no es de mantenimiento pero es recomendable desde un punto de vista seguridad y también permite economizar costos mutualizando ciertos recursos).
- 5.11 Albergar el centro de Control Operacional (CCO) :
- 5.12 De manera general se recomienda para las líneas automáticas separar el centro de control operacional de la línea, del centro de control local del patio taller.
- 5.13 Este Centro de Control Local (CCL) se recomienda para las operaciones de cambio de modo de los trenes (de automático a manual). Se recomienda tener una zona tampón sobre la cual ambos CCO/CCT pueden actuar sobre los equipos.
- 5.14 La presencia de un CCO independiente para la línea 2, localizado dentro recinto del patio taller, ha sido analizada en el entregable N°9 Propuesta de integración de sistemas e infraestructura metro ferroviaria.
- 5.15 Albergar el centro de Control Operacional de Respaldo (CCOR) : En esta etapa de prefactibilidad se prevé un CCOR dentro del predio del patio taller para operación en caso de emergencias, en una edificación diferente a la usada para el CCO.

### Equipamiento del patio taller

- 5.16 El equipamiento del taller se divide en:
  - (a) Equipamiento para el personal: servicios, vestuarios, oficinas, salas de reuniones, refectorio, etc.
  - (b) Equipos de mantenimiento: máquinas y equipamiento de almacén (taladros, tornos, gatos, grúas etc.)
  - (c) Equipamiento de locales: Energía, producción y distribución de aire comprimido, ventilación, etc.)
- 5.17 Estos equipos serán divididos en los grupos de equipamiento mayor y equipamiento menor.
- 5.18 En el equipamiento menor todos los equipamientos del personal son incluidos: vestuarios, servicios, duchas, oficinas, archivos, salas de reunión, etc.
- 5.19 La cantidad y la ubicación de los equipamientos serán el resultado de los estudios de diseño que se desarrollarán en fases posteriores del proyecto. Este número dependerá también de la experiencia del consultor en el desarrollo de talleres, quien podrá proponer optimizaciones en los procesos de mantenimiento identificados y estudiados. Así, los procesos podrán verse optimizados a lo largo del proyecto.

## 5.20 Equipos necesarios:

- (a) Equipamiento para locales:
  - (i) Generador de energía de respaldo.
  - (ii) Sistema de producción de aire comprimido seco.
  - (iii) Puertas automáticas de ingreso a fosos.
  - (iv) Distribución eléctrica de tracción
  - (v) Distribución eléctrica del taller
  - (vi) Ventilación/aire acondicionado
  - (vii) Evacuación de humos y gases nocivos
  - (viii) Luz
  - (ix) Puesta a tierra
  - (x) Andamios o pasarelas para trabajos frontales, laterales y techo.
  - (xi) Sistema de línea de vida en todas las zonas necesarias (aquellas donde se prevean trabajos en altura).
  - (xii) Pasarelas acceso techo
  - (xiii) el acceso y salida en mínimo 2 vías férreas.
- (b) Equipamientos para el personal:
  - (i) Oficinas, salas de reuniones y capacitación.
  - (ii) Baños y vestidores.
  - (iii) Servicios y áreas de limpieza
  - (iv) Sala de cafeterías o refectorio.
- (c) Equipos de mantenimiento:

## 5.21 Mantenimiento preventivo y correctivo con fosos de inspección y trabajo.

- (i) Lavado y limpieza.
- (ii) Grandes reparaciones.
- (iii) Puente grúa.
- (iv) Gatos móviles o fijos.
- (v) Plataformas móviles y fijas.
- (vi) Torno en foso.
- (vii) Banco de pruebas para bogíes
- (viii) Prensa de ejes

(ix) Sistema de alimentación eléctrica y neumática de trenes en fosos.

## 5.22 Otros componentes:

- (a) Alimentación eléctrica de tracción segregada e independiente de vías de alimentación para otros sistemas. Equipada con ruptores de emergencia, así como señalización de presencia de tensión.
  - (i) Esto dicho, la subestación de suministro de alimentación eléctrica para el depósito puede ser la misma que para la línea (en el tramo cercano al patio taller)
- (b) zona de acopio de elementos de vía (rieles, cambio de vía, etc.)
- (c) Planta de tratamiento de agua
- (d) máquina de lavado trenes
- (e) Estación Diesel (no recomendada dentro del patio taller)
- (f) Parking para vehículos
- (g) Otros

