



Building Information Modeling (BIM) en el diseño hidráulico de un sistema de agua potable

Building Information Modeling (BIM) in the hydraulic design of a drinking water system

Quispe Escobar Edison¹ • Hilario Carbajal Jerson Cesar¹ • Huere Peña, Jorge Luis



Recibido: 11 de febrero del 2025 / Aceptado: 31 de agosto del 2025

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es implementar la metodología Building Information Modeling (BIM) en el diseño hidráulico de un sistema de agua potable, con el propósito de mejorar la precisión y eficiencia del proyecto. El estudio es de tipo descriptivo y no experimental, integrando modelos 3D, 4D y 5D. En la fase de campo se recopilaron datos mediante estudios de ingeniería, mientras que en gabinete se emplearon programas como Civil 3D, Revit, Delphin Express BIM 360 y Navisworks para elaborar modelos tridimensionales, simulaciones de tiempos de construcción y estimaciones de costos. Los resultados muestran una reducción significativa de errores de diseño y una mejor coordinación entre especialidades. La detección temprana de interferencias permitió resolver problemas antes de la etapa constructiva, optimizando recursos y reduciendo sobrecostos. Además, la planificación detallada y la visualización anticipada de procesos constructivos contribuyeron a acortar el tiempo de ejecución del proyecto. Se concluye que la aplicación de BIM en el diseño hidráulico incrementa la precisión y calidad técnica, a la vez que optimiza la gestión de recursos, generando beneficios tangibles en términos de tiempo y costos.

Palabras claves: Building Information Modeling, diseño hidráulico, modelo 3D, modelo 4D, modelo 5D.

ABSTRACT

The objective of the present thesis is to implement Building Information Modeling (BIM) methodology in the hydraulic design of a potable water, aiming to improve project precision and efficiency. The methodology employed is descriptive and non-experimental, integrating 3D, 4D, and 5D models. In the field phase, data was collected through engineering studies, while in the office phase, BIM software was used to create 3D models, construction time simulations (4D), and cost estimates (5D). Tools such as Civil 3D, Revit, Delphin Express, BIM 360, and Navisworks were used for modeling, coordination, and interference detection among specialties. The results showed a significant reduction in design errors and a substantial improvement in coordination between disciplines. Early detection of interferences allowed for problem resolution before the construction phase, optimizing resources. Additionally, the project execution time was reduced due to detailed planning and early visualization of construction processes. Concluding that the implementation of BIM methodology in hydraulic design not only improved project precision and quality but also facilitated more efficient and effective management. This demonstrates that BIM is a valuable tool for the planning and execution of hydraulic infrastructure projects, providing tangible benefits in terms of time and costs.

Keywords: Building Information Modeling, hydraulic design, 3D modeling, 4D modeling, 5D modeling.

1. INTRODUCCIÓN

El acceso al agua potable en comunidades rurales continúa siendo un desafío global, con implicancias directas en la salud pública, la equidad social y el desarrollo sostenible (OMS, 2022). En América Latina, se estima que más de 21 millones de personas rurales carecen de servicios básicos de agua segura, lo que refleja la persistencia de una brecha crítica en infraestructura de saneamiento (UNICEF & OMS, 2021). Este problema se agrava por las limitaciones técnicas y financieras en los proyectos de abastecimiento, donde la falta de planificación adecuada ha derivado en sistemas poco sostenibles y de baja eficiencia en diversas comunidades rurales (González, Ramírez & Soto, 2020).

✉ Quispe Escobar, Edison
fredy123qe@gmail.com

¹ Universidad Nacional de Huancavelica.
Huancavelica. Perú.

La metodología Building Information Modeling (BIM) se ha consolidado como un enfoque innovador en la gestión de proyectos de arquitectura e ingeniería civil, al permitir no solo la representación tridimensional de los componentes, sino también la integración de datos en tiempo real que facilitan la planificación, control y optimización de recursos a lo largo del ciclo de vida de una obra (Sánchez Moreno et al., 2020; Medina Chocctey et al., 2020). También se reconoce como una forma de predecir y mirar el comportamiento de un diseño en condiciones reales (Henao Guerrero et al., 2019). A diferencia del diseño tradicional en CAD, el uso de modelos digitales paramétricos en BIM ofrece ventajas en la detección temprana de interferencias, la coordinación interdisciplinaria y la reducción de costos derivados de errores de diseño (Ocampo Hurtado, 2015; González Márquez et al., 2014).

El modelado tridimensional constituye una de las bases del BIM, dado que permite la visualización realista de los proyectos y la parametrización de sus componentes, lo cual se diferencia de la simple representación en 3D (Trujillo Ponce, 2023; Acuña Guasca & Camargo Santana, 2018; Encalada Ojeda, 2016). Asimismo, el modelado 4D vincula los modelos a la variable tiempo, permitiendo la planificación, simulación de fases constructivas y control de plazos (Sulankivi & Kiviniemi, 2014; Biotto et al., 2015; Rincón Arias & Niño Sotelo, 2019). De igual modo, el modelado 5D incorpora la dimensión económica, vinculando el presupuesto y la logística con el modelo digital, lo que facilita la gestión de costos, la estimación de recursos y la toma de decisiones financieras (Bustamante et al.,

2021; Cañón Buitrago et al., 2023; Merchán et al., 2018).

Diversas investigaciones han demostrado el impacto positivo de BIM en el campo hidráulico y sanitario. (Sierra Lopinta, 2021) aplicó la metodología en un sistema de riego en Ayacucho, alcanzando un LOD 350 en Revit y Civil 3D, lo que permitió coordinar modelos, detectar incongruencias y generar simulaciones constructivas con una notable mejora en la calidad de los entregables. De manera similar, (Trujillo Ponce, 2023) aplicó BIM en un sistema de agua potable en Huánuco, mostrando que la constructibilidad aumenta mediante la integración de diseños hidráulicos y la experiencia de los involucrados, generando beneficios como la simulación 4D y la obtención automática de metrados.

Por su parte, (Castillo y Chávez, 2024) demostraron en Arequipa que BIM reduce significativamente los errores en la etapa de diseño de una planta de tratamiento de agua potable, logrando detectar más de 400 interferencias y mejorando la coordinación interdisciplinaria. En un enfoque relacionado con la inversión pública, (Pocomucha y Vilcas, 2023) comprobaron que BIM optimiza la fase de formulación de proyectos en la municipalidad de Angaraes, Huancavelica, con resultados concretos en reducción de costos (hasta 4.7%) y de plazos de ejecución (7.5%). En contraste, estudios como el de (Orozco y González, 2021), aunque incorporan el modelado 5D en una planta de tratamiento, se limitan principalmente a la integración de cronogramas y presupuestos, dejando de lado la coordinación interdisciplinaria y la gestión de interferencias, aspectos fundamentales para aprovechar al máximo las ventajas de BIM.

A pesar de estos avances, en el Perú todavía predomina el diseño tradicional en CAD para proyectos de abastecimiento de agua y saneamiento, especialmente en zonas rurales. Esta situación genera problemas de interoperabilidad de datos, errores de diseño que no se detectan en gabinete, sobrecostos durante la ejecución y deficiencias en los entregables. Ante ello, surge la necesidad de investigar cómo la metodología BIM puede contribuir a optimizar el diseño hidráulico, reducir pérdidas de información y garantizar proyectos más eficientes y sostenibles.

En este contexto, la presente investigación formula como hipótesis que la implementación de BIM en el diseño de proyectos hidráulicos permite optimizar la coordinación interdisciplinaria, reducir interferencias y mejorar la eficiencia en la planificación y costos frente a la metodología tradicional. El objetivo central es aplicar y evaluar

la metodología BIM en el diseño hidráulico de una comunidad rural, identificando sus ventajas frente a los métodos convencionales.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación fue de tipo descriptiva y aplicada, con un diseño no experimental y un enfoque cuantitativo, orientada a la implementación de la metodología BIM en el diseño hidráulico de un sistema de agua potable. La información base se obtuvo mediante estudios topográficos y de mecánica de suelos, que permitieron definir la localización y características de los componentes del sistema (captación, conducción, reservorio y red de distribución).

Para el modelado y análisis se emplearon softwares especializados: Autodesk Revit, Infraworks, Civil 3D, Navisworks Manage 2025 y Delphin Express BIM 360. Estas herramientas se utilizaron para elaborar modelos tridimensionales (3D), planificaciones de obra (4D) y estimaciones de costos (5D).

El procedimiento incluyó el diseño hidráulico en 3D de las infraestructuras, la vinculación con cronogramas de ejecución para simular procesos constructivos y la asociación de costos con cada componente mediante formatos interoperables (IFC). Asimismo, se realizaron simulaciones de flujo de agua y coordinación interdisciplinaria para detectar interferencias antes de la construcción.

Las variables consideradas fueron: precisión de metrados, reducción de errores de diseño, tiempos de ejecución, costos estimados y calidad de la información generada. Estas fueron seleccionadas por su relevancia en la eficiencia técnica y la gestión integral de proyectos hidráulicos.

3. RESULTADOS

En el presente estudio se analizaron los componentes hidráulicos del sistema de abastecimiento de agua potable de la comunidad campesina de Miraflores, ubicada en el distrito de Yauli, Huancavelica. Para ello se aplicaron tanto metodologías convencionales de ingeniería hidráulica como herramientas de modelado tridimensional basadas en la metodología BIM (Building Information Modeling). La información inicial se obtuvo mediante estudios topográficos, de suelos y de disponibilidad hídrica, lo que permitió definir la captación, línea de conducción, reservorio y red de distribución.

Con los datos recopilados se desarrollaron modelos 3D que facilitaron la representación constructiva de las infraestructuras, así como simulaciones de comportamiento hidráulico bajo diferentes escenarios de caudal y demanda. De manera complementaria, se emplearon modelos 4D y 5D

para planificar la secuencia de obra y estimar los costos asociados, generando una visión integral del proyecto.

Los resultados obtenidos permitieron evaluar la capacidad de los recursos hídricos disponibles, diseñar estructuras optimizadas y validar la viabilidad técnica del sistema a través de simulaciones que demostraron eficiencia en la conducción y distribución del agua. Asimismo, se identificó una mejora en la precisión de los metrados, reducción de interferencias y mayor eficiencia en la planificación, lo que evidencia que la integración de BIM constituye un aporte significativo frente a los métodos tradicionales de diseño hidráulico.

La siguiente tabla que muestra los resultados de 10 pruebas realizadas para medir el caudal (Q) del flujo de agua, considerando un volumen constante de 8 litros por prueba. Se registraron los tiempos individuales, cuyo total fue de 71.43 segundos y un promedio de 7.143 segundos.

El aforo del manantial "Challhuapuquio" determinó un caudal de oferta de 1.12 l/s, suficiente para cubrir la demanda de la población proyectada en los próximos 20 años.

Tabla 1: Pruebas de caudal del flujo de agua

Prueba	Volumen	Tiempo
P-01	8L	7.15 seg.
P-02	8L	7.13 seg.
P-03	8L	7.14 seg.
P-04	8L	7.13 seg.
P-05	8L	7.14 seg.
P-06	8L	7.15 seg.
P-07	8L	7.15 seg.
P-08	8L	7.16 seg.
P-09	8L	7.12 seg.
P-10	8L	7.16 seg.
	Total	71.43 seg.
	Promedio	7.143 seg.
	Q=	1.12 l/s

A continuación, se presenta el gráfico donde se realiza el análisis de la oferta y demanda de agua de la comunidad campesina de Miraflores, en el distrito de Yauli, se realizó considerando un periodo de vida útil de 20 años para el sistema de abastecimiento. La oferta de la fuente "Challhuapuquio", estimada en 1.12 litros por segundo y representada en el gráfico por una línea naranja, se mantiene constante a lo largo del periodo. En contraste, la demanda, representada por una línea azul, presenta un incremento progresivo asociado al crecimiento poblacional. La comparación muestra que la oferta de la fuente es suficiente para cubrir las necesidades de la población durante los 20 años analizados, lo que

permite concluir que la comunidad no enfrentará una crisis hídrica en dicho horizonte temporal.



Figura 1: Oferta y demanda de agua de la comunidad campesina de Miraflores-Yauli.

Los análisis bacteriológicos identificaron niveles elevados de bacterias heterotróficas y *Escherichia coli*, incumpliendo los límites establecidos por el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, lo que llevó a incorporar un sistema de cloración por goteo.

Tabla 2: Calidad del agua subterránea en comparación con los estándares del DS N.º 004-2017-MINAM

Parámetros	Und	Agua natural subterránea -manantial	DS N°004-2017-MINAM	Cