

**UNIVERSIDAD MAYOR REAL Y PONTIFICIA DE SAN  
FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA**



**CENTRO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO E INVESTIGACIÓN  
DIPLOMADO EN INSTALACIONES HIDROSANITARIAS EN  
EDIFICACIONES**

**TEMA: BENEFICIOS DEL USO DE HERRAMIENTAS BIM EN PROCESOS  
CONSTRUCTIVOS DE INSTALACIONES HIDROSANITARIAS**

**ASIGNATURA:** Elaboración Y Revisión De La Monografía

**DOCENTE:** M.Sc. Ing. Jarin Hasbel Alcalá Castro

**CURSANTE:** Alvaro Franz Urquizu Villafuerte

Abril 2024

***Dedicatoria***

*A mi madre Ana María quien*

*Dedica su día a día para apoyarme en*

*Todo lo que hago.*

***Agradecimiento***

*A dios y mis abuelos Trinidad y Cesar*

*que desde el Cielo me acompañan en*

*el camino de la vida llevándome De la mano.*

# **BENEFICIOS DEL USO DE HERRAMIENTAS BIM EN PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE INSTALACIONES HIDROSANITARIAS**

## **RESUMEN**

En la etapa de construcción son recurrentes los errores constructivos en sistemas hidrosanitarios por incompatibilidad en planos y problemas de interferencias por mala coordinación de disciplinas mediante la metodología tradicional.

Es necesario enfrentar este problema común establecido en las prácticas de construcción en el medio boliviano, las interferencias y la falta de comunicación hacen que la documentación de ingeniería producida en etapa de diseño mediante la metodología tradicional 2D no se pueda utilizar de manera eficiente para la construcción, durante los últimos años se fueron desarrollando metodologías nuevas basadas en herramientas tecnológicas software de modelado en 3D las mismas que no solo representan una visualización real sino que la parte más importante del modelo es el almacenamiento de información que servirá para el desarrollo del proyecto en todo su ciclo de vida facilitando los trabajos de construcción y ayudando a tener mayor productibilidad.

A través de entrevistas y el uso de las herramientas tecnológicas BIM se pretende desarrollar los beneficios que da estas nuevas metodologías que no son muy utilizadas en el medio boliviano haciendo un seguimiento de supervisión en procesos constructivos que nos ayudara a tomar decisiones en edades tempranas por los cambios que sufran los diseños y un mejor control en los procesos constructivos reflejándose la calidad de la obra.

## **CONTENIDO**

<b>CAPITULO I IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>1</b>
1.1 ANTECEDENTES .....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2.1 Situación Problémica .....	2
1.2.2 Causas más probables .....	3
1.2.3 DELIMITACION .....	6
1.2.4 Formulación Del Problema .....	6
1.3 OBJETIVOS .....	6
1.3.1 OBJETIVO GENERAL .....	6
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
1.4 HIPOTESIS .....	7
1.5 JUSTIFICACION .....	7
<b>CAPITULO II MARCO TEORICO .....</b>	<b>8</b>
2.1 ANTECEDENTES A NIVEL NACIONAL. ....	8
2.1.1. ANTECEDENTES A NIVEL INTERNACIONAL.....	9
2.2. ASPECTOS TEÓRICO-PERTINENTES .....	10
2.2.1. Diseño Asistido por Computadora (CAD).....	10
2.2.2. Modelado de la Información de la Construcción (BIM).....	10
2.2.3. CAD y BIM.....	12
2.2.4. Flujo de trabajo BIM VS. Flujo de trabajo CAD Tradicional .....	13
2.2.5. Herramientas (Softwares) del entorno BIM.....	15
2.2.6. Características del Proceso Constructivo.....	16
2.2.7. Interoperabilidad .....	16
2.2.8. Dimensiones BIM .....	17
2.2.9. Nivel de Desarrollo BIM (LOD Level of Development).....	20
2.2.10. Procedimiento práctico de detección de incompatibilidades .....	21
2.2.11. Detección de incompatibilidades e interferencias en los proyectos.....	22
<b>CAPITULO III MARCO PRACTICO .....</b>	<b>23</b>
3.1 DESARROLLO PRACTICO .....	23
3.2 ENCUESTA DIGITAL .....	23
3.1.1 REALIZACION DE LA ENCUESTA .....	24

3.3 RECOPIACION Y REVISION DE LA INFORMACION DE DISEÑOS 2D Y ANÁLISIS DEL PROYECTO .....	29
3.4 DISEÑO HIDRÁULICO Y SANITARIO .....	31
3.4.1 TIPO DE SISTEMA ADOPTADO PARA ABASTECIMIENTO .....	31
3.4.2 DOTACIÓN SEGÚN TIPO DE EDIFICACIÓN.....	32
3.4.3 RED DE DISTRIBUCIÓN AGUA FRIA .....	32
3.4.4 RED DE SISTEMA SANITARIO.....	37
3.5 MODELADO BIM.....	40
3.5.1 INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS .....	40
3.6 IMPLEMENTACIÓN DE LOS MODELOS BIM EN OBRA .....	42
3.7 TABLAS DE MATERIALES EXTRAIDOS DEL MODELO EN OBRA .....	44
<b>CAPITULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....</b>	<b>46</b>
4.1 CONCLUSIONES.....	46
4.2 RECOMENDACIONES .....	47
BIBLIOGRAFÍA .....	48

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Implementación BIM a nivel internacional.....	9
Tabla 2 Cuadro Comparativo entre CAD y BIM .....	13
Tabla 3 Niveles de detalle y su descripción. ....	20
Tabla 4 Dotación Per cápita .....	32
Tabla 5 Demanda Máxima De Consumo Por Artefacto .....	33
Tabla 6 Diámetros mínimos de ramales de conexión de artefactos sanitarios.....	34
Tabla 7 Datos para el diseño .....	36
Tabla 8 Unidades de Gasto de la Vivienda Unifamiliar.....	36
Tabla 9 Demanda de la Vivienda Unifamiliar .....	36
Tabla 10 Red de Distribución de la Vivienda Unifamiliar.....	37
Tabla 11 Calculo hidráulico de la Vivienda Unifamiliar .....	37
Tabla 12 Unidades de descarga hidráulica de artefactos sanitarios .....	38
Tabla 13 Dimensionamiento de ramales sanitarios.....	38
Tabla 14 Dimensionamiento de Bajantes sanitarios .....	39
Tabla 15 Determinación de las unidades de descarga.....	40

## LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1 Principales causas de pérdidas en la construcción. ....	4
Ilustración 2 Problemas ocurridos en la obra debido a un mal diseño .....	4
Ilustración 3 Flujo de Trabajo Tradicional VS Metodología BIM.....	5
Ilustración 4 Ciclo de vida del proyecto aplicando Metodología BIM.....	11
Ilustración 5 Flujo de trabajo tradicional CAD2D .....	14
Ilustración 6 Flujo de Trabajo Tradicional VS Metodología BIM.....	15
Ilustración 7 Dimensiones 1D .....	17
Ilustración 8 Dimensiones 2D .....	18
Ilustración 9 Dimensiones 3D visualización de las instalaciones sanitarias. ....	19
Ilustración 10 Dimensiones 4D. ....	19
Ilustración 11 Modelado Preconstrucción del sistema sanitario .....	21
Ilustración 12 Esquema de Detección y Solución de Interferencias e Incompatibilidades.....	22
Ilustración 13 Formato preguntas que se compartió por medio digital.....	24
Ilustración 14 Pregunta 1.....	25
Ilustración 15 Pregunta 2.....	25
Ilustración 16 Pregunta 3.....	26
Ilustración 17 Pregunta 4.....	27
Ilustración 18 Pregunta 5.....	27
Ilustración 19 Pregunta 6.....	28
Ilustración 20 Pregunta 7.....	28
Ilustración 21 Diseño 2D planta baja .....	30
Ilustración 22 Diseño 2D Primera Planta.....	31
Ilustración 23 Sistema Indirecto Sin Bombeo.....	32
Ilustración 24 Modelo Agua fría y caliente.....	41
Ilustración 25 Modelo instalaciones Sanitarias .....	41
Ilustración 26 Instalación de tuberías sanitarias.....	42
Ilustración 27 modelo de Instalación de tuberías sanitarias .....	42
Ilustración 28 Instalación de tuberías agua fría y caliente. ....	43
Ilustración 29 modelo Instalación de tuberías agua fría y caliente. ....	43
Ilustración 30 Tablas de Accesorios.....	44
Ilustración 31 Tablas de Tuberías. ....	45

## **CAPITULO I IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.1 ANTECEDENTES**

En la actualidad uno de los principales problemas dentro de la industria de la construcción a nivel mundial y sobre todo en los países latinoamericanos como es el caso de Bolivia, es la falta de coordinación y colaboración en la elaboración de los proyectos, lo que hace que un proyecto tenga éxito o fracaso. Nos referimos de manera específica a la comunicación que debería de existir entre todos los especialistas involucrados de las diferentes disciplinas en la etapa de diseño y que al no fortalecer este dinamismo de trabajo entre especialistas las representaciones gráficas (planos) son elaborados de manera incorrecta, presentando incompatibilidades e interferencias, encontrándose en la etapa construcción con un enfrentamiento entre especialidades, superposición entre elementos, incompatibilidad de cantidades (metrados), que obligan a ser modificados en una etapa donde los errores del proyecto deberían de ser mínimos.]

La complejidad de los proyectos avanza cada vez más en la construcción, lo que obliga a los profesionales a implementar nuevas metodologías, de trabajo y consigo herramientas tecnológicas que ayuden a optimizar procesos, reduciendo tiempos y mejorando la calidad de los proyectos.

Un ejemplo típico en la industria de la construcción en nuestro país son las constantes modificaciones a contratos, el DS N° 0181 permite las ordenes de cambio y contratos modificatorios en contrataciones públicas. Son documentos legales técnicos que permiten realizar modificación que necesitan los proyectos lo cual es frecuente y recurrente en los proyectos en etapa de construcción generalmente problemas en los diseños.

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.2.1 Situación Problémica

Errores frecuentes en la etapa de construcción de instalaciones hidrosanitarias por la mala coordinación, colaboración de especialidades de ingeniería en etapa de diseño.

En Bolivia se ha venido manejando la construcción convencional desde los inicios, y son muchos los casos en dónde los diseños por especialidad, haciendo referencia a la arquitectura, estructura o instalaciones de cualquier índole (Sanitarias, hidráulicas, eléctricas, mecánicas) no coinciden durante la ejecución de un proyecto. Al hablar de construcción tradicional se puede decir que muchas de las decisiones son tomadas a pie de obra sobre las cuales recaen muchas consecuencias positivas como también negativas de un proyecto y es por esta razón que la credibilidad de los profesionales muchas veces ha sido afectada. Es tarea de los futuros profesionales cambiar la forma de pensar, construir y mucho más de diseñar, porque con las nuevas tecnologías es posible avanzar en este campo tan importante para el desarrollo de un país.



Fuente: <https://construcaocivil.info/es/o-que-voces-acham-desse-tubo-passando>

A raíz de estos acontecimientos es un problema común y arraigado en la construcción que generan incongruencias incompatibilidades e interferencias a la hora de integrar las diferentes disciplinas en un proyecto de edificación, en dónde el valor más afectado siempre es el sobrecosto del proyecto, debido a la corrección de errores, de la toma de decisiones apresuradas y sin fundamentos

consistentes llegando a la improvisación. La construcción se ha venido desarrollando con métodos tradicionales con base en diseños 2D, cronogramas de obra desfasadas de la realidad y así mismo un presupuesto elevado de un proyecto con una calidad de obra muy baja. Es en este punto de análisis en dónde se mira hacia un futuro de tecnologías innovadoras a la hora de concebir, planear y ejecutar un proyecto de construcción.

Por tanto, se evidencia que la construcción con métodos tradicionales presenta constantes errores en procesos constructivos que generan incertidumbre y necesidad de tiempo para corregir los diseños traduciéndose en costo y calidad perjudicando de gran manera los cronogramas de ejecución ya que no se puede detectar en edades temprana las falencias incidiendo nuevamente a costos innecesarios.

## **1.2.2 Causas más probables**

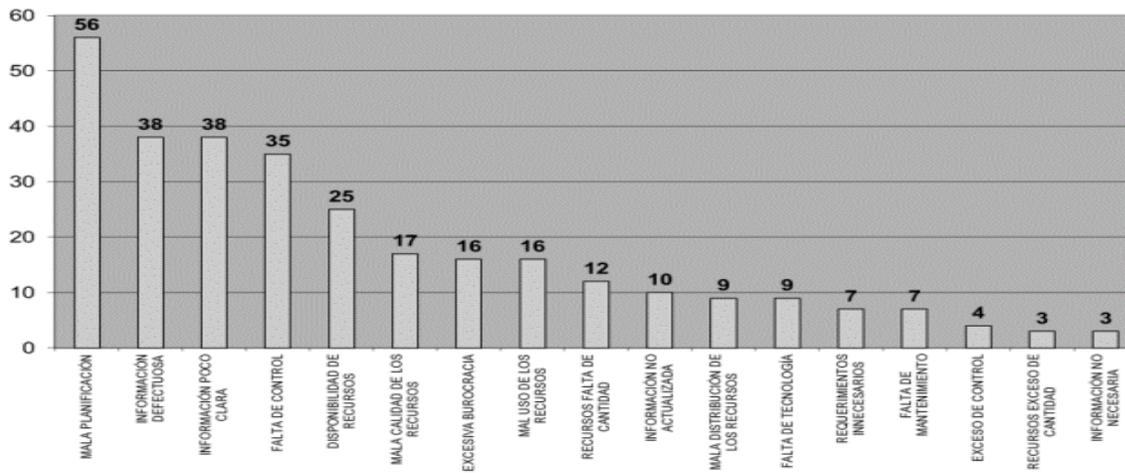
### **1.2.2.1 Principales causas de erros en la construcción.**

Bellota (2022), menciona que, en la actualidad, uno de los problemas más destacados en la industria de la construcción, es la falta de coordinación y colaboración en el diseño de proyectos.

