

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

E4 – ET21 – Aval técnico y fiscal – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003 _VA

Realizar la estructuración integral del proyecto Línea 2 del Metro de Bogotá, incluyendo los componentes legal, de riesgos, técnico y financiero

Informe ejecutivo para el logro del Aval Técnico y Fiscal del proyecto de L2MB

Documento No. L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003 _VA



CONTROL DE CAMBIOS

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

Versión	Fecha	Sección Modificada	Observaciones
A	18-02-2022	-	Versión Inicial

REVISIÓN Y APROBACIÓN

Preparó: Gonzalo Rodríguez 18-02-2022	Revisó: F. Sánchez 18-02-2022	Revisó: O. Véliz 18-02-2022	Aprobó: J.M. Martínez 18-02-2022
Experto en Metodología BIM	VoBo. Coordinador Técnico	VoBo. Director Técnico	VoBo. Director General de Estructuración

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	DE	LA	SOLUCIÓN	5ANTECEDENTES
5DESCRIPCIÓN				TÉCNICA
73.1.		Directrices		BIM
				BIM
				7
3.2. Requerimiento para selección de software de modelado BIM				8
3.3. Definición y estructuración de entregables BIM				8
3.4. Definición y estructuración de entregables de levantamiento en Sitio				9
3.5. División de modelos segregados por disciplina				9
3.6. División de los modelos federados				10
3.7. Metodología de modelación con el uso de fases				10
3.8. LOD y LOI de los modelos BIM				10
3.9. Avance de la modelación BIM				13
3.10. Roles y responsabilidades BIM				13
3.11. Coordinación BIM				14
3.12. Ubicación geográfica del modelo				15
3.13. Visualización de los modelos				15
3.14. Organización de información				15
RECOMENDACIONES				16CONCLUSIONES
				16ANEXOS
				16

LISTA DE TABLAS

[Tabla 1. Tramos L2MB](#)

[Tabla 2. Modelos de levantamiento en Sitio](#)

[Tabla 3. Niveles de desarrollo e información de los Modelos BIM](#)

[Tabla 4. Roles y responsabilidades BIM del proyecto](#)

LISTA DE ANEXOS

- 1) PEB: “2. E1V0 - Anexo 2 - Lineamientos BEP Vol 3”
- 2) Modelo federado prefactibilidad analizado Parte 1: “MB-PRE-TR1-3D-BIM-003”
- 3) Modelo federado prefactibilidad analizado Parte 2: “MB-PRE-TR2-3D-BIM-003”

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento tiene como propósito la presentación de la solución para las especialidades técnicas definidas para el proyecto de L2MB al nivel del componente de Coordinación BIM. Se describirá el proceso de selección de la solución técnica planteada frente a las opciones que fueron identificadas y analizadas para desembocar sobre la solución seleccionada y de igual forma, también se describirá la metodología para la coordinación técnica teniendo en cuenta la interacción entre disciplinas y cómo se desarrollará la ejecución, supervisión y control del Proyecto de acuerdo con los flujos de trabajo de la metodología BIM para cumplir con los objetivos establecidos.

Esta solución fue definida siguiendo los trabajos desarrollados por la UT Movius dentro de las actividades de ingeniería que hacen parte de la fase 2 del contrato de asesoría.

Se expone a continuación los principales hallazgos de esta fase 2 para la definición del componente de BIM, esta definición siendo el resultado de las reflexiones iniciadas por el Asesor y de las orientaciones preliminares seleccionadas por la EMB para la caracterización del proyecto de L2MB al nivel del componente de BIM.

2. ANTECEDENTES

BIM es un método de trabajo que integra todos los procesos y el flujo de información de forma colaborativa e integrada para gestionar los proyectos de edificación (arquitectura, ingeniería, construcción). BIM es el proceso que abarca la generación y gestión de la información física y funcional de un proyecto. El resultado del proceso es lo que llamamos BIMs o modelos de información de construcción que son, en última instancia, archivos digitales que describen todos los aspectos del proyecto y apoyan la toma de decisiones a lo largo del ciclo del proyecto para garantizar que la planificación, el diseño y la construcción de edificios sean altamente eficientes

Se confunde BIM con un software de modelado 3D, pero en realidad implica más que eso. BIM y los subconjuntos de sistemas BIM y tecnologías similares ofrecen más que 3D (ancho, alto y profundidad), pueden incluir otras dimensiones como 4D (tiempo), 5D (costo), incluso 6D (operación), 7D (sostenibilidad) e incluso 8D (seguridad). Esta capacidad multidimensional de BIM se ha definido como modelado “nD”, ya que se puede añadir un número casi infinito de dimensiones al modelo de construcción.