## 6 Concepto de patio taller para la Segunda Línea de Metro de Bogotá

### Normatividad aplicada

- 6.1 Para el dimensionamiento y definición de los elementos de la infraestructura, se calcularon las áreas funcionales y capacidad del patio teniendo como referencia la normatividad indicada a continuación:
- Conformidad con la norma alemana VDV 820: 1996, para la definición de establecimientos de mantenimiento para vehículos. “WORKSHOP FACILITIES FOR THE MAINTENANCE OF LOW-FLOOR VEHICLES”
  - Tipo de línea (GOA4): previsión de espacio para el mantenimiento de puertas de andén o Plataforma (PDAP) en la vía de mantenimiento para equipos fijos.
  - En esta etapa se ha considerado una zona de recuperación de trenes en la entrada del patio y otras a la entrada de la zona de talleres, vía de torno en foso y vía de limpieza manual. A partir de esta zona el tren puede ser tomado en modo manual por un conductor. Por cuestiones de disponibilidad, se ha definido el patio taller para que el CBTC tenga la capacidad de desplazar los trenes en modo automático dentro de la máquina de lavado, hasta la zona de parqueo.
  - Radios de curva mínimo: 100 m<sup>1</sup>, valor que corresponde al radio mínimo permitido en Talleres y Cocheras. Se estudiará durante la factibilidad si es posible aumentar los radios según el espacio disponible, proporcionando una solución técnica y que sea factible.
  - Uso de 6 vías con foso y plataformas para mantenimiento de los trenes (20% de la capacidad final del patio)

### Hipótesis de trazado y de material rodante para el dimensionamiento del patio taller

- 6.2 Las características del material rodante para el presente estudio preliminar se presentan en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1 - Características del material rodante

Parámetro	Valores
Longitud total máxima del Tren (6 o 7 Coches)	145 m

<sup>1</sup> ANEXO 10 – TDR - Apéndice Técnico 7 - Material Rodante - 20191108 Definitivo

Parámetro	Valores
Ancho mínimo del Tren	2.90 m
Altura máxima desde la cabeza del riel al techo del Tren	3.90 m
Altura desde la cabeza del riel al piso del Tren	1100 mm +50/-0
Ancho de vía normal	1435 mm +4 mm/-3 mm
Radio mínimo horizontal en la línea	200 m
Radio mínimo horizontal en los talleres	100 m
Radio mínimo vertical en la vía y en los talleres	1000 m
Peralte máximo	140 mm
Aceleración centrífuga máxima no compensada por peralte	0,65 m/s <sup>2</sup>
Distancia entre eje de vías (recta) para viaducto o tubo único	3500mm (3480 según tabla 3.4 – Radios mayores a 900m)
Distancia entre eje de vías (curvas) para viaducto o tubo único	3900mm (Radio de Curva: 200m) tabla 3.4: 3.71m en radios ≤ 900m (**)
Lámina de aire sobre el gálibo dinámico	Mínimo 150 mm

Fuente: ANEXO 10 – TDR - Apéndice Técnico 7 - Material Rodante - 20191108 Definitivo y Producto 6 - Entregable 9 – Propuesta de integración de Sistemas infraestructura Metro ferroviarias | Informe de Sistemas y Operación

- 6.3 Estos valores se han justificado basados en el ANEXO 10 - Apéndice Técnico 7 - Material Rodante - 20191108 Definitivo de este contrato y el Producto 6 - Entregable 9 – Propuesta de integración de Sistemas infraestructura Metro ferroviarias - Informe de Sistemas y Operación, donde se ha llevado a cabo una evaluación de las características dimensionales y de capacidad del material rodante.

### Plan de mantenimiento preventivo

- 6.4 Para definir el tipo de intervención, la frecuencia de reparación en Km, la duración y las personas necesarias en las intervenciones de mantenimiento, se ha analizado la situación habitual en otras operaciones de redes.
- 6.5 Tal y como se ha comentado, se realizarán las intervenciones de mantenimiento preventivo MP1, MP2, MP3, MP4, y Revisiones, así como el perfilado de las ruedas de los trenes. Ver Tabla 6.2.

Tabla 6.2 - Plan de mantenimiento preventivo

Intervención	Cadencia de reparaciones (km)	Duración (hrs) / trenes	Personas necesarias
MP1	20.000	8	2
MP2	40.000	16	2
MP3	80.000	24	4
MP4	160.000	40	4
R1	300.000	870	

Intervención	Cadencia de reparaciones (km)	Duración (hrs) / trenes	Personas necesarias
R2	600.000	160	4
R3	1.200.000	450 (75 /cochera)	12 (2 per cochera)
Torneo de ruedas	45.000	2x8	1

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- 6.6 Las intervenciones de ciclo más largo (R) y las intervenciones de grandes revisiones se realizarán en vías distintas de las del mantenimiento correctivo (1 operación de inmovilización desde 160 hasta 450 horas cada 600.000 km ó 1.200.000 recorridos por cada cochera).
- 6.7 Respecto al plan de mantenimiento preventivo, es necesario realizar las siguientes aclaraciones:
- Cuando coinciden dos intervenciones de acuerdo con las frecuencias, únicamente se realizará la de mayor categoría.
  - La sustitución integral de los bogies requerirá la instalación de una vía de levante que permita la elevación completa de una unidad. Esta vía, que tendrá una baja ocupación, se podrá utilizar también para las intervenciones de correctivo que requieran el desmontaje y/o sustitución de otras partes debajo del Material Rodante.