Específicamente, señala a la comunicación entre los especialistas de las disciplinas que participan en la etapa de diseño, por lo que los planos, tienden a elaborarse de manera incorrecta, lo que resulta en incompatibilidades e interferencias.

Estos problemas suelen manifestarse durante la ejecución del proyecto, lo que conlleva a las interferencias en campo e incompatibilidad en las cantidades (metrados). En la figura 1 indica que el 56% de los errores en la construcción de proyecto es la mala planificación que involucra al diseño de las especialidades.

Ilustración 1 Principales causas de pérdidas en la construcción.

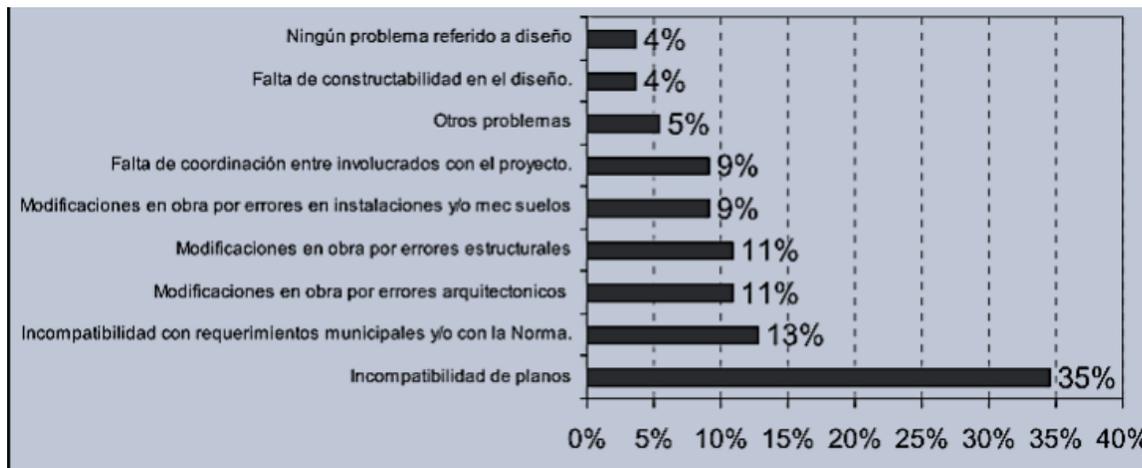


Fuente: ([https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos\\_digitales/10948/cantut09.pdf](https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/10948/cantut09.pdf))

Los resultados de una encuesta realizada en Lima, según Vásquez Ayala (2011) como

se observa en la Figura 2, reflejaron que un 35% de ellos señalando problemas relacionados con la incompatibilidad de planos.

Ilustración 2 Problemas ocurridos en la obra debido a un mal diseño



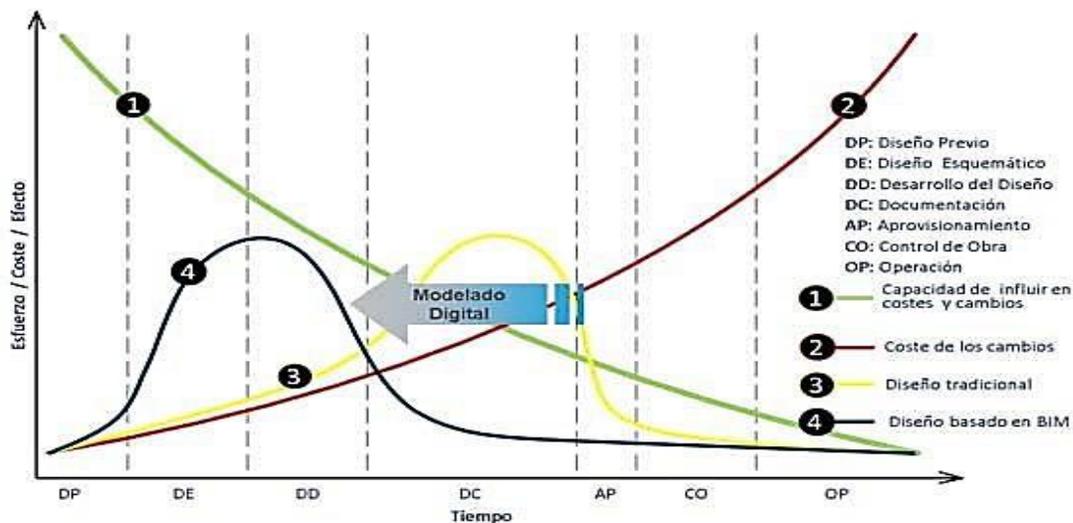
Fuente: (<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/971>)

### 1.2.2.2 Flujos de trabajo no adecuados.

Comúnmente en los proyectos elaborados con la metodología tradicional tras ser entregados para ser construidos están sujetos a tener varias modificaciones por la presencia de incompatibilidades entre los documentos, principalmente por las incongruencias entre especialidades, todo esto porque trabaja de manera lineal no colaborativa y poco coordinada.

Sin embargo, la metodología BIM es considerada como un proceso netamente colaborativo, donde todos los especialistas trabajan en un mismo modelo, permitiendo una colaboración unificada en visión, criterios y comunicación entre todas las especialidades, reduciendo la posibilidad de sufrir modificaciones en las siguientes etapas del proyecto, esto gracias a la detección temprana de interferencias y su correcta extracción de cantidades (metrados), que son revisados y corregidos en la etapa de diseño. Una forma de comprender los flujos y procesos de ambas metodologías es realizar el análisis de la curva de esfuerzo del proceso constructivo.

Ilustración 3 Flujo de Trabajo Tradicional VS Metodología BIM



Fuente: Castillo Ruiz, A. J., & Quevedo Iparraguirre, S. A. (2020, p.21). Análisis de la brecha digital en el uso de BIM en equipos de construcción.

Analizando la curva verde 1 (diseño basado en BIM, hace referencia al uso de mayor esfuerzo, costo y tiempo en las etapas iniciales de diseño previo, diseño esquemático, desarrollo del diseño, reduciendo los riesgos de realizar cambios en las siguientes etapas.

A diferencia con la curva roja 2 que representaría el ciclo de un proyecto elaborado con la metodología tradicional tendida en el prediseño, diseño esquemático, diseño de detalle, es creciente hacia la derecha mostrando mayor necesidad de esfuerzo para la etapa de aprovisionamiento, control de obra y operación.

Dejando, así como evidencia la ventaja de la utilización de la metodología BIM, que concentra mayores esfuerzos en los ciclos iniciales del proyecto llenándose de bastante información en sus modelos en las diferentes especialidades, logrando así menguar la posibilidad de posteriores modificaciones como se observa en la curva amarilla 3 del detalle tradicional, que hace referencia a costo por modificación que será mayor pasada la etapa de diseño. Para entender los beneficios brindados por la metodología BIM.

### **1.2.3 DELIMITACION**

Se delimita la investigación a diseños hidrosanitarios en viviendas familiares.

### **1.2.4 Formulación Del Problema**

¿Cuáles son los beneficios al momento de usar las herramientas de la metodología BIM en los procesos constructivos de sistemas hidrosanitarios para las empresas contratistas?

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un análisis de los beneficios del uso de herramientas BIM en procesos constructivos a nivel de instalaciones hidrosanitarias enfocado en la coordinación de disciplinas en nuestro país.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar encuestas a empresas constructoras sobre los problemas más comunes en los procesos constructivos de instalaciones sin el uso de herramientas BIM.
- Realizar modelos 3D paramétricos a partir de planos 2D de las diferentes disciplinas.
- Integrar los modelos elaborados de cada especialidad mediante el software Autodesk Navisworks para la optimización y coordinación del proyecto.
- Crear tablas de planificación y cantidades de obra con base en los modelos realizados para las especialidades.
- Realizar supervisión y control de las actividades de obra para garantizar la implementación del modelo.

### **1.4 HIPOTESIS**

Con el uso de herramientas BIM se perfeccionan los procesos constructivos lo que evita retrabajos, disminución de costos y mejorar la calidad de instalaciones.

### **1.5 JUSTIFICACION**

- Minimizar las deficiencias en los procesos constructivos en sistemas hidrosanitarios.
- Detección de problemas de incompatibilidad e interferencias entre especialidades
- Mejorar la práctica profesional en detección temprana de problemas constructivos
- Evitar retrabajos y gasto de recursos con un mejor control de los procesos constructivos.

## **CAPITULO II MARCO TEORICO**

### **2.1 ANTECEDENTES A NIVEL NACIONAL.**

La Industria de la construcción en Bolivia tanto en empresas privadas como públicas todavía trabaja sus proyectos utilizando el diseño asistido por computadora (CAD) como herramienta principal. Una menor parte de profesionales y empresas trabajan con modelos 3D (Software BIM).

En la actualidad la metodología BIM en Bolivia todavía no cuenta con conocimientos maduros pues no se conoce a cabalidad de los alcances de la metodología, existe capacitación y formación por parte de institutos privados sobre todo en modelado 3D.

Algunas empresas privadas fueron dando pasos importantes en la implementación de la metodología en proyectos de gran importancia sobre todo en las etapas de Planificación diseño y construcción a diferencia del sector público que todavía no establece como requisitos para contrataciones del estado como lo hacen actualmente los países de Chile y Perú donde esta obligatorio la aplicación de la metodología.

El Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA), es una asociación privada sin fines de lucro, creada mediante Decreto Supremo N.º 23489 del 29 de abril de 1993, iniciando sus actividades el 5 de mayo de 1993. La cual a la fecha tiene dos normativas aprobadas.

1. NORMA BOLIVIANA NB/ISO 19650-1 - Gestión de la información al utilizar BIM (Building Information Modelling) - Parte 1: Conceptos y principios.
2. NORMA BOLIVIANA NB/ISO 19650-2 - Gestión de la información al utilizar BIM (Building Information Modelling) - Parte 2: Fase de desarrollo de activos.

### 2.1.1. ANTECEDENTES A NIVEL INTERNACIONAL

A nivel internacional en los países de Latinoamérica aun no es una realidad concreta, existe iniciativas para la implementación Chile es un gran ejemplo para seguir, Perú no se encuentra extraño a esta política.

Tabla 1 Implementación BIM a nivel internacional

<b>País</b>	<b>Fecha</b>	<b>Implementación</b>	<b>Normativa</b>
Chile	BIM forum 2015 Plan BIM 2016	Proyectos Públicos (Obligatorios, 2020) y proyectos privados 2025.	Gestión documental BIM, Guía de Implementación BIM Propuesta BIM y colaboración PLAN BIM 2016
Perú	Normas iniciales en el 2016	Proyectos Públicos.	Protocolos BIM Plan Nacional BIM Decreto Supremo N° 289-2019-EF. Decreto de Urgencia N° 021-2020.

Fuente: Elaboración Propia

El cuadro nos muestra como Chile tiene la capacidad de la implementación de la metodología BIM, donde incluye una normativa para el uso y su aplicación desde al año 2015 siendo de aplicación obligatoria en proyectos públicos a partir del año 2020 y en proyectos privados a partir del año 2025.

La Cámara de la Construcción de nuestro vecino Chile desde el año 2007 asumió como el impulsor principal para quitar la barrera de desconocimiento, promoviendo la difusión del uso del BIM por medio de varios eventos de difusión en su mayoría gratuitos. Tres años después, el mismo gobierno aprobó con financiamiento una política de "Implementación y promoción de la tecnología BIM en Chile", bajo PLAN BIM CHILE.

El cuadro anterior también nos muestra como Perú ya está implementando la metodología BIM, las normas iniciales son del año 2016 cuanta con protocolos BIM y los principales impulsores en la implementación son las empresas privadas.

Es claro que “el uso del BIM, aplicado a los proyectos de construcción, está en pleno desarrollo y es una oportunidad para mejorar los tradicionales procesos de gerencia del diseño y/o construcción de los proyectos y cuyos beneficios podrían ser percibidos en cualquiera de las etapas del proyecto.” (Alcántara Rojas, 2013, p.17-19)

## **2.2. ASPECTOS TEÓRICO-PERTINENTES**

### **2.2.1. Diseño Asistido por Computadora (CAD)**

Sus siglas en ingles son Computer Aided Design (CAD) diseño asistido por computadora se refiere a todos los programas que tengan una interfaz grafica que le permita realizar trabajos de diseño desde su creación, modificación y análisis para sus mejoras en un espacio geométrico bidireccional utilizado líneas puntos en diferentes formatos.