BIM, como un todo, se refiere al proceso de todas las partes involucradas en la construcción y gestión del ciclo de vida de los activos construidos, trabajando en colaboración y compartiendo datos. Sin embargo, el verdadero poder del BIM reside en la información. Toda la información recopilada -desde la concepción hasta la finalización- no sólo se almacena, sino que es procesable. Los datos se pueden utilizar para mejorar la precisión, expresar la intención de diseño de la oficina a la ejecución, mejorar la transferencia de conocimientos de las partes interesadas, reducir los órdenes de cambio y los problemas de coordinación de campo, y proporcionar información sobre los edificios existentes para proyectos de renovación posteriores. (La educación en la era digital, 2019).

A nivel de fase prefactibilidad del proyecto L2MB se contaba con un nivel de detalle menor, desde el punto de vista BIM y retomando la fase para tenerla en cuenta en la fase de factibilidad se analizaron las dos partes de los modelos federados “MB-PRE-TR1-3D-BIM-003” y “MB-PRE-TR2-3D-BIM-003”, a continuación se presentan algunos puntos a tener en cuenta que deben ser complementados en el desarrollo de los estudios de factibilidad en la coordinación, levantamiento y modelación BIM:

- Al tener elementos importados en Navisworks desde Civil 3D se debe tener en cuenta una nomenclatura estandarizada, clara, concisa y principalmente unificada con Revit, debido a que en el árbol de selección de Navisworks no se ve una directriz entre los elementos y esto puede afectar la generación de interferencias en la factibilidad.
- El modelo no se encuentra georeferenciado por lo que en la factibilidad debe encontrarse con las coordenadas con punto de referencia MAGNA SIRGAS - CIUDAD BOGOTÁ, según lo acordado con EMB, al igual que la Primera Línea Del Metro De Bogotá con el fin tener una correcta integración de las dos líneas.

- El entorno urbano de la prefactibilidad se presume que se realizó satelitalmente con el software Infracore, en la factibilidad se debe realizar el levantamiento de la información acorde con la ET-06 de topografía.
- En la prefactibilidad no se evidencia mayor detalle de las vías y para la factibilidad se debe tener más detalle al realizar el levantamiento de las calles principales en su utilización ya que algunas pudieron haber tenido cambios en su distribución, como por ejemplo la carrera séptima que ahora cuenta con ciclo ruta y un carril menos para tráfico vehicular.
- En la prefactibilidad solo se ven redes húmedas subterráneas y para la factibilidad se debe tener el levantamiento de las redes secas subterráneas y no solo las húmedas, además de que el tamaño y la ubicación debe ser el preciso.
- En la prefactibilidad no se evidencian postes y demás redes superficiales por lo que para la factibilidad se debe tener en cuenta el levantamiento de postes, redes eléctricas, cajas de telecomunicaciones, y demás redes secas superficiales en especial cerca a cuando se ubique el PCC.
- Las tapas de los pozos de las redes húmedas en la prefactibilidad y la factibilidad deben poder verse a nivel de terreno y no estar enterrados así como las de las válvulas totalizadoras de acueducto por si deben desplazarse.
- Se pueden ver una redes rectangulares en la prefactibilidad como redes proyectadas pero para la factibilidad se debe contar con ésta información y levantamiento preciso para cumplir con el LOD del tamaño real y posiblemente unas redes con propiedades circulares.
- Para la factibilidad el levantamiento de la información de edificaciones, pilas de puentes y vías debe ser más detallado y levantar correctamente el área de influencia de la línea completa y no solo las vías principales.
- En la prefactibilidad las edificaciones se encuentran unidas entre ellas como un único elemento e idealmente deberían ser edificaciones independientes.
- En la prefactibilidad según la información consultada, no hubo un levantamiento de la señalización ni primaria ni secundaria, por lo que se deberá realizar para nivel de factibilidad como parte de los entregables.
- En la prefactibilidad se encontraron edificios debajo del nivel del suelo por lo que ese error se debe eliminar para la factibilidad y no tener elementos no correspondientes con la realidad y su ubicación.
- En la prefactibilidad hay una gran conexión de elementos en general por lo que se recomienda separar los modelos por tramos como se prevé en Anexo 2 - Lineamientos del Plan De Ejecución BIM.
- El túnel de la cola de maniobras desde antes de la estación 1 es rectangular en el modelo por lo que debe tenerse en cuenta para la factibilidad si éste será así según el diseño o mantendrá sus propiedades circulares y de doble túnel.
- La línea pasa debajo de los pilotes de los puentes existentes, interferencia que debe ser tenida en cuenta para el diseño y modelación estructural.
- Actualizar los logos de EMB en las estaciones.
- Se está teniendo en cuenta el relleno del Patio Taller pero éste tendrá un manejo hidráulico grande con filtros o canales que debe proyectarse y ser visible en los modelos BIM para la factibilidad.
- El Patio Taller tiene parqueaderos vehiculares pero no se ve el acceso al predio vehicular o peatonal y tampoco el puente o rampa que se debe realizar para subir a la cota final del patio.
- La transición de Línea subterránea a elevada invade la Carrera 136a por lo que éste en vías se debe revisar en la factibilidad y modelar con un mayor nivel de detalle.
- Desde la Estación 9 se está modelando el túnel de forma rectangular y en la factibilidad se debe hacer la respectiva revisión de si efectivamente desde éste punto será bajo estas características.
- La señalización no está modelada, siendo para la L2MB un aspecto definido en las especificaciones técnicas, en la L2MB debe haber tanto un levantamiento de señalización como un diseño y modelado de al menos LOD-200 según la ET-21.
- Los postes y líneas eléctricas no están modelados y sí irán modelados para la factibilidad de la L2MB.
- En cuanto al modelado se puede ver que hay elementos con categoría de “modelos genéricos” con numerales pero lo ideal sería que tuvieran el nombre del edificio en cuestión, la dirección o algo de información ya que como modelo genérico no se puede ver muy bien qué tipo de edificación es.
- En el modelo se puede ver que la topografía está sobre algunas calles por lo que será un aspecto a evitar para la L2MB donde se deberá realizar movimientos de tierras.
- El patio Taller de la PLMB tiene cerramiento, accesos, puertas, parqueaderos y casetas, elementos que no se

