

TABLA DE CONTENIDO

2.2.15.1	NORMATIVIDAD APLICABLE	2
2.2.15.2	REVISIÓN DEL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE LA L2MB	6
2.2.15.3	ASPECTOS RELEVANTES ASOCIADOS A LA PRIMERA LINEA DEL METRO DE BOGOTÁ	6
2.2.15.4	REVISIÓN DE EXPERIENCIAS INTERNACIONALES Y APLICACIÓN AL CASO DE LA LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ	6
2.2.15.4.1	La modularidad al servicio de la búsqueda de recursos compartidos	6
2.2.15.4.2	Digitalización de la supervisión y del “monitoring”	7
2.2.15.5	CONCLUSIONES	8

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001 _VF

2.2.15 ET15 - PLAN DE MANTENIMIENTO PRELIMINAR

Disciplina:	Mantenimiento
Entregable de referencia:	Entregable 7 / ET15-PMP

2.2.15.1 NORMATIVIDAD APLICABLE

Se presentará la normativa aplicable en el marco de los próximos documentos asociados con el Plan de Mantenimiento Preliminar, una vez que se haya definido la estrategia preliminar del mantenimiento del proyecto.

2.2.15.2 REVISIÓN DEL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE LA L2MB

Entregable de referencia:	Producto 6 – Propuesta de integración de Sistemas infraestructura Metro ferroviarias Entregable 10 – Propuesta de integración de Sistemas infraestructura Metro ferroviarias / Informe de Sistemas y Operación
Actividades desarrolladas en el marco del estudio de prefactibilidad:	El estudio de prefactibilidad se desarrolló al nivel del tema de la mantenimiento planteando algunas preguntas iniciales y esenciales que son: <ol style="list-style-type: none">1. ¿Cuáles son las posibles sinergias entre las 2 líneas - recalcando potenciales sinergias y ahorros de costos?2. ¿Cuáles son las sinergias a largo plazo que se pueden plantear considerando la evolución y el desarrollo de la red de metro? (nuevas líneas de metro que permitirían conectar la PLMB y la L2MB)3. ¿Cuáles son las sinergias posibles en términos de asset management (gestión de activos)?

	<p>Se presentaron los requisitos derivados a la posibilidad de encontrar sinergias en el material rodante, sistema de alimentación eléctrica y sistema de señalización y control de trenes sin que se pudiese afirmar o determinar de manera concreta como estas sinergias pudieran llevarse a cabo.</p>	
<p>Conclusiones del estudio de prefactibilidad:</p>	<p>Se concluyó que la interoperabilidad no parece posible por el tema de tener dos líneas sin conexión física y considerando que la PLMB se encuentra concesionada. La consecuencia directa es que se requieren dos talleres distintos para operar y mantener las dos líneas de metro. El potencial de sinergias operacionales y en términos de mantenimiento se encuentra de hecho muy bajo.</p> <p>Se evocaron en el estudio de prefactibilidad varias pistas para lograr sinergias, pero este potencial se encuentra bastante bajo y estas pistas de sinergias no siempre se encuentran factibles por los motivos descritos anteriormente. Sin embargo, se precisaron algunas pistas de sinergias a largo plazo permitidas por el uso de tecnologías de sistemas que podrían ser similares entre ambas líneas (asset management, arquitectura de sistemas, etc.).</p> <p>Cabe también precisar que el estudio de prefactibilidad sólo planteó preguntas y temas asociados con el tema del mantenimiento pero no contiene un Plan de Mantenimiento Preliminar en sí que la presente asesoría deberá ir desarrollando.</p>	
Ítem	Aspectos relevantes	¿Cómo atenderlos en el marco de la asesoría técnica?
<p>10.17</p>	<p>Se considera que no se puede compartir equipos de mantenimiento dentro de los dos talleres, unificando las instalaciones exclusivamente a cada línea. Esto es especialmente cierto si los mantenedores son entidades diferentes y de compañías diferentes.</p>	<p>Existen algunas pistas de optimización y sinergias que son posibles cuando existe un solo operador (y mantenedor) que dispone de varios talleres para el mantenimiento de las líneas que opera:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Compartir los recursos o equipos de mantenimiento más especializados en un taller único y compartido. En esta configuración, se debería considerar como posible quitar equipos o parte de sistemas del tren y mandarlos por camiones. - Disminuir los costos debido al volumen generado; por ejemplo, compra de los repuestos, compartir la gestión de la obsolescencia y ahorros traídos por un único

