

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Implementación BIM en proyectos de construcción con enfoque
a infraestructuras de saneamiento

PROYECTO DE GRADUACIÓN

Previo la obtención del Título de:

**Magister en Ingeniería Civil, Con mención en Construcción
y Saneamiento**

Presentado por:

Juan Pablo Cargua Morocho

Andrea Michelle Espinoza Betancourt

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2024

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a Dios, por ser quien me da la fuerza para luchar por todas mis metas y la esperanza para afrontar las adversidades de la vida.

A mi mamá Ing. Fátima Betancourt, por apoyarme incondicionalmente, por enseñarme a ser fuerte, por sus enseñanzas y consejos, ya que sin su ayuda no lo hubiera logrado.

De igual manera, a mi mamá Angélica Valarezo, que ya no está conmigo, pero desde el cielo me da fortaleza cuando se me presentan dificultades, y es la razón principal para cumplir lo que me propongo y así hacerla sentir orgullosa, como siempre se sentía de mí.

Así también a mis familiares y amigos que participaron en el proceso y me apoyaron siempre.

Andrea Michelle Espinoza
Betancourt

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a Dios por la vida que me otorga.

Agradezco a ESPOL por los conocimientos impartidos, las experiencias adquiridas, por incentivarme a alcanzar el éxito y a ser una excelente profesional.

Del mismo modo, agradezco a mi mamá Fátima, ya que, gracias a ella, que me ha dado las herramientas para poder cumplir el sueño que tenía desde el año 2012 que era estudiar en ESPOL.

Así también agradezco a mi mami Angélica por incentivarme desde muy pequeña el estudio y a prepararme continuamente, gracias a sus ejemplos y ayuda, aprendí a que tengo que dar lo mejor de mí en todo lo que me proponga realizar.

Agradezco a mi tutor por guiarnos a mí y a mi compañero Juan durante todo el proceso de trabajo de titulación y darnos las pautas para lograr realizar un trabajo exitoso.

**Andrea Michelle Espinoza
Betancourt**

DEDICATORIA

A mi mami, la persona que jamás se ha rendido en esta vida, quien con sacrificio y amor me enseñó que todo se puede alcanzar, con dedicación, honestidad y perseverancia.

Juan Pablo Cargua Morocho

AGRADECIMIENTOS

A mi talismán (Alepho) gracias por hacerme mejor persona, espero que la vida me alcance para devolverte todo el cariño y ganas de vivir que me has dado

Juan Pablo Cargua Morocho

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Andrea Michelle Espinoza Betancourt* y *Juan Pablo Cargua Morocho* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

Andrea Michelle
Espinoza Betancourt

Juan Pablo Cargua
Morocho

EVALUADORES

M.Sc Nadia Quijano Arteaga

PROFESORA DE LA MATERIA

Ing. José Reyes MDI

TUTOR ACADÉMICO

M.Sc Samantha Hidalgo Astudillo

PROFESORA DE LA MATERIA

RESUMEN

El alto grado de complejidad de los proyectos en la industria de la construcción en Ecuador influye que los mismos no se lleguen a culminar y los principales afectados sean los usuarios. Cuando una obra de saneamiento presenta retrasos, la población deja de recibir este servicio de manera adecuada y oportuna. Los proyectos de saneamiento también pueden ser gestionados con la metodología BIM, con la finalidad de optimizar costos y tiempos de ejecución. El proyecto se basa en la creación de un manual para implementar la metodología BIM en proyectos de saneamiento.

El manual se realizó a través de la revisión de diferentes textos y normas dándole un enfoque al saneamiento. Para el desarrollo de la investigación, se usa la metodología exploratoria. Por medio de una revisión de literatura, entrevistas y una encuesta de carácter académica informativa a la mayor empresa privada de Guayaquil en saneamiento, Interagua.

Los resultados son el manual basado en 5 pasos principales como son un análisis de madurez de la empresa, plan de capacitación enfocado a empresas de saneamiento, plan de acción para implementar BIM en empresas de saneamiento, evaluación y estabilización.

Las conclusiones son que este manual contribuye a la implementación de la metodología BIM en proyectos de saneamiento en Ecuador, facilitando la adopción de BIM de manera gradual, impulsando la optimización de procesos, recursos y tiempo.

Palabras clave: Manual, construcción, Saneamiento, BIM, empresas.

ABSTRACT

The high degree of complexity of projects in the construction industry in Ecuador means that they are not completed and the main victims are the users. When a sanitation project is delayed, the population stops receiving this service in an adequate and timely manner. Sanitation projects can also be managed with the BIM methodology, in order to optimize costs and execution times. The project is based on the creation of a manual to implement the BIM methodology in sanitation projects.

The manual was created through the review of different texts and standards, focusing on sanitation. For the development of the research, the exploratory methodology is used. Through a literature review, interviews and an informative academic survey of the largest private company in Guayaquil in sanitation, Interagua.

The results are the manual based on 5 main steps such as a company maturity analysis, training plan focused on sanitation companies, action plan to implement BIM in sanitation companies, evaluation and stabilization.

The conclusions are that this manual contributes to the implementation of the BIM methodology in sanitation projects in Ecuador, facilitating the adoption of BIM gradually, promoting the optimization of processes, resources and time.

Keywords: Manual, construction, Sanitation, BIM, companies.

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES	7
RESUMEN	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE TABLAS	VII
CAPÍTULO 1	8
Introducción	8
1.1 Antecedentes	11
1.2 Localización	14
1.3 Problemática a resolver	15
1.4 Justificación	16
1.5 Objetivos	18
1.5.1 Objetivo General	18
1.5.2 Objetivos Específicos	18
CAPÍTULO 2	19
Desarrollo del proyecto	19
2.1 Marco conceptual	19
2.1.1 Definición de BIM	19
2.1.2 Dimensiones en BIM:	19
2.1.3 Metodología BIM con enfoque a saneamiento en Ecuador	20
2.1.4 Usos BIM	20

2.1.5	Nivel de madurez BIM	21
2.1.6	Industry Foundation Classes (IFC).....	24
2.1.7	Estándar COBie	24
2.1.8	Entorno de datos (CDE)	24
2.1.9	Formación BIM	25
2.1.10	Herramientas BIM	25
2.1.11	Plan de Ejecución BIM o BEP	26
2.1.12	Saneamiento en Ecuador:.....	27
2.1.13	Implementación BIM en saneamiento:	29
2.1.14	Estándares BIM.....	30
2.2	Marco metodológico	33
CAPÍTULO 3.....		36
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		36
3.1	Resultados.....	36
3.1.1	Manual de implementación BIM en proyectos de saneamiento	36
3.1.2	Estimación de costo y tiempo para la implementación de la metodología BIM de la empresa.....	51
3.2	Análisis de resultados	54
CAPÍTULO 4.....		57
Conclusiones Y Recomendaciones		57
Conclusiones		57
Recomendaciones		58
BIBLIOGRAFÍA.....		60
ANEXOS.....		67

ABREVIATURAS

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

BIM Building Information Modeling

CDE Common Data Environment

IFC Industry Foundation Classes

BEP BIM Execution Plan

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2. 1 Dimensiones BIM. Fuente: United BIM Inc. 2022	19
Ilustración 2. 2 Componentes de un uso BIM. Fuente: Kreider& Messner, 2013.....	21
Ilustración 2. 3 Usos de BIM Fuente: https://bim.psu.edu/uses/	21
Ilustración 2. 4 Estándares BIM. Fuente: Elaboración propia	31
Ilustración 3. 1 Fases de implementación BIM en empresas de saneamiento Fuente: Elaboración propia	37
Ilustración 3. 2 Parámetros evaluados en el análisis de la madurez BIM de la empresa. Fuente: Elaboración propia	37
Ilustración 3. 3 Fases de implementación BIM en saneamiento. Fuente: Elaboración propia.....	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Normas BIM de acuerdo al estándar. Fuente: Elaboración Propia	32
Tabla 2. 2 Normas más importantes para la implementación BIM. Elaboración propia	32
Tabla 2. 3 Otras normas para implementación BIM. Fuente: Elaboración propia	33
Tabla 3. 1 Duración estimada del plan de capacitación e implementación a través de la contratación de un BIM Manager	42
Tabla 3. 2 Usos BIM de acuerdo a las fases. Fuente: Elaboración propia.....	46
Tabla 3. 3 Costos de formación de perfiles BIM. Fuente: Elaboración propia	52
Tabla 3. 4 Costo de Hardware para implementación BIM en proyectos de saneamiento	53
Tabla 3. 5 Valores de licencias de Software para saneamiento Fuente: Elaboración propia.....	53
Tabla 3. 6 Valores de licencias de software BIM Fuente: Elaboración propia	53
Tabla 3. 7 Costo aproximado de la inversión y capacitaciones para implementar BIM. Fuente: Elaboración propia.....	54

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

La construcción emerge como uno de los pilares fundamentales de la economía nacional, y es imperativo destacar el notable aporte que los trabajadores del sector brindan para impulsar la dinámica económica del país. Su contribución es fundamental en la generación de empleo, desempeñando un papel crucial en la creación de nuevas oportunidades laborales. De acuerdo con datos del Banco Central, el sector de la construcción en el año 2022 representó el 6.09% del PIB, demostrando su importancia en la economía del país. (Corporación Financiera Nacional, 2023)

La implementación de la metodología Building Information Modeling (BIM) ha desencadenado una transformación significativa en el sector de la construcción. BIM representa un enfoque integral que revoluciona la manera en que se planifican, diseñan, construyen y gestionan los proyectos.

Según la ISO 19650, BIM es usar una representación digital compartida en donde intervengan los involucrados en la toma de decisiones en todas las fases del proyecto.(BuildingSMART Spanish Chapter, 2021)

Según Alianza BIM, a finales de 2021, en Ecuador la construcción presentaba un grave problema de retrasos y sobrecostos, que afectaba a 640 obras aún por liquidar. Mediante una conferencia, el catedrático en Ingeniería Civil Alexis Andrade afirmó que en Ecuador el retraso en cronogramas de entrega de proyectos era del 92% y con sobrecostos del 130%.(Alianza BIM, 2022).

El gobierno de Ecuador no ha establecido una hoja de ruta para la implementación de la metodología BIM, sin embargo, el sector privado y la academia han tomado la iniciativa para explorar y aplicar BIM en la construcción ecuatoriana. (Alianza BIM, 2022) El uso de BIM en el país está siendo desarrollado por el sector privado, es así como empresas como Sedemi por medio de su representante, el Ing. Alejandro Reinoso, menciona que la industria de la construcción es muy “tradicionalista” y que los proyectos se continúan desarrollando como hace “cinco décadas”, además, empresas

como Sedemi, Novacero, Plastigama, están convencidas de que el uso de BIM transformará el sector la industria, con procesos de digitalización de métodos de construcción o de fabricación. (Alianza BIM, 2022)

Entre los proyectos que se han ejecutado con BIM en el país se tiene el metro de Quito, que fue culminado en marzo de 2021, proyecto que se ejecutó sin mayores retrasos ni sobre costos, donde utilizar BIM permitió una disminución cercana al 10% del precio por kilómetro con respecto a proyectos de similares características. (Alianza BIM, 2022)

También las cámaras de la construcción de Quito, Guayaquil y la academia como ESPOL, UTPL, UISEK, están comprometidos en aportar y motivar el uso de BIM en el país. Es importante incentivar a través de la academia para que estos conocimientos actuales, que se aplican en países como Chile, Perú, Colombia, entre otros, sean aplicados en futuros proyectos en el país y de esta manera poner en práctica mejores estrategias en las empresas donde se desenvuelven como profesionales y salir de la brecha tradicionalista.

Aplicando la metodología BIM, se plantea hacer frente a la situación de saneamiento del país, que presenta problemas latentes. Según las Naciones Unidas, al año 2023 el 30% de la población ecuatoriana no cuenta con agua segura, indispensable para una buena calidad de vida.

En Guayaquil, la empresa que se encarga de los sistemas de agua potable, alcantarillado y aguas lluvias, desde el 2001, es Interagua, sirviendo en la actualidad a 2.089.959 personas (2022) de 4.391.923 habitantes del puerto principal al año 2023. Representando una de las empresas privadas más grandes del país en este ámbito del saneamiento.

Por lo tanto, se plantea realizar un manual por 2 motivos, el primero, considerando que en el país la metodología BIM, es impulsada por el sector privado, al no existir una normativa para proyectos públicos y segundo, porque maneja esta problemática del saneamiento en Guayaquil, la ciudad más poblada del país.

Esto se realiza a través de la metodología Lean Construction, que es conocida por hacer a la construcción más eficiente, eliminando procesos que no agregan valor y evita desperdicios de materiales, tiempo y demás recursos. BIM está relacionado directamente con Lean Construction ya que BIM automatiza flujos y Lean los optimiza.(Editeca, 2022) (Konstruedu, 2022) En ese sentido, BIM funciona con un CDE, y opera con un conjunto común de estándares, uniendo diferentes equipos en el proyecto, para que colaboren de la misma manera mediante tecnología y procesos compartidos. Lo que conduce a que se tenga un lugar confiable donde acceder a la información necesaria para una mejor toma de decisiones e incluso sirve para el mantenimiento.(Zoroquiain López, 2023). Además, esta implementación en empresas se la realiza por medio de una metodología exploratoria, con la obtención de datos base del lugar a intervenir para un diagnóstico previo y posterior la creación del manual antes mencionado.

Por los detalles antes citados, esta investigación evalúa la situación actual de las empresas que ofrecen el servicio de saneamiento para la identificación del nivel de madurez BIM, seguidamente desarrolla una hoja de ruta para la implementación BIM en base a las encuestas realizadas y estima costo y tiempo para la implementación BIM de la empresa mediante un análisis de perfiles y formación BIM, y softwares necesarios para la empresa. Todo esto con la finalidad de contar con una guía enfocada en saneamiento y que las industria tenga la capacidad de adoptar esta metodología, y lograr la eficiencia en sus procesos, con lo cual se obtendrán proyectos eficientes y de calidad.