evidencian en el modelo de prefactibilidad y son elementos clave para la factibilidad.

- En la zona del Patio Taller no se observa el levantamiento urbano y solo el topográfico por lo que será un elemento importante para la factibilidad de la L2MB.

Luego del análisis de la prefactibilidad de manera general se concluyó lo siguiente:

- La información BIM contenida en el estudio de prefactibilidad será considerada como guía para el desarrollo de la etapa de factibilidad del proyecto pero no se utilizará el modelo ya que se realizarán modelos de levantamiento con un nivel de información (LOI) y nivel de detalle (LOD) mayor según la ET-06 que serán el punto de arranque del proyecto.
- La topografía debe tener un nivel de detalle suficiente y modificarse con las vías y edificios de levantamiento ya que en la PLMB no se ve alterada o modificada y en la prefactibilidad no se evidencia modelado un levantamiento topográfico.
- El área del levantamiento de información debe coordinarse entre la disciplina ambiental, predial y de urbanismo para definir el área de influencia directa en el proyecto para evitar falta de información a lo largo de la factibilidad.

Los objetivos iniciales son establecer un entendimiento de la metodología BIM entre los involucrados en el Proyecto, sus procesos, información de contacto, roles y responsabilidades; identificar los requerimientos técnicos específicos para el manejo, intercambio y gestión de los modelos de diseño por especialidades; identificar los procedimientos para la gestión de interferencias; nombrar los autores de cada especialidad; identificar las responsabilidades entre autores de los modelos de diseño por especialidad y el BIM Manager; acotar las exclusiones de la metodología BIM; establecer las prioridades entre la documentación, información 2D y la Información 3D; identificar los tiempos e hitos para gestión y coordinación espacial; especificar el nivel de detalle de los modelos por especialidad y elemento, identificar cuales elementos son opcionales y cuáles elementos son necesarios.

3. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN TÉCNICA BIM

3.1. Directrices BIM

Para la definición de la metodología de trabajo en el proyecto se inicia por dar las directrices BIM alineadas al alcance y las especificaciones técnicas ET-21 de Requisitos BIM que listamos a continuación:

- Se debe desarrollar un modelo BIM por disciplina, libre de interferencias, de acuerdo con el Estándar BIM definido para el Proyecto.
- Obtener las cantidades del Proyecto a partir del modelo BIM. Todas las especialidades deben obtener las cantidades del Proyecto a partir del Modelo BIM.
- Generar reportes de observaciones e informes de interferencias con los problemas y/o discrepancias del Proyecto a lo largo de su desarrollo.
- Utilizar el Modelo BIM en las reuniones de coordinación interdisciplinarias.
- Generar los Planos 2D a partir del modelo BIM en los casos en los cuales aplique.
- Generar un modelo federado de diseño que estará compuesto de referencias de modelos BIM de las diferentes disciplinas que forman parte del Proyecto.
- Desarrollar los Modelos BIM con objetos/elementos nativos de la aplicación, es decir, que tengan propiedades paramétricas, tales como columnas, vigas, muros, puertas, ventanas, ductos, tuberías, conductos, bandejas, etc.
- Que todos los objetos/elementos cuenten con su información paramétrica respectiva (meta-data).
- Mantener los Modelos BIM como la fuente principal y prioritaria de información del Proyecto, tanto en 3D como en 2D.
- Mantener los Modelos BIM actualizados de manera constante a lo largo de todo el proceso de desarrollo del Proyecto.