		<p>equipo de ingeniería de mantenimiento tratando de estos asuntos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dimensionar las instalaciones en previsión de la capacidad atendida en el futuro con una posible tercera línea. <p>Sin embargo, la presente asesoría se desarrolla contemplando que no se debe considerar como única pista la operación de la PLMB y de la L2MB por un solo operador sino más como una eventualidad. La concepción de la L2MB no debe plantear este aspecto como un requisito esencial de tal manera que se maximice la competición entre proveedores y operadores. Además, se tiene que volver a precisar que la PLMB se encuentra hoy en día concesionada.</p>
10.18	La interoperabilidad (no necesariamente UTO) debe ser considerada como alternativa para permitir sinergias de mantenimiento (operaciones pesadas e infrecuentes).	Siguiendo lo planteado anteriormente, se afirma que la gestión de activos “similares” podría facilitarse a largo plazo.
10.19	Se puede compartir los vehículos pesados de mantenimiento de las infraestructuras si tienen un gálibo compatible y exclusivamente considerando una conexión ferroviaria.	<p>Corresponde con una pista de sinergia potencial siempre que el marco contractual permita adelantar una oportunidad de este tipo. En detalle, se podría considerar una otra solución que permitiese dejar una (o varias) automotoras dedicadas a cada línea, con vagones estándares, y donde se pudiera poner o quitar diferentes módulos de mantenimiento extraíbles o integrables dependiendo de las necesidades del mantenedor. Esos módulos caben en un camión y pueden ser trasladados como container en camiones. Eso permite compartir módulos específicos de mantenimiento con tasa de uso baja se dedica a una única línea. Este principio se aplica en los proyectos desarrollados en Grand Paris Express o en Toulouse Línea 3.</p> <p>La conexión ferroviaria no es un requisito indispensable para compartir recursos técnicos entre las dos líneas (siempre que haya un marco contractual que lo permita).</p>

10.24	Conclusión: requerir una conexión ferroviaria no UTO para permitir combinar y compartir algunos recursos de mantenimiento.	La estrategia de mantenimiento global (integrando línea 1, 2, y con una opción de una tercera) no aparece suficientemente analizada, o por lo menos, debería integrar más escenarios permitiendo ahorros gracias a la posibilidad de compartir recursos (siempre que el marco contractual lo permita).
10.25/10.26/10.27	Necesidad de requerir sistemas compatibles para posible traslado entre línea 1 y línea 2 de los trenes, incluyendo mantenimiento.	La busca de estandarización es necesaria para reducir los costos (impacto del volumen de compra de los repuestos, por ejemplo, menos referencias por manejar en el taller, etc....). Se confirma esa necesidad para encontrar fuentes de ahorro y mejor desempeño de la(s) entidad(es) de mantenimiento.
Sinergias de Asset Management	Se recomienda implementar las mismas tecnologías para las líneas 1 y 2 para facilitar las renovaciones futuras	Esto permitiría al mantenedor (o mantenedores) desarrollar una ingeniería de mantenimiento con posibilidades de ahorros (debido al volumen en las compras de repuestos y de compartimiento de recursos). Sin embargo, es necesario precisar que lo único que la presente asesoría puede plantear es la definición de especificaciones técnicas similares de tal manera que se pueda a largo plazo renovar y/o cambiar equipos en relación la definición de especificaciones técnicas similares. En términos generales, diversificar las referencias y los tipos de tecnologías conlleva más complejidad y menos oportunidades de manejar la obsolescencia.
Aspectos críticos por atender:	A corto plazo para el desarrollo de las actividades de ingeniería conceptual (Aval Técnico y Fiscal – Fase 2):	A mediano plazo para el desarrollo de las actividades de Estudios y Diseños para la Estructuración (Fase 3):
	<ul style="list-style-type: none"> - Definición del marco estratégico del mantenimiento de la L2MB. 	<ul style="list-style-type: none"> - Definir los indicadores de desempeño del mantenedor, y sus obligaciones en términos de transparencia en el estado real de los activos.