La estructura del documento se plantea en el capítulo 1, los antecedentes, localización, problemática a resolver, justificación y objetivos, en el 2, marco conceptual, donde se explican definiciones de términos necesarios para una correcta comprensión de la metodología BIM, así como de la situación actual del saneamiento en Ecuador. Seguidamente se explica la metodología utilizada como es Lean Construction a través de exploratoria con la obtención de datos de la empresa analizada. Así también en el

capítulo 3, explica los resultados obtenidos, como son el manual, costos y tiempo y finalmente en el capítulo 4, las conclusiones y recomendaciones obtenidas.

1.1 Antecedentes

Autodesk a nivel Latinoamérica menciona que BIM, en saneamiento ayuda a entender cómo está implantado el proyecto en sitio a través de mapas, es decir a entender el proyecto de manera espacial. Ya sea este a nivel macro, una urbanización, barrio, región o nivel micro, en el caso de una instalación sanitaria en una casa. El BIM para el agua y saneamiento se enfoca a la operación y mantenimiento, si bien ayuda en la fase de diseño y construcción, lo más importante es tener ese modelo 3D para operar y mantener.

En los proyectos como plantas, fábricas y edificios complejos, existen sistemas interconectados, donde es crucial ser colaborativos en un modelo digital a través de una única fuente de verdad, permitiendo además ser controlado en tiempo real, permitiendo la resolución de los problemas ágilmente, tener un rendimiento optimizado, incremento de la productividad y la reducción de los costos.

En Espírito Santo en Brasil, en el año 2020, se modeló una inundación de esa localidad; junto con el gobierno, se trabajó con herramientas como Autodesk Construction Cloud 360, Civil 3D e Infracore.

Otro caso de éxito es las empresas públicas de Medellín donde se realizó la digitalización de una subestación con el escaneo a través de drones; se hizo la convergencia de todas las imágenes a través de Recap, que permitió juntarlas y obtener una nube de puntos para luego trabajar el modelado en Revit y posterior con dicho modelo, a través de la herramienta Inventor, llegar a modelar en detalle un activo, una unión o un equipo precisamente con los datos y propiedades del mismo para luego tenerlo para la parte de operación y mantenimiento. (Fortunato et al., 2020)

La metodología BIM en el Ecuador se ha desarrollado a nivel de la academia con investigaciones de las cuales se extrae los principales hallazgos en el área de saneamiento.

Una investigación de Castro Cabrera en 2021 declara que las herramientas más usadas para evitar retrasos en las obras de saneamiento son MS Project y Diagramas de Gantt y que son mayormente usadas durante la ejecución de la obra (Castro Carrera et al., 2022).

Andrade en 2021, realizó un estudio con la metodología BIM de la cual se puede concluir, sobre saneamiento a nivel de una edificación, que cuando se realiza un modelo en planos tradicionales se tienen datos de diámetro, longitud y pendiente mientras que con la aplicación de la metodología BIM, se representa las tuberías en 3D, necesario para entender su trayecto, bajantes, conexiones con accesorios, aparatos sanitarios y posibles colisiones. Además, cuando se coordina con las demás especialidades se puede escoger la mejor ruta para las tuberías sin necesidad de construirla. También, se puede obtener cantidades de accesorios más precisas e isométricos del sistema de tuberías. Finalmente, las cajas de revisión, al ser insertadas, se pueda analizar si la pendiente de las tuberías que conectan es la adecuada o si las cajas chocan con la cimentación.(Andrade Sevilla, 2021)

Arroyo y Rendón en 2021 también realiza un estudio 5D de planificación y control de obra para una planta de tratamiento de agua potable en Daule, donde concluye que uno de los principales de beneficios de usar esta metodología es la optimización de calidad, recursos y tiempos.(Arroyo Orozco & Rendón González, 2021)

La implementación de la metodología BIM involucra tanto a la empresa como a los fabricantes, Guzmán y Alvansazyazdi en 2023 realizan una propuesta de gestión para la adopción de BIM en empresas fabricantes, la misma que entrega un plan de gestión enfocada en la dirección de proyectos y presenta una guía para la creación de contenido BIM garantice la calidad de la información de un catálogo BIM.(Guzmán & Mohammadfarid, 2023)

En un análisis del uso de la metodología BIM en el sector de la construcción en la ciudad de Quito, donde se investigó a empresas de construcción quiteñas acerca de su adopción, se concluye que, si se está implementando esta metodología en los proyectos de manera aislada, sin embargo, en los que menos se implementa es en las empresas hidrosanitarias. (Peñafiel Barba & Paredes Vargas, 2022)

En una investigación acerca de los factores que dificultan al gobierno ecuatoriano el impulso de la Metodología Building Information Modeling (BIM) señala que es debido a la falta de oportunidades, ausencia de capacitaciones, desconocimiento de qué es BIM, habilidades requeridas para BIM, la falta actualización de equipos tecnológicos y la carencia de un presupuesto destinado a estas actividades en especial a lo que se refiere a tecnología, aspectos que deberán ser superados en una eventual implementación de un programa BIM por parte del gobierno ecuatoriano. También se identificó una comunicación vertical deficiente entre los directivos y el personal lo que influye de manera directa en la implementación de nuevas metodología y tecnologías. (Moyón Silva & Samaniego Amaguaya, 2023)

En 2020, Vélez realiza la implementación de la metodología BIM en los procesos de trabajo de una empresa de arquitectura y construcción ubicada en Cuenca, Ecuador, la cual tiene como resultado un plan de implementación que está vinculado a un diagnóstico de la empresa. (Vélez Martínez, 2020)

En el Reino Unido, que es el país más avanzado en materia de implementación del BIM, se ahorra el 11 por ciento de costos y 15 por ciento de tiempos. Aun así, hay aspiraciones por parte del gobierno británico para que, a partir del año 2025, mediante el uso abierto de la tecnología BIM, se obtenga 33 por ciento de ahorro en costos totales del proyecto y hasta 50 por ciento en tiempos de entrega. (Revista Construcción y Vivienda, 2020)

La metodología BIM se puede implementarse en diferentes áreas de la construcción, ya que "B" del término BIM corresponde al término Building o construcción, no solamente a obras verticales o edificaciones como se lo ha realizado hasta la actualidad, lo que se busca es delimitar a un análisis horizontal en el que intervienen los proyectos de saneamiento.(Sociedad de arquitectos del Uruguay, 2022)

Una investigación realizada por Fernández y Loarte en el 2022 en Perú menciona los beneficios de usar BIM en proyectos de saneamiento, describiendo la situación actual de saneamiento en Perú y como el implementar esta metodología ayudaría a optimizar

estas obras y a ejecutarlas de la mejor manera. (Loarte Pérez & Fernández Huaccani, 2022)

BIM se aplica en Ecuador básicamente a nivel de empresa privada, no existe una política de estado que gestione o de luces sobre la necesidad o implementación de soluciones BIM. Los grandes protagonistas del BIM en este país son empresas privadas, en su gran mayoría constructoras, llamadas por el nivel de detalle que puedes alcanzar tanto en listados de materiales como en análisis de interferencias con BIM.(EDITECA, 2018)

En los últimos años el uso de BIM se ha implantado de forma progresiva en diferentes países, siendo para algunos de ellos objetivo prioritario de sus Administraciones Públicas, las cuales han impuesto o valorado su uso en obra pública, según datos publicados. (Lacaze, 2021)

Este trabajo de investigación quiere conseguir la implementación de la metodología BIM en una empresa en proyectos de construcción con enfoque a infraestructuras de saneamiento, para aprovechar los beneficios de este sistema como la optimización de calidad, costos y tiempos en este problema latente en el país y se puedan aprovechar los recursos para subsanar más proyectos que aporten a la salud, desarrollo y bienestar de la población.

Además, atiende a la necesidad urgente de tener un sistema integrado de profesionales capacitados en BIM, perfiles BIM y conocimientos de los softwares para poder trabajar de manera colaborativa con los proyectos a fin de impulsar el avance tecnológico en el sector de la construcción y el saneamiento.

1.2 Localización

El Manual fue desarrollado de manera global y puede ser aplicado en cualquier empresa de saneamiento en el mundo sin embargo, se debe tomar en cuenta que ciertas consideraciones fueron de acuerdo a la normativa local.

1.3 Problemática a resolver

Las obras de saneamiento brindan un servicio básico y mayormente son macroproyectos con amplia población beneficiada, con grandes aportes sociales como salud y mejora de la calidad de vida a la población. Los proyectos de saneamiento en Ecuador presentan un desafío significativo con respecto a la gestión. Los proyectos de saneamiento en Ecuador se desarrollan con una mala gestión debido a que presenta sobrecostos y retrasos. Lo que genera que el servicio no llegue a la población adecuadamente y de manera oportuna. Según el Censo 2022, Ecuador presenta a nivel nacional una cobertura del 84,2% en el servicio de agua potable, 65,8% en alcantarillado y 88,7% en recolección de basura. Los datos del Censo 2022 revelan que, si bien Ecuador ha realizado inversión en obras de saneamiento para alcanzar una mayor cobertura y mejorar la calidad de vida de la población, aún persisten brechas significativas en las zonas rurales. En algunos sectores, la cobertura de alcantarillado apenas llega al 7,2% y la de agua potable se encuentra por debajo del 50%. (*Instituto Nacional de Estadística y Censos – Ecuador, 2024*)

De acuerdo a (Carrera et al., 2022), es frecuente que las obras de saneamiento experimenten retrasos en su ejecución, lo que genera directamente una demora en el acceso a agua potable y alcantarillado para la población. Las principales razones por las que las obras de saneamiento presentan retrasos se atribuyen a deficiencia en los estudios, modificaciones de los proyectos en su etapa constructiva, incremento de rubros, materiales de baja calidad utilizados en la obra, ampliaciones de plazos. (Castro Carrera et al., 2022)

El aumento de costos en proyectos de saneamiento tiene un impacto directo en las tarifas que pagan los usuarios. Esto se debe a que los mayores gastos deben ser cubiertos por la comunidad a través de sus tarifas. Adicionalmente, si las obras requieren más recursos de lo previsto, puede afectar la disponibilidad de financiamiento para otros proyectos de saneamiento, limitando el acceso a servicios básicos para la población. (Castro Carrera et al., 2022)

En los proyectos de saneamiento intervienen muchas ingenierías, sin embargo se los manejan con fragmentación en la que todos los interesados no interviene el mismo tiempo sino que lo hace en primer lugar el usuario, luego el diseñador, entidad contratante y finalmente el gerente del proyecto, por lo que, si existieran variaciones, cambios o interferencias, no se coordinan en los diseños o planos y finalmente la parte de la consultoría termina junto con la obra, lo cual también repercute en extensiones de tiempo, costos y calidad del proyecto. La metodología BIM ayuda a la gestión de estos proyectos y evita estos problemas en el sector .(Revista Construcción y Vivienda, 2020)

Es importante resolver el problema mediante la gestión de los proyectos de saneamiento a través la aplicación de la metodología BIM porque ofrece beneficios como la correcta planificación, diseño, construcción, operación, mantenimiento detección de conflictos y problemas lo cual reduce costos y retrasos.

Según la Encuesta BIM en América Latina y el Caribe, Ecuador está entre los países que menos utiliza esta metodología, lo que no solo nos hace menos competitivos, sino que los distintos proyectos sigan manteniendo sobre costos, plazos interminables y errores constructivos debido a la manera tradicional que aún se mantiene en el país.(Lacaze, 2021)

1.4 Justificación

Los proyectos de saneamiento en Ecuador se ven afectados por una inadecuada gestión, lo que se traduce en retrasos y sobrecostos considerables.

Esta problemática es parte de lo mencionado por el Ing. Alexis Andrade durante una conferencia en la cual mencionó que la industria de la construcción se encontraba en una situación crítica con un 92% de retraso y un 130% de sobrecosto en 640 obras que aún no habían sido concluidas.(Alianza BIM, 2022)

Las demoras que se producen al momento de ejecutar los proyectos hacen que los mismos incluso no se lleguen a culminar y los principales afectados son los usuarios, según Segundo Guailas, debemos trabajar de manera colaborativa entre sector público y comunidades locales para lograr una gestión sostenible de los recursos comunitarios de aguas y saneamiento.(LatinWASH+, 2023a)

Los beneficios sociales de gestionar de una manera más eficiente los proyectos de saneamiento indirectamente respalda los compromisos de la Agenda 2030, especialmente el ODS 6, al asegurar un acceso equitativo a servicios de agua y saneamiento adecuados para todos, lo que beneficia tanto a la salud pública como al medio ambiente. Además, impulsa la innovación en la gestión de proyectos, lo que contribuye al ODS 9 al modernizar la infraestructura de manera sostenible y promover tecnologías limpias, avanzando así hacia el desarrollo sostenible en todos los países. (UNICEF, 2018) (LatinWASH+, 2023b) (Gámez, 2015).

La adopción de la metodología BIM en proyectos de saneamiento representa una oportunidad crucial para optimizar el uso de recursos, esto permitirá llevar a cabo más obras de saneamiento y dotar de agua potable a cerca del 30% de la población que aún no cuenta con este servicio básico. (Naciones Unidas Ecuador, 2023) La Cámara de la Construcción de Quito indica que el uso del BIM se concentra principalmente en proyectos de edificación a nivel nacional, la adopción de BIM en saneamiento es escasa, del mismo modo, por los datos aportados por INTERAGUA, la mayor empresa pública de saneamiento del país aún no ha implementado el uso BIM en sus proyectos.

En el país no existen procedimientos específicos para la aplicación de BIM en proyectos de saneamiento. Esta falta de directrices dificulta la adopción de esta tecnología por parte de las empresas del sector, por esta razón se ha planteado la creación de un manual para la implementación de BIM en proyectos de saneamiento. Este manual proporcionará una guía completa para empresas y profesionales que deseen iniciar la adopción de BIM en sus obras de saneamiento. La adopción del BIM en saneamiento, permitirá optimizar el diseño, la construcción y la operación de sistemas de agua potable y alcantarillado.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Crear un manual de procedimiento para la implementación de la metodología BIM en proyectos de saneamiento mediante un proceso estructurado de análisis, diagnóstico, proyecto piloto y estabilización en Ecuador para la optimización de procesos, recursos y tiempo.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Evaluar la situación actual de las empresas que ofrecen el servicio de saneamiento para la identificación del nivel de madurez BIM.
- Desarrollar una hoja de ruta para la implementación BIM en proyectos de saneamiento, estableciendo recursos, roles, responsabilidades en base a las encuestas realizadas.
- Estimar costo y tiempo para la implementación de la metodología BIM de la empresa mediante un análisis de perfiles, formación BIM y softwares necesarios para la empresa.