- Al finalizar el proceso de diseño, los Modelos BIM de las diferentes especialidades deben representar los diseños al nivel de factibilidad y coordinados al estar libres de interferencias.
- Avances del Proyecto al 25%, 50% y 75%.

3.2. Requerimiento para selección de software de modelado BIM

Los modelos BIM del Proyecto deben ser capaces de generar archivos interoperables en Ifc2x3 FM Basic Handover Model View Definition (MVD), capaces de exportar e importar información en CAD y capaces de ser georeferenciados en articulación con el SIG.

3.3. Definición y estructuración de entregables BIM

Todos los entregables asociados a modelos BIM serán desarrollados por las disciplinas técnicas y coordinados por el equipo de gestión BIM.

Cada disciplina que aplique generará modelos BIM con los siguientes contenidos:

- Dos Modelos Federados divididos en dos partes correspondientes a la primera y segunda mitad del trazado
- Once Modelos segregados con el diseño en cada estación
 - Incluye PCC
- Doce Modelos segregados con el diseño en los tramos entre estaciones

Tabla 1. Tramos L2MB
Fuente: Unión Temporal MOVIUS

División de modelos Federados	Tramos		
	Parte	ID	Nombre de tramo
1		0	Cola de maniobras-E1
		1	E1-E2
		2	E2-E3
		3	E3-E4
		4	E4-E5
		5	E5-E6
2		6	E6-E7
		7	E7-E8
		8	E8-E9
		9	E9-E10
		10	E10-E11
		11	E11-Entrada Patio Taller

- Doce Modelos segregados con el diseño en lo relacionado con el proyecto túnel dividido según [Tabla 1. Tramos L2MB](#).
 - Incluye los pozos y la cola de maniobras
- Un Modelo segregado con el diseño del Patio Taller.
 - Incluye un modelo segregado para cada edificación dentro del Patio Taller.

3.4. Definición y estructuración de entregables de levantamiento en Sitio

Al ser un insumo de información, los únicos modelos que no siguen la misma estructuración del capítulo [3.3. Definición y estructuración de entregables BIM](#) son lo de levantamiento en Sitio correspondiente a la ET-06, que se manejarán como se tabula a continuación:

Tabla 2. Modelos de levantamiento en Sitio
Fuente: Unión Temporal MOVIUS

Disciplina Encargada de Entregable BIM	Modelos BIM	Alcance
Equipo de levantamiento en Sitio	Modelo de Sitio General	Modelos Federados del levantamiento de las condiciones existentes en Sitio.
	Redes existentes	Modelo del levantamiento de las condiciones Hidráulicas, Sanitarias, Drenajes, Eléctrica, Iluminación, Telecomunicaciones, Gas Natural, Combustibles, entre otras redes existentes en sitio.
	Construcciones Existentes	Modelo del levantamiento de las Construcciones existentes en Sitio tales como edificaciones, vegetación infraestructura, andenes, pilas de puentes, entre otros especificados en las especificaciones técnicas topográficas.
	Vías Existentes	Modelo del levantamiento de las vías y señalización existentes en Sitio.

3.5. División de modelos segregados por disciplina

Con el fin de tener una sub-división inicial de cada disciplina y para cada modelo se plantea como opción seleccionada que:

- Las estaciones estarán divididas por ubicación urbana (Ejemplo: Estación 4 - Av. Boyacá) o como indique el cliente que serán llamadas las estaciones de manera definitiva. También incluirá los PCC situados dentro de las estaciones inicialmente.
- Los tramos relacionados con cada división se dividirán entre estaciones (Ejemplo: De la Estación 4 a la Estación 5) como se puede ver en la [Tabla 1. Tramos L2MB](#).
- El proyecto túnel se dividirá en el túnel, los pozos y la cola de maniobras principalmente.
- El Patio Taller se dividirá según los componentes en plataformas, edificaciones, entre otros previamente a su definición final.

Ningún modelo BIM segregado o por disciplina ya sea en Revit o Civil 3D debe superar las 200 MB de tamaño con el fin de hacer los archivos aptos para el Hardware mínimo de apertura de Softwares y facilitar la publicación, revisión y recorrido de modelos en la nube. En caso de suceder la superación de las 200 MB de tamaño de archivo, será decisión del BIM Manager del proyecto definir si:

- Se aprueba al no sobrepasar el tamaño por muchos MB, ejemplo 205 MB.
- Se debe re-dividir en caso de sobrepasar por mucho, ejemplo 350 MB.