Este tipo de programas permiten realizar los trabajos de arquitectura e ingeniería de manera más rápida y efectiva ya que cuentan con una gama de herramientas comandos que nos ayudan a manejar escalas, escuadras, trasportadores para crear las formas y tamaños de los diferentes objetos físicos.

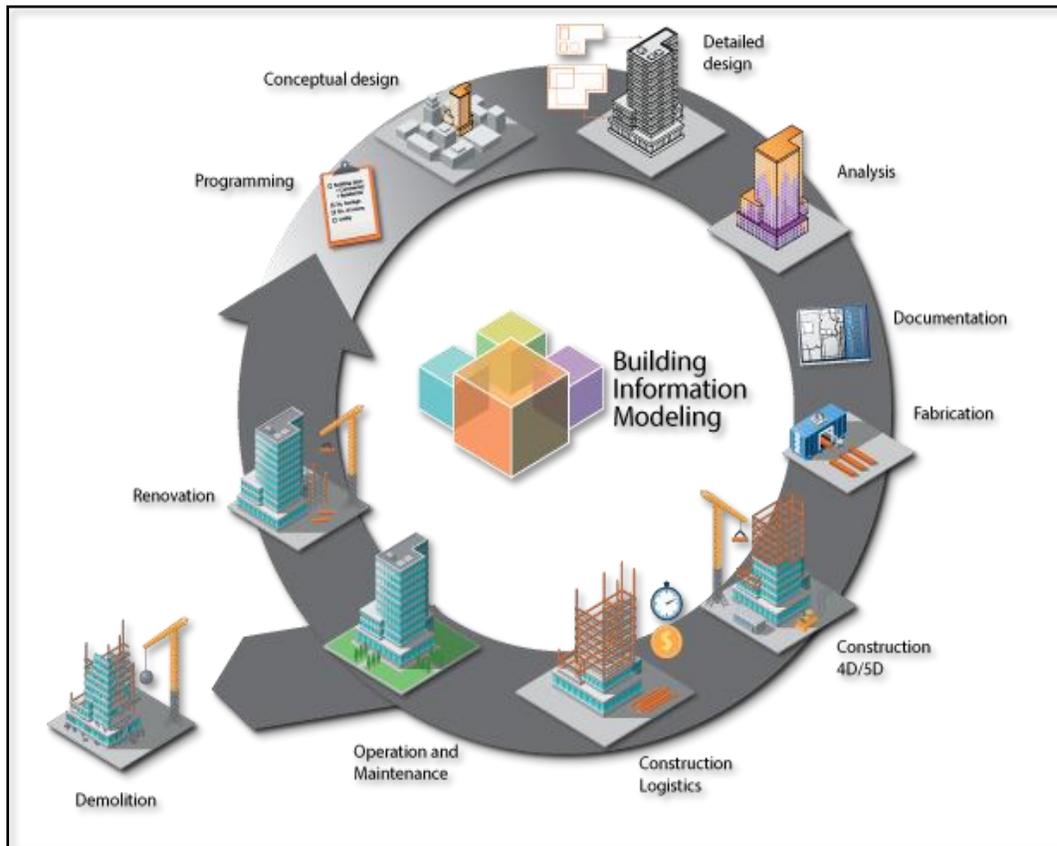
Otra característica favorable de los Software de diseño asistido por computadora es que documentan continuamente todas las etapas del proceso de diseño, lo que permite contar con un registro ordenado de todas las partes relacionadas a su modelo 2D o 3D, incluyendo sus medidas reales y específicas.

### **2.2.2. Modelado de la Información de la Construcción (BIM)**

Building Information Modeling (BIM) es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción. Su objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes Silva Ardón Freydel, (2022).

El ciclo de vida de un proyecto no solo abarca las fases de planificación y diseño ya que va más allá incluyendo la fase construcción y toda la gestión completa de su vida útil con las fases de operación y mantenimiento inclusive la demolición como se muestra en la siguiente imagen.

Ilustración 4 Ciclo de vida del proyecto aplicando Metodología BIM



Fuente: Plan BIM Chile

Todas las fases del proyecto tendrán a sus agentes involucrados a trabajar de manera colaborativa, cooperativa y comunicados entre sí para el intercambio de información los mismos que estarán en modelos que se compartirán de manera correcta organizado la información en entornos digitales.

El modelado de la información debe realizarse para su correcta implementación bajo un PEB (plan de Ejecución BIM) que definirá bajo estándares las formas de intercambio, responsabilidades y flujos de trabajo.

### **2.2.3. CAD y BIM**

La aplicación del CAD es un avance significativo con relación a los trabajos de diseño realizados con papel y lápiz, pero se debe reconocer que en caso exista una modificación debe revisarse y modificarse en todos los documentos de diseño de las diferentes especialidades de manera independiente.

La implementación de la metodología BIM simula la construcción de manera virtual construyendo la edificación mediante modelos que almacenan información de columnas, vigas, losas, instalaciones de agua, instalaciones sanitarias, instalaciones eléctricas y todas las especialidades que sean necesarias que intervenga en el proyecto, lo que permite que arquitectos ingenieros diseñen proyectos de la misma forma que se construirán.

Toda la información estará almacenada en modelos de especialidad lo que permitirá un trabajo colaborativo para la detección rápida inmediata de la modificación de manera automática incrementando la productibilidad.

Quiroz (2014)"Los diseños con CAD están en dos dimensiones, es decir, es información estática en un pedazo de papel, en cambio con el BIM cuentas con un modelo inteligente del edificio a construir compuesta por una base de datos gráfica, en donde uno le puede solicitar al sistema una vista de cualquier nivel, un corte o una elevación, éste lo genera de manera automática a partir de la información en 3D contenida dentro de esta base de datos gráfica". El BIM no solo se puede usar en obras de edificaciones, sino también en infraestructura como puentes y centrales hidroeléctricas, incluso en carreteras (pág.18)

En la siguiente tabla se muestra algunas diferenciad entre el CAD Y BIM.

Tabla 2 Cuadro Comparativo entre CAD y BIM

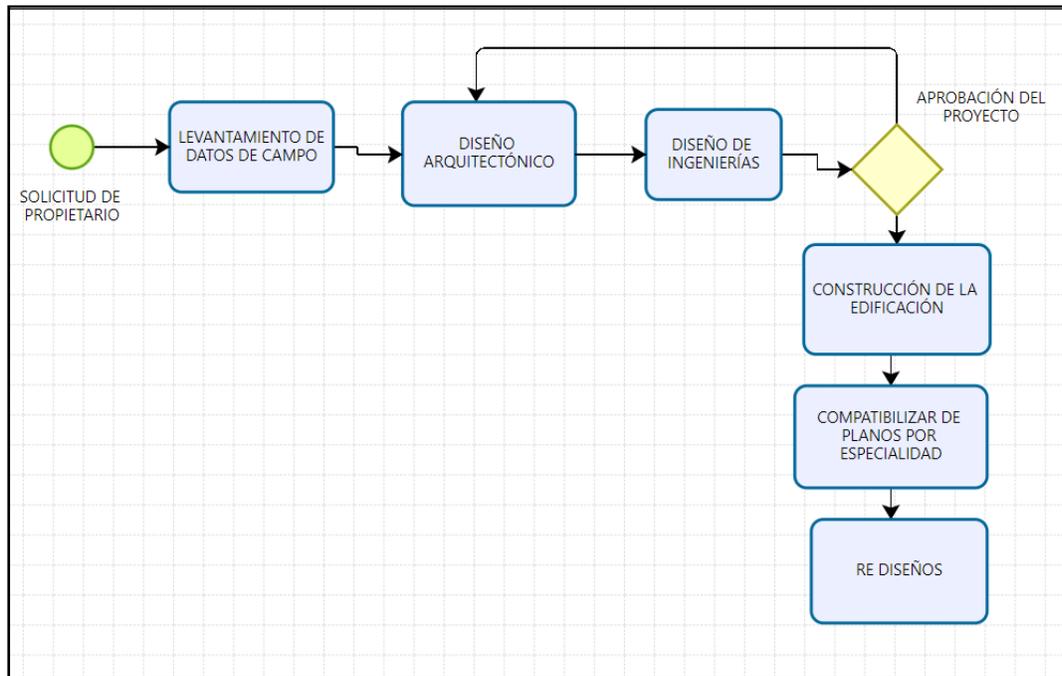
<b>Tradicional CAD</b>	<b>Con tecnología BIM</b>
Las decisiones son tomadas una vez terminados los planos para la construcción.	Decisiones Proactivas en todas las etapas de diseño.
Se trabaja con elementos genéricos.	Se trabaja con elementos específicos (Materialidad / Terminación / Fase)
Cubicaciones se hacen una vez que se tienen los planos para la construcción.	Cubicaciones están a lo largo de todo el proceso.
La información puede no ser consistente	La información del modelo es exacta, por lo que no produce inconsistencias.
La información puede ser linkeada	La información es completamente Bidireccional.

Fuente: (Quiroz, 2014 como se citó en Euclides, 2014).

#### **2.2.4. Flujo de trabajo BIM VS. Flujo de trabajo CAD Tradicional**

El flujo de trabajo tradicional CAD parte de la idea del propietario(promotor del proyecto) de la edificación quien encargara a un equipo de diseñadores para la elaboración del proyecto partiendo del levantamiento de datos de campo posterior a esto se procederá con el diseño arquitectónico basado en planos en 2D que una vez tenga la aprobación de los promotores pasara a los diseños de ingeniera que se irán realizando de manera independiente sin la coordinación de las especialidades a pesar de la revisión de un responsable del proyecto quien verificar las incompatibilidades e inconsistencias los posibles cambios y correcciones no son productivos por el tiempo que le tomara a cada especialidad.

Ilustración 5 Flujo de trabajo tradicional CAD2D

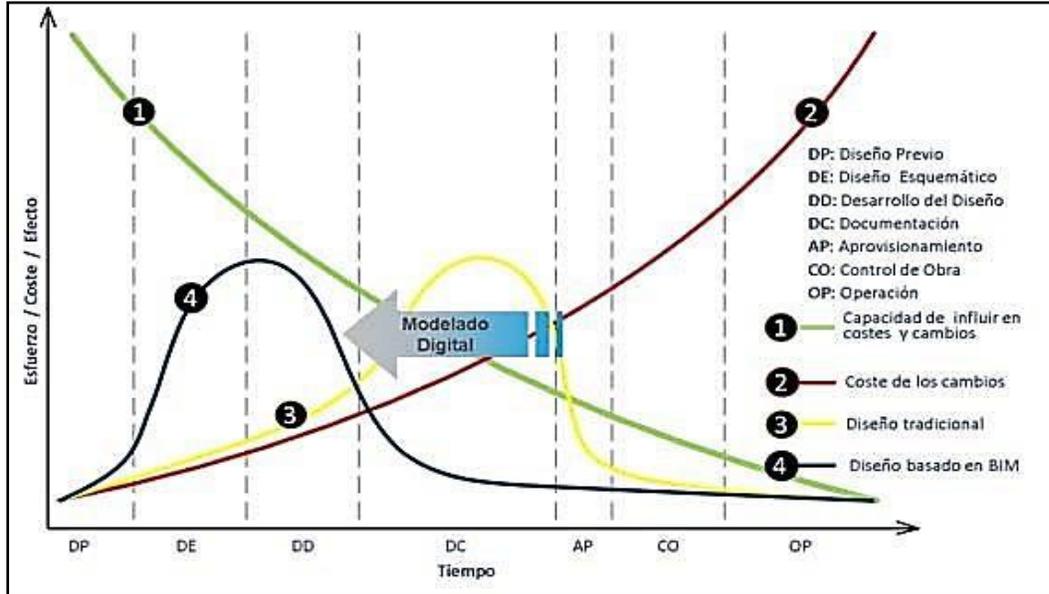


Fuente: Elaboración Propia

Lo contrario la metodología BIM es un proceso colaborativo donde todas las especialidades que forman parte del proyecto trabajan en modelos que se irán uniendo en un modelo integrado de las especialidades permitiendo la comunicación disminuyendo las interferencias.

Los cambios que surgieran se realizan en los modelos los que automáticamente actualizarán la documentación, la metodología permite al promotor poder visualizar el proyecto como también a los constructores para la revisión y verificación del modelo final en la siguiente imagen se puede comprender los esfuerzos de los flujos de trabajo y su esfuerzo en la etapa de construcción.

Ilustración 6 Flujo de Trabajo Tradicional VS Metodología BIM



Fuente: Castillo Ruiz, A. J., & Quevedo Iparraguirre, S. A. (2020, p.21).

La curva verde 1 representa el diseño basado en BIM donde se puede ver mayor esfuerzo de costo y tiempo en la etapa inicial lo que ayuda a reducir los cambios en las siguientes etapas.

La curva roja representa en las etapas iniciales del proyecto poco esfuerzo, pero a medida que avanza muestra que se necesitara mayor esfuerzo en la etapa de construcción y operación que se traduce mayor gasto de recursos por cambios.

### 2.2.5. Herramientas (Softwares) del entorno BIM

El mercado cuenta con varias herramientas (softwares) que aplican conceptos para la implementación de la metodología BIM que cada año son actualizadas con mejoras.

Los softwares se encuentran en formato de prueba como en formato completo en versión de paga dirigido a profesionales de las áreas de ingeniería, arquitectura y otras ramas técnicas.

Autodesk Revit: Es una herramienta sofisticada de diseño con un entorno de trabajo funcional-dinámico, con comandos de diseño que generan productividad en la elaboración de proyectos. Considerado como un software abierto que puede ser configurado a la necesidad de cada profesional especialista.

Sus formatos de colaboración tanto de importación como de exportación son compatibles con la mayoría de las herramientas pertenecientes o no a la metodología BIM, generando mayor comunicación entre cada especialista del proyecto.

“Esta plataforma es una familia de productos integrados que actualmente incluye Revit Architecture, Revit Structure y Revit MEP en una aplicación única que incluyen características de diseño arquitectónico, ingeniería estructural, ingeniería mecánica, eléctrica y tuberías para la construcción.” Tomado de Autodesk, (2020).

### **2.2.6. Características del Proceso Constructivo**

Algunas características de instalaciones sanitarias con BIM dentro de los procesos constructivos es la capacidad de modelar en 3D el sistema de tuberías con todos sus accesorios y los equipos sanitarios a utilizar en la obra lo que permite a instaladores tener una visualización detalla exacta de todo el sistema.

El modelo además facilitara a detección de interferencias entre instalaciones antes de entrar en la construcción física. Asimismo, ayuda a la generación rápida de cantidades de material de manera automática agilizando los procesos de construcción.

Según Cladera, A, (2007) “se define Proceso Constructivo al conjunto de fases, sucesivas o solapadas en el tiempo, necesarias para la materialización de un edificio o de una infraestructura. Si bien el proceso constructivo es singular para cada una de las obras que se pueda concebir, si existen algunos pasos comunes que siempre se deben realizar”. Cladera, A, (2007).

### **2.2.7. Interoperabilidad**

Según (Nogués M., (2017). “Capacidad de diversos sistemas (y organizaciones) para trabajar juntos sin problemas, sin pérdida de datos y sin un esfuerzo especial. La interoperabilidad puede referirse a sistemas, procesos, formatos de archivo, etc.” (Nogués M. et al., 2017).

Los diferentes softwares herramientas BIM deben tener la capacidad de intercambiar la información lo que ayudara a la colaboración entre los diferentes actores del proyecto compartiendo modelos, datos entre disciplinas y fases del proyecto lo que mejora la coordinación.

### **2.2.8. Dimensiones BIM**

Cuando hablamos de BIM y sus dimensiones se refiere a la capacidad de almacenamiento de información para su aplicación y la fase de proyecto, a cada elemento del modelo se le incluirá información de acuerdo con la necesidad lo que nos permitirá tener una representación mas completa y exacta del proyecto, las dimensiones BIM se detallan a continuación:

#### **2.2.8.1 Dimensión 1D**

El inicio de un proyecto es la idea inicial que sería una primera dimensión lo que incluirá la localización, condiciones iniciales del proyecto tipo de edificación estudios de factibilidad económica y mercado y se plasmaran los primeros esquemas.

Contempla el tema de revisión de leyes y estándares aplicables para evaluar la viabilidad del proyecto. (Mata Rojas, L y Mata Rengifo, M. ,2019, p.124).

Ilustración 7 Dimensiones 1D

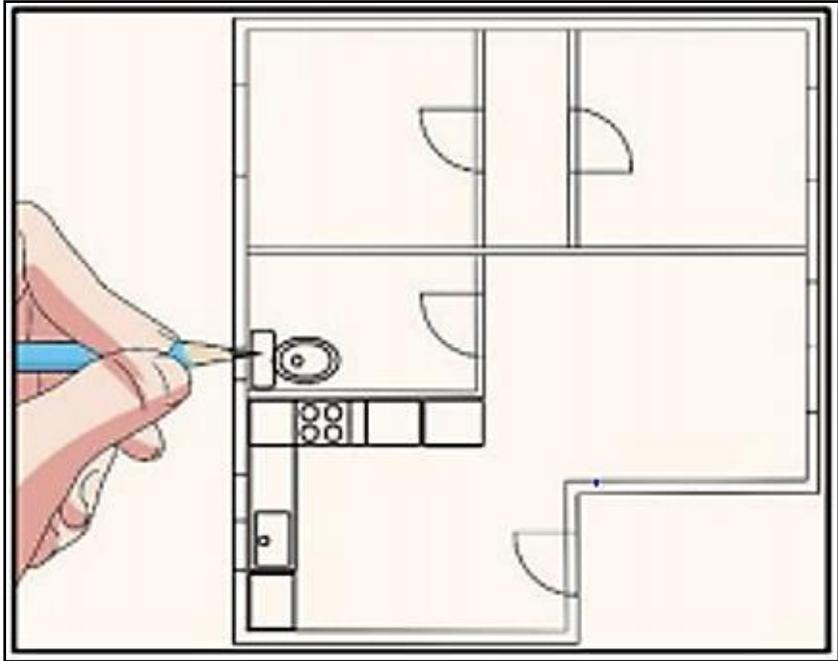


Fuente: Leonardo M. R. “Diccionario BIM”, (2019, p.124)

### 2.2.8.2 Dimensión 2D

La dimensión 2D Puede ser una buena base para la implementación del resto de las dimensiones, especialmente la 3D, si se trabaja desde un principio con software compatible con el modelado BIM 3D. Abarca el tema de la contratación, la definición del ámbito colaborativo.

Ilustración 8 Dimensiones 2D



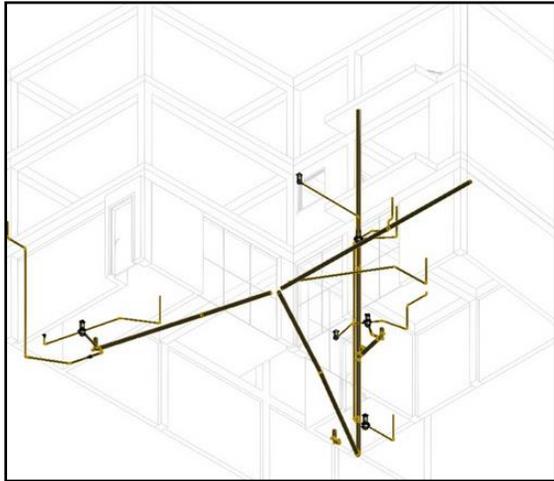
Fuente: (Mata Rojas, L y Mata Rengifo, M. (2019, p.124).

### 2.2.8.3 Dimensión 3D

Se refiere a la representación 3d de los elementos de construcción mediante modelado, lo que permite una mejor interpretación visual del proyecto de manera realista y detallada.

La dimensión 3d además de ayudarnos con la conceptualización del proyecto puede ser utilizada para el almacenamiento de información que en otras etapas del ciclo de vida del proyecto serán de utilidad ejemplo para el mantenimiento.

Ilustración 9 Dimensiones 3D visualización de las instalaciones sanitarias.



Fuente: Elaboración Propia

#### 2.2.8.4 Dimensión 4D

En esta dimensión nos permite visualizar la secuencia de los procesos constructivos en el tiempo mediante un cronograma de ejecución lo que ayuda a realizar una planificación más precisa mediante programación de obra y su simulación por fases. El control de logística será más preciso y serán mas predecibles los resultados de la obra siendo así mas seguro poder cumplir plazos de entrega de manera más eficiente y segura.

Ilustración 10 Dimensiones 4D.



Fuente: <https://msistudio.com/pros-y-contras-de-planificar-con-bim-en-la-obra/>

### 2.2.8.5 Dimensión 5D.

Se incorpora la información de costo al modelo lo que permite a los participantes del proyecto realizar de manera más detallada la gestión de presupuesto que orientar la rentabilidad teniendo mejor manejo de los gastos en materiales mano de obra y equipos.

### 2.2.9. Nivel de Desarrollo BIM (LOD Level of Development)

Los niveles de detalle (LOD, por sus siglas en inglés) se refieren al grado de desarrollo y precisión de los elementos modelados en un proyecto de construcción Existen diferentes niveles de detalle que van desde LOD 100 (conceptual) hasta LOD 500 (construcción detallada), y cada uno define la cantidad de información y la precisión geométrica de los elementos modelados.

En el siguiente cuadro se detalla el nivel de desarrollo que debe tener cada LOD:

Tabla 3 Niveles de detalle y su descripción.

<b>LOD 100</b>	<b>LOD 200</b>	<b>LOD 300</b>	<b>LOD 400</b>	<b>LOD 500</b>
Representación conceptual con poca información detallada.	Representación general con más información sobre el tamaño y la forma.	Representación precisa con información específica sobre los materiales y dimensiones.	Representación detallada con información de fabricación y montaje.	Representación as-built con información precisa para la construcción y mantenimiento.

Fuente: Elaboración Propia

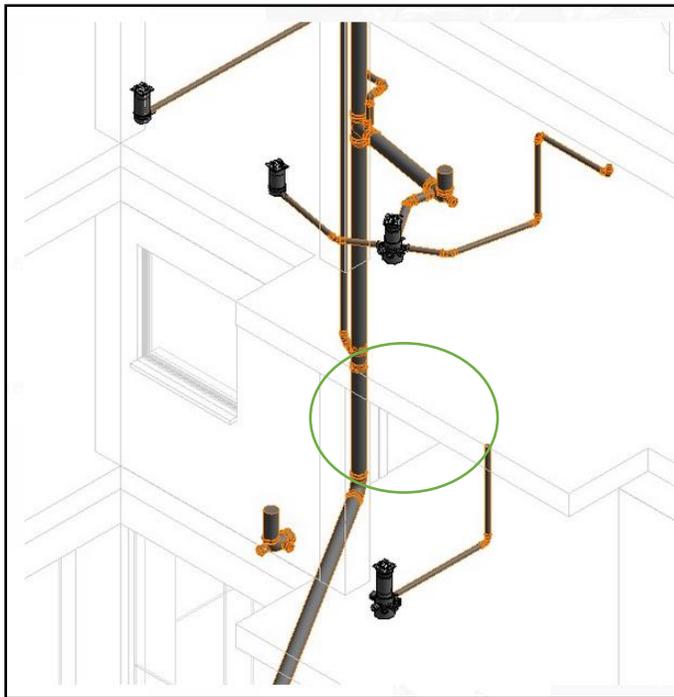
La aplicación de los niveles de detalle de un modelo aplicando la metodología BIM ayuda a los diferentes equipos de disciplinas como ser diseño construcción a tener mejor comprensión de la información que contiene el elemento modelado que facilita en la toma de decisiones en las diferentes fases del proyecto.

### 2.2.10. Procedimiento práctico de detección de incompatibilidades

A medida que se modela la edificación, se tiene que dar al modelo 3D una mayor precisión que se ajuste lo más cercanamente posible a la realidad, de esta manera se irán detectando interferencias e incompatibilidades en los planos por una cuestión de lógica constructiva. Para esto se requiere que el modelador ponga su atención en esta etapa de modelado ya que es como si se construyera la edificación, en tal sentido los elementos que forman parte del modelo 3D deben tener geometría tal y como se les daría en campo para su construcción real. Taboada G, (2011).

Las reuniones de coordinación de disciplinas serán basadas en el modelo integrado donde cada especialista aportara con su experiencia para realizar observaciones de las interferencias entre las especialidades.

Ilustración 11 Modelado Preconstrucción del sistema sanitario



Fuente: Elaboración Propia

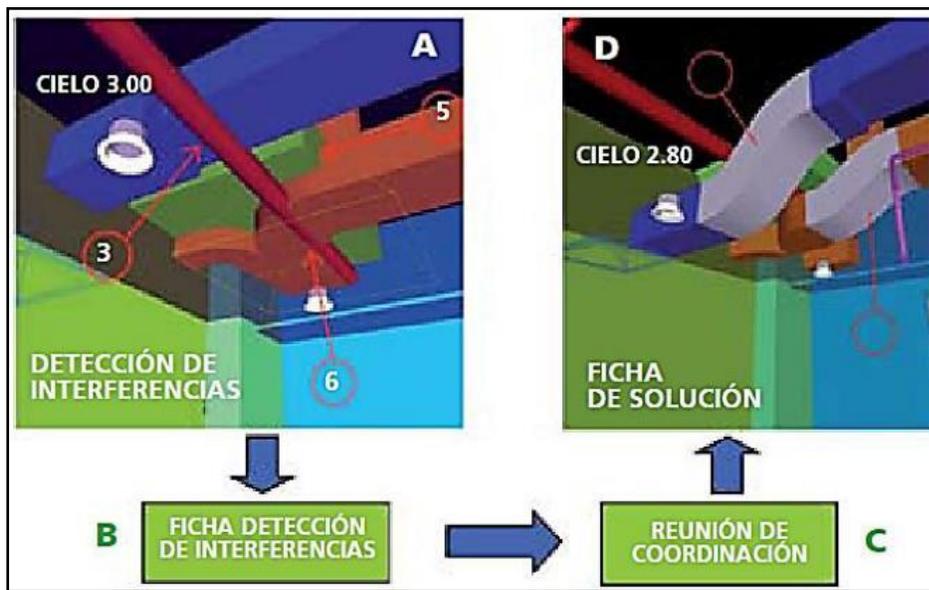
En la figura N°7 se puede detectar el paso de la tubería de montante por la losa lo que debe ser prevista para evitar modificaciones.