CAPÍTULO 2

DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1 Marco conceptual

2.1.1 Definición de BIM

Según la ISO 19650, "Building Information Modeling (BIM) es el uso de una representación digital compartida (modelo de información) de un activo construido para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación, y proporcionar una base confiable para la toma de decisiones."(BuildingSMART Spanish Chapter, 2021)

BIM no solo implica el manejo de un programa o el diseño en 3D de un proyecto, BIM es la metodología que puede ser usada en todas las etapas de un proyecto y permite mejorar la calidad.

2.1.2 Dimensiones en BIM:

Además de las dos dimensiones en el espacio usadas en CAD, BIM añade nuevas dimensiones al método de trabajo:

3D	4D	5D	6D	7D
Geometría	Tiempo	Dinero	Sostenibilidad	Gestión de instalaciones
Estructura geográfica tridimensional (x, y, z).	Cronograma, programación y duración	Estimación de costos, análisis presupuestario.	Autosostenible y energéticamente eficiente	Información de gestión de instalaciones

Ilustración 2. 1 Dimensiones BIM. Fuente: United BIM Inc. 2022

3D Modelo: Cuando se representa en 3 dimensiones el proyecto donde pueden colaborar en el modelo todas las partes interesadas y resolver problemas de manera colaborativa.(United-BIM Inc, 2022)

4D Programación: Incorpora un cronograma de las fases de construcción, ayudando a la planificación. (Marsbiminternational, 2023)

5D Control de costes: Contempla los costos del proyecto, determinando costos de construcción u operativos dependiendo lo que se espera obtener y la información proporcionada.(NBS, 2021)

6D Sostenibilidad: Proporciona el consumo de energía y estimaciones, y así el coste lo que garantiza su rentabilidad.(Novatr, 2023)

7D Mantenimiento: En ella se desarrolla la gestión del ciclo de vida del proyecto. (Infurnia, 2022)

2.1.3 Metodología BIM con enfoque a saneamiento en Ecuador

La aplicación de la metodología BIM con respecto a saneamiento se la ha impulsado en la empresa Plastigama desde el 2019 con la implementación de librerías gratuitas y descargables las cuales sirven para el programa Revit, mismo que contiene librerías propias, pero con estándares norteamericanos porque la empresa Mexichem Ecuador desarrolló librerías con las condiciones locales. Para esta primera fase MEXICHEM Ecuador, desarrolló librerías para las siguientes líneas: Sanitaria Premium, Polipropileno Roscable, Termomax (tuberías por termofusión), Tanques, PVC roscable y Espigo Campana.(El Oficial, 2019)

En la actualidad, como utilitarios para saneamiento se tiene las tuberías Novafort Plus, bio tanques sépticos integrados y la línea Sanitaria Premium. En anexos 1, 2 y 3 se encuentran los productos que ofrece Plastigama para su modelación en BIM.

2.1.4 Usos BIM

Según Penn State University, los componentes de un uso BIM, se los clasifica en función del propósito y las características de implementación de BIM. (Kreider & Messner, 2013)

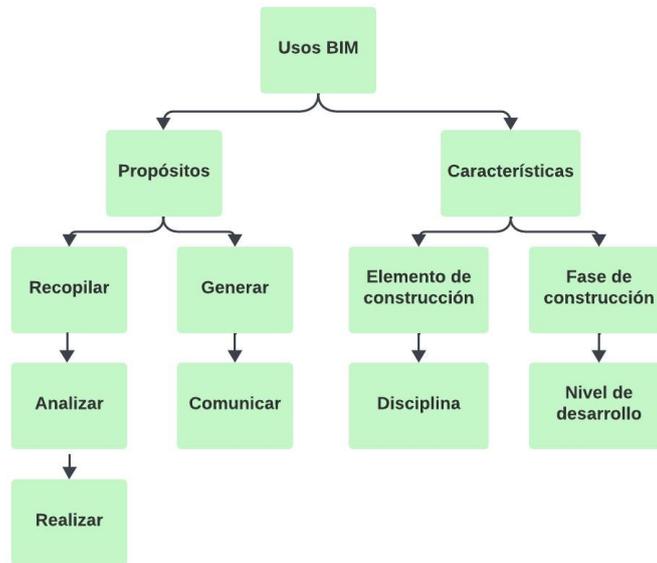


Ilustración 2. 2 Componentes de un uso BIM. Fuente: Kreider& Messner, 2013

Los 25 usos BIM se clasifican de acuerdo a la fase del proyecto como planeación, diseño, construcción y operación.

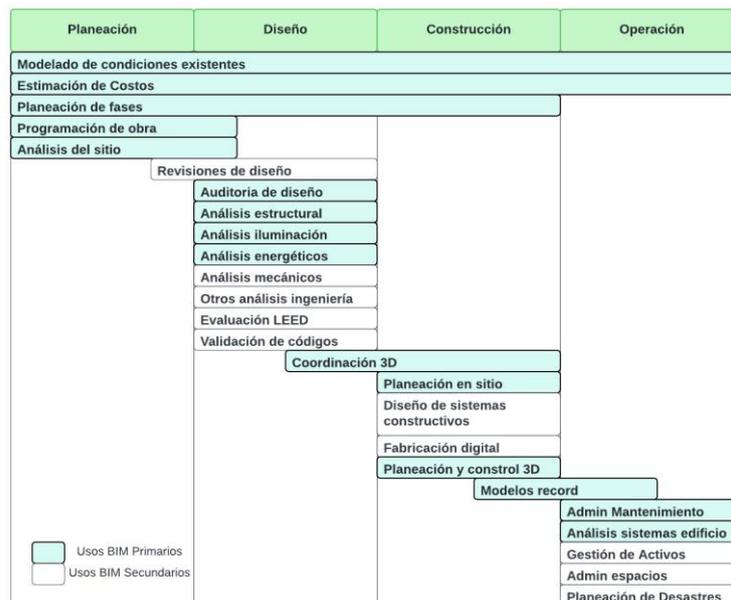


Ilustración 2. 3 Usos de BIM Fuente: <https://bim.psu.edu/uses/>

2.1.5 Nivel de madurez BIM

Es un grupo de metas destacadas que indican el nivel de desarrollo de la madurez BIM

en una empresa. Su avance demuestra que los objetivos están más cercanos a la realidad, un mayor rendimiento, previsión de costos y más efectividad en los procesos. (BIMe Initiative, 2019)

Existen 2 métodos para definir el nivel de madurez en una empresa.

El método británico: Presentado por Mark Bew and Mervyn Richards en el año 2008, adaptado por el gobierno del Reino Unido en el 2011. Este modelo ha servido como una base para el desarrollo de la metodología BIM. Dado que este método tiene un tipo de calificación cualitativa, existen metas, con sus respectivos indicadores, que definen el nivel de madurez BIM y está determinada por el nivel de colaboración de parte de los interesados. El método evalúa 3 parámetros, que son los formatos de la Información que conforman el proyecto, los estándares aplicados y finalmente los procesos y alcance de la colaboración. (Rodríguez, 2020a)

Los niveles de madurez según el método británico son:

El nivel 0. Se utiliza el software para crear planos en 2D para diseño y producción, no existe colaboración alguna, por lo tanto no es realmente BIM. (Barner & Davies, 2014)

Los siguientes niveles definen hasta qué punto se desarrollan el modelado, la colaboración y la compartición de información.

El nivel 1, usa datos 3D, aunque aún no existe colaboración, se lo conoce como BIM Solitario. En este nivel empieza a utilizarse el entorno común de datos que cumple BS 1192:2007, que es el código de práctica para producción colaborativa de arquitectura, información de ingeniería y construcción en el Reino Unido. (Barner & Davies, 2014)

El nivel 2 es un formato 3D administrado, es decir cada quien tiene su propio modelo 3D, compartiendo información y todos puedan importar en sus modelos la información de todas las demás áreas. En este nivel se introduce información para una dimensión 4D (planificación) y 5D (costos). (Barner & Davies, 2014).

El nivel 3, trabajo colaborativo en un único modelo en tiempo real, al ser un modelo completo se trabaja con los servicios web dada la demanda de información, en este

nivel se elimina la aparición de interferencias o conflictos y cuánta con información para 4D, 5D y 6D, además de bibliotecas proporcionada por los fabricantes. Se lo conoce como Open. (Barner & Davies, 2014)

El Modelo de BIM Excellence Initiative

Este método se basa en personas, procesos, tecnología, estándares y organización. En lo referente a lo personal, se busca identificar los roles y su contribución en los procedimientos que se desarrollan. En cuanto a los procedimientos, se realiza una evaluación de los métodos que se utilizarán al implementar BIM, asegurando que estén claramente definidos, documentados, y se analiza cómo se integran con otros procesos en la empresa. En el ámbito tecnológico, se examinan y valoran softwares, hardware y el acceso a la información que se emplearán en la aplicación de BIM, dentro de la empresa y fuera al colaborar en proyectos con otras empresas. Con respecto a los estándares, se analiza la pertinencia de los estándares utilizados en el desarrollo de proyectos y cómo se aplican y mantienen en la implementación de BIM en los proyectos. Finalmente, en términos de organización, se evalúa la coherencia entre la visión y estrategia de la empresa y su enfoque y estrategia respecto a BIM.

El Dr. Bilial Succar presentó en 2009 un modelo conocido como Índice de Madurez BIM, que consta de cinco niveles:

Nivel A: Inicial. En este nivel, no existe una estrategia de trabajo, procesos o políticas definidas. Aunque se pueden tener herramientas orientadas a BIM, su uso carece de un sistema o integración adecuada.

Nivel B: Definido. En este nivel, la adopción de BIM está ordenada por la dirección de la empresa. Se implementan políticas y procesos claros.

Nivel C: Gestionado. Existe una comprensión clara y generalizada de BIM por parte del equipo de trabajo. Se desarrollan planes de acción y sistemas de control.

Nivel D: Integrado. En este nivel, la adopción de BIM, sus requisitos, procesos y entregables se integran con herramientas de gestión y comunicación.

Nivel E: Optimizado. En el nivel más alto, la adopción de BIM y sus efectos se alinean con otras estrategias organizacionales de la empresa. Se logra una integración y optimización sencilla de los datos y los procesos. (Rodríguez, 2020b)

2.1.6 Industry Foundation Classes (IFC)

Se refiere a una especificación (esquema) neutral/abierta y a un 'formato de archivo BIM' no patentado creado por buildingSMART. Las principales aplicaciones de software BIM permiten tanto la importación como la exportación de archivos en formato IFC (véase también ISO 16739). (BIME Initiative, 2024)

2.1.7 Estándar COBie

El estándar COBie requiere la extracción de datos de archivos IFC o software BIM a un archivo MS Excel, donde cada entidad COBie tiene su propia hoja. Algunos datos se completan directamente en este archivo. Se detallan las entidades COBie, como Activos, Plantas, Espacios, Recursos y Recambios, con instrucciones sobre su registro y actualización periódica durante la construcción. COBie no solo se usa al finalizar la obra, sino que también sirve como herramienta de supervisión durante el proyecto, y se recomienda su uso en diferentes etapas, desde el diseño hasta el mantenimiento del edificio. El archivo COBie actualizado se entrega al finalizar la obra y se utiliza como inventario para la gestión continua del edificio, incluida la integración con otros sistemas informáticos del cliente. (BuildingSMART Spanish Chapter, 2020)

2.1.8 Entorno de datos (CDE)

CDE (Common Data Environment) es un entorno colaborativo de datos que cumple con una serie de funcionalidades de la norma del Reino Unido BS 1192:2007. Tiene que cumplir ser un sistema escalable, con control de accesos y seguridad, con creación de procesos, control de requisitos, control de documentos, modelo federado(único) con diferentes estados como Trabajo en Curso (Work in Progress), Compartido (Shared), Publicado (Published) y Archivado (Archive).

Existen 2 niveles de CDE, el simplificado y el avanzado. En el simplificado sólo se gestionan archivos como son Dropbox, Google drive, OneDrive, entre otros, mientras que los avanzados ya cumplen los lineamientos de la norma del Reino Unido, entre ellos se tiene Aconex, projectWise, connec, 4Projects-Viewpoint, BIM+, Graphisoft BIM Cloud, Trimble Connect, Vectorworks Cloud Services, Autodesk BIM 360, Autodesk Revit Server, BIMcollab, Revizto, entre otros. (Barco Moreno, 2018)

2.1.9 Formación BIM

Modelador BIM: Realiza en modelo de acuerdo al área ya sea arquitectura, estructuras, instalaciones y urbanismo, realiza bibliotecas y trabaja en elementos anotativos. Debe tener conocimiento de la disciplina a modelar, aunque preferible conocer todas las disciplinas que intervienen para poder colaborar. Un modelador MEP puede pasar a modelar arquitectura ya que las instalaciones es una de las disciplinas que resultan más complejas. Es necesario que conozca cómo se construye para modelar de forma adecuada. (Barco Moreno, 2018)

Calculista MEP: Es el arquitecto o ingeniero que pre diseña y adapta el modelo con la base de cálculo de las instalaciones, y dependiendo de la magnitud del proyecto, los objetos BIM tengan la información requerida. Debe conocer la interoperabilidad entre los diferentes programas de cálculo, softwares BIM, plugins y hojas de cálculo. Debe conocer cómo se manejan proyectos y diseñar la propuesta de modelo, en este caso pasaría este modelo a ser implementado en el modelo federado por el modelador BIM MEP.(Barco Moreno, 2018)

Coordinador BIM: Es el responsable de integrar las especialidades y detectar las interferencias, analizar soluciones y manejar la información de los proyectos. (BIM Forum Chile, 2017)

2.1.10 Herramientas BIM

Las herramientas BIM que se pueden usar en saneamiento son: Revit con un 74% de uso, Civil 3D con un 5% e Infracore con un 4%. (Esarte Esevenri, 2020b)

Revit MEP: Es una disciplina del programa desarrollado por Autodesk donde intervienen las especialidades mecánicas, eléctricas e instalaciones de agua y

sanitarias. Permite modelar las instalaciones de manera óptima así como también calcular presión y flujo mediante parámetros determinados. (Juárez Ruiz, 2020)

Según la página de Autodesk, los valores de las licencias del programa son: \$320 Mensual, \$2545 Anual y \$7635 por 3 años.