3.6. División de los modelos federados

Debido a la magnitud y longitud del proyecto, inicialmente se prevé que los modelos federados se deben dividir de la siguiente manera:

- Modelos federados por disciplina: Cada disciplina tendrá dos modelos federados donde se incluirán todos los modelos segregados realizados, la división se ilustra en la [Tabla 1. Tramos L2MB](#), donde se pueden ver los

tramos de la parte 1 y los tramos de la parte 2 del modelo federado, conteniendo así el primer modelo federado con alrededor de 8000 metros de longitud de línea con las estaciones y cola de maniobras dentro del rango y el otro con alrededor de 7500 metros de línea y sus estaciones incluyendo el Patio taller.

- Modelos federados generales: Contendrá los modelos federados de todas las disciplinas, debido a que los federados de las disciplinas están divididos en dos partes, éste podrá ser inicialmente de dos partes al igual que los federados de disciplinas, en caso de requerir alguna división adicional, es decir en tres o cuatro partes, se federará nuevamente sin tener en cuenta el federado por disciplina sino los tramos, estaciones y demás modelos segregados por disciplina.

3.7. Metodología de modelación con el uso de fases

La modelación BIM se realizará según las fases del proyecto:

- El levantamiento de lo existente quedará en una fase de modelación “Existente”.
- Los elementos existentes a “Demoler” quedarán en una fase de “Demolición” en el modelo de condiciones existentes que las disciplinas integrarán en su diseño, ese modelos de condiciones iniciales funcionará como un modelo central donde las disciplinas podrán acceder para que al ver necesario demoler un elemento modelado lo cambiarán de la fase de “Existente” a “Demolición”, de ésta manera al vincular, éste modelo no aparecerá en el modelo de diseño y se puede modelar el elemento que lo reemplazará .
- Los elementos nuevos de diseño a construir quedarán en una fase de “Nueva Construcción”.
- Si hay un elemento existente que no se demolerá por completo sino se intervendrá, se debe demoler y poner el resultado final intervenido como “Nueva Construcción” al cambiar sus propiedades físicas se considera un nuevo elemento.

3.8. LOD y LOI de los modelos BIM

Respecto al nivel de detalle (LOD) y de información (LOI) de la modelación BIM proyecto, lo definimos

- LOI: o nivel de información da cuenta del nivel de detalle que debe tener el modelo BIM en cuanto a la cantidad de información que presenta. Se clasifica también del número 100 al 500, en donde el nivel LOI-500 incluye toda la información técnica posible. LOI-300 incluye información gráfica, dimensional y posicional básica del elemento modelado, así como su identificación técnica (tag).

La definición del LOI está directamente relacionada con la inclusión de información no gráfica en los modelos BIM, la cual es definida y validada por el equipo técnico del Proyecto. Se trata de agregar una capa extra de información a los modelos BIM que va más allá de la información geométrica propia de los objetos modelados.

La información contenida dentro de los modelos debe estar de conformidad con el LOD definido para el Proyecto. El concepto de LOD involucra el nivel de detalle con el cual se construirá el modelo, es decir, describe los elementos del modelo.

- LOD: Nivel de Desarrollo. Da cuenta de qué tan desarrollado o maduro está el modelo en términos de su diseño, reflejado en la carga o calidad gráfica del mismo. Se clasifica del número 100 al 500, en donde el nivel LOD-500 es el modelo real o “as-built” del diseño y LOD-300 se trata de un modelo de pre-construcción, pero con la suficiente información gráfica para permitir realizar diseños, coordinar y extraer cantidades.

Según las especificaciones técnicas (ET-21): “El nivel de desarrollo del modelo BIM deberá estar acorde al alcance a nivel de factibilidad que se obtenga en cada especialidad o componente. En términos generales deberá ser LOD-200, pero los componentes particulares podrán variar entre LOD-100 y LOD-300”.

De acuerdo con las especificaciones, el LOD definido para el proyecto es de 200, sin embargo, la Unión Temporal MOVIUS podrá realizar variaciones obteniendo modelos con niveles de desarrollo mayores (Máximo LOD-300) o menores a LOD-200:

LOD-300: En algunos modelos BIM de acuerdo con el alcance de extracción de cantidades y coordinación 3D establecido.

LOD-100: En algunos modelos de los levantamientos de condiciones existentes.

