

## **ANEXO 3: numeral 6.3**

# **Requerimientos para el contratista y la interventoría del proyecto para la fase 3 de diseños y construcción del proyecto en cuanto a la implementación del BIM**

Se hace claridad que este entregable es fruto del trabajo con otro profesional del área de Planeación del Metro de Medellín, para lo cual se indica que el ejecutor de este trabajo de investigación hizo parte de la mesa de trabajo conformada para la generación y posterior publicación de dicho documento.

## **a) REQUERIMIENTOS PROPUESTOS PARA EL CONTRATISTA (Ejecutor del Proyecto)**

### **1. Introducción**

El presente Apéndice Técnico establece los requerimientos a cumplir por el Contratista para la implementación de la metodología BIM aplicables al Proyecto, por medio de los objetivos BIM descritos más adelante. Para la definición de los entregables vinculados a BIM se utilizan, dentro de este documento, cuatro conceptos clave: Usos, tipo, nivel y estado de avance de la información de los modelos, los cuales son descritos en el subcapítulo 6.5.4 capítulo “Alcances BIM”, donde se define la información que debe ser entregada a lo largo del Proyecto. También se describen los objetivos para los cuales se solicita esta información y los entregables específicos requeridos. Con esto se busca delimitar claramente los requerimientos vinculados a BIM y la implementación por parte del Contratista.

### **2. Normatividad**

Para la comprensión de los conceptos y entregables solicitados, el Contratista deberá aplicar las versiones vigentes de:

- Norma BIM oficial NTC-ISO 19650-1:2021 y 19650-2:2021. <https://tienda.icontec.org/>
- El “Estándar BIM para Proyectos públicos” como referente principal, desarrollado por el equipo de PlanBIM Chile bajo CC-BY-NC-4.0, de libre consulta y descarga en la siguiente dirección: <https://planbim.cl/biblioteca/documentos/>. Se aclara que las definiciones, convenciones, esquemas, y referenciaciones de las imágenes contenidas en el subcapítulo 6.5.4 fueron extraídas de dicho documento, por lo que el Contratista designado para la ejecución del proyecto, deberá remitirse al mismo con el fin de profundizar en su contenido para mayor claridad en la implementación.
- Conjunto de documentos incluidos en el BIM KIT 1 y 2, desarrollados por equipo de BIMFORUM Colombia, de libre consulta y descarga en la siguiente dirección: <https://camacol.co/documentos-bim-forum-colombia>.

Se denota además que lo descrito en el presente documento son los requerimientos mínimos aplicables y que podrán ser mejorado o complementados por el Contratista.

### **3. Objetivos BIM**

- Objetivo general

El Contratista deberá cumplir con cada uno de los entregables establecidos para la metodología BIM a implementar, según lo dispuesto en este Apéndice Técnico y el Plan de Ejecución BIM con toda su documentación anexa, aplicable a la información generada en cada una de las Etapas del Proyecto, con el fin de asegurar las buenas prácticas y su correcta aplicación, que permita apoyar y mejorar aspectos como: programación, indicadores, gestión documental, control presupuestal, avance de obra, informes, control de calidad, comunicaciones, coordinación multidisciplinaria de redes, interfaces, indicadores, SST, ambiental, social, simulaciones de ingeniería, constructivas y logísticas, información de obra construida “As Built”, pruebas, inspección, recibo y liquidación del Proyecto.

- Objetivos específicos

Se enmarcarán en los siguientes apartes, en el marco de los cuales el Contratista deberá:

1. Construir un modelo centralizado del Proyecto que permita identificar puntos críticos, colisiones, interferencias, desviaciones y demás inconvenientes que puedan presentarse durante la construcción para anticiparse a su ocurrencia y minimizar sus impactos durante la ejecución y puesta a punto del Proyecto.
2. Generar material didáctico (imágenes fotorrealistas, simulaciones, recorridos, videos) que permita socializar y comprender diferentes aspectos relevantes del Proyecto, con el fin de brindar una correcta información a las comunidades e interesados que serán impactados.
3. Optimizar tiempos y costos durante las etapas de planeación, diseño y construcción enmarcados en el alcance del Proyecto.
4. Optimizar la calidad de los diseños y la documentación técnica generando claridad en la Etapa de Construcción.
5. Realizar una correcta gestión de interfaces por medio de la metodología BIM que permita brindar soluciones en las fronteras entre las diferentes disciplinas del Proyecto.
6. Realizar un seguimiento efectivo de los diseños para garantizar la disminución de los tiempos de revisión y coordinación entre las diferentes disciplinas del Proyecto.
7. Cuantificar cantidades precisas con el fin de disminuir desperdicios y optimizar costos.
8. Generar material que permita visualizar el proceso constructivo mediante simulaciones gráficas para anticipar, mitigar riesgos durante la construcción que contribuyan a una mejor toma de decisiones.
9. Controlar de una manera precisa el avance del Proyecto y así emitir alertas tempranas en las actividades críticas.

10. Gestionar el control integrado de cambios mediante herramientas de simulación, con el fin de aumentar la precisión del análisis de los impactos en costo y tiempos en todas las Etapas del Proyecto.
11. Consolidar y entregar información “As Built” centralizada con el fin de garantizar la correcta entrega del Proyecto y la transición hacia la de operación y mantenimiento.
12. Realizar reportes gráficos que permitan una mejor comprensión de los estados de entrega, pruebas, niveles de servicio, etc, de los equipos antes de su puesta en marcha y así contribuir a su correcta operación.
13. Entregar un inventario digital de toda la infraestructura del Proyecto, el cual facilitará la gestión de activos, de operación y mantenimiento mediante la entrega de información confiable y coherente para este propósito.
14. Entregar la información digital de los activos, equipos o componentes generados en el Proyecto, en los formatos o fichas técnicas definidos por la EMPRESA METRO DE MEDELLÍN y demás información técnica requerida para activarlos, contabilizarlos y catalogarlos en el sistema ERP. En la Etapa de Construcción (información “as built”), se entregarán los formatos para ser diligenciados a medida que se vaya ejecutando el Proyecto. Lo anterior se hará según la siguiente taxonomía: equipo, componentes y partes. Dicha información digital deberá asociarse además a los modelos BIM por medio de parámetros para facilitar su gestión de cara a la operación y el mantenimiento.