Civil 3D: Permite modelar proyectos en un entorno 3D. Contienen una plataforma GIS que permite usar información de topografía y datos geográficos. Además, permite diseñar la red de tuberías. (Esarte Eseverri, 2020)

Según la página de Autodesk, los valores de las licencias del programa son: \$305 Mensual, \$2430 Anual y \$7290 por 3 años.

Infraworks: Ayuda a profesionales de la arquitectura, ingeniería y construcción a modelar y analizar diseños de infraestructura en el entorno real y natural, mejorando la toma de decisiones y acelerando la aprobación de proyectos. Integra el diseño con los datos geoespaciales de GIS. Ya se tiene una base para trazar las tuberías, encontrar obstáculos, ríos, puentes carreteras. (PCCAD, 2023)

Infraworks permite exportar los modelos a Civil 3D o Revit para el desarrollo de la ingeniería a detalle de los mismos.

Según la página de Autodesk, los valores de las licencias del programa son: \$333 Mensual, \$2645 Anual y \$7936 por 3 años.

2.1.11 Plan de Ejecución BIM o BEP

EL plan de Ejecución BIM o BEP es un documento esencial para proyectos BIM, delineando reglas, normas y bases internas para una coordinación coherente entre todos los involucrados. Este plan, generalmente creado por el BIM Manager del estudio de arquitectura, es contractual y se basa en los Requerimientos de Información del Cliente. La guía de The Pennsylvania State University consta de ocho capítulos y once apéndices:

Planificación de la ejecución de un proyecto BIM: Desarrolla como se ejecutará el proyecto BIM.

Método de identificación de usos BIM: Define los usos BIM del proyecto y cómo diferenciarlos.

Procedimientos de procesos BIM: Explica qué son los procesos BIM y cómo ejecutarlos.

Definición de los requisitos de intercambio de información: Detalla cómo se deben definir estos requisitos.

Definición de la infraestructura necesaria para soportar el proceso BIM: Incluye personal, equipos y software necesarios.

Implementación del procedimiento en el equipo a través de reuniones y tareas: Asegura que todo el equipo esté informado sobre los cambios y nuevos procedimientos.

Estructuración para el desarrollo organizacional individual de métodos para la implementación de BIM: Enfocado en estrategias para implementar BIM en la organización.

Recomendaciones y conclusiones para proyectos y organizaciones BIM: Ofrece orientación final para proyectos y organizaciones que trabajan con BIM.(Esarte Eserverri, 2018)

2.1.12 Saneamiento en Ecuador:

Situación actual de la meta 6.2 del ODS 6 en Ecuador:

Para el año 2030 se tiene que trabajar en erradicar un 7.2% en zonas urbanas y un 13.7% en zonas rurales, ya que actualmente se está cumpliendo este ODS en 92.8% y 86.3%, respectivamente. A nivel país, para alcanzar un saneamiento básico, existe una brecha para satisfacer de 8.2%.(Rosales Durán, 2021)

Programa Lazos de Agua:

El programa Lazos de agua en su primera etapa en los años 2016-2022 impulsó el acceso al agua, saneamiento e higiene en 5 países. En una segunda fase incluirá al Ecuador como beneficiario. Se centrará en zonas rurales de Manabí con la potenciación del "Programa de Agua Potable y Alcantarillado del Cantón Portoviejo", financiado por el BID, el Gobierno de España a través del Fondo para la Promoción del

Desarrollo, la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo y el Banco Europeo de Inversiones. (Revista Gestión Digital, 2023), (Lazos de agua, 2023)

Corporación Agua

Un organismo sin fines de lucro que junta capacidades de la academia, el sector privado y las organizaciones de la sociedad civil. Se han unido 7 instituciones para trabajar por el saneamiento en Ecuador. La Atixconsulta, Komenci, las fundaciones Ayuda en Acción, Esquel y Redni, la PUCE y el señor José Luis Álvarez.

Uno de los objetivos de la corporación es mejorar las infraestructuras para agua y saneamiento y desarrollar campañas de comunicación. La idea es influir en las políticas públicas y constituirse en un centro de información, indicadores y mejores prácticas en el sector. (Sempértegui, 2023)

Trabajos de Saneamiento por parte del Sector público en el año 2022.

GESTIÓN DE AGUA POTABLE, SANEAMIENTO, RIEGO Y DRENAJE

En el informe detallado del Ministerio del ambiente, agua y transición ecológica MAATE del año 2022 hace referencia de 4 aspectos como son las viabilidades técnicas, consultorías, y un proyecto de inversión. En el tema de viabilidades técnicas un total de 179 proyectos, en consultorías 38 TDRs para la elaboración de estudios y el incentivo punto azul para prestadores de servicios que fomenten temas de agua y el proyecto de inversión “Fomento a la Gestión de Agua Potable, Saneamiento, Riego y Drenaje (FOGAPRYD)”, 9 convenios con Chimborazo (3), Loja (5), El Oro (1), Azuay (1), Pichincha (1) para trabajar junto a los GAD’s en 11 proyectos de agua potable y saneamiento. (Ministerio del ambiente, agua y transición ecológica, 2023)

Banco de desarrollo del Ecuador. BDE

Por medio de los gobiernos autónomos descentralizados el BDE busca mejorar la cobertura de agua potable, gestión de residuos sólidos, además de alcantarillado sanitario y pluvial. Financia estudios y proyectos de servicio de agua potable, alcantarillado combinado, alcantarillado sanitario, residuos sólidos e instalación de letrinas. El Banco gestiona el financiamiento mediante varios programas que cuentan con el apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF), la Agencia Francesa de Desarrollo (AFD), entre otros. (Banco de Desarrollo del Ecuador, 2023)

2.1.13 Implementación BIM en saneamiento:

El crecimiento poblacional acelera la contaminación del agua, y exige la necesidad de más sistemas de saneamientos. Como proyectos de saneamiento en aguas residuales que se puede mencionar a las PTAR y los sistemas de alcantarillado, en el caso de una PTAR, al ser un proyecto grande, se requiere de planificación y programaciones adecuadas, adecuado diseño y manejo de los elementos que la componen entre los que se tienen bombas, sistemas de tuberías, el tanque de aireación que consta de múltiples tuberías internas.

Además, este proyecto requiere de actividades operativas, de mantenimiento, y de gestión integrales como dar a conocer el estado de los filtros de la planta mientras esta se encuentra trabajando. Por lo mencionado, la tecnología BIM se está utilizando en otros países en el sector del agua y las aguas residuales.

Creación de especificaciones y parámetros: los elementos contienen la información necesaria en las especificaciones para cuantificar las cantidades y estandariza los elementos, y como en las plantas de tratamientos los componentes se repiten, facilita la eficiencia.

Aspecto visionario: Visualizar el proyecto ya no en 2D sino 3D, lo que permite identificar interferencias. Coloca al proyecto como un modelo central con la finalidad de entregar resultados óptimos.

Colaboración: Enfocado en todos los involucrados para la toma de decisiones y se obtengan los resultados esperados en el tiempo establecido.

Estado Actual: Se basa en estándares, recurso humano y herramientas BIM, dentro de los cuales se tiene que compartir información veraz y de calidad entre las partes, ampliar la eficiencia de los diferentes procesos, agilizar una mejor coordinación y cooperación, ofrecer un conocimiento y una visión sólidos del proyecto con ciclos adecuados de planificación y ejecución. El recurso humano tiene que ser capacitado en

la metodología y saber usar las herramientas BIM como Revit, Navisworks, Autodesk BIM 360, BIM Track y Dynamo BIM Automation.(Shah, 2022)

2.1.14 Estándares BIM

Se cuenta con 3 tipos de estándares de implementación BIM, ISO (International Organization of Standardization, BS (British Standards) y PAS (Publicly Available Specification). Su objetivo es orientar de una manera efectiva y establecer criterios básicos y normas para un correcto uso.

International Organization for Standardization (ISO), se encargan de mantener la eficiencia, calidad y seguridad de los productos y servicios de las empresas. Su sede principal está ubicada en Ginebra, Suiza. Los estándares BS legitiman que los productos y servicios de las empresas efectúen con una serie de exigencias y desean estandarizar las metodologías de empresas del Reino Unido para temas de producción ingenieril y trabajo colaborativo. Ambos documentos comparten la misma información, se publicó el documento como un estándar BS ISO. Además, los estándares internacionales creados para BIM fueron basados en los estándares PAS 1192 y PAS 1192-2, de los cuales se discutirá más adelante. PAS es un acrónimo de Publicly Available Specification; inglés para especificación pública y del el Grupo BSI, y no tiene costo y se llama así hasta ser convertida, o no en BS. El estándar PAS 1192 marcó el inicio de la estandarización BIM y se lo impulsó Construction Industry Council y se publicó por el Grupo BSI como exigencia al gobierno británico la implementación BIM en las obras civiles.

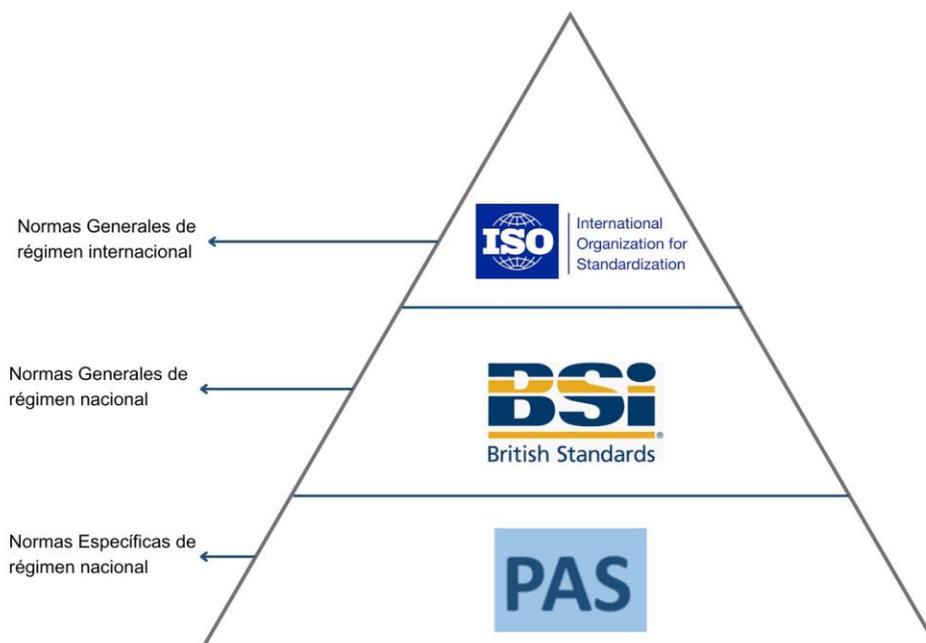


Ilustración 2. 4 Estándares BIM. Fuente: Elaboración propia

La norma ISO es internacional y usada por 174 países, mientras que la BS tiene validez en 5 países de Reino Unido y es de carácter obligatorio, mientras que las PAS, son de acceso público y no tienen obligación de cumplirse hasta convertirse en estándar BS. (Cepeda Gallardo, 2019)

La Organización Internacional de Normalización creó la 19650 para hacer un estándar en cómo se organiza, gestiona y digitaliza la información de los proyectos bajo la metodología BIM, en todo el ciclo de vida. (NTI Spain - NKE (NTI Group) - Partner Platinum de Autodesk, 2022)

A continuación, se presenta un resumen de las normas de cada estándar:

Tabla 2. 1 Normas BIM de acuerdo al estándar. Fuente: Elaboración Propia

 International Organization for Standardization	 British Standards	
ISO 19650-1 ISO 19650-2 ISO 19650-3 ISO 19650-4 ISO 19650-5 ISO 19650-6	BS 1192 4 2014 BS 1192 2007 A2 2016 BS 8536 1 2015 BS 8536 1 2016	PAS 91 PAS 1192 2 2013 PAS 1192 3 2014 PAS 1192 5 2015 PAS 1192 6 2018

El siguiente cuadro presenta el contenido de las normas más importantes de la implementación BIM:

Tabla 2. 2 Normas más importantes para la implementación BIM. Elaboración propia

PAS/BS 1192	ISO 19650	Contenido
	PD 19650:0 2019	Definiciones útiles
BS 1192:2007+A2	BS ISO 19650-1:2018	Conceptos y principios
PAS 1192-2:2013	BS ISO 19650-2:2018	Desarrollo de los activos (entregables)
PAS 1192-3:2014	BS ISO 19650-3:2020	Operación de los activos
BS 1192-4:2014	UNE-EN ISO 19650-4:2023	Producción Colaborativa de la Información
PAS 1192-5:2015	BS ISO 19650-5:2020	Seguridad para la gestión de la información
PAS 1192-6:2018		Inf BIM Sobre Seguridad y salud en la construcción

La tabla anterior explica en contenido de las normas de cada organización

- PD 19650-0:2019: nuevos conceptos y estableciendo definiciones útiles para comprender la normativa.
- BS ISO 19650-1 y BS 11921 2007+A2: Conceptos y principios
- BS ISO 19650-2 y PAS_1192_2_2013: Fase de desarrollo de los activos (entregables).
- BS ISO 19650-3 y PAS_1192_3_2014: Fase de operación de los activos
- BS 1192-4:2014 y UNE-EN ISO 19650-4: 2023: Intercambio de información
- BS ISO 19650-5 y PAS_1192_5_2015: Enfoque de seguridad para la gestión de la información.

- BS ISO 19650-6 y PAS_1192_6_2018: Utilizar información de salud y seguridad de BIM.
- BS_1192_4_2014: Producción Colaborativa de la Información.
- BS_1192_2007_A2_2016: Producción Colaborativa de la Información.
- BS_8536_1_2015 y 2016: Instrucciones para el diseño y construcción: Código de práctica para la gestión de activos.
- PAS_91: Cuestionarios de Pre-Cualificación para Construcción.

Tabla 2. 3 Otras normas para implementación BIM. Fuente: Elaboración propia

Otras normas	
EN ISO 16739-1	IFC information exchange
UNE-EN ISO 29481	Entrega de información BIM
EN ISO 12006	Clasificación-organización
ISO/CD 29481-3-2022	Esquema de datos BIM
ISO/CD 12006-3-2022	Clasificación-organización
ISP/PRF TR 23262-2021	Interoperabilidad BIM/SIG

Existen otras normas que se encuadran dentro de este ecosistema BIM.