	<ul style="list-style-type: none"> - Confirmar la oportunidad de una política de asset management eficiente a largo plazo a través de especificaciones técnicas similares a PLMB - Determinar la política básica de mantenimiento del proyecto acerca de sus condiciones operacionales. - Plantear en el caso que sea relevante una estrategia de desplegar una política de mantenimiento de tipo “data driven maintenance” con alto nivel de supervisión y monitoreo automatizado. - Precisar las interfaces entre el operador y el mantenedor. - Estructurar el Plan de Mantenimiento Preliminar 	<ul style="list-style-type: none"> - Definir cómo se va a manejar la GMAO (Gestión del mantenimiento asistido por Ordenador), y cuáles son. - Definir las condiciones de retrocesión del sistema de transporte una vez se termine(n) la(s) concesión(es). - Definir el nivel de exigencia pretendida de la gestión de obsolescencia.
Interfaces:	Interfaces posibles entre los mantenedores (en el caso que sean diferentes), y con la explotación. Interfaces con los proveedores para la gestión de los repuestos y de la obsolescencia.	
CAPEX y OPEX	Se hace hincapié sobre la necesidad de definir una estrategia de mantenimiento adecuada que permitirá la realización de ahorros (esquema de externalización, nivel de automatización de la supervisión y de mantenimiento basado en la condición, etc.). Estos elementos impactan el OPEX global. De manera general, se precisa que estos elementos en la definición de la estrategia de mantenimiento pueden permitir disminuciones de costos OPEX a partir del momento cuando estos elementos hayan sido planteados al nivel del PMP. De hecho, estos planteamientos permiten racionalizar la organización del mantenimiento y corresponden con una fuente de ahorros de costos operacionales.	
Otros aspectos relevantes:	No se mencionaron en la prefactibilidad la integración de soluciones modernas de tipo auscultación, supervisión, que permiten más agilidad en los procedimientos de mantenimiento (módulos de mantenimiento integrables en vagones estándares).	

2.2.15.3 ASPECTOS RELEVANTES ASOCIADOS A LA PRIMERA LINEA DEL METRO DE BOGOTÁ

El hecho de tener dos líneas completamente separadas con operadores / mantenedores distintos, y con equipos de mantenimiento potencialmente diferentes, no proporciona elementos favorables para buscar fuentes de ahorro y sinergias entre las dos líneas. Sin embargo, permite maximizar la competición entre proveedores y operadores.

El estudio de prefactibilidad expone los beneficios que podrían derivarse de estas sinergias, al tiempo que presenta el impacto en el mantenimiento de la disociación de estas dos líneas.

Por último, la renovación de las normas de la línea 1 no pone suficientemente de manifiesto el impacto que tendría una estrategia basada en la digitalización del mantenimiento, en particular apuntando al despliegue del mantenimiento 4.0, el mantenimiento basado en la condición y el mantenimiento predictivo.

De manera general, es importante precisar que el esquema de estructuración que se definió para la PLMB (concesión) no resulta ser favorable para que se pueda definir sinergias de mantenimiento y realizar ahorros correspondientes a corto y mediano plazo entre la PLMB y la L2MB. Sin embargo, y para el largo plazo, la definición de especificaciones técnicas similares entre ambas líneas podría permitir un marco favorable para sinergias y ahorros de OPEX.

2.2.15.4 REVISIÓN DE EXPERIENCIAS INTERNACIONALES Y APLICACIÓN AL CASO DE LA LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ

NB: se alimentarán las discusiones asociadas con la política de mantenimiento del proyecto con otros ejemplos que puedan ser pertinentes y/o que tenga relevancia frente a la estrategia definida

2.2.15.4.1 La modularidad al servicio de la búsqueda de recursos compartidos

Los proyectos internacionales en curso están aplicando una revisión de la organización y definición de los recursos de mantenimiento pesado. En efecto, la necesidad de rendimiento exige la mejor racionalización posible de los distintos equipos de mantenimiento para garantizar una tasa de utilización cercana a 1 y poder así distribuir los sistemas en todas las líneas. Esto es posible gracias a la contribución de la modularidad.

Por ejemplo, el proyecto Grand Paris Express (3 líneas de metro de la UTO, 200 km) utiliza medios de mantenimiento modulares pesados (locomotora y vagón que lleva equipos de mantenimiento industrial). Esto significa que una función de mantenimiento (grúa, plataforma elevadora, aspirador de plataforma, transporte de personal, etc.) se presenta en forma de módulo plug and play colocado en vagones estándar. Los convoyes de mantenimiento son montados por el mantenedor durante el día para preparar el trabajo de la noche siguiente. Esto permite reducir drásticamente el número de vagones (y, por tanto, el impacto lineal en el depósito), y se pueden colocar en los vagones sólo los módulos que se necesitan. Los módulos pueden almacenarse en zonas fuera de la plataforma de la vía del depósito y trasladarse con grúa.

