



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Cali

Plan de implementación de la metodología BIM en una empresa colombiana dedicada al diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales

Carolina Escobar García

Proyecto de grado entregado para obtener el título de
Magister en Ingeniería Civil

Dirigida por
Gustavo Escobar Marín

Pontificia Universidad Javeriana Cali
Facultad de Ingeniería y Ciencias
Maestría en Ingeniería Civil
Santiago de Cali

10 de noviembre 2025

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi querida madre, quien ha sido el motor y la inspiración de todos mis logros, por su amor incondicional y su ejemplo de fortaleza. A mis hermanos, por acompañarme siempre y brindarme su apoyo en cada paso de mi camino. A mis sobrinos y familia quienes con su energía y apoyo se han convertido en una fuente constante de motivación. Su presencia me recuerda cada día la importancia de perseverar, crecer y construir un futuro con dedicación y compromiso. A Pablo, por su paciencia, cariño y por todos los actos de amor que me impulsaron durante el desarrollo de este logro.

Agradecimientos

Agradezco profundamente a Dios, por brindarme la fortaleza, la sabiduría y las oportunidades necesarias para culminar con éxito esta etapa de mi vida. A mi director de tesis, por su invaluable orientación, por compartir generosamente sus conocimientos y por acompañarme con dedicación y paciencia en cada paso de este proceso investigativo. Extiendo mi gratitud a la empresa y a mis socios, por abrirme las puertas para desarrollar mis habilidades profesionales y permitirme aplicar los conocimientos adquiridos en la elaboración de este trabajo, contribuyendo así al crecimiento académico y técnico que representa esta tesis. Y a Antonio, por su colaboración y disposición de apoyo en la realización de este proyecto

Resumen

El presente trabajo de profundización examina la incorporación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en el ámbito de la infraestructura, con especial atención al diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en Colombia. Más que proponer un modelo genérico, la investigación buscó elaborar un plan de adopción ajustado a las condiciones particulares de una empresa privada —denominada aquí LA COMPAÑÍA, con el propósito de proteger tanto su estructura organizacional como su conocimiento técnico acumulado. En ese sentido, se plantea que la implementación de BIM podría representar una alternativa viable para que las pequeñas y medianas empresas nacionales optimicen sus procesos y logren una mayor eficiencia en el uso de recursos.

La metodología combinó un diagnóstico institucional detallado, basado en el instrumento de madurez BIM de la Universidad Estatal de Pensilvania, con el diseño de un plan de implementación sustentado en la norma ISO 19650 y en los lineamientos del BIM Forum Colombia. Dicho plan estableció una estructura organizativa clara, definió roles y formalizó protocolos de trabajo colaborativo en torno a un Common Data Environment (CDE). Su eficacia se analizó posteriormente a través de un caso de estudio centrado en el diseño de una PTAR, donde se compararon los procesos de coordinación y gestión de incidencias antes y después de aplicar los nuevos procedimientos.

El diagnóstico inicial mostró que La COMPAÑÍA presenta un nivel de madurez BIM del 46 %, lo que la sitúa como pionera dentro del sector de agua y saneamiento en el país. Esta condición representa una valiosa oportunidad para fortalecer sus procesos internos y consolidar su liderazgo, especialmente si se tiene en cuenta que, según estudios

recientes (Valentina et al., 2024; Carreño et al., 2023), la metodología BIM aún no ha sido ampliamente adoptada en este sector en el país.

El análisis también permitió identificar áreas clave de mejora, particularmente en las dimensiones de procesos y personal, la implementación de protocolos documentados, la coordinación interdisciplinaria del diseño, la trazabilidad de la información y el uso de indicadores clave de desempeño (KPI, por sus siglas en inglés). La aplicación del plan en el caso de estudio validó estas oportunidades, resaltando la necesidad de optimizar el uso del Entorno Común de Datos (CDE) y avanzar hacia la estandarización de procesos, con el fin de reducir reprocesos y minimizar tiempos adicionales en el modelado.

Los resultados más relevantes de este trabajo de profundización demuestran que, pese a las limitaciones iniciales, la aplicación de la metodología BIM aporta beneficios significativos en el desarrollo de proyectos de infraestructura. De acuerdo con estudios internacionales, la adopción de BIM ha permitido reducir errores de diseño hasta en un 30 % y acortar los plazos de ejecución en aproximadamente un 20 % (SpringerLink). Asimismo, investigaciones que integran metodologías Lean y BIM reportan disminuciones en los retrasos del orden del 25–35 % (iieta.org), y en esquemas fast-track se han registrado reducciones de reprocesos cercanas al 49 % (itcon.org).

En el contexto del presente trabajo, aplicado a un proyecto urbano de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) con alta complejidad en la coordinación de sistemas, se estima una posible reducción de errores en obra entre el 25 % y el 40 %, y un ahorro en tiempos de coordinación del 20 % al 30 %. Estas cifras han sido ajustadas a un rango conservador, considerando las particularidades del tipo de proyecto y del entorno colombiano.

Durante el proceso de implementación, se identificaron como usos prioritarios la estandarización de componentes (a través de librerías de familias anidadas en Revit) y la detección temprana de interferencias, ambos factores clave para mejorar la productividad y eficiencia del diseño.

En conclusión, la adopción de BIM en proyectos de PTAR no solo constituye una estrategia eficaz para mitigar riesgos y mejorar la calidad técnica del diseño, sino que también optimiza el uso de recursos. Además, se perfila como una herramienta estratégica para que las pequeñas y medianas empresas del país fortalezcan su capacidad operativa y se alineen con estándares internacionales de desempeño y competitividad.

Summary

This academic deepening work examines the implementation of Building Information Modeling (BIM) within the infrastructure sector, focusing on its application to Wastewater Treatment Plants (WWTPs) in Colombia. Rather than proposing a universal framework, the study sought to design a BIM adoption plan tailored to the specific conditions of a private company—referred to here as The Company—with the goal of safeguarding both its organizational structure and its accumulated technical knowledge. The findings suggest that BIM adoption could provide a viable path for small and medium-sized Colombian enterprises to streamline processes, optimize resources, and enhance overall efficiency.

The research combined a comprehensive organizational assessment—using the BIM maturity evaluation tool developed by Pennsylvania State University—with the design of an implementation plan aligned with ISO 19650 standards and the guidelines of BIM Forum Colombia. This plan established an organizational structure, defined clear roles, and formalized collaborative protocols around a Common Data Environment (CDE). Its practical outcomes were tested through a case study focused on the design of a WWTP, comparing coordination and issue management processes before and after implementation.

Initial findings showed that The Company reached a BIM maturity level of 46 %, positioning it as an early adopter within Colombia's water and sanitation sector. This emerging position represents a strategic opportunity to reinforce internal processes and consolidate leadership capacities, particularly since, as noted by Valentina et al. (2024) and Carreño et al. (2023), BIM adoption in this field remains limited in the country.

The analysis also identified key areas for improvement, particularly in the areas of processes and personnel, the implementation of documented protocols, interdisciplinary design coordination, information traceability, and the use of key performance indicators (KPIs). The application of the plan in the case study validated these opportunities, highlighting the need to optimize the use of the Common Data Environment (CDE) and to move toward process standardization in order to reduce rework and minimize additional modeling time.

The case study validated these insights: standardizing model components through Revit family libraries and implementing early clash detection proved decisive for enhancing design efficiency. Although progress is still ongoing, the results are promising. International evidence shows that BIM adoption can reduce design errors by up to 30 % and project durations by approximately 20 % (SpringerLink). Likewise, studies integrating Lean and BIM methodologies report delay reductions of 25–35 % (iicta.org), while fast-track schemes have achieved nearly 49 % reductions in rework (itcon.org).

In this particular case an urban WWTP project characterized by high coordination complexity estimated reductions in construction errors ranged between 25 % and 40 %, while coordination time savings reached 20–30 %. These estimates were intentionally adjusted to reflect the Colombian context and the scale of medium-sized infrastructure projects.

During the implementation process, component standardization (through libraries of nested families in Revit) and early clash detection were identified as priority uses, both of which are key factors in improving design productivity and efficiency.

Ultimately, this academic deepening work demonstrates that adopting BIM in WWTP projects not only improves design quality and risk management but also strengthens operational capacity. Beyond its technological scope, BIM emerges as a strategic tool for enabling Colombian companies to align with international standards of performance, efficiency, and competitiveness.

Contenido

1.	Introducción	12
1.1.	Justificación del estudio	13
1.2.	Objetivos generales y específicos	16
1.3.	Alcance y delimitación del estudio	19
1.4.	Enfoque metodológico: marco lógico	20
1.5.	Estructura del documento.....	22
2.	Marco técnico y procesos de gestión de la información BIM.....	25
2.1.	Jerarquía de la información en la ISO 19650.....	25
2.4.	Procesos actuales de desarrollo de proyectos.....	32
2.5.	Planteamiento metodológico de optimización mediante BIM	36
2.6.	Evaluación de la situación actual	38
3.	Formulación del Plan de Implementación BIM.....	40
3.1.	Definición de usos BIM prioritarios.....	41
3.2.	Entregables claves: EIR, BEP, TIDP, MIDP y RACI.....	43
3.3.	Flujo general de procesos y CDE propuesto	46
3.4.	Estándares mínimos: LOD 300, trazabilidad y bibliotecas	47
3.5.	Estructura de roles BIM en la empresa	48
3.6.	Estrategias de capacitación y adaptación organizacional.....	50
4.	Aplicación del plan BIM en un caso de estudio.....	52
4.1.	Descripción del proyecto y del modelo BIM aplicado.....	54
4.2.	Coordinación básica de disciplinas y hallazgos técnicos	57
4.2.1.	Metodología de coordinación	57
4.2.2.	Hallazgos técnicos relevantes	58
4.3.	Resultados organizacionales y lecciones aprendidas	61
5.	Conclusiones.....	65
5.1.	Respuesta al problema y cumplimiento de objetivos	66
5.2.	Hallazgos metodológicos y valor del enfoque aplicado.....	68
5.3.	Aporte y contribución del estudio	68
5.4.	Limitaciones del estudio y recomendaciones para futuras investigaciones	69
8.1.	Conclusión	70
9.	Bibliografía.....	73

10. Referencia de ilustraciones y tablas	74
11. Anexos	75

1. Introducción

El Modelado de Información para la Construcción (BIM, por sus siglas en inglés: Building Information Modeling) se ha consolidado a nivel internacional como un estándar esencial en la industria de la construcción. Esta metodología promueve la eficiencia mediante la trazabilidad de la información, el control de procesos y la comunicación efectiva entre los distintos actores que participan en el ciclo de vida de un proyecto. Países como Reino Unido, China y Estados Unidos han adoptado BIM de forma progresiva como política pública y como eje para la transformación digital del sector (Cheng & Lu, 2015).

En Colombia, la adopción de BIM también ha empezado a tomar forma. A través de la Estrategia Nacional BIM 2020–2026 (DPN & Minvivienda, 2020), liderada por el Departamento Nacional de Planeación (DNP) en el marco del Conpes 3975, el país busca fortalecer su competitividad en el ámbito de la infraestructura. Cabe resaltar que esta estrategia aplicará de manera obligatoria para los proyectos que contaran con financiación del Estado o con amplia participación de recursos públicos. En contraste, en el sector privado su adopción continúa siendo voluntaria, dependiendo de la iniciativa de cada empresa. No obstante, cuenta con el respaldo de actores gremiales como Camacol y con herramientas de apoyo como el BIMKIT (Camacol, 2020), que facilitan su implementación progresiva.

En Colombia, a pesar de los avances en la aplicación de la metodología BIM en sectores como la edificación y las grandes obras de infraestructura, su uso en proyectos de saneamiento, como las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), aún no ha sido sistematizado (Valentina et al., 2024; Carreño et al., 2023). Esto evidencia la

carencia de guías técnicas específicas y lineamientos adaptados a la complejidad particular de este tipo de proyectos.

Este caso de estudio representa una aproximación a la implementación de BIM en una empresa colombiana especializada en el desarrollo de plantas de tratamiento de aguas residuales. Este trabajo no solo propone un plan de adopción a nivel organizacional, sino que además lo aplica parcialmente a un proyecto como caso de estudio mediante modelado hasta LOD 300 (Level of development), con un alcance enfocado en la coordinación interdisciplinar. El objetivo es mejorar los procesos de diseño entre especialidades, anticipar posibles interferencias y contribuir a una gestión más eficiente y planificada de las etapas constructivas futuras.

1.1. Justificación del estudio

El Building Information Modeling (BIM) representa más que una herramienta técnica: es una metodología que transforma profundamente la manera en que se conciben, diseñan y gestionan los proyectos de construcción. Según la norma ISO 19650-1 (2018), su implementación permite consolidar la información en un modelo digital centralizado, lo que mejora la trazabilidad, reduce interferencias y optimiza la coordinación entre disciplinas durante todo el ciclo de vida de un proyecto. Estas capacidades son especialmente relevantes en proyectos complejos como las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), donde intervienen múltiples especialidades técnicas y se requiere un alto nivel de integración de datos (Kankanamge & Ruparathna, 2024).

En el contexto colombiano, la Estrategia Nacional BIM 2020–2026, liderada por el Departamento Nacional de Planeación y el Ministerio de Vivienda (DPN & Minvivienda, 2020), ha establecido lineamientos para la adopción progresiva del BIM en

proyectos de obra pública. Sin embargo, como señalan Carreño et al. (2023), estos esfuerzos aún están centrados en la contratación estatal y no se han extendido de forma específica al sector del saneamiento, particularmente a las PTAR. Esta falta de lineamientos genera dificultades en la estandarización, interoperabilidad y gestión de la información técnica, lo cual se traduce en reprocesos frecuentes, baja trazabilidad y escasa anticipación de conflictos durante el diseño.

Además, estudios recientes como el de Valentina, Peña, Marcela y Andrade (2024) evidencian que la implementación de BIM en proyectos de infraestructura en Colombia ha sido fragmentaria y se enfrenta a limitaciones metodológicas y organizacionales importantes. En el caso de empresas del sector sanitario, no existen guías, experiencias documentadas ni protocolos adaptados que orienten la adopción efectiva de esta metodología. La Encuesta Nacional BIM 2023 (Camacol, 2023) respalda esta afirmación al mostrar que muchas organizaciones aún carecen de estructuras internas, roles definidos y procesos claros para iniciar la transición hacia modelos de gestión digital.

En consecuencia, adoptar BIM en el contexto de las PTAR no solo requiere conocimientos técnicos, sino también una estrategia institucional adaptada a la realidad operativa de las organizaciones. Como señalan Aguilar Zavaleta (2024) y Martins et al. (2022) uno de los principales desafíos en América Latina para la implementación efectiva de BIM está relacionado con la falta de alineación entre las capacidades internas de las empresas y los requerimientos del proceso de transformación digital.

Este caso de estudio se plantea como una primera aproximación estructurada a ese desafío. A través del diagnóstico organizacional, la formulación de un plan de

implementación BIM basado en la norma ISO 19650 y su aplicación parcial en el presente caso de estudio hasta LOD 300. El estudio busca demostrar desde la práctica la viabilidad de esta metodología en el contexto local. Para ello, se emplea el enfoque del marco lógico, el cual permite vincular de manera directa el problema central con sus causas, efectos, objetivos y estrategias, facilitando así una ruta clara de intervención.

El valor de esta propuesta radica en su enfoque aplicado, escalable y realista. En lugar de plantear una implementación integral desde el inicio, se delimita estratégicamente el alcance a las fases de diseño y coordinación técnica, facilitando una adopción progresiva. Para ello, se proponen estructuras mínimas para los entregables clave, tales como los Requisitos de Información de la Organización (OIR, Organizational Information Requirements), los Requisitos de Información del Activo (AIR, Asset Information Requirements), los Requisitos de Intercambio de Información (EIR, Exchange Information Requirements) y el Plan de Ejecución BIM (BEP, BIM Execution Plan), además de una simulación de la gestión de información en un Entorno Común de Datos (CDE, Common Data Environment).

Con esta estrategia, se busca no solo brindar a LA COMPAÑÍA una herramienta concreta para fortalecer el desarrollo de sus diseños, sino también generar un modelo de referencia útil para otras organizaciones del sector. Así, se promueve una transición hacia la metodología BIM de forma gradual, sostenible y alineada con las capacidades reales de cada empresa.

1.2. Objetivos generales y específicos

El presente trabajo surge de la necesidad de aumentar su eficiencia operativa y competitividad en el mercado. Esta iniciativa se enfrenta a un vacío identificado en el contexto colombiano: la ausencia de metodologías, lineamientos técnicos y experiencias sistematizadas que orienten la implementación de la metodología BIM en proyectos de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). Según Carreño, Llempén y Muñoz (2023), esta situación ha limitado el desarrollo de políticas técnicas adaptadas al sector del saneamiento, a pesar de los esfuerzos realizados en el marco de la Estrategia Nacional BIM 2020–2026. A su vez, Kankanamge y Ruparathna (2024) subrayan que la aplicación de BIM en infraestructura sanitaria enfrenta desafíos significativos de interoperabilidad y coordinación técnica, especialmente en países en desarrollo donde la madurez digital es aún incipiente.

Como se dijo anteriormente en Colombia, tal como lo evidencia la Encuesta Nacional BIM 2023 realizada por Camacol, la mayoría de las empresas del sector construcción carecen de estructuras organizativas con roles claramente definidos, lo que dificulta la adopción efectiva de modelos colaborativos. Este hallazgo coincide con lo planteado por Valentina Peña, Marcela Reyes y Andrade (2024), quienes identifican que uno de los principales obstáculos para la implementación de BIM en proyectos públicos y privados, es precisamente la falta de alineación entre las capacidades internas de las organizaciones y las exigencias técnicas del proceso. Aguilar Zavaleta (2024), por su parte, sostiene que las barreras para la adopción de BIM en proyectos sanitarios también incluyen la ausencia de flujos de trabajo definidos y la carencia de protocolos técnicos adaptados a las particularidades del sector.

Además, como indican Martins, Silva y Teixeira (2022), en América Latina aún son escasos los estudios de caso que documenten de manera estructurada la aplicación parcial o total de BIM en proyectos de infraestructura hidráulica. En particular, no se han encontrado experiencias publicadas sobre el uso de esta metodología en el diseño de PTAR en Colombia, lo cual evidencia un vacío tanto técnico como académico que esta investigación busca comenzar a cerrar.

A partir de estos hallazgos se estructuró un árbol de problemas que identifica tres causas principales: i) integración parcial del BIM en los procesos de planificación estratégica de la organización, ii) ausencia de procesos y lineamientos técnicos adaptados a la ISO 19650 y iii) Implementación BIM de manera informal que no permite la validación y la evaluación de impactos estructurada a la metodología. En respuesta, se formulan un objetivo general y tres objetivos específicos, orientados a abordar cada una de estas causas mediante un enfoque progresivo, realista y aplicado.

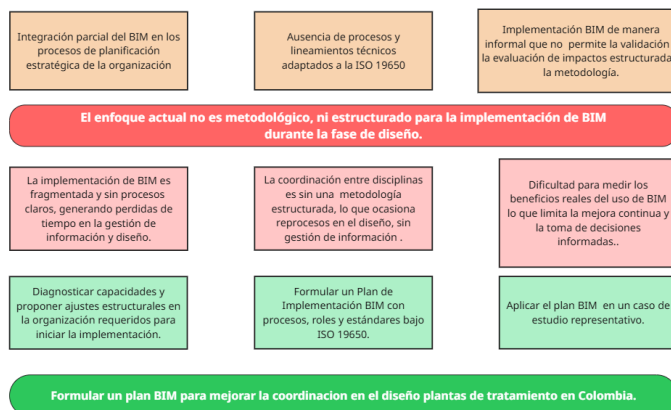


Ilustración 1 Árbol de problemas y objetivos para la implementación de la metodología BIM en plantas de tratamiento de aguas residuales en Colombia. La figura muestra las causas, efectos y alternativas de solución que fundamentan la formulación de un plan BIM. Fuente propia

Problema general

En Colombia no se evidencian metodologías documentadas ni experiencias sistematizadas de implementación BIM adaptadas al diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales, lo que genera vacíos técnicos, organizacionales y normativos que dificultan la adopción efectiva de esta metodología en el sector.

Objetivo general:

Formular un plan de adopción de la metodología BIM hasta LOD 300, adaptado a una empresa colombiana dedicada al diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales, con el fin de mejorar la coordinación técnica, optimizar la trazabilidad de la información y fortalecer la eficiencia en el desarrollo del diseño interdisciplinar.

Subproblemas y objetivos específicos

Subproblema 1:

Como lo señala la Encuesta Nacional BIM 2023 (Camacol), muchas organizaciones del sector no cuentan con estructuras internas, procesos definidos ni roles claros para liderar procesos BIM. Esta situación genera limitaciones significativas para iniciar una implementación progresiva y sostenible de la metodología.

Objetivo específico 1: Diagnosticar

Identificar las capacidades organizacionales y proponer ajustes estructurales y funcionales que permitan iniciar la implementación progresiva de BIM en LA COMPAÑIA estudiada.

Subproblema 2:

De acuerdo con Aguilar Zavaleta (2024), uno de los retos persistentes en los proyectos de la ingeniería sanitaria es la ausencia de lineamientos técnicos específicos, protocolos de

trabajo y modelos de entrega adaptados al sector. Esto impide establecer una aplicación sistemática y confiable de BIM en proyectos de PTAR.

Objetivo específico 2:

Formular un plan BIM con procesos, flujos de información y estándares mínimos adaptados a las condiciones técnicas y operativas de LA COMPAÑIA.

Subproblema 3:

Como advierten Valentina Peña et al. (2024) y Martins et al. (2022), no se han documentado experiencias de validación práctica de la metodología BIM en proyectos del sector de agua y saneamiento en el contexto colombiano, lo que dificulta la evaluación de su impacto en el desarrollo de los proyectos.

Objetivo específico 3: Aplicar

Poner en práctica el plan de implementación de metodología en un caso de estudio modelado hasta LOD 300 y evaluar sus resultados en términos de coordinación, desempeño y beneficios.

1.3. Alcance y delimitación del estudio

Este estudio se enmarca en una aproximación metodológica y aplicada para la adopción progresiva del BIM en el contexto colombiano, específicamente en una empresa dedicada al diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR). Su alcance abarca tres niveles complementarios: diagnóstico organizacional, formulación de un plan de implementación BIM y aplicación mediante un caso de estudio.

En cuanto al nivel de desarrollo del modelo, el estudio se limita a la fase de diseño, con un alcance máximo de LOD 300, que permite evaluar la coordinación interdisciplinar y la generación de documentación técnica básica. No se abordan fases

constructivas, operativas ni de mantenimiento, ni se busca alcanzar niveles de definición más avanzados (LOD 350 o superiores).

Desde el punto de vista organizacional, el trabajo no plantea una transformación integral, sino que propone una estructura básica y gradual que permita iniciar la adopción de BIM y sus herramientas dentro de las capacidades actuales de LA COMPAÑIA. Para ello, se desarrollan propuestas preliminares de estructura de roles, flujos de trabajo y entregables claves, alineadas con los conceptos y fundamentos de la norma ISO 19650 la cual provee el marco para utilizar el BIM dentro de una gestión de la información de los activos construidos.

Estas propuestas incluyen versiones preliminares y funcionales de documentos como Requisitos de Información de la Organización (OIR), los Requisitos de Información del Activo (AIR), los Requisitos de Intercambio de Información (EIR) y el Plan de Ejecución BIM (BEP), los cuales se estructuran como plantillas aplicables al contexto del caso.

La validación práctica del plan se realiza mediante la aplicación del enfoque propuesto en un caso de estudio perteneciente a LA COMPAÑIA. Este proyecto representa una tipología de planta de tratamiento y permite modelar, coordinar y evaluar aspectos técnicos clave en condiciones reales. La evaluación se limita a indicadores de desempeño (KPI, por sus siglas en inglés: Key Performance Indicator) técnico y organizacional.

1.4. Enfoque metodológico: marco lógico

El presente caso de estudio adopta como enfoque metodológico el marco lógico, una herramienta ampliamente utilizada para la planificación, formulación y evaluación de

proyectos, especialmente en contextos donde se requiere establecer relaciones claras entre un problema identificado, sus causas, los objetivos de solución y las estrategias de intervención (Comisión Europea, 1993; BID, 2008). Esta metodología es útil no solo para gestionar proyectos, sino también para estructurar diagnósticos metodológicos, como es el caso de la adopción progresiva de metodologías BIM en organizaciones que aún no cuentan con procesos formales o experiencias previas.

En este estudio, el marco lógico ha permitido descomponer un problema general: la ausencia de metodologías BIM adaptadas al diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales en Colombia y sus tres causas estructurales anteriormente mencionadas. A partir de estas causas se formularon tres objetivos específicos, orientados a proponer soluciones viables desde el ámbito organizacional, metodológico y aplicado.

Esta correspondencia se representó a través de un árbol de problemas y su respectivo árbol de objetivos, lo cual permitió establecer una secuencia lógica para el desarrollo de la investigación. Cada objetivo específico se relaciona con un capítulo del cuerpo del documento, lo que facilita la trazabilidad entre el diagnóstico, la propuesta y la validación. Esta forma de estructuración es coherente con lo que la literatura denomina una planificación orientada a resultados (GTZ, 2004).

Asimismo, el marco lógico ha servido para definir el alcance realista del estudio, evitando enfoques excesivamente amplios o inabarcables en el contexto de una tesis de maestría. En lugar de intentar una implementación integral de BIM, se propone un modelo contextualizado, que incluye el desarrollo de entregables mínimos (OIR, AIR, EIR, BEP) y su aplicación en el caso de estudio con modelado hasta LOD 300.

Finalmente, el enfoque metodológico adoptado permite no sólo justificar teóricamente la propuesta, sino también evaluar su viabilidad en términos de coordinación técnica, desempeño organizacional y beneficios observables. Así, el marco lógico proporciona una base sólida para argumentar, estructurar y validar este caso de estudio desde una perspectiva orientada a la profundización del tema.

1.5. Estructura del documento

Este trabajo académico se organiza en cinco capítulos principales que reflejan de forma coherente la metodología adoptada y los objetivos específicos propuestos. La estructura del documento avanza de manera progresiva, desde el diagnóstico inicial de la organización hasta la validación práctica del plan de implementación BIM, combinando la reflexión teórica con la aplicación práctica dentro de un marco realista de transformación institucional.

El capítulo 1 introduce el contexto general del estudio. Presenta la justificación de la investigación, los objetivos generales y específicos, así como el alcance y delimitación del trabajo. Además, expone el enfoque metodológico basado en el marco lógico, que orienta la secuencia de análisis y aplicación, y explica la estructura general del documento. Este primer capítulo cumple la función de situar el problema, definir el propósito del estudio y establecer las bases conceptuales y metodológicas que guían el desarrollo del proyecto.

El capítulo 2 aborda el diagnóstico organizacional de LA COMPAÑÍA respecto a la adopción de la metodología BIM. En él se realiza una caracterización institucional que permite identificar el nivel de madurez BIM, las capacidades técnicas y operativas actuales, así como las brechas existentes en los procesos, la gestión de información y la

estructura organizativa. Este diagnóstico constituye el punto de partida para justificar la necesidad de un plan de implementación estructurado y realista.

El capítulo 3 desarrolla la formulación del Plan de Implementación BIM, adaptado a las condiciones técnicas y operativas de LA COMPAÑÍA. Basado en los principios de la norma ISO 19650 y en los lineamientos de BIM Forum Colombia, el capítulo detalla los usos BIM prioritarios, los entregables fundamentales (OIR, AIR, EIR y BEP), la propuesta del Entorno Común de Datos (CDE) y la estructura de roles y responsabilidades. Su propósito es presentar un modelo funcional, escalable y aplicable que permita guiar la adopción progresiva de la metodología en los proyectos de la organización.

El capítulo 4 presenta la aplicación práctica del plan BIM en un proyecto real de LA COMPAÑÍA, correspondiente al diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). Se describe el proceso de modelado hasta un nivel de desarrollo LOD 300, la coordinación interdisciplinaria, la gestión de información mediante el CDE y la evaluación de los resultados obtenidos. Este capítulo constituye la validación empírica de la propuesta, dentro de los límites establecidos por el alcance del estudio, y permite valorar los beneficios reales de la implementación.

Finalmente, el capítulo 5 reúne las conclusiones y recomendaciones del trabajo. En este cierre se sintetizan los hallazgos principales, se analiza el cumplimiento de los objetivos, y se discuten las implicaciones del estudio tanto a nivel organizacional como sectorial. Además, se reconocen las limitaciones del trabajo y se proponen líneas futuras de investigación que permitan ampliar o profundizar en los aspectos no abordados,

consolidando así una hoja de ruta para nuevas aplicaciones de la metodología BIM en el sector de saneamiento.

El documento se complementa con un conjunto de anexos técnicos, que incluyen las plantillas estructurales utilizadas (OIR, AIR, EIR y BEP), evidencias gráficas de los modelos desarrollados y esquemas de organización del Entorno Común de Datos (CDE).

Estos anexos no solo sirven como respaldo documental, sino también como referencia práctica para futuras implementaciones dentro y fuera de la organización. En la ilustración 2 se puede apreciar la relación entre los objetivos del estudio y la estructura de los capítulos, evidenciando la coherencia metodológica que guía el desarrollo del trabajo.

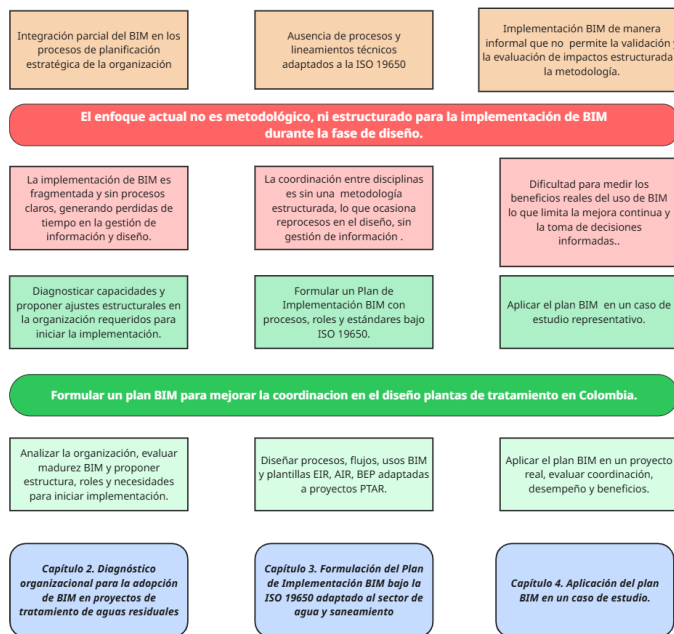


Ilustración 2 Esta investigación conecta el problema de la falta de una metodología BIM para el diseño de plantas de tratamiento con objetivos específicos y los capítulos de la tesis. Estos capítulos incluyen el diagnóstico, la formulación de un plan BIM basado en la norma ISO 19650 y su aplicación en un proyecto piloto para su validación. Fuente elaboración propia

2. Marco técnico y procesos de gestión de la información BIM

El presente capítulo se centra en la construcción del marco técnico y metodológico que fundamenta la implementación de la metodología BIM en LA COMPAÑIA objeto de estudio. Para ello, se parte de la revisión de la jerarquía de la información definida en la ISO 19650, la cual constituye un referente internacional en la gestión estructurada de datos a lo largo del ciclo de vida de los proyectos de construcción. Esta referencia normativa se complementa con la exposición del flujo general de gestión de la información, que traduce los requisitos estratégicos en procesos operativos dentro de un entorno colaborativo.

A continuación, se caracteriza el funcionamiento organizacional de la Compañía, destacando su modelo operativo basado en la combinación de un equipo base y especialistas externos. Esta descripción permite identificar fortalezas y oportunidades de mejora en los procesos actuales de desarrollo de proyectos. Finalmente, el capítulo plantea una propuesta metodológica de optimización mediante la incorporación progresiva de BIM, considerando la inclusión de nuevos roles, el mejoramiento su Entorno Común de Datos (CDE) y la definición de protocolos que aseguren la coherencia y trazabilidad de la información. En conjunto, los elementos aquí presentados constituyen la base conceptual para la formulación del Plan de Implementación BIM, que se desarrolla en el capítulo siguiente.

2.1. Jerarquía de la información en la ISO 19650

La serie de normas ISO 19650 se ha consolidado como referente internacional en la gestión de la información para proyectos de construcción bajo metodología BIM, ofreciendo un marco que articula los objetivos estratégicos de las organizaciones con los entregables técnicos de los proyectos. Este esquema no se limita a aspectos tecnológicos,

sino que propone una estructura jerárquica (ver ilustración 1) de información que asegura coherencia, trazabilidad y valor a lo largo de todo el ciclo de vida de los activos.

En primer lugar, se encuentran los Organizational Information Requirements (OIR), que expresan las necesidades de información a nivel corporativo. Estos requisitos orientan los objetivos estratégicos de la organización, vinculándolos con metas de sostenibilidad, eficiencia en la operación y rentabilidad. A partir de los OIR se derivan los Asset Information Requirements (AIR), los cuales definen la información esencial para la operación, el mantenimiento y la gestión de los activos físicos. De este modo, se garantiza que las decisiones tomadas durante las fases de diseño y construcción respondan de manera anticipada a los retos que se presentarán en la fase de explotación.

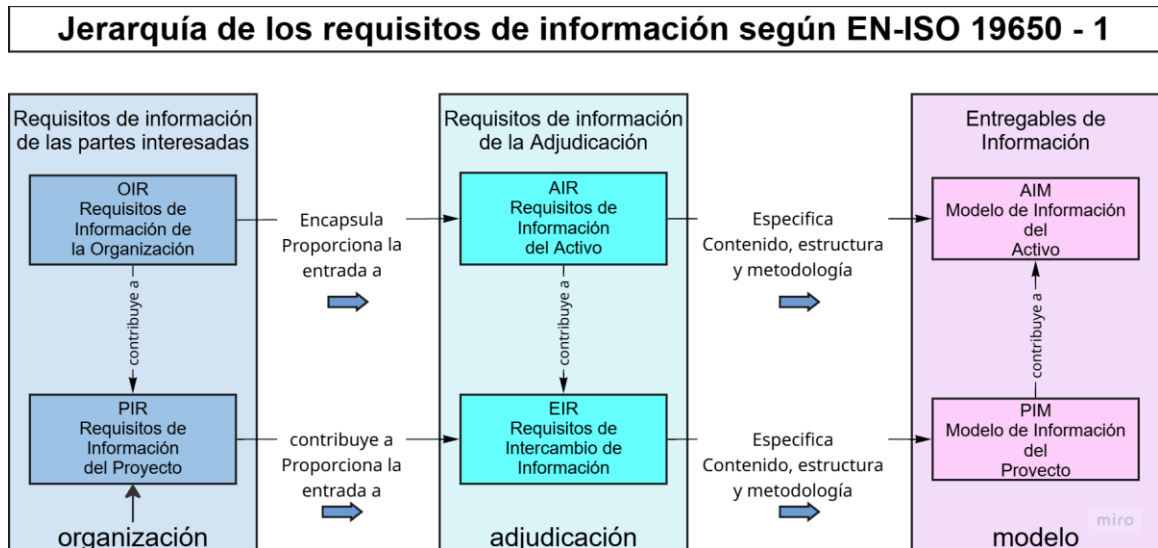


Ilustración 3 Jerarquía de los requisitos de información según ISO-19650-1 tomado de (Guía Práctica Sobre La Nueva EN-ISO 19650 de BuildingSMART Spain, n.d.)

Sobre esta base, se establecen los Project Information Requirements (PIR), que traducen las metas estratégicas y de gestión de activos en necesidades específicas para cada proyecto. Posteriormente, los Exchange Information Requirements (EIR) formalizan dichos requerimientos en un documento contractual, detallando los estándares, formatos,

plazos y entregables que deben cumplir los equipos de trabajo. Finalmente, la información es organizada y supervisada mediante el BIM Execution Plan (BEP), que describe protocolos, metodologías y responsabilidades, garantizando que los resultados se ajusten a lo estipulado en los EIR.