- EN ISO 16739-1:2020: sobre el uso del estándar IFC en el intercambio de información.
- UNE-EN ISO 29481: (parte 1:2018 y parte 2:2017), sobre la entrega de la información en BIM.
- EN ISO 12006: clasificación y organización de la información.
- ISO/CD 29841-3: Esquema de datos BIM.
- ISO/CD 12006-3: Clasificación y organización de información.
- ISP/PRF TR 23262-2021 Interoperabilidad BIM/SIG.(Ortiz Arnau, 2021)

2.2 Marco metodológico

Este proyecto de investigación mostrará los beneficios que la metodología BIM aportará a los proyectos de saneamiento. La implementación de BIM permitirá entregar proyectos de calidad en tiempo y costo, cumpliendo con los requisitos de los clientes públicos y privados.

Los tipos de proyectos en los que se utiliza BIM se pueden clasificar en tres grandes grupos: obras civiles, infraestructuras y edificaciones. Dentro de cada grupo, se pueden identificar subcategorías específicas, como saneamiento, transporte, agua potable, telecomunicaciones, hospitalarias, educación. (Soto et al., 2022)

Para el desarrollo de la investigación, se usa la metodología exploratoria. Por medio de una revisión de literatura, entrevistas y una encuesta de carácter académica informativa a la mayor empresa privada de Guayaquil en saneamiento, Interagua. En primer lugar, se levantó información sobre aspectos fundamentales como: si la empresa conoce de los beneficios y/o ha implementado BIM en sus proyectos de saneamiento, qué tipos de servidores utilizan para el almacenamiento de datos, si cuentan con una guía BIM en proyectos de saneamiento.

Una vez realizada la encuesta, los datos se analizaron mediante técnicas cualitativas y ha permitido conocer los niveles de madurez de BIM de la empresa, sus objetivos BIM a corto y mediano plazo, así como el interés para adoptar nuevas metodologías a su forma de trabajo, a partir de esta información se traza una línea base para realizar un manual para proyectos de saneamiento, tomando en consideración los tres pilares fundamentales para iniciar la implementación de BIM, estos son: personas, procesos y políticas, destacando que la tecnología es parte de los procesos, y si uno de estos tres pilares falla, el proyecto de implementación de BIM también fallará. (Zaragoza & Morea, 2021)

Desde este punto de vista, este manual estará enfocado y detalla de manera secuencial como cada uno de estos pilares, los cuales deben estar comprometidos y asumir sus roles para que la implementación de BIM funcione.

En este contexto, este manual contendrá información sobre las distintas fases que la empresa deberá adoptar para implementar BIM.

La estrategia que se recomienda utilizar en este manual, al momento de implementar BIM, es que no solo se debe tomar en cuenta la tecnología a implementar, sino que también se debe tomar en cuenta el nuevo comportamiento, así como la integración de los procesos nuevos con los ya existentes, que desarrolla la empresa en cada uno de sus proyectos. (Hardin & McCool, 2015)

Por lo tanto, se describirán cada una de las fases en cuanto a personas, recursos y tecnología, se detalla el organigrama y perfiles BIM que los proyectos de saneamiento

deberán tener, los costes relativos para la adquisición de softwares y hardware, fases y requerimientos para implementar un plan piloto, los principales roles BIM con los cuales deberá contar la empresa.

A falta de normativa ecuatoriana que establezca los pasos a seguir para implementar BIM, se ha considerado guías estandarizadas a nivel internacional como: la “Guía para la implementación de Building Information Modelling a nivel de pilotos en proyectos de construcción pública”, la normativa ISO 19650, que regulan las fases y estrategias para una implementación exitosa de BIM, con lo cual se obtendrán que los proyectos de saneamiento sean más eficientes y eficaces en todas sus etapas, desde la planificación, diseño, construcción, puesta en marcha y disposición final.

En cuanto a las consideraciones éticas, de acuerdo al proceso de realización de encuestas, se las ejecuta con consentimiento informado verbal y justificado, indicando que se encuentra realizando una tesis de maestría y que se evitará el uso de datos personales, garantizando la privacidad y confidencialidad respecto a la información de los participantes. Los resultados se manejan, exclusivamente, con fines educativos.

Con respecto a las limitaciones, la implementación BIM se debe realizar de manera estandarizada en el país a partir de políticas públicas, sin embargo, esta guía corresponde a un comienzo ya que se ejecuta en el marco de una estandarización global como es la ISO 19650. Este trabajo de investigación se realiza para entidades privadas, y así permita conocer los beneficios de la metodología en proyectos de saneamiento y puedan ser tomados en cuenta para futuros trabajos, en cuanto a la implementación BIM en Ecuador.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados

3.1.1 Manual de implementación BIM en proyectos de saneamiento

La implementación de BIM en proyectos de saneamiento se la puede abordar de diferentes maneras, básicamente dependen de los objetivos BIM trazados, los recursos disponibles, niveles de madurez que tenga la empresa, tecnología y perfiles profesionales con los que se cuente, a continuación, se describen dos formas de implementar BIM.

Implementación total de la empresa: Es decir, que desde la directiva de la empresa decide que todo el personal que la conforma se capacite en la metodología BIM.

Implementación por proyectos: Es la adopción de la metodología BIM para proyectos específicos, ya sea por demanda del cliente o por las características del proyecto en sí. En este escenario, solo el equipo seleccionado para el desarrollo del proyecto BIM recibirá capacitación y trabajará bajo la metodología. El resto del personal continuará trabajando de forma tradicional, sin afectar la productividad general de la empresa.

En el caso de implementación BIM para proyectos de saneamiento, se propone una implementación gradual de BIM por proyectos, para lo cual el Project Manager deberá seleccionar los profesionales con las competencias y habilidades necesarias para cada etapa.

Las fases que se deberán abordar para implementar BIM en saneamiento se describen a continuación.

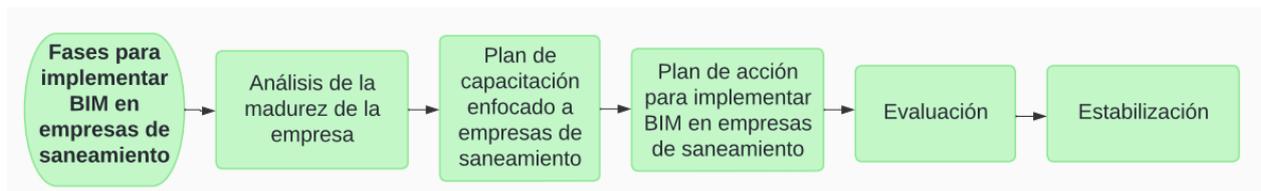


Ilustración 3. 1 Fases de implementación BIM en empresas de saneamiento Fuente: Elaboración propia

3.1.1.1 Análisis de la madurez BIM de la empresa.

Este análisis permitirá conocer el nivel de madurez BIM de la empresa, en el que se determinará cómo fluyen los trabajos, los softwares que se usan en los proyectos, perfiles profesionales con los que se cuenta, etc. Los parámetros a evaluar en la empresa son los siguientes:

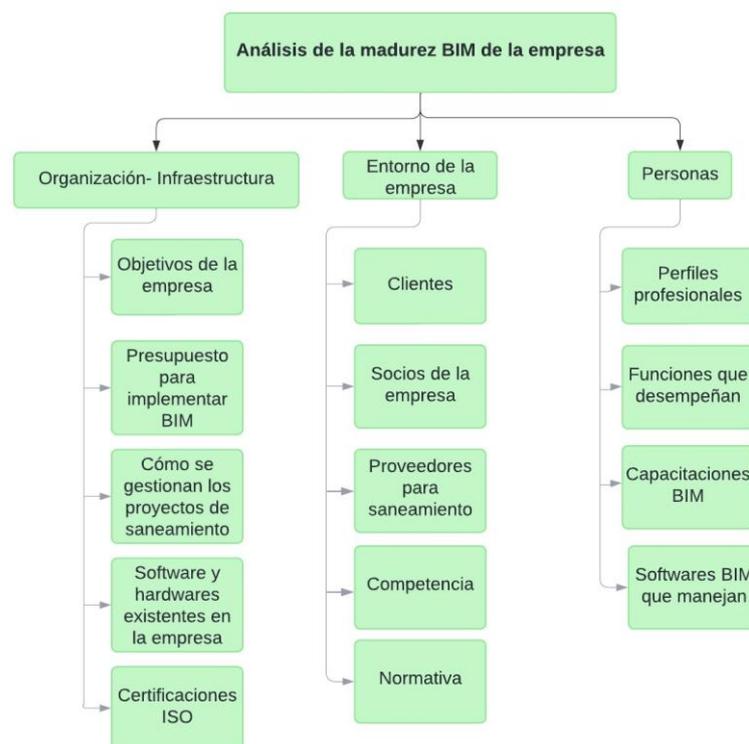


Ilustración 3. 2 Parámetros evaluados en el análisis de la madurez BIM de la empresa. Fuente: Elaboración propia

La empresa de saneamiento debe identificar en qué situación se encuentra en cuanto a conocimientos y aplicaciones de la metodología BIM, además, este estudio sirve para poder identificar cual es el estado inicial de la empresa y cuál es el nivel requerido al que se desea llegar.

Se pueden abordar este análisis a través de dos enfoques distintos: el método británico y la Iniciativa de Excelencia BIM.

Análisis del nivel de madurez utilizando el método británico:

Es importante realizar el procedimiento que se menciona a continuación:

1. Identificar las áreas de madurez relevantes.
2. Establecer el personal encargado para el análisis.
3. Entrevistar a los miembros colaboradores y revisar la documentación.
4. Realizar un “check list” para evaluar en qué nivel de madurez se encuentra la empresa de saneamiento.
5. Considerar oportunidades de mejora.

A continuación, se detallan como realizar los pasos antes mencionados con la finalidad de llevarlo a cabo de una manera adecuada:

- **Identificar las áreas de madurez relevantes:**

Si se desea utilizar el método británico para analizar el nivel de madurez en una empresa de saneamiento, se tiene que medir el desarrollo de 4 áreas de madurez, como son los *formatos de la información, los estándares aplicados y finalmente los procesos y alcance de la colaboración*. Cada una de estas áreas tienen diferentes indicadores que se detallan en el paso 4, correspondiente a realizar un “check list” para determinar la realidad BIM de la empresa, y por ende el nivel de madurez desarrollado.

- **Establecer el personal para medir el nivel de madurez:**

Dentro de la empresa se escogen los miembros que tengan mayor conocimiento acerca de la metodología BIM, con la finalidad de contar con profesionales, que se encarguen de evaluar cada área de madurez BIM, y que las analicen de manera adecuada. Por ejemplo, en una empresa de saneamiento se puede escoger al ingeniero, jefe del departamento técnico, como la persona adecuada, luego de

demostrar las destrezas en ser quien tiene más experticia en el tema BIM, para que realice la evaluación.

- **Entrevistar a los miembros colaboradores y revisar la documentación:**

Con la ayuda de una reunión o una entrevista directa con los miembros de la empresa, se obtiene la información necesaria para más adelante, estar en capacidad de llenar el “check list” Esta reunión o entrevista debe centrarse en los puntos clave que son las áreas del paso 1, a evaluar y puede tratar temas como planos, modelos digitales, flujos de trabajo, etc.

- **Realizar un check list:**

Mediante un “check list” como guía, el equipo evalúa el nivel de madurez en cada área. Se debe cumplir con todos los ítems para ser considerado en ese nivel de madurez. Este “check list” servirá también para un análisis de logros paulatinos que haga la empresa con el fin de alcanzar el nivel de madurez deseado.

A continuación, se presenta un “check list” que puede ser usado como parte de la evaluación:

CHECK LIST PARA EL ANÁLISIS DE LOS NIVELES DE MADUREZ DE LA EMPRESA DE SANEAMIENTO MEDIANTE EL MÉTODO BRITÁNICO.

Nivel 0.

CHECK LIST:

- ✓ Manejan información en CAD 2D.
- ✓ Generan información del proyecto en forma de papel, PDF o DWF como planos, geometría, líneas y textos.
- ✓ No cuenta con técnicas de colaboración.

Nivel 1.

CHECK LIST

- ✓ Manejan información en CAD 2D y 3D.
- ✓ Usan programas orientados a BIM como: Revit, Infraworks, Naviswoks, entre otros. (Programas básicamente que se utilizan para obtener la información en 2D, 3D, cantidades de obra, archivos de visualización con archivos en formato de tipo PDF, DWF, NWD, etc.)

- ✓ La empresa de saneamiento aplica guías y estándares que se basan en la norma BS 1192:2007, para realizar los planos y modelos con calidad.
- ✓ La empresa de saneamiento maneja un entorno común de datos (Common Data Environment o CDE), que permite manejar la información de mejor manera, aunque sin intercambio de información entre disciplina, baja sincronización y coordinación.

Nivel 2.

CHECK LIST

- ✓ Este nivel se enfoca en la colaboración, con un proceso de intercambio de información coordinado entre sistemas y participantes del proyecto.
- ✓ En este nivel, cada equipo utiliza modelos especializados y es responsable de su propia información, la cual se encuentra centralizada en un software de modelado BIM.
- ✓ Cada equipo debe usar programas que puedan exportar a formatos comunes como IFC o COBie.
- ✓ En este nivel se aplican normas específicas para modelos BIM, como BS 8541-1, y otros estándares que aseguran la estructura y la integridad de los datos en el proyecto.
- ✓ Los equipos colaboran plenamente mediante un Entorno de Datos Compartidos (CDE) para acceder directamente a los modelos, los cuales deben mantenerse actualizados en todo momento, tanto en sus formatos originales como en los de intercambio.

Nivel 3

CHECK LIST

- ✓ Requiere el empleo de estándares de datos abiertos como IFC y la implementación de nuevas normas de trabajo, como la ISO 19650.
- ✓ Se impulsa el uso y la interoperabilidad de datos en una plataforma en línea accesible a través de la nube.
- ✓ Uso de aplicaciones web existentes para acceder, visualizar, consultar y editar los datos del modelo.

En caso de que los resultados sean 2 niveles, colocar el nivel menor.