### 2.2.11. Detección de incompatibilidades e interferencias en los proyectos

La integración de modelos 3D en un modelo centralizado será el inicio para la detección de interferencias e incompatibilidades mediante un análisis de colisiones con el uso de herramientas BIM entre los diferentes componentes del modelo donde se identificara las posibles interferencias que serán analizadas mediante coordinación de las disciplinas de especialidad para resolver la incompatibilidades, las modificaciones que fueran necesarias se mantendrán actualizadas en los modelos a medida que vaya avanzando el proyecto lo que implica que el modelo siempre está en desarrollo.

Según Alcántara Rojas (2013, p.30) sostiene que, la construcción consiste en la materialización de los diseños estructurales, arquitectónicos y de instalaciones. En obra, los enfrentamientos entre estas especialidades pueden significar retrabajos, generando pérdidas en términos de tiempo y costos. Al respecto, la tecnología BIM puede ser usada para detectar estos conflictos o interferencias, ayudando a evitar los riesgos que puedan derivar de la no identificación de estos.

Ilustración 12 Esquema de Detección y Solución de Interferencias e Incompatibilidades



Fuente: Taboada G. (2011, p.8)

## **CAPITULO III MARCO PRACTICO**

### **3.1 DESARROLLO PRACTICO**

A partir de los objetivos planteados, se procedió a desarrollar el trabajo tomando como partida la realización de la encuesta para conocer las competencias de los profesionales y empresas relacionadas en el rubro de la construcción sobre la metodología BIM, lo que nos ayuda a validar la investigación.

Si bien la metodología BIM involucra todo el ciclo de vida del proyecto en la presente investigación solo se documentará la información para la etapa de construcción mediante un modelo 3D usando la herramienta software Revit.

La información inicial se encuentra en un formato tradicional a partir de la cual se procederá con el modelado además de contar con información resumida del proceso de cálculo de los sistemas de agua fría, agua caliente e instalaciones sanitarias.

La vivienda estudio se encuentra en la ciudad de Potosí tipo tradicional unifamiliar la misma cuenta con planta baja, primera planta y una segunda planta que tiene la función de una terraza cerrada con cubierta donde se encuentra el área de lavado y limpieza como los equipos de calefacción bombas y un tanque elevado,

La vivienda además cuenta con 1 baño en la primera planta, 2 baños en la planta baja, cocina en la planta baja y una lavandería.

### **3.2 ENCUESTA DIGITAL**

Se presenta a continuación las preguntas de la encuesta, servirá para recolectar datos que nos ayude con la investigación, como son: conocimientos BIM, problemas más frecuentes en construcción de sistemas hidrosanitarios compatibilidad de la documentación, detección de interferencias a edades tempranas de la construcción, verificación de cantidades.

Ilustración 13 Formato preguntas que se compartió por medio digital.

Qué método emplea para revisión y verificación de compatibilidad de especialidades \*

BIM

TRADICIONAL 2D

Considera que el uso de la metodología BIM mejora la eficiencia en diseños hidrosanitarios \*

SI

No

Si su respuesta a la pregunta Anterior es SI mencione en que sentido es eficiente

Texto de respuesta corta

Considera que la visualización 3D de un modelo BIM le ayuda a entender los procesos constructivos de instalaciones hidrosanitarias \*

SI

NO

Si su respuesta a la pregunta anterior es SI comparta su experiencia

Texto de respuesta corta

Qué beneficios considera que brinda la metodología BIM en procesos constructivos \*

Eficiencia en la revisión de compatibilidad de especialidades

Reducción de retrabajos

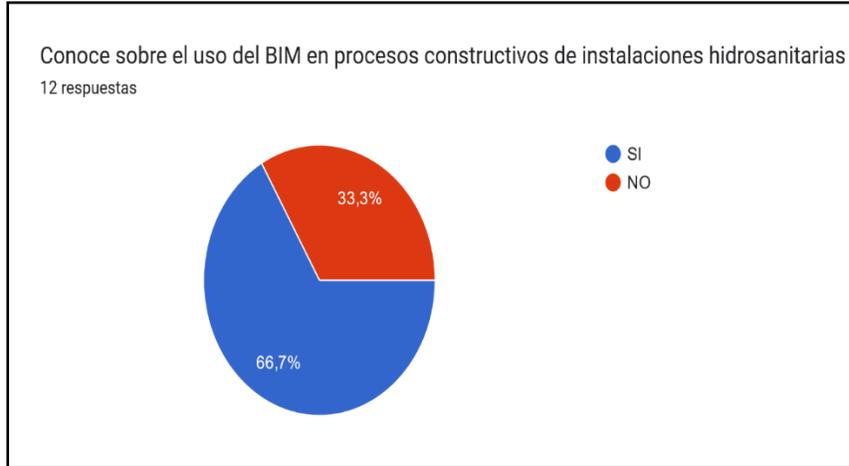
Mejor comprensión del proyecto

Fuente: Elaboración Propia

### 3.1.1 REALIZACION DE LA ENCUESTA

La encuesta fue enviada por medio digital para el llenado donde se obtuvo los siguientes resultados:

### Ilustración 14 Pregunta 1



Fuente: Elaboración Propia

El fenómeno que se observa en los resultados la encuesta el conocimiento BIM en procesos constructivos, es de 66.7% respondió que sí conoce y el 33.3% que no, puede explicarse que, si existe difusión de la metodología, mientras que el 33.3% que declaró no conocer BIM puede deberse a la falta de información, o resistencia al cambio en algunos sectores.

Esta situación puede ayudarnos a entender que debe existir mayor difusión de la metodología y su aplicación en procesos constructivos.

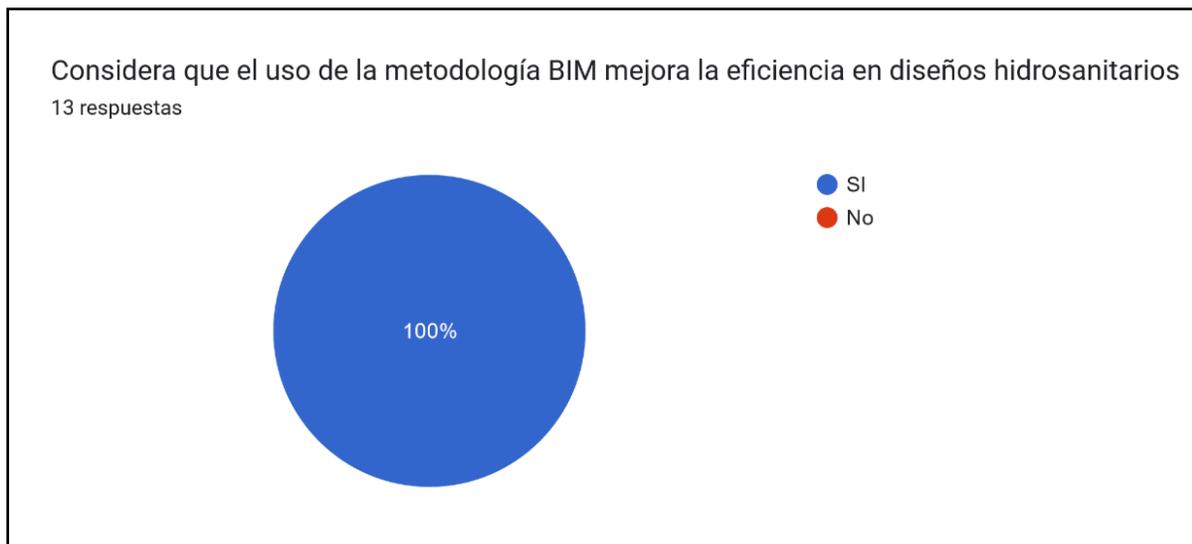
### Ilustración 15 Pregunta 2



Fuente: Elaboración Propia

La preferencia por el método tradicional 2D en comparación con el uso la metodología BIM en la encuesta sobre la revisión verificación de compatibilidad de especialidades puede explicarse por varios factores. Es posible que exista una resistencia al cambio, donde los profesionales están acostumbrados a trabajar con métodos convencionales y pueden percibir la aplicación del BIM no necesario, también percibir que la metodología tradicional es suficiente para desarrollar un trabajo eficiente. Además, la falta de conocimiento, capacitación y acceso a software herramientas BIM también puede influir en esta diferencia.

Ilustración 16 Pregunta 3

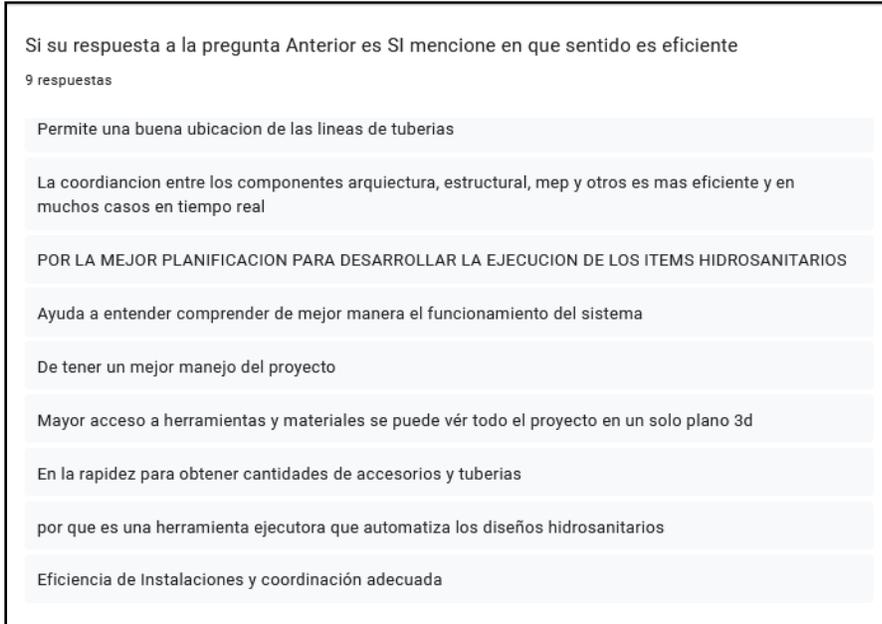


Fuente: Elaboración Propia

El 100% de los encuestados consideran que el uso de la metodología BIM mejora la eficiencia en diseños hidrosanitarios, pero con una segunda pregunta de validación solo el 80% pudo justificar por qué lo considera eficiente esta diferencia puede atribuirse a varios factores.

Es posible que algunos de los encuestados solo respondieron de manera positiva por percepción de haber visto un video o comentarios sin tener entendimiento exacto de los beneficios

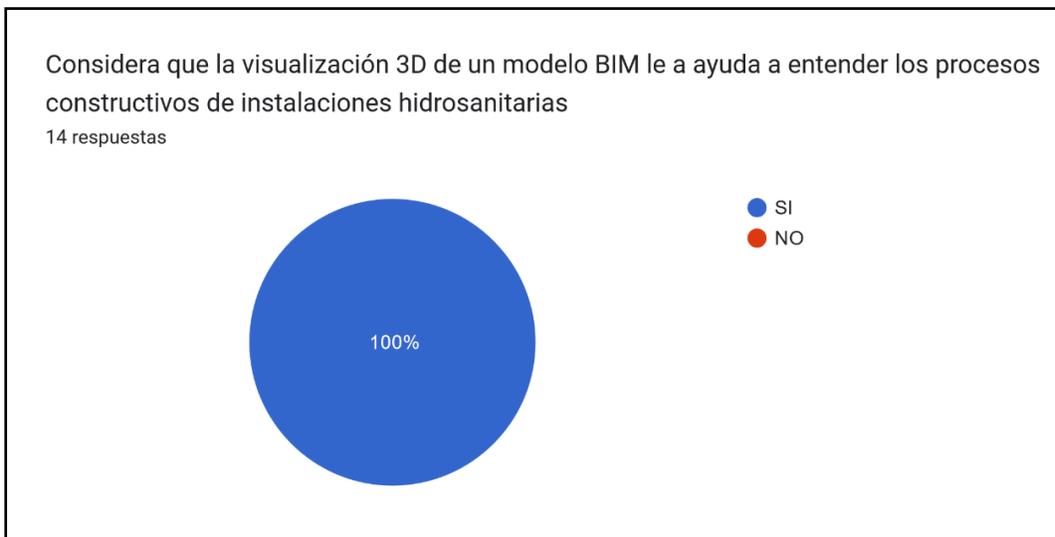
### Ilustración 17 Pregunta 4



Fuente: Elaboración Propia

Como respaldo a lo justificado líneas arriba se comparte las respuestas que nos muestran los diferentes beneficios.