A continuación definimos el LOD-100, LOD-200 y el LOD-300 según el Level Development Specification V2017 del BIM Forum:

- LOD-100: Los elementos en un nivel LOD 100 no son representaciones geométricas. Ejemplo, la información ligada al elemento demuestra su existencia dentro del modelo mas no forma, tamaño o localización precisa. Cualquier información derivada de elementos LOD 100 debe ser considerada aproximada. Se utiliza para diseños conceptuales y cabidas.
- LOD-200: Los elementos son gráficamente representados en el modelo como un sistema genérico, objeto o ensamble con aproximación a cantidades, tamaño, forma, localización y orientación. A este nivel, los elementos aún no son definitivos. Pueden llegar a ser reconocibles por una geometría sencilla o simplemente pueden ser volúmenes para reservar espacio. Cualquier información derivada del LOD-200 debe ser considerada aproximada. Se utiliza para diseños esquemáticos y anteproyectos.
- LOD-300: Los elementos son gráficamente representados dentro del modelo como un sistema específico, objeto o ensamble en términos de cantidad, tamaño, forma, localización y orientación. La cantidad, tamaño, forma, localización y orientación de los elementos puede ser medida directamente del modelo sin necesidad de buscar información anexa como detalles o notas. Se utiliza para desarrollos de diseño y coordinación.

Tabla 3. Niveles de desarrollo e información de los Modelos BIM

Fuente: Unión Temporal MOVIUS

Equipo	Modelo	LOD	LOI
Equipo de levantamiento en Sitio	Modelo Federado del Sitio	100	100
	Modelo Redes existentes	100	100
	Modelo Construcciones Existentes	100	100
	Modelo Vías Existentes	100	100
Equipo	Modelo	LOD	LOI
Equipo de Arquitectura, Urbanismo y Paisajismo	Modelo Federado arquitectónico	200	200
	Modelo Federado de urbanismo	200	200
	Modelo Federado de paisajismo	200	200
	Modelo Arquitectura, Urbanismo y Paisajismo Estaciones y PCC	200	200
	Modelo Arquitectura, Urbanismo y Paisajismo Proyecto Túnel	200	200
	Modelo Arquitectura, Urbanismo y Paisajismo Patio Taller	200	200
Equipo	Modelo	LOD	LOI

Equipo de Geotécnia y Topografía	Modelo Federado Geotécnico	200	200
	Modelo Topográfico General	200	200
	Modelo Geotécnico General	200	200
	Modelo Geotécnico Estaciones y PCC	200	200
	Modelo Geotécnico Proyecto Túnel	200	200
	Modelo Geotécnico Patio Taller	200	200
Equipo	Modelo	LOD	LOI
Equipo Estructural	Modelo Federado Estructural	200	200
	Modelo Estructural Estaciones y PCC	200	200
	Modelo Estructural Proyecto Túnel	200	200
	Modelo Estructural Patio Taller	200	200
Equipo	Modelo	LOD	LOI
Equipo Eléctrico y Electrónico	Modelo Federado Eléctrico y Electrónico	200	200
	Modelo Instalaciones Eléctricas y Electrónicas Estaciones y PCC	200	200
	Modelo Instalaciones Eléctricas y Electrónicas Proyecto Túnel	200	200
	Modelo Instalaciones Eléctricas y Electrónicas Patio Taller	200	200
Equipo	Modelo	LOD	LOI
Equipo Mecánico	Modelo Federado Mecánico	200	200
	Modelo mecánico de las Estaciones y PCC	200	200

	Modelo mecánico Proyecto túnel	200	200
	Modelo mecánico Patio taller	200	200
Equipo	Modelo	LOD	LOI
Equipo de Recursos Hídricos	Modelo Federado Recursos Hídricos	200	200
	Modelo instalaciones Hidráulicas, Sanitarias y de Drenajes de las Estaciones y PCC	200	200
	Modelo Instalaciones Hidráulicas, Sanitarias y de Drenajes Proyecto Túnel	200	200
	Modelo Instalaciones Hidráulicas, Sanitarias y de Drenajes Patio Taller	200	200
Equipo	Modelo	LOD	LOI
Modelo de Vías Férreas, Señalización Tránsito y Transporte	Modelo Federado de Vías Férreas, Señalización Tránsito y Transporte	200	200
	Modelo Vías Férreas, Señalización, Tránsito y Transporte Estaciones y PCC	200	200
	Modelo Vías Férreas, Señalización, Tránsito y Transporte Túnel	200	200
	Modelo Vías Férreas, Señalización, Tránsito y Transporte Patio Taller	200	200
Equipo	Modelo	LOD	LOI
Equipo de gestión BIM	Modelo Federado General	200	200
	Modelo Federado General Parte 1	200	200
	Modelo Federado General Parte 2	200	200

Nota de tabla: Los LOD detallados por modelo de diseño se tienen inicialmente con un LOD-200 y los de levantamiento con un LOD-100 como mínimo y podrá aumentar su nivel de detalle a lo largo del proyecto.