La jerarquía de la información planteada por la ISO 19650 refuerza la visión de que los proyectos no deben concebirse como hechos aislados, sino como parte de una estrategia integral de gestión de activos. Este enfoque asegura que los modelos digitales generados en las distintas fases mantengan su valor como fuente confiable de información, permitiendo a las organizaciones tomar decisiones fundamentadas y sostenibles en el tiempo.

2.2. Flujo general de gestión de la información

El marco de la ISO 19650 complementa la jerarquía de requisitos de información con un flujo operativo que organiza las actividades de los participantes a lo largo de las distintas fases de un proyecto (ver ilustración 4). Dicho flujo establece una secuencia que inicia con la definición de necesidades y culmina con la entrega y archivo de modelos en un Entorno Común de Datos (CDE), garantizando gobernanza, transparencia y trazabilidad en cada etapa.

Plan de implementación de la metodología BIM en una empresa colombiana dedicada al diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales

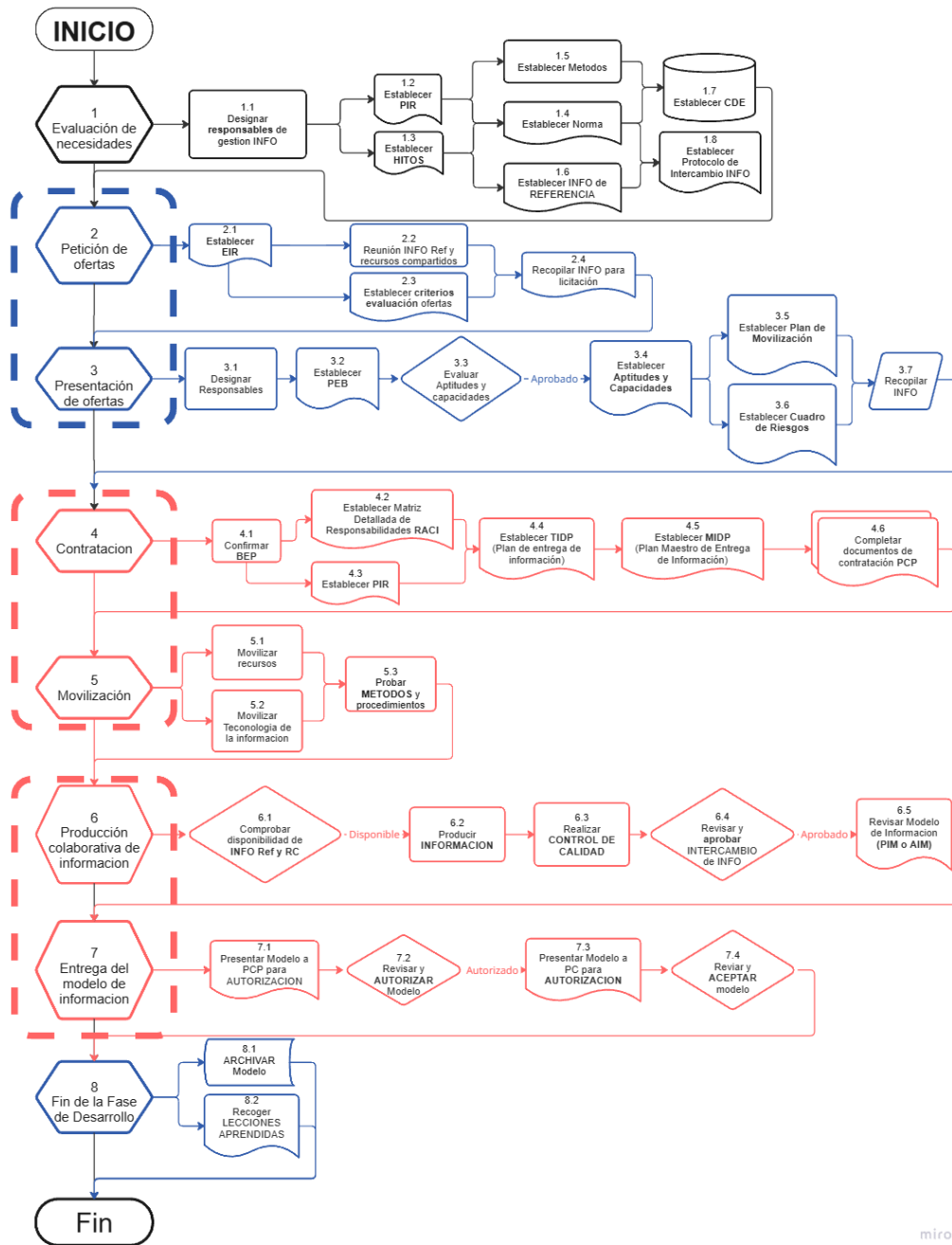


Ilustración 4 Flujo general de actividades para la gestión de la información según la serie ISO 19650. El esquema sintetiza las fases desde la definición de requisitos (OIR, AIR, PIR y EIR) hasta la entrega y archivo de modelos en un CDE, estructurando responsabilidades y procesos colaborativos. Adaptado de (Esquemático de La Norma ISO 19650 -2 BIM | AtBIM | Consultoría BIM, n.d.)

El proceso se inicia con la identificación y evaluación de las necesidades de información, momento en el cual se formulan los OIR y AIR de acuerdo con los objetivos estratégicos de la organización y los requerimientos operativos de sus activos. A partir de estos lineamientos se definen los EIR, que se convierten en el soporte documental que orienta la invitación a licitar y establece las condiciones técnicas para los futuros participantes.

En una segunda etapa, la fase de evaluación y adjudicación permite al cliente analizar comparativamente las propuestas y seleccionar al equipo más adecuado, formalizando con ello los compromisos contractuales y las responsabilidades de cada parte. Una vez adjudicado el proyecto, se da paso a la movilización, en la que se ajustan los protocolos de trabajo, se configuran las plataformas colaborativas y se garantiza la capacitación del personal que participará en la ejecución.

La producción colaborativa de la información constituye el núcleo del flujo de gestión: cada disciplina desarrolla sus modelos conforme a los estándares definidos, los comparte en el Entorno Común de Datos (CDE) y participa en procesos iterativos de revisión, control de calidad y aprobación. Este ciclo continuo asegura la coherencia y trazabilidad de los datos a lo largo de todo el proyecto.

Finalmente, la fase de entrega y cierre confirma que la información generada cumple con los requisitos establecidos en los EIR, ha sido verificada por las partes y queda archivada en el CDE, de modo que pueda emplearse posteriormente en las etapas de construcción, operación o mantenimiento.

En conjunto, este flujo de trabajo resulta esencial porque transforma la gestión de información en un proceso colaborativo y trazable, alejándola del intercambio aislado de

archivos. De esta manera, promueve una dinámica de coordinación más eficiente, eleva la calidad técnica de los proyectos y respalda la toma de decisiones fundamentada en datos confiables.

2.3. Funcionamiento organizacional de la empresa

La compañía objeto de estudio cuenta con más de treinta años de trayectoria en el diseño y construcción de Plantas de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) y de Aguas Residuales (PTAR). Su sede principal se encuentra en el departamento del Valle del Cauca, y a lo largo de su historia ha desarrollado proyectos en diversos sectores público, industrial, alimenticio y de la construcción, entre otros, consolidando una posición destacada en el mercado nacional de soluciones para el saneamiento ambiental.

El modelo operativo de LA COMPAÑÍA se basa en una estructura flexible y adaptable, comúnmente descrita como un “equipo tipo acordeón” (ver Ilustración 5). Este esquema combina un núcleo estable de profesionales con la posibilidad de ampliar su capacidad mediante la vinculación de especialistas externos, según la escala y la complejidad de cada proyecto. Tal enfoque le ha permitido mantener eficiencia en la gestión de recursos humanos y agilidad en la respuesta a las demandas del mercado. No obstante, esta misma flexibilidad también representa un desafío para la estandarización de procesos digitales colaborativos, debido a la constante variación de actores y a la ausencia de protocolos formales para la gestión de la información.

En cuanto a la distribución de funciones, la estructura de la empresa se ajusta dinámicamente al volumen y naturaleza de los proyectos en curso. LA COMPAÑÍA asume directamente los diseños de tratamiento, arquitectura y sistemas mecánicos, mientras que disciplinas como la estructural y otras especialidades son externalizadas, tal

como se ilustra en la Ilustración 6. En el ámbito digital, la organización dispone de un modelador interno y de un arquitecto con competencias en modelado BIM, complementados por especialistas externos y por un Coordinador BIM designado para cada proyecto.

Este diagnóstico organizacional evidencia tanto la experiencia acumulada como la necesidad de fortalecer las capacidades internas y establecer protocolos de gestión de la información comunes, que garanticen continuidad, trazabilidad y calidad en el desarrollo de los proyectos

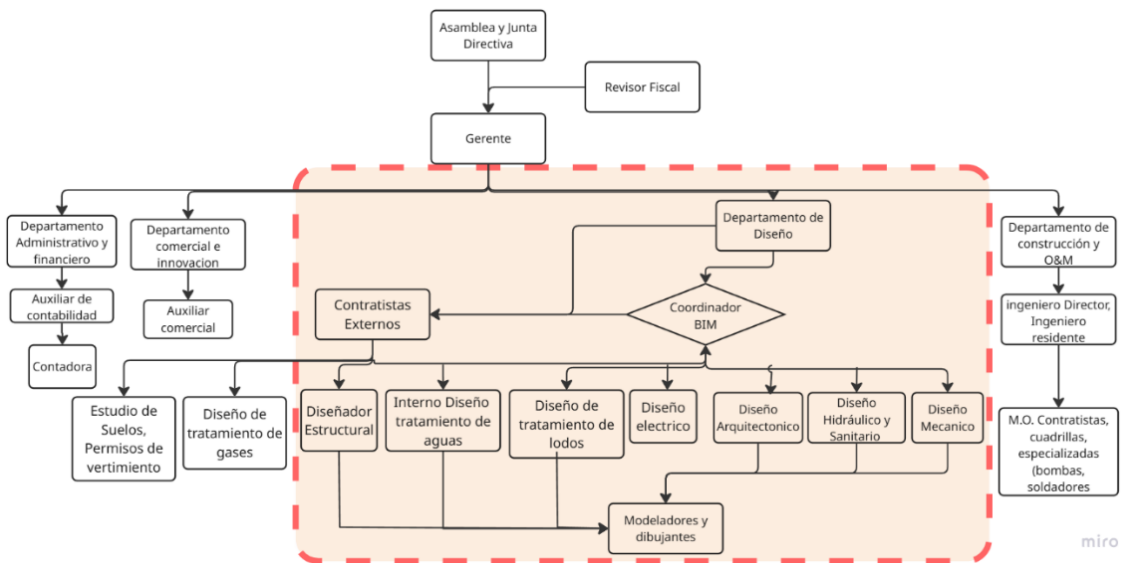


Ilustración 5 Esquema de la estructura organizacional de la Empresa bajo el modelo “equipo acordeón”. Se observa la combinación entre un núcleo de profesionales internos y la integración de especialistas externos según la demanda de cada proyecto. Fuente elaboración propia

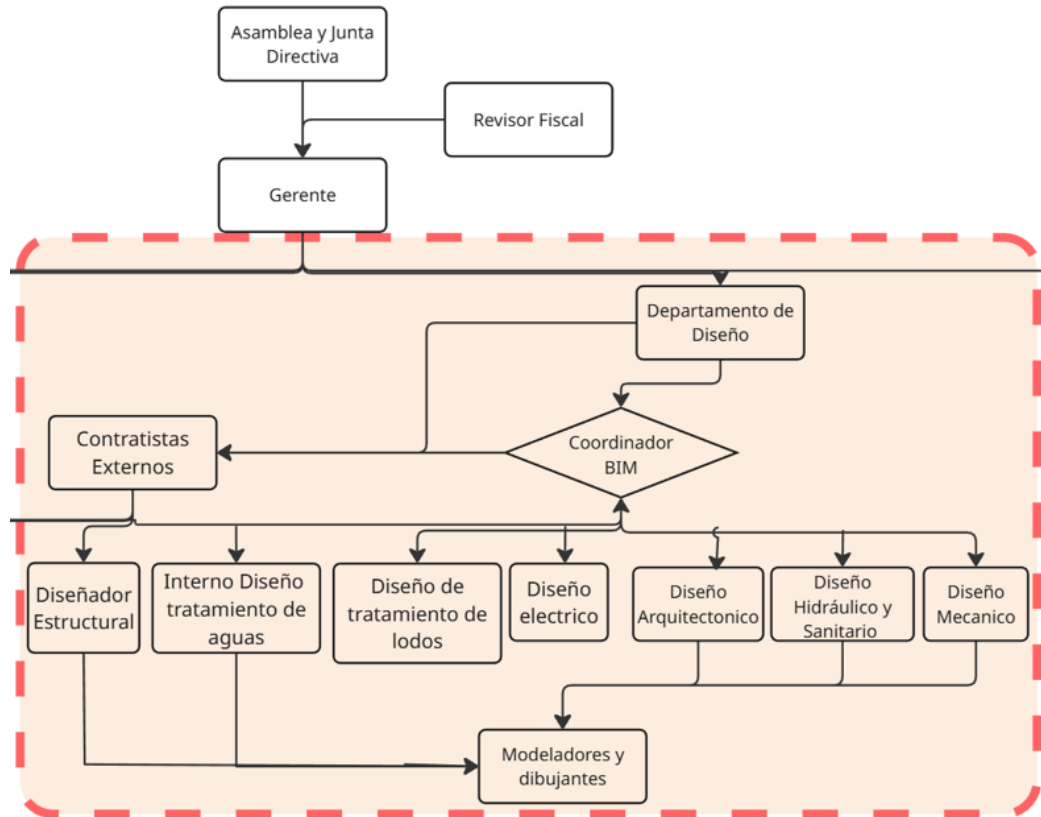


Ilustración 6 Ampliación de la ilustración 3 Área para modificar en la implementación BIM. Fuente elaboración propia

2.4. Procesos actuales de desarrollo de proyectos

En los últimos años, los procesos de desarrollo de proyectos en LA COMPAÑÍA han comenzado a incorporar gradualmente la metodología BIM (ver Ilustración 7), apoyándose principalmente en el uso de software como Revit, Trimble y otras herramientas afines.

Plan de implementación de la metodología BIM en una empresa colombiana dedicada al diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales

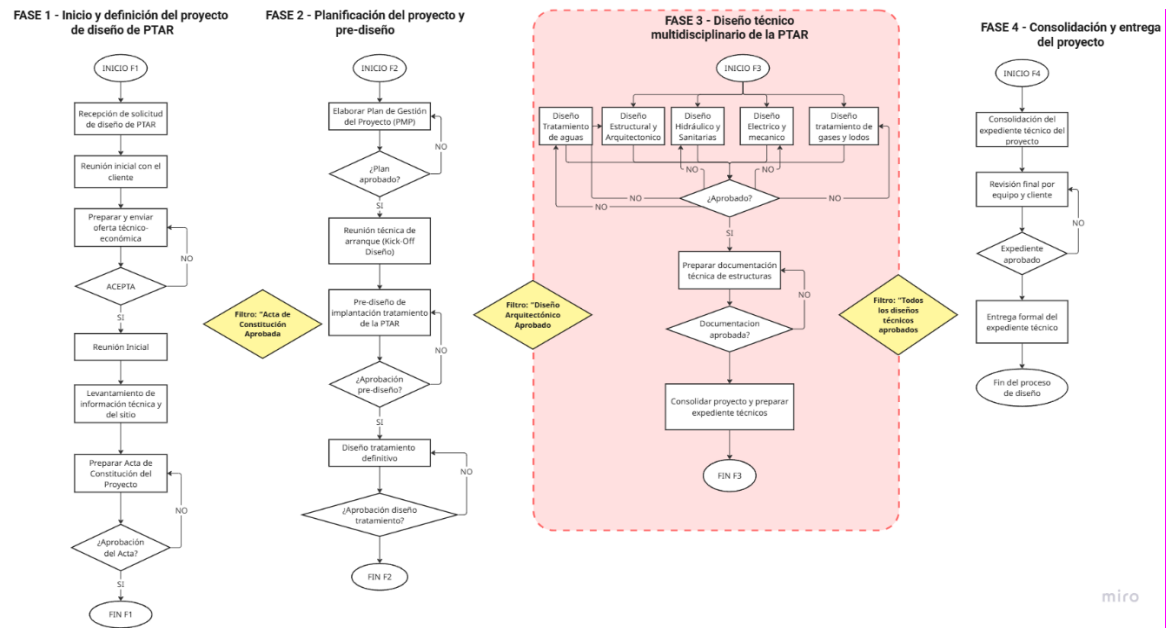


Ilustración 7 Representación esquemática de los procesos actuales de desarrollo de proyectos en la Empresa mediante metodologías tradicionales basadas en 2D. El flujo evidencia la producción fragmentada de entregables y la integración manual en fases avanzadas. Fuente elaboración propia

Esta incursión ha representado un avance importante hacia la digitalización de los procesos, aunque aún persisten dinámicas propias del modelo tradicional de trabajo.

El flujo de trabajo inicia habitualmente con un pre-diseño de tratamiento elaborado por el equipo interno, el cual sirve como base de referencia para las disciplinas complementarias estructural, hidráulica, eléctrica y mecánica. Sin embargo, estas se desarrollan de forma paralela y, en muchos casos, relativamente independiente, lo que con frecuencia da lugar a incompatibilidades que solo se detectan en fases avanzadas del diseño, cuando los ajustes resultan más costosos y afectan de manera directa los cronogramas del proyecto.

En el caso particular de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), se han identificado conflictos recurrentes, como interferencias entre tuberías de gran diámetro y elementos estructurales, o inconsistencias en la ubicación de equipos electromecánicos que requieren espacios distintos a los previstos originalmente.

La ausencia de un entorno centralizado de gestión de la información agrava estos problemas, ya que incrementa los riesgos de reprocesos y retrabajos, además de dificultar la integración de consultores externos que suelen operar con estándares propios. Aunque este esquema de trabajo ha demostrado ser funcional en proyectos anteriores, la creciente complejidad técnica y normativa del sector evidencia la necesidad de avanzar hacia metodologías que promuevan una integración digital más sólida, con procesos de coordinación multidisciplinaria y control de calidad desde las etapas iniciales del diseño.

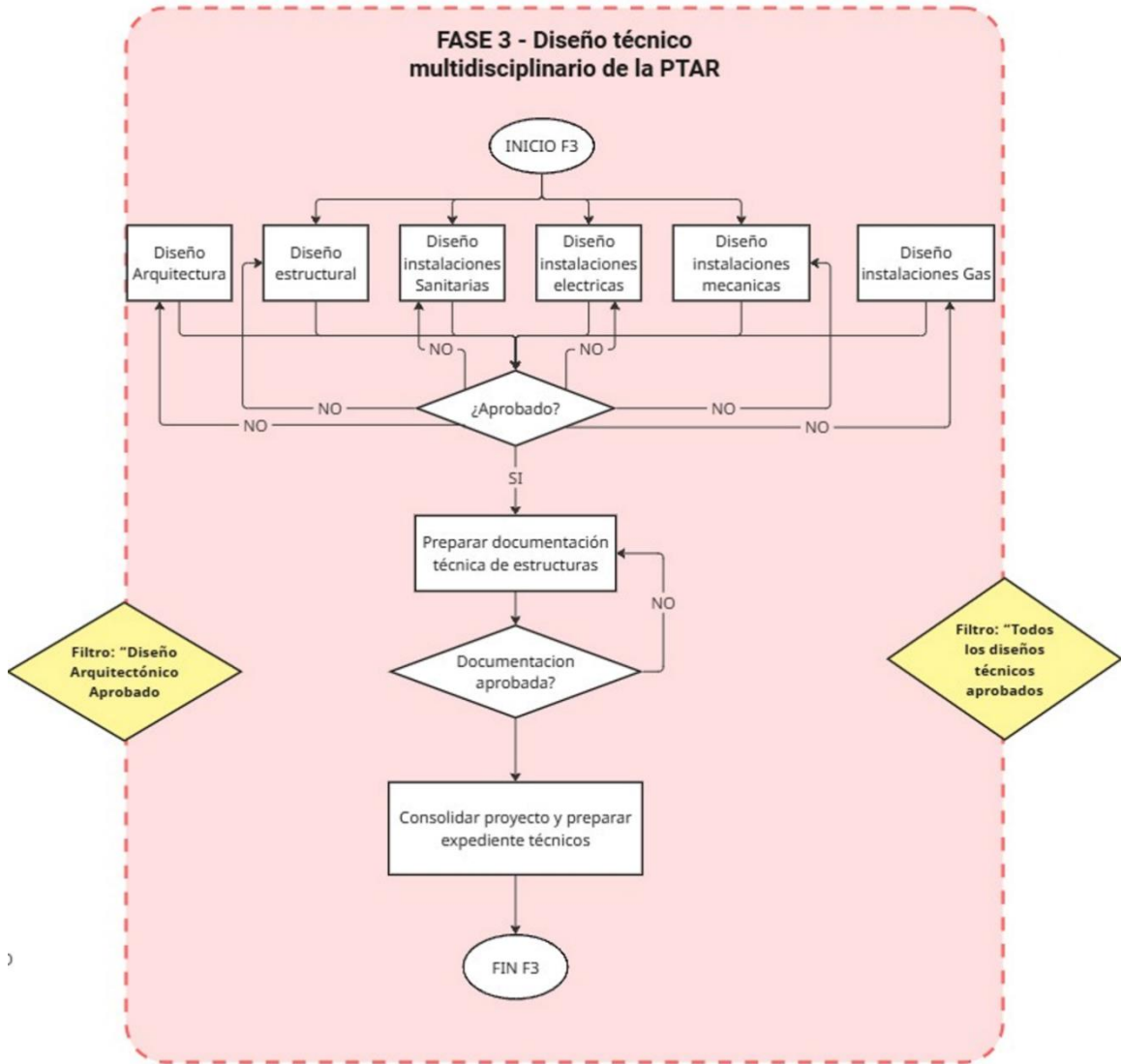


Ilustración 8. – Detalle del proceso de diseño a optimizar. Fuente elaboración propia

El flujo de trabajo inicia con un pre-diseño de tratamiento realizado por el equipo interno, que luego sirve de referencia para las disciplinas complementarias (estructural, hidráulica, eléctrica y mecánica). Estas se desarrollan en paralelo y de manera relativamente independiente, lo que con frecuencia genera incompatibilidades que solo son detectadas en fases tardías, cuando los ajustes son más costosos y repercuten negativamente en los cronogramas. En el caso de las PTAR, se han identificado conflictos recurrentes, como interferencias entre tuberías de gran diámetro y estructuras

portantes, o discrepancias en la disposición de equipos electromecánicos, que requieren espacios mayores o menores a los previstos inicialmente.

La ausencia de un entorno centralizado para la gestión de la información incrementa los riesgos de reprocesos y retrabajos, al tiempo que dificulta la incorporación de aliados externos, quienes suelen trabajar bajo sus propios estándares. Aunque este modelo ha resultado funcional, la creciente complejidad normativa y técnica del sector hace necesario adoptar metodologías que permitan una integración digital más robusta, con procesos de control de calidad y coordinación multidisciplinaria desde etapas tempranas.

2.5. Planteamiento metodológico de optimización mediante BIM

Con el propósito de superar las limitaciones inherentes a los procesos tradicionales, LA COMPAÑÍA proyecta la adopción progresiva de la metodología Building Information Modeling (BIM) como una estrategia integral de optimización en la gestión de sus proyectos. Esta iniciativa no se concibe únicamente como la incorporación de nuevas herramientas tecnológicas, sino como una transformación organizacional profunda que redefine la manera en que los proyectos son concebidos, coordinados y entregados. En otras palabras, se trata de un cambio cultural que busca fortalecer la colaboración, la trazabilidad de la información y la eficiencia en todas las fases del ciclo de vida del proyecto.

La metodología propuesta introduce roles clave dentro de la estructura operativa (ver Ilustración 9). El Gerente BIM asume la responsabilidad de garantizar la alineación estratégica, de modo que la implementación de BIM se articule con los objetivos corporativos y con la visión de crecimiento de LA COMPAÑÍA. Por su parte, el Coordinador BIM se convierte en el eje de la gestión de la información y en el principal

garante de la interoperabilidad entre disciplinas, asegurando la integración coherente de los modelos.

Los especialistas técnicos de cada disciplina desarrollan sus modelos siguiendo protocolos comunes y estándares previamente definidos, lo que permite mantener consistencia en la información generada. Todos los modelos se alojan en un Entorno Común de Datos (CDE), que actúa como repositorio central y espacio colaborativo para la revisión, el control de calidad y la detección temprana de interferencias, mediante el uso de herramientas como Navisworks, entre otras.

Este enfoque metodológico asegura que cada disciplina trabaje sobre la base del pre-diseño de tratamiento de aguas previamente validado, compartiendo sus avances para la federación en un modelo único y coordinado. El Coordinador BIM desempeña un papel esencial en este proceso, identificando conflictos y generando reportes gráficos que orientan las correcciones necesarias, repitiendo los ciclos de revisión hasta lograr un modelo multidisciplinario completamente integrado.

Más allá de reducir errores en obra, este esquema garantiza la trazabilidad y coherencia de la información a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto, y abre la posibilidad de incorporar estándares internacionales como COBie (Construction Operations Building Information Exchange) en etapas posteriores, fortaleciendo la gestión de los activos y su mantenimiento.

En síntesis, la implementación de BIM se plantea como una oportunidad estratégica para incrementar la competitividad de LA COMPAÑÍA, disminuir los costos derivados de reprocesos y establecer un marco metodológico sólido, alineado con las

mejores prácticas internacionales en materia de gestión digital y colaboración interdisciplinaria.

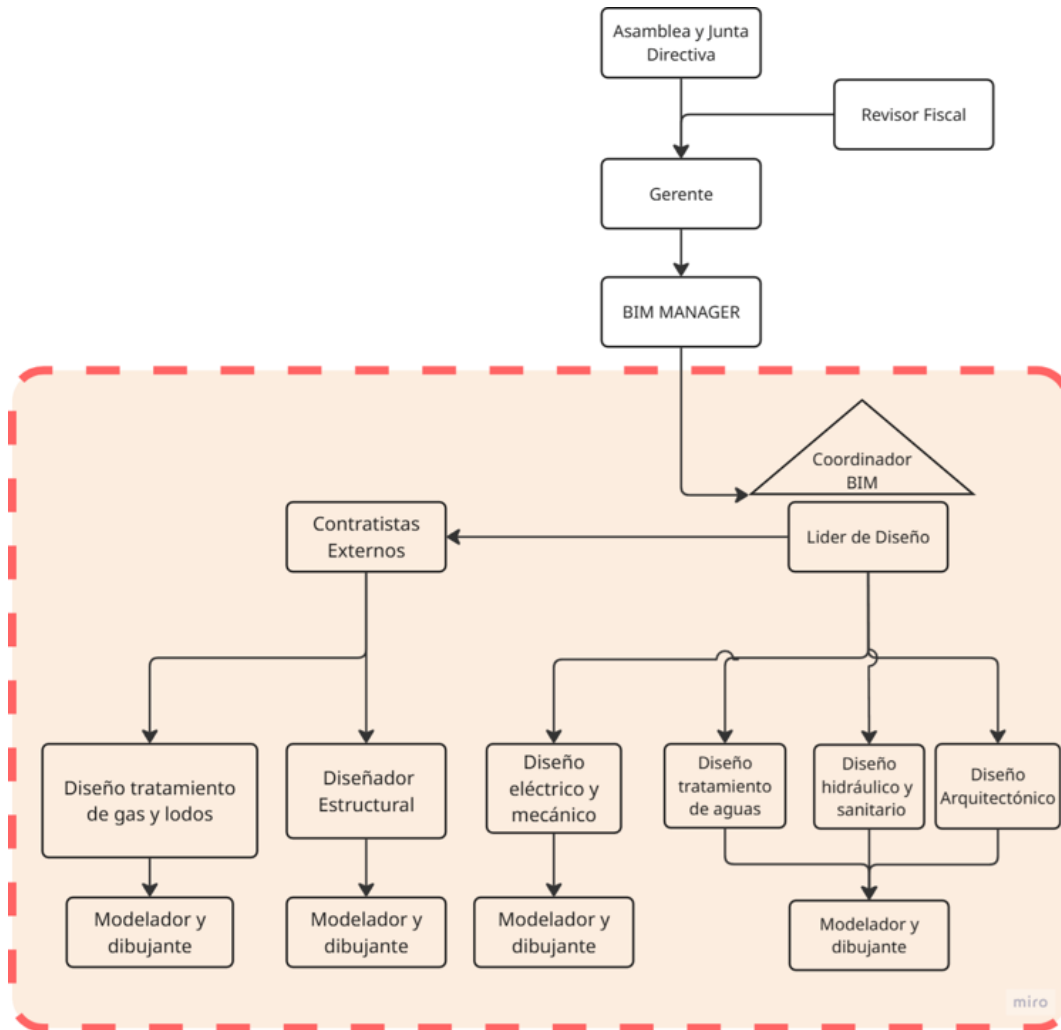


Ilustración 9 Propuesta de organización de la Empresa para la implementación de la metodología BIM. El esquema destaca la creación de nuevos roles (BIM Manager; Coordinador BIM y Líder de Diseño), así como la articulación de equipos internos y contratistas externos. Fuente elaboración propia

2.6. Evaluación de la situación actual

La evaluación del nivel actual de adopción de la metodología Building Information Modeling (BIM) en LA COMPAÑÍA se realizó mediante la aplicación de la matriz de madurez BIM desarrollada por la Universidad Estatal de Pensilvania (Penn

State University) (ver Anexo 7). Esta herramienta permite analizar de manera estructurada el grado de avance de una organización en la implementación de BIM, a partir de diferentes dimensiones relacionadas con la estrategia, los procesos, el talento humano, la infraestructura tecnológica y el manejo de la información.

La aplicación de la matriz permitió identificar que LA COMPAÑÍA presenta un nivel de madurez BIM del 46 %, lo cual refleja una etapa de desarrollo inicial pero definida, con fortalezas destacables en las áreas de tecnología y personal, y con oportunidades de mejora especialmente en los aspectos relacionados con procesos, estandarización y políticas internas. Estos resultados se sintetizan en la Tabla 1, donde se evidencia que la organización ha iniciado un proceso de integración digital, aunque aún carece de lineamientos formales que articulen la gestión de la información y la coordinación entre disciplinas.

En términos generales, los resultados sugieren que LA COMPAÑÍA ha logrado avances significativos en la adopción de herramientas tecnológicas y en la formación de su equipo técnico, pero aún requiere fortalecer su estructura organizativa y sus procedimientos de gestión de la información para consolidar una adopción integral de la metodología BIM.

Resultados Madurez BIM	
Elementos de Planeación BIM	Nivel Antes de aplicación BEP (%)
Estrategias	13
Usos BIM	4
Procesos	4
Información	5
Infraestructura	8
Talento Humano	12
Total	46

Tabla 1 Resultados de la evaluación de madurez BIM de LA COMPAÑÍA.

El análisis realizado pone en evidencia que la organización ha alcanzado una etapa definida dentro de su proceso de adopción BIM y cuenta con una base firme para continuar su evolución. Este panorama resalta la importancia de estructurar un Plan de Implementación BIM que consolide ese avance y lo encamine hacia una gestión más madura, alineada con referentes internacionales y con las buenas prácticas promovidas por la comunidad profesional.

3. Formulación del Plan de Implementación BIM

El presente capítulo expone la propuesta de implementación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en LA COMPAÑÍA, dedicada al diseño y construcción de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). La formulación se desarrolla a partir del diagnóstico organizacional descrito previamente, el cual evidenció la oportunidad de mejorar aún más la coordinación interdisciplinaria, la gestión documental y la estandarización de procesos.

En este sentido, se plantean los componentes fundamentales del plan de implementación, que incluyen la definición de usos BIM prioritarios, los entregables claves en materia de gestión de la información, el flujo general de procesos y la estructura

de un Entorno Común de Datos (CDE), los estándares mínimos aplicables al modelado, la definición de roles y responsabilidades, así como las estrategias de capacitación y adaptación organizacional. La estructura del capítulo responde a los lineamientos de la norma ISO 19650-1 (2018) y a las recomendaciones de guías internacionales de implementación BIM, adaptadas al contexto específico de los proyectos de tratamiento de aguas residuales en el Valle del Cauca.

3.1. Definición de usos BIM prioritarios

La identificación de los usos BIM prioritarios constituye el punto de partida para la implementación de la metodología, ya que permite establecer un marco de aplicación inicial ajustado a las necesidades de LA COMPAÑIA. Según la BIM Project Execution Planning Guide de Penn State (2013), los usos de BIM se definen como aplicaciones específicas del modelado que generan valor en una o varias fases del ciclo de vida del proyecto.

PLANIFICACIÓN	DISEÑO	CONSTRUCCIÓN	OPERACIÓN
Modelado de condiciones existentes			
Predimensionamiento de unidades de tratamiento LOD 100	Diseño tridimensional interdisciplinario LOD200 a LOD 300	Planos de taller y al finalizar la construcción el modelo "as built" LOD 350	Modelo de información del activo AIM para operación y mantenimiento.
Prefactibilidad	Elaboración de cantidades y presupuesto detallados - 5D	Presupuesto para ordenes de compra - 5D	
Estimación de duración	Programación de obra- 4D	Planificación de cronograma - 4D	
	Generación automatizada de documentación técnica		
	Coordinación y detección de interferencias		

Ilustración 10 Esquema de los usos BIM priorizados según diagnóstico organizacional. Fuente elaboración propia.

En el caso de LA COMPAÑIA, la selección de usos se fundamenta tanto en los hallazgos del diagnóstico (capítulo 2) como en los requisitos definidos en el EIR (Anexo 3) y operacionalizados en el BEP (Anexo 4). Se priorizaron aquellos que responden

directamente a las brechas identificadas, con el fin de generar beneficios inmediatos en la gestión del diseño y sentar bases para fases posteriores.

Los usos seleccionados son los siguientes:

Modelado de condiciones existentes. Se justifica por la importancia de contar con la información confiable en proyectos anteriores. Este uso garantiza una base geométrica y documental coherente con la realidad física del emplazamiento.

Diseño tridimensional interdisciplinario. Su priorización responde a la necesidad de continuar la integración de las disciplinas tales como, arquitectura, estructuras, procesos hidráulicos, redes sanitarias, eléctricas, mecánicas entre otras buscando reducir reprocesos y mejorar la coordinación interna.

Coordinación y detección de interferencias. La coordinación y detección de interferencias permitiendo seguir optimizando la integración entre las distintas disciplinas que intervienen en el desarrollo de un proyecto (arquitectura, estructuras, instalaciones, entre otras).. El EIR (Anexo 3) define este uso como obligatorio, y el BEP (Anexo 4) establece protocolos para su ejecución con herramientas de clash detection.

Generación automatizada de documentación técnica. El uso del modelo como fuente única de información permitirá agilizar entregables y mejorar la consistencia documental.

Planificación 4D. Aunque no se desarrolla en toda su profundidad, se justifica por la necesidad de mejorar la programación de actividades y planificación de procesos constructivos . El BEP (Anexo 4) contempla un nivel básico de vinculación del modelo con cronogramas de obra.

Gestión preliminar de cantidades y presupuestos 5D. Su inclusión responde a la importancia en la estimación de cantidades bajo el modelo permitirá obtener mediciones más confiables.

Modelo AIM para operación y mantenimiento. Este uso se justifica porque el AIR (Anexo 2) establece la necesidad de contar con información estructurada de los activos para su futura gestión.

La priorización de estos usos no obedece únicamente a recomendaciones internacionales, sino que constituye una respuesta a la visión estratégica y el enfoque de LA COMPAÑIA, al tiempo que asegura el cumplimiento de los requisitos definidos en los anexos contractuales (OIR, AIR, EIR y BEP).

3.2. Entregables claves: EIR, BEP, TIDP, MIDP y RACI

La estructura de entregables de información constituye el eje central de la gestión BIM en LA COMPAÑIA, pues garantiza la coherencia entre los objetivos estratégicos, los requisitos de los activos y la ejecución operativa de los proyectos. En concordancia con la ISO 19650-1 (2018), se establecieron como instrumentos básicos los documentos OIR, AIR, EIR y BEP, complementados con los planes TIDP y MIDP, así como la Matriz RACI.