### Ilustración 18 Pregunta 5

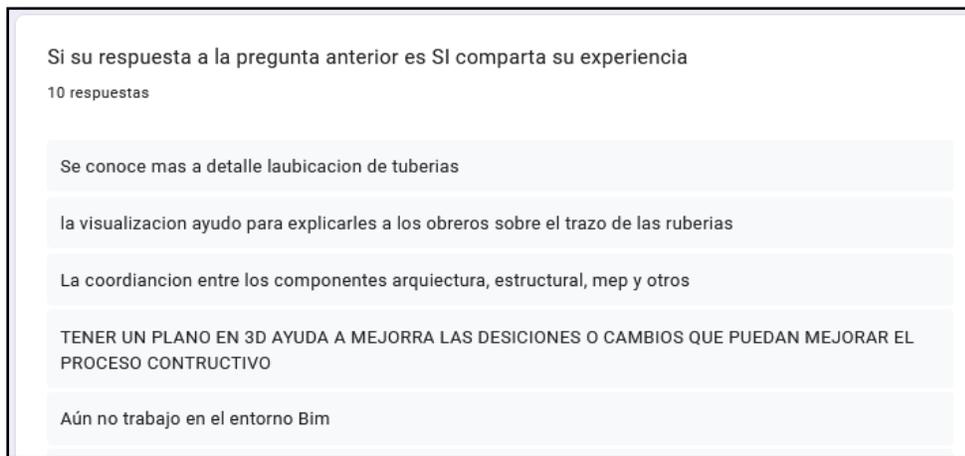


Fuente: Elaboración Propia

La encuesta refleja que el 100% de los encuestados considera que la visualización 3D de un modelo BIM les ayuda a entender los procesos constructivos de instalaciones hidrosanitarias, Sin embargo, solo el 30% pudo compartir experiencias para validar sus respuestas.

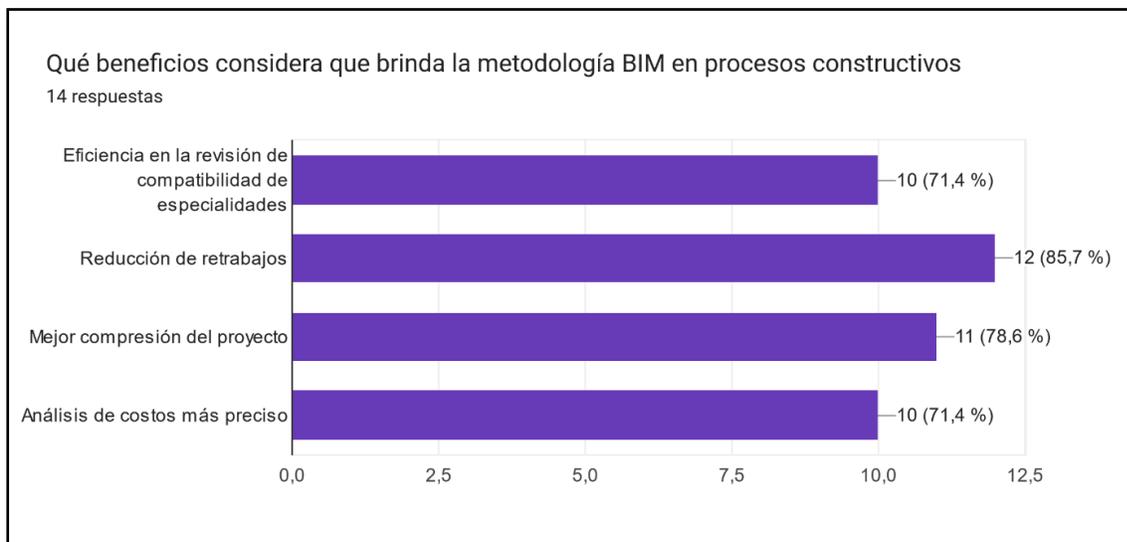
Esta diferencia nos permite entender que no se aplica la metodología BIM por lo que no existe experiencias prácticas.

### Ilustración 19 Pregunta 6



Fuente: Elaboración Propia

### Ilustración 20 Pregunta 7



Fuente: Elaboración Propia

En la encuesta sobre los beneficios que ofrece la metodología BIM en procesos constructivos, donde la mayoría de las opciones fueron marcadas, se puede traducir que los encuestados consideran las muchas ventajas que tiene la metodología BIM. Esta respuesta refleja una comprensión completa de los beneficios potenciales de la metodología, que pueden incluir desde la mejora en la coordinación entre disciplinas, la detección temprana de conflictos, la reducción de errores y retrabajos, que se concluyen en la optimización de los procesos de construcción la mejora en la colaboración entre los equipos.

Lo muchos beneficios de la metodología BIM que fueron seleccionados afirma la valoración del BIM como una metodología que ayuda a la eficiencia y calidad en los procesos constructivos.

Para la validación de la respuesta se pudo hacer las mismas preguntas a un especialista, sus respuestas coherentes refuerzan y nos dan credibilidad de los resultados confirmando que la metodología BIM aplicada a procesos constructivos brinda muchos beneficios siendo algunos los que se encuentran en la pregunta No 7 de la encuesta.

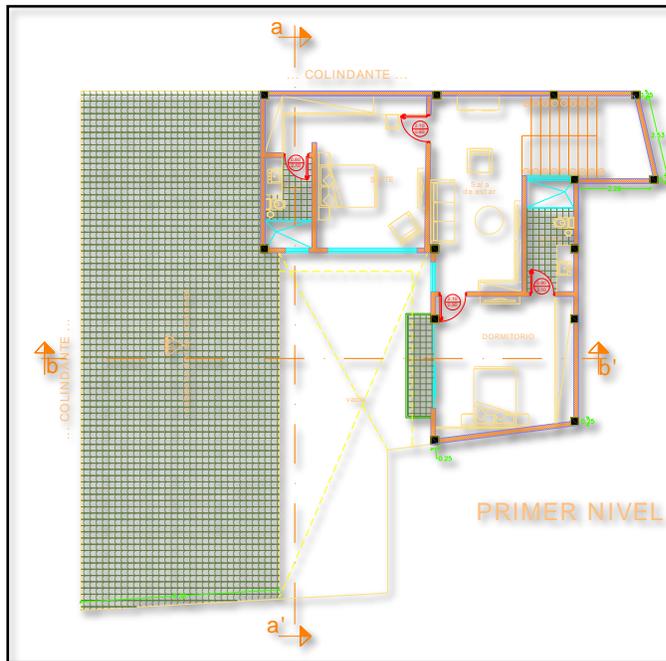
### **3.3 RECOPIACION Y REVISION DE LA INFORMACION DE DISEÑOS 2D Y ANÁLISIS DEL PROYECTO**

Tenemos como punto de partida de información los planos arquitectónicos de la obra de estudio tanto en planta como en elevación, se trata de una vivienda unifamiliar con una altura típica de 3 plantas, construcción convencional a nivel nacional la misma cuenta con suministro de agua potable y alcantarillado por la empresa Administración Autónoma para Obras Sanitarias AAPOS-POTOSÍ.

El tipo de edificación elegido para el estudio nos permitió analizar planos en 2D los procesos constructivos basados en la información básica tradicional vs la aplicación de la metodología BIM.



## Ilustración 22 Diseño 2D Primera Planta



Fuente: Elaboración Propia

### 3.4 DISEÑO HIDRÁULICO Y SANITARIO

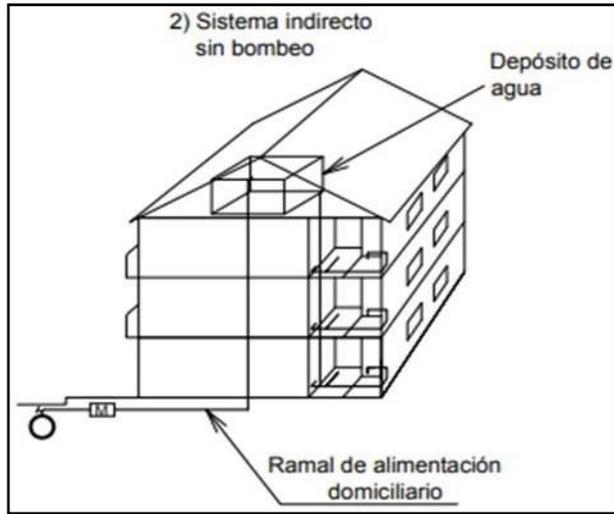
#### 3.4.1 TIPO DE SISTEMA ADOPTADO PARA ABASTECIMIENTO

El sistema adoptado para la vivienda de estudio es de tipo indirecto.

El Sistema Indirecto de Abastecimiento de Agua es aquel en el cual los puntos o artefactos sanitarios de utilización están abastecidos por una red de distribución alimentada por un sistema de almacenamiento de agua y/o sistemas hidroneumáticos.

Los sistemas indirectos se aplican cuando la presión y/o caudal de servicio de la red pública no es suficiente para abastecer en forma directa a los diferentes puntos de consumo de un inmueble o cuando el servicio es susceptible de ser discontinuo en condiciones de caudal y presión. (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias, 2011, pág. 131)

Ilustración 23 Sistema Indirecto Sin Bombeo



Fuente: (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias, 2011, pág. 173)

### 3.4.2 DOTACIÓN SEGÚN TIPO DE EDIFICACIÓN

Tabla 4 Dotación Per cápita

Altiplano	Tamaño de la Localidad	Dotación (L/hab. día)
Menor	70-80	
Intermedia	80-100	
Mayor	80-100	

Fuente: (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias, 2011, pág. 134)

### 3.4.3 RED DE DISTRIBUCIÓN AGUA FRIA

La red de distribución fue diseñada para cumplir los requisitos del reglamento nacional de instalaciones sanitarias domiciliarias, que deben satisfacer la demanda máxima probable de los diferentes puntos de consumo o utilización.

Tabla 5 Demanda Máxima De Consumo Por Artefacto

<b>Artefacto</b>	<b>L/min</b>
Lavamanos con medidor de caudal	0.95
Lavamanos con cierre automático	1.89
Bebedero (chorro)	2.84
Lavamanos corriente	9.46
Tina de baño, 15min	18.93
Ducha, 15mm	9.46
Lavandería 15mm	9.46
Máquina de lavar ropa (3.50 a 7 kg)	15.14
Inodoro c/tanque de gravedad	11.36
Inodoro c/válvula de descarga de 15mm, 11 mca de presión (0,11Mpa)	56.78
Inodoro c/válvula de descarga de 25mm, 11 mca de presión (0,11Mpa)	102.20
Inodoro c/válvula de descarga de 25mm, 18 mca de presión (0,18Mpa)	132.48
Urinario corriente	5.68
Urinario con válvula de descarga	45.42
Lavaplatos o pileta de cocine 15mm	17.03
Lavaplatos o pileta de cocine 20mm	22.71
Maquina domestica de lavaplatos	15.14
Grifo de riego 15 mm	18.93
Pileta de servicio	22.71

Fuente: (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias, 2011, pág. 144)

Los diámetros por utilizar en el diseño están en base a la siguiente tabla:

Tabla 6 Diámetros mínimos de ramales de conexión de artefactos sanitarios.

Artefacto sanitario	Diámetro nominal (DN)	
	Agua fría	Agua caliente
	mm	mm
Tina de baño o tina con ducha	15	15
Bidet	15	15
Lavadora automática, domestica	15	15
Lavaplatos automático, domestico		15
bebedero	15	
Grifo de riego	15	
Grifo de riego adicional, por cada unidad	15	
Lavaplatos o pileta de cocina, domestico	15	15
Lavandería doméstica o pileta de lavado	15	15
Lavamanos o lavatorio	15	15
Pileta de servicio	15	15
Ducha individual	15	15
Ducha de uso continuo	15	15
Urinario c/válvula de descarga de 3.75 L	20	
Urinario c/válvula de descarga > a 3.75 L	20	
Inodoro, c/tanque de gravedad de 6 L por descarga	15	
Inodoro, c/tanque de hidro presión de 6 L por descarga	15	
Inodoro, c/válvula de descarga de 6 L	25	
Inodoro, c/tanque de gravedad de 12 L por descarga	15	
Inodoro, c/válvula de descarga de 12 L	25	

Fuente: (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias)

La determinación del caudal máximo probable (QMP) en L/s, correspondiente a un determinado número de unidades de gastos (UG), método de Hunter se encuentra en la tabla en anexos en la

cual los valores han sido artefacto empleado, con tanque o válvula de descarga.