3.9. Avance de la modelación BIM

Relacionado con el avance de la modelación BIM en el Proyecto, la Asesoría actualizará la información con los archivos nativos de los modelos BIM en el CDE del Proyecto en entregas parciales al 25%, 50% y 75% de avance en las fechas descritas y acordadas en el cronograma. Los archivos serán ubicados en BIM 360, el cual funcionará como CDE del Proyecto. Estas entregas preliminares funcionarán como avances del desarrollo de la modelación BIM. La versión

aprobada para publicación de los archivos será actualizada en las fechas previstas en el cronograma del proyecto. En el listado maestro de modelos preliminar se encuentran qué modelos pertenecen a cada entrega parcial.

3.10. Roles y responsabilidades BIM

Para poder llevar a cabo el correcto desarrollo y organización del proyecto se deben establecer distintos roles de trabajo como los presentados a continuación:

Tabla 4. Roles y responsabilidades BIM del proyecto
Fuente: Unión Temporal MOVIUS

Rol	Responsabilidad BIM
Director/Programador del Proyecto.	Supervisión, ejecución de gestión e intercambio de información relacionado con la metodología (Modelos de diseño).
Jefes de lote de trabajo / Líderes BIM	Asegurar que el CDE corresponde con el estándar; Asegurar la información está coordinada, actualizada y sincronizada con las demás disciplinas; Generar los respectivos reportes de avance a la Coordinación BIM; Controlar la integridad del modelo; Seguimiento y apoyo en la solución de interferencias
Jefe de lote de trabajo BIM	Gestión BIM, Creación de plantillas de trabajo; Creación y mantenimiento del Plan de ejecución BIM; Configuración del CDE, gestión de la información, coordinación BIM
BIM Manager	Gestión del CDE; Gestión de información; Seguimiento a los estándares de calidad los modelos; Seguimiento de avance de los modelos; Seguimiento de la solución de interferencias
Modeladores BIM	Estructurar un modelo bajo los respectivos estándares que cumpla con los requerimientos establecidos y permita la correcta integración con los demás modelos; Notificar al Líder BIM los respectivos cambios para que dichos cambios se desarrollen con las determinantes del BEP; Regirse bajo el Manual de buenas prácticas de modelado BIM
Integrador BIM	Integrar los modelos que son producidos por cada una de las divisiones técnicas; Identificar posibles interferencias entre los diferentes modelos; Controlar la integridad del MF
Áreas técnicas	El equipo debe estructurar el modelo teniendo en cuenta los respectivos alcances solicitados por el cliente, ejecutar el BEP, crear y actualizar los modelos de diseño y responder por las interferencias reportadas sin solución

3.11. Coordinación BIM

El equipo de gestión BIM en la Unión Temporal MOVIUS estará a cargo de gestionar y coordinar el proceso de detección de interferencias. La detección de interferencias también es parte del listado de control de calidad de los modelos BIM. De forma complementaria el equipo de diseño debe elaborar los modelos de su disciplina teniendo en cuenta los modelos de las otras disciplinas, en este orden de ideas, el diseñador podrá identificar de forma inmediata si ha encontrado alguna interferencia con el resto de las disciplinas o en la propia disciplina. El diseñador procederá a informar y resolver las interferencias encontradas

Cuando los modelos alcanzan una adecuada etapa de desarrollo se deberá correr una rutina de detección de interferencias a todos los modelos por parte de los diseñadores y del equipo BIM para visualizar y detectar las interferencias para identificar y resolver, y al hacer esto minimizar el número de interferencias en la etapa de construcción del Proyecto.

Uno de los principales objetivos de calidad en los modelos BIM es entregar un modelo libre de interferencias principalmente entre:

- Disciplinas y estructura
- Disciplinas del mismo diseño
- Disciplinas de distintos diseños

Otras interferencias pueden ser resueltas en el sitio como parte de un proceso normal de construcción siendo estas interferencias aprobadas por la coordinación 3D del Proyecto, por ejemplo, una interferencia válida es un registro hidráulico dentro de un muro arquitectónico que podrá omitirse y/o solucionarse en obra, en cambio un ejemplo de interferencia no válida es de una tubería cruzando una columna estructural que deberá solucionarse desde el diseño.

Se pueden tener otros tipos de interferencias no detectables en softwares de detección ya que hay elementos entre disciplinas como por ejemplo espaciamientos de equipos que pueden estar interfiriendo con otros elementos, razón por la cual en la revisión de planos se tendrá especial cuidado con éste tipo de interferencias que aunque no sean representadas en los modelos se deben solucionar para efectos de una correcta ejecución.