## Dimensionamiento del patio taller

### Cálculo de la carga de trabajo asociada al taller

- 6.8 El cálculo del número de intervenciones de mantenimiento preventivo se ha basado en las siguientes hipótesis:
- La asignación de trenes al taller para intervenciones de mantenimiento preventivo: 23 trenes (145m) en la primera fase y 30 trenes (145m) en la segunda fase.
  - La previsión de Km recorridos por unidad y año: 145.000 Km/año en la primera fase y 160.000 Km/año en la segunda fase.
- 6.9 El número de intervenciones de mantenimiento previstas por año y la carga de trabajo en días correspondientes a la Tabla 6.3 y Tabla 6.4 :

**Tabla 6.3 - Primera Fase – 2030 : 23 trenes / Cálculo de número de intervenciones previstas para la carga de trabajo asociada**

Intervención	km	Duración (días)	Número (/año)	Días de trabajo
MP1	20000	1	173	173
MP2	40000	2	86	173
MP3	80000	3	43	129
MP4	160000	5	22	108
R1	300000	10	12	115
R2	600000	20	6	115
R3	1200000	50	3	144
Torneado de ruedas	45000	1	153	153

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

**Tabla 6.4 - Segunda Fase – 2050 : 30 trenes / Cálculo de número de intervenciones previstas para la carga de trabajo asociada**

Intervención	km	Duración (días)	Trabajadores	Número (/año)	Días de trabajo
MP1	20000	1	2	233	233
MP2	40000	2	2	116	233
MP3	80000	3	4	58	174
MP4	160000	5	4	29	145
R1	300000	10	4	16	155
R2	600000	20	4	8	155
R3	1200000	50	6	4	194
Torneado de ruedas	45000	1	1	207	207

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

### Cálculo de intervenciones con mantenimiento correctivo

- 6.10 El mantenimiento total representa el 65% para el mantenimiento preventivo y el 35% para el mantenimiento correctivo.
- 6.11 La distribución de la carga de trabajo al año por tipo de instalación y/o tipo de actuación se muestra en la Tabla 6.5 y la Tabla 6.6:

**Tabla 6.5 - Primera Fase – 2030 : 23 trenes / Distribución de la carga de mantenimiento preventivo y correctiva por tipo de vía**

Intervención	Foso y pasarelas	Planos (Revisión)	Levante	Pintura	Torno foso	Total
MP1	173					173
MP2	173					173
MP3	129					129
MP4	108					108
R1	38		77			115
R2	35		81			115
R3		144				
Torneado de ruedas					153	0
Accidentes / choques				122		122
Correctivo	140		28			168
Total	795	144	185	122	153	1246
<b>Números de vías</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>6</b>

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

**Tabla 6.6 - Segunda Fase – 2050 : 30 trenes / Distribución de la carga de mantenimiento preventivo y correctiva por tipo de vía**

Intervención	Foso y pasarelas	Planos (Revisión)	Levante	Pintura	Torno foso	Total
MP1	233					233
MP2	233					233
MP3	174					174
MP4	145					145
R1	52		155			207
R2	47		155			202
R3		194				
Torneado de ruedas					207	0
Accidentes / choques				179		179
Correctivo	199		40			239
Total	1082	194	350	179	207	1805
<b>Números de vías</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>9</b>

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

## Principales requisitos y objetivos tomados en cuenta cuando se conceptualizó el patio taller

- 6.12 A continuación, se indican las principales premisas para el desarrollo del concepto:
- Minimizar al máximo los kilómetros en vacío (viajes no comerciales)
  - Reducir al máximo la superficie del patio taller
  - Tomar en cuenta las evoluciones futuras de la ciudad (extensión puente a Cota en paralelo a las vías del metro)
  - Reunir todos los trenes en una sola zona de parqueo
  - Incluir en el área del patio espacio suficiente para el edificio que albergará el Centro de Control Operacional (CCO) de la SLMB. Esta es una opción estudiada en caso de que el CCO de la línea 2 no quede centralizado con la PLMB.
- 6.13 Desde un punto de vista operacional, el mejor emplazamiento para el Patio taller es cerca a uno de los términos de la línea. Por esto la opción río Bogotá es la más viable desde un punto de vista desarrollo a largo plazo.
- 6.14 Sin embargo, también se debe tomar en cuenta la localización del Patio taller con respecto a las diferentes fases de construcción de la línea. En efecto, para la localización del patio y taller se debe considerar todo el ciclo de vida de la línea y evitar escoger un extremo de la línea que este previsto extender en el futuro. En nuestro caso este punto no se puede respetar puesto que la línea podría tener extensión en ambas extremidades.
- 6.15 Otro aspecto a considerar es que los talleres deben ser 100% operacionales desde la fase 1 de la operación de la SLMB. Las vías de parqueo del patio pueden irse construyendo a medida que nuevos trenes sean puestos en servicio.