#### **4. Alcances BIM**

El alcance de la implementación de la metodología está enmarcado en los siguientes aspectos:

1. Usos BIM.
2. Tipos de Información (TDI).
3. Niveles de Información (NDI).
4. Estados de Avance de la Información de los modelos BIM (EAIM).

Su objetivo es describir claramente los requerimientos ligados a BIM para permitir al Contratista proporcionar fácilmente información acotada y correcta del Proyecto en cada una de sus Etapas.

- **Conceptos base Usos BIM**

Los Usos BIM son métodos de aplicación de BIM durante el ciclo de vida de una edificación o infraestructura para alcanzar uno o más objetivos específicos. Estos usos sirven para

explicar las diferentes formas en que las partes interesadas del Proyecto pueden utilizar BIM.

El Contratista deberá dar cumplimiento a los objetivos general y específicos, a través de la utilización de los usos BIM relacionados a continuación (ver los señalados en color verde):

PLANIFICACIÓN	DISEÑO	CONSTRUCCIÓN	OPERACIÓN
1. Levantamiento de condiciones existentes			
2. Estimación de cantidades y costos			
3. Planificación de fases			
4. Análisis del cumplimiento del programa espacial (zonificación)			
5. Análisis de ubicación			
6. Coordinación 3D			
	7. Diseño de especialidades		
	8. Revisión de diseño		
	9. Análisis estructural		
	10. Análisis lumínico		
	11. Análisis energético		
	12. Análisis mecánico		
	13. Otros análisis de ingeniería		
	14. Evaluación de sustentabilidad		
	15. Validación normativa		
		16. Planificación de obra	
		17. Diseño sistemas constructivos	
		18. Fabricación Digital	
		19. Control de obra	
		20. Modelación as-Built	
			21. Gestión de activos
			22. Análisis de sistemas
			23. Mantenimiento preventivo
			24. Gestión y seguimiento de espacios
			25. Plan. y gestión de emergencias

Elaboración propia tomada de PENN STATE

Tal y como se observa en la imagen, el Contratista deberá como mínimo cumplir 11 Usos requeridos para el proyecto.

- **Estado de avance de información de los modelos (EAIM) requeridos**

Son las distintas fases consecutivas de definición de los datos contenidos en los modelos BIM y están vinculados directamente al progreso en el tiempo del Proyecto. El Contratista deberá dar cumplimiento a los siguientes estados de avance, no sin antes referenciar las siguientes convenciones relacionadas en las tablas:

DD: Diseño de Detalle

CC: Coordinación de Construcción

CM: Construcción, Manufactura y Montaje

AB: As-Built

GM: Gestion y Mantenimiento del Activo

PM: Puesta en Marcha

Información para la Etapa de PRECONSTRUCCIÓN (Estudios y Diseños)	Información para la Etapa de CONSTRUCCIÓN			Información para las Etapas de PRUEBAS, CERTIFICACIONES Y PUESTA EN MARCHA Y GARANTÍA DE NIVEL DE SERVICIO	
	DD	CC	CM	AB	PM
Diseño de Detalle	Coordinación de Construcción	Construcción, Manufactura y Montaje	As-Built	Puesta en Marcha	Gestión y Mantenimiento

Elaboración propia a partir de “Estándar BIM para Proyectos Públicos Plan BIM Chile”.

- **Niveles de información (NDI) requeridos**

Los niveles de información o NDI (LOD: Level of Development) son los grados de profundidad que puede tener tanto la información geométrica como no geométrica contenida en las entidades de los modelos BIM, según el estado de avance de la información de los modelos que se requiera y donde esta información puede cambiar y/o aumentar a medida que el Proyecto avanza. Los NDI están directamente relacionados con los TDI (definición según Estándar BIM para Proyectos Públicos).

En los siguientes cuadros se presentan los seis (6) Niveles de Información (NDI) que representan el total de NDI que se deberán utilizar en el Proyecto con su equivalente aproximado en LODs, para las entidades de los modelos BIM para cada entrega.

Vale la pena aclarar que el Contratista deberá dar cumplimiento a los siguientes Niveles de Información (NDI) mínimos requeridos en las entidades de los modelos BIM a entregar en la Etapa de Preconstrucción (Estudios y Diseños):

<b>Nivel de Información</b>	<b>Concepto</b>
<b>NDI_2 ~ LOD 100</b>	<b>Información Inicial General</b>
<b>NDI_2 ~ LOD 200</b>	<b>Información básica aproximada</b>
<b>NDI_3 ~ LOD 300</b>	<b>Información detallada</b>

Elaboración propia a partir de “Estándar BIM para Proyectos Públicos Plan BIM Chile”.

Los Niveles de Información (NDI) requeridos en las entidades de los modelos BIM a entregar durante las Etapa de Construcción son:

<b>Nivel de Información</b>	<b>Concepto</b>
<b>NDI_1 ~ LOD 100</b>	<b>Información inicial general</b>
<b>NDI_2 ~ LOD 200</b>	<b>Información básica aproximada</b>
<b>NDI_3 ~ LOD 300</b>	<b>Información detallada</b>
<b>NDI_4 ~ LOD 350</b>	<b>Información detallada y coordinada</b>
<b>NDI_5 ~ LOD 400</b>	<b>Información detallada de la fabricación y montaje</b>
<b>NDI_6 ~ LOD 500</b>	<b>Información detallada de lo construido y supuesta en operación</b>

Elaboración propia a partir de “Estándar BIM para Proyectos Públicos Plan BIM Chile”.

Puntualmente para equipos electromecánicos, el nivel de información recomendado será el NDI\_4, donde según la tipología y caso, se modele información relacionada con su sistema de fijación y/o los puntos de conexión con otros sistemas.

Como premisa, los NDI asignados a los diferentes elementos deberán tener el nivel de detalle mínimo suficiente, que permita gestionarlos y trabajarlos fácilmente de forma colaborativa con una capacidad de cómputo razonable.

- **Tipos de información (TDI) requeridos**

Los Tipos de Información, o TDI, son grupos de datos que pueden estar contenidos en las entidades de los modelos según los distintos usos BIM señalados anteriormente. Estos datos están organizados según la utilización que se le puede dar a la información durante las Etapas del Proyecto (definición según Estándar BIM para Proyectos Públicos).

El Contratista deberá dar cumplimiento a los siguientes tipos de información (TDI) para el desarrollo del Proyecto en todas sus Etapas:

Tipos de información (TDI) según los usos BIM de la **Etapas de Preconstrucción (Estudios y Diseños):**

- TDI\_A: Información general del Proyecto.
- TDI\_B: Propiedades físicas y geométricas.
- TDI\_C: Propiedades geográficas y de localización espacial.
- TDI\_D: Requerimientos específicos de información para el Fabricante.
- TDI\_E: Especificaciones técnicas.
- TDI\_I: Condiciones del sitio y medioambientales.
- TDI\_J: Validación de cumplimiento de programa.
- TDI\_L: Requerimientos de fases, secuencia de tiempo y calendarización.
- TDI\_M: Logística y secuencia de Construcción.

Tipos de información (TDI) según los usos BIM de la **Etapas de Construcción:**

- TDI\_A: Información general del Proyecto.
- TDI\_B: Propiedades físicas y geométricas.
- TDI\_C: Propiedades geográficas y de localización espacial.
- TDI\_D: Requerimientos específicos de información para el Fabricante.
- TDI\_E: Especificaciones técnicas.
- TDI\_I: Condiciones del sitio y medioambientales.

- TDI\_J: Validación de cumplimiento de programa.
- TDI\_L: Requerimientos de fases, secuencia de tiempo y calendarización.
- TDI\_M: Logística y secuencia de Construcción.
- TDI\_N: Entrega para la operación.
- TDI\_O: Gestión de Activos

Además, en el Anexo (Fichas de Usos BIM) del Estándar BIM para Proyectos Públicos se indican los TDI que deben ser considerados para cada Uso BIM.

## **5. Entregables BIM**

El presente documento describe los entregables vinculados a BIM que el Contratista deberá suministrar para la ejecución del contrato. El presente documento da un mayor detalle respecto a los requerimientos de esta información, sus objetivos y los usos que se dará a éstos.

Se entenderá por entregables BIM todos los documentos e información necesaria para la obtención de modelos BIM, así como todos los productos resultantes del uso de herramientas y flujos de trabajo BIM (definición según Estándar BIM para Proyectos Públicos). Los cuales se agrupan en: Plan de Ejecución BIM, modelos BIM y documentos.

### **a) Plan de ejecución BIM (PEB)**

El Contratista deberá elaborar el Plan de Ejecución BIM, el cual define cómo se llevarán a cabo los aspectos de modelado de información de un Proyecto, estableciendo los roles y responsabilidades, estándares a aplicar y los procedimientos a seguir:

- Información básica del Proyecto.
- Objetivos de la utilización de BIM en el Proyecto.
- Usos BIM en conjunto con la infraestructura tecnológica y competencias del equipo para desarrollarlos.
- Empresas y personas participantes del Proyecto con sus Roles BIM
- Entregables específicos y sus formatos en concordancia con el cronograma del Proyecto.
- Estrategia y plataformas de colaboración.

- Estándares y convenciones a utilizar respecto de nomenclatura, clasificación, unidades de medidas, coordenadas, estructuración de los modelos (niveles definidos, volúmenes, etc.) y otros.

El PEB demostrará cómo se cumplirán los requerimientos indicados en el presente documento, teniendo las siguientes consideraciones:

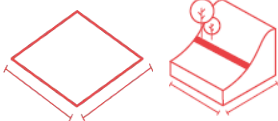


- La responsabilidad sobre los modelos BIM indicados será del Contratista. Estos se deben desarrollar según el estado de avance de información de los modelos BIM (EAIM) indicado en el presente documento y confirmado en el PEB.
- Todos los modelos BIM deberán ser gestionados a través de un formato neutro como IFC4, como mínimo y nativo de una herramienta BIM, según se indique en el PEB. Si el aplicativo BIM no posee la capacidad de exportar a formato IFC 4, en su defecto entonces se podrá utilizar IFC 2x3 ó en última instancia otro formato de intercambio neutro (IGES, STEP). Estos casos especiales deberá definirlos y consignarlos el Contratista en el Plan de Ejecución BIM y deberá ser previamente aceptado por el Interventor.

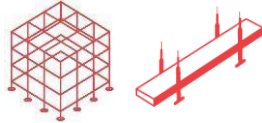
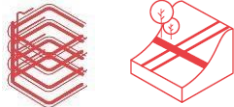
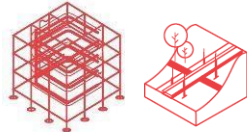
La EMM suministrará una plantilla de Plan de ejecución BIM para diligenciamiento por parte del Contratista y envío para concepto de no objeción de la Interventoría y revisión de la EMM, luego de la firma del contrato pasados 30 Días Calendario. Posterior a esto, dicho PEB podrá ser mejorado si es del caso, las veces que sean necesarias lo que no implicarán cambios en el alcance, tiempo o costo del Proyecto.

**b) Modelos BIM**

A continuación, se detallan los modelos BIM mínimos que el Contratista deberá desarrollar para el cumplimiento de los objetivos y los entregables BIM indicados. Estos modelos deberán contar con las entidades e información mínima esperados para cada uno de ellos.

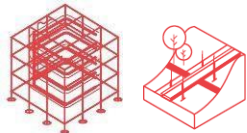
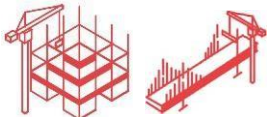
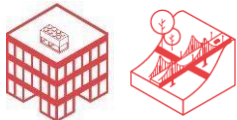
- Para la Etapa de Preconstrucción:

Modelo BIM	Edificación/Infraestructura
Sitio	
Volumétrico	
Arquitectura	

<b>Estructura</b>	
<b>MEP</b>	
<b>Coordinación</b>	


Elaboración propia a partir de “Estándar BIM para Proyectos Públicos Plan BIM Chile”.

- Para la Etapa de Construcción:

<b>Modelo BIM</b>	<b>Edificación/Infraestructura</b>
<b>Coordinación</b>	
<b>Construcción</b>	
<b>As-Built</b>	

Elaboración propia a partir de “Estándar BIM para Proyectos Públicos Plan BIM Chile”.

- Para las Etapas de Pruebas, Certificaciones y Puesta en Marcha y Garantía de Nivel de Servicio:

<b>Modelo BIM</b>	<b>Edificación/Infraestructura</b>
<b>Operación</b>	

Elaboración propia a partir de “Estándar BIM para Proyectos Públicos Plan BIM Chile”.

Los modelos BIM a entregar, según el estado de avance de la información de los modelos (EAIM), están definidos según lo relacionado en el Estándar BIM para Proyectos Públicos.

- **Entidades por modelo BIM.**

Los modelos BIM se conforman a través de diferentes entidades (objetos y/o elementos). Estas entidades mínimas para cada tipo de modelo BIM deben seguir las recomendaciones indicadas en el documento del Estándar BIM para Proyectos.

- **Nivel de información de entidades**

Para revisar los Niveles de Información (NDI) que tienen estas Entidades BIM según los estados de avance de la información de los modelos BIM (EAIM) para este Proyecto, deben seguir las recomendaciones indicadas en el documento del Estándar BIM para Proyectos.

- **Parámetros mínimos que deben incluirse en los modelos**

El Estándar BIM para Proyectos Públicos (EBPPP), define dentro de la Matriz de Información de Entidades un conjunto de parámetros mínimos, entre los que están los datos que el Manual Básico de Entrega de Información (MEI) destaca como necesarios para asegurar la calidad de los entregables, y los parámetros extraídos del estándar COBie (futura gestión de activos).

Con el fin de detallar la información que se espera en los modelos BIM a través de sus entidades, en las siguientes tablas se indican los parámetros mínimos definidos en el Estándar y que aseguran una revisión coherente de las necesidades y requerimientos del Proyecto. Estos parámetros se agrupan a través de los Tipos de Información (TDI) solicitados en este documento y señalan el Nivel de Información (NDI) al que pertenecen.

Del listado de parámetros suministrado, el Contratista deberá concertar con la Interventoría cuales son los realmente aplicables para el Proyecto. Según la necesidad, es posible además que la EMPRESA METRO DE MEDELLÍN y/o Interventoría solicite más adelante la creación, modificación y/o asignación a los modelos de nuevos parámetros y su NDI asignados, con la finalidad de aprovechar su uso, para tareas de coordinación, entrega y gestión de elementos en las Etapas del Proyecto. Esto no representará costos o tiempo adicional para la EMPRESA METRO DE MEDELLÍN.

Al igual que la información anterior, la del presente punto se apoya con las fichas de entidades de la matriz de información de entidades indicadas en el documento del Estándar BIM para Proyectos. En ese documento se podrán revisar en detalle los parámetros específicos que aplican para cada entidad según lo indicado en las siguientes tablas de resumen por Tipo de Información (TDI):

TDI A, Información general del Proyecto:

Parámetros	Nivel de Información
------------	----------------------

• Identificador Externo de la Instalación	NDI-1
• Nombre de Instalación	NDI-1
• Tipología de Uso de Instalación	NDI-1
• Función de la Instalación	NDI-1
• Forma de la Instalación	NDI-1
• Categoría de Espacio	NDI-2
• Función del Espacio	NDI-3
• Forma del Espacio	NDI-3
• Nombre del Edificio	NDI-3
• Número del Edificio	NDI-3
• Número de teléfono	NDI-5

Elaboración propia a partir de “Estándar BIM para Proyectos Públicos Plan BIM Chile”.

TDI B, Propiedades Físicas y Geométricas:

Parámetros	Nivel de Información
• Largo (*)	NDI-1
• Ancho (*)	NDI-1
• Alto (*)	NDI-1
• Tamaño	NDI-3
• Capacidad de carga	NDI-3

Elaboración propia a partir de “Estándar BIM para Proyectos Públicos Plan BIM Chile”.

TDI C, Propiedades Geográficas y de Localización Espacial:

Parámetros	Nivel de Información
------------	----------------------

• De Uso en Exterior	NDI-1
• Numero de Piso	NDI-2
• Nombre del Espacio	NDI-2
• Número del Espacio	NDI-2
• Identificación de Piso	NDI-2
• Nombre del Piso	NDI-2
• Elevación de Piso (sobre terreno)	NDI-2
• Altura Total del Piso	NDI-2
• Nombre de Zona	NDI-2
• Función de la Zona	NDI-2
• Eje X Coordenadas	NDI-3
• Eje Y Coordenadas	NDI-3
• Eje Z Coordenadas	NDI-3

Elaboración propia a partir de “Estándar BIM para Proyectos Públicos Plan BIM Chile”.

TDI D, Requerimientos Específicos de Información para el fabricante y/o constructor, asociados al Contratista:

<b>Parámetros</b>	<b>Nivel de Información</b>
• Tipo (en diseño por entidades)	NDI-2
• Material	NDI-3
• Identificación de Componente	NDI-3
• Nombre de Componente	NDI-3
• Descripción del Componente	NDI-3
• Fabricante (Contacto)	NDI-4
• Numero de Modelo	NDI-5
• Nombre del Producto	NDI-5

Elaboración propia a partir de “Estándar BIM para Proyectos Públicos Plan BIM Chile”.

TDI E, Especificaciones Técnicas:

<b>Parámetros</b>	<b>Nivel de Información</b>
• Identificación del Atributo	NDI-3
• Nombre del Atributo	NDI-3
• Descripción de Atributo (de la especificación particular del elemento)	NDI-3
• Valor de Atributo (ej. Transmitancia de calor)	NDI-3
• Unidad del Atributo	NDI-3

Elaboración propia a partir de “Estándar BIM para Proyectos Públicos Plan BIM Chile”.

TDI I, Condiciones del Sitio y Medioambientales:

<b>Parámetros</b>	<b>Nivel de Información</b>
• Condiciones sísmicas	NDI-1
• Uso de Terreno	NDI-1
• Información de Suelos	NDI-4

Elaboración propia a partir de “Estándar BIM para Proyectos Públicos Plan BIM Chile”.

TDI\_J, Validación de Cumplimiento de Programa:

<b>Parámetros</b>	<b>Nivel de Información</b>
• Clasificación Acústica	NDI-3
• Identificación de espacio	NDI-4
• Categoría del Espacio	NDI-4
• Número de recinto	NDI-4
• Nombre del Espacio	NDI-4

• Descripción de Espacio	NDI-4
• Altura de Espacio Utilizable	NDI-4
• Área gruesa del Espacio	NDI-5

Elaboración propia a partir de “Estándar BIM para Proyectos Públicos Plan BIM Chile”.

TDI\_K, Cumplimiento Normativo:

Parámetros	Nivel de Información
• Requerimientos de Clasificación de Resistencia al Fuego	NDI-1
• Resistencia al Fuego	NDI-3

Elaboración propia a partir de “Estándar BIM para Proyectos Públicos Plan BIM Chile”.

TDI-L, Requerimientos de Fases, Secuencia de Tiempo y Calendarización:

Parámetros	Nivel de Información
• Fases contempladas	NDI-1
• Secuencia de Tiempo	NDI-2
• Orden de Hitos de Proyecto	NDI-2
• Duración de la fase	NDI-5
• Descripción de Hitos	NDI-5
• Fecha de Hito	NDI-5
• Fecha de Inicio de Instalación	NDI-5
• Fecha de término de Instalación	NDI-5
• Aprobado por	NDI-5

• Entregado Por	NDI-5
-----------------	-------

Elaboración propia a partir de “Estándar BIM para Proyectos Públicos Plan BIM Chile”.

TDI-M, Logística y Secuencia de Construcción:

<b>Parámetros</b>	<b>Nivel de Información</b>
• Material	NDI-3
• Identificación de Recurso	NDI-5
• Nombre del Recurso	NDI-5
• Descripción del Recurso	NDI-5
• Identificación del Trabajo	NDI-5
• Estado del Trabajo	NDI-5
• Trabajo Previo	NDI-5
• Número del Trabajo	NDI-5
• Nombre de Trabajo	NDI-5
• Descripción de Trabajo	NDI-5
• Duración de Trabajo	NDI-5
• Unidad de Duración de Trabajo	NDI-5
• Inicio de Trabajo	NDI-5
• Unidad de Inicio del Trabajo	NDI-5
• Frecuencia de Trabajo	NDI-5
• Unidad de frecuencia de Trabajo	NDI-5

Elaboración propia a partir de “Estándar BIM para Proyectos Públicos Plan BIM Chile”.

TDI-N, Entrega de la Construcción:

<b>Parámetros</b>	<b>Nivel de Información</b>
• Identificación del sistema	NDI-3
• Identificador Externo de la Instalación	NDI-3
• Categoría del Sistema	NDI-3
• Nombre del Sistema	NDI-3
• Descripción del Sistema	NDI-3
• Equipo Primario	NDI-4
• Equipo alimentado	NDI-4
• Área de Servicio del Equipo	NDI-4
• Documentos del equipo	NDI-4
• Descripción de Evento/Problema	NDI-5

Elaboración propia a partir de “Estándar BIM para Proyectos Públicos Plan BIM Chile”.

TDI-O, Gestión de Activos e Información Interna (estos parámetros son necesarios para las Etapas posteriores a la Etapa de Construcción):

<b>Parámetros</b>	<b>Nivel de Información</b>
• Tipo de Activo	NDI-5
• Costo de Reemplazo	NDI-5
• Esperanza de Vida	NDI-5
• Unidad de Esperanza de Vida	NDI-5
• Identificación de Documentación	NDI-5
• Nombre de Documentos	NDI-5
• Nombre del Directorio de Documentos	NDI-5
• Nombre de Archivo documental	NDI-5
• Tipo de Documento	NDI-5
• Descripción de la Garantía	NDI-5
• Comienzo de Garantía	NDI-5

• Identificación de Repuesto	NDI-5
• Tipo de Repuesto	NDI-5
• Lista de Identificador del proveedor de repuestos	NDI-5
• Identificador de Lote de Repuestos	NDI-5
• Nombre de Repuesto	NDI-5
• Numero de Repuesto	NDI-5
• Descripción de Repuesto	NDI-5

Elaboración propia a partir de “Estándar BIM para Proyectos Públicos Plan BIM Chile”.

## 6. Documentación

Además del Plan de Ejecución BIM (PEB), se deberán obtener como resultado de la utilización de BIM en el desarrollo del Proyecto, documentación variada la cual el Contratista deberá consignar en un listado de entregables el cual será sometido a concepto no objeción por parte de la Interventoría y revisión de la EMPRESA METRO DE MEDELLÍN en un plazo debidamente concertado.

El Contratista también deberá entregar un Protocolo de gestión de la información, a partir de unos lineamientos base suministrados por la EMPRESA METRO DE MEDELLÍN y que tendrá de forma integral todos los aspectos generales para la generación y administración de cualquier documento del Proyecto, ya sea ofimático, planos o modelos CADD (Dibujo y diseño asistido por computador) / BIM. Dichos entregables deberán estar alineados con los tipos descritos en la TAI (Tabla de administración documental). Toda la información será gestionada por el Contratista en un repositorio central o CDE (Entorno Común de Datos) administrado por la EMPRESA METRO DE MEDELLÍN. Para más información, consultar el Apéndice Técnico M80-ET-MTD-03 (Metodología Gestión de La Información).

### NOTAS:

1. La generación de planimetrías 2D, reportes, cantidades, etc., deberá ser directamente desde los modelos BIM, para asegurar que no haya discrepancias. Las planimetrías / detalles 2D y planillas que no hayan sido producidos a partir de los modelos BIM, deben indicar esta condición claramente.
2. Aquí se describen algunos tipos de documentos, pero el listado final de entregables deberá ser suministrado por el Contratista y con el concepto de no objeción de la Interventoría, según además los lineamientos descritos en el Apéndice Técnico M80-ET-MTD-03 (Metodología Gestión de la Información).

- **Entregas y formatos modelos BIM**

El Contratista deberá consignar en el Plan de Ejecución BIM las siguientes tablas partiendo de los EAIM propuestos, los cuales podrán ser ajustados según los requerimientos del Proyecto. El nivel de información de cada modelo (partiendo de los EAIM del estándar) y la cantidad final de entregas deberán ser concertados y revisados con la Interventoría. A continuación, se presentan las siguientes convenciones relacionadas en las tablas:

DA: Diseño de Anteproyecto

DB: Diseño Básico

DC: Diseño Conceptual

DD: Diseño de Detalle

CC: Coordinación de Construcción

CM: Construcción, Manufactura y Montaje

AB: As-Built

GM: Gestion y Mantenimiento del Activo

PM: Puesta en Marcha

a) **Entregas para la Etapa de Preconstrucción**

Para la Etapas de Preconstrucción (Estudio y diseños), el Contratista deberá programar tres (3) entregas o hitos BIM como mínimo, que deben contener la información de los modelos solicitados en sus respectivos EAIM, de acuerdo con la siguiente tabla:

MODELOS	Entrega 01	Entrega 02	Entrega 03
	EAIM	EAIM	EAIM
<b>Modelo de Sitio</b>	DD	DD	DD
<b>Modelo Volumétrico</b>	DD	DD	DD
<b>Modelo de Arquitectura</b>	DD	DD	DD
<b>Modelo de Estructura</b>	DD	DD	DD
<b>Modelo MEP</b>	DD	DD	DD
<b>Modelo de Coordinación</b>	DD	DD	DD

b) Entregas para la Etapas de Construcción, Pruebas, certificaciones y Puesta en Marcha y Garantía de Nivel de Servicio

Para estas Etapas, el Contratista deberá programar cinco (5) entregas o hitos BIM como mínimo, que deben contener la información de los modelos solicitados en sus respectivos EAIM, de acuerdo con la siguiente tabla:

MODELOS	Entrega 01	Entrega 02	Entrega 03	Entrega 04	Entrega 05
	EAIM	EAIM	EAIM	EAIM	EAIM
<b>Modelo de Coordinación</b>	CC	CC	CC	CC	CC
<b>Modelo de Construcción</b>	-	CM	CM	CM	CM
<b>Modelo As-Built</b>	-	-	-	AB	AB
<b>Modelo de Operación</b>	-	-	-	PM	PM
	-	-	-	-	GM

Elaboración propia a partir de “Estándar BIM para Proyectos Públicos Plan BIM Chile”.

c) Formatos de los entregables

- El Plan de Ejecución BIM deberán ser entregado en formato de hoja de cálculo (Excel) y PDF.
- Los documentos que sean resultado de los diseños obtenidos o respaldados en los modelos BIM deberán ser entregados en formatos nativos (solo en la entrega final de cada Etapas), PDF y NWD, DWF (podrá también utilizarse DWFX según corresponda) en el caso de planimetrías.
- Para garantizar la factibilidad de uso de la información de los modelos BIM en todo el ciclo de vida estos, deben ser entregados en un formato que permita la reutilización de la información incluso fuera del software BIM utilizado para su creación. Por esto, se deberá además hacer entrega de estos modelos BIM utilizando como mínimo el estándar IFC 4; utilizando el Model View Definition (MVD) correspondiente a la Etapas de entrega del Proyecto; y el archivo nativo del o los softwares BIM de autoría. Los formatos utilizados deben especificarse en el Plan de Ejecución BIM.
- Lo anterior podrá ser apoyado con información en formato LandXML2 ó similar de ser necesario.
- Toda la información digital será entregada directamente en la plataforma de gestión documental (CDE) gestionada por la EMPRESA METRO DE MEDELLÍN,
- La infraestructura para el desarrollo de la metodología BIM usada por la Interventoría y el Contratista deberá coincidir como mínimo con la plataforma tecnológica BIM de la EMPRESA METRO DE MEDELLÍN

## **7. Términos y obligaciones complementarias**

- **Aplicabilidad y propósito**

- a) El presente Apéndice no efectúa o requiere una reestructuración de la relación contractual ni transfiere o cambia los riesgos entre el Contratista y la Interventoría aparte de los específicamente requeridos por este apéndice o sus adendas.
- b) Cada Subcontratista designado por el Contratista, deberá cumplir lo definido en este Apéndice ó sus adendas, donde sea aplicable.
- c) Nada en el presente apéndice eximirá al Contratista de su obligación, ni disminuirá su rol definido en el alcance Contrato.
- d) En el caso de que exista un conflicto entre el contenido de un Modelo BIM Publicado (modelo que se entrega oficialmente como parte de la obligación contractual) y cualquier otro Modelo, el Modelo Publicado tomará prioridad.

- **Gestión de los modelos BIM**

Los siguientes puntos serán de obligatorio cumplimiento por parte del Contratista el cual deberá tener el concepto de no objeción por parte de la Interventoría:

- a) A menos que sea acordado en el Plan de Ejecución BIM, un Modelo BIM de Diseño (estado previo a un Modelo BIM Publicado ó entregable contractual) no necesariamente tendrá como objetivo proveer el nivel de detalle necesario para extraer cantidades precisas de materiales o elementos.
- b) Si algún Participante del Proyecto evidencia una discrepancia entre un Modelo BIM y cualquier otro Modelo BIM o Entregable Contractual, ese Participante del Proyecto inmediatamente notificará a la otra Parte o Partes, a los Participantes del Proyecto listados en el Contrato y al personal BIM correspondiente, según los protocolos establecidos para definir tratamiento y solución.
- c) El Contratista y cada colaborador garantiza que las dimensiones de su Contribución a un Modelo son precisas en el alcance que especifique el Plan de Ejecución BIM, y todas las demás dimensiones serán extraídas de los Planos.
- d) A menos que sea acordado en el Plan de Ejecución BIM, las tolerancias en las dimensiones definidas para los Entregables Contractuales aplicarán a las dimensiones en el Modelo BIM.
- e) El Contratista deberá realizar auditorías internas de modelos CADD/BIM correspondientes a las diferentes disciplinas del Proyecto, para garantizar que el funcionamiento y la Construcción de las redes, la estructura, arquitectura y demás componentes, redunde en una buena articulación de los diseños. En caso de que se evidencien interferencias entre los diferentes sistemas o interfaces diseñados, el Contratista deberá concertar y aplicar los correctivos necesarios dados si es del caso por la Interventoría,

hasta que se eliminen para de este modo minimizar posibles inconvenientes durante la Etapa de Construcción.

f) El Contratista deberá concertar con la Interventoría, cuales unidades de ejecución estarán sujetas a modelación BIM. Se aclara que todas las actividades de redes de servicio externas si deberán tener dicha modelación BIM. Todas éstas a su vez, deberán estar coordinadas con las demás actividades del cronograma oficial y desglosadas a un nivel de detalle (hitos modelos BIM) que permita un adecuado seguimiento y control, con la revisión de la Interventoría.

g) El Contratista deberá generar como mínimo dos modelos de nube de puntos en formato aceptable por la EMPRESA METRO DE MEDELLÍN, georreferenciados y validados según la necesidad con levantamientos topográficos convencionales, una al inicio para capturar las condiciones existentes y otra al final cuando sea entregada la unidad de ejecución o sistemas correspondientes, que complemente la información “As Built” entregada.

h) Donde aplique, el Contratista deberá generar por cada unidad de ejecución o sistemas, una simulación 4D constructiva y/o logística (montaje de equipos, por ejemplo), asociados al cronograma establecido, para efectos de planificación y control de obra.

i) El Contratista deberá realizar simulaciones y/o enlaces de los Modelos BIM con aplicativos especializados (software de presupuesto 5D) que mejoren el desempeño de las labores constructivas definidas en el cronograma y costos, para optimizar su ejecución según lo planeado.

j) Donde sea aplicable de forma concertada con la Interventoría, para la Etapa de Preconstrucción y Construcción, el Contratista deberá generar con cada unidad de ejecución entregada o conjuntos de sistemas, un video con recorrido virtual acompañado de hasta 30 imágenes fotorrealistas/panorámicas/fotos 3D, con realidad virtual y/o aumentada según el caso, de calidad y alcance aceptable para la EMPRESA METRO DE MEDELLÍN. Esto mismo aplicará, para el Proyecto completo cuando sea finalizado.

k) El Contratista deberá generar los planos y modelos de obra construida (“As Built”) con calidad y fidelidad, como requisito previo a la entrega final de cada unidad de ejecución o conjunto de sistemas, para la revisión y concepto de no objeción por la Interventoría.

l) El Contratista deberá contar con los equipos de cómputo idóneos (se recomiendan computadores tipo “estaciones de trabajo”) que permitan manejar adecuadamente los modelos BIM.

m) Integrar los modelos BIM y sus componentes en la plataforma Infraworks, con la finalidad de ver la interacción geoespacial a nivel urbanístico en el entorno de ciudad, de cada uno de los componentes del Proyecto en sus diferentes disciplinas, incluida si es del caso la interacción con las capas de información del Proyecto y sus bases de datos en el software ArcGIS.

- **Plan de ejecución BIM (PEB)**

- a) Tan pronto como sea posible y no más allá del término de 30 días calendario después del inicio del contrato, si aplica, todos los Participantes del Proyecto se reunirán, deliberarán, y pondrán de su parte para llegar a un acuerdo sobre los términos o modificaciones del Plan de Ejecución BIM elaborado por el Contratista. Cuando se llegue a un acuerdo y con el concepto de no objeción de la Interventoría, el Plan de Ejecución BIM será parte integral del presente Apéndice Técnico.
- b) A menos que sea acordado algo distinto, el Profesional ó coordinador BIM de la Interventoría agendará y liderará tales reuniones con el personal BIM del Contratista.
- c) El Contratista deberá notificar y concertar oportunamente con la Interventoría cambios el PEB, según la dinámica del Proyecto.

- **Derechos de propiedad intelectual de los modelos BIM**

- a) Cada Parte garantiza a las todas las Partes del Contrato que, está licenciada o se encuentra autorizada por el titular de los derechos de esa Contribución, para realizar aportes al modelo bajo los términos del presente Apéndice, así como del Plan de Ejecución BIM.
- b) La Empresa Metro de Medellín como dueña del Proyecto, será también dueña de las contribuciones del Contratista.
- c) El derecho de la EMPRESA METRO DE MEDELLÍN a usar el Modelo BIM Publicado posterior a la finalización del Proyecto solamente podrá ser regido por el Contrato entre la EMPRESA METRO DE MEDELLÍN y el Contratista.
- d) Nada en el presente apéndice concederá algún derecho a una Parte para usar una parte o el total de la Contribución de otra Parte para algún propósito más allá de las funciones del Participante del Proyecto en este Proyecto a menos que sea expresamente establecido en el Contrato o en el presente Apéndice.

- **Gestión de metodología**

- a) El Contratista deberá cumplir con el diligenciamiento mensual del formato de evaluación de usos BIM, para el concepto de no objeción mediante informe, con su respectiva sustentación a la Interventoría y la EMPRESA METRO DE MEDELLÍN.
- b) El Contratista deberá proporcionar a la Interventoría los insumos necesarios para la generación y alimentación de los indicadores BIM del Proyecto, con los cuales se medirá el progreso, se detectarán oportunidades de mejora y se visualizarán mejor los beneficios reales de la metodología.
- c) El Contratista deberá asegurar la cantidad y calidad del personal con conocimientos CADD/BIM, que permita cumplir con los compromisos contractuales.

d) El Contratista deberá asegurar el cargue oportuno, calidad y disponibilidad de la información en el CDE (Entorno Común de Datos) que será suministrado por La EMPRESA METRO DE MEDELLÍN, según el listado de entregables definido.

según el listado de entregables definido.

## **b) REQUERIMIENTOS PROPUESTOS PARA LA INTERVENTORÍA** **(Supervisor del Proyecto)**

### **1. NORMATIVIDAD**

Para el control y la comprensión de los conceptos y entregables solicitados, la Interventoría deberá conocer y velar por la aplicación de la Ley Aplicable y las siguientes normas:

- Norma BIM oficial NTC-ISO 19650-1:2021 y 19650-2:2021. <https://tienda.icontec.org/>
- El “Estándar BIM para proyectos públicos” como referente principal, desarrollado por el equipo de PlanBIM Chile bajo CC-BY-NC-4.0, de libre consulta y descarga en la siguiente dirección: <https://planbim.cl/biblioteca/documentos/>.
- Conjunto de documentos incluidos en el BIM KIT 1 y 2, desarrollados por equipo de BIMFORUM Colombia, de libre consulta y descarga en la siguiente dirección: <https://camacol.co/documentos-bim-forum-colombia>.

### **2. OBJETIVO**

La Interventoría deberá cumplir con la revisión y emisión de su concepto de no objeción a cada uno de los entregables establecidos para la metodología BIM a implementar por el Contratista, de acuerdo con lo exigido en el Contrato Principal. La Interventoría deberá regirse, según lo dispuesto en este Apéndice y el Plan de Ejecución BIM con toda su documentación anexa, aplicable a la información generada en cada una de las Etapas del Proyecto, con el fin de asegurar las buenas prácticas y su correcta aplicación, que permita apoyar y mejorar aspectos como: programación, indicadores, gestión documental, control presupuestal, avance de obra, informes, control de calidad, comunicaciones, coordinación multidisciplinaria de redes, interfaces, indicadores, SST, ambiental, social, simulaciones de ingeniería, constructivas y logísticas, información de obra construida “as built”, pruebas, inspección, recibo y liquidación del Proyecto.

### **3. ENTREGABLES BIM**

El presente documento describe los entregables vinculados a BIM que la Interventoría deberá velar porque el Contratista los suministre en la ejecución del Contrato de acuerdo con requerido en al Apéndice Técnico 28 del Contrato Principal.

#### **3.1 Plan de ejecución BIM (PEB)**

La Interventoría deberá revisar (teniendo en cuenta los objetivos y usos BIM del Proyecto) y emitir su concepto de no objeción al Plan de Ejecución BIM (PEB) elaborado por el

Contratista, el cual será entregado por éste 30 Días Calendario después de la firma del Contrato.

### **3.2 Modelos BIM**

La Interventoría deberá controlar la correcta ejecución de los modelos BIM mínimos que el Contratista deberá desarrollar para el cumplimiento de los objetivos y los entregables BIM indicados en el Apéndice Técnico 28 del Contrato Principal.

### **3.3 Parámetros mínimos que deben incluirse en los modelos**

La Interventoría deberá concertar con el Contratista cuáles son los parámetros realmente aplicables para el Proyecto. Según la necesidad, es posible además que la EMM y/o Interventoría solicite más adelante la creación, modificación y/o asignación a los modelos de nuevos parámetros y su NDIs asignados, con la finalidad de aprovechar su uso, para tareas de coordinación, entrega y gestión de elementos en las etapas del Proyecto. Esto no representará costos o tiempo adicional para la EMM.

Se podrán revisar en detalle los parámetros específicos que aplican para cada entidad según lo indicado en las tablas de resumen por Tipo de Información (TDI), localizadas en el Apéndice Técnico 28 del Contrato Principal.

### **3.4 Entregas Y Formatos Modelos BIM**

La Interventoría deberá verificar que el Contratista realice las entregas y los modelos de acuerdo con el protocolo de gestión de la información definido en el Apéndice Técnico 30 del Contrato Principal, documento M80-ET-MTD-03 Metodología Gestión de la Información.

## **4. DOCUMENTACIÓN**

La Interventoría deberá revisar y asegurar que el Contratista entregue un Protocolo de gestión de la información, de acuerdo con lo definido en el Apéndice Técnico 30 del Contrato Principal, documento M80-ET-MTD-03 Metodología Gestión de la Información.

## **5. DEMÁS OBLIGACIONES**

La Interventoría deberá:

- a) Conocer y aplicar la normatividad BIM aplicable, según lo definido en al Apéndice Técnico 28 del Contrato Principal.

- b) Concertar con el Contratista, que sistemas ó unidades de ejecución tendrán modelación BIM.
- c) Velar por el cumplimiento del AT28 del Contrato Principal.
- d) Verificar que el PEB se encuentre actualizado, según la dinámica de cambios del Proyecto.
- e) Asegurar la cantidad y calidad del personal con sus roles con conocimientos CADD/BIM, que permita cumplir con los compromisos contractuales.
- f) Velar y controlar que el Contratista asegure el cargue oportuno, con calidad y disponibilidad de la información en el CDE (Entorno Común de Datos) que será suministrado por la EMM, según el listado de entregables definido.
- g) Proponer, generar y mantener los indicadores BIM del Proyecto aceptables para la EMM, que midan el desempeño, ahorros y ventajas de la aplicación de la metodología en el Proyecto, asociados a los usos y objetivos BIM definidos.
- h) Hacer el seguimiento y control de la calidad de los entregables BIM definidos en el PEB por el Contratista, mediante reuniones periódicas que deberá liderar y programar, con las actas respectivas.
- i) Realizar la auditoría de modelos correspondientes a las diferentes disciplinas del Proyecto, según los protocolos BIM establecidos, para garantizar que el funcionamiento y la construcción de las redes, la estructura, arquitectura, material rodante y demás componentes, redunde en una buena articulación de los diseños. En caso de que se evidencien interferencias entre los diferentes sistemas ó interfaces diseñados, el Interventor deberá realizar todas las recomendaciones necesarias al Contratista, hasta que se eliminen y de este modo se reduzcan al máximo posible inconvenientes durante la etapa de construcción.
- j) Asegurar que el Contratista haga un uso de los aplicativos de modelación y diseño definidos en el PEB y compatibles con la infraestructura de software de la EMM.
- k) Utilizar la versión y formatos de archivos de los aplicativos CADD/BIM definidos por la Empresa y verificar que el Contratista haga uso de esta misma versión.
- l) Revisar, verificar, conceptuar y dar su no objeción de los documentos que elabore el Contratista, cumpliendo con los protocolos definidos en el Apéndice Técnico 30 del Contrato Principal, documento M80-AT-MTD-03 Metodología de Gestión de la Información.
- m) Realizar reportes de avance, simulaciones y/o enlaces con aplicativos especializados (software de presupuesto, análisis, inteligencia de negocios, etc.) haciendo uso de los modelos entregados por el Contratista, que contribuyan a mejorar el desempeño de las labores constructivas definidas en el cronograma y costos, para optimizar su ejecución según lo planeado.
- n) La Interventoría deberá avalar que el Contratista cumpla con los Niveles de Información (NDI) requeridos en el Apéndice Técnico 28 del Contrato Principal.

o) La Interventoría deberá avalar que el Contratista cumpla con los tipos de información requeridos en el Apéndice Técnico 28 de Contrato Principal para el desarrollo del Proyecto en todas sus etapas.