El OIR (Anexo 1) fija los objetivos estratégicos de información de la organización y se convierte en el punto de partida del sistema, contribuyendo a las metas corporativas y procesos de gestión. A partir de este documento, el AIR (Anexo 2) traduce dichas metas en requerimientos específicos para la operación y mantenimiento de las plantas, lo cual atiende directamente la carencia de datos estructurados para la gestión de activos que caracterizaba a los proyectos anteriores.

Sobre esta base, el EIR (Anexo 3) concreta los requisitos del proyecto PTAR en lo que respecta a entregables, formatos, niveles de desarrollo y protocolos de intercambio de información. Su relevancia radica en que establece desde el inicio un marco unificado que corrige la falta de claridad en entregables y estándares. Como respuesta a este documento, el BEP (Anexo 4) detalla de manera operativa cómo se cumplirán los requisitos planteados, definiendo procesos de modelado, mecanismos de validación y responsabilidades específicas.

Finalmente, (Plan Maestro de Entrega de Información (MIDP) y Plan de Entrega de Información de Tareas (TIDP) y organizan la planificación y consolidación de entregables a lo largo del ciclo de vida del proyecto, constituyendo una herramienta que asegura la coordinación temporal entre disciplinas y el cumplimiento de hitos. A este conjunto se suma la Matriz RACI, incluida en los anexos, que define con precisión los roles responsables, consultados, informados y aprobadores, aportando claridad organizacional.

En conjunto, esta estructura jerárquica (OIR → AIR → EIR → BEP → TIDP/MIDP y RACI) como se aprecia en la ilustración 11. respondiendo a las recomendaciones normativas, asegurando que la gestión de la información BIM esté alineada tanto con los objetivos estratégicos como con las necesidades específicas de los proyectos de tratamiento de aguas residuales.

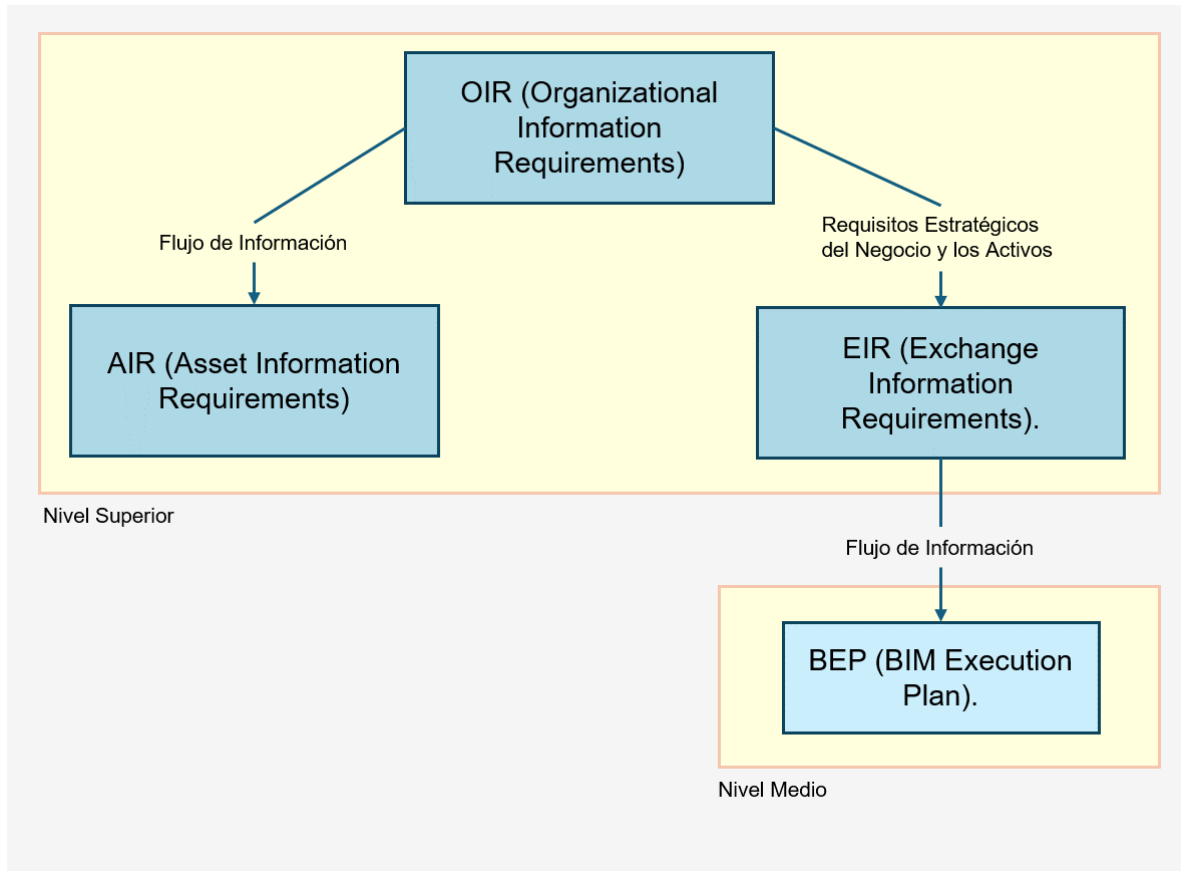


Ilustración 11 Este diagrama ilustra cómo los requerimientos de la organización y sus activos (OIR y AIR) se articulan a nivel de proyecto (EIR) para definir un plan de ejecución detallado (BEP). Esta secuencia asegura la trazabilidad y la coherencia de la información Fuente elaboración propia.

3.3. Flujo general de procesos y CDE propuesto

El Entorno Común de Datos (CDE) constituye la infraestructura digital en la que se centraliza la información del proyecto, asegurando trazabilidad, control de versiones y colaboración efectiva. De acuerdo con la ISO 19650-1 (2018), el flujo de procesos debe organizarse en estados sucesivos que regulen el acceso y validación de los datos.



Ilustración 12 Esquema del flujo documental del CDE propuesto. fuente elaboración propia

Para LA COMPAÑIA se propone continuar el CDE a través de Trimble Connect, en coherencia con lo descrito en el BEP (Anexo 4) y en el AIR (Anexo 2). La elección de esta plataforma se justifica porque ofrece interoperabilidad con formatos IFC, control de versiones y flujos de aprobación alineados con la norma ISO

El CDE se estructura en cuatro fases como se aprecia en la Ilustración 13: (i) Work in Progress (WIP), correspondiente al desarrollo interno de cada disciplina; (ii) Shared, que contiene la información validada para coordinación; (iii) Published, destinada a los entregables oficiales; y (iv) Archived, donde se almacenan versiones históricas como respaldo.

3.4. Estándares mínimos: LOD 300, trazabilidad y bibliotecas

Para asegurar la calidad y consistencia del modelado, se ha definido como estándar mínimo el Nivel de Desarrollo (LOD) 300, según la especificación del BIMForum (2022). Este nivel (ver tabla 2) implica que los elementos incluidos en el modelo disponen de geometría precisa, relaciones espaciales claras y propiedades básicas que permiten la coordinación interdisciplinaria, la generación de documentación técnica y la extracción de cantidades preliminares.

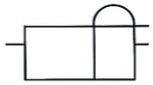
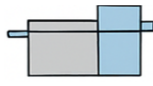

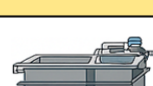
Niveles de desarrollo LOD y su aplicación en la Empresa			
NIVEL DE DESARROLLO	Descripción Visual y Geométrica		Usos Clave para la Empresa
LOD 100		Representación esquemática y genérica de elementos. No hay detalles precisos.	Análisis de viabilidad y estudios iniciales.
LOD 200		Geometría aproximada y elementos identificables, pero sin precisión para la construcción.	Coordinación espacial básica y pre-diseño.
LOD 300		Geometría precisa y relaciones espaciales claras. Elementos con propiedades y dimensiones exactas.	Coordinación interdisciplinaria, detección de interferencias, generación de documentación técnica, y extracción de cantidades.
LOD 400		Incluye detalles de fabricación y ensamblaje, como conexiones, soldaduras y especificaciones del fabricante.	Fabricación, instalación y ensamblaje en obra.

Tabla 2 Comparación de Niveles de Desarrollo (LOD) aplicados al diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) destacando el LOD 300 que fue elegido para la implementación. fuente elaboración propia

El EIR (Anexo 3) establece este alcance como estándar de diseño, mientras que el AIR (Anexo 2) recomienda alcanzar LOD 350 en los equipos críticos, con el fin de facilitar la planificación constructiva y la futura operación y mantenimiento. Esta decisión se justifica porque un mayor LOD implicaría sobrecostos y tiempos innecesarios en la fase de diseño, y un menor LOD no permitiría alcanzar el nivel de coordinación requerido por LA COMPAÑIA.

En el nivel estratégico se ubica el BIM Manager, responsable de la planificación global, la actualización de estándares y la supervisión del cumplimiento de los entregables. A nivel operativo, los Coordinadores BIM asumen la integración de los modelos interdisciplinarios, garantizando la aplicación de protocolos y la coherencia entre las distintas disciplinas. Por su parte, los Modeladores BIM se concentran en la generación de la información, siguiendo las directrices establecidas y asegurando que los modelos cumplan con los niveles de desarrollo y las nomenclaturas acordadas.

De manera transversal se definen funciones complementarias. El responsable del CDE administra la plataforma de gestión documental, supervisando el flujo de información y el control de versiones, mientras que el Comité BIM se constituye como órgano institucional de seguimiento, encargado de acompañar la adopción de la metodología en la organización. Además, se definen otros roles de apoyo como los Especialistas IT/BIM, enfocados en la automatización de procesos y en la integración de nuevas tecnologías, y los BIM Champions, cuya misión es promover la cultura digital dentro de los equipos de trabajo, como se aprecia en la ilustración 14. Al formalizar responsabilidades específicas y sumar figuras de apoyo tecnológico y cultural, se busca consolidar una cultura organizacional orientada a la gestión eficiente de la información.

De acuerdo con los lineamientos establecidos en la norma ISO 19650-2:2018 y las Guías de Implementación del BIM Forum Colombia (2021), los roles BIM no deben interpretarse como cargos o personas específicas, sino como conjuntos de responsabilidades y funciones dentro del ciclo de vida de la información del proyecto. Es importante aclarar que un rol no equivale necesariamente a una persona, ya que una misma persona puede desempeñar múltiples roles, dependiendo de las capacidades,

competencias y estructura organizacional del proyecto. De igual manera, un mismo rol puede ser ejecutado por varias personas que compartan o distribuyan las responsabilidades asignadas.

3.6. Estrategias de capacitación y adaptación organizacional

La implementación de la metodología BIM en LA COMPAÑIA requiere un proceso de formación estructurado para garantizar la adopción progresiva de nuevos procesos digitales. En este sentido, se plantea un programa de capacitación gradual y diferenciado por niveles, en concordancia con lo estipulado en los OIR (Anexo 1) y el BEP (Anexo 4).

En el nivel operativo, los Modeladores BIM deben fortalecer competencias técnicas en el uso de software especializado (Revit, Navisworks, Civil 3D, Trimble, BIM Visión) y en la correcta aplicación de bibliotecas internas, con el fin de asegurar homogeneidad en la producción de modelos. Los Coordinadores BIM, por su parte, requieren formación en metodologías de coordinación interdisciplinaria y en la gestión de flujos dentro del CDE, garantizando que los procesos de integración se desarrollen de acuerdo con los protocolos establecidos. En un nivel estratégico, los directivos y el BIM Manager necesitan capacitación orientada a la gestión estratégica de la información y a la aplicación de la norma ISO 19650, de modo que la toma de decisiones se base en criterios técnicos y organizacionales coherentes.

Como complemento a la formación técnica, se recomienda la conformación de un Comité BIM interno, responsable de monitorear la implementación, acompañar a los equipos en la resolución de incidencias y promover la consolidación de la cultura digital dentro de la organización. A esto se suman medidas de gestión del cambio, como

sesiones periódicas de socialización, difusión de beneficios derivados de proyectos e incentivos a la adopción de nuevas prácticas digitales. De manera adicional, se contemplan roles de apoyo como los Especialistas IT/BIM, enfocados en la automatización de procesos y la integración de nuevas tecnologías, y los BIM Champions, cuya misión es fomentar la cultura digital y acompañar a los equipos en la adopción progresiva de la metodología.

Estas acciones de capacitación y gestión del cambio pueden sintetizarse en la Tabla 3, que organiza los diferentes niveles de formación, roles, competencias a desarrollar y brechas diagnosticadas que se busca atender.

Tabla 3. Estrategias de capacitación y gestión del cambio en la EMPRESA. Fuente elaboración propia.

Nivel	Rol	Competencias para desarrollar	Documento de referencia
Operativo	Modeladores BIM	Manejo de software (Revit, Navisworks, Civil 3D); uso de bibliotecas internas y nomenclaturas	BEP (Anexo 4)
Operativo	Coordinadores BIM	Coordinación interdisciplinaria; gestión de flujos en el CDE; aplicación de protocolos de validación	BEP (Anexo 4)
Estratégico	BIM Manager y Directivos	Gestión estratégica de la información; liderazgo de procesos de cambio; aplicación de la ISO 19650	OIR (Anexo 1)
Transversal	Comité BIM	Supervisión de implementación; acompañamiento en resolución de incidencias; promoción de cultura digital	OIR (Anexo 1) y BEP (Anexo 4)

Nivel	Rol	Competencias para desarrollar	Documento de referencia
Complementario	Especialistas IT/BIM	Automatización de procesos; integración de nuevas tecnologías; soporte técnico	BEP (Anexo 4)
Cultural	BIM Champions	Difusión de buenas prácticas; fomento de la cultura digital; acompañamiento a los equipos	OIR (Anexo 1)

El desarrollo de este capítulo permitió organizar de manera sistemática los elementos que componen el plan de implementación BIM en LA COMPAÑIA, describiendo sus usos prioritarios, los entregables contractuales asociados, el funcionamiento del CDE, los estándares de modelado, la definición de roles y las estrategias de capacitación. La información presentada se apoya en los documentos anexos (OIR, AIR, EIR y BEP) y responde a las necesidades previamente identificadas en el diagnóstico organizacional.

Con este marco de referencia se completa la formulación del plan, dejando establecidos los lineamientos que guiarán los apartados posteriores.

4. Aplicación del plan BIM en un caso de estudio.

El presente capítulo constituye la puesta en práctica del plan de implementación BIM formulado en el capítulo anterior. A través de la aplicación parcial de los lineamientos propuestos en un proyecto, se buscó contrastar la estructura metodológica planteada con las condiciones reales de trabajo de LA COMPAÑIA, analizando tanto los resultados técnicos como los organizacionales derivados de esta experiencia. La decisión de aplicar un plan progresivo estructurado y controlado responde a la necesidad de

garantizar un proceso realista, adaptado a la capacidad operativa de la organización y a los recursos disponibles, evitando los riesgos asociados a transformaciones abruptas o de alcance integral.

El proyecto seleccionado para el presente caso de estudio fue la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Valle, infraestructura que por su escala y complejidad funcional resultó representativa del portafolio típico de LA COMPAÑIA. A partir de este caso, se buscó comprobar la utilidad del modelado hasta LOD 300, la pertinencia de los protocolos definidos en el Entorno Común de Datos (CDE) y la capacidad de la metodología para mejorar la coordinación interdisciplinaria y la trazabilidad de la información.

El capítulo se organiza en cuatro apartados: la descripción técnica del proyecto y del modelo BIM aplicado; la revisión de la coordinación básica entre disciplinas y los principales hallazgos técnicos; los resultados organizacionales y lecciones aprendidas; y, finalmente, una matriz de evaluación de madurez BIM antes de la aplicación del plan y posteriormente.

4.1. Descripción del proyecto y del modelo BIM aplicado

4.1.1. Caracterización general del proyecto

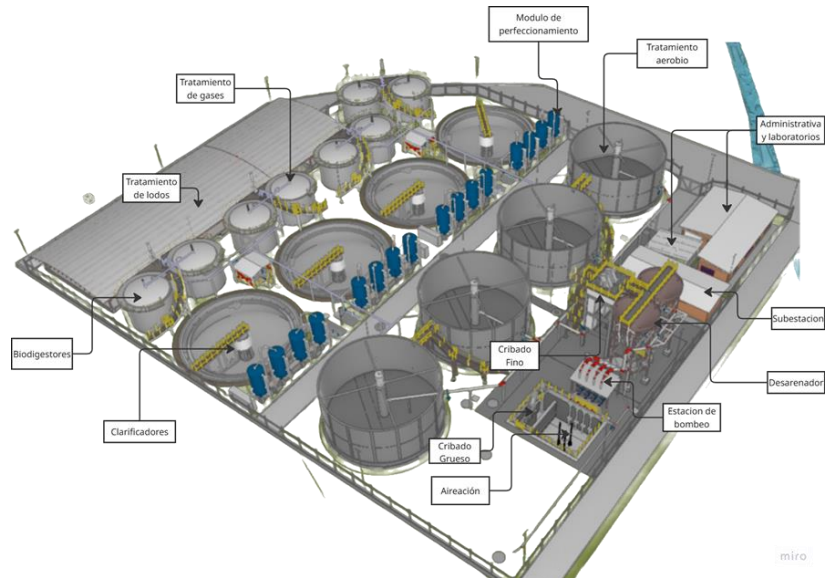


Ilustración 14 Proyecto PTAR Valle en el CDE Trimble. Fuente elaboración propia.

El Proyecto PTAR Valle corresponde a una planta de tratamiento de aguas residuales diseñada para atender aproximadamente a 12.000 viviendas mediante un sistema biotecnológico de alta complejidad (ver ilustración 15). La instalación se ubica en el sur de la ciudad de Cali, en cercanía al río Cauca, y constituye una infraestructura clave dentro de las políticas de saneamiento urbano del sector. Una de sus particularidades es la incorporación de cuatro trenes paralelos de tratamiento con capacidad redundante, lo que asegura su continuidad operativa incluso en escenarios de mantenimiento o eventual fallo de alguno de sus componentes.

El proceso de tratamiento se estructura en unidades funcionales claramente diferenciadas, que permiten una operación secuencial y eficiente del sistema:

- a) **Estación de bombeo:** eleva el agua residual y la conduce hacia las unidades posteriores, garantizando la continuidad hidráulica.

- b) **Cribado grueso y Aireación:** incluye rejillas gruesas, aireador flotante, orientados a retener sólidos y a homogeneizar las aguas.
- c) **Cribado fino y Desarenación:** incluye rejillas finas, tornillos compactadores, conos desarenadores y clasificadores de arenas,
- d) **Filtro aerobio:** constituyen el corazón biológico del proceso, mediante sistemas de biopelícula que degradan la materia orgánica.
- e) **Clarificación:** sedimentación secundaria con barrelos y canales periféricos.
- f) **Módulo de perfeccionamiento:** filtros adicionales y retro lavado para mejorar los estándares de vertimiento.
- g) **Manejo de lodos:** biodigestores anaerobios y lechos de secado, con aprovechamiento agrícola del subproducto.
- h) **Áreas de soporte:** subestación eléctrica, laboratorio y zona administrativa.

La organización modular de estas unidades constituyó un insumo fundamental para definir la estrategia de modelado, puesto que cada una fue abordada como un submodelo independiente con posterior federación en un modelo general.

4.1.2. Estrategia BIM aplicada.

El modelado digital se desarrolló bajo las siguientes premisas metodológicas:

Nivel de desarrollo (LOD 300): los elementos incluidos contaron con geometría precisa, propiedades básicas y relaciones espaciales claras, suficientes para coordinación interdisciplinaria y generación de documentación técnica.

1. **Modelado por unidades de tratamiento:** cada unidad funcional se representó como un submodelo independiente, permitiendo un mayor

control en la gestión de información y facilitando la interoperabilidad en el proceso de federación.

2. **Herramientas utilizadas:** se empleó Autodesk Revit con licencia educativa para la elaboración de los modelos disciplinarios, Navisworks con licencia educativa para la detección de interferencias y Trimble Connect como Entorno Común de Datos (CDE).
3. **Gestión documental:** el flujo de información siguió la lógica WIP–Shared–Published–Archived, en concordancia con la ISO 19650, lo que permitió trazabilidad en versiones y validación progresiva de entregables.
4. **Participación multidisciplinaria:** se modelaron la disciplinas; tratamiento, arquitectónica, estructural y MEP, integrando también modelos de equipos y maquinaria.

Esta estrategia como se resume en la ilustración 19 permitió evaluar de manera controlada los protocolos definidos en el plan de implementación, validando su pertinencia y adaptabilidad a un caso real de diseño de infraestructura sanitaria

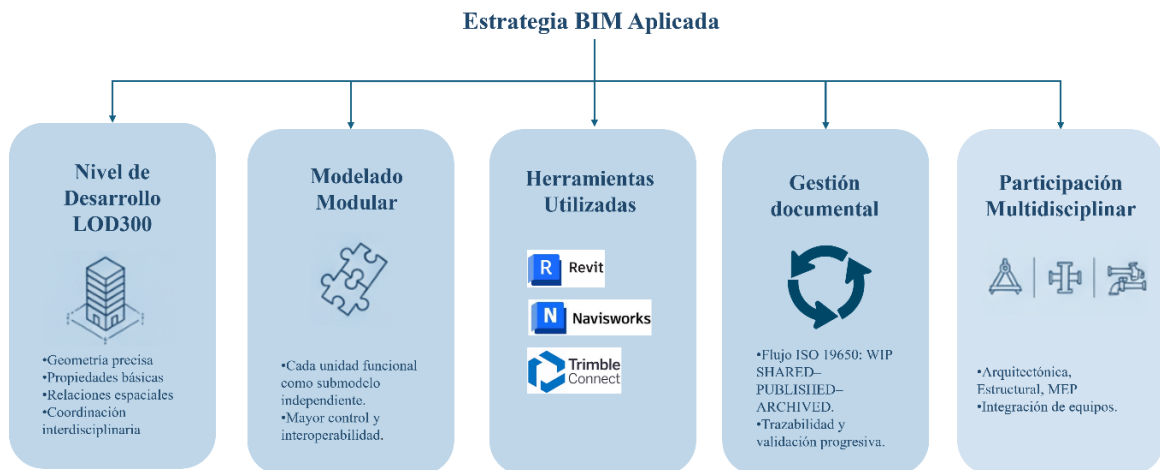


Ilustración 19 Estrategia BIM aplicada. En este diagrama se visualizan las premisas metodológicas del proyecto. Fuente elaboración propia

4.2. Coordinación básica de disciplinas y hallazgos técnicos

4.2.1. Metodología de coordinación

La coordinación se estructuró en ciclos semanales de revisión y validación, apoyados en el CDE de Trimble Connect. Cada disciplina cargaba sus avances en la carpeta correspondiente del entorno WIP, tras lo cual se realizaba la federación parcial y la detección de interferencias en *Navisworks* como se aprecia en la tabla 5. Las incidencias se registraban como issues vinculados al modelo 3D, lo que permitía asignar responsables, plazos de corrección y seguimiento en tiempo real.

Este enfoque contrastó con la situación diagnosticada en proyectos previos de LA COMPAÑIA, en los cuales buscaban mejorar los hitos de control del modelo y un sistema formal de trazabilidad de incidencias.

Tabla 5 Tabla de resultados de detección de conflictos generada por la herramienta Clash Detective de Autodesk Navisworks (licencia educativa). fuente elaboración propia.

Con reglas tubería											Tolerancia		Conflictos		Nuevo		Activo		Revisado		Aprobado		Resuelto		Tipo		Estado	
											0.050m		7		5		0		0		1		1		Estático		Aceptar	
Imagen	Nombre de conflicto	Estado	Distancia	Ubicación de rejilla	Descripción	Fecha de detección	Asignado a	Fecha de aprobación	Aprobado por	Punto de conflicto	Elemento 1		Elemento 2		Comentarios													
										x:50.658, y:4.782, z:-1.000	ID de elemento: 36255K9P5FRBLUC14kGI4Y	Capa: Nivel cero del proyecto	ID de elemento: 0FDaR79qAaA2_9m5FUZY	Capa: Nivel Zona de succión														
	Conflicto142	Nuevo	-0.199		Conflicto zapata	2025/8/26 02:30																						
	Conflicto143	Nuevo	-0.171		Conflicto cajas	2025/8/26 02:30	Hidrosanitarios			x:51.718, y:1.504, z:-0.250	ID de elemento: 3zmYBVEICXBDC8B0d9WP	Nivel 1	ID de elemento: 0vRv6QAXEogDlqMT4YF2	Nivel cero de proyecto	#0 - Pc - 2025/8/26 02:33 Asignado a Hidrosanitarios	Mover												
	Conflicto144	Nuevo	-0.079		Conflicto cajas	2025/8/26 02:30	Hidrosanitarios			x:51.189, y:-1.188, z:-0.034	ID de elemento: 3zmYBVEICXBDC8B0d9WR	Nivel 1	ID de elemento: 0vRv6QAXEogDlqMT4YF2	Nivel cero de proyecto	#0 - Pc - 2025/8/26 02:33 Asignado a Hidrosanitarios	Mover												
	Conflicto145	Nuevo	-0.050		Elementos estructurales	2025/8/26 02:30	Estructural			x:73.980, y:61.524, z:-0.100	ID de elemento: 3iz_HRjwP3MpyRkRpDRNve	Nivel cero de proyecto	ID de elemento: 2gGr2Mjv2qhwDQgDh9R7h	Nivel Cero Proyecto	#0 - Pc - 2025/8/26 02:32 Asignado a Estructural	Elementos estructurales en conflicto												
	Conflicto146	Nuevo	-0.050		Elementos estructurales	2025/8/26 02:30	Estructural			x:34.175, y:61.524, z:-0.100	ID de elemento: 1H6FH5S2mBtTDWlWlASH	Nivel cero de proyecto	ID de elemento: 2gGr2Mjv2qhwDQgDh9R8j	Nivel Cero Proyecto	#0 - Pc - 2025/8/26 02:32 Asignado a Estructural	Elementos estructurales en conflicto												
	Tuberías y accesorios	Aprobado	-0.270		Tuberías y accesorios vs	2025/8/26 01:50		2025/8/26 02:19	Pablo Morales sanclemente	x:41.163, y:-12.359, z:-4.232	ID de elemento: 0BPPVIAA8Fgxmcm0D5QthH	Nivel cero del proyecto	ID de elemento: 0uT8852RT9iUcCm2P6kU	Nivel 0 de proyecto	#2 - Pc - 2025/8/26 02:19 Se aprobaban porque estas perforaciones se gestionan en obra.													
	Resueltos con reglas de tubería	Resuelto	-0.900		Tuberías					x:33.932, y:-7.820, z:3.186	ID de elemento: 0Yip8KQ3vC6wDmdxKAOdlv	Nivel 0 de proyecto	ID de elemento: 0FDaR79qAaA2_9m5FUZY	Nivel Zona de succión														

4.2.2. Hallazgos técnicos relevantes

En el contexto de la coordinación BIM, el término hallazgos no se limita únicamente a la detección de colisiones geométricas entre los elementos del modelo, sino que comprende un conjunto más amplio de inconsistencias e irregularidades que pueden comprometer la calidad, integridad y coherencia de la información del proyecto. Entre los principales tipos de hallazgos se destacan las colisiones, entendidas como conflictos físicos o espaciales entre componentes del modelo en los que dos o más elementos ocupan el mismo volumen o interfieren entre sí, afectando la constructibilidad o el funcionamiento del sistema; las incoherencias, que corresponden a discrepancias o falta de correspondencia entre la información modelada y los criterios de diseño, normativos o técnicos definidos; las ambigüedades, asociadas a información poco clara o indefinida que dificulta la interpretación del modelo y genera incertidumbre en las decisiones de diseño o construcción; y las omisiones o faltantes, que hacen referencia a elementos, detalles o componentes no modelados por descuido, falta de información o por no haber sido incluidos en la fase correspondiente de desarrollo.

La coordinación interdisciplinaria realizada en el proyecto se apoyó en el proceso de detección de interferencias en *Navisworks*, cuyos resultados quedaron registrados en los “Informes de conflictos” (*Informe de conflictos 1, y 2*) generados durante las sesiones de revisión. Estos documentos permitieron sistematizar las colisiones encontradas, asignar responsables y establecer acciones de corrección, garantizando trazabilidad en el proceso. Entre los principales hallazgos se destacan los siguientes:

- **Colisión entre redes eléctricas y conos desarenadores:** identificada en el *Informe de conflictos 1*, esta interferencia comprometía el paso de conducciones eléctricas en la zona de pretratamiento. Su detección temprana permitió rediseñar el recorrido de los ductos eléctricos, evitando la necesidad de obras adicionales en campo. De no haberse anticipado, la corrección en fase constructiva habría implicado costos adicionales en demolición y retrasos por ajustes improvisados.
- **Inconsistencias en cotas de los filtros percoladores:** en el *Informe de conflictos 2* se documentaron diferencias milimétricas en los niveles del falso fondo, lo cual afectaba la uniformidad del sistema de distribución hidráulica. La corrección durante la etapa de diseño evitó riesgos estructurales y garantizó el adecuado desempeño biológico de la unidad.
- **Desajustes en los niveles del clarificador:** se registraron interferencias vinculadas al canal perimetral y al sistema de recolección de agua clarificada. De no haberse identificado en esta fase, el problema habría generado acumulaciones irregulares y dificultades operativas.

- **Espesor de losa de fondo:** el análisis de interferencias y cargas derivó en un ajuste del espesor de 50 cm a 25 cm, optimizando el consumo de concreto y reduciendo costos sin comprometer la resistencia estructural. Este hallazgo demuestra el valor agregado de la metodología BIM, al permitir una revisión integrada que trasciende la simple coordinación geométrica.
- **Interferencias de tuberías en la zona de ingreso:** varios cruces indebidos entre conducciones fueron detectados en la fase de pretratamiento. La coordinación permitió ajustar las pendientes y redibujar los trazados, resolviendo el conflicto sin necesidad de reprocesos en obra.
- **Problema de inundabilidad:** la revisión del modelo permitió identificar zonas inundables y se corrigió tanto la vía de entrada así como la totalidad de la Planta con una elevación del terreno en estas zonas

En conjunto, estos resultados confirman que la implementación de la metodología BIM permitió mejorar las experiencias previas de LA COMPAÑIA, que en algunos casos se detectaban en etapa constructiva (como en la ilustración 20), generando sobrecostos, retrasos y pérdida de eficiencia. Los informes de Navisworks no solo respaldan la evidencia técnica de los conflictos, sino que también constituyen una prueba documental del impacto positivo de la coordinación digital sobre la gestión integral del proyecto.

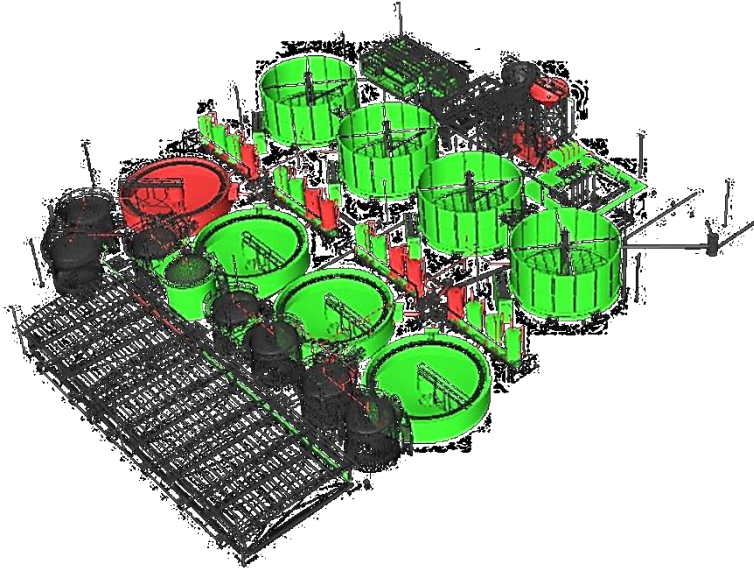


Ilustración 20. Imagen tomada de Navisworks representando entre los filtros percoladores y con los barrelos. Fuente elaboración propia

4.3. Resultados organizacionales y lecciones aprendidas

4.3.1. Cambios internos en LA COMPAÑÍA

La ejecución del proyecto supuso una transformación en la organización, particularmente en la definición de roles y procesos digitales:

- **Equipo básico BIM:** se conformó un grupo de trabajo con funciones diferenciadas: modeladores por disciplina, un revisor BIM y un responsable de documentación.
- **CDE operativo:** se habilitó la plataforma de Trimble Connect como repositorio central de información, aplicando protocolos de control de versiones y permisos según rol.

- Flujo de validación:** se estableció un sistema de entregables progresivos, coherente con las fases de diseño y revisión interdisciplinaria. Como bien se puede apreciar en la ilustración 19 en donde representa un proceso de diseño mucho más iterativo y detallado, típico de una metodología BIM (Building Information Modeling). En lugar de un proceso lineal, se implementan bucles de retroalimentación para cada disciplina, lo que permite una revisión y aprobación gradual.

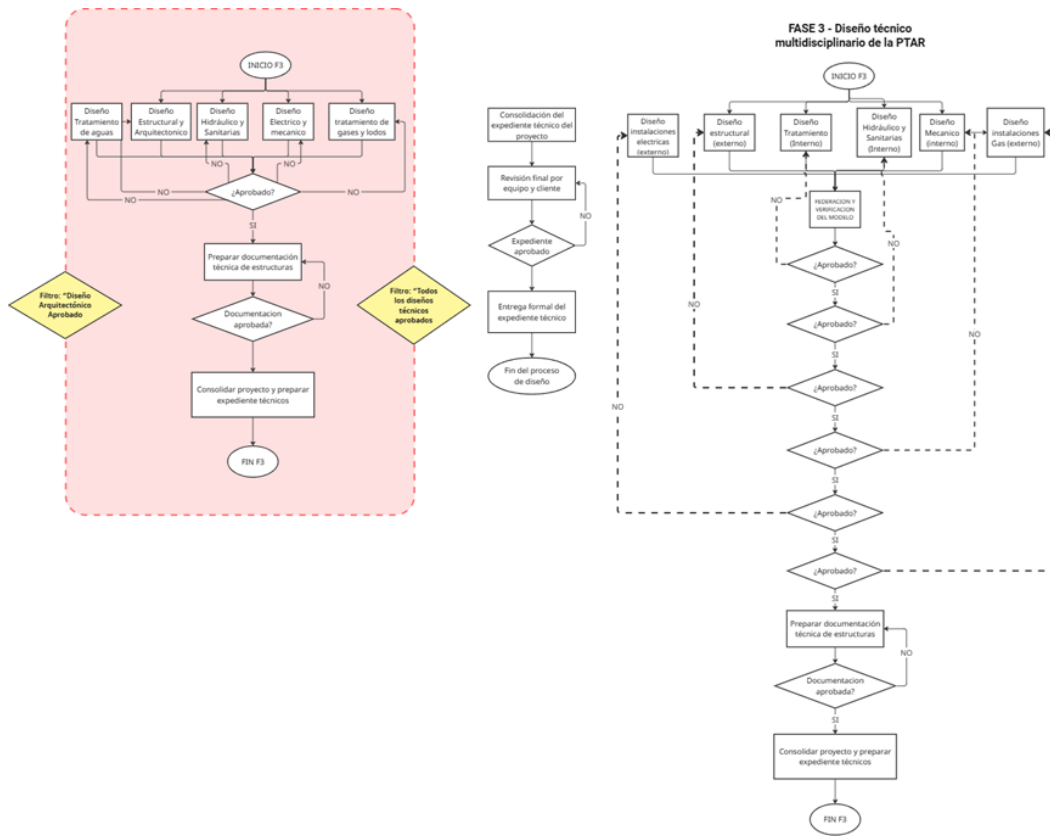


Ilustración 21 . Optimización del proceso mediante federación de modelos BIM. A la izquierda, el flujo original; a la derecha, el proceso mejorado: más robusto, coordinado y eficiente. Fuente: elaboración propia

4.3.2. Lecciones aprendidas

Del proceso se derivaron aprendizajes relevantes para la consolidación de la metodología en futuros proyectos:

1. **Formación continua:** se identificó la necesidad de programas de capacitación formal en coordinación interdisciplinaria y uso avanzado del CDE.
2. **Estandarización documental:** la nomenclatura unificada y los protocolos de codificación demostraron ser esenciales para la trazabilidad.
3. **Comunicación técnica:** mejoramiento en el diálogo entre modeladores y especialistas de procesos biológicos, lo que requiere mecanismos de integración más efectivos.
4. **Revisión cruzada:** se comprobó la utilidad de validar los modelos por parte de producción antes de la federación final.
5. **Rol del coordinador BIM:** se evidenció la importancia de un referente central que articule los estándares internos con los requisitos de clientes que cuentan con sus propios protocolos BIM y CDE.