- 6.16 Además de las consideraciones anteriores, se deben tomar en cuentas las consideraciones siguientes que son de orden general para patios y talleres

#### **Control De Acceso al Patio taller**

- 6.17 El taller es una instalación estratégica que incluye los talleres y la instalación, así como los almacenes y oficinas para operaciones y mantenimiento. Por eso, se deben respetar los siguientes principios:
- Prevención de intrusiones de personas no autorizadas
  - Cada entrada se controla por el puesto de guardia,
  - Visibilidad sobre todos los movimientos de coches,
  - Limitación de los cruces de los diferentes flujos peatonales y de coches,
  - Proximidad de las operaciones y mantenimiento para favorecer los intercambios internos,
  - Menor distancia para los peatones e identificación de los caminos,
  - Menor movimientos para las entregas.

#### **Supervisar las operaciones**

- 6.18 Todas las operaciones están contraladas desde el Puesto de Mando.
- 6.19 El puesto de mando reagrupa todos los equipamientos de mandos y de control de la SLMB, con el fin de que los operadores tengan los medios necesarios para proporcionar en tiempo real una buena calidad de servicio. Se adaptan a esas misiones las herramientas necesarias a la supervisión de las instalaciones, la explotación y la toma de decisión.
- 6.20 El Centro de Control Operacional (CCO) también puede ser incluido como un piso superior o inferior del edificio que contiene los talleres. En esta etapa de factibilidad, el planeamiento asegura que este CCO pueda existir en el recinto de manera independiente del taller. Este diseño podrá ser detallado durante el desarrollo del proyecto en etapas posteriores en caso de ser necesario (opción para optimización/reducción de costos y de superficie del patio taller)

#### **Puesto de Mando Local y zonas de transferencia**

- 6.21 Se ha previsto un Centro de Control Local dentro del edificio del Centro de Control Operacional, como se mencionó en el numeral 5 Funciones del Patio Taller.
- 6.22 El puesto de mando local reagrupa todos los equipamientos de mandos y de control necesarios para la gestión independiente de la señalización y de energía de la zona de patio taller.
- 6.23 El patio ha sido previsto con varias zonas de transferencia definidas en el plano RAQB014-PROD4-ENT7-TYC-PL-01. Estas zonas están previstas para la llegada de los trenes en modo automático y para la toma de vehículo por parte del personal de mantenimiento y/o operaciones para conducirla en modo manual hasta la zona de lavado, de parqueo o de taller según el caso.

#### **Zona de parqueo**

- 6.24 Finalmente, dependiendo de la estrategia de limpieza y preservación del MR, se podría optar por un parqueo totalmente techado o parcialmente o totalmente sin techo. Esto para economizar costes en infraestructuras.

- 6.25 En este estudio se ha tomado en cuenta la posibilidad de dividir el sitio de parqueo de trenes en 2 zonas. Esta opción no presenta ventajas a menos que una de las zonas sea techada y la otra no (ganancia económica mínima, pero permite estrategias diferentes de lavado de trenes). Dadas las condiciones climáticas de la ciudad de Bogotá, se recomienda que toda la zona de parqueo sea techada, pero sin muros. Esto para disminuir la frecuencia de operaciones de lavado de los trenes y al mismo tiempo economizar costos de infraestructuras.
- 6.26 En conclusión, se recomienda mantener toda la zona de parqueo techada. En este sentido la estimación de costos actual incluye un techo en la zona de parqueo (sin muros es decir expuesto al viento).
- 6.27 La parte de talleres debería mantenerse reagrupada en un solo edificio y a proximidad de la zona de recepción de trenes. Esto para optimizar los tiempos de ensamblaje y mantenimiento de trenes. De igual manera esta zona debe ser techada y con muros.

#### **Zona de mantenimiento de la línea**

- 6.28 Se ha previsto una zona para el mantenimiento de la línea (equipos de señalización, puertas de andén o plataforma (PDAP) de estaciones, equipos de cobro de tarifa y otros equipos presentes en las estaciones y en la línea).

#### **Consideraciones menores**

- 6.29 Para la vía de mantenimiento de trenes (véase RAQB014-PROD4-ENT7-TYC-PL-01), se deberán privilegiar gatos hidráulicos fijos, ya que, para esta etapa de estudio, se consideran trenes de 145m de largo (6/7 vagones). La vía de overhaul al lado de la vía de levante estará equipada de columnas móviles para levantamiento de cajas y para desmonte de vagones (para preparación antes de ir a pintura); solo se prevé una vía con columnas fijas porque están son usadas únicamente para operaciones sobre bogies.
- 6.30 En efecto por experiencia, la solución fija permite optimizar los tiempos de intervención. Podemos tomar como ejemplo el proyecto de la futura línea 15 de Paris, donde se optó por esta misma solución técnica para sistemas metros de 80m de largo.