Análisis del nivel de madurez utilizando el método de la Iniciativa de Excelencia BIM.

Este método puede ser valorado a través la Evaluación de Madurez BIM, que es una herramienta gratuita que ofrece una calificación inmediata del estado actual de los procesos BIM de una empresa, con recomendaciones para mejorar.

El enlace de la encuesta: <https://www.iac.com.co/evaluacion-de-madurez-bim/>

3.1.1.2 Plan de capacitación enfocado a proyectos de saneamiento.

La capacitación estará enfocada específicamente al equipo elegido, procurando que éstas no representen una carga laboral, el resto de los integrantes de la empresa se mantendrán en sus labores cotidianas y desarrollarán el resto de los proyectos de manera tradicional.

Una vez establecidos los perfiles que estarán involucrados en desarrollar el proyecto de saneamiento en cada una de las etapas, se iniciarán con las capacitaciones, las mismas que estarán vinculadas al nivel de madurez y experiencia BIM que tengan los perfiles elegidos.

Para un nivel de madurez 0 del equipo asignado a desarrollar el proyecto de saneamiento, las capacitaciones se las realizará de acuerdo con la siguiente tabla.

3.1.1.2.1 Capacitación del equipo e implementación a través de la contratación de un BIM Manager.

El manual BIM-LEARNING advierte que “una implementación abrupta de BIM, mediante una revolución tecnológica concentrada en seis meses, suele fracasar. Esto se debe a diversos factores, como la imposibilidad de interrumpir la producción durante ese período y el tiempo necesario para que los colaboradores adopten nuevos hábitos de trabajo”

En vista de esto, se propone un proceso de implementación gradual y programada en cada una de sus fases, con una duración mínima de 12 meses, distribuidos según la siguiente tabla:

Tabla 3. 1 Duración estimada del plan de capacitación e implementación a través de la contratación de un BIM Manager

Fase	Duración (Meses)	Capacitaciones	MES													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Planificación	2	Plan de gestión	■	■												
		Cotizaciones	■	■												
		Contratación de profesionales BIM	■	■												
		Selección de BIM Manager	■	■												
Diseño	3	Conceptos Básicos de BIM			■											
		Softwares BIM				■										
		Modelado BIM				■	■									
		Colaboración BIM				■	■									
Construcción	5	Planificación y programación BIM						■	■							
		Estimación de costos BIM								■	■					
		Control de calidad BIM										■				
Mantenimiento	2	Gestión de instalaciones BIM												■		
		Análisis del ciclo de vida BIM													■	

3.1.1.2.2 Capacitaciones en la fase de diseño.

- **Conceptos básicos BIM:** Estas capacitaciones están enfocadas en comprender la forma de trabajo basada en la metodología BIM, los beneficios que brinda y el impacto que ésta genera en los equipos de trabajo.
- **Softwares BIM:** Esta capacitación permitirá al equipo de diseño familiarizarse con los softwares que se utilizarán en la fase actual del proyecto de saneamiento, incluyendo Revit y Navisworks, etc.
- **Modelado BIM:** Esta capacitación permitirá al equipo del proyecto desarrollar modelos BIM completos de un proyecto de saneamiento, incluyendo la definición de familias, propiedades y relaciones entre elementos.
- **Colaboración BIM:** Esta capacitación es fundamental para que el equipo comprenda la forma de trabajo colaborativa que ofrece la metodología BIM, incluyendo el intercambio de datos y herramientas BIM.

3.1.1.2.3 Capacitaciones en la fase de construcción:

- **Planificación y programación BIM:** Esta capacitación permitirá al equipo aprovechar el modelo BIM de saneamiento para planificar y programar la etapa constructiva de forma eficiente, incluyendo la generación de cronogramas de trabajo, secuencias constructivas 4D BIM.
- **Estimación de costos BIM:** Esta capacitación permitirá al equipo aprovechar el modelo BIM de saneamiento para calcular costos, determinar cantidades de obra y realizar análisis de precios unitarios de forma precisa y eficiente 5D BIM.
- **Control de calidad BIM:** Esta capacitación permitirá al equipo utilizar el modelo BIM de saneamiento para implementar un control de calidad exhaustivo, detectar posibles errores y conflictos en el modelo, y realizar análisis de interferencias 6D BIM.

3.1.1.2.4 Capacitaciones en la fase de operación y mantenimiento:

- **Gestión de instalaciones BIM:** Esta capacitación permitirá a los responsables de la etapa de mantenimiento utilizar el modelo BIM para optimizar la gestión del proyecto de saneamiento, incluyendo la creación de manuales de operación y mantenimiento para todos los componentes del proyecto, como redes de distribución, conducción, tanques de captación, almacenamiento, casetas de bombas, etc.
- **Análisis del ciclo de vida BIM:** Esta capacitación permitirá a los participantes utilizar el modelo BIM para evaluar la sostenibilidad, el impacto ambiental y las posibilidades de futuras ampliaciones del servicio en proyectos de saneamiento.

El BIM manager será el responsable de asignar roles y tareas a los integrantes del proyecto además de establecer estándares y procesos que el equipo utilizará en cada fase para la creación y gestión del proyecto de saneamiento, a continuación, se presentan algunos de los roles requeridos para desarrollar un proyecto de saneamiento.

- ✓ Promotor BIM.

- ✓ Director de proyecto BIM.
- ✓ Director de gestión de la información BIM.
- ✓ Director de diseño BIM
- ✓ Director de la ejecución BIM.
- ✓ Modelador BIM.

Otra de las responsabilidades del BIM Manager será determinar qué tipo de softwares, hardware y plataforma de colaboración BIM a utilizar en el proyecto de saneamiento

Previo al inicio de las capacitaciones el equipo será informado de manera formal, procurando que los horarios en los que se desarrolle la formación no influyan en las actividades que los integrantes del equipo desarrollan en la empresa, las capacitaciones se las impartirán en formato presencial o virtual y deberán adaptarse el nivel de conocimiento de BIM que tenga el equipo.

Es importante también establecer dentro de las capacitaciones un plan de seguimiento y retroalimentación con el propósito de mantener al equipo en constante formación.

Una vez concluida la etapa de capacitación se realizará una evaluación al equipo y el BIM Manager establecerá una hoja de ruta para iniciar el proyecto de saneamiento bajo la metodología BIM.

El costo de implementar BIM bajo la contratación de un BIM Manager variará entre \$2.000 y \$2.500 dólares mensuales. La duración del contrato se basará en el cronograma referencial establecido, extendiéndose hasta la finalización del proyecto de saneamiento seleccionado.

3.1.1.3 Plan de acción para implementar BIM en saneamiento.

Una vez se ha realizado el plan de capacitación se continúa con el plan de acción en el que el Project Manager, en conjunto con la dirección de la empresa, elaborarán un plan de acción estratégico para la implementación de BIM.

En esta fase es necesario establecer los objetivos BIM, asignar recursos, en esta fase se detallarán los costes, riesgos y actividades a realizar en el proceso de implementación.

Una vez determinados los lineamientos es necesario redactar una hoja de ruta para la implementación de BIM, en esta hoja de ruta se detallarán las tareas, y se marcan hitos a ser evaluados.

Entre otras cosas en esta fase se establecerán los siguientes parámetros.

- ✓ Determinar el proyecto de saneamiento en el cual se implementará BIM.
- ✓ La estrategia para su implementación.
- ✓ Las plantillas de trabajo.
- ✓ Softwares que se utilizaran en cada una de las fases.
- ✓ La documentación contractual del proyecto de saneamiento en el cual se aplicará BIM.

3.1.1.3.1 Fase de Implementación BIM en saneamiento.

En esta fase la empresa inicia a utilizar BIM en el proyecto elegido de acuerdo con sus objetivos trazados, en esta fase se debe controlar el progreso de la implementación y hacer los cambios necesarios con el fin de garantizar el éxito de la implementación.

Una manera de controlar el avance es a través de la demarcación de hitos con los cual se verifica el avance de la implementación BIM y a su vez controlar que se cumplan con los objetivos propuestos en la hoja de ruta.

Los parámetros fundamentales para tomar en cuenta en la implementación de la metodología BIM, son los que a continuación se describen.

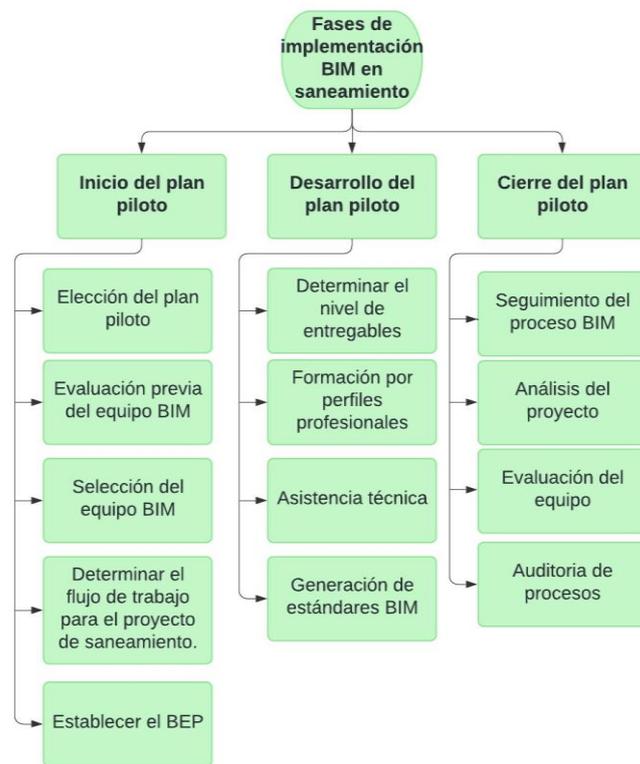


Ilustración 3. 3 Fases de implementación BIM en saneamiento. Fuente: Elaboración propia

3.1.1.3.2 Determinación de los usos BIM para proyectos de saneamiento

Para aprovechar al máximo las ventajas de BIM en proyectos de saneamiento, se recomienda guiarse en el documento de “Building Information Modeling Project Execution Planning Guide” de la Universidad de Penn State, Estados Unidos. Estos usos abarcan diferentes etapas del proyecto, desde la planificación inicial hasta la operación y mantenimiento.

A continuación, se detallan los diferentes usos BIM que debe contener el proyecto de saneamiento en cada una de las fases

Tabla 3. 2 Usos BIM de acuerdo a las fases. Fuente: Elaboración propia.

Planificación	Diseño	Construcción	Operación
Levantamiento de condiciones existentes	Diseño de especialidades	Planificación de obra	Gestión de activos
Estimación de cantidades y costos	Revisión del diseño	Diseño de sistemas constructivos	Mantenimiento preventivo

Planificación de las fases	Análisis energético	Fabricación digital	
Análisis de ubicación	Evaluación de la sustentabilidad	Control de obra	
Coordinación	Validación de la normativa	Modelación as-built	

- **Usos BIM en la fase de planificación.**

En esta fase el Project Manager fijará el cronograma de inicio de cada una de las etapas que llevará el proyecto de saneamiento, que metodología se adaptará, los recursos tecnológicos, humanos y económicos necesarios.

En esta fase también se evaluarán los costos, riesgos, beneficios de implementar BIM en saneamiento.

- **Levantamiento de las condiciones existentes.**

En esta fase se desarrollará el modelo BIM, para lo cual se considerará las condiciones del sitio donde estará implantado el proyecto de saneamiento, el levantamiento del sitio se lo realizará con equipos de topografía convencionales, drones.

- **Estimación de cantidades y costos.**

Este proceso permite utilizar la información del modelo BIM, con lo cual permitirá conocer las cantidades, materiales y costos del proyecto.

Planificación de las fases.

Establecido el proyecto de saneamiento en 3D, se establecerá el cronograma de la fase constructiva del proyecto de saneamiento, diseños previos, fase constructiva, operación y mantenimiento

- **Análisis de la ubicación.**

Este proceso permitirá evaluar las condiciones (topografía) del sitio de implantación del proyecto de saneamiento BIM, fuente de captación, redes de conducción, almacenamiento y redes de distribución,

- **Coordinación 3D**

Este proceso permitirá coordinar entre las distintas disciplinas de ingeniería y conocer de antemano las posibles interferencias que pudiera tener el proyecto de saneamiento BIM en su etapa de diseño.

Recursos requeridos, softwares de modelado BIM, entre los que se recomiendan:

- **Infraworks**, porque permite la creación de modelos 3D de redes de saneamiento, lo cual permitirá conocer la viabilidad y diseño conceptual del proyecto.
- **Bentley OpenRoads Designer**, este software generalmente se usa para el diseño de carreteras, sin embargo, su aplicación también está enfocado en diseño de redes de saneamiento.

Equipos necesarios.

- Herramientas complementarias como escáner láser 3D, drones, equipos de topografía
- **Usos en la fase de diseño.**
 - **Diseño de especialidades.**

El modelo BIM de saneamiento con sus diferentes disciplinas involucradas (hidráulica, civil, ambiental, geotécnica) permitirá tener una base de datos que permita conocer costos, tiempo, cantidades y programación.

- **Revisión del diseño.**

En este proceso se revisarán los requerimientos del proyecto de saneamiento en base a las ingenierías involucradas en el mismo (hidráulica, civil, ambiental, geotécnica).

- **Análisis energético.**

Este recurso permitirá evaluar criterios energéticos del proyecto en función de los materiales utilizados en los sistemas de saneamiento, fases constructivas y componentes del proyecto, (captación, redes de conducción, distribución, planta de almacenamiento, plantas de tratamiento, puesta en marcha)

- **Evaluación de la sustentabilidad.**

Este proceso permitirá establecer si el proyecto cumple con criterios de sustentabilidad en cada fase constructiva del proyecto de saneamiento.

- **Validación de la normativa.**

El proyecto de saneamiento BIM deberá estar enmarcado en el cumplimiento de lo establecido en la ISO 19650, PAS 1192 y PAS 1192-2

Los softwares recomendados para la fase de diseño se establecen:

Revit, este software nos permite la creación de modelos 3D, en el cual estarán detalladas las redes de saneamiento.

InfoWorks WS Pro, este software permite realizar el modelado y análisis de redes de agua potable y alcantarillado.

Bentley SewerGEMS, Software recomendado para los proyectos de alcantarillado porque nos permite realizar análisis y diseño de redes.