4.3.3. Comparación con la situación previa

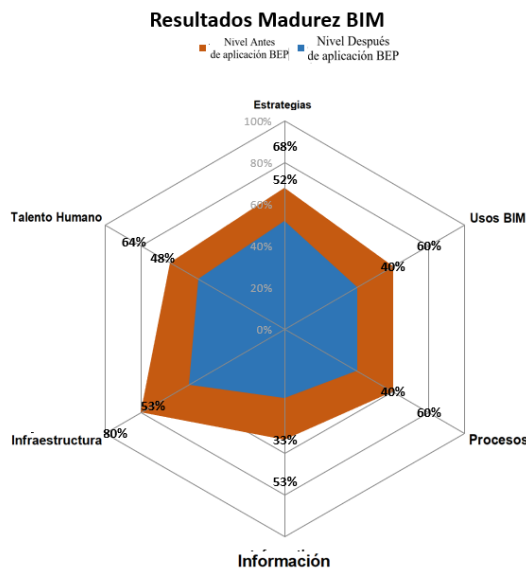
La organización presentó un nivel de madurez BIM inicial del 46 %, lo que representa un avance significativo frente a otras empresas del sector que aún no han adoptado esta metodología en el país (Valentina et al., 2024; Carreño et al., 2023) pero con la aplicación del BEP, utilizando la aplicación de un instrumento de evaluación de madurez BIM de la Universidad Estatal de Pensilvania (anexo XX)se proyecta un crecimiento hacia un 65 % de madurez, lo cual constituye una meta alcanzable, orientada al fortalecimiento de las dimensiones críticas para una implementación más estructurada y eficiente del enfoque BIM. Este avance demuestra que, a partir de una base, la organización puede escalar progresivamente hacia una madurez superior que la consolide como referente en el sector de agua y saneamiento. La siguiente tabla (ver tabla 6)

sintetiza de manera comparativa los principales aspectos evaluados, mostrando la evolución de LA COMPAÑIA en el tránsito hacia una mejor gestión BIM estructurada conforme a la ISO 19650.

Tabla 6 comparativo Caso de estudio vs. Proyecto con la aplicación del Plan de Implementación BIM. Fuente Adaptada elaboración propia.

Resultados Madurez BIM			
Elementos de Planeación BIM	Nivel Antes de aplicación BEP (%)	Niveles esperados después de la aplicación BEP (%)	Total, Posible (%)
Estrategias	13	17	25
Usos BIM	4	6	10
Procesos	4	6	10
Información	5	8	15
Infraestructura	8	12	15
Talento Humano	12	16	25
Total	46	65	100

Ilustración 22 Resultados de Madurez Bim. Fuente elaboración propia



4.3.4. Beneficios

Desde el punto de vista técnico, el proyecto evidenció impactos que reflejan la pertinencia de la metodología BIM incluso en un alcance inicial. En primer lugar, la coordinación interdisciplinaria permitió una reducción significativa de interferencias críticas, que en escenarios previos solo eran detectadas durante la fase constructiva. Esto se tradujo en mayor eficiencia técnica y mejor planificación del proceso de diseño.

La documentación técnica también presentó mejoras notables, con mayor coherencia gráfica y disminución de observaciones externas, lo cual agilizó las validaciones y aportó confianza en la calidad de los entregables. En cuanto a la gestión de la información, el uso exitoso del entorno común de datos (CDE) aseguró un control riguroso de versiones y permisos diferenciados, facilitando la trazabilidad y evitando la dispersión documental.

Otro logro técnico relevante fue la estandarización de nomenclaturas y protocolos, sustentada en el pre-BEP, lo que generó uniformidad en el modelado y en los procesos de intercambio de información.

5. Conclusiones

El presente capítulo constituye el cierre del proceso investigativo y recoge de manera sintética los principales hallazgos derivados del estudio sobre la implementación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en una empresa colombiana dedicada al diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). Su propósito es responder al problema de investigación planteado, evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos, reflexionar sobre los aportes teóricos, metodológicos y prácticos alcanzados, reconociendo las oportunidades que se abren para futuros estudios.

Más allá de enumerar resultados, estas conclusiones buscan integrar la evidencia obtenida en las fases de diagnóstico, formulación y del plan BIM, destacando su pertinencia en el contexto organizacional y sectorial colombiano. Asimismo, se pretende valorar la contribución de este trabajo al fortalecimiento de la literatura académica y a la práctica profesional en proyectos de saneamiento, un campo en el que las aplicaciones de BIM han sido escasas.

Este apartado marca el inicio de un camino de investigación y aplicación orientado a que las PYMES del sector saneamiento impulsen la transformación digital de sus procesos y se alineen con estándares internacionales de gestión de la información.

5.1. Respuesta al problema y cumplimiento de objetivos

El problema identificado consistió en la ausencia de guías, protocolos y casos documentados que orientaran la adopción de BIM en proyectos de PTAR en Colombia. La tesis demostró que esta ausencia puede abordarse mediante un enfoque metodológico progresivo, adaptado a las capacidades de empresas locales y validado en condiciones reales de proyecto.

El objetivo general *formular e implementar un plan BIM hasta LOD 300*, adaptado a una empresa colombiana dedicada al diseño de PTAR— se cumplió de manera satisfactoria. La propuesta permitió mejorar la coordinación interdisciplinaria, optimizar la trazabilidad de la información y generar evidencia de beneficios técnicos y económicos.

En cuanto a los objetivos específicos:

Objetivo específico 1: *Diagnosticar las capacidades organizacionales y proponer ajustes estructurales y funcionales que permitan iniciar la implementación progresiva de BIM en LA COMPAÑIA estudiada.*

- **Resultado:** El diagnóstico organizacional reveló una madurez BIM del 46%, con brechas en los procesos y el personal. Este análisis permitió justificar la necesidad de una estrategia de cambio gradual y sentar las bases para la formulación del plan BIM.

Objetivo específico 2: *Formular un plan BIM con procesos, flujos de información y estándares mínimos adaptados a las condiciones técnicas y operativas de LA COMPAÑIA.*

- **Resultado:** La formulación del plan BIM, basada en los principios de la norma ISO 19650, permitió definir usos BIM prioritarios (detección temprana de interferencias, coordinación interdisciplinaria y generación de documentación técnica), así como la asignación de roles, flujos de información y entregables claves (OIR, AIR, EIR y BEP).

Objetivo específico 3: *Poner en práctica el plan de implementación de metodología en un caso de estudio modelado hasta LOD 300 y evaluar sus resultados en términos de coordinación, desempeño y beneficios.*

- **Resultado:** La aplicación en el proyecto PTAR Valle validó la pertinencia del plan propuesto. Se redujeron interferencias críticas entre disciplinas, se mejoró la calidad y coherencia de la documentación técnica, y en la valoración de resultados de la madurez BIM se obtuvo un 65%. Estos resultados confirman que la investigación respondió de forma directa al problema central y cumplió con los

objetivos propuestos, ofreciendo evidencia contextualizada sobre la viabilidad de la metodología en proyectos de saneamiento..

5.2. Hallazgos metodológicos y valor del enfoque aplicado

El empleo del marco lógico se consolidó como un recurso pertinente para articular el problema, los objetivos y las estrategias de implementación de BIM en LA COMPAÑIA. Esta herramienta metodológica aseguró la coherencia del proceso y permitió orientar las acciones hacia resultados alcanzables en un contexto de madurez digital incipiente.

Los hallazgos derivados de la aplicación práctica muestran que una implementación progresiva resulta más viable que intentos de adopción integral, al posibilitar la consolidación de aprendizajes y la reducción de riesgos. En este sentido, la adopción parcial de la ISO 19650 y la estructuración de flujos de información en un Entorno Común de Datos (CDE) aportaron orden y trazabilidad documental, aspectos que antes no estaban presentes en la organización.

Asimismo, la detección temprana de interferencias se confirmó como un uso estratégico del BIM, capaz de evidenciar beneficios técnicos inmediatos y facilitar la aceptación de la metodología en LA COMPAÑIA. Finalmente, la definición de roles y responsabilidades, con especial énfasis en el Coordinador BIM, permitió comprender que el éxito de la implementación depende tanto de la gestión organizacional como de la aplicación tecnológica.

5.3. Aporte y contribución del estudio

La investigación aporta al ámbito académico y profesional en tres niveles:

A. Contribución académica

- Genera evidencia científica sobre un sector poco explorado en la literatura BIM: las PTAR en contextos latinoamericanos.
- Vincula marcos normativos internacionales (ISO 19650) con instrumentos prácticos (matriz de madurez BIM de Penn State) en un caso real, enriqueciendo el debate académico sobre metodologías de adopción progresiva.

B. Contribución práctica

- Proporciona plantillas adaptadas (OIR, AIR, EIR, BEP) y protocolos que pueden ser utilizados por otras empresas del sector como punto de partida.
- Demuestra que la implementación parcial de BIM puede generar beneficios tangibles en costos y tiempos, incluso en organizaciones con recursos limitados.

C. Contribución sectorial y social

- Ofrece un referente para el sector saneamiento, tradicionalmente rezagado en la adopción de modelos digitales colaborativos.
- Contribuye al fortalecimiento de la competitividad de PYMES colombianas, habilitándolas para alinearse con estándares internacionales y responder a futuros requerimientos normativos.

5.4. Limitaciones del estudio y recomendaciones para futuras investigaciones

6. Este estudio estuvo sujeto a ciertas limitaciones que deben ser consideradas al interpretar sus resultados. En primer lugar, el alcance del modelado se restringió a la fase de diseño, alcanzando únicamente un LOD 300, lo cual impidió explorar la

- aplicabilidad del plan BIM en etapas posteriores de construcción, operación y mantenimiento. En segundo lugar, la validación se desarrolló en un único proyecto circunstancia que limita la generalización de los hallazgos a otros contextos o tipologías de plantas de tratamiento.
7. A partir del desarrollo del caso de estudio en metodología BIM se abren múltiples oportunidades para futuras investigaciones. Una línea prioritaria consiste en extender la validación de BIM hacia fases constructivas y de operación, de manera que sea posible evaluar su impacto en el control de obra, en el mantenimiento y en la gestión integral de activos. De igual forma, resulta pertinente incorporar dimensiones 4D y 5D, vinculando los modelos con la programación y con los costos, lo que permitiría una visión más integral del ciclo de vida de la infraestructura.
 8. Otra perspectiva de interés es la integración de BIM con herramientas de sostenibilidad, como los análisis energéticos, la medición de huella de carbono o la incorporación de principios de economía circular en proyectos de saneamiento. Finalmente, se identifica la necesidad de profundizar en la gestión del cambio organizacional, con énfasis en la formación, en la resistencia cultural y en los modelos de gobernanza digital. Asimismo, la replicación de esta metodología en diferentes tipologías de PTAR y en empresas con niveles de madurez digital diversos aportaría solidez a la validez externa de los resultados obtenidos en esta investigación.

8.1. Conclusión

La investigación realizada permitió demostrar que la elaboración del plan de implementación de la metodología BIM en el diseño de plantas de tratamiento de aguas

residuales en Colombia es posible y aporta beneficios técnicos, organizacionales y económicos aun en contextos de una temprana madurez digital. El proceso desarrollado evidenció que, más allá de introducir una tecnología, se trata de un cambio metodológico que exige planificación, disciplina documental y liderazgo para consolidarse.

El plan BIM aplicado en el proyecto mostró que una estrategia progresiva, apoyada en estándares internacionales como la ISO 19650, el uso de herramientas como el Entorno Común de Datos y la detección de interferencias, permite sentar bases sólidas para la transformación digital de empresas pequeñas y medianas del sector saneamiento. Los resultados obtenidos en gestión de información, incluyendo la reducción de conflictos en diseño y la optimización de procesos cuenta con beneficios a la compañía, confirman que se puede generar con enfoque gradual y especializado.

Más allá de los logros inmediatos, este trabajo ofrece un aporte académico y práctico constituyendo un referente para los diseños de plantas de tratamiento de agua residual en el Valle, donde se realizó la aplicación de BIM, y abre un camino como referente para que las organizaciones avancen en procesos de estandarización y colaboración interdisciplinaria en el sector de agua y saneamiento. En este sentido, la tesis no solo responde al problema planteado, sino que también contribuye a enriquecer la discusión sobre cómo deben adaptarse los marcos internacionales de gestión de la información a realidades locales.

De acuerdo con la literatura, se espera que la adopción de BIM permita reducir errores de diseño hasta en un 30 % y acortar los plazos de ejecución en aproximadamente un 20 %, (SpringerLink). En el contexto del presente trabajo, aplicado a un proyecto urbano de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) con alta complejidad en la

coordinación de sistemas, se estima una posible reducción de errores en obra entre el 25 % y el 40 %, y un ahorro en tiempos de coordinación del 20 % al 30%. Por tal razón en el presente trabajo se estima una posible reducción de errores en obra entre el 25 % y el 40 %, y un ahorro en tiempos de coordinación del 20 % al 30 %.

En conclusión, los resultados obtenidos reafirman que la adopción de BIM en proyectos de saneamiento es una ruta viable y estratégica para mejorar la calidad del diseño, optimizar recursos y fortalecer la competitividad del sector en Colombia y en América Latina. Al mismo tiempo, dejan abierta la invitación a continuar investigando y validando este tipo de iniciativas, con el fin de consolidar una práctica que contribuya a la modernización y sostenibilidad de la infraestructura sanitaria en la región.

9. Bibliografía

- Aguilar Zavaleta, J. P. (2024). Impacto social de las dificultades encontradas en la adopción del BIM en empresas constructoras en Perú. *Revista de Climatología*, 24, 1470–1479. <https://doi.org/10.59427/reli/2024/v24cs.1470-1479>
- Camacol. (2020). *BIM KIT - Camacol*. <https://camacol.co/productividad-sectorial/digitalizacion/bim-forum/bim-kit>
- Camacol. (2023). *ENCUESTA NACIONAL BIM 2023 | Camacol - Cámara Colombiana de la Construcción*. <https://camacol.co/actualidad/publicaciones/revista-urbana/conexion-bim/encuesta-nacional-bim-2023>
- Carreño, Ú., Llampén, Z., & Miranda, A. M. (2023). *El impulso del sector público en la implementación de Building Information Modelling en países de América Latina*. <https://doi.org/10.18235/0004711>
- Cheng, J. C. P., & Lu, Q. (2015). A review of the efforts and roles of the public sector for BIM adoption worldwide. *Journal of Information Technology in Construction*.
- Descarga PDF Esquemático de la Norma ISO 19650 -2 BIM | atBIM | Consultoría BIM*. (n.d.). Retrieved September 6, 2025, from <https://atbim.com/descarga-pdf-esquematico-de-la-norma-iso-19650-2-bim/>
- DPN, & Minvivienda. (2020). *Estrategia Nacional BIM*. 1–6.
- Guía práctica sobre la nueva EN-ISO 19650 de buildingSMART Spain*. (n.d.). Retrieved September 6, 2025, from <https://biblus.accasoftware.com/es/guia-practica-sobre-nueva-en-iso-19650-de-buildingsmart-spain/>
- ISO 19650-1:2018 - Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles*. (n.d.). Retrieved July 5, 2025, from <https://www.iso.org/standard/68078.html>
- Kankanamge, D., & Ruparathna, R. (2024). Sustainable procurement of water supply infrastructure projects: a building information modeling-based approach. *Sustainable and Resilient Infrastructure*, 9(4), 349–366. <https://doi.org/10.1080/23789689.2024.2327695>
- Martins, M. C. J., Silva, N. A. B., & Teixeira, E. K. da C. (2022). Desafios da implementação do BIM em microempresas da indústria AEC. *Research, Society and Development*, 11(2), e27811225737. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i2.25737>
- Valentina, P., Peña, D., Marcela, Á., & Andrade, C. (2024). Análisis de la implementación de la metodología BIM: estudios de caso de proyectos de construcción. *CITAS*, 10(2), 164–189. <https://doi.org/10.15332/24224529.10133>
- Fuente de Origen (URL o Dominio): iieta.org.
- Fuente de Origen (URL o Dominio): itcon.org.
- Fuente de Origen (URL o Dominio): nap.nationalacademies.org.

Das, K., Khursheed, S., & Paul, V. K. (2025). The impact of BIM on project time and cost: insights from case studies. *Discover Materials*, 5(25). <https://doi.org/10.1007/s43939-025-00200-2>.

10. Referencia de ilustraciones y tablas

Ilustración 1 Árbol de problemas y objetivos para la implementación de la metodología BIM en plantas de tratamiento de aguas residuales en Colombia. La figura muestra las causas, efectos y alternativas de solución que fundamentan la formulación de un plan BIM. Fuente propia **¡Error! Marcador no definido.**

Ilustración 2 Esta investigación conecta el problema de la falta de una metodología BIM para el diseño de plantas de tratamiento con objetivos específicos y los capítulos de la tesis. Estos capítulos incluyen el diagnóstico, la formulación de un plan BIM basado en la norma ISO 19650 y su aplicación en un proyecto piloto para su validación. Fuente elaboración propia 24

Ilustración 3 Jerarquía de los requisitos de información según ISO-19650-1 tomado de (Guía Práctica Sobre La Nueva EN-ISO 19650 de BuildingSMART Spain, n.d.) 26

Ilustración 4 Flujo general de actividades para la gestión de la información según la serie ISO 19650. El esquema sintetiza las fases desde la definición de requisitos (OIR, AIR, PIR y EIR) hasta la entrega y archivo de modelos en un CDE, estructurando responsabilidades y procesos colaborativos. Adaptado de (Esquemático de La Norma ISO 19650 -2 BIM | AtBIM | Consultoría BIM, n.d.) 28

Ilustración 5 Esquema de la estructura organizacional de la Empresa bajo el modelo “equipo acordeón”. Se observa la combinación entre un núcleo de profesionales internos y la integración de especialistas externos según la demanda de cada proyecto. Fuente elaboración propia 31

Ilustración 6 Ampliación de la ilustración 3 Área para modificar en la implementación BIM. Fuente elaboración propia 32

Ilustración 7 Representación esquemática de los procesos actuales de desarrollo de proyectos en la Empresa mediante metodologías tradicionales basadas en 2D. El flujo evidencia la producción fragmentada de entregables y la integración manual en fases avanzadas. Fuente elaboración propia 33

Ilustración 8 .– Detalle del proceso de diseño a optimizar. Fuente elaboración propia 35

Ilustración 9 Propuesta de organización de la Empresa para la implementación de la metodología BIM. El esquema destaca la creación de nuevos roles (BIM Manager, Coordinador BIM y Líder de Diseño), así como la articulación de equipos internos y contratistas externos. Fuente elaboración propia 38

Ilustración 10 Esquema de los usos BIM priorizados según diagnóstico organizacional. Fuente elaboración propia. 41

Ilustración 11 Este diagrama ilustra cómo los requerimientos de la organización y sus activos (OIR y AIR) se articulan a nivel de proyecto (EIR) para definir un plan de ejecución detallado (BEP). Esta secuencia asegura la trazabilidad y la coherencia de la información Fuente elaboración propia. 45

Ilustración 12 Esquema del flujo documental del CDE propuesto. fuente elaboración propia 46

Ilustración 13 Estructura de roles para la implementación de la metodología BIM, mostrando la jerarquía estratégica, operativa y transversal. Fuente elaboración propia. 48

Ilustración 14 Proyecto PTAR Valle en el CDE Trimble. Fuente elaboración propia. 54

Ilustración 15. Propuesta de organización de la Empresa para la implementación de la metodología BIM. El esquema destaca la creación de nuevos roles (BIM Manager, Coordinador BIM y Líder de Diseño), así como la articulación de equipos internos y contratistas externos. Fuente elaboración propia Ilustración . Proyecto PTAR Valle en el CDE Trimble. Fuente elaboración propia. 54

Ilustración 16. Estrategia BIM aplicada. En este diagrama se visualizan las premisas metodológicas del proyecto. Fuente elaboración propia. 54

Tabla 4. Tabla de resultados de detección de conflictos generada por la herramienta Clash Detective de Autodesk Navisworks (licencia educativa). fuente elaboración propia. Ilustración 17. Estrategia BIM aplicada. En este diagrama se visualizan las premisas metodológicas del proyecto. Fuente elaboración propia. Ilustración . Proyecto PTAR Valle en el CDE Trimble. Fuente elaboración propia. 54

Ilustración 18. Propuesta de organización de la Empresa para la implementación de la metodología BIM. El esquema destaca la creación de nuevos roles (BIM Manager, Coordinador BIM y Líder de Diseño), así como la articulación de equipos internos y contratistas externos. Fuente elaboración propia Ilustración . Proyecto PTAR Valle en el CDE Trimble. Fuente elaboración propia. 54

Ilustración 19 Estrategia BIM aplicada. En este diagrama se visualizan las premisas metodológicas del proyecto. Fuente elaboración propia 57

Ilustración 20 . Imagen tomada de Navisworks representando entre los filtros percoladores y con los barrelos. Fuente elaboración propia 61

Ilustración 21 . Optimización del proceso mediante federación de modelos BIM. A la izquierda, el flujo original; a la derecha, el proceso mejorado: más robusto, coordinado y eficiente. Fuente: elaboración propia 62

Ilustración 22 Resultados de Madurez Bim. Fuente elaboración propia 64

11. Anexos

Anexo 1 Organizational BIM Assessment-Version LA COMPAÑIA PENN UNIV

Anexo 2 Documentos Anexos OIR AIR EIR BEP

Anexo 3 Indicadores Claves de rendimiento (KPI)

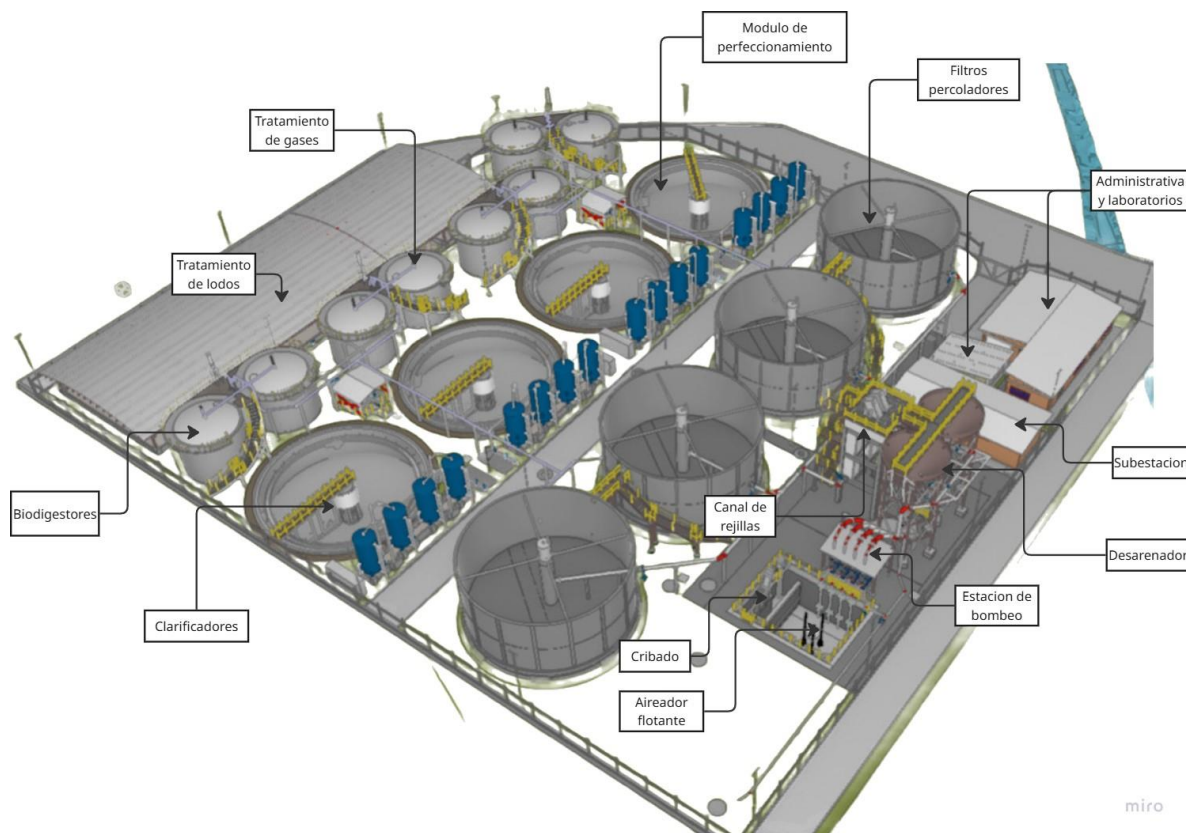
Anexo 1 Organizational BIM Assessment-Version LA COMPAÑIA

Planning Element	Description	Level of Maturity						Current Level	Target Level	Total Possible
		0 Non-Existent	1 Initial	2 Managed	3 Defined	4 Quantitatively Managed	5 Optimizing			
Strategy	the Mission, Vision, Goals, and Objectives, along with management support, BIM Champions, and BIM Planning Committee.							13	17	25
Organizational Mission and Goals	A mission is the fundamental purpose for existence of an organization. Goals are specific aims which the organization wishes to accomplish.	No organizational mission or goals	Basic organizational mission established	Established basic organizational goals	Organization mission which addressed purpose, services, values (at a minimum)	Goals are specific, measurable, attainable, relevant, and timely	Mission and goals are regularly revisited, maintained and updated (as necessary)	2	3	5
BIM Vision and Objectives	A vision is a picture of what an organization is striving to become. Objectives are specific tasks or steps that when accomplished move the organization toward their goals	No BIM vision or objectives defined	Basic BIM vision is establish	Established Basic BIM Objectives	BIM Vision address mission, strategy, and culture	BIM objectives are specific, measurable, attainable, relevant, and timely	Vision and objectives are regularly revisited, maintained and updated (as necessary)	2	3	5
Management Support	To what level does management support the BIM Planning Process	No management support	Limited support for feasibility study	Full Support for BIM Implementation with some resource commitment	Full support for BIM Implementation with appropriate resource commitment	Limited support for continuing efforts with a limited budget	Full support of continuing efforts	3	4	5
BIM Champion	A BIM Champion is a person who is technically skilled and motivated to guide an organization to improve their processes by pushing adoption, managing resistance to change and ensuring implementation of BIM	No BIM Champion	BIM Champion identified but limited time committed to BIM initiative	BIM Champion with adequate time commitment	Multiple BIM Champions with each working Group	Executive Level BIM Support Champion with limit time commitment	Executive-level BIM Champion working closely with working group champion	4	4	5
BIM Planning Committee	The BIM Planning Committee is responsible for developing the BIM strategy of the organization	No BIM Planning Committee established	Small Ad-hoc Committee with only those interested in BIM	BIM Committee is formalized but not inclusive of all operating units	Multi-disciplinary BIM Planning Committee established with members from all operative units	Planning Committee includes members for all level of the organization including executives	BIM Planning decisions are integrated with organizational Strategic Planning	2	3	5
BIM Uses	The specific methods of implementing BIM							4	6	10
Project Uses	The specific methods of implementing BIM on projects	No BIM Uses for Projects identified	Minimal owner requirements for BIM	Minimal BIM Uses required	Extensive use of BIM with limited sharing between parties	Extensive use of BIM with sharing between parties within project phase	Open sharing of BIM data across all parties and project phases	2	3	5
Operational Uses	The specific methods of implementing BIM within the organization	No BIM Uses for Operations identified	Record (As-Built) BIM model received by operations	Record BIM data imported or referenced for operational uses	BIM data manually maintained for operational uses	BIM data is directly integrated with operational systems	BIM data maintained with operational systems in Real-time	2	3	5
Process	The means by which the BIM Uses are accomplished							4	6	10
Project Processes	The documentation of External Project BIM Processes	No external project BIM processes documented	High-level BIM process documented for each party	Integrated high-level BIM process documented	Detailed BIM process documented for primary BIM Uses	Detailed BIM process documented for all BIM Uses	Detailed BIM process documented and regularly maintained and updated	2	3	5
Organizational Processes	The documentation of Internal Organizational BIM Processes	No internal organizational BIM processes documented	High-Level BIM process documented for each operating unit	Integrated high-level organizational process documented	Detailed BIM process documented for primary organizational Uses	Detailed BIM process documented for all BIM Uses	Detailed BIM Process documented and regularly maintained and updated	2	3	5

Planning Element	Description	Level of Maturity						Current Level	Target Level	Total Possible
		0 Non-Existent	1 Initial	2 Managed	3 Defined	4 Quantitatively Managed	5 Optimizing			
Information	Information Needs refer to Model Level of Development and Facility Data requirements							5	8	15
Model Element Breakdown (MEB)	Model Element Breakdown Structure are identifiers assigned to each physical or functional element in the breakdown of the facility model.	No consistent Organizational Model Element Breakdown	Organizational Model Element Breakdown defined but not uniform within entire organization	Organizational Model Element Breakdown is uniform within the organization	Organizational Model Element Breakdown aligned with industry standards	Organizational Model Element Breakdown updated along with industry standards	Organizational modifications to industry standard model element breakdown are balloted for inclusion in industry standards	1	2	5
Level of Development (LOD)	The Level of Development (LOD) describes the level of completeness to which a Model Element developed	No consistent Level of Development	LOD defined but not standardized within the entire organization	LOD standardized within the organization	Organizational LOD standards aligned with industry standards	Model View Definitions & Information Delivery Manuals are used to define LOD	Organizational modification to MVDs and IDMs are balloted for inclusion in industry standards	2	3	5
Facility Data	Facility Data is non-graphical information that can be attached to objects within the Model that defines various characteristics of the object	No consistent facility data requirement	Facility data defined but not internally standardized	Facility data defined and standardized within the organization	Organizational facility data attributes aligned with industry standards	Facility data attributes aligned with open standards	Facility data attributes updated with open standards	2	3	5
Infrastructure	Technological and physical systems needed for the operation of BIM with the organization.							8	12	15
Software	the programs and other operating information used by a computer to implement BIM	No BIM Software	Software capable of accepting BIM data	Basic BIM Software Systems	Advanced BIM software systems	All software systems available to all personnel	Program established for continuous updating of BIM software systems	3	4	5
Hardware	physical interconnections and devices required to store and execute (or run) BIM software	No Hardware capable of running BIM software	Some hardware capable of running basic BIM software	All Hardware Capable of Running Basic BIM Software	Some advanced hardware systems with the organization	All organization hardware is capable of running advanced BIM Software	Program established for continuous updating of BIM hardware systems	3	5	5
Physical Spaces	Functional areas within a facility used to properly implement BIM within the organization	No dedicated BIM space	Single workstation for viewing BIM data	Small Workspace for Collaborating with a screen large enough for multiple viewers	BIM room for collaborating with large screen viewing capability	Multiple collaborative workspaces within regular workspace	Program established for continuous updating of BIM spaces	2	3	5
Personnel	Human resources of an organization							12	16	25
Roles and Responsibilities	Roles are the primary function assumed by a person within the organization and Responsibilities are the tasks or obligations that one is required to do as part of that role.	No roles and responsibilities documented	BIM is the responsibility of the BIM Champion	BIM is the responsibility of the interdisciplinary BIM Group	BIM responsibility lies with each operating unit	BIM responsibility lies with each person	BIM Responsibilities are regularly reviewed to ensure they are properly distributed	2	3	5
Organizational Hierarchy	An arrangement of personnel and group into functional groups within the organization	Organizational Hierarchy does not address BIM	BIM Champion outside of typical organizational hierarchy	Small BIM Implementation Team outside the typical organization hierarchy	Large interdisciplinary BIM Group created	BIM Champion defined within each operating unit	BIM Implementation Team supports BIM Use within operating units	2	3	5
Education	Education is to formally instruct about a subject	No Education Program	Ad hoc education as needed	Formal Presentations on what is BIM and the Benefits is has for the organization	Regularly conducted employee education sessions	On-Demand education program established for the organization	Education is seamlessly improved through lessons learned within the organization	2	3	5
Training	Train is to teach so as to make fit, qualified, or proficient in a specific task or process	No Training Program	Training program run by vendors - only for necessary personnel	Internal Training program for all personnel that may interact with BIM	Regularly conducted and routine training programs	On-Demand training program established for the organization	Training is seamlessly improved through lessons learned within the organization	2	3	5
Change Readiness	The willingness and state preparedness of an organization to integrate BIM	No Change Readiness Awareness	Established need for BIM	Upper management buy-in	Operating unit buy-in	All individuals buy-in	Willingness to change is part of the culture of the organization	4	4	5
Totals	This is the total for all the categories. Note this does reflect maturity in all sections. While the organization could score high, there could be some key areas not implemented that could hinder the organizations BIM Implementation.							46	65	100

Anexo 2 . Documentos Anexos OIR AIR EIR BEP

Proyecto de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) / Potable (PTAP)



Nombre del Proyecto: [Planta de Tratamiento de Aguas Residuales]

Ubicación: Cali Colombia

Como documento anexo de la tesis: "PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN UNA EMPRESA COLOMBIANA DEDICADA AL DISEÑO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES"

Código de Documento: [Ej: BEP-PTAR-001]

Versión: [Ej: v1.0]

Fecha de Emisión: [10 de Noviembre 2025]

Elaborado por: ING. Carolina Escobar García

Revisado por: ING. Gustavo Escobar Marín

Contenido

1. Requisitos de Información Organizacional (OIR) - LA COMPAÑIA	5
1.1. Introducción	5
1.2. Alcance del OIR	5
1.1.1. Estación de Bombeo:.....	6
1.1.2. Pretratamiento	6
1.1.3. Tratamiento biológico	7
1.1.4. Sedimentación secundaria (clarificadores).....	7
1.1.5. Perfeccionamiento del efluente	8
1.1.6. Manejo de lodos	8
1.1.7. Redes de tuberías internas	8
1.1.8. Instalaciones electromecánicas	9
1.1.9. Infraestructura eléctrica y de control.....	9
1.1.10. Espacios de operación y mantenimiento (O&M).....	10
1.4. Objetivos Estratégicos y Necesidades de Información	10
1.5. Requisitos de Información Estratégica (OIR Específicos)	10
1.6. Requisitos de Formato y Entrega de Información	12
1.7. Roles y Responsabilidades Organizacionales	12
1.8. Mecanismos de Control, Calidad y Revisión	12
1.9. Seguridad de la Información y Accesos	13
1.10. Implementación y Cronograma Inicial de Actividades	13
1.11. Referencias (selección)	13
2. Requisitos de Información del Activo (AIR)	14
2.1. Introducción	14
2.2. Alcance del AIR	14
2.3. Objetivos del AIR	15
2.3.1. Requisitos de Información Específicos del Activo (AIR).....	15
2.3.2. Información General del Activo.....	15
2.3.3. Por Unidades Funcionales y Disciplinas	16
2.4. Requisitos de Formato y Entrega de Información	20
2.5. Entorno Común de Datos (CDE) para el AIM	21
2.6. Roles y Responsabilidades Organizacionales para el AIR	22
2.7. Control de Calidad y Revisión del AIR	22
2.8. Referencias	23

3. EIR – Exchange Information Requirements - Requisitos de Intercambio de Información	
25	
3.1. <i>Introducción</i>	25
3.2. <i>Alcance del Proyecto</i>	25
3.3. <i>Objetivos de la Información</i>	26
3.4. <i>Requisitos Organizativos</i>	26
3.5. <i>Requisitos de Información Técnica</i>	27
3.6. <i>Requisitos de Formatos y Entregables</i>	27
3.7. <i>Procesos de Colaboración</i>	28
3.8. <i>Requisitos de Calidad y Control</i>	28
3.9. <i>Requisitos de Seguridad y Acceso</i>	28
3.10. <i>Requisitos de Entregables y Cronograma</i>	29
3.11. <i>ROI y Beneficios Esperados</i>	29
3.12. <i>Referencias</i>	29
4. Plan de Ejecución BIM (BEP) Proyecto: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)	
30	
4.1. <i>Introducción</i>	30
4.2. <i>Información general del proyecto</i>	30
4.3. <i>Objetivos BIM del proyecto</i>	31
4.4. <i>Estrategia de implementación BIM</i>	31
4.5. <i>Estándares y protocolos</i>	31
4.6. <i>Entorno común de datos (CDE)</i>	32
4.7. <i>Roles y responsabilidades</i>	32
4.8. <i>Procedimientos de colaboración</i>	32
4.9. <i>Control de calidad del modelo</i>	33
4.10. <i>Plan de entregables</i>	33
4.11. <i>Gestión de riesgos y ROI</i>	33
4.12. <i>Anexos del BEP</i>	34
4.12.1. Matriz de control de calidad PTAR (Archivo Excel)	34
4.12.2. Matriz LOD por hitos y elementos PTAR (Archivo Excel)	36
4.12.3. Listado de actividades PTAR LA COMPAÑIA (Archivo Excel)	38
4.12.4. Actividades de verificación por hito (Proyecto PTAR) (Archivo Excel)	38
4.12.5. Matriz de permisos CDE Trimble PTAR	40
4.12.7. Nomenclatura de objetos y familias PTAR (Guía rápida Excel)	44

4.12.8.	Organización de carpetas del ambiente común de datos PTAR.....	45
4.12.9.	Lista de chequeo operativo, matriz RACI y chequeo resumido.....	46
4.12.10.	Evidencias gráficas del modelo BIM. – Evidencia Navisworks 1 – Modelos sin terreno (Archivo PDF)	47
4.12.11.	Evidencias gráficas del modelo BIM. – Evidencia Navisworks 2 – Modelos sin terreno y con reglas de exclusión de conflictos de tubería (Archivo PDF).....	48
5.	ANEXOS BEP	49



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Cali

1. Requisitos de Información Organizacional (OIR) - LA COMPAÑIA

1.1. Introducción

El presente documento establece los Requisitos de Información Organizacional (OIR) para LA COMPAÑIA, empresa con más de 31 años de experiencia en el diseño, construcción y operación de plantas de tratamiento de agua. Los OIR son especificaciones de alto nivel sobre la información necesaria para respaldar las decisiones estratégicas de la organización, la gestión del portafolio de proyectos y el ciclo de vida de los activos. Este documento se alinea con los principios de la Norma ISO 19650, proporcionando un marco para la gestión de la información en obras de edificación e ingeniería civil, incluyendo el Modelado de Información para la Construcción (BIM).