La otra ventaja, nada desdeñable, es la posibilidad de colocar estos módulos de mantenimiento en un camión y enviar el módulo a otro sitio, lo que tiene dos ventajas:

- El primero es poder aumentar la tasa de utilización del mismo equipo. Por ejemplo, un limpiador de alta presión para el carril y el andén que tendría un índice de utilización de 0,5 por línea estaría infrautilizado si se reservara exclusivamente para la línea. Esto significa que se necesitan 2 limpiadores de alta presión para 2

líneas. Si consideramos la función a través de un módulo que puede ser transportado por carretera, podemos compartir el módulo entre las dos líneas, y por lo tanto ahorrar un sistema de limpieza de alta presión.

- La segunda ventaja es que podemos aprovechar la transportabilidad de los módulos en camión, lo que resuelve el problema de la no conexión entre 2 líneas. Esta es una de las palancas utilizadas en el Grand Paris Express en vista de la puesta en servicio escalonada de los servicios, donde los tramos de línea no estarán conectados entre sí en los primeros años.

Estos diseños de módulos de mantenimiento son una fuerte tendencia desplegada desde el proyecto Grand Paris Express y en el proyecto de metro de la línea 3 de Toulouse UTO.

En el caso de Bogotá, el diseño modular transportable podría permitir que se compartieran los equipos de alta intensidad de capital, que se utilizarían de forma mucho más intensiva con una tasa de utilización cercana a 1.

2.2.15.4.2 Digitalización de la supervisión y del “monitoring”

La tendencia actual es aprovechar el auge de las soluciones de supervisión y los objetos conectados para eliminar las tareas sistemáticas de mantenimiento y control. De hecho, el objetivo es migrar hacia el mantenimiento basado en la condición, y así desplegar una estrategia de mantenimiento basada en datos.

En todos los proyectos de metro automático actuales, pero también proyectos de tranvía, se está extendiendo cada vez más el uso de la supervisión remota, utilizando hipervisores de mantenimiento, para proporcionar datos suficientes para anticiparse justo antes de la avería en lugar de reaccionar después de la misma. De este modo, la adquisición de datos permite a la ingeniería de mantenimiento desarrollar una estrategia de mantenimiento predictivo que será cada vez más eficaz a medida que se acumule experiencia y datos.

Esto incluye soluciones de inspección:

- De Infraestructura por equipos fijados a la infraestructura.
- de la infraestructura mediante equipos montados en el material rodante.
- del material rodante por equipos montados en la infraestructura.
- del material rodante mediante sistemas de supervisión integrados en el material rodante.

En el caso de Bogotá, se considera como una necesidad integrar y desplegar tales soluciones que permitirían alcanzar un mayor nivel de desempeño operacional.

2.2.15.5 CONCLUSIONES

La prefactibilidad de la L2MB no contiene un Plan de Mantenimiento Preliminar. Se definirá este plan en el marco de la presente asesoría técnica.

La prefactibilidad recalca unos aspectos asociados con potenciales sinergias asociadas a la implementación de varias líneas de metro de un ciudad (en este caso la PLMB y la L2MB). Estos aspectos son deseables. Sin embargo, es importante precisar que estas sinergias no podrán lograrse a corto y mediano plazo por (i) no tener conexión física entre ambas líneas y (ii) por el esquema contractual que se definió para la PLMB (concesión incluyendo la operación y el mantenimiento). El segundo condicionante sólo podría solucionarse al otorgar el mantenimiento (y la operación) de la L2MB al mantenedor de la PLMB. Sin embargo, esta pregunta corresponde con un planteamiento estratégico que va mucho más allá del tema de las sinergias de mantenimiento. De hecho, las actividades de la presente asesoría no contemplarán esta oportunidad.

La premisa que se desarrollará en la presente asesoría contempla:

- La definición de una estrategia de mantenimiento estructurada con un enfoque Sistema que integrará la actividad de mantenimiento de la línea.
- La propuesta de métodos de mantenimiento basados sobre los últimos estándares (digitalización).
- La definición de estrategias de sinergias a distintos plazos: limitadas a corto plazo y mediano plazo pero potenciales a largo plazo (en el marco de una retrocesión de la(s) concesión(es) y en el caso que se definan especificaciones técnicas similares a la PLMB).