**Figura 6.6 Ejemplo de gato hidráulico fijo**



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- 6.31 Se confirma la no necesidad de puentes grúas sobre las vías en foso, dado que el MR no posee equipos en el techo que necesiten mantenimiento. Sin embargo, en esta etapa de pre-factibilidad, la estimación de costos incluye puentes grúa en el caso de que ciertos equipos del metro se encuentren en techo (aire acondicionado, por ejemplo). También para prever la mantenimiento y ensamblaje de trenes durante la recepción.
- 6.32 En función de la disposición del MR se preverán fosos laterales además de los fosos verticales, para facilitar las operaciones sobre los costados del vehículo.
- 6.33 La profundidad de los fosos, deberá ser definida en función de la altura promedio de los trabajadores, esto para mejorar la ergonomía en las operaciones, durante las fases siguientes será necesario que se estudie este aspecto, para definir la altura que debe presentar la mejor ergonomía para la población colombiana.
- 6.34 Se plantea que los fosos eleven las vías sobre pilotes.
- 6.35 Se ha estudiado la maniobrabilidad de los vehículos que entregarán los trenes al patio (de preferencia sobre la vía elevable de trenes del taller), incluido el recorrido próximo al patio, el ingreso al patio y el descargue en el taller (galibo aproximado del camión: Ancho 2.85m y largo 27m), planteando una vía de ingreso de camiones y una zona de operación para facilitar estas maniobras. Ver plano RAQB014-PROD4-ENT7-TYC-PL-03.

Figura 6.7 Ejemplos de vehículos de transporte de material rodante



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

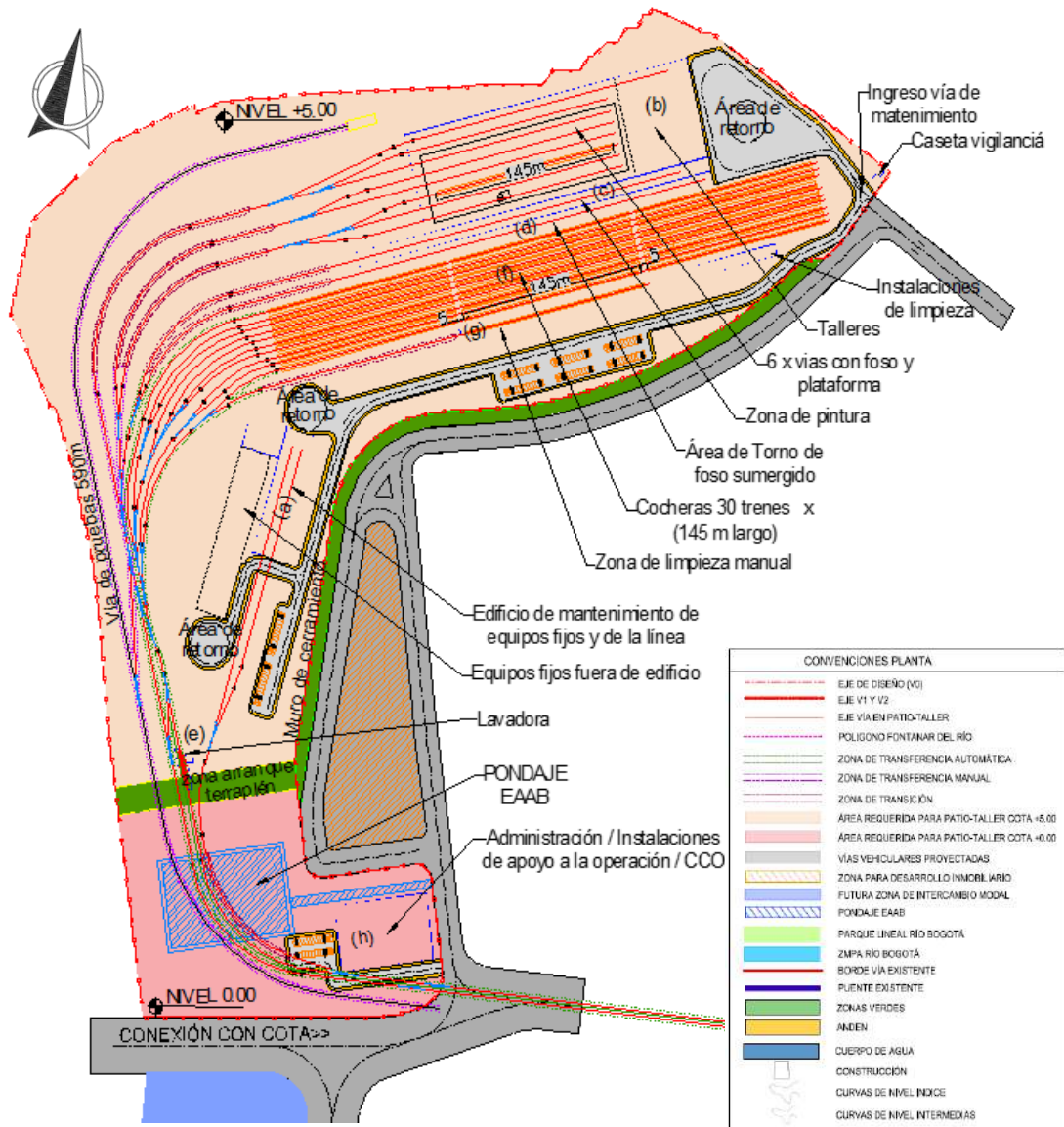
- 6.36 Ninguna pieza de cambio o equipo del taller o del patio deberá localizarse sobre una pendiente.
- 6.37 El centro de almacenamiento de repuestos ha sido localizado en la proximidad del taller para optimizar los tiempos de intervención. Ambos están localizados próximos de una zona de acceso para camiones que permite la entrada y salida (logística) de repuestos y desechos.