1.2. Alcance del OIR

Este OIR aplica al ámbito estratégico y gerencial de LA COMPAÑIA y establece las necesidades de información que deben cumplir los proyectos de PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales) diseñados por la organización. Incluye requerimientos para las fases de prefactibilidad, diseño (hasta LOD 300), entrega de información para licitación y la provisión del AIM (Asset Information Model) al cierre del proyecto. No cubre en detalle procedimientos operativos internos de campo.

1.1. Descripción de Componentes y Procesos (detalle técnico requerido)

A continuación, se describen con el nivel de detalle mínimo exigido para la toma de decisiones organizacionales, los principales componentes y procesos que conforman una PTAR y la información específica asociada que LA COMPAÑIA requiere a nivel organizacional.

1.1.1. Estación de Bombeo:

Descripción: Una estación de bombeo en una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) consiste en una estructura hidráulica generalmente un foso o cámara de bombeo— que recibe el caudal proveniente del colector de entrada y lo almacena temporalmente antes de ser impulsado hacia las unidades de tratamiento posteriores. Esta puede funcionar como un pozo húmedo (o pozo mojado), en el cual el nivel del agua se controla mediante dispositivos de medición y automatización para garantizar el bombeo eficiente y continuo del flujo de aguas residuales. Un Sistemas destinados a captar y elevar el afluente hacia la planta. Incluye pozos de bombeo, bombas centrífugas o sumergibles, tuberías de succión y descarga, válvulas de retención y accesorios.

Requisitos de información: caudal de diseño (m³/h), carga hidráulica (m.c.a.), curva fabricante de bombas, NPSH requerido, potencia instalada (kW), coordinación topográfica, tolerancias geométricas, ubicación en planta (coordenadas),etc.

Formato esperado: ficha técnica del equipo (PDF/RVT/IFC), modelo geométrico (LOD 300) y metadatos para AIM (vida útil, intervalos de mantenimiento).

1.1.2. Pretratamiento

Descripción: El pretratamiento es la etapa inicial en el proceso de depuración de las aguas residuales y tiene como objetivo remover los sólidos gruesos, arenas, grasas y aceites presentes en el afluente, con el fin de proteger y optimizar el funcionamiento de las unidades posteriores del sistema de tratamiento. Conformado por rejillas gruesas y finas, tornillo compactador, canales de desarenación, conos desarenadores y clasificador de arenas. Su función es remover sólidos gruesos y arena para proteger procesos posteriores.

Requisitos de información: dimensiones de canales, caudales de diseño, materiales de construcción, rendimiento de equipos (capacidad de desbaste), curvas y parámetros del equipo, puntos de inspección y acceso, etc.

Formato esperado: planos constructivos (PDF), familias Revit/IFC para equipos (LOD 300) y fichas técnicas para AIM.

1.1.3. Tratamiento biológico

Descripción: El tratamiento biológico utilizadas en plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) funcionan por la degradación biológica de la materia orgánica contenida en el agua residual mediante microorganismos aerobios adheridos a un medio soporte.

Implica medios filtrantes, soportes estructurales y sistemas de aireación.

Requisitos de información: áreas y volúmenes de los filtros, especificación de medios, relación carga superficial, necesidades de aireación (caudal y presión), tuberías de distribución, accesos de mantenimiento, etc.

Formato esperado: modelo detallado (LOD 350 recomendado para equipos electromecánicos), parámetros de rendimiento y manuales técnicos para AIM.

1.1.4. Sedimentación secundaria (clarificadores)

Descripción: Los clarificadores son unidades de sedimentación utilizadas en las plantas de tratamiento de aguas residuales para separar los sólidos suspendidos del agua mediante gravedad. Su función principal es permitir que las partículas más densas se depositen en el fondo como lodo, mientras el agua clarificada se recolecta en la parte superior. Clarificadores primarios o secundarios con geometría específica (fondo cónico, tambores, canales perimetrales) para la separación de lodos.

Requisitos de información: geometría en planta y sección (pendientes en mm), capacidad de retención, características de extracción de lodos, materiales, sellos de estanqueidad, etc.

Formato esperado: familia Revit/IFC con geometría precisa, planos de detalle y especificaciones para montaje.

1.1.5. Perfeccionamiento del efluente

Descripción: Etapas adicionales como filtros de pulido, módulos de retrolavado, lechos filtrantes y desinfección.

Requisitos de información: caudal tratado, secuencias de operación, requisitos de retrolavado, consumibles, y cronogramas de mantenimiento, etc.

Formato esperado: fichas técnicas, diagramas de procesos y metadatos para AIM.

1.1.6. Manejo de lodos

Descripción: Sistemas de digestión (anaerobia/aerobia), espesadores, bombas de lodos, sistemas de deshidratación (lechos de secado, centrifugas) y manejo de biogás si aplica.

Requisitos de información: volúmenes de digestión, tiempos de retención, parámetros de operación, manejo de gases, equipos de seguridad y medidas ambientales, etc.

Formato esperado: modelo y fichas técnicas con datos para planificación de mantenimiento y gestión ambiental.

1.1.7. Redes de tuberías internas

Descripción: Redes que conectan las distintas unidades (colector principal, impulsión, retorno de lodos, drenajes, gases).

Requisitos de información: diámetros nominales, materiales, pendientes, espesores, longitudes, puntos de unión, accesorios, coordenadas y trazas topográficas, etc.

Formato esperado: trazado en modelo (LOD 300), tablas de tuberías (XLSX/COBie) y especificaciones de montaje.

1.1.8. Instalaciones electromecánicas

Descripción: Bombas, sopladores, compresores, tornillos compactadores, agitadores y otros equipos rotativos y estáticos.

Requisitos de información: potencia, curvas operativas, rendimiento, fabricante, referencia del repuesto, conectividad eléctrica y requisitos de anclaje, etc.

Formato esperado: familias paramétricas (RVT/IFC), fichas técnicas y plan de repuestos para AIM.

1.1.9. Infraestructura eléctrica y de control

Descripción: Subestaciones, tableros de distribución, cableado, iluminación de emergencia, y sistemas de control (PLC/SCADA).

Requisitos de información: esquemas unifilares, carga instalada, autoría de tableros, configuración SCADA, puntos I/O, protocolos de comunicación, requerimientos de respaldo (autonomía), etc.

Formato esperado: diagramas eléctricos (PDF), modelos con ubicación de equipos y tablas de señales (COBie/Excel).

1.1.10. Espacios de operación y mantenimiento (O&M)

Descripción: Áreas administrativas, laboratorio, bodegas de repuestos, pasarelas y accesos para operación y mantenimiento seguro.

Requisitos de información: ergonomía de espacios, rutas de mantenimiento, puntos de acceso, capacidad de almacenamiento de repuestos y manuales operativos, etc.

Formato esperado: planos de operación, listas de activos y documentación vinculada al AIM.

1.4. Objetivos Estratégicos y Necesidades de Información

Los OIR de LA COMPAÑIA están orientados a soportar la toma de decisiones estratégicas y asegurar el cumplimiento de objetivos de negocio: competitividad, eficiencia operativa, estandarización, trazabilidad y capacidad de operación y mantenimiento.

1.5. Requisitos de Información Estratégica (OIR Específicos)

OIR 1: Rendimiento de proyectos

Necesidad: Evaluar la eficiencia de los proyectos de diseño y construcción de PTAR.

Información requerida: incidencias de diseño por fase, lista de reprocesos evitados y ahorros estimados.

Fuente: Modelos IFC/Revit (cantidades), CDE (registro de issues), actas de coordinación.

Frecuencia: Reporte quincenal durante ejecución; informe final al terminar el proyecto.

Responsable: BIM Manager, Coordinador BIM.

OIR 2: Estandarización de componentes y procesos

Necesidad: Construir librerías, plantillas o ensambles estandarizadas para replicabilidad y reducción de reprocesos.

Información requerida: familias Revit/IFC validadas, plantillas de modelado,

procedimientos estandarizados y criterios de calidad.

Fuente: CDE, repositorios internos, proveedores.

Frecuencia: Revisión Trimestral y actualización continua.

Responsable: BIM Manager, Coordinador BIM, Departamentos de Diseño y Construcción.

OIR 3: Gestión del conocimiento para operación y mantenimiento (AIM)

Necesidad: Proveer información útil y verificable para la operación y mantenimiento de activos.

Información requerida: fichas técnicas (vida útil, repuestos, intervalos de mantenimiento), manuales de operación, protocolos de seguridad, historial de intervenciones, etiquetas de activos y localización GPS si aplica, etc.

Formato y entrega: IFC + COBie o Excel estructurado con campos mínimos (AssetType, Manufacturer, Model, SerialNumber, InstallDate, MaintenanceSchedule, SparePartsList, Warranty).

Frecuencia: Entrega al cierre del proyecto; actualizaciones según intervenciones.

Responsable: BIM Manager, Departamento de Operación y Mantenimiento, Coordinador BIM.

OIR 4: Evaluación de capacidades y formación BIM

Necesidad: Monitorear competencias y dotación tecnológica para la transformación digital.

Información requerida: diagnósticos de madurez, registros de capacitación, perfiles de roles, inventario de licencias y hardware, indicadores de uso de CDE, etc.

Frecuencia: Evaluación anual; seguimiento continuo de formación.

Responsable: BIM Champion, BIM Manager, Gerencia.

1.6. Requisitos de Formato y Entrega de Información

- Modelos nativos: Revit (RVT) para trabajo interno.
- Formato de intercambio: IFC 4.0 como estándar para intercambio federado.
- Documentación: Planos en PDF, reportes en XLSX/CSV para cantidades y COBie/Excel para datos de activos.
- Entrega AIM: Modelo IFC + base de datos COBie o Excel estructurado al cierre del proyecto.
- Convenciones: Nomenclatura de archivos y codificación según BEP; metadatos mínimos definidos para cada tipo de activo.

1.7. Roles y Responsabilidades Organizacionales

Roles mínimos requeridos:

- BIM Champion: Liderazgo estratégico (Gerencia/Dirección Técnica).
- BIM Manager: Responsable de implementación, gobernanza y KPI.
- Coordinador BIM: Calidad del modelo y coordinación interdisciplinaria.
- Modeladores BIM: Producción de modelos por disciplina.
- Responsable CDE: Gestión de accesos, versiones y entregables.

1.8. Mecanismos de Control, Calidad y Revisión

- Revisión del OIR: Anual o ante cambios estratégicos significativos.
- KPIs: Reducción de errores en obra (30%), ahorro en coordinación (20%), ROI piloto (61.9%).
- Controles de calidad: Checklists por disciplina, Clash Detection obligatorio antes de hitos,

auditorías BIM mensuales por el Coordinador BIM.

- Gestión de incidencias: Registro y seguimiento en Trimble Connect; cierre validado por Coordinador BIM.
- Versiones y trazabilidad: Estructura de carpetas Reference, WIP, Shared, Published y Archive definida en el BEP.

1.9. Seguridad de la Información y Accesos

- Gestión de accesos: Permisos por rol definidos en el CDE (lectura, edición, aprobación).
- Protección de información sensible: Almacenamiento y control en Trimble Connect según políticas de la organización.
- Copias de seguridad: Procedimientos de backup y retención de datos establecidos en el plan de TI.

1.10. Implementación y Cronograma Inicial de Actividades

Fases y actividades iniciales sugeridas:

- Fase 0 – Diagnóstico y definición del Comité BIM (Mes 0).
- Fase 1 – Desarrollo de estándares y plantillas (Mes 1–3).
- Fase 2 – Procesos y procedimientos (Mes 2–6).
- Fase 3 – Ajustes y plan de movilización (Mes 6–12).

Las fechas exactas se definirán en el BEP y el cronograma del proyecto.

1.11. Referencias (selección)

American Psychological Association. (2019). Publication Manual of the American Psychological Association (7th ed.). <https://doi.org/10.1037/0000165-000>

International Organization for Standardization. (2018). ISO 19650: Organization and

digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM). Geneva: ISO.

buildingSMART International. (2020). Industry Foundation Classes (IFC) – ISO 16739.

Li, J. L., Chen, L. M., & Xu, H. (2021). Intelligent Construction, Operation, and Maintenance of a Large Wastewater-Treatment Plant Based on BIM. *Advances in Civil Engineering*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/6644937>

2. Requisitos de Información del Activo (AIR)

2.1. Introducción

El presente documento establece los **Requisitos de Información del Activo (AIR)** para **LA COMPAÑIA**, una empresa con una trayectoria de más de 28 años en el diseño, construcción y operación de plantas de tratamiento de agua. Los AIR definen la información necesaria para operar y mantener los activos una vez construidos. Su propósito es asegurar que la información generada durante las fases de diseño y construcción sea útil, accesible y verificable para la gestión eficiente del activo a lo largo de su ciclo de vida.

2.2. Alcance del AIR

Este AIR aplica a la información generada para todas las unidades funcionales y componentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) diseñadas por LA COMPAÑIA. Su enfoque principal es la provisión de información para las fases de **operación y mantenimiento** del activo. Incluye requerimientos para el **Modelo de Información del Activo (AIM)** al cierre del proyecto, que contendrá datos útiles para la gestión a largo plazo.

El nivel de desarrollo (LOD) del modelo se limita a **LOD 300** durante la fase de diseño, pero se busca que la información asociada a los elementos críticos alcance un **LOD**

350 para construcción y, en el AIM final, incorpore los metadatos necesarios para operación y mantenimiento, facilitando usos BIM 4D, 5D.

2.3. Objetivos del AIR

Los objetivos de este AIR son:

- **Facilitar la operación y mantenimiento eficiente:** Asegurar que los operadores de las PTAR tengan acceso a información precisa y actualizada sobre los componentes de la planta, sus características, historial y requisitos de mantenimiento.
- **Optimizar la vida útil de los activos:** Proporcionar datos clave para la planificación de mantenimientos preventivos y correctivos, la gestión de repuestos y la evaluación del rendimiento de los equipos, extendiendo la vida útil de la infraestructura.
- **Cumplir con la normativa:** Garantizar la disponibilidad de la documentación técnica y manuales de operación y mantenimiento exigidos por la legislación colombiana.
- **Mejorar la trazabilidad y estandarización:** Promover el uso de una nomenclatura uniforme y codificación de elementos clave en los modelos y bases de datos para una gestión documental clara.
- **Soportar decisiones de negocio a largo plazo:** Contribuir a los objetivos organizacionales de LA COMPAÑIA proporcionando datos para la evaluación de la viabilidad técnica y constructiva de futuros proyectos y para la estandarización de diseños.

2.3.1. Requisitos de Información Específicos del Activo (AIR)

La información requerida para la operación y mantenimiento de las PTAR, a ser incluida en los modelos BIM (AIM) y documentación asociada, se detalla por unidad funcional y disciplina:

2.3.2. Información General del Activo

- **Identificador único:** Código alfanumérico estandarizado para cada activo (ej., BOM-PTAR-001).
- **Tipo de activo:** Clasificación del equipo o componente (ej., Bomba Centrífuga, Filtro Percolador).
- **Ubicación:** Coordenadas GPS, nivel de elevación, zona funcional de la planta.
- **Fabricante y modelo:** Nombre del fabricante y referencia del modelo.
- **Número de serie:** Identificación única del equipo.
- **Fecha de instalación/puesta en servicio:** Fecha real de inicio de operación.
- **Vida útil esperada:** Estimación de la duración del componente.
- **Estado:** Operativo, en mantenimiento, fuera de servicio.
- **Garantía:** Período de garantía y condiciones del proveedor.

2.3.3. Por Unidades Funcionales y Disciplinas

2.3.3.1. Captación y Elevación (Estación de Bombeo)

- Bombas:
 - LOI: Caudal de diseño (m^3/h), carga hidráulica (m.c.a.), curva de rendimiento del fabricante, NPSH (Net Positive Suction Head) requerido, potencia instalada (kW), tipo de impulsor, material del cuerpo, eficiencia, proveedor, referencia del repuesto.
 - LOD: Modelo geométrico preciso (LOD 300) que incluya conexiones y anclajes, con metadatos para AIM (vida útil, intervalos de mantenimiento sugeridos).
- Tuberías de succión e impulsión:
 - LOI: Diámetro nominal, material (ej., acero al carbón, PVC), presión nominal, espesor de pared, longitud, accesorios (codos, tes, reducciones), puntos de unión, coordenadas, trazado topográfico.
 - LOD: Trazado en modelo (LOD 300).

- Válvulas:

- **LOI:** Diámetro nominal, presión nominal, material, tipo (compuerta, retención), fabricante, referencia de ficha técnica.

2.3.3.2. Pretratamiento (Rejillas, Tornillos, Desarenadores, Aeroflot)

- **Rejillas (gruesas y finas):**

- **LOI:** Separación de barras (mm), material, rendimiento de desbaste (kg/día), capacidad de flujo, puntos de inspección y acceso.

- **LOD:** Familias Revit/IFC para equipos (LOD 300).

- **Tornillo compactador:**

- **LOI:** Capacidad de compactación (m^3/h), potencia (kW), tipo de residuos que maneja, proveedor.

- **Canales y Conos Desarenadores:**

- **LOI:** Dimensiones (largo, ancho, profundidad), volumen (m^3), tipo de revestimiento, pendiente, frecuencia de limpieza recomendada, material de construcción, rendimiento de remoción de arena.

- **Clasificador de arenas y Aeroflot:**

- **LOI:** Parámetros de operación, capacidad de separación, aireación (caudal/presión).

2.3.3.3. Tratamiento Biológico (Filtros Percoladores, Biodigestores, Sistemas de Aireación)

- Filtros percoladores:

- **LOI:** Altura (m), diámetro (m), tipo de medio filtrante (rosetones/carcaféis), superficie de contacto, relación carga superficial ($m^3/m^2día$), necesidades de aireación (caudal y presión), proveedor, accesos de mantenimiento.

- LOD: Modelo detallado (LOD 350 recomendado para equipos críticos), incluyendo brazos rotatorios de distribución.
 - Biodigestores anaerobios:
 - LOI: Capacidad útil (m^3), material (concreto/acero), espesor de muro, presión de trabajo (kPa), volumen de digestión, tiempos de retención, parámetros de operación (temperatura), manejo de biogás (volumen generado, pureza), equipos de seguridad asociados (tea de gases), medidas ambientales.
 - LOD: Modelo estructural preciso con datos para planificación de mantenimiento y gestión ambiental.
 - Sistemas de aireación extendida:
 - LOI: Potencia de sopladores (kW), caudal de aire (m^3/h), eficiencia de transferencia de oxígeno, proveedor.
- 2.3.3.4. Sedimentación Secundaria (Clarificadores)**
- Clarificadores (circulares/piramidales):
 - LOI: Geometría en planta y sección, diámetro (m), profundidad (m), pendiente del fondo (mm), capacidad de retención de sólidos ($kg/m^2día$), características de extracción de lodos, materiales, sellos de estanqueidad, tambor central, canales periféricos, platinas dentadas.
 - LOD: Familia Revit/IFC con geometría precisa, planos de detalle y especificaciones para montaje.
 - Barrelos:
 - LOI: Tipo de sistema (raspador, succión), potencia del motor (kW), velocidad de giro, material, proveedor.

2.3.3.5. **Perfeccionamiento del Efluente (Módulos adicionales)**

- Filtros de pulido y módulos de retrolavado:

- LOI: Caudal tratado (m^3/h), secuencias de operación (tiempos de retrolavado), consumibles (productos químicos, medios filtrantes), cronogramas de mantenimiento.

- Materiales:

- LOI: Tipo de fibra de vidrio y PVC utilizados.

2.3.3.6. **Manejo de Lodos (Biodigestores, Lechos de Secado)**

- Lechos de secado:

- LOI: Área útil (m^2), profundidad (m), tipo de drenaje, material (ladrillo, grava), capacidad de deshidratación, frecuencia de limpieza y remoción de lodos secos.

- Bombas de lodos:

- LOI: Caudal, carga, tipo, proveedor, repuestos.

2.3.3.7. **Redes de Tuberías Internas**

- **LOI:** Diámetros nominales, materiales, pendientes, espesores, longitudes, puntos de unión, accesorios (codos, tees, válvulas), coordenadas y trazas topográficas.

- **LOD:** Trazado en modelo (LOD 300), con tablas de tuberías.

2.3.3.8. **Instalaciones Electromecánicas (Generales)**

- **LOI:** Potencia (kW/HP), curvas operativas, rendimiento, fabricante, referencia del repuesto, conectividad eléctrica, requisitos de anclaje, manuales de operación y mantenimiento, proveedor.

- **LOD:** Familias paramétricas (RVT/IFC) con fichas técnicas y plan de repuestos para AIM.

2.3.3.9. **Infraestructura Eléctrica y de Control**

- Subestaciones y tableros de distribución:

- **LOI:** Esquemas unifilares, carga instalada (kVA), tipo de tablero, fabricante, autoría del diseño, datos de protecciones, manuales.

- **LOD:** Modelos con ubicación de equipos y tablas de señales.

- **Planta eléctrica (grupo electrógeno):**

- **LOI:** Potencia (kVA), autonomía (horas), proveedor, ubicación técnica, requisitos de combustible y mantenimiento.

- **Sistemas de Control (PLC/SCADA):**

- **LOI:** Configuración SCADA, puntos de entrada/salida (I/O), protocolos de comunicación, licencias de software, requerimientos de respaldo.

- **Iluminación de emergencia:**

- **LOI:** Tipo de luminaria, autonomía, ubicación, proveedor.

2.3.3.10. **Espacios de Operación y Mantenimiento (O&M)**

- **Áreas administrativas, laboratorio, bodegas de repuestos:**

- **LOI:** Ergonomía de espacios, rutas de mantenimiento (accesos seguros, escaleras, pasarelas), puntos de acceso, capacidad de almacenamiento de repuestos, manuales operativos.

- **LOD:** Planos de operación, listas de activos y documentación vinculada al AIM.

2.4. Requisitos de Formato y Entrega de Información

- **Modelos nativos:** Los equipos de diseño internos trabajarán en **Revit (RVT)**.

- **Formato de intercambio: IFC 4.0** como estándar universal para el intercambio de modelos federados.

- **Documentación:** Planos de operación y mantenimiento en formato **PDF**. Reportes de cantidades, costos y datos de activos en **XLSX/CSV**. Para datos estructurados de activos, se utilizará el formato **COBie o Excel estructurado**.

- **Modelo AIM final:** Consistirá en el modelo IFC *as-built* más una base de datos (COBie o Excel estructurado) con la información detallada de operación y mantenimiento, entregado al cierre del proyecto.

- **Convenciones:** Se aplicará la **nomenclatura estandarizada** de archivos, vistas y familias. Los **metadatos mínimos** definidos para cada tipo de activo (AssetType, Manufacturer, Model, SerialNumber, InstallDate, MaintenanceSchedule, SparePartsList, Warranty) serán incorporados.

- **Trazabilidad:** Los **parámetros compartidos** identificarán el autor, disciplina, fase y fecha de creación. El historial de revisiones se mantendrá en el Entorno Común de Datos (CDE).

2.5. Entorno Común de Datos (CDE) para el AIM

Trimble Connect será la plataforma principal interna para la gestión del "Work In Progress" (WIP) y la coordinación. Para la información del AIM (Modelo de Información del Activo) y los entregables finales al cliente, se utilizará el CDE del cliente (si aplica, como ACC) o la sección "**Published**" y "**Archive**" de Trimble Connect para el almacenamiento a largo plazo .

La estructura de carpetas seguirá la norma ISO 19650: **Reference, WIP, Shared, Published, Archive, Project Resources**. La información del AIM residirá principalmente en las carpetas "Published" y "Archive", garantizando su accesibilidad para futuras

consultas y auditorías. La gestión de accesos y permisos se hará por roles para proteger la información sensible.

2.6. Roles y Responsabilidades Organizacionales para el AIR

- **BIM Manager:** Responsable de definir y controlar la estrategia BIM en los proyectos, incluyendo la articulación de los AIR en los EIR y BEP.
- **Coordinador BIM:** Asegura la calidad y coordinación interdisciplinaria de los modelos, validando que la información necesaria para el AIM esté correctamente integrada. Valida los cierres de incidencias en el CDE.
- **Modeladores BIM:** Construyen los modelos digitales de acuerdo con los criterios establecidos, asegurando la inclusión de los metadatos y la geometría requeridos para el AIM.
- **Departamento de Operación y Mantenimiento:** Será el principal usuario de la información del AIM y colaborará con el BIM Manager para definir los requisitos específicos de LOI.

2.7. Control de Calidad y Revisión del AIR

- **Revisiones periódicas:** El presente AIR se revisará anualmente o ante cambios significativos en los objetivos estratégicos de CGA SAS, la tecnología o la normativa.
- **Checklists:** Se usarán checklists específicos por disciplina para validar la inclusión y exactitud de la información del LOI en los modelos BIM antes de la entrega del AIM.
- **Auditorías BIM:** El Coordinador BIM realizará auditorías mensuales para asegurar el cumplimiento de los estándares y la calidad del modelo.

- **Trazabilidad:** El uso del CDE y la nomenclatura estandarizada garantizarán la trazabilidad de la información a lo largo del ciclo de vida del activo.

2.8. Referencias

Aguilar Zavaleta, J. P. (2024). *Impacto social de las dificultades encontradas en la adopción del BIM en empresas constructoras en Perú*. *Revista de Climatología*, 24, 1470–1479. <https://doi.org/10.59427/rcli/2024/v24cs.1470-1479>

American Psychological Association. (2019). *Publication Manual of the American Psychological Association* (7th ed.). <https://doi.org/10.1037/0000165-000>

BuildingSMART (2021). *Manual de nomenclatura de documentos al utilizar BIM*.

Camacol. (2020). *BIM KIT - Camacol*. <https://camacol.co/productividad-sectorial/digitalizacion/bim-forum/bim-kit>

Camacol. (2023). *ENCUESTA NACIONAL BIM 2023 | Camacol - Cámara Colombiana de la Construcción*. <https://camacol.co/actualidad/publicaciones/revista-urbana/conexion-bim/encuesta-nacional-bim-2023>

Carreño, Ú., Llempén, Z., & Miranda, A. M. (2023). *El impulso del sector público en la implementación de Building Information Modelling en países de América Latina*. <https://doi.org/10.18235/0004711>

Departamento Nacional de Planeación & Ministerio de Vivienda. (2020). *Estrategia Nacional BIM*.

International Organization for Standardization. (2018). *ISO 19650-1:2018 - Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles*.

Kankanamge, D., & Ruparathna, R. (2024). *Sustainable procurement of water supply infrastructure projects: a building information modeling-based approach*.

Sustainable and Resilient Infrastructure, 9(4), 349–366.

<https://doi.org/10.1080/23789689.2024.2327695>

Li, J. L., Chen, L. M., & Xu, H. (2021). *Intelligent Construction, Operation, and Maintenance of a Large Wastewater-Treatment Plant Based on BIM*. *Advances in Civil Engineering*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/6644937>

Martins, M. C. J., Silva, N. A. B., & Teixeira, E. K. da C. (2022). *Desafios da implementação do BIM em microempresas da indústria AEC*. *Research, Society and Development*, 11(2), e27811225737. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i2.25737>

Muñoz, S., Spain Ferrán Bermejo, buildingSMART, Calvo, J., Alejandro García, C., Javier García Montesinos, A., Luis Miguel Madruga, C., Barco, D. F. B. B., José Emilio Nogués, A., Ignacio García Galdón, A., & García, F. (2021). *Introducción a la serie EN ISO 19650*.

Valentina, P., Peña, D., Marcela, Á., & Andrade, C. (2024). *Análisis de la implementación de la metodología BIM: estudios de caso de proyectos de construcción*. *CITAS*, 10(2), 164–189. <https://doi.org/10.15332/24224529.10133>

3. EIR – Exchange Information Requirements - Requisitos de Intercambio de Información

3.1. Introducción

Este documento establece los Requisitos de Intercambio de Información (EIR) para el diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR Valle).

El objetivo es definir claramente qué información se debe producir, en qué formato, bajo qué estándares y con qué frecuencia, para garantizar una toma de decisiones informada durante el diseño, construcción y operación de la infraestructura.

El Building Information Modeling (BIM) es una metodología de trabajo colaborativa que centraliza la información en un modelo digital, mejorando la trazabilidad, control de procesos y comunicación efectiva.

Para LA COMPAÑIA, una empresa con más de 28 años de experiencia en el diseño, construcción y operación de plantas de tratamiento de agua, la implementación de BIM es crucial para mejorar la coordinación de diseño, anticipar problemas constructivos y optimizar costos y tiempos de obra.

Este EIR, junto con el BEP, formaliza la adopción de BIM para cumplir con los requisitos del cliente y alinearse con la Norma ISO 19650 (Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil).

3.2. Alcance del Proyecto

El proyecto contempla el diseño integral de una PTAR para el tratamiento de aguas residuales domésticas.

Incluye obras civiles e hidráulicas, unidades de tratamiento (captación, pretratamiento, tratamiento biológico, sedimentación secundaria, perfeccionamiento y manejo de lodos), redes de tuberías internas, instalaciones electromecánicas, infraestructura eléctrica y de

control, y espacios de operación y mantenimiento.

El alcance del estudio se limita a la fase de diseño, con un nivel de desarrollo (LOD) máximo de 300 definido en el BEP.

Esto permite evaluar la coordinación interdisciplinar y la generación de documentación técnica básica, sin abordar fases constructivas, operativas o de mantenimiento avanzadas.

El proyecto piloto fue la PTAR Valle, diseñada para 12.000 viviendas con dos trenes paralelos de tratamiento.

3.3. Objetivos de la Información

La información por intercambiar debe cumplir los siguientes propósitos, alineados con los objetivos BIM generales del proyecto:

1. Asegurar la coordinación interdisciplinar en fases tempranas del diseño.
2. Reducir reprocesos y conflictos durante la construcción mediante la detección temprana de interferencias.
3. Proveer información precisa y oportuna para licitación, construcción y operación.
4. Entregar un Modelo de Información del Activo (AIM) que contenga los datos requeridos para la operación y mantenimiento de la PTAR.
5. Optimizar la trazabilidad de la información y fortalecer la eficiencia en el desarrollo del diseño interdisciplinar.

3.4. Requisitos Organizativos

- Normativa de referencia: Se utilizará la Norma ISO 19650 y normas nacionales vigentes de diseño hidráulico, estructural, eléctrico y ambiental.
- Roles BIM: Según la Matriz RACI definida en el BEP (BIM Champion, BIM Manager, Coordinador BIM, Modelador BIM, Responsable CDE).

- Estrategia de colaboración: El Entorno Común de Datos (CDE) será Trimble Connect como plataforma principal interna para el "Work In Progress" (WIP). Se unificará con Dropbox internamente y se utilizará el CDE del cliente para información compartida.
- Ciclos de revisión: Reuniones de coordinación semanales y entregas de modelos IFC cada 15 días para revisión y aprobación.

3.5. Requisitos de Información Técnica

3.5.1. Niveles de Desarrollo (LOD/LOI)

- LOD 200: Representación conceptual con elementos genéricos.
- LOD 300: Estándar de entrega mínima definido en el BEP para esta fase.
- LOD 350: Referencia para construcción, aplicable en fases posteriores.

3.5.2. Usos BIM esperados

- Modelado 3D por disciplinas.
- Coordinación interdisciplinar (Clash Detection).
- Visualización del proyecto.
- Extracción de cantidades (5D).
- Modelo AIM para operación y mantenimiento (7D).

3.5.3. Información requerida por disciplina

Se detallan requerimientos para hidráulica, estructuras, mecánica, eléctrica e instrumentación y control, asegurando trazabilidad según lo definido en el BEP.

3.6. Requisitos de Formatos y Entregables

- Formatos de modelos: IFC 4.0 e RVT para modelos nativos.
- Documentación: PDF y XLSX.

- Modelo federado: Subido a Trimble Connect en cada hito.
- Modelo AIM final: Incluye IFC + base de datos COBie o Excel con activos para operación y mantenimiento.

3.7. Procesos de Colaboración

- Intercambio de modelos IFC: Cada 15 días.
- Reuniones de coordinación: Semanales, con actas.
- Gestión de incidencias: En Trimble Connect, con tableros de KPIs y validación por el Coordinador BIM.
- Ciclo de aprobación: Modelador → Coordinador BIM → Cliente (definido en el BEP).
- Flujo de trabajo BIM: Desde la definición de objetivos, desarrollo del BEP, modelado, coordinación interdisciplinar, hasta entrega final.

3.8. Requisitos de Calidad y Control

- Uso de checklists de control por disciplina.
- Validación de nomenclatura y metadatos según BEP.
- Clash detection obligatorio antes de cada entrega.
- Auditorías BIM mensuales por parte del Coordinador BIM.
- Revisiones semanales en Trimble Connect con reportes automáticos.

3.9. Requisitos de Seguridad y Acceso

- Acceso al CDE gestionado por el Coordinador BIM.
- Permisos basados en roles para carpetas (Reference, WIP, Shared, Published, Archive, Project Resources).
- Información sensible protegida en Trimble Connect.

3.10. Requisitos de Entregables y Cronograma

- Fase Conceptual (LOD 200).
- Fase de Coordinación (LOD 300).
- Fase Constructiva (LOD 350).
- Fase de Cierre: Modelo AIM.

El cronograma se definirá en el BEP, especificando hitos y entregas.

3.11. ROI y Beneficios Esperados

La adopción de BIM permitirá:

- Reducción de 20-30% en tiempos de diseño y coordinación.
- Disminución de 25-40% en errores en obra.
- Mayor trazabilidad y control de calidad de la información.
- ROI del 61.9% en el piloto de LA COMPAÑIA.

3.12. Referencias

International Organization for Standardization. (2018). ISO 19650: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM). Geneva: ISO.

buildingSMART International. (2020). Industry Foundation Classes (IFC) – ISO 16739.

NBIMS-US. (2015). National BIM Standard – United States Version 3.