La máxima demanda probable es mayor en aquellos sistemas de agua potable en los cuales se han instalado inodoros que funcionan directamente con válvulas de descarga (en comparación con los inodoros con tanques de gravedad). La diferencia entre la demanda máxima probable entre los dos sistemas disminuye conforme el número total UG aumenta. (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias, 2011, pág. 147)

Para instalaciones que cuentan con tanques cisterna de descarga:

$$0,00 < UG < 100 \text{ QMP (L/s)} = 0,083373 + 0,022533 * UG - 8.31E-5 * UG^2$$

$$100 \leq UG \leq 500 \text{ QMP (L/s)} = 0,814228 + 0,007263 * UG - 5,55E-7 * UG^2$$

$$500 \leq UG \leq 1\ 000 \text{ QMP (L/S)} = 1,501666 + 0,005683 * UG$$

Para instalaciones que cuentan con artefactos que funcionan con un sistema de válvula de descarga:

$$5,0 < UG < 100 \text{ QMP (L/s)} = 0,212260 + 0,026369 * UG - 1.04E-4 * UG^2$$

$$100 \leq UG \leq 500 \text{ QMP (L/s)} = 1,523285 + 0,008663 * UG - 4,11E-6 * UG^2$$

$$500 \leq UG \leq 1\ 000 \text{ QMP (L/S)} = 2,546667 + 0,004663 * UG$$

El cálculo y dimensionamiento de las tuberías están diseñadas por el método de “gastos probables” de Hunter basado en las “unidades de gasto” (U.H.G.) que señala el reglamento, el dimensionamiento de éstas se encuentra en las siguientes planillas de cálculo.

Tabla 7 Datos para el diseño

<b>Descripción</b>	<b>Valor según reglamento</b>
Presión de llegada	20 m.c.a
Presión mínima para artefactos	2 m.c.a
Presión máxima para artefactos	40 m.c.a
Tipo de sistema	Directo con tanque elevado
Método de cálculo para caudales	Hunter
Método de cálculo para presión	Hazzen Williams

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8 Unidades de Gasto de la Vivienda Unifamiliar

<b>Artefactos</b>	<b>No De Artefactos</b>	<b>Ug</b>	<b>Total Ug</b>
Inodoros	3	2,5	7.5
Lavamanos	3	1	3
Duchas	3	2	6
Lavaplatos	1	1,5	1,5
Lavandería	2	1	2
<b>Total</b>			<b>20</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9 Demanda de la Vivienda Unifamiliar

<b>Nivel</b>	<b>Tipo</b>	<b>Habitantes</b>	<b>Dotación (Lts/Hab. Día)</b>	<b>Total, Dotación (Lts/Hab. Día)</b>
Planta 1	Dormitorios	4	80	320
Planta 2	dormitorios	3	80	240
Planta 3	lavandería			
				<b>560</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 10 Red de Distribución de la Vivienda Unifamiliar

No	Bloque Piso	Artefactos							
		DE	A	2	1	2,5	1,5	2	2,5
		Du	L	I	Lp	Lv	Gr		
1	PB	1	2				1		
2	PB	2	3				1		
3	PB	3	4		1	1		1	1
4	1	4	5	1	2	1			
5	3	5	6	2					

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11 Calculo hidráulico de la Vivienda Unifamiliar

No	Bloque		No Unidades		Gasto L/S	Diámetro			Velocidad		
	Piso	De	A	Parcial		Acum.	Calculado	Asumido	m/s	verificación	
						pulg	pulg	mm			
1	PB	1	2	1,5	1,5	0,12	0,49	1/2	15,00	0,92	CUMPLE
2	PB	2	3	1,5	3	0,15	0,56	1/2	15,00	1,19	CUMPLE
3	PB	3	4	8	11	0,32	0,82	1	25,00	0,63	CUMPLE
4	1	4	5	6,5	17,5	0,45	0,97	1	25,00	0,89	CUMPLE
5	3	5	6	4	21,5	0,53	1,05	1	25,00	1,05	CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia

### 3.4.4 RED DE SISTEMA SANITARIO

El sistema sanitario debe cumplir los requisitos establecidos en el Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias para lo cual se debe cumplir los requisitos de salubridad, el procedimiento de diseño esta basado en tablas y cálculos hidráulicos que establece el RENISDA.

Los ramales de descarga de cada artefacto sanitario se determinarán con base al número de Unidades de Descarga Hidráulica (UD) de acuerdo con el método de Hunter, correspondientes a cada artefacto presenta los diámetros nominales de los ramales de descarga asociados a los diferentes artefactos sanitarios en función a las UD. (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias, 2011, pág. 196)

Tabla 12 Unidades de descarga hidráulica de artefactos sanitarios

Artefacto sanitario	Unidades de descarga	Ramal de descarga.
	hidráulica	Diámetro nominal (mm) DN
	UD	
Inodoro corriente	6	100
Tina residencial	2	40
Bebedero	0.5	40
Bidet	1	40
Ducha de residencia	2	40
Ducha publica-colectiva	4	40
Lavamanos residencial	1	40
Lavamanos de uso general	2	40
Urinario c/válvula de	6	75
descarga		
Urinario c/tanque de	5	50
descarga		
Urinario c/descarga	2	40
automática		
Urinario tipo canal corrido	2	50
p/m		
Lavaplatos de residencia	3	50
Pileta de servicio	5	75

Fuente: (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias, 2011, pág. 196)

El diámetro mínimo de un ramal de descarga no deberá ser inferior a DN 40, para el dimensionamiento de los ramales sanitarios se utilizar la siguiente tabla como determina el Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias.

Tabla 13 Dimensionamiento de ramales sanitarios

Diámetro nominal(mm)	
DN	Número máximo de UD
40	3
50	6
75	20
100	160

Fuente: (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias, 2011, pág. 200)

Los bajantes sanitarios son Conducto o tubería vertical que recibe las descargas de las aguas residuales de ramales sanitarios o ramales de descarga de un inmueble. (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias, 2011, pág. 198)

De la misma manera que para los ramales sanitarios, los bajantes serán diseñado en base a las tablas establecidas en el Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias que se presentan a continuación.

Tabla 14 Dimensionamiento de Bajantes sanitarios

Diámetro nominal de la tubería (mm) DN	No. Máximo de unidades de descarga hidráulica	
	UD	
	Edificios hasta 3 pisos	Edificios con mas de tres pisos
40	4	8
50	10	24
75	30	70
100	240	500
150	960	1900
200	2200	3600
250	3800	5600
300	6000	8400

Fuente: (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias, 2011, pág.200)El sistema Sanitario está compuesto para su buen funcionamiento de los ramales provenientes de los inodoros, duchas, lavamanos y demás artefactos instalados en la vivienda unifamiliar estos colectores llegan a una red de cámaras de registro y de inspección las que posteriormente se conectan al alcantarillado público mediante tuberías.

Tabla N°14 Determinación de las unidades de descarga

UD	D=100	240 UD (HASTA 3 PISOS)
		500 UD (MAS DE 3 PISOS)

Fuente: Elaboración Propia

El montante principal fue verificado en base a la información anteriormente expuesta en las tablas del Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias.

Tabla 15 Determinación de las unidades de descarga

Bajante	Piso	2 1 6 3 3 1							Ad par	Ud acum	D Bajan	D vent	OBS.
		Du	L	I	Lp	G r	Lv	L va					
BS-1	PLANTA 3	1						1	3	3	4"	4"	VENT
	PLANTA 2	1	2	1				1	11	14			
BS-1	PLANTA 1	1	2	1					10	10	4"	4"	VENT.

Fuente: Elaboración Propia

### 3.5 MODELADO BIM

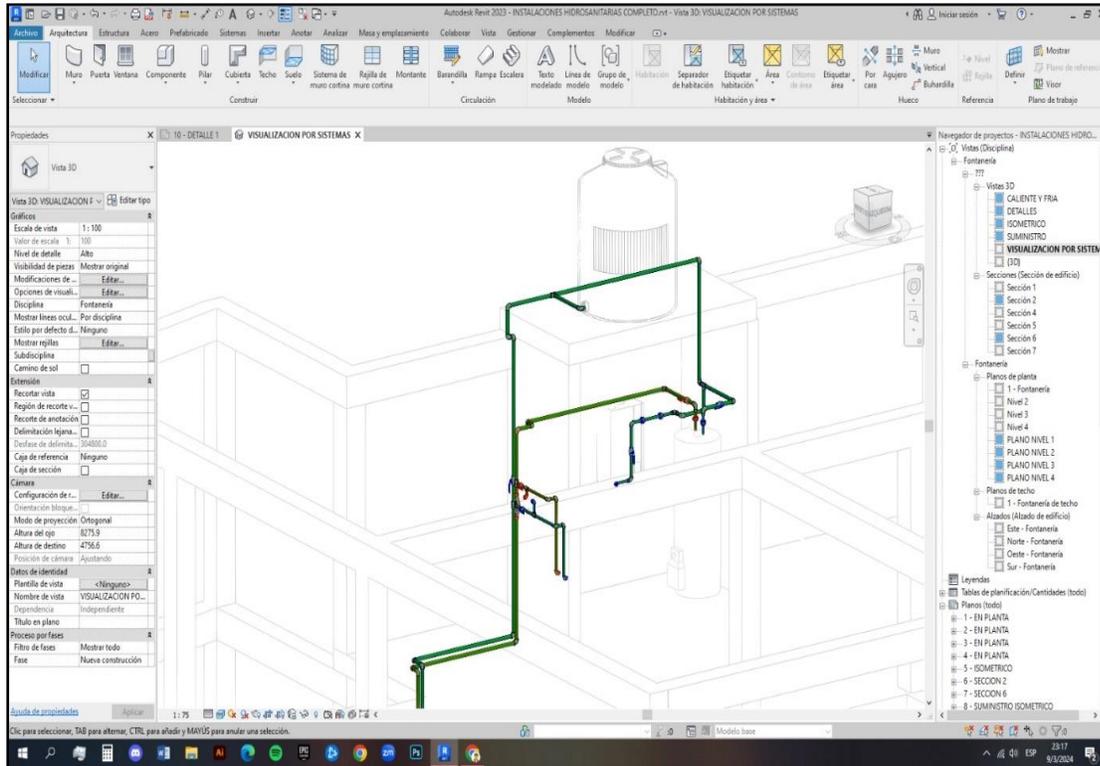
Para la modelación se utilizó Autodesk Revit 2024, todo se hizo en base a planos de una vivienda unifamiliar. Partiendo del modelado de estructura para poder hacer una mejor representación del modelo de instalaciones. Se realizó el modelado 3D de la parte Estructural como del sistema de agua fría y caliente y las Instalaciones Sanitarias.

#### 3.5.1 INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS

Las instalaciones fueron modeladas en Revit en la disciplina de fontanería la misma que tiene familias paramétricas de tuberías, accesorios y artefactos para simular la construcción virtual.

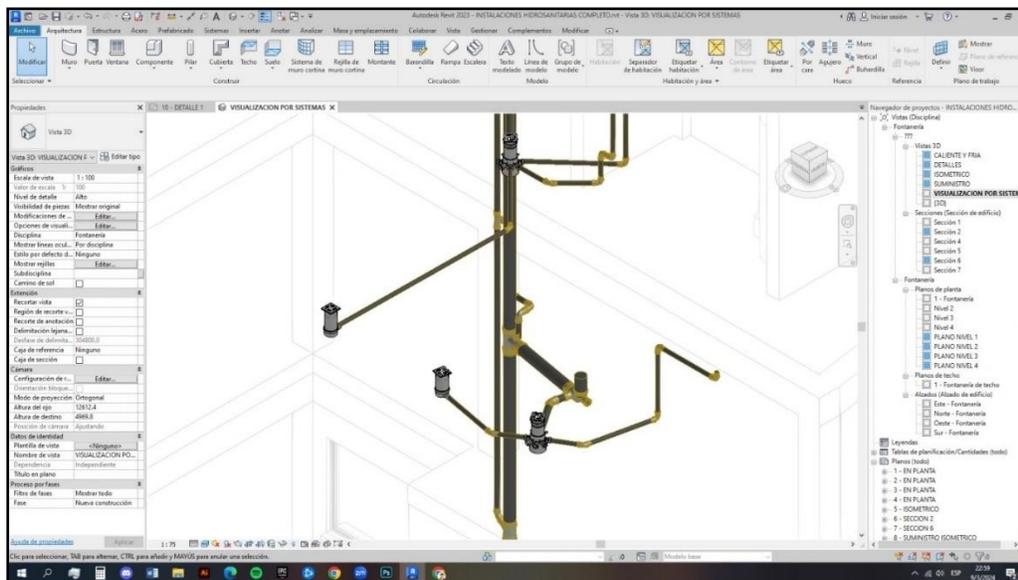
Se inicio el modelo por las instalaciones de agua caliente y agua fría, seguidamente se hizo el modelo de la parte sanitarias.

## Ilustración 24 Modelo Agua fría y caliente



Fuente: Elaboración Propia

## Ilustración 25 Modelo instalaciones Sanitarias



Fuente: Elaboración Propia

### 3.6 IMPLEMENTACIÓN DE LOS MODELOS BIM EN OBRA

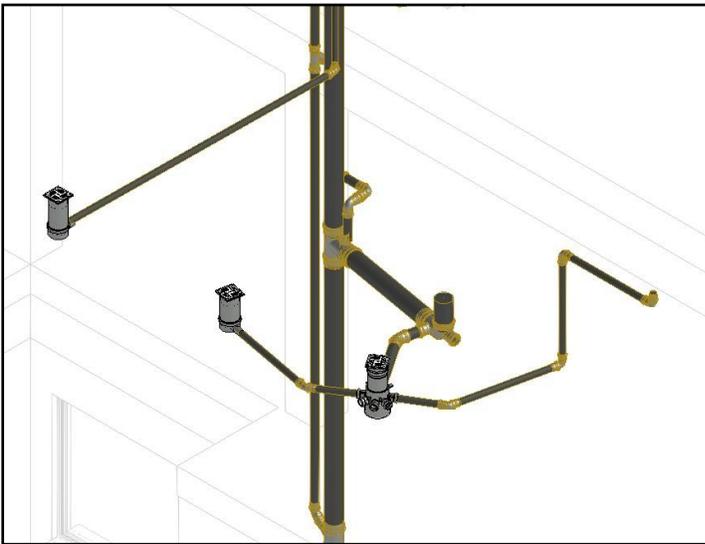
En las siguientes figuras se puede hacer una comparación de los modelos y el seguimiento de los procesos constructivos mismos que nos ayudan a interpretar que los modelos 3d ayudan con visualización para mejorar los procesos constructivos.

Ilustración 26 Instalación de tuberías sanitarias



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 27 modelo de Instalación de tuberías sanitarias



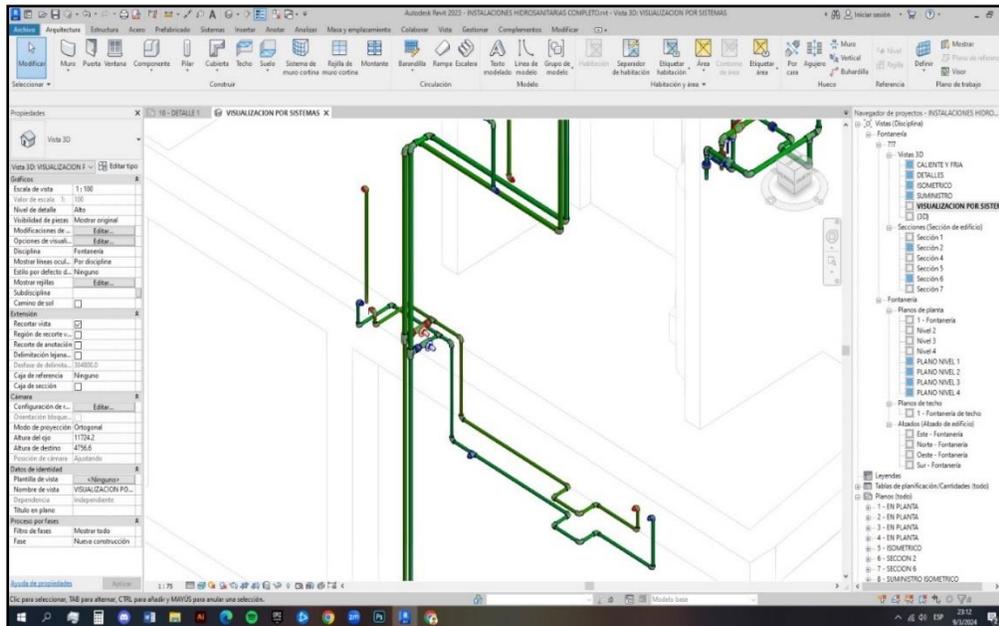
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 28 Instalación de tuberías agua fría y caliente.



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 29 modelo Instalación de tuberías agua fría y caliente.



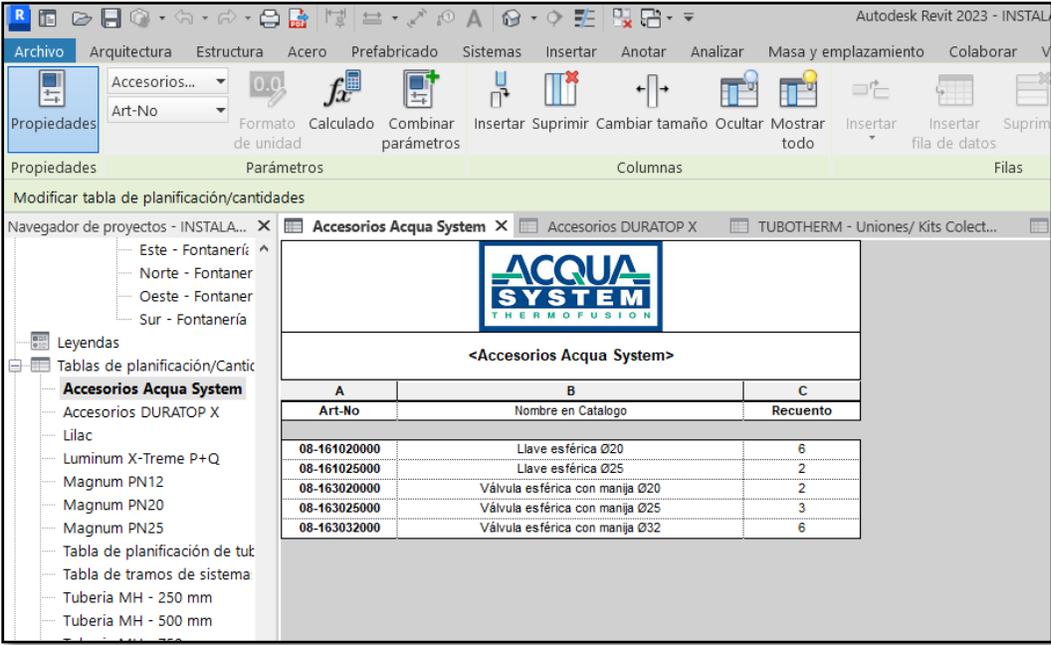
Fuente: Elaboración Propia

### 3.7 TABLAS DE MATERIALES EXTRAIDOS DEL MODELO EN OBRA

En base a los modelos y la información que tiene el modelo se procedió a generar los datos de cantidades de obra que serán un apoyo técnico con gran precisión para la etapa de construcción.

Los diferentes accesorios, tuberías y artefactos serán extraídos del modelo de manera rápida y simple. Estas propiedades del modelo se pueden utilizar para generar automáticamente tablas de cantidades de obra, que muestran la cantidad de cada material necesario para la construcción que nos facilitara la estimación de costos, la planificación de la construcción y la gestión de los recursos.

Ilustración 30 Tablas de Accesorios



The screenshot shows the Autodesk Revit 2023 interface with the 'Modificar tabla de planificación/cantidades' window open. The window displays a table for 'Accesorios Acqua System'. The table has three columns: 'A' (Art-No), 'B' (Nombre en Catalogo), and 'C' (Recuento). The table lists five items with their respective counts.

A	B	C
Art-No	Nombre en Catalogo	Recuento
08-161020000	Llave esférica Ø20	6
08-161025000	Llave esférica Ø25	2
08-163020000	Válvula esférica con manija Ø20	2
08-163025000	Válvula esférica con manija Ø25	3
08-163032000	Válvula esférica con manija Ø32	6

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 31 Tablas de Tuberías.

The screenshot shows the Autodesk Revit 2023 interface with a pipe schedule table open. The table is titled '<Luminum X-Treme P+Q>' and contains the following data:

Art-Numero	Diametro	Serie/Tipo	Comentarios de tipo	Longitud	Cantidad Caños
<b>Tubería Acqua Luminum X-Treme P+Q</b>					
80-200020000	200	Tubería Acqua Luminum X-Treme P+Q	Longitud maxima 4 mts	0.130 m	0.03
80-200020000	200	Tubería Acqua Luminum X-Treme P+Q	Longitud maxima 4 mts	0.044 m	0.01
80-200020000	200	Tubería Acqua Luminum X-Treme P+Q	Longitud maxima 4 mts	0.109 m	0.03
80-200020000	200	Tubería Acqua Luminum X-Treme P+Q	Longitud maxima 4 mts	2.261 m	0.57
80-200020000	200	Tubería Acqua Luminum X-Treme P+Q	Longitud maxima 4 mts	0.108 m	0.03
80-200020000	200	Tubería Acqua Luminum X-Treme P+Q	Longitud maxima 4 mts	0.109 m	0.03
80-200020000	200	Tubería Acqua Luminum X-Treme P+Q	Longitud maxima 4 mts	0.106 m	0.03
80-200020000	200	Tubería Acqua Luminum X-Treme P+Q	Longitud maxima 4 mts	0.346 m	0.09
80-200020000	200	Tubería Acqua Luminum X-Treme P+Q	Longitud maxima 4 mts	2.131 m	0.53
80-200020000	200	Tubería Acqua Luminum X-Treme P+Q	Longitud maxima 4 mts	0.341 m	0.09
80-200020000	200	Tubería Acqua Luminum X-Treme P+Q	Longitud maxima 4 mts	0.108 m	0.03
80-200020000	200	Tubería Acqua Luminum X-Treme P+Q	Longitud maxima 4 mts	0.038 m	0.01
80-200020000	200	Tubería Acqua Luminum X-Treme P+Q	Longitud maxima 4 mts	0.039 m	0.01
				5.671 m	1.47
<b>Tubería Acqua Luminum X-Treme P+Q</b>					
80-200020000	320	Tubería Acqua Luminum X-Treme P+Q	Longitud maxima 4 mts	0.053 m	0.01
80-200020000	320	Tubería Acqua Luminum X-Treme P+Q	Longitud maxima 4 mts	0.204 m	0.07

Fuente: Elaboración Propia

## **CAPITULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **4.1 CONCLUSIONES**

Concluido los objetivos específicos se obtuvieron las siguientes conclusiones que nos servir para validad la hipótesis planteada.

- La encuesta realizada sobre los beneficios que ofrece la metodología BIM en procesos constructivos, demuestra que la mayoría de los encuestados consideran las muchas ventajas que tiene la metodología BIM.
- Estas respuestas reflejan una comprensión completa de los beneficios potenciales de la metodología, que pueden incluir desde la mejora en la coordinación entre disciplinas, la detección temprana de conflictos, la reducción de errores y retrabajos, que se concluyen en la optimización de los procesos de construcción.
- Los modelos paramétricos elaborados a partir del diseño y calculo hidrosanitario permitieron a los contratistas de obra la identificación temprana y rápida de las interferencias entre especialidades.
- El seguimiento de obra mediante el modelo de construcción virtual fue eficaz para evitar los retrabajos optimizando los tiempos de ejecución.
- La cuantificación de materiales a ser utilizados en obra fue obtenida de manera rápida y precisa desde el modelo de Revit minimizando los sobre costos en materiales.
- La conclusión en base a los resultados expuesto anteriormente del uso de herramientas y la metodología BIM en procesos constructivos de instalaciones hidrosanitarias, beneficia la coordinación de disciplinas de manera rápida, la compatibilidad de las diferentes especialidades en tiempos cortos reduciendo los conflictos y errores en la fase de construcción. Además, permitirá a los obreros y supervisión mediante la visualización 3D detallada comprender los procesos y detectar de manera temprana los posibles errores. Reduciendo los costos, tiempos de construcción más cortos y una mayor eficiencia en el proyecto.

## 4.2 RECOMENDACIONES

- La implementación de la metodología BIM debe realizarse para las diferentes etapas del ciclo de vida del proyecto empezando por la etapa de diseño, construcción y la más importante operación y mantenimiento.
- La detección de interferencias e incompatibilidad de especialidades debe ser realizada y supervisada desde un plan de ejecución BIM bajo estándares que permitan una mayor calidad de resultados.
- Para una mejor gestión y planificación de los tiempos de ejecución de proyectos hidrosanitarios se recomienda utilizar la herramienta Autodesk Navisworks.
- Es necesario difundir la práctica de las nuevas metodologías utilizadas a nivel mundial en la industria de la construcción mediante la cual se optimiza los trabajos de diseño, construcción y mantenimiento en los proyectos hidrosanitarios.

## **BIBLIOGRAFÍA**

RENISDA. (2010). *Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias*. MMAyA Ministerio de Medio Ambiente y Agua.

Tafur Cerda, Juan Diego, and Briam Johau Trigos Cueva. "Guía práctica para optimizar la compatibilización de modelos BIM 3D de las especialidades de instalaciones sanitarias y HVAC en proyectos de hospitales bajo los contratos NEC."

Castillo Ruiz, A. J., & Quevedo Iparraguirre, S. A. (2020, p.21). Análisis de la brecha digital en el uso de BIM en equipos de construcción.

1. NORMA BOLIVIANA NB/ISO 19650-1 - Gestión de la información al utilizar BIM (Building Information Modelling) - Parte 1: Conceptos y principios.

2. NORMA BOLIVIANA NB/ISO 19650-2 - Gestión de la información al utilizar BIM (Building Information Modelling) - Parte 2: Fase de desarrollo de activos.

Alcántara Rojas, Paúl Vladimir. "Metodología para minimizar las deficiencias de diseño basada en la construcción virtual usando tecnologías BIM." (2013).

Silva Ardón, F. G. (2022). Desarrollo de proyecto de instalaciones mediante metodología BIM.

Bellota Gonzales, L. W. (2022). Análisis de la influencia en la detección de interferencias y compatibilidad de metrados entre planos estructurales e instalaciones sanitarias, utilizando la metodología tradicional CAD2D y la metodología BIM en el diseño de dos centros de salud elaborados por el Gobierno Regional del Cusco, 2021.