### Descripción pre dimensionamiento y opciones de localización

- 6.38 El patio y talleres de la SLMB ha sido estudiado a nivel de pre-factibilidad. Varios conceptos han sido evaluados con base en diferentes parámetros analizados anteriormente en el numeral 5 y en el presente numeral, para llegar a la solución técnica propuesta, su dimensionamiento tiene en cuenta el material rodante estimado para la operación de la demanda calculada, el

cual alberga la operación de veintitrés (23) trenes al año 2030 (oferta 1 de las previsiones), y veintiséis (26) trenes para el 2050 (oferta 2 de las previsiones), como se puede ver (Figura 6.8)

Figura 6.8 Concepto - Patio Taller



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021



6.39 El patio taller se divide en las siguientes zonas referenciadas por los índices respectivos en el plano RAQB014-PROD4-ENT7-TYC-PL-01:

6.40 Las principales características del patio taller son las siguientes:

- (a) Superficie dedicada al mantenimiento de equipos fijos de la vía y estaciones: 3800m<sup>2</sup>
- (b) Superficie del taller: 18400m<sup>2</sup>
- (c) Superficie zona de pintura: 4800m<sup>2</sup>
- (d) Superficie torno en foso: 2700m<sup>2</sup>
- (e) Superficie máquina de lavado: 3000m<sup>2</sup>
- (f) Superficie parqueadero de trenes: 24140m<sup>2</sup>
- (g) Superficie de locales para limpieza de trenes: 900m<sup>2</sup>
- (h) Superficie del Centro de Control Operacional (CCO): 3500m<sup>2</sup>

#### **Descripción de las principales zonas del patio taller**

6.41 **Zona de talleres:** Para el análisis de las distintas áreas del taller de la SLMB se han distinguido 3 categorías:

- (a) Puestos de trabajo de material rodante - comprende el dimensionamiento de los diferentes tipos de vía que se encuentran en el taller:
  - (i) vías con foso y pasarelas
  - (ii) vías de levante
  - (iii) vías planas (sobre concreto)
- (b) Zonas productivas - se incluyen en este apartado todas las zonas productivas que no están incluidas en el apartado de vías:
  - (i) Talleres especializados, con el propósito de mantener subconjuntos y componentes,
  - (ii) Taller mecánico
  - (iii) Taller electromecánicos
  - (iv) Taller eléctrico y electrónico
  - (v) Taller de carga de baterías
- (c) Taller de reparación de carrocerías y pintura,
- (d) Almacenamiento.
  - (i) Áreas auxiliares o No Productivas: oficinas, vestuarios, aseos, salas de instalaciones, residuos, etc.

6.42 Vía de torno: Para asegurar actividades de perfilado de ruedas de trenes.

- 6.43 Vía de pintura: Para asegurar actividades de pintura y retoque de ruedas de trenes.
- 6.44 Zona de mantenimiento de la línea: El servicio «Explotación» de la red atiende el mantenimiento de las instalaciones fijas de la línea. Los talleres de mantenimiento de las instalaciones fijas son independientes de los que se refieren al mantenimiento del material rodante.
- 6.45 Para más detalles sobre el dimensionamiento de las zonas ver el numeral 4 Localización del Patio Taller.
- 6.46 Permiten asegurar el mantenimiento de equipamientos, tales como:
- Los paneles de información de las estaciones;
  - El mobiliario de las estaciones;
  - Las puertas, torniquetes, cajeros expendedores;
  - La vía férrea;
  - Las construcciones;
  - La energía y tercer riel;
  - La señalización y señalética;
  - Los equipamientos de corrientes bajas, sonorización, vídeo;
  - Etc.
- 6.47 Estos talleres disponen de entradas accesibles para los vehículos pesados, lo que les facilita a los camiones de entrega, llevar o entregar el cargamento.
- 6.48 Zona de parqueo: La función de estas vías es la de dormitorio de los trenes durante la noche, período durante el que están inactivas. Esta zona está prevista para albergar los trenes hasta el año 2050.
- 6.49 Zona de transferencia: La inserción urbana, se incluirá en el Entregable 6: Tipología e Inserción de Estaciones y en los planos RAQB014-PROD4-ENT7-TYC-PL-03, con todo el desarrollo que se plantea desde el componente urbano para el desarrollo de la SLMB.
- 6.50 Vía de pruebas: La vía de pruebas ha sido estudiada para permitir las pruebas del material rodante.
- 6.51 Equipos de mantenimiento

### Consideraciones constructivas

- 6.52 Se optó por una superestructura en placas de concreto dadas las condiciones del sitio, la interface con el viaducto y la necesidad de relleno.
- 6.53 No se consideró ninguna vía sobre balasto.
- 6.54 En función del análisis hecho en el numeral 6 Concepto de patio taller para la Segunda Línea de Metro de Bogotá se detalla aquí los parámetros definidos para el patio taller.
- 6.55 Numero de vías de parqueo de trenes: 10
- 6.56 Cantidad de trenes parqueados por cada vía: 3

- 6.57 Capacidad total de la zona de parqueo: 30 trenes de 145m (6 /7vagones))
- 6.58 La zona de parqueo está equipada con andenes para permitir el acceso del personal de limpieza a los trenes. Cantidad de andenes: un (1) andén por cada dos (2) trenes. Ancho del andén: entre 4.3 m y 5.0 Longitud: 460 m.
- 6.59 Cantidad de aparatos de cambio de vía: 28
- 6.60 Cantidad de vías férreas dentro del patio taller: 10500 ml
- 6.61 Vía de pruebas: Longitud 1200 m. Permite probar trenes a una velocidad máxima de 80km/h durante 24 segundos. Esto por razones de seguridad (tiempo de reacción del conductor).

## Análisis geotécnico

A continuación, se presenta el análisis, a nivel de prefactibilidad, de las características básicas de las fundaciones para las obras citadas, aclarando que las proyecciones estimadas obedecen a supuestos que son propios de esta información base que deberán ser definidas en fases de estudio posteriores.

### Cimentaciones para el viaducto

- 7.1 Dada la baja resistencia y alta compresibilidad del suelo, los viaductos deberán cimentarse sobre fundaciones profundas por medio de pilotes, con profundidades del orden de 40m a 60m. Se han calculado, para nivel de prefactibilidad con la metodología Alpha y Usando los Factores de Carga y Resistencia, incluidos en el CCP 14.

### Análisis Geotécnico para el Patio Taller

- 7.2 El Patio taller se ha previsto, para este nivel de prefactibilidad, que se desplante sobre rellenos, los cuales deberán ejecutarse con material de relleno seleccionado, cuidadosamente compactado. No se pueden usar los materiales de rezaga de los túneles, dada su composición arcillolimoso y orgánica.
- 7.3 El perfil del subsuelo es altamente compresible y, en consecuencia, es de esperar que los asentamientos sean de valor muy importante, razón por la cual se producirían deformaciones diferenciales y agrietamientos.
- 7.4 Para reducir ese comportamiento, se propone ejecutar procesos de precarga, acelerando el proceso de consolidación con la ayuda de mechas drenantes, colocadas al tresbolillo, cada 2,5m en toda el área del Patio Taller y con longitud de 30m aproximadamente, después de descapotar.
- 7.5 El relleno se construiría, como máximo, por mitades de altura, permitiendo la consolidación por un tiempo que debe determinarse una vez se tengan datos de parámetros de consolidación de los materiales.

## 8 Conexión del patio taller a la línea

- 8.1 La conexión se hace por el costado sureste del patio taller. Ver plano.
- 8.2 Se deberá, en la medida de lo posible, nivelar el terreno de manera que todo el taller y la zona de parqueo (patio) se encuentren sobre el nivel de cota de inundación del río Bogotá a 4m y por tal razón se proyecta a subir el nivel del terreno 5 m, cuyo sector se encuentra con un riesgo alto de inundación según la SDP, mediante la Resolución 1641 de 2020 (Ver Figura 8.9 ).

Figura 8.9 - Zonas con riesgo de inundación alto e intermedio SDP Resolución 1641 de 2020.



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- 8.3 Con respecto al pondaje existente para el almacenamiento de aguas residuales, se prevé mantener su ubicación actual y construir una estructura de viaducto por encima del pondaje para acceder al patio taller.



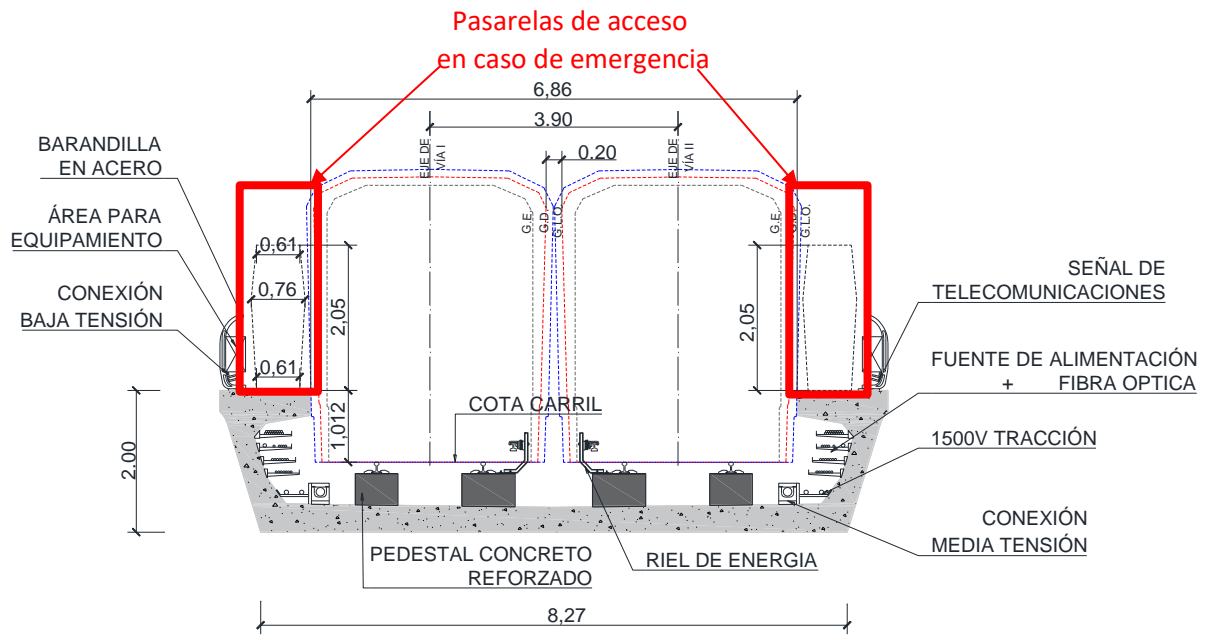
Figura 8.10 - Viaducto en Patio-Taller sobre pondaje EAAB existente



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- 8.4 El viaducto deberá tener pasarelas laterales para el acceso de personal de mantenimiento y/o de emergencia (bomberos, policía, guardia civil, etc.) o para la evacuación de los trenes.

Figura 8.11 Ejemplo de viaducto (PLMB)



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

## 9 Conclusiones y recomendaciones

- 9.1 El patio taller se desarrolla en un polígono de aproximadamente 21.86 Ha, que incluye el área del pondaje de la Empresa de Acueducto de Bogotá, sin incluir las Zona de Manejo y Preservación Ambiental – ZMPA del Río Bogotá, ni el futuro parque de línea del Río Bogotá.
- 9.2 La proyección del Patio Taller tiene una capacidad para un total de treinta (30) trenes que cubre la proyección de la operación de veintidós (22) trenes al año 2030 y veintiséis (26) trenes para el 2050, incluida la reserva de 15%.
- 9.3 Teniendo en cuenta que el polígono se encuentra en una zona con riesgo de inundación se tiene previsto subir el nivel del terreno actual en un promedio de 5 m con relación a la cota actual del terreno. En las siguientes etapas del proyecto, con mayor información, se podrá ajustar la propuesta de implantación y los niveles óptimos para el mismo.
- 9.4 La condición propia de plataforma en terraplén, constituye en los primeros análisis en una conformación desarrollada al costado norte del pondaje para evitar la afectación del mismo, la llegada de la línea a la plataforma del patio taller sería elevada.
- 9.5 Se pre-diseñó un patio taller cuenta con una capacidad para 30 trenes de 145m de largo (6/7 vagones) y todas las actividades necesarias para el mantenimiento del material rodante, línea, equipos y demás sistemas propios del proyecto, cuyo detalle se desarrolla en el Entregable 9: Propuesta de integración de sistemas e infraestructura Metro Ferroviaria.
- 9.6 No se recomienda el uso de vehículos de mantenimiento diésel, considerando que en los proyectos europeos si la línea tiene más de 1km de túnel no puede usar estos tipos de vehículos de mantenimiento. Por tal razón, se recomiendo usar vehículos de mantenimiento eléctricos puesto que los vehículos diésel tienden a expulsar humos en el túnel que terminan deteriorando prematuramente los equipos de vías y equipos fijos en estación (puertas de andén/plataforma). Esto influye en la frecuencia y costo de las operaciones de mantenimiento de la línea.

## HOJA DE CONTROL

### Preparado por

---

Unión Temporal Egis Steer Metro de Bogotá  
Carrera 15 #93a-62 Oficina 602  
Teléfono. 746 04 03  
Bogotá D.C. Colombia  
+57 1 7460403

### Preparado para

---

Financiera de Desarrollo Nacional - FDN  
Av. Carrera 7 No. 71 - 42  
Torre B Piso 6  
Bogotá D.C. Colombia

### Nº Proyecto/propuesta Steer

---

23858501

### Referencia cliente/nº proyecto

---

Contrato FDN 033 de 2020

### Autor

---

Unión Temporal Egis Steer Metro de Bogotá

### Revisor/autorizador

---

### Otros colaboradores

---

### Distribución

---

Cliente:

Steer:

### Versión

---

2

### Fecha

---

18-05-2021