4. Plan de Ejecución BIM (BEP)

Proyecto: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)

4.1. Introducción

El Plan de Ejecución BIM (BEP) es un instrumento clave en la gestión de la información, ya que define las estrategias, procesos, recursos, técnicas y sistemas necesarios para cumplir con los Requerimientos de Información del Cliente (EIR) y alinearse con la norma ISO 19650.

Para LA COMPAÑIA, empresa dedicada al diseño y construcción de plantas de tratamiento de agua, este documento busca formalizar la implementación de BIM en sus proyectos, con el fin de optimizar la coordinación interdisciplinaria, anticipar problemas constructivos, y garantizar la calidad de la información entregada.

4.2. Información general del proyecto

- Nombre del proyecto: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)
[Afueras de Cali]
- Ubicación: [Cali/Valle].
- Alcance: Diseño integral de la PTAR, limitado a fase de diseño con un máximo de LOD 300.
- Propósito: Entregar un diseño coordinado y optimizado, cumpliendo normativa ambiental y asegurando datos confiables.
- Partes interesadas: Cliente, empresa de diseño, coordinador BIM, consultores externos, contratistas, proveedores estratégicos.
- Requisitos del cliente (EIR): Objetivos BIM, usos por fase, formatos de entrega (RVT,

IFC, PDF), frecuencia de entregables, estructura del CDE, nomenclatura, codificación y control de revisiones.

4.3. Objetivos BIM del proyecto

1. Mejorar la coordinación interdisciplinaria en fases tempranas.
2. Reducir interferencias mediante detección de colisiones.
3. Estandarizar la información de equipos y tuberías.
4. Entregar modelos a nivel LOD 350 para construcción.
5. Proveer un Asset Information Model (AIM) para operación y mantenimiento.
6. Optimizar trazabilidad y eficiencia en el diseño interdisciplinario.

Usos BIM priorizados: modelado 3D, coordinación interdisciplinaria, documentación de construcción, visualización, extracción de cantidades, AIM.

Indicadores de éxito (KPIs): reducción del 30 % en errores de obra, ahorro del 20 % en coordinación, cumplimiento de cronogramas, ROI estimado en 61.9 %.

4.4. Estrategia de implementación BIM

- Nivel de madurez BIM: Nivel 2 (colaboración), conforme a ISO 19650.
- Entorno Común de Datos (CDE): Trimble Connect.
- LOD/LOI por fases: 200 (conceptual), 300 (coordinado), 350 (construcción).
- Beneficios esperados: reducción de reprocesos, ahorro en costos y optimización de horas de modelado.

4.5. Estándares y protocolos

- Normativa aplicable: ISO 19650, normas nacionales de diseño hidráulico, estructural, eléctrico y ambiental.
- Convenciones de modelado: nomenclatura estandarizada según BuildingSMART e ISO

19650.

- LOD/LOI por disciplina: Hidráulica y proceso (350), estructuras (300), mecánica (300), eléctrica e instrumentación (300).
- Librerías: familias Revit estandarizadas y objetos IFC.
- Trazabilidad: parámetros compartidos, historial de revisiones, tablas de control.

4.6. Entorno común de datos (CDE)

- Plataforma: Trimble Connect.
- Estructura de carpetas: Reference, WIP, Shared, Published, Archive, Project Resources.
- Gestión de incidencias: registro en CDE, responsables asignados, validación por coordinador BIM.
- Flujo de aprobación: Modelador → Coordinador BIM → Cliente.

4.7. Roles y responsabilidades

Definidos mediante matriz RACI:

- BIM Champion: dirección técnica.
- BIM Manager: define estrategia y procesos.
- Coordinador BIM: asegura calidad y coordinación interdisciplinaria.
- Modelador BIM: desarrolla modelos en Revit.
- Responsable CDE: administra permisos, entregas y trazabilidad.

4.8. Procedimientos de colaboración

- Reuniones de coordinación semanales.
- Intercambio de modelos IFC cada 15 días.

- Detección de colisiones con Navisworks o Trimble.
- Validación de entregables mediante checklists.

4.9. Control de calidad del modelo

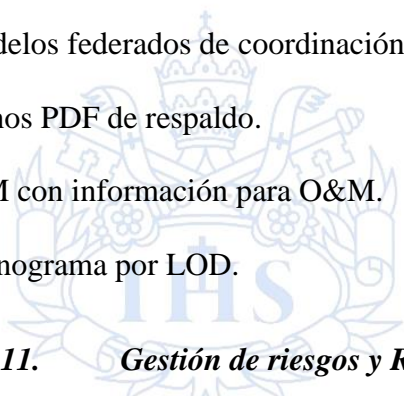
- Verificación de geometría y metadatos.
- Revisión cruzada entre disciplinas.
- Auditorías mensuales del coordinador BIM.
- Reportes automáticos de incidencias en Trimble Connect.

4.10. Plan de entregables

- Modelos IFC por disciplina y fase.
- Modelos federados de coordinación.
- Planos PDF de respaldo.
- AIM con información para O&M.
- Cronograma por LOD.

4.11. Gestión de riesgos y ROI

- Riesgos: cambios tardíos, baja adopción del CDE, inconsistencias de nomenclatura.
- Mitigación: capacitaciones, validaciones parciales, plantillas estandarizadas.
- ROI estimado: ahorro del 20–30 % en horas de coordinación y reducción del 25–40 % en errores en obra.



4.12. Anexos del BEP

4.12.1. Matriz de control de calidad PTAR (Archivo Excel)



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Cali

Anexo técnico para la tesis: Plan de implementación de la metodología BIM en una empresa colombiana dedicada al diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales

Categoría	Nº	Descripción del criterio técnico	LOD/LOI Nº esperado	Cumple (Sí/No)	Observaciones	¿Quién cumple?	Impacto si no cumple	Mediación recomendada	Frecuencia de control	Responsable final	Referencia (BEP/DIR/AIR/ OIR/Anexo)
Generalidades	1	El nombre del archivo sigue el protocolo de nomenclatura del BEP.	N/A			Modelador	Bajo	Revit - Propiedades de archivo	En cada hito	Líder de disciplina	BEP
Generalidades	2	El archivo maillado está separado del modelo federado (no se edita sobre el federado).	N/A			Coordinador BIM	Medio	Gestión de archivos / CDE	Previo a federado	Coordinador BIM	BEP / CDE
Generalidades	3	Referencias externas vigentes (topografía, desvíos, P&ID aprobados, layouts de planta).	200-300			Modelador / Consultor	Alto	Revit - Manage Links	Semanal	Líder de disciplina	EIR / AIR
Generalidades	4	El modelo cumple el LOD de la fase según BEP (Anexo 8.4).	Vé 8.4			Coordinador BIM	Alto	Revisión visual + auditoría LOD	En cada hito	QA	BEP / Anexo 8.4
Generalidades	5	La información no gráfica está parametrizada con etiquetas (no texto libre).	300+			Modelador	Medio	Revit - Tags / Schedules	Semanal	Líder de disciplina	BEP / AIR
Generalidades	6	Elementos cuentan con propiedades físicas mínimas (material, dimensión, código, clasificación).	300+			Modelador	Medio	Revit - Propiedades	Semanal	Líder de disciplina	AIR / BEP
Generalidades	7	Se usa el sistema internacional de unidades y símbolos de proyecto.	N/A			Modelador	Bajo	Revit - Units	En cada hito	QA	BEP
Coordenadas y localización	8	Coordenadas compartidas alineadas según BEP (marco de referencia y datum).	N/A			Topografía / Modelador	Alto	Revit - Shared Coordinates	Previo a federado	Coordinador BIM	BEP / OIR
Coordenadas y localización	9	Nota real del sitio corresponde con la topografía georreferenciada.	200+			Modelador / Topógrafo	Alto	Revit - Location	Previo a federado	QA	EIR
Errores frecuentes	10	No existen elementos fantasmas (fuera de límites o niveles).	N/A			Coordinador BIM	Medio	Revit - Section Boxes / Filters	Semanal	Coordinador BIM	BEP
Errores frecuentes	11	Grupos definidos correctamente (con nombre y tipo) y sin duplicados indeseados.	N/A			Modelador	Bajo	Revit - Groups	Semanal	Líder de disciplina	BEP
Errores frecuentes	12	No hay elementos flotantes o sin soporte.	300+			Coordinador BIM	Medio	Revit - Interferencias visuales	Semanal	Coordinador BIM	BEP
Errores frecuentes	13	No hay elementos duplicados (control de instancias y tipos).	N/A			Coordinador BIM	Alto	Navisworks / Revit - Schedule Check	Semanal	QA	BEP
Errores frecuentes	14	El modelo está libre de "warnings" críticos (reservas o instancias).	N/A			Modelador	Medio	Revit - Warnings	Semanal	Líder de disciplina	BEP
Niveles y ejes	15	Niveles coordinados con arquitectura/civil y monitorizados (Copy/Monitor).	200-300			Modelador estructura	Alto	Revit - Copy Monitor	Previo a federado	Coordinador BIM	BEP
Niveles y ejes	16	Ejes coordinados con arquitectura/civil y monitorizados (Copy/Monitor).	200-300			Modelador estructura	Alto	Revit - Copy Monitor	Previo a federado	Coordinador BIM	BEP
Vistas y documentación	17	Las vistas están correctamente clasificadas y nombradas (ej. View Template).	N/A			Modelador	Bajo	Revit - Properties / View Templates	Semanal	Líder de disciplina	BEP
Vistas y documentación	18	No hay vistas innecesarias en el navegador (Project Browser organizado).	N/A			Modelador	Bajo	Revit - Project Browser	Semanal	Líder de disciplina	BEP
Vistas y documentación	19	Elementos 2D (detalles) se usan solo según el LOD permitido en la fase.	200-300			Modelador	Medio	Revit - Element Analysis	En cada hito	QA	BEP / Anexo 8.4
Vistas y documentación	20	Vistas y planos entregables agrupados en conjunto específico para impresión/publicación.	N/A			Coordinador BIM	Bajo	Revit - Browser Organization	En cada hito	Coordinador BIM	BEP
Familias y objetos	21	Elementos usan clasificación (keynotes, códigos de montaje, IFC/BIM cuando aplica).	300+			Modelador	Medio	Revit - Keynotes	En cada hito	QA	AIR / BEP
Familias y objetos	22	Nomenclatura de familias según estándar interno y sin duplicidades.	N/A			Modelador	Bajo	Revit - Family Manager	Semanal	Líder de disciplina	BEP
Familias y objetos	23	Elementos complementarios no son genéricos; se modelan por categoría propia.	300+			Modelador	Medio	Revit - Revisión por categorías	Semanal	Líder de disciplina	BEP
Familias y objetos	24	Coincidencia dimensional con planos, P&ID y derivaciones de proyecto.	300+			Coordinador / Modelador	Alto	Revisión con planos 2D / P&ID	En cada hito	QA	EIR / AIR
Familias y objetos	25	Familias no están corruptas (errores internos, rotación o alidatadas).	N/A			Modelador	Alto	Revit - Audit	Previo a federado	QA	BEP
Estructura	26	Elementos de concreto tienen nombre según su descripción y BEP.	300+			Estructural	Alto	Revit - Naming Convention	En cada hito	Líder Estructural	AIR / EIR
Estructura	27	Elementos modelados según proceso constructivo y fases definidas.	300+			Estructural	Medio	Revisión por fases	En cada hito	Líder Estructural	BEP
Estructura	28	Phras y tags unidos correctamente (Join Geometry) y sin solapes.	300+			Estructural	Medio	Revit - Join	Semanal	Líder Estructural	BEP
Estructura	29	Elementos clasificados como "Estructurales" y con uso correcto.	300+			Estructural	Medio	Revit - Category Assignment	Semanal	QA	BEP
Estructura	30	Modelado con herramientas nativas, no en masa o genérico.	300+			Estructural	Medio	Revit - Element Type	Semanal	Líder Estructural	BEP
Proceso/Equipos	31	Equipos de proceso (bombas, sopadores, parrillas, decantadores, difusores) con códigos únicos y etiquetados si aplica.	300+			Proceso / Mecánico	Alto	Revit - Families / Shared Parameters	En cada hito	Líder Proceso	AIR / EIR
Proceso/Equipos	32	Ubicación y orientación de equipos según layouts y P&ID aprobados.	300+			Proceso / Mecánico	Alto	Revisión con P&ID	En cada hito	QA	EIR / BEP
Proceso/Equipos	33	Espacios de mantenimiento y maniobra respetados (Clearances).	300+			Proceso / Mecánico	Alto	Navisworks - Clash / Revit Clearance	Previo a federado	Coordinador BIM	EIR / BEP
Tuberías	34	Pendientes mínimas y direccionalidad conforme a diseño hidráulico.	300+			Piping / Hidráulica	Alto	Revit - Slopes / Systems	En cada hito	Líder Piping	EIR
Tuberías	35	Compatibilidad con P&ID (líneas, servicios, tamaños, materiales).	300+			Piping / Hidráulica	Alto	Revisión con P&ID	En cada hito	QA	EIR / AIR
Tuberías	36	Accesibilidad a válvulas, instrumentos y uniones desmontables.	300+			Piping / Hidráulica	Medio	Revisión espacial / Navisworks	Previo a federado	Coordinador BIM	EIR
Tuberías	37	Soportes modelados o reservados según fase (anchos, racks, bridas).	300+			Piping / Hidráulica	Medio	Revit - Pipe Supports (si aplica)	En cada hito	Líder Piping	AIR
Eléctrico	38	Tableros, canalizaciones y bandejas con rutas definidas, sin interferencias críticas.	300+			Eléctrico	Alto	Revit - Cable Trays / Conduits / Navisworks	Previo a federado	Líder Eléctrico	AIR
Eléctrico	39	Clasificación por circuitos y cargas principales coherente con la memoria de cálculo.	300+			Eléctrico	Medio	Revit - Systems / Schedules	En cada hito	QA	AIR
I&C	40	Instrumentos ubicados conforme a P&ID y con tamaño o (don/deriva).	300+			I&C	Alto	Revit / Listas de instrumentos	En cada hito	Líder I&C	EIR / AIR
I&C	41	Accesibilidad para mantenimiento y lectura de instrumentos (alturas, distancias).	300+			I&C	Medio	Revisión espacial	Previo a federado	Coordinador BIM	EIR
Civil/Hidráulica	42	Redes externas y drenajes coordinados con estructuras y valvedos.	300+			Civil	Alto	Civil3D / Revit / Navisworks	En cada hito	Líder Civil	EIR
Civil/Hidráulica	43	Cóns y pendientes de esplanaciones/plataformas acorde a topografía y diseño.	300+			Civil	Medio	Civil3D / Revit - Toposolid	En cada hito	QA	BEP
Seguridad y operación	44	Cumplimiento de pasillos de evacuación, barandas y protecciones donde aplica.	300+			Arquitectura / Civil	Alto	Revisión normativa / Revit	En cada hito	QA	EIR
Seguridad y operación	45	Símbolos y espacios para etiquetado en equipos pesados presurizados.	300+			Proceso / Mecánico	Medio	Revisión espacial	Previo a federado	Coordinador BIM	EIR
Coordinación	46	Revisión de interferencias entre disciplinas con conjunto de reglas acordado.	N/A			Coordinador BIM	Alto	Navisworks - Clash Detective	Previo a federado	Coordinador BIM	BEP / Anexo 8.5
Coordinación	47	Resolución/tracking de clashes con responsabilidad y fecha límite asignada.	N/A			Coordinador BIM	Alto	CDE / Tableros Karbon	Semanal	QA	BEP / CDE
Coordinación	48	Publicación IFC conforme a BEP (nomenclatura, zonas, propiedades).	N/A			Líder de disciplina	Medio	Export IFC / Solibri (si aplica)	En cada hito	Coordinador BIM	BEP
Datos y entregables	49	Parámetros compartidos y mapeo a CGM/IFC cuando aplica.	300+			Modelador	Medio	Schedules / IFC Mapping	En cada hito	QA	AIR / BEP
Datos y entregables	50	Cuadros de cantidades consistentes con el modelo y con filtros del BEP.	300+			Líder de disciplina	Alto	Revit - Schedules	En cada hito	QA	BEP

Matriz de Control de Calidad (Fase de Coordinación 3D)

Proyecto PTAR

Empresa: LA COMPAÑIA

Código del proyecto: _____

Nombre del proyecto: _____

Fecha de emisión: _____

Versión del documento: V1.0

Elaboró / Revisó: Coordinador BIM / QA

Propósito: Verificar que los modelos cumplan criterios mínimos de calidad para la coordinación multidisciplinar, conforme al LOD definido en el Anexo 8.4, las actividades del Anexo 8.5, y los requisitos del BEP, EIR, AIR y OIR aplicables para proyectos de PTAR. Esta matriz aplica a modelos entregados en los hitos de Coordinación 1, 2 y 3.

Alcance: Modelos de Arquitectura, Civil, Estructuras, Proceso/Equipos, Tuberías (hidráulicas y de proceso), Eléctrico, Instrumentación & Control (I&C/SCADA), Mecánico, Topografía/Geoespacial y Obras Complementarias. Alineado con ISO 19650 (LOIN/LOD), BIM Forum Colombia y normas APA para la documentación.

Leyenda y reglas de conteo:

- “Cumple (Sí/No)” se diligencia por hito. Los criterios marcados como N/A no se contabilizan en el porcentaje de cumplimiento.
- Frecuencia: En cada hito / Semanal / Previo a federado.
- Responsable final: Coordinador BIM / Líder de disciplina / QA.
- Referencia: Se indica el documento base (BEP, EIR, AIR, OIR) o anexo aplicable.

4.12.2. Matriz LOD por hitos y elementos PTAR (Archivo Excel)

Anexo técnico para la tesis: Plan de implementación de la metodología BIM en una empresa colombiana dedicada al diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales

Categoría / Disciplina	Elemento BIM	LOD Coordinación 1	LOD Coordinación 2	LOD Coordinación 3	Observaciones
Sitio / Topografía	Topografía, límites de sitio, vías de acceso, redes externas	200	300	300	Base georreferenciada según BEP. Incluye conexiones a redes externas.
Subestructura	Excavación, cimentaciones, muros de contención, estructuras hidráulicas	200	300	300	Validar compatibilidad con proceso (tanques, cámaras).
Estructura	Vigas, placas, columnas, cubiertas, muros de carga	200	300	300	Uniones correctas con arquitectura/civil (Anexo 8.3 ítems 28–29).
Arquitectura / Obras civiles	Divisiones, cubiertas, acabados mínimos, accesos, espacios de operación	200	300	350	Considerar normativa de seguridad y accesibilidad.
Proceso / Equipos PTAR	Bombas, sopladores, decantadores, difusores, rejillas, agitadores	200	300	350	Códigos únicos. Verificar con P&ID y catálogos de fabricante.
Tuberías de proceso / hidráulicas	Líneas principales, válvulas, accesorios, registros, soportes	200	300	350	Compatibles con P&ID. Revisar pendientes mínimas y accesibilidad a válvulas.
Eléctrico	Tableros, canalizaciones, bandejas, luminarias	200	300	350	Validar compatibilidad eléctrica y espacios de mantenimiento.
Instrumentación y Control (I&C/SCADA)	Sensores, medidores, lazos de control, gabinetes	200	300	350	Accesibilidad para mantenimiento. Identificación según P&ID.
Sistemas especiales	Seguridad, comunicaciones, detección de incendio (NFPA)	200	300	350	Cumplir normativa NFPA y APA.
Circulación / Seguridad	Escaleras, rampas, pasillos, barandas	200	300	300	Verificar recorridos de evacuación y accesibilidad universal.

Este anexo especifica el nivel de desarrollo geométrico (LOD) y las fases asociadas a cada elemento del modelo BIM en un proyecto de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). La matriz se organiza por disciplina y se alinea con los hitos de Coordinación 1, 2 y 3 del BEP. Sirve como instrumento de verificación técnica y control durante la revisión de modelos y asegura trazabilidad con:

- Validaciones técnicas (Anexo 4.11.3).
- Entregables de Coordinación (Anexo 4.11.5).
- Requisitos definidos en BEP, EIR, AIR y OIR.

4.12.3. Listado de actividades PTAR LA COMPAÑIA (Archivo Excel)

ID	Fase del Proyecto	Disciplina / Especialidad	Nombre de la Actividad	Entregable Asociado	Hito Relacionado	Información BIM Requerida	Responsable	Software / Herramienta BIM Sugerida
A01	Identificación de Terreno	Topografía	Levantamiento topográfico	Informe topográfico y plano georreferenciado	Primera Entrega (1-may)	N/A (previo a modelado)	Topografía / Consultor	Civil 3D, Revit (plantilla topográfica)
A02	Identificación de Terreno	Estudio de Suelos	Informe geotécnico	Informe final de suelos	Primera Entrega (15-may)	N/A	Geotécnico	Geostudio, Excel, PDF
A03	Estudios y Diseños	Proceso (P&ID)	Modelado preliminar de equipos y diagramas de proceso	Diagramas P&ID validados	Coordinación 1 (1-may)	LOD 100 (esquemas, caudales, conexiones)	Equipo Proceso	AutoCAD P&ID, Plant 3D
A04	Estudios y Diseños	Arquitectura / Obras Civiles	Anteproyecto arquitectónico y de espacios	Modelo Arq. LOD 100	Coordinación 1 (1-may)	LOD 100 (volumetría, usos, espacios)	Equipo Arquitectura	Revit, Trimble Connect
A05	Estudios y Diseños	Estructural	Diseño estructural básico y obras hidráulicas	Modelo Estr. LOD 100	Coordinación 1 (1-may)	LOD 100 (estructuras principales, tanques)	Estructural	Revit, Robot
A06	Estudios y Diseños	Tuberías de Proceso	Modelado de redes hidráulicas y de proceso	Modelo de tuberías LOD 200	Coordinación 2 (15-may)	LOD 200 (pendientes, diámetros, válvulas)	Hidráulico / Proceso	Revit MEP, Plant 3D
A07	Estudios y Diseños	Eléctrico	Diseño y modelado eléctrico	Modelo eléctrico LOD 200	Coordinación 2 (15-may)	LOD 200 (tableros, bandejas, luminarias)	Eléctrico	Revit, Dialux
A08	Estudios y Diseños	Instrumentación y Control (I&C/SCADA)	Modelado de sensores, medidores y lazos	Modelo I&C LOD 200	Coordinación 2 (15-may)	LOD 200 (instrumentos básicos, puntos de control)	I&C / Automatización	Revit
A09	Estudios y Diseños	Contra Incendio y Seguridad	Diseño de red contra incendio y seguridad	Modelo RCI LOD 200	Coordinación 2 (15-may)	LOD 200 (rociadores, hidrantes, bombas contra incendio)	Especialistas RCI	Revit
A10	Coordinación Técnica	BIM Coordinación	Integración de modelos disciplinares	Modelo federado LOD 300	Coordinación 3 (15-jun)	LOD 300 (modelo federado, interferencias)	Coordinador BIM	Revit, Navisworks, Trimble Connect
A11	Coordinación Técnica	BIM QA/QC	Clash detection y control de calidad	Informe de colisiones y reportes QA/QC	Coordinación 3 (15-jun)	LOD 300 + parámetros de control	Coordinador BIM	Navisworks Manage
A12	Implementación	Planificación de cantidades	Cuadro de metrados y simulación constructiva	Presupuesto preliminar	Coordinación 3 (15-jun)	LOD 300 + parámetros cuantificables	Coordinador BIM + PM	Revit + Navisworks
A13	Implementación	Presupuesto y Especificaciones	APU + Especificaciones técnicas	Archivo Excel + Documento técnico	Presupuesto final (15-jul)	LOD 350 (información detallada)	PM + Costos	Presupuesto, Excel
A14	Implementación / Entrega Final	As-Built BIM / O&M	Modelos revisados, VºBº, exportación COBie/IFC	Entrega final (15-ago)	LOD 350+	LOD 350+ (conforme a obra, datos O&M)	Coordinador BIM + Cliente	Revit, Navisworks, Trimble Connect, IFC/COBie plugins

4.12.4. Actividades de verificación por hito (Proyecto PTAR) (Archivo Excel)

Anexo técnico para la tesis: Plan de implementación de la metodología BIM en una empresa colombiana dedicada al diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales

Hito	Actividades principales de verificación	Responsables	Referencia (Anexo/BEP)
Coordinación 1 (LOD 200)	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar estructura del archivo, nomenclatura y ubicación en CDE. - Validar georreferenciación y coordenadas compartidas. - Confirmar modelos de contexto: topografía, límites, accesos, excavación preliminar. - Revisión inicial de equipos de proceso y líneas principales según P&ID. - Revisión preliminar de estructuras y espacios arquitectónicos. - Identificación temprana de interferencias mayores. 	Modeladores de cada disciplina + Coordinador BIM	Anexo 4.11.3 ítems 1–10, Anexo 4.11.4 LOD 200, BEP sección de coordinación inicial
Coordinación 2 (LOD 300)	<ul style="list-style-type: none"> - Confirmar desarrollo geométrico de elementos principales (estructuras, equipos, tuberías, arquitectura). - Verificar propiedades mínimas en elementos (materiales, dimensiones, códigos). - Revisión detallada de redes MEP y eléctricas. - Validación de la accesibilidad a válvulas, tableros y equipos. - Clash detection preliminar inter-disciplinar. - Revisión de información no gráfica (parámetros, clasificación). 	Coordinador BIM + Líderes disciplinares	Anexo 4.11.3 ítems 11–20, Anexo 4.11.4 LOD 300, BEP sección validaciones intermedias
Coordinación 3 (LOD 350)	<ul style="list-style-type: none"> - Verificación dimensional y de constructibilidad (detalles de uniones, soportes, fundaciones). - Clash detection avanzado: cruces críticos entre disciplinas. - Validación de alineación con P&ID de proceso. - Revisión de accesibilidad y mantenibilidad de equipos e instrumentos. - Confirmar compatibilidad eléctrica, hidráulica y estructural. - Consolidación de vistas y planos entregables en el CDE. 	Coordinador BIM + Equipo QA/QC	Anexo 4.11.3 ítems 21–30, Anexo 4.11.4 LOD 350, BEP sección coordinación avanzada
Entrega Final IFC (LOD 350+ / conforme a obra)	<ul style="list-style-type: none"> - Validación final de modelos federados. - Confirmación de consistencia entre modelo y planos IFC. - Revisión de metadatos, clasificación y cumplimiento COBie/IFC. - Revisión de cumplimiento normativo (ISO 19650, BIM Forum Colombia, NFPA, APA). - Consolidación de informe final de coordinación y lecciones aprendidas. 	Coordinador BIM + Supervisor / Cliente	BEP sección entregables finales, OIR/AIR/EIR vinculados

Este anexo establece las actividades de verificación asociadas a cada hito de coordinación del proyecto PTAR. Las actividades garantizan que los modelos BIM cumplan los niveles de desarrollo (LOD) definidos en el Anexo 8.4 y los criterios de control de calidad especificados en el Anexo 8.3. El seguimiento se realiza en los hitos de Coordinación 1, 2, 3 y en la entrega final (IFC).

4.12.5. Matriz de permisos CDE Trimble PTAR

Nivel	Codigo	Carpeta	GER	CRD	JDP	TOP	GEO	ARQ	EST	HDR	ELE	MEC	HGS	PTO
1 InformacionReferencia	1.01	RequisitosClienteInstitucional	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1 InformacionReferencia	1.02	MarcoNormativoProyecto	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1 InformacionReferencia	1.03	Estudios preliminares	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1 InformacionReferencia	1.04	Correspondencia	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1 InformacionReferencia	1.04.01	DocumentosRecibidos	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1 InformacionReferencia	1.04.02	DocumentosEnviados	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2 WIP	2.01	Diagnostico	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 WIP	2.02	SitioTopografia	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
2 WIP	2.03	Suelos	2	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0
2 WIP	2.04	Arquitectura	2	2	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0
2 WIP	2.05	Estructura	2	2	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0
2 WIP	2.06	Hidrosanitario PTAR	2	2	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0
2 WIP	2.07	Electrico	2	2	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0
2 WIP	2.08	Mecanico	2	2	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0
2 WIP	2.09	GasNatural	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0
2 WIP	2.10	Ambiental	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0
2 WIP	2.11	ModeloFederado Preliminar	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 WIP	2.12	PresupuestoProgramacion Preliminar	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
2 WIP	2.13	Coordinacion3D Preliminar	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 WIP	2.14	DocumentosGeneralesTrabajo	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 Shared	3.01	Diagnostico	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3 Shared	3.02	SitioTopografia	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
3 Shared	3.03	Suelos	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1
3 Shared	3.04	Arquitectura	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1
3 Shared	3.05	Estructura	2	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1
3 Shared	3.06	Hidrosanitario PTAR	2	2	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1
3 Shared	3.07	Electrico	2	2	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1
3 Shared	3.08	Mecanico	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1
3 Shared	3.09	GasNatural	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1
3 Shared	3.10	Ambiental	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1
3 Shared	3.11	ModeloFederado Coordinado	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3 Shared	3.12	PresupuestoProgramacion Validada	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2
3 Shared	3.13	Coordinacion3D Validada	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3 Shared	3.14	DocumentosGeneralesCompartidos	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3 Shared	3.15	Comites	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3 Shared	3.16	AjustesObservaciones	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4 Published	4.01	Diagnostico	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4 Published	4.02	SitioTopografia	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4 Published	4.03	Suelos	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4 Published	4.04	Arquitectura	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4 Published	4.05	Estructura	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4 Published	4.06	Hidrosanitario PTAR	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4 Published	4.07	Electrico	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4 Published	4.08	Mecanico	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4 Published	4.09	GasNatural	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4 Published	4.10	Ambiental	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4 Published	4.11	ModeloFederado Publicado	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4 Published	4.12	PresupuestoProgramacion Aprobada	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4 Published	4.13	Coordinacion3D Final	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4 Published	4.14	DocumentosGeneralesFinales	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4 Published	4.15	AsBult	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5 PlantillasFormatos	5.01	Diagnostico Plantillas	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5 PlantillasFormatos	5.02.01	BEP EIR	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5 PlantillasFormatos	5.02.02	GuiasBIM Proyecto	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5 PlantillasFormatos	5.03.01	Biblioteca FamiliasEspecificas	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5 PlantillasFormatos	5.03.02	Biblioteca FabricantesProveedores	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5 PlantillasFormatos	5.04	Automatizacion Scripts	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5 PlantillasFormatos	5.05	DocumentosGenerales	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Roles y siglas de los participantes

GER – Gerencia del Proyecto

CRD – Coordinación BIM

JDP – Jefe de Proyecto

TOP – Topografía

GEO – Geología y Suelos

ARQ – Arquitectura

EST – Estructura

HDR – Hidrosanitario / PTAR

ELE – Eléctrico

MEC – Mecánico

HGS – Biológico / Gas / Ambiental

PTO – Presupuesto y Programación

Convención de Niveles de Permiso

0 = Sin acceso → El usuario no puede visualizar ni descargar información.

1 = Solo lectura → El usuario puede visualizar y descargar documentos, pero no modificarlos.

2 = Acceso administrador → El usuario puede crear, modificar y administrar archivos en la carpeta correspondiente.

Descripción de la Matriz de Permisos en Trimble Connect

La Matriz de Permisos CDE define los niveles de acceso de cada rol dentro del Entorno Común de Datos (CDE) del proyecto, siguiendo la estructura propuesta por la norma ISO 19650.

En Trimble Connect, esta matriz asegura que:

Cada disciplina trabaje únicamente en sus propios modelos dentro de WIP, evitando interferencias en la información de otros.

La colaboración se realice en el entorno Shared, donde los modelos se comparten de manera controlada para coordinación.

La información consolidada y validada se publique en el entorno Published, disponible para revisión del cliente y usos finales.

Se garantice la seguridad de la información, trazabilidad y control de versiones, optimizando la comunicación entre todos los actores del proyecto.

4.12.6. Guía de nombramiento de archivo PTAR (Archivo Excel)

Nomenclatura		PROYECTO	ORIGINADOR	PAQUETE TRABAJO / VOLUMEN	LOCALIZACIÓN	SERIE / TIPO DE DOCUMENTO	DISCIPLINA	NUMERO CONSECUTIVO				
Para copiar:		003-VPE-ET2-YYY-M3D-TOP-001	003	VPE	ET2	YYY	M3D	TOP	001			
<p>Seleccione en cada lista desplegable el valor deseado para el campo de la nomenclatura. Complete las matrices siguientes con la información que se mostrará en dichas listas. Para definir estos valores, tenga en cuenta los Requerimientos de Información de la Organización (OIR), los Requerimientos de Intercambio de Información (IIR)</p>												
NOMENCLATURA												
Proyecto	Código	Origenador	Código	Sistema / Volumen / Paquete	Código	Localización/Nivel	Sigla	Tipo de Documento	Tipos - Sigla	Perfil / Disciplina	Nivel	Sigla
Proyecto 1	001			Sin clasificar	000	Sin clasificar	000	Sin clasificar	000	GENERAL	GENERAL	000
Proyecto 2	002			Múltiples volúmenes	Y11	Múltiples localizaciones	Y11	Varios tipos de documento	Y11	Múltiples disciplinas	GENERAL	Y11
Proyecto 3	003			Sin volúmenes	Z22	Sin localización	Z22	Otro tipo de documento	Z22	GENERAL	GENERAL	Z22
Proyecto 4	004			Fase 1	F01	Fase 1	F01	Acta	ACT	Arquitectura	DISCIPLINA NIVEL 1	ARQ
Proyecto 5	005			España 1	E11	Fase 2	F02	Acta de garantía	ACT	Sober	DISCIPLINA NIVEL 1	SOB
Proyecto 6	006			Unidad constructiva 1	UC1	Zona 1	Z01	Acta de inspección	AN	Caractería	DISCIPLINA NIVEL 1	CUP
Proyecto 7	007			Edificio 1	E01	Sistema 2	S02	Acta de evaluación	AFE	Sober, Arquitectónico	DISCIPLINA NIVEL 1	SOB
Proyecto 8	008			Tamaño 1	T01	Tamaño 1	T01	Acta de renovación	ARF	Emocional	DISCIPLINA NIVEL 1	EST
				Integración 1	I01	Nivel 2	N02	Acta de recepción	ARE	General	DISCIPLINA NIVEL 1	GEN
				Tamaño 2	T02	Nivel 2	N02	Acta de recepción provisional	ARF	Instalaciones/Idoneidad	DISCIPLINA NIVEL 1	IDR
				Tamaño 3	T03	Sistema 1	S01	Acta de replanteo	ARL	Intelecto	DISCIPLINA NIVEL 1	INT
				Sistema 2	S02	Nivel 1	N01	Acta de intención	ANI	Intero	DISCIPLINA NIVEL 1	INT
				Sección 1	S01	Sección 1	S01	Acta de visita	AVI	Instalaciones Mecánicas	DISCIPLINA NIVEL 1	MEC
				Sección 2	S02	Sección 2	S02	Building Information Modeling	BIM	BIM	DISCIPLINA NIVEL 1	BIM
				Sección 3	S03	Sección 3	S03	Modelo de información propietario	MP	Recurso	DISCIPLINA NIVEL 1	REC
				Libramiento	URB			Modelo de información OpenBIM	MIO	Telecomunicaciones	DISCIPLINA NIVEL 1	TEL
				Vegetación	VED			Modelo de planos	MSP	Urbanismo	DISCIPLINA NIVEL 1	URB
				España 2	ET2			Modelo de estado	MFD	Construcción	DISCIPLINA NIVEL 1	CON
								Modelo de Puntos	MFL	Medios Peligrosos	DISCIPLINA NIVEL 1	MPO
								Objeto BIM	OBJ	Diseñados y Especialistas	DISCIPLINA NIVEL 1	DES
								Plan de ejecución BIM	PEB	Planos de seguridad del constructo	DISCIPLINA NIVEL 1	PSI
								Requerimiento de información de la organización	OIR	Consultor MEP	DISCIPLINA NIVEL 1	MEP
								Requerimiento de información del cliente	ARC	Consultores	DISCIPLINA NIVEL 1	CON
								Requerimiento de intercambio de información	RII	Consultor Ambiental	DISCIPLINA NIVEL 2	VAB
								Requerimiento de información del proyecto	RIP	Consultor Arquitectónico	DISCIPLINA NIVEL 2	VAR
								Programa general de desarrollo de la	MD	Consultor Agrícola	DISCIPLINA NIVEL 2	VAD
								Plan de desarrollo de información (DEI)	MDP	Consultor Ambiental	DISCIPLINA NIVEL 2	TAC
								Programa de desarrollo de la información de una tarea (ITE)	TD	Consultor Sociológica	DISCIPLINA NIVEL 2	VSI
								Registro de incidencias de modelo	RIM	Diseño Basecar	DISCIPLINA NIVEL 2	VBS
								Plan de gestión de la seguridad de la información	PGSI	Consultor Cameroteo	DISCIPLINA NIVEL 2	VCS
								Comunicación	COM	Consultor Forestal	DISCIPLINA NIVEL 2	VFR
								Cata	CAT	Consultor de suelos Geotecnia	DISCIPLINA NIVEL 2	GEO

Con referencias del BIM Kit se crea un archivo que permita recoger aquellas categorías que puedan aplicarse según el componente de la ISO 19650. Esto permite agilizar y darle una mayor consistencia al nombramiento de archivos. Así mismo se complementa con la consignación de los MIDP.

Anexo técnico para la tesis: Plan de implementación de la metodología BIM en una empresa colombiana dedicada al diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales

Plan Maestro de Entrega de Información (MIDP)													Desarrollado por:		
<p>A continuación se muestra una explicación de cómo llenar cada columna:</p> <ul style="list-style-type: none"> ID / Entrega: número de referencia para ayudar a identificar información al crear el plan de entrega de información. Título entregable: título resumido y claro del entregable. Se sugiere que esté alineado con la descripción del entregable dentro del Ambiente Común de Datos (CDE) Descripción adicional: información adicional sobre el entregable. Paquete de trabajo: si la información pertenece a un paquete de trabajo específico, (Opcional) Tamaño de hoja: tamaño previsto de hoja/impresión del contenedor de información. Por ejemplo, un informe puede ser A4, pero un plan GA debe ser A1. Esto también ayudará a comprender cierta escala de información, 1:500@A1.(Opcional) Escala: escala de la información representada. Formato de Intercambio: formato en el cual se entrega la información. Nomenclatura: se divide estos campos que permiten identificar la información. Asegúrese de que estos campos estén actualizados para cumplir con sus requisitos. Nombre del entregable: esto se rellena automáticamente a partir de los campos de identificación de la información de la nomenclatura. Hito de entrega de información: fecha de presentación acordada y el responsable de la presentación de cada entregable. 															Hito d
Nomenclatura															
ID / Referencia	Título Entregable	Descripción adicional	Paquete de trabajo (Opcional)	Tamaño (Opcional)	Escala (Opcional)	Formato de intercambio	Código de proyecto	Origenador	Paquete de trabajo / volumen	Nivel / Localización	Serie / Tipo de documento	Disciplina / sistema	Numero Conservativo	Nombre del Entregable	Fecha de entrega
	PlantaSotano	PlantaSotano	Torne 1	A1	1:1500	PDF	006	HFA	ET2	XXX	PM	ARQ	100	006-HFA-ET2-XXX-PM-ARQ-100	28/09/2022
	DiseñoGeometricoTramo1	Contiene curvas, secciones y plantas de la vía	Tramo 1	A1	1:1500	Dwg CSD y PDF/A	001PR1	CT2	TMS	PG2	APA	COS	101	001PR1-CT2-TMS-PG2-APA-COS-101	28/09/2022



Pontificia Universidad
JAVERIANA
 Cali

4.12.7. Nomenclatura de objetos y familias PTAR (Guía rápida Excel)

Estructura		
Elemento	Estructura del nombre	Ejemplo
Pilares	Marca de Tipo / Material / Sección / Altura	PI4/HA-30/P/40/I/45x45x350
Vigas	Marca de Tipo / Material / Ancho x Alto x Largo	V8/HA-25/P/20/I/60x30x500
Cimentaciones	Marca de Tipo / Material / Largo x Ancho x Alto	Z5/HA-35/P/40/II/150x150x75
Muros	Marca de Tipo / Clase / Grosor / Materiales	M1/FCH/19cm/11.LD.MAZ+1.MOR.CEM+7.AIS.LNMR
Arquitectura		
Elemento	Estructura del nombre	Ejemplo
Puertas	Marca de Tipo / Apertura / N° de Hojas / Material / Cerradura / Clasificación / Ancho x Alto	P4/ABAT/1H/MAD.CSTÑ/C2/EI-90/72x212
Ventanas	Marca de Tipo / Apertura / N° de Hojas / Material / Persiana / Ancho x Alto	V3/OSC/2H/ALU.LCD/PER.MN/200x200
Suelos	Marca de Tipo / Clase / Grosor / Materiales	S1/INT/10cm/8.MOR.CEM+8.PAV.LAM2.5x120
Cubiertas	Marca de Tipo / Clase / Materiales	C6/NOTRAN/7.GRV.LVD40+0.5.IVP.GEO80+8.AIS.XPS
Proceso / Hidráulica (Propios de PTAR)		
Elemento	Estructura del nombre	Ejemplo
Tanques	Marca de Tipo / Uso / Material / Dimensiones	TQ1/REACTOR/RC/HORM/15x8x6
Digestores	Marca de Tipo / Uso / Material / Dimensiones	DG2/ANAER/HORM/12x12x10
Clarificadores	Marca de Tipo / Uso / Material / Diámetro x Altura	CL3/SEC/RC/HORM/Ø2.5x5
Rejas	Marca de Tipo / Clase / Material / Dimensiones	RJ1/GROSA/AC.INOX/3mm/2x2
Bombas	Marca de Tipo / Fluido / Fabricante / Modelo / Caudal	BMB1/AGUA/SULZER/ABS10/50LPS
Instrumentación y Control		
Elemento	Estructura del nombre	Ejemplo
Sensores	Marca de Tipo / Variable / Fabricante / Modelo / Rango	S1/PH/ENDRESS/PHM10/0-14
Caudalímetros	Marca de Tipo / Variable / Tecnología / Diámetro	FQ2/CAUDAL/MAG/Ø200
Válvulas	Marca de Tipo / Uso / Material / Diámetro	VLV1/AISL/AC.INOX/Ø100
Tableros de Control	Marca de Tipo / Uso / Voltaje / Corriente Nominal	TBC1/PROC/480V/2.00A
Instalaciones MEP		
Elemento	Estructura del nombre	Ejemplo
Conductos	Marca de Tipo / Tipo / Material / Forma / Dimensiones	CND5/RECT/ALU/LCD/50x25x300
Tuberías	Marca de Tipo / Uso / Material / Diámetro / Espesor	TB7/AGUA/PVC/110/3.2
Luminarias	Marca de Tipo / Tipo / Fabricante / Modelo / Potencia	LU12/LEDLIN/OSRAM/LUXLINE/35W
Tableros Eléctricos	Marca de Tipo / Tipo / Voltaje / Corriente Nominal / Circuitos	TBE3/PRINC/480V/2.50A/24CIR
Seguridad Contra Incendios		
Elemento	Estructura del nombre	Ejemplo
Rociadores	Marca de Tipo / Fabricante / Modelo / Diámetro	R12/CONV/TYCO/ESFR/100mm
Extintores	Marca de Tipo / Agente / Capacidad	EXT1/PQS/9KG
Sistema de Alarma	Marca de Tipo / Dispositivo / Fabricante / Modelo	ALR1/SIR/NOTIFIER/NFS320

4.12.8. Organización de carpetas del ambiente común de datos PTAR

Nivel	Codigo	Carpeta
1_ InformacionReferencia	1.01	RequisitosClienteInstitucional
1_ InformacionReferencia	1.02	MarcoNormativoProyecto
1_ InformacionReferencia	1.03	Estudiospreliminares
1_ InformacionReferencia	1.04	Correspondencia
1_ InformacionReferencia	1.04.01	DocumentosRecibidos
1_ InformacionReferencia	1.04.02	DocumentosEnviados
2_ WIP	2.01	Diagnostico
2_ WIP	2.02	SitioTopografia
2_ WIP	2.03	Suelos
2_ WIP	2.04	Arquitectura
2_ WIP	2.05	Estructura
2_ WIP	2.06	Hidrosanitario_PTAR
2_ WIP	2.07	Electrico
2_ WIP	2.08	Mecanico
2_ WIP	2.09	GasNatural
2_ WIP	2.10	Ambiental
2_ WIP	2.11	ModeloFederado_Preliminar
2_ WIP	2.12	PresupuestoProgramacion_Preliminar
2_ WIP	2.13	Coordinacion3D_Preliminar
2_ WIP	2.14	DocumentosGeneralesTrabajo
3_ Shared	3.01	Diagnostico
3_ Shared	3.02	SitioTopografia
3_ Shared	3.03	Suelos
3_ Shared	3.04	Arquitectura
3_ Shared	3.05	Estructura
3_ Shared	3.06	Hidrosanitario_PTAR
3_ Shared	3.07	Electrico
3_ Shared	3.08	Mecanico
3_ Shared	3.09	GasNatural
3_ Shared	3.10	Ambiental
3_ Shared	3.11	ModeloFederado_Coordinado
3_ Shared	3.12	PresupuestoProgramacion_Validada
3_ Shared	3.13	Coordinacion3D_Validada
3_ Shared	3.14	DocumentosGeneralesCompartidos
3_ Shared	3.15	Comites
3_ Shared	3.16	AjustesObservaciones
4_ Published	4.01	Diagnostico
4_ Published	4.02	SitioTopografia
4_ Published	4.03	Suelos
4_ Published	4.04	Arquitectura
4_ Published	4.05	Estructura
4_ Published	4.06	Hidrosanitario_PTAR
4_ Published	4.07	Electrico
4_ Published	4.08	Mecanico
4_ Published	4.09	GasNatural
4_ Published	4.10	Ambiental
4_ Published	4.11	ModeloFederado_Publicado
4_ Published	4.12	PresupuestoProgramacion_Aprobada
4_ Published	4.13	Coordinacion3D_Final
4_ Published	4.14	DocumentosGeneralesFinales
4_ Published	4.15	AsBuilt
5_ PlantillasFormatos	5.01	Diagnostico_Plantillas
5_ PlantillasFormatos	5.02.01	BEP_EIR
5_ PlantillasFormatos	5.02.02	GuiasBIM_Proyecto
5_ PlantillasFormatos	5.03.01	Biblioteca_FamiliasEspecificas
5_ PlantillasFormatos	5.03.02	Biblioteca_FabricantesProveedores
5_ PlantillasFormatos	5.04	Automatizacion_Scripts
5_ PlantillasFormatos	5.05	DocumentosGenerales

4.12.9. Lista de chequeo operativo, matriz RACI y chequeo resumido

Etapa / Actividad	Responsable Principal	Soporte (Consulted)	Estado (Pendiente / En proceso / Hecho)	Observaciones
1. Inicio del Proyecto				
Revisar y aprobar el EIR	Cliente / Propietario	Coordinador BIM		
Elaborar BEP inicial	Coordinador BIM	Diseñadores disciplinares		
Configurar CDE (estructura carpetas)	Coordinador BIM	TI / Soporte técnico		
Definir y comunicar Matriz RACI	Coordinador BIM	Cliente		
2. Modelado Inicial (LOD 200)				
Crear modelos disciplinares	Diseñadores BIM (Hidráulica, Estructuras,	Coordinador BIM		
Nombrar archivos según convención	Diseñadores BIM	Coordinador BIM		
Subir modelos al CDE (WIP)	Diseñadores BIM	Coordinador BIM		
Validar cumplimiento de estándares	Coordinador BIM	Supervisor Técnico		
3. Coordinación Interdisciplinar (LOD 300)				
Exportar modelos a IFC y cargar en Shared	Diseñadores BIM	Coordinador BIM		
Federar modelos en Trimble Connect	Coordinador BIM	Diseñadores BIM		
Realizar clash detección	Coordinador BIM	Diseñadores BIM		
Registrar incidencias en issues	Coordinador BIM	Diseñadores BIM		
Revisar incidencias en reunión semanal	Coordinador BIM	Cliente /		
4. Desarrollo de Detalle (LOD 350)				
Resolver incidencias críticas	Diseñadores BIM	Coordinador BIM		
Incluir datos técnicos de equipos y tuberías	Diseñadores BIM	Supervisor Técnico		
Validar checklist por disciplina	Coordinador BIM	Supervisores		
Publicar modelo en carpeta Published	Coordinador BIM	Cliente		
5. Entregables				
Generar modelos IFC por disciplina	Diseñadores BIM	Coordinador BIM		
Emitir planos PDF y reportes Excel	Diseñadores BIM	Supervisor Técnico		
Entregar Modelo AIM	Coordinador BIM	Diseñadores BIM		
Validar cumplimiento EIR	Cliente	Coordinador BIM		
6. Control de Calidad				
Revisar nomenclatura y convenciones	Coordinador BIM	Diseñadores BIM		
Verificar geometría y metadatos	Coordinador BIM	Supervisores		
Confirmar cierre de issues	Coordinador BIM	Diseñadores BIM		
Realizar auditoría BIM mensual	Coordinador BIM	Cliente		
7. Cierre del Proyecto				
Entregar Modelo AIM final	Coordinador BIM	Diseñadores BIM		
Archivar versiones en CDE (Archive)	Coordinador BIM	TI		
Registrar lecciones aprendidas	Coordinador BIM	Todos los actores		
Evaluar indicadores de ROI	Cliente	Coordinador BIM		

4.12.10. Evidencias gráficas del modelo BIM. – Evidencia Navisworks 1 – Modelos sin terreno (Archivo PDF)

AUTODESK®
NAVISWORKS® Informe de conflictos

Conflictos sin terreno		Tolerancia	Conflictos	Nuevo	Activo	Revisado	Aprobado	Resuelto	Tipo	Estado		
		0.050m	165	6	153	0	0	6	Estático	Aceptar		
Imagen	Nombre de conflicto	Estado	Distancia	Ubicación de rejilla	Descripción	Fecha de detección	Punto de conflicto	ID de elemento	Capa	ID de elemento	Capa	Comentarios
	Conflicto3	Nuevo	-0.199			2025/8/26 02:30	x:50.658, y: -4.782, z: -1.000	ID de elemento: 3b2J5PKP5FR8LUCf4kGf4Y	Nivel cero del proyecto	ID de elemento: 0fDaR79qLAoAZ_9zn5fUZY	Nivel Zona de succión	
	Conflicto4	Nuevo	-0.171			2025/8/26 02:30	x:51.718, y: -1.504, z: -0.250	ID de elemento: 3zmY8jVfCxBdC8B0d9WP	Nivel 1	ID de elemento: 0vRvvt6QAAXogDlqMT4Yp2z	Nivel cero de proyecto	
	Conflicto5	Nuevo	-0.124			2025/8/26 02:30	x:55.543, y: -4.133, z: -0.309	ID de elemento: 355rUY15n40AQV5_uF0xDa	Nivel 0 de proyecto	ID de elemento: 2gJEWJ1sP7ZetdtB14gxY	Nivel Zona de succión	
	Conflicto6	Nuevo	-0.119			2025/8/26 02:30	x:46.849, y: -7.769, z: -0.544	ID de elemento: 3b2J5PKP5FR8LUCf4kGf4C	Nivel cero del proyecto	ID de elemento: 1MoRlgLL4ABqGcOdyEzu	Nivel 0 de proyecto	
	Conflicto7	Nuevo	-0.117			2025/8/26 02:30	x:55.426, y: -3.931, z: -0.0000000834	ID de elemento: 355rUY15n40AQV5_uF0xDk	Nivel 0 de proyecto	ID de elemento: 2gJEWJ1sP7ZetdtB14gxY	Nivel Zona de succión	
	Conflicto8	Nuevo	-0.104			2025/8/26 02:30	x: 7.120, y: -7.720, z:0.150	ID de elemento: 2e3f1e9knnAVO8VDieWPKZ5	Nivel 0 de proyecto	ID de elemento: 3f165yQyP1uQhMY9hgMS0	Nivel cero proyecto	
	Conflicto1	Activo	-0.900			2025/8/26 01:23	x:53.332, y: -7.820, z:3.186	ID de elemento: 0Yip8KQsvC6wDmDsXAOIiv	Nivel 0 de proyecto	ID de elemento: 0fDaR79qLAoAZ_9zn5fUZY	Nivel Zona de succión	
	Conflicto2	Activo	-0.791			2025/8/26 01:23	x:53.457, y: 6.851, z:3.167	ID de elemento: 0i4AbL2BXDbQlabEuPj9p	Nivel 0 de proyecto	ID de elemento: 0fDaR79qLAoAZ_9zn5fUZY	Nivel Zona de succión	
	Conflicto82	Activo	0.345			2025/8/26 01:23	x:25.484, y: -46.511, z: -1.135	ID de elemento: 1nDUfILFTCFvpQNwBt8Isb	Nivel 0 de proyecto	ID de elemento: 2HziFyMjr90fv6wgOCRhT9	Nivel Cero Proyecto	
	Conflicto83	Activo	0.345			2025/8/26 01:23	x:19.429, y: -46.268, z: -1.092	ID de elemento: 1nDUfILFTCFvpQNwBt8Isb	Nivel 0 de proyecto	ID de elemento: 0_wAnbc5bBng_jqehQ550u	Nivel Cero Proyecto	
	Conflicto84	Activo	0.345			2025/8/26 01:23	x:59.107, y: -46.268, z: -1.139	ID de elemento: 1nDUfILFTCFvpQNwBt8IvQ	Nivel 0 de proyecto	ID de elemento: 2HziFyMjr90fv6wgOCRhRm	Nivel Cero Proyecto	
	Conflicto85	Activo	0.345			2025/8/26 01:23	x:65.284, y: -46.511, z: -1.135	ID de elemento: 1nDUfILFTCFvpQNwBt8Isb	Nivel 0 de proyecto	ID de elemento: 2HziFyMjr90fv6wgOCRhQ0	Nivel Cero Proyecto	
	Conflicto87	Activo	-0.340			2025/8/26 01:23	x:61.361, y: -62.257, z: -0.243	ID de elemento: 3qfD7uslv6t0IHt0iO_rB	Nivel cero proyecto	ID de elemento: 1ThhqqkFfC78iQ0b8sqFF0	Nivel 0 de proyecto	
	Conflicto88	Activo	-0.340			2025/8/26 01:23	x:21.561, y: -62.257, z: -0.243	ID de elemento: 1ThhqqkFfC78iQ0b8sqFA4	Nivel 0 de proyecto	ID de elemento: 32ornNlCb85x2ckwbETNJ	Nivel cero proyecto	

Las pruebas de conflictos permiten conocer la consistencia del modelado. Se realizan de lo general a lo particular. En el caso de estos modelos del proyecto con el que se realizó la prueba piloto se evidencio que la topografía tenía inconvenientes pues se reportaban más de 1650 conflictos por lo que se excluyó, se debe revisar en profundidad para dicha coordinación. Posteriormente al realizar la prueba nuevamente se encuentra que la mayoría de los conflictos se realizan con las tuberías pero no entre ellas sino en relación

con los elementos en su conexión. Ese es el resultado de esta prueba. Mediante las buenas prácticas se apunta a mejorar este proceso.

4.12.11. Evidencias gráficas del modelo BIM. – Evidencia Navisworks 2 – Modelos sin terreno y con reglas de exclusión de conflictos de tubería (Archivo PDF)

AUTODESK®
NAVISWORKS® Informe de conflictos

Con reglas de tubería															
Tolerancia	Conflictos	Nuevo	Activo	Revisado	Aprobado	Resuelto	Tipo	Estado							
0.050m	12	5	0	0	1	6	Estático	Aceptar							
Imagen	Nombre de conflicto	Estado	Distancia	Ubicación de rejilla	Descripción	Fecha de detección	Asignado a	Fecha de aprobación por	Aprobado por	Punto de conflicto	Elemento 1	Elemento 2	Comentarios		
											ID de elemento	Capa	ID de elemento	Capa	
	Conflicto 147	Nuevo	0.199			2025/9/2 21:0				x:50.658, y:-4.782, z:-1.000	ID de elemento: 3b2j5PkP5FR8LUCf4kG4Y	Nivel cero del proyecto	ID de elemento: 0fDaR79qLAoAZ_9zn5RUZY	Nivel Zona de succión	
	Conflicto 148	Nuevo	-0.171			2025/9/2 21:0				x:51.718, y:-1.504, z:0.250	ID de elemento: 3zmYBJVEfCXhBdc8B0d9WP	Nivel 1	ID de elemento: 0vRvV6QAXEogDlqMT4YP2	Nivel Cero de proyecto	
	Conflicto 149	Nuevo	0.079			2025/9/2 21:0				x:51.189, y:1.188, z:-0.034	ID de elemento: 3zmYBJVEfCXhBdc8B0d9WR	Nivel 1	ID de elemento: 0vRvV6QAXEogDlqMT4YP2	Nivel Cero de proyecto	
	Conflicto 150	Nuevo	-0.050			2025/9/2 21:0				x:73.980, y:-61.524, z:0.100	ID de elemento: 3l2_HRjwP3MPyRKRpDBNve	Nivel Cero de proyecto	ID de elemento: 2gQr p2Mjn2qhxDQgDHqB7	Nivel Cero Proyecto	
	Conflicto 151	Nuevo	-0.050			2025/9/2 21:0				x:34.175, y:-61.524, z:-0.100	ID de elemento: 1JH6FH3\$2mBbtIOWikAsh	Nivel Cero de proyecto	ID de elemento: 2gQr p2Mjn2qhxDQgDHqB8	Nivel Cero Proyecto	
	Tuberías y accesorios	Aprobado	-0.270		Tuberías y accesorios vs	2025/8/26 01:50		2025/8/26 02:19	Pablo Morales sanclemente	x:41.183, y:-12.359, z:4.232	ID de elemento: 0BPPVJAA9Fgxmcm0DSQthH	Nivel Cero del proyecto	ID de elemento: 0uT83\$ZRT9iuLCzmZP6kQU	Nivel 0 de proyecto	#2 - Pc - 2025/ Se aprueban y se gestionan e
	Resueltos con reglas de tubería	Resuelto	-0.900		Tuberías					x:59.332, y:-7.820, z:3.186	ID de elemento: 0Yp8KQsVc6wDmdsXAOilv	Nivel 0 de proyecto	ID de elemento: 0fDaR79qLAoAZ_9zn5RUZY	Nivel Zona de succión	
	Conflicto 142	Resuelto	-0.199		Conflicto zapata	2025/8/26 02:30				x:50.658, y:-4.782, z:-1.000	ID de elemento: 3b2j5PkP5FR8LUCf4kG4Y	Nivel Cero del proyecto	ID de elemento: 0fDaR79qLAoAZ_9zn5RUZY	Nivel Zona de succión	#0 - Pc - 2025/ El conflicto se automatícame entran en con
	Conflicto 143	Resuelto	-0.171		Conflicto cajas	2025/8/26 02:30	Hidrosanitarios			x:51.718, y:-1.504, z:0.250	ID de elemento: 3zmYBJVEfCXhBdc8B0d9WP	Nivel 1	ID de elemento: 0vRvV6QAXEogDlqMT4YP2	Nivel Cero de proyecto	#0 - Pc - 2025/ Mover cajas: El conflicto se automatícame entran en con
	Conflicto 144	Resuelto	-0.079		Conflicto cajas	2025/8/26 02:30	Hidrosanitarios			x:51.189, y:1.188, z:0.034	ID de elemento: 3zmYBJVEfCXhBdc8B0d9WR	Nivel 1	ID de elemento: 0vRvV6QAXEogDlqMT4YP2	Nivel Cero de proyecto	#0 - Pc - 2025/ Mover cajas: El conflicto se automatícame entran en con
	Conflicto 145	Resuelto	-0.050		Elementos estructurales	2025/8/26 02:30	Estructural			x:73.980, y:-61.524, z:0.100	ID de elemento: 3l2_HRjwP3MPyRKRpDBNve	Nivel Cero de proyecto	ID de elemento: 2gQr p2Mjn2qhxDQgDHqB7	Nivel Cero Proyecto	#0 - Pc - 2025/ Elementos est Asignado a Est El conflicto se automatícame entran en con
	Conflicto 146	Resuelto	-0.050		Elementos estructurales	2025/8/26 02:30	Estructural			x:34.175, y:-61.524, z:-0.100	ID de elemento: 1JH6FH3\$2mBbtIOWikAsh	Nivel Cero de proyecto	ID de elemento: 2gQr p2Mjn2qhxDQgDHqB8	Nivel Cero Proyecto	#0 - Pc - 2025/ Elementos est Asignado a Est El conflicto se automatícame entran en con

Una vez se realiza la anterior prueba y se identifican los principales inconvenientes con tubería que se asignan a los responsables de cada sistema se crean excepciones para concentrarse en aquellos conflictos que tengan que ver con arquitectura y estructura. Es así

como de 165 conflictos en la prueba anterior se pasan a 12 que son de prioridad alta. Se asignan responsables y se realiza seguimiento. Este deberá ser un proceso cíclico para garantizar la calidad de los modelos.

5. ANEXOS BEP

ANX_01_Matriz de control de calidad_P TAR

ANX_02_Matriz LOD por hitos y elementos_P TAR

ANX_03_Listado_Actividades_P TAR_CEG_SAS

ANX_04_Actividades de verificación por hito (Proyecto PTAR)

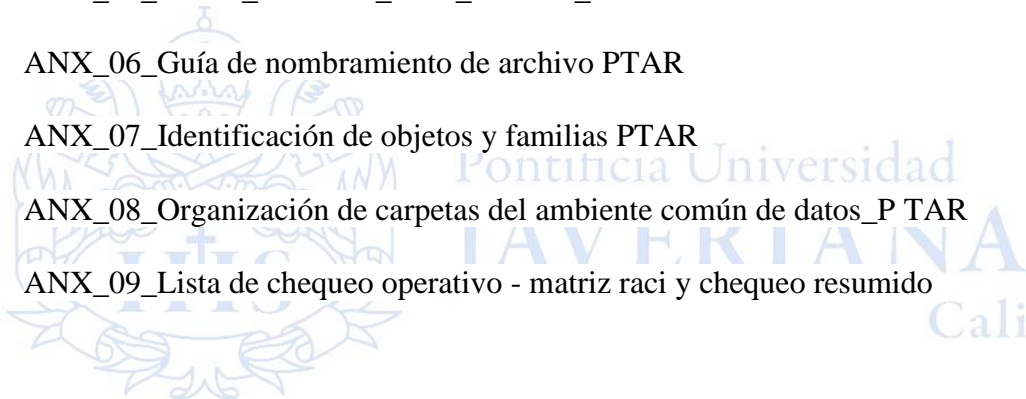
ANX_05_Matriz_Permisos_CDE_Trimble_P TAR

ANX_06_Guía de nombramiento de archivo PTAR

ANX_07_Identificación de objetos y familias PTAR

ANX_08_Organización de carpetas del ambiente común de datos_P TAR

ANX_09_Lista de chequeo operativo - matriz raci y chequeo resumido





Pontificia Universidad
JAVERIANA
Cali

Documento Anexo 3. Indicadores Claves de rendimiento (KPI) para la evaluación de la implementación BIM

Introducción

La medición del desempeño mediante indicadores clave (Key Performance Indicators, KPIs) permite **evaluar la efectividad real de la metodología BIM** en relación con los objetivos planteados en el Plan de Ejecución BIM (BEP). Estos indicadores facilitan la toma de decisiones, la trazabilidad de los procesos y la validación de los beneficios asociados a la digitalización del diseño y la coordinación interdisciplinar.

De acuerdo con la norma **ISO 19650-2**, los KPIs deben reflejar el grado de cumplimiento de los **Requerimientos de Información del Proyecto (PIR)** y los **Requerimientos de Información del Activo (AIR)**, estableciendo métricas objetivas y verificables.

En este estudio, los indicadores seleccionados se enfocan en **eficiencia de coordinación, cumplimiento de plazos y trazabilidad del diseño**, debido a que estos tres aspectos representan los impactos más directos de la implementación BIM en proyectos de infraestructura, particularmente en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).

Metodología de definición y medición de KPIs

Los indicadores se definieron según tres principios:

1. **Relevancia:** cada KPI responde a un objetivo estratégico BIM (reducción de errores, ahorro de tiempo, eficiencia del diseño).
2. **Medibilidad:** se utilizan variables cuantificables registradas en las plataformas BIM (Trimble Connect, Revit, Navisworks).
3. **Comparabilidad:** los resultados se comparan con los valores de referencia reportados por estudios internacionales (Bryde et al., 2013; Azhar, 2011; McGraw Hill Construction, 2014).

A continuación, se describen los **indicadores definidos y sus fórmulas de cálculo**.

Indicadores de desempeño definidos

Indicador	Descripción / Meta	Fórmula de medición	Fuente de datos (BIM / Proyecto)
Ahorro en tiempos u horas de coordinación	Se proyecta una reducción del 20% a 30% en los tiempos de coordinación interdisciplinar, producto de la detección temprana de interferencias y el uso de modelos federados.	[Ahorro (%) = $(1 - \frac{T_{\text{BIM}}}{T_{\text{Conv}}}) \times 100$] Donde:• (T_{BIM}) : horas efectivas de coordinación bajo metodología BIM. • (T_{Conv}) : horas promedio de coordinación tradicional (sin BIM).	Bitácoras de coordinación en Trimble Connect y registro de reuniones de diseño (issues cerrados por semana).
Cumplimiento de cronogramas	Evalúa el cumplimiento de los hitos de diseño definidos en el cronograma maestro. El objetivo es mantener un cumplimiento $\geq 90\%$.	[Cumplimiento (%) = $\frac{N_{\text{Hitos Cumplidos}}}{N_{\text{Hitos Totales}}} \times 100$]	Cronograma 4D en Navisworks Manage o MS Project + Revit TimeLiner.

Mejora en la trazabilidad y eficiencia del diseño	Mide la capacidad del entorno BIM para mantener trazabilidad documental, control de versiones y registro de cambios.	[Eficiencia_{trazabilidad} = 1 - \frac{N_{Inconsistencias}}{N_{Versiones_Totales}}] Donde:• (N_{Inconsistencias}): archivos o modelos sin registro o con versiones duplicadas. • (N_{Versiones_Totales}): número total de versiones en el CDE.	Auditorías del CDE Trimble Connect, control de versiones y registro de revisiones.
---	--	--	--

Datos de referencia y justificación de valores esperados

Los valores meta definidos (reducción del 20%–30% en tiempos y 25%–40% en errores) se sustentan en investigaciones internacionales que reportan beneficios comprobados de la adopción BIM:

- **Bryde, D. et al. (2013).** *“The project benefits of Building Information Modelling (BIM)”*. *International Journal of Project Management*, 31(7), 971–980.

Reporta reducciones de hasta 40% en reprocesos y mejoras del 30% en coordinación interdisciplinar.

- **Azhar, S. (2011).** *“Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry”*. *Leadership and Management in Engineering*, 11(3), 241–252.

Identifica ahorros de tiempo del 20%–30% en diseño y coordinación.

- **McGraw Hill Construction (2014).** *“The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets”*.

Señala incrementos de productividad superiores al 25% en proyectos con integración BIM madura.

Conclusión del subcapítulo

El establecimiento de KPIs cuantificables permite vincular los **beneficios esperados del BIM con resultados medibles**, fortaleciendo la trazabilidad y la toma de decisiones dentro del proceso de diseño colaborativo.

En el caso del proyecto PTAR, estos indicadores servirán como base para **evaluar el impacto real de la metodología BIM** durante la coordinación interdisciplinar, la gestión del cronograma y el control de la información técnica.

ANX 01 MATRIZ DE CONTROL DE CALIDAD PTAR

Categoría	Nº	Descripción del criterio técnico	LOD/LOIN esperado	Cumple (Sí/No)	Observaciones	¿Quién corrige?	Impacto si no cumple	Herramienta recomendada	Frecuencia de control	Responsable final	Referencia (BEP/EIR/AIR/OIR/Anexo)
Generalidades	1	El nombre del archivo sigue el protocolo de nomenclatura del BEP.	N/A			Modelador	Bajo	Revit – Propiedades de archivo	En cada hito	Líder de disciplina	BEP
Generalidades	2	El archivo auditado está separado del modelo federado (no se edita sobre el federado).	N/A			Coordinador BIM	Medio	Gestión de archivos / CDE	Previo a federado	Coordinador BIM	BEP / CDE
Generalidades	3	Referencias externas vigentes (topografía, despieces, P&ID exportados, layouts de planta).	200–300			Modelador / Consultor	Alto	Revit – Manage Links	Semanal	Líder de disciplina	EIR / AIR
Generalidades	4	El modelo cumple el LOD de la fase según BEP (Anexo 8.4).	Ver 8.4			Coordinador BIM	Alto	Revisión visual + auditoría LOD	En cada hito	QA	BEP / Anexo 8.4
Generalidades	5	La información no gráfica está parametrizada con etiquetas (no texto libre).	300+			Modelador	Medio	Revit – Tags / Schedules	Semanal	Líder de disciplina	BEP / AIR
Generalidades	6	Elementos cuentan con propiedades físicas mínimas (material, dimensión, código, clasificación).	300+			Modelador	Medio	Revit – Propiedades	Semanal	Líder de disciplina	AIR / BEP
Generalidades	7	Se usa el sistema internacional de unidades y estándares de proyecto.	N/A			Modelador	Bajo	Revit – Units	En cada hito	QA	BEP
Coordenadas y localización	8	Coordenadas compartidas alineadas según BEP (marco de referencia y datum).	N/A			Topografía / Modelador	Alto	Revit – Shared Coordinates	Previo a federado	Coordinador BIM	BEP / OIR
Coordenadas y localización	9	Norte real del modelo corresponde con la topografía georeferenciada.	200+			Modelador / Topógrafo	Alto	Revit – Location	Previo a federado	QA	EIR
Errores frecuentes	10	No existen elementos fantasmas (fuera de límites o niveles).	N/A			Coordinador BIM	Medio	Revit – Section Boxes / Filters	Semanal	Coordinador BIM	BEP
Errores frecuentes	11	Grupos definidos correctamente (con nombre y tipo) y sin anidamientos indebidos.	N/A			Modelador	Bajo	Revit – Groups	Semanal	Líder de disciplina	BEP
Errores frecuentes	12	No hay elementos flotantes o sin soporte.	300+			Coordinador BIM	Medio	Revit – Interferencias visuales	Semanal	Coordinador BIM	BEP
Errores frecuentes	13	No hay elementos duplicados (control de instancias y tipos).	N/A			Coordinador BIM	Alto	Navisworks / Revit – Schedule Check	Semanal	QA	BEP
Errores frecuentes	14	El modelo está libre de ‘warnings’ críticos (resueltos o justificados).	N/A			Modelador	Medio	Revit – Warnings	Semanal	Líder de disciplina	BEP
Niveles y ejes	15	Niveles coordinados con arquitectura/civil y monitoreados (Copy/Monitor).	200–300			Modelador estructura	Alto	Revit – Copy Monitor	Previo a federado	Coordinador BIM	BEP
Niveles y ejes	16	Ejes coordinados con arquitectura/civil y monitoreados (Copy/Monitor).	200–300			Modelador estructura	Alto	Revit – Copy Monitor	Previo a federado	Coordinador BIM	BEP
Vistas y documentación	17	Las vistas están correctamente clasificadas y parametrizadas (View Templates).	N/A			Modelador	Bajo	Revit – Properties / View Templates	Semanal	Líder de disciplina	BEP
Vistas y documentación	18	No hay vistas innecesarias en el navegador (Project Browser organizado).	N/A			Modelador	Bajo	Revit – Project Browser	Semanal	Líder de disciplina	BEP
Vistas y documentación	19	Elementos 2D (detalles) se usan solo según el LOD permitido en la fase.	200–300			Modelador	Medio	Revit – Element Analysis	En cada hito	QA	BEP / Anexo 8.4
Vistas y documentación	20	Vistas y planos entregables agrupados en conjunto específico para impresión/publicación.	N/A			Coordinador BIM	Bajo	Revit – Browser Organization	En cada hito	Coordinador BIM	BEP
Familias y objetos	21	Elementos usan clasificación (keynotes, códigos de montaje, IFC/ETIM cuando aplique).	300+			Modelador	Medio	Revit – Keynotes	En cada hito	QA	AIR / BEP
Familias y objetos	22	Nomenclatura de familias según estándar interno y sin duplicidades.	N/A			Modelador	Bajo	Revit – Family Manager	Semanal	Líder de disciplina	BEP
Familias y objetos	23	Elementos complementarios no son genéricos; se modelan por categoría nativa.	300+			Modelador	Medio	Revit – Revisión por categorías	Semanal	Líder de disciplina	BEP
Familias y objetos	24	Coincidencia dimensional con planos, P&ID y definiciones de proyecto.	300+			Coordinador / Modelador	Alto	Revisión con planos 2D / P&ID	En cada hito	QA	EIR / AIR
Familias y objetos	25	Familias no están corruptas (errores internos, unidades mal definidas).	N/A			Modelador	Alto	Revit – Audit	Previo a federado	QA	BEP
Estructura	26	Elementos de concreto tienen nombre según su despiece y EETT.	300+			Estructural	Alto	Revit – Naming Convention	En cada hito	Líder Estructural	AIR / EIR
Estructura	27	Elementos modelados según proceso constructivo y fases definidas.	300+			Estructural	Medio	Revisión por fases	En cada hito	Líder Estructural	BEP
Estructura	28	Placas y vigas unidas correctamente (Join Geometry) y sin solapes.	300+			Estructural	Medio	Revit – Join	Semanal	Líder Estructural	BEP
Estructura	29	Elementos clasificados como ‘Estructurales’ y con uso correcto.	300+			Estructural	Medio	Revit – Category Assignment	Semanal	QA	BEP
Estructura	30	Modelado con herramientas nativas, no en masa o genérico.	300+			Estructural	Medio	Revit – Element Type	Semanal	Líder Estructural	BEP
Proceso/Equipos	31	Equipos de proceso (bombas, sopladores, parrillas, decantadores, difusores) con códigos únicos y fabricante si aplica.	300+			Proceso/ Mecánico	Alto	Revit – Families / Shared Parameters	En cada hito	Líder Proceso	AIR / EIR
Proceso/Equipos	32	Ubicación y orientación de equipos según layouts y P&ID aprobados.	300+			Proceso/ Mecánico	Alto	Revisión con P&ID	En cada hito	QA	EIR / BEP
Proceso/Equipos	33	Espacios de mantenimiento y maniobra respetados (clearances).	300+			Proceso/Mecánico	Alto	Navisworks – Clash / Revit Clearance	Previo a federado	Coordinador BIM	EIR / BEP
Tuberías	34	Pendientes mínimas y direccionalidad conforme a diseño hidráulico.	300+			Piping/ Hidráulica	Alto	Revit – Slopes / Systems	En cada hito	Líder Piping	EIR
Tuberías	35	Compatibilidad con P&ID (líneas, servicios, tamaños, materiales).	300+			Piping/ Hidráulica	Alto	Revisión con P&ID	En cada hito	QA	EIR / AIR

Categoría	Nº	Descripción del criterio técnico	LOD/LOIN esperado	Cumple (Sí/No)	Observaciones	¿Quién corrige?	Impacto si no cumple	Herramienta recomendada	Frecuencia de control	Responsable final	Referencia (BEP/EIR/AIR/OIR/Anexo)
Tuberías	36	Accesibilidad a válvulas, instrumentos y uniones desmontables.	300+			Piping/ Hidráulica	Medio	Revisión espacial / Navisworks	Previo a federado	Coordinador BIM	EIR
Tuberías	37	Soportes modelados o reservados según fase (anclajes, racks, bridas).	300+			Piping/ Hidráulica	Medio	Revit – Pipe Supports (si aplica)	En cada hito	Líder Piping	AIR
Eléctrico	38	Tableros, canalizaciones y bandejas con rutas definidas, sin interferencias críticas.	300+			Eléctrico	Alto	Revit – Cable Trays / Conduits / Navisworks	Previo a federado	Líder Eléctrico	EIR
Eléctrico	39	Clasificación por circuitos y cargas principales coherente con la memoria de cálculo.	300+			Eléctrico	Medio	Revit – Systems / Schedules	En cada hito	QA	AIR
I&C	40	Instrumentos ubicados conforme a P&ID y con tag único (loop/device).	300+			I&C	Alto	Revit / Listas de instrumentos	En cada hito	Líder I&C	EIR / AIR
I&C	41	Accesibilidad para mantenimiento y lectura de instrumentos (alturas, distancias).	300+			I&C	Medio	Revisión espacial	Previo a federado	Coordinador BIM	EIR
Civil/Hidráulica	42	Redes externas y drenajes coordinados con estructuras y vialidad.	300+			Civil	Alto	Civil 3D / Revit / Navisworks	En cada hito	Líder Civil	EIR
Civil/Hidráulica	43	Cotas y pendientes de explanaciones/plataformas acorde a topografía y diseño.	300+			Civil	Medio	Civil 3D / Revit – Toposolid	En cada hito	QA	BEP
Seguridad y operación	44	Cumplimiento de pasillos de evacuación, barandas y protecciones donde apliquen.	300+			Arquitectura/ Civil	Alto	Revisión normativa / Revit	En cada hito	QA	EIR
Seguridad y operación	45	Señalización y espacios para izaje/maniobra en equipos pesados previstos.	300+			Proceso/ Mecánico	Medio	Revisión espacial	Previo a federado	Coordinador BIM	EIR
Coordinación	46	Revisión de interferencias entre disciplinas con conjunto de reglas acordado.	N/A			Coordinador BIM	Alto	Navisworks – Clash Detective	Previo a federado	Coordinador BIM	BEP / Anexo 8.5
Coordinación	47	Resolución/tracking de clashes con responsabilidad y fecha límite asignada.	N/A			Coordinador BIM	Alto	CDE / Tableros Kanban	Semanal	QA	BEP / CDE
Coordinación	48	Publicación IFC conforme a BEP (nomenclatura, zonas, propiedades).	N/A			Líder de disciplina	Medio	Export IFC / Solibri (si aplica)	En cada hito	Coordinador BIM	BEP
Datos y entregables	49	Parámetros compartidos y mapeo a COBie/IFC cuando aplique.	300+			Modelador	Medio	Schedules / IFC Mapping	En cada hito	QA	AIR / BEP
Datos y entregables	50	Cuadros de cantidades consistentes con el modelo y con filtros del BEP.	300+			Líder de disciplina	Alto	Revit – Schedules	En cada hito	QA	BEP

SI	0,00	0%
N/A	0,00	0%
No	0,00	0%

Total Si / No	50	100%
----------------------	-----------	-------------

Anexo 8.3 – Matriz de Control de Calidad (Fase de Coordinación 3D)

Proyecto PTAR

Empresa: ICCE SAS

Código del proyecto: ____

Nombre del proyecto: ____

Fecha de emisión: ____

Versión del documento: V1.0

Elaboró / Revisó: Coordinador BIM / QA

Propósito: Verificar que los modelos cumplan criterios mínimos de calidad para la coordinación multidisciplinar, conforme al LOD definido en el Anexo 8.4, las actividades del Anexo 8.5, y los requisitos del BEP, EIR, AIR y OIR aplicables para proyectos de PTAR. Esta matriz aplica a modelos entregados en los hitos de Coordinación 1, 2 y 3.

Alcance: Modelos de Arquitectura, Civil, Estructuras, Proceso/Equipos, Tuberías (hidráulicas y de proceso), Eléctrico, Instrumentación & Control (I&C/SCADA), Mecánico, Topografía/Geoespacial y Obras Complementarias. Alineado con ISO 19650 (LOIN/LOD), BIM Forum Colombia y normas APA para la documentación.

Leyenda y reglas de conteo:

- “Cumple (Sí/No)” se diligencia por hito. Los criterios marcados como N/A no se contabilizan en el porcentaje de cumplimiento.
- Frecuencia: En cada hito / Semanal / Previo a federado.
- Responsable final: Coordinador BIM / Líder de disciplina / QA.
- Referencia: Se indica el documento base (BEP, EIR, AIR, OIR) o anexo aplicable.

ANX 02 Matriz LOD por Hitos y elementos

Categoría / Disciplina	Elemento BIM	LOD Coordinación 1	LOD Coordinación 2
Sitio / Topografía	Topografía, límites de sitio, vías de acceso, redes externas	200	300
Subestructura	Excavación, cimentaciones, muros de contención, estructuras hidráulicas	200	300
Estructura	Vigas, placas, columnas, cubiertas, muros de carga	200	300
Arquitectura / Obras civiles	Divisiones, cubiertas, acabados mínimos, accesos, espacios de operación	200	300
Proceso / Equipos PTAR	Bombas, sopladores, decantadores, difusores, rejillas, agitadores	200	300
Tuberías de proceso / hidráulicas	Líneas principales, válvulas, accesorios, registros, soportes	200	300
Eléctrico	Tableros, canalizaciones, bandejas, luminarias	200	300
Instrumentación y Control (I&C/SCADA)	Sensores, medidores, lazos de control, gabinetes	200	300
Sistemas especiales	Seguridad, comunicaciones, detección de incendio (NFPA)	200	300
Circulación / Seguridad	Escaleras, rampas, pasillos, barandas	200	300

Anexo 8.2– Matriz LOD por hitos y elementos (Proyecto PTAR)

Este anexo especifica el nivel de desarrollo geométrico (LOD) y las fases asociadas a cada elemento del Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). La matriz se organiza por disciplina y se alinea con el instrumento de verificación técnica y control durante la revisión de modo

- Validaciones técnicas (Anexo 8.3).
- Entregables de Coordinación (Anexo 8.5).
- Requisitos definidos en BEP, EIR, AIR y OIR.

ANX 02 Matriz LOD por Hitos y elementos

Categoría / Disciplina	Elemento BIM	LOD Coordinación 3
Sitio / Topografía	Topografía, límites de sitio, vías de acceso, redes externas	300
Subestructura	Excavación, cimentaciones, muros de contención, estructuras hidráulicas	300
Estructura	Vigas, placas, columnas, cubiertas, muros de carga	300
Arquitectura / Obras civiles	Divisiones, cubiertas, acabados mínimos, accesos, espacios de operación	350
Proceso / Equipos PTAR	Bombas, sopladores, decantadores, difusores, rejillas, agitadores	350
Tuberías de proceso / hidráulicas	Líneas principales, válvulas, accesorios, registros, soportes	350
Eléctrico	Tableros, canalizaciones, bandejas, luminarias	350
Instrumentación y Control (I&C/SCADA)	Sensores, medidores, lazos de control, gabinetes	350
Sistemas especiales	Seguridad, comunicaciones, detección de incendio (NFPA)	350
Circulación / Seguridad	Escaleras, rampas, pasillos, barandas	300

Anexo 8.2– Matriz LOD por hitos y elementos

Este anexo especifica el nivel de desarrollo geométrico del modelo de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). La matriz de hitos de Coordinación es un instrumento de verificación técnica y asegura el trazado de los elementos.

- Validaciones técnicas (Anexo 8.3).
- Entregables de Coordinación (Anexo 8.5).
- Requisitos definidos en BEP, EIR, AIR y OIR.

ANX 02 Matriz LOD por Hitos y elementos		
Categoría / Disciplina	Elemento BIM	Observaciones
Sitio / Topografía	Topografía, límites de sitio, vías de acceso, redes externas	Base georreferenciada según BEP. Incluye conexiones a redes externas.
Subestructura	Excavación, cimentaciones, muros de contención, estructuras hidráulicas	Validar compatibilidad con proceso (tanques, cámaras).
Estructura	Vigas, placas, columnas, cubiertas, muros de carga	Uniones correctas con arquitectura/civil (Anexo 8.3 ítems 28–29).
Arquitectura / Obras civiles	Divisiones, cubiertas, acabados mínimos, accesos, espacios de operación	Considerar normativa de seguridad y accesibilidad.
Proceso / Equipos PTAR	Bombas, sopladores, decantadores, difusores, rejillas, agitadores	Códigos únicos. Verificar con P&ID y catálogos de fabricante.
Tuberías de proceso / hidráulicas	Líneas principales, válvulas, accesorios, registros, soportes	Compatibles con P&ID. Revisar pendientes mínimas y accesibilidad a válvulas.
Eléctrico	Tableros, canalizaciones, bandejas, luminarias	Validar compatibilidad eléctrica y espacios de mantenimiento.
Instrumentación y Control (I&C/SCADA)	Sensores, medidores, lazos de control, gabinetes	Accesibilidad para mantenimiento. Identificación según P&ID.
Sistemas especiales	Seguridad, comunicaciones, detección de incendio (NFPA)	Cumplir normativa NFPA y APA.
Circulación / Seguridad	Escaleras, rampas, pasillos, barandas	Verificar recorridos de evacuación y accesibilidad universal.

Anexo 8.2– Matriz LOD por hitos y elementos

Este anexo especifica el nivel de desarrollo geométrico BIM en un proyecto de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). La matriz se define en los ítems 1, 2 y 3 del BEP. Sirve como instrumento de verificación técnica con:

- Validaciones técnicas (Anexo 8.3).
- Entregables de Coordinación (Anexo 8.5).
- Requisitos definidos en BEP, EIR, AIR y OIR.

ANX_03_Listado_Actividades_PTAR_ICCE_SAS

ID	Fase del Proyecto	Disciplina / Especialidad	Nombre de la Actividad	Entregable Asociado	Hito Relacionado	Información BIM Requerida	Responsable	Software / Herramienta BIM Sugerida
A01	Identificación de Terreno	Topografía	Levantamiento topográfico	Informe topográfico y plano georreferenciado	Primera Entrega (1-may)	N/A (previo a modelado)	Topografía / Consultor	Civil 3D, Revit (plantilla topográfica)
A02	Identificación de Terreno	Estudio de Suelos	Informe geotécnico	Informe final de suelos	Primera Entrega (15-may)	N/A	Geotécnico	Geostudio, Excel, PDF
A03	Estudios y Diseños	Proceso (P&ID)	Modelado preliminar de equipos y diagramas de proceso	Diagramas P&ID validados	Coordinación 1 (1-may)	LOD 100 (esquemas, caudales, conexiones)	Equipo Proceso	AutoCAD P&ID, Plant 3D
A04	Estudios y Diseños	Arquitectura / Obras Civiles	Anteproyecto arquitectónico y de espacios	Modelo Arq. LOD 100	Coordinación 1 (1-may)	LOD 100 (volumetría, usos, espacios)	Equipo Arquitectura	Revit, Trimble Connect
A05	Estudios y Diseños	Estructural	Diseño estructural básico y obras hidráulicas	Modelo Estr. LOD 100	Coordinación 1 (1-may)	LOD 100 (estructuras principales, tanques)	Estructural	Revit, Robot
A06	Estudios y Diseños	Tuberías de Proceso	Modelado de redes hidráulicas y de proceso	Modelo de tuberías LOD 200	Coordinación 2 (15-may)	LOD 200 (pendientes, diámetros, válvulas)	Hidráulico / Proceso	Revit MEP, Plant 3D
A07	Estudios y Diseños	Eléctrico	Diseño y modelado eléctrico	Modelo eléctrico LOD 200	Coordinación 2 (15-may)	LOD 200 (tableros, bandejas, luminarias)	Eléctrico	Revit, Dialux
A08	Estudios y Diseños	Instrumentación y Control (I&C/SCADA)	Modelado de sensores, medidores y lazos	Modelo I&C LOD 200	Coordinación 2 (15-may)	LOD 200 (instrumentos básicos, puntos de control)	I&C / Automatización	Revit
A09	Estudios y Diseños	Contra Incendio y Seguridad	Diseño de red contra incendio y seguridad	Modelo RCI LOD 200	Coordinación 2 (15-may)	LOD 200 (rociadores, hidrantes, bombas contra incendio)	Especialistas RCI	Revit

ID	Fase del Proyecto	Disciplina / Especialidad	Nombre de la Actividad	Entregable Asociado	Hito Relacionado	Información BIM Requerida	Responsable	Software / Herramienta BIM Sugerida
A10	Coordinación Técnica	BIM Coordinación	Integración de modelos disciplinares	Modelo federado LOD 300	Coordinación 3 (15-jun)	LOD 300 (modelo federado, interferencias)	Coordinador BIM	Revit, Navisworks, Trimble Connect
A11	Coordinación Técnica	BIM QA/QC	Clash detection y control de calidad	Informe de colisiones y reportes QA/QC	Coordinación 3 (15-jun)	LOD 300 + parámetros de control	Coordinador BIM	Navisworks Manage
A12	Implementación	Planificación de cantidades	Cuadro de metrados y simulación constructiva	Presupuesto preliminar	Coordinación 3 (15-jun)	LOD 300 + parámetros cuantificables	Coordinador BIM + PM	Revit + Navisworks
A13	Implementación	Presupuesto y Especificaciones	APU + Especificaciones técnicas	Archivo Excel + Documento técnico	Presupuesto final (15-jul)	LOD 350 (información detallada)	PM + Costos	Presupuesto, Excel
A14	Implementación / Entrega Final	As-Built BIM / O&M	Modelos revisados, V°B°, exportación COBie/IFC	Entrega final (15-ago)	LOD 350+	LOD 350+ (conforme a obra, datos O&M)	Coordinador BIM + Cliente	Revit, Navisworks, Trimble Connect, IFC/COBie plugins

ANX_04 Actividades de verificación por hito (Proyecto PTAR)

Hito	Actividades principales de verificación	Responsables	Referencia (Anexo/BEP)
Coordinación 1 (LOD 200)	- Verificar estructura del archivo, nomenclatura y ubicación en CDE.	Modeladores de cada disciplina + Coordinador BIM	Anexo 4.11.3 ítems 1–10, Anexo 4.11.4 LOD 200, BEP sección de coordinación inicial
	- Validar georreferenciación y coordenadas compartidas.		
	- Confirmar modelos de contexto: topografía, límites, accesos, excavación preliminar.		
	- Revisión inicial de equipos de proceso y líneas principales según P&ID.		
	- Revisión preliminar de estructuras y espacios arquitectónicos.		
Coordinación 2 (LOD 300)	- Identificación temprana de interferencias mayores.	Coordinador BIM + Líderes disciplinares	Anexo 4.11.3 ítems 11–20, Anexo 4.11.4 LOD 300, BEP sección validaciones intermedias
	- Confirmar desarrollo geométrico de elementos principales (estructuras, equipos, tuberías, arquitectura).		
	- Verificar propiedades mínimas en elementos (materiales, dimensiones, códigos).		
	- Revisión detallada de redes MEP y eléctricas.		
	- Validación de la accesibilidad a válvulas, tableros y equipos.		
Coordinación 3 (LOD 350)	- Clash detection preliminar inter-disciplinar.	Coordinador BIM + Equipo QA/QC	Anexo 4.11.3 ítems 21–30, Anexo 4.11.4 LOD 350, BEP sección coordinación avanzada
	- Revisión de información no gráfica (parámetros, clasificación).		
	- Verificación dimensional y de constructibilidad (detalles de uniones, soportes, fundaciones).		
	- Clash detection avanzado: cruces críticos entre disciplinas.		
	- Validación de alineación con P&ID de proceso.		
Entrega Final IFC (LOD 350+ / conforme a obra)	- Revisión de accesibilidad y mantenibilidad de equipos e instrumentos.	Coordinador BIM + Supervisor / Cliente	BEP sección entregables finales, OIR/AIR/EIR vinculados
	- Confirmar compatibilidad eléctrica, hidráulica y estructural.		
	- Consolidación de vistas y planos entregables en el CDE.		
	- Validación final de modelos federados.		
	- Confirmación de consistencia entre modelo y planos IFC.		
	- Revisión de metadatos, clasificación y cumplimiento COBie/IFC.		
	- Revisión de cumplimiento normativo (ISO 19650, BIM Forum Colombia, NFPA, APA).		
	- Consolidación de informe final de coordinación y lecciones aprendidas.		

Anexo 8.5 – Actividades de verificación por hito (Proyecto PTAR)

Este anexo establece las actividades de verificación asociadas a cada hito de coordinación del proyecto PTAR. Las actividades garantizan que los modelos BIM cumplan los niveles de desarrollo (LOD) definidos en el Anexo 8.4 y los criterios de control de calidad especificados en el Anexo 8.3. El seguimiento se realiza en los hitos de Coordinación 1, 2, 3 y en la entrega final (IFC).

Nivel	Codigo	Carpeta	GER	CRD	JDP	TOP	GEO	ARQ	EST	HDR	ELE	MEC	HGS	PTO
4_Published	4.10	Ambiental	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4_Published	4.11	ModeloFederado_Publicado	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4_Published	4.12	PresupuestoProgramacion_Aprobada	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4_Published	4.13	Coordinacion3D_Final	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4_Published	4.14	DocumentosGeneralesFinales	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4_Published	4.15	AsBuilt	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5_PlantillasFormatos	5.01	Diagnostico_Plantillas	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5_PlantillasFormatos	5.02.01	BEP_EIR	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5_PlantillasFormatos	5.02.02	GuiasBIM_Proyecto	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5_PlantillasFormatos	5.03.01	Biblioteca_FamiliasEspecificas	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5_PlantillasFormatos	5.03.02	Biblioteca_FabricantesProveedores	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5_PlantillasFormatos	5.04	Automatizacion_Scripts	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5_PlantillasFormatos	5.05	DocumentosGenerales	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Roles y siglas de los participantes

GER – Gerencia del Proyecto

CRD – Coordinación BIM

JDP – Jefe de Proyecto

TOP – Topografía

GEO – Geología y Suelos

ARQ – Arquitectura

EST – Estructura

HDR – Hidrosanitario / PTAR

ELE – Eléctrico

MEC – Mecánico

HGS – Biológico / Gas / Ambiental

PTO – Presupuesto y Programación

Convención de Niveles de Permiso

0 = Sin acceso → El usuario no puede visualizar ni descargar información.

1 = Solo lectura → El usuario puede visualizar y descargar documentos, pero no modificarlos.

2 = Acceso administrador → El usuario puede crear, modificar y administrar archivos en la carpeta correspondiente.

Descripción de la Matriz de Permisos en Trimble Connect

La Matriz de Permisos CDE define los niveles de acceso de cada rol dentro del Entorno Común de Datos (CDE) del proyecto, siguiendo la estructura propuesta por la norma ISO 19650.

En Trimble Connect, esta matriz asegura que:

Cada disciplina trabaje únicamente en sus propios modelos dentro de **WIP**, evitando interferencias en la información de otros.

La colaboración se realice en el entorno **Shared**, donde los modelos se comparten de manera controlada para coordinación.

La información consolidada y validada se publique en el entorno **Published**, disponible para revisión del cliente y usos finales.

Se garantice la **seguridad de la información, trazabilidad y control de versiones**, optimizando la comunicación entre todos los actores del proyecto.

Nomenclatura Para copiar:	PROYECTO	ORIGINADOR	PAQUETE TRABAJO / VOLUMEN	LOCALIZACION/ NIVEL	SERIE / TIPO DE DOCUMENTO	DISCIPLINA/ SISTEMA	NUMERO CONSECUTIVO
	003-VPE-ET2-YYY-M3D-TOP-001	003	VPE	ET2	YYY	M3D	TOP

Desarrollado por TDC LAB

Seleccione en cada lista desplegable el valor deseado para el campo de la nomenclatura. Complete las matrices siguientes con la información que se mostrará en dichas listas. Para definir estos valores, tenga en cuenta los Requerimientos de Información de la Organización (OIR), los Requerimientos de Intercambio de Información (EIR) o los estándares, métodos y procedimientos del proyecto.

NOMENCLATURA

Seguimiento de objetivos de calidad		OBC	BIM Manager	DISCIPLINAS DE GESTION BIM	BMM
Información contractual	INC	INC	Coordinador BIM	DISCIPLINAS DE GESTION BIM	CMG
Pliego económico		PLE	Especialista BIM	DISCIPLINAS DE GESTION BIM	EBP
Pliego administrativo		PLD	Modelador BIM	DISCIPLINAS DE GESTION BIM	MBP
Pliego técnico		PLT	Analista BIM	DISCIPLINAS DE GESTION BIM	ABP
Oferta administrativa		OFA	Apoyo BIM	DISCIPLINAS DE GESTION BIM	APP
Oferta económica		OFE	Gestor de Información	DISCIPLINAS DE GESTION BIM	GIG
Oferta técnica		OFT	Representante Calidad BIM	DISCIPLINAS DE GESTION BIM	QCG
Adjudicación		ADJ	Dirección de obra	DISCIPLINAS CONSTRUCCIONES	DOM
Contrato		CON	Residente de Obra	DISCIPLINAS CONSTRUCCIONES	ROG
Especificación o requisito		REQ	Especialista BIM de presupuestos	DISCIPLINAS CONSTRUCCIONES	EPP
Informe	INF	INF	Especialista BIM Programación	DISCIPLINAS CONSTRUCCIONES	ELP
Informe aprobación		IAP	Control de Costos	DISCIPLINAS CONSTRUCCIONES	QTC
Informe de evaluación independiente de seguridad		IES	Contratista Principal	DISCIPLINAS CONSTRUCCIONES	CTP
Informe de inspección		INS	Subcontratistas	DISCIPLINAS CONSTRUCCIONES	SCP
Informe de no regresión		ING	Administrador de Activos	DISCIPLINAS O&M	FMA
Informe de supervisión		ISP	Coordinador Mantenimiento	DISCIPLINAS O&M	FMC
Informe final		IFI			
Informe mensual		IME			
Informe sobre necesidad		INE			
Informe técnico		ITE			
Memoria	MEM	MEM			
Memoria		MEM			
Plan	PLN	PLN			
Plan de calidad		PCA			
Plan de comunicación		PCO			
Plan de evaluación		PEV			
Plan de obra		POB			
Plano	PLA	PLA			
Dibujo de CAD		CAD			
Mapa		MAP			
Plano		PLA			
Pliego de prescripciones técnicas	PPT	PPT			
Pliego de prescripciones técnicas		PPT			
Presupuesto	PRE	PRE			
Base de precios		BPR			
Cuadro de precios		CPR			
Mediciones		MED			
Presupuesto		PRE			
Resumen de presupuesto		RSP			
Valoración económica		VAE			
Publicidad	PUB	PUB			
Anuncio		ANU			
Cartel		CAT			
Presentación		PRS			
Folleto		FOL			
Visualización	VIS	VIS			
Simulación		SIM			
Infografía		INF			
Fotografía		FOT			
Vídeo		VID			

Anexo – Nomenclatura de Objetos y Familias (PTAR – ICCE SAS)**Estructura**

Elemento	Estructura del nombre	Ejemplo
Pilares	Marca de Tipo / Material / Sección / Altura	PI4/HA-30/P/40/I/45x45x350
Vigas	Marca de Tipo / Material / Ancho x Alto x Largo	V8/HA-25/P/20/I/60x30x500
Cimentaciones	Marca de Tipo / Material / Largo x Ancho x Alto	Z6/HA-35/P/40/II/150x150x75
Muros	Marca de Tipo / Clase / Grosor / Materiales	M1/FCH/19cm/11.LD.MAZ+1.MOR.CEM+7.AIS.LNMR

Arquitectura

Elemento	Estructura del nombre	Ejemplo
Puertas	Marca de Tipo / Apertura / N° de Hojas / Material / Cerradura / Clasificación / Ancho x Alto	P4/ABAT/1H/MAD.CSTÑ/C2/EI-90/72x212
Ventanas	Marca de Tipo / Apertura / N° de Hojas / Material / Persiana / Ancho x Alto	V3/OSC/2H/ALU.LCD/PER.MIN/200x200
Suelos	Marca de Tipo / Clase / Grosor / Materiales	S1/INT/10cm/8.MOR.CEM+8.PAV.LAM25x120
Cubiertas	Marca de Tipo / Clase / Materiales	C6/NOTRAN/7.GRV.LVD40+0,5.IMP.GEO80+8.AIS.XPS

Proceso / Hidráulica (Propios de PTAR)

Elemento	Estructura del nombre	Ejemplo
Tanques	Marca de Tipo / Uso / Material / Dimensiones	TQ1/REACTOR/RC/HORM/15x8x6
Digestores	Marca de Tipo / Uso / Material / Dimensiones	DG2/ANAER/HORM/12x12x10
Clarificadores	Marca de Tipo / Uso / Material / Diámetro x Altura	CL3/SEC/RC/HORM/Ø25x5
Rejas	Marca de Tipo / Clase / Material / Dimensiones	RJ1/GROSA/AC.INOX/3mm/2x2
Bombas	Marca de Tipo / Fluido / Fabricante / Modelo / Caudal	BMB1/AGUA/SULZER/ABS10/50LPS

Instrumentación y Control

Elemento	Estructura del nombre	Ejemplo
Sensores	Marca de Tipo / Variable / Fabricante / Modelo / Rango	S1/PH/ENDRESS/PHM10/0-14
Caudalímetros	Marca de Tipo / Variable / Tecnología / Diámetro	FQ2/CAUDAL/MAG/Ø200
Válvulas	Marca de Tipo / Uso / Material / Diámetro	VLV1/AISL/AC.INOX/Ø100

Tableros de Control	Marca de Tipo / Uso / Voltaje / Corriente Nominal	TBC1/PROC/480V/200A
---------------------	---	---------------------

Instalaciones MEP

Elemento	Estructura del nombre	Ejemplo
Conductos	Marca de Tipo / Tipo / Material / Forma / Dimensiones	CND5/RECT/ALU/LCD/50x25x300
Tuberías	Marca de Tipo / Uso / Material / Diámetro / Espesor	TB7/AGUA/PVC/110/3.2
Luminarias	Marca de Tipo / Tipo / Fabricante / Modelo / Potencia	LU12/LEDLIN/OSRAM/LUXLINE/35W
Tableros Eléctricos	Marca de Tipo / Tipo / Voltaje / Corriente Nominal / Circuitos	TBE3/PRINC/480V/250A/24CIR

Seguridad Contra Incendios

Elemento	Estructura del nombre	Ejemplo
Rociadores	Marca de Tipo / Fabricante / Modelo / Diámetro	R12/CONV/TYCO/ESFR/100mm
Extintores	Marca de Tipo / Agente / Capacidad	EXT1/PQS/9KG
Sistema de Alarma	Marca de Tipo / Dispositivo / Fabricante / Modelo	ALR1/SIR/NOTIFIER/NFS320

ANX_08 Organización de carpetas del ambiente común de datos_PTAR

Nivel	Codigo	Carpeta
1_InformacionReferencia	1.01	RequisitosClienteInstitucional
1_InformacionReferencia	1.02	MarcoNormativoProyecto
1_InformacionReferencia	1.03	Estudios preliminares
1_InformacionReferencia	1.04	Correspondencia
1_InformacionReferencia	1.04.01	DocumentosRecibidos
1_InformacionReferencia	1.04.02	DocumentosEnviados
2_WIP	2.01	Diagnostico
2_WIP	2.02	SitioTopografia
2_WIP	2.03	Suelos
2_WIP	2.04	Arquitectura
2_WIP	2.05	Estructura
2_WIP	2.06	Hidrosanitario_PTAR
2_WIP	2.07	Electrico
2_WIP	2.08	Mecanico
2_WIP	2.09	GasNatural
2_WIP	2.10	Ambiental
2_WIP	2.11	ModeloFederado_Preliminar
2_WIP	2.12	PresupuestoProgramacion_Preliminar
2_WIP	2.13	Coordinacion3D_Preliminar
2_WIP	2.14	DocumentosGeneralesTrabajo
3_Shared	3.01	Diagnostico
3_Shared	3.02	SitioTopografia
3_Shared	3.03	Suelos
3_Shared	3.04	Arquitectura
3_Shared	3.05	Estructura
3_Shared	3.06	Hidrosanitario_PTAR
3_Shared	3.07	Electrico
3_Shared	3.08	Mecanico
3_Shared	3.09	GasNatural
3_Shared	3.10	Ambiental
3_Shared	3.11	ModeloFederado_Coordinado
3_Shared	3.12	PresupuestoProgramacion_Validada
3_Shared	3.13	Coordinacion3D_Validada
3_Shared	3.14	DocumentosGeneralesCompartidos
3_Shared	3.15	Comites
3_Shared	3.16	AjustesObservaciones
4_Published	4.01	Diagnostico
4_Published	4.02	SitioTopografia
4_Published	4.03	Suelos
4_Published	4.04	Arquitectura
4_Published	4.05	Estructura
4_Published	4.06	Hidrosanitario_PTAR
4_Published	4.07	Electrico
4_Published	4.08	Mecanico

ANX_08_Organización de carpetas del ambiente común de datos_PTAR

Nivel	Codigo	Carpeta
4_Published	4.09	GasNatural
4_Published	4.10	Ambiental
4_Published	4.11	ModeloFederado_Publicado
4_Published	4.12	PresupuestoProgramacion_Aprobada
4_Published	4.13	Coordinacion3D_Final
4_Published	4.14	DocumentosGeneralesFinales
4_Published	4.15	AsBuilt
5_PlantillasFormatos	5.01	Diagnostico_Plantillas
5_PlantillasFormatos	5.02.01	BEP_EIR
5_PlantillasFormatos	5.02.02	GuiasBIM_Proyecto
5_PlantillasFormatos	5.03.01	Biblioteca_FamiliasEspecificas
5_PlantillasFormatos	5.03.02	Biblioteca_FabricantesProveedores
5_PlantillasFormatos	5.04	Automatizacion_Scripts

Checklist Operativo BIM – Proyecto PTAR

Etapa / Actividad	Responsable Principal	Soporte (Consulted)	Estado (Pendiente / En proceso / Hecho)	Observaciones
1. Inicio del Proyecto				
Revisar y aprobar el EIR	Cliente / Propietario	Coordinador BIM		
Elaborar BEP inicial	Coordinador BIM	Diseñadores disciplinares		
Configurar CDE (estructura carpetas)	Coordinador BIM	TI / Soporte técnico		
Definir y comunicar Matriz RACI	Coordinador BIM	Cliente		
2. Modelado Inicial (LOD 200)				
Crear modelos disciplinares	Diseñadores BIM (Hidráulica, Estructuras, Mecánica, Eléctrica/I&C)	Coordinador BIM		
Nombrar archivos según convención	Diseñadores BIM	Coordinador BIM		
Subir modelos al CDE (WIP)	Diseñadores BIM	Coordinador BIM		
Validar cumplimiento de estándares	Coordinador BIM	Supervisor Técnico		
3. Coordinación Interdisciplinar (LOD 300)				
Exportar modelos a IFC y cargar en Shared	Diseñadores BIM	Coordinador BIM		
Federar modelos en Trimble Connect	Coordinador BIM	Diseñadores BIM		
Realizar clash detection	Coordinador BIM	Diseñadores BIM		
Registrar incidencias en issues	Coordinador BIM	Diseñadores BIM		
Revisar incidencias en reunión semanal	Coordinador BIM	Cliente / Supervisores		
4. Desarrollo de Detalle (LOD 350)				
Resolver incidencias críticas	Diseñadores BIM	Coordinador BIM		
Incluir datos técnicos de equipos y tuberías	Diseñadores BIM	Supervisor Técnico		
Validar checklist por disciplina	Coordinador BIM	Supervisores		
Publicar modelo en carpeta Published	Coordinador BIM	Cliente		
5. Entregables				
Generar modelos IFC por disciplina	Diseñadores BIM	Coordinador BIM		
Emitir planos PDF y reportes Excel	Diseñadores BIM	Supervisor Técnico		
Entregar Modelo AIM	Coordinador BIM	Diseñadores BIM		
Validar cumplimiento EIR	Cliente	Coordinador BIM		
6. Control de Calidad				
Revisar nomenclatura y convenciones	Coordinador BIM	Diseñadores BIM		
Verificar geometría y metadatos	Coordinador BIM	Supervisores		
Confirmar cierre de issues	Coordinador BIM	Diseñadores BIM		
Realizar auditoría BIM mensual	Coordinador BIM	Cliente		

Checklist Operativo BIM – Proyecto PTAR

Etapa / Actividad	Responsable Principal	Soporte (Consulted)	Estado (Pendiente / En proceso / Hecho)	Observaciones
1. Inicio del Proyecto				
7. Cierre del Proyecto				
Entregar Modelo AIM final	Coordinador BIM	Diseñadores BIM		
Archivar versiones en CDE (Archive)	Coordinador BIM	TI		
Registrar lecciones aprendidas	Coordinador BIM	Todos los actores		
Evaluar indicadores de ROI	Cliente	Coordinador BIM		