La no modelación de los elementos dependerá directamente del Nivel de desarrollo del modelo, por ejemplo, los refuerzos estructurales no se modelan hasta un LOD-450-500 por lo que éstos elementos no se modelarán bajo la modalidad de modelación de LOD-200.

Un modelo libre de interferencias responde a un modelo donde las interferencias duras se han resuelto, cerrado o aprobado en la etapa de diseño como parte del proceso de coordinación. “La identificación de interferencias debe ser llevada a cabo durante el diseño, con un enfoque particular en las interferencias duras y con las tolerancias de construcción” (BSI PAS 1192-2:2013).

3.12. Ubicación geográfica del modelo

De acuerdo con el estándar BS: 1192:2007, los modelos deben estar geo-referenciados con las coordenadas compartidas. Los modelos deben cumplir con las siguientes características:

- El Sistema de coordenadas establecido para el Proyecto es: MAGNA SIRGAS / Ciudad Bogotá.
- Punto de referencia del sistema: Latitud 4.680486111111112 y Longitud -74.14659166666668.
- Estar en la elevación real.
- Cada equipo generador de modelos BIM (Revit o Civil 3D) recibirá antes de su modelación un template base con las coordenadas previamente configuradas por parte del equipo de gestión BIM con el fin de asegurar la correcta ubicación espacial del proyecto.

3.13. Visualización de los modelos

Para la visualización de los diseños se plantea la utilización de las siguientes herramientas con finalidades distintas:

- BIM 360: Se utilizará BIM 360 para visualizar y almacenar a través del navegador de internet los modelos BIM del Proyecto.
- Navisworks: Se utilizará Navisworks para la integración visual de la información para el análisis de interferencias y coordinación espacial de los elementos del modelo.
- Revit: Se utilizará Revit para la integración e inspección visual de la información de manera general para la validación del LOD y LOI de los elementos del modelo.

3.14. Organización de información

Las carpetas están organizadas de la siguiente forma por niveles:

- Nivel 1: Por estados (TEP, COMPARTIDO, PUBLICADO y ARCHIVADO)
 - Nivel 2: Por disciplinas según la Tabla 13. Matriz de identificación de disciplinas en el Anexo 1.
 - Nivel 3: Por tipo de archivo según la Tabla 21. Nomenclatura de Tipo de documento en el Anexo 1.
 - Nivel 4: Por zonas:
 - Estaciones - ET
 - Tramos - TR
 - Proyecto túnel - TU
 - Patio taller - PT
 - PCC - CC
 - Cola de maniobras - CM
 - General - GN

4. RECOMENDACIONES

- Se anexa el Plan De Ejecución BIM del proyecto llamado “2. E1V0 - Anexo 2 - Lineamientos BEP Vol 3” que debe seguirse al pie de la letra para poder realizar el correcto desarrollo del proyecto desde el punto de vista BIM.
- Se debe agregar el sistema de referenciación geográfica a los software ya que no existe en AutoCAD, Revit, Civil 3D ni en la mayoría de software.
- Se debe dar una correcta nomenclatura expuesta en el Plan de Ejecución BIM a las familias de Revit y sólidos 3D de Civil 3D debido a que al integrar en Navisworks los modelos se deben clasificar correctamente cada objeto para su coordinación.
- Se debe posicionar correctamente cada modelo y archivo al sistema de coordenadas establecido para el proyecto en integración con la PLMB.
- Se recomienda que a medida que se va diseñando se vaya modelando, así el avance es mayor y visualizable por las otras especialidades.
- Se debe seguir la nomenclatura y estructura de las carpetas presentadas en el capítulo [3.14. Organización de información](#).
- Al crear cualquier modelo o plano se debe diligenciar su nomenclatura en los listados maestros del proyecto.

5. CONCLUSIONES

- Se deben agregar códigos nuevos para la nomenclatura de los tramos bajo posterior aprobación.
- Para la modelación se seleccionaron los software de Autodesk Revit y Civil 3D por ser los más utilizados, completos y multidisciplinarios.
- Se seleccionó como Entorno de Datos Común (EDC) la plataforma de BIM 360 por cumplir con lo solicitado en la ET-21, ser la más utilizada y compatible con los software utilizados.
- Los listados maestro de planos y modelos son de gran importancia ya que son de los mayores insumos para revisión de planimetrías, modelos, calidad, coordinación, diseño y avance en general del proyecto.

6. ANEXOS

1. PEB: “2. E1V0 - Anexo 2 - Lineamientos BEP Vol 3”

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

E4 – ET21 – Aval técnico y fiscal – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003 _VA

2. Modelo federado prefactibilidad analizado Parte 1: “MB-PRE-TR1-3D-BIM-003”
3. Modelo federado prefactibilidad analizado Parte 2: “MB-PRE-TR2-3D-BIM-003”