- **Usos en la fase de construcción.**

- **Planificación de obra.**

En este proceso se establecerán las actividades y responsabilidades de los involucrados en las fases de construcción del proyecto, revisión de diseños definitivos, calidad de materiales, permisos, preparación del sitio de implantación del proyecto, instalaciones y pruebas de redes de saneamiento, construcción de planta de tratamiento, operación y mantenimiento.

- **Diseño de sistemas constructivos.**

Este proceso determinará el diseño y análisis de ejecución de los sistemas constructivos de cada componente del proyecto, tipo de tuberías a utilizar PVC, acero, plantas de tratamiento de aguas residuales, sistemas de agua potable, los sistemas constructivos deberán estar acorde al tipo de terreno de implantación, especificaciones técnicas, y presupuesto establecido.

- **Fabricación digital.**

Este proceso permitirá diseñar los componentes de los sistemas de saneamiento, redes de distribución, tanques de almacenamiento, distribución, en esta fase se recomienda el uso de las plantillas BIM de Plastigama las cuales son de acceso gratuito, el uso de estas plantillas reducirá el desperdicio en la etapa de fabricación/compra de materiales.

- **Control de obra.**

Este proceso permitirá que los distintos perfiles involucrados en el proyecto de saneamiento verifiquen que el mismo esté acorde a las especificaciones técnicas establecidas, cumplimiento de la calidad de materiales, recursos, cumplimiento de cronograma, licencias ambientales, pruebas de redes.

- **Modelación as- built.**

Este proceso permitirá representar de forma digital, precisa y actualizada de un sistema de saneamiento después de su construcción, lo que permitirá comprender de mejor el sistema, facilitando la gestión, operación y mantenimiento a lo largo del ciclo de vida de los componentes del sistema, redes de tuberías, estructuras, información topográfica, válvulas, bombas, etc.

Los programas recomendados para la fase de construcción son los siguientes.

Infraworks, porque nos permitirá gestionar la información de construcción de redes de saneamiento y coordinar los modelos con otras disciplinas BIM

Synchro Pro: porque nos permitirá planificar y establecer el cronograma de ejecución del proyecto.

- **Usos BIM en la Fase de operación y mantenimiento.**

- Gestión de activos

Este proceso permitirá gestionar la información generada durante el proceso de diseño y construcción del proyecto de saneamiento, además de la información en su etapa de operación y mantenimiento, esta fase permitirá reducir costos y brindará información para la toma de decisiones durante el ciclo de vida del proyecto.

- Mantenimiento preventivo.

Este proceso permitirá desarrollar el mantenimiento preventivo del proyecto, lo cual es importante para evitar fallas en el sistema, estas tareas están programadas con el objetivo de ser detectadas y corregidas antes que se produzcan, por lo tanto, es recomendable realizar pruebas de las distintas redes del proyecto, limpieza y revisión de tuberías, control de información de los materiales, accesorios y componentes del proyecto.

Una plataforma sugerida para la colaboración y el intercambio de información de todos los involucrados a lo largo del ciclo de vida del proyecto de saneamiento, es BIM 360.

3.1.1.4 Fase de estabilización y evaluación.

Estas fases son muy importantes ya que la empresa evaluará los resultados de su proceso BIM, los cuales se podrán modificar para mejorarlos si no se han alcanzado los objetivos trazados en la fase de planificación.

La evaluación deberá realizarse de forma continua y en etapas “tempranas” de esta forma se garantizará el éxito de la implementación BIM.

Algunos aspectos para evaluar en estas fases son:

- ✓ Qué tan útiles son los softwares con los que se ha desarrollado el proyecto.
- ✓ Los flujos de trabajo y gestión determinados en el BEP.
- ✓ Cuál ha sido el nivel de comunicación entre las distintas áreas que participaron en el proyecto de saneamiento
- ✓ Los estándares BIM desarrollados en el proyecto de saneamiento

Es importante entender la implementación BIM como un proceso continuo, y que necesariamente debe cumplir todos los niveles de madurez BIM, de acuerdo con la ISO 19650.

“implementar BIM en una empresa mediante una revolución tecnológica: realizando una formación concentrada en seis meses, comprando todo el software necesario, e incluso ayudándose de consultorías para la realización de protocolos y estándares BIM, no suele funcionar, una de las razones es que los cambios en los hábitos de trabajo tardan más de seis meses en adquirirse”.(José Zaragoza & Miguel Morea, 2021).

Se recomienda realizar el análisis del nivel de madurez llevado a cabo en la fase inicial del proceso. (Fase 1)

3.1.2 Estimación de costo y tiempo para la implementación de la metodología BIM de la empresa.

En el BEP ya ejecutado, se plantean los perfiles BIM para el proyecto, la cual requiere de cierta formación ya sea para un modelador, calculista MEP o un coordinador BIM. Depende también del uso BIM que se requiera dar, si es a nivel de diseño, coordinación y/o mantenimiento.

Para el caso de necesitar un modelador BIM, coordinador y calculista MEP, se puede realizar cursos, diplomados o maestrías dependiendo del nivel requerido se estima un

valor de inversión de acuerdo a la especialidad requerida. A continuación se indican a partir de qué valores se encuentran cada formación por perfil.

Tabla 3. 3 Costos de formación de perfiles BIM. Fuente: Elaboración propia

Perfil BIM	Inversión	Formación	Duración	Academia
Coordinador BIM	\$1,600	Certificado en Coordinador BIM: Especialista en Gestión de la Oficina BIM	4 meses	upc.edu.pe
Modelador	\$750	Diplomado	1 año	UTPL
Calculista MEP	\$330	Curso Revit MEP online	50 horas	https://3dcube.es/cursos-bim-revit/mep-online/
Total	\$2,680			

Hardwares:

Se refiere a laptop, celulares y material de oficina para trabajar colaborativamente. Los dispositivos informáticos portátiles, como computadoras portátiles, están diseñados para cumplir con los requisitos mínimos de rendimiento y capacidad para ejecutar programas de ingeniería de manera eficiente.

Dispositivos móviles inteligentes, tales como smartphones o tablets, equipados con acceso a internet y con especificaciones técnicas adecuadas para la visualización en tiempo real de planos, modelos y mediciones. Estos dispositivos proporcionan una interfaz intuitiva que permite a los ingenieros acceder y manipular los datos de manera eficaz durante el proceso de diseño y análisis.

Equipamiento audiovisual avanzado que incluye un proyector de alta resolución y una pizarra digital inteligente. Esta configuración permite la presentación y colaboración en tiempo real durante sesiones de trabajo en equipo, facilitando la comunicación y el intercambio de ideas entre los profesionales de la ingeniería.

Tabla 3. 4 Costo de Hardware para implementación BIM en proyectos de saneamiento

Modelo	Precio referencial	Fuente	Fecha de consulta
ROG Strix G16	\$1,280.00	Amazon	Marzo 2024
Asus Gamer Tuf Ryzen 7	\$1,299.00	Mercado Libre	Marzo 2024
Dell G15 Gaming R9	\$1,399.00	Mercado Libre	Marzo 2024

Softwares:

De acuerdo al uso BIM que quiera dar la empresa, para el caso de diseño se tiene los siguientes valores de licencias para el software Revit MEP, Civil 3D e Infracworks.

Tabla 3. 5 Valores de licencias de Software para saneamiento Fuente: Elaboración propia

Valores de licencias de software			
Duración	Mes	1 año	3 años
Revit MEP	\$320	\$2,545	\$7,635
Civil 3D	\$305	\$2,430	\$7,290
Infracworks	\$333	\$2,645	\$7,936

En el caso que los usos BIM de coordinación 3D, en fase de diseño y construcción, planificación y control 3D se puede usar la herramienta Autodesk Navisworks, donde el coordinador BIM estará facultado para auditar el modelo y detectar las interferencias y gestionarlás.

Tabla 3. 6 Valores de licencias de software BIM Fuente: Elaboración propia

Valores de licencias de software			
Duración	Mes	1 año	3 años
Navisworks Manage	\$300	\$2,400	\$7,200

A continuación, se presenta el costo aproximado de la inversión para implementar BIM en empresas de saneamiento.

Tabla 3. 7 Costo aproximado de la inversión y capacitaciones para implementar BIM.

Fuente: Elaboración propia.

COSTO APROXIMADO DE LA INVERSIÓN Y CAPACITACIONES PARA IMPLEMENTAR BIM					
item	P.U	Tiempo (mes)	Cantidad	Valor total	Descripción
1	\$3,500.00	12		\$42,000.00	Contratación de un Project Manager para implementar
2	\$1,600.00	12		\$19,200.00	Coordinador BIM
3	\$1,200.00	12		\$14,400.00	Modelador BIM
4	\$1,000.00	12		\$12,000.00	Calculista MEP
5	\$2,545.00	12		\$2,545.00	Licencia de software REVIT
6	\$2,430.00	12		\$2,430.00	Licencia de software CIVIL 3 D
7	\$2,645.00	12		\$2,645.00	Licencia de software INFRAWORKS
8	\$2,400.00	12		\$2,400.00	Licencia de software NAVISWORKS
9	\$1,300.00		4	\$5,200.00	Equipo mínimo requerido: 4 laptops
Inversión sugerida				\$102,820.00	

En este presupuesto referencial se incluyen los costos correspondientes a la contratación de un Project Manager, un Coordinador BIM, un Modelador BIM y un Calculista MEP. Además, se prevé la adquisición de una laptop para cada perfil, lo que suma un total de cuatro laptops como mínimo, junto con sus respectivas licencias.

El tiempo de implementación BIM se encuentra en 3.1.1.2.1.

3.2 Análisis de resultados

Comprende la evaluación de los indicadores que determinarán si la implementación bim se está realizando de una manera adecuada por el equipo de la empresa. El equipo tiene que decidir cuál es la variable que desea mejorar, ya sea ésta costo tiempo o alcance.

Variación en la cantidad de errores en la cuantificación de los elementos

Por ejemplo, si se va a analizar la variable de costos para un proyecto de saneamiento se puede identificar diferentes elementos que forman parte del proyecto de saneamiento, como por ejemplo cantidades de hormigón de los de la obra para las plantas de tratamiento de agua aguas residuales, cantidades de acero para las obras de para las plantas de tratamientos de aguas residuales, accesorios para los sistemas de bombeo de las plantas de tratamiento de aguas residuales. En lo que respecta a proyectos de alcantarillado, la cantidad de material excavado, la cantidad de material

de relleno, la cantidad de tuberías para la red de alcantarillado, la cantidad de hormigón para las cajas de registro, la cantidad de acero de refuerzo para las cajas de registro, la cantidad de encofrado para las cajas de registro.

Analizando la línea base y la con la implementación bien se comparan estas cantidades y se determina el ahorro que se ha alcanzado utilizando la metodología BIM.

La variación en la cantidad de errores en la cubitación de los elementos sería el indicador de impacto en la información. La ecuación a utilizar se presenta a continuación.

$$\frac{ECU2 - ECU1}{ECU2} * 100 \quad (3.1)$$

Donde:

ECU1: Es la cantidad de errores en la cuantificación de los elementos del proyecto por medir.

ECU2: Es la cantidad promedio de errores en la cuantificación de los elementos de la línea base

El resultado se arrojaría en porcentaje de menos errores en la cuantificación de los elementos.

El porcentaje de desviación de costo estimado de la obra (DCEDO)

Este indicador permite conocer cuánto varía el costo de la obra con respecto al costo real de construcción y sirve como otro indicador para saber si el proyecto está realizándose de una manera adecuada en cuanto a la implementación BIM.

Por ejemplo, este porcentaje de desviación se tiene que realizar de dos maneras, la primera. estimando un costo referencial de la obra sin usar BIM, comparado con la construcción real de la obra, la segunda, el costo estimado de la obra usando BIM, comparado con el costo real de la obra en construcción, si usando el costo de la obra estimado referencial usando BIM, es menor que usando el costo referencial de manera tradicional estamos realizando la implementación de una manera adecuada. La ecuación a utilizar se presenta a continuación.

Ecuación 1

$$DCEDO = \frac{CEO}{CRO} * 100 \quad (3.2)$$

CEO: Costo estimado de la ejecución de la obra.

CRO: Costo real de la ejecución de la obra.

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El presente manual es una guía a seguir que contiene el procedimiento para implementar la metodología BIM en empresas con enfoque a proyectos de saneamiento.
- La creación del manual constituye un avance en la implementación de la metodología BIM en proyectos de saneamiento en Ecuador.
- Se espera que este manual facilite la adopción de BIM de manera gradual y sostenida, impulsando la optimización de procesos, recursos y tiempo en la ejecución de proyectos, pues permitirá una mayor precisión en la planificación y ejecución de los proyectos, lo que se traducirá en el cumplimiento de los plazos y presupuestos establecidos.
- La implementación de la metodología BIM en la gestión de proyectos de saneamiento promovería una optimización de recursos financieros y temporales, permitiendo así la generación de una mayor cantidad de proyectos.
- El procedimiento de implementación de la metodología BIM en empresas de saneamiento contiene cinco etapas, cada uno de estos pasos tiene sus herramientas y metodología establecidas.
 - Análisis de la madurez BIM
 - Plan de capacitación enfocado a empresas de saneamiento
 - Plan de acción para implementar BIM enfocado a empresas de saneamiento
 - Evaluación
 - Estabilización.
- El tiempo de implementación es de 12 meses y el costo total aproximado de la inversión para implementar BIM se estima en \$102,820.

- BIM permite evaluar y tomar decisiones estratégicas en etapas tempranas, esto permite corregir errores en el cálculo de materiales, plazos y alcance, con lo cual la etapa constructiva no presentará sobre costos ni incremento de plazos, esta evaluación permitirá comprobar si el proyecto ejecutado con BIM alcanza los beneficios esperados frente a la construcción con métodos tradicionales.

Recomendaciones

- Este proyecto ha evidenciado los retrasos y sobrecostos que se producen en el sector de la construcción por ejecutarlos con métodos tradicionales, es imprescindible que se adapte nuevas tecnologías con las cuales se logre cumplir plazos, reducir costos, garantizar la vida útil de las obras, esta metodología garantiza beneficios sustanciales al proporcionar una gestión más eficiente y precisa del proyecto, promoviendo así la competitividad y la calidad en el sector.
- Para una adecuada implementación se recomienda que el personal esté totalmente predispuesto a cambiar la metodología de trabajo. El incentivar la metodología BIM es un cambio de mentalidad en el personal ya que ellos son quienes lo ejecutan y son uno de los pilares fundamentales para lograr su implementación con éxito en los proyectos de saneamiento. Es crucial brindar capacitación y apoyo continuo para garantizar una transición fluida y efectiva hacia este nuevo enfoque.
- Es crucial que la academia impulse el uso de BIM en la formación de los futuros profesionales del sector de la construcción, y a su vez se creen nexos con instituciones públicas y privadas para que se impulse un PLAN BIM ECUADOR. Esto permitirá una colaboración efectiva entre los diferentes actores del sector y garantizará la adopción sostenible de esta metodología en el país.
- En el país, BIM se ha implementado principalmente en proyectos de edificación, sus resultados y beneficios han sido notorios. Es momento de ampliar el espectro de aplicación de BIM hacia otras áreas de la ingeniería, como el

saneamiento. La adopción de BIM en este sector permitirá desarrollar obras con mayor eficiencia, calidad y sostenibilidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Alianza BIM. (2022, junio 23). BIM en Ecuador: ¿Para cuándo un estándar nacional?
aBIM. <https://alianzabim.com/bim-en-ecuador-para-cuando-un-estandar-nacional/>
- Andrade Sevilla, R. A. (2021). *Análisis en la variación en cantidades de obra y presupuesto entre la metodología tradicional y metodología BIM, caso de estudio: Edificio de carrera de arquitectura, UNACH* [bachelorThesis, Quito, 2021.]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21346>
- Arroyo Orozco, J. J., & Rendón González, D. P. (2021). *Aplicación De La Metodología BIM 5D En La “Planta De Tratamiento De Agua Potable Para La Parroquia La Aurora”*. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.186>
- Banco de Desarrollo del Ecuador. (2023). Agua y Saneamiento. *BDE*. <https://bde.fin.ec/agua-y-saneamiento/>
- Barco Moreno, D. (2018). *Implementar y gestionar proyectos BIM*. <https://es.scribd.com/document/472622375/Libro-Guia-para-Implementar-y-Gestionar-Proyectos-BIM-pdf>
- Barner, P., & Davies, N. (2014). *BIM in Principle and in Practice*.
- BIM Forum Chile. (2017). *Guía para implementar BIM en las organizaciones*.
- BIMe Initiative. (2019). *BIM Dictionary*. <https://bimdictionary.com/en/bim-maturity-level/1>
- BIMe Initiative. (2024). *BIM Dictionary*. <https://bimdictionary.com/es/industry-foundation-classes/1>
- BuildingSMART Spanish Chapter. (2020, enero 31). *Guía BIM para Propietarios y Gestors de Activos*.

https://issuu.com/buildingsmart_spain/docs/2020_guia_bim_para_propietarios_y_gestores_de_fm

BuildingSMART Spanish Chapter. (2021). *Introducción EN ISO 19650*.
<http://www.buildingsmart.es/recursos/en-iso-19650/>

Carrera, F. F. C., Merino, E. P. C., López, J. C. O., & Aguirre, J. E. M. (2022). Causas de retraso en la construcción de proyectos de agua potable y alcantarillado en Ecuador. *Gaceta Técnica*, 23(1), Article 1.
<https://doi.org/10.51372/gacetatecnica231.2>

Castro Carrera, F. F., Castro Merino, E. P., Osorio López, J. C., & Merizalde Aguirre, J. E. (2022). Causas de retraso en la construcción de proyectos de agua potable y alcantarillado en Ecuador. *Gaceta Técnica*, 23(1), 3-19.

Cepeda Gallardo, N. (2019). *Normativa y especificaciones para la implementación efectiva de Building Information Modeling en la construcción*.
<https://repositorio.uniandes.edu.co/entities/publication/5109aa19-66a5-4c65-b631-3cd9d5f32d61>

Corporación Financiera Nacional. (2023). *Ficha Sectorial: Construcción Subgerencia de análisis de productos y servicios*. <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2023/fichas-sectoriales-1-trimestre/Ficha-Sectorial-Construccion.pdf>

EDITECA. (2018, febrero 22). *El BIM en Latinoamérica [Actualizado]*. Editeca.
<https://editeca.com/bim-en-latinoamerica/>

Editeca. (2022, mayo 9). *Gestionar recursos eficientemente con Lean Construction | Editeca* ®. Editeca. <https://editeca.com/como-gestionar-recursos-eficientemente-mediante-lean-construction/>

- El Oficial. (2019, julio 31). *MEXICHEM LANZÓ LAS LIBRERÍAS BIM PLASTIGAMA | El Oficial*. <https://www.eloficial.ec/llegan-a-ecuador-las-librerias-bim-plastigama/>
- Esarte Eserverri. (2018, diciembre 13). BIM BEP Execution Plan: University of Pennsylvania. *Espacio BIM*. <https://www.espaciobim.com/bim-bep>
- Esarte Eserverri, A. (2020, octubre 29). Civil 3D, de Autodesk ¿qué es Civil 3D? *Espacio BIM*. <https://www.espaciobim.com/civil-3d>
- Fortunato, C., Maiolino, E., & Krammer, N. (Directores). (2020). *Manufactura para la industria de agua y saneamiento [Webinar]*.
- Gámez, M. J. (2015). Objetivos y metas de desarrollo sostenible. *Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Guzmán, A. M., & Mohammadfarid, A. (2023). Propuesta de Gestión para la Adopción de BIM en Empresas Fabricantes. *INGENIO*, 6(1), Article 1. <https://doi.org/10.29166/ingenio.v6i1.4315>
- Hardin, B., & McCool, D. (2015). *BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows*.
- Infurnia. (2022). *BIM Dimension-3D, 4D, 5D, 6D, and 7D explained*. <https://www.infurnia.com/blog/bim-dimension-3d-4d-5d-6d-and-7d-explained?sourceRef=Direct>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos – Ecuador. (2024). <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/>
- José Zaragoza & Miguel Morea. (2021, mayo). *Manual de implantación BIM: Una guía práctica para la creación de protocolos BIM con la ISO 19650*.

- Juárez Ruiz, A. (2020, octubre 1). *¿Qué es Revit MEP y cuáles son sus principales funciones?* Arcux. <https://arcux.net/blog/que-es-revit-mep-y-cuales-son-sus-principales-funciones/>
- Konstruedu. (2022). *¿Por qué pensar en Lean Construction y BIM? | Konstruedu.* <https://konstruedu.com/es/blog/por-que-pensar-en-lean-construction-y-bim>
- Kreider, R., & Messner, J. (2013). *The Uses of BIM.*
- Lacaze, L. (2021). *Encuesta BIM: América Latina y el Caribe 2020.* <https://doi.org/10.18235/0003023>
- LatinWASH+. (2023a, marzo 21). *CONFERENCIA WASH-LATAM 2023 | ECUADOR: Recomendaciones de Segundo Guailas para cambiar las cosas.* LatinWASH. <https://www.latinwash.org/post/conferencia-wash-latam-2023-guatemala-recomendaciones-de-segundo-guailas-para-cambiar-las-cosas>
- LatinWASH+. (2023b, noviembre 17). *DÍA MUNDIAL DEL RETRETE 2023: ACELERAR EL CAMBIO.* LatinWASH. <https://www.latinwash.org/post/día-mundial-del-retrete-2023-acelerar-el-cambio>
- Lazos de agua. (2023). *Acceso a agua sostenible en Latinoamérica, Programa Lazos de Agua.* Lazos de Agua. <https://www.lazosdeagua.org/es/>
- Loarte Pérez, J. D., & Fernández Huaccani, C. J. (2022). *Beneficios de implementar el Building Information Modeling en la gestión de un proyecto de saneamiento.* <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio//handle/20.500.12404/23471>
- Marsbiminternational. (2023). *BIM Dimensions—2D to 7D. MaRS BIM International Insights.* <https://marsbiminternational.com/insights/resources/bim-dimensions/>
- Ministerio del ambiente, agua y transición ecológica. (2023). *Rendición de cuentas 2022.*

- Moyón Silva, C. N., & Samaniego Amaguaya, E. J. (2023). *Factores que dificultan al gobierno ecuatoriano el impulso de la Metodología Build Information Modeling (BIM)* [bachelorThesis, Riobamba, Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10594>
- Naciones Unidas Ecuador. (2023). *Día del Agua: Garantizar la disponibilidad de agua y el saneamiento en la región andina | Naciones Unidas en Ecuador*. <https://ecuador.un.org/es/224762-d%C3%ADa-del-agua-garantizar-la-disponibilidad-de-agua-y-el-saneamiento-en-la-regi%C3%B3n-andina>, <https://ecuador.un.org/es/224762-d%C3%ADa-del-agua-garantizar-la-disponibilidad-de-agua-y-el-saneamiento-en-la-regi%C3%B3n-andina>
- NBS. (2021). *BIM dimensions—3D, 4D, 5D, 6D BIM explained*. NBS. <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-dimensions-3d-4d-5d-6d-bim-explained>
- Novatr. (2023). *Qué son las dimensiones BIM: Las 7 dimensiones BIM explicadas*. Novatr. <https://www.novatr.com/blog/dimensions-in-bim>
- NTI Spain - NKE (NTI Group) - Partner Platinum de Autodesk. (2022). *5 claves de la ISO 19650, BIM y el sector de la Construcción*. <https://www.linkedin.com/pulse/5-claves-de-la-iso-19650-bim-y-el-sector-construcci%C3%B3n-/?originalSubdomain=es>
- Ortiz Arnau, H. (2021). *Estándares BIM: resumen abril 2021*. <https://www.linkedin.com/pulse/est%C3%A1ndares-bim-resumen-abril-2021-h%C3%A9ctor-ortiz-arnau/?originalSubdomain=es>
- PCCAD. (2023). *Infraworks. PCCAD*. <https://pccadla.com/programas/infraworks/>
- Peñafiel Barba, J. X., & Paredes Vargas, I. A. (2022). *Análisis del uso de la metodología BIM en el sector de la construcción en la ciudad de Quito*

[bachelorThesis, PUCE - Quito].

<http://repositorio.puce.edu.ec:80/handle/22000/21046>

Revista Construcción y Vivienda. (2020, enero 14). *Metodología BIM, aportes fundamentales en el sector saneamiento.*

<https://www.construccionyvivienda.com/2020/01/14/metodologia-bim-aportes-fundamentales-en-el-sector-saneamiento/>

Revista Gestión Digital. (2023, noviembre 29). *Programa regional 'Lazos de Agua' impulsará acceso a agua segura en Ecuador.*

<https://revistagestion.ec/empresas/programa-regional-lazos-de-agua-impulsara-acceso-agua-segura-en-ecuador/>

Rodríguez, A. (2020a). El Modelo de Madurez BIM Británico. *El Modelo de Madurez BIM Británico.* <https://bimenmexico.blogspot.com/2020/03/el-modelo-de-madurez-bim-britanico.html>

Rodríguez, A. (2020b). Modelos de Madurez de BIM. *Modelos de Madurez de BIM.* <https://bimenmexico.blogspot.com/2020/03/3-modelos-de-madurez-de-bim.html>

Rosales Durán, J. M. (2021). *Análisis de la situación de Ecuador en el cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible 6: Agua Limpia y Saneamiento, año 2019.*

Sempértegui, B. (2023, octubre 12). PUCE conforma corporación para promover el acceso a agua de calidad. *Conexion PUCE.* <https://conexion.puce.edu.ec/puce-conforma-corporacion-para-promover-el-acceso-a-agua-de-calidad/>

Shah, C. (2022, mayo 5). How BIM is being used in the water and wastewater sector? *MaRS BIM International Insights.* <https://marsbiminternational.com/insights/bim-for-water-and-wastewater-sector/>

- Sociedad de arquitectos del Uruguay. (2022). *¿Qué es BIM? - Sociedad de Arquitectos del Uruguay*. <https://www.sau.org.uy/que-es-bim-2/>
- Soto, C., Manriquez, S., Tala, N., Suaznabar, C., & Henriquez, P. (2022). *Guía para la implementación de Building Information Modelling a nivel de pilotos en proyectos de construcción pública*. <https://doi.org/10.18235/0004528>
- UNICEF, I. (2018). *Agua, saneamiento e higiene: Medición de los ODS en Ecuador*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Libros/AGUA,_SANEAMIENTO_e_HIGIENE.pdf
- United-BIM Inc. (2022, julio 19). *¿Qué son las dimensiones BIM? - 3D, 4D, 5D, 6D y 7D*. <https://www.united-bim.com/what-are-bim-dimensions-3d-4d-5d-6d-7d-bim-explained-definition-benefits/>
- Vélez Martínez, P. E. (2020). *Implementación de la metodología BIM en los procesos de trabajo de una empresa de arquitectura y construcción ubicada en Cuenca, Ecuador*.
- Zaragoza, J., & Morea, M. (2021, junio 13). *Manual de Implantación BIM con la ISO-19650 | BIMLEARNING*. <https://bimlearning.es/manual-de-implantacion-bim-con-la-iso-19650/>
- Zoroquiain López, A. (2023, mayo 15). CDE, ¿qué es un CDE o Common Data Environment? *Espacio BIM*. <https://www.espaciobim.com/cde>

ANEXOS

Anexo 1: Librerías Línea Sanitaria Premium de BIM-Plastigama para proyectos sanitarios en programa Revit.



Codo 45° CC



Codo 90° CC



Codo 90° EC



Reductor Excéntrico



Rejilla Sifonada



Rejilla Desagüe



Rejilla Piso Circular



Sifón

Anexo 2: Librerías Línea Novafort PLUS de BIM-Plastigama para proyectos sanitarios en programa Revit.



Sifón para Lavamanos y Lavaplatos



Tapón Hembra



Tapón Macho



Tee EC



Tee Reductora EC



Tubería Desagüe



Tubería Ventilación



U con Registro



Unión



Yee



Yee Reductora

Elementos de esta librería



Anillo de Caucho



Codo 45° CC



Codo 90° CC



Silla Yee



Tubería Novafort Plus



Unión

Anexo 3: Librerías de Bio tanques sépticos integrados de BIM-Plastigama para proyectos sanitarios en programa Revit.



**Biotanque
1200L**



**Biotanque
2000L**



**Biotanque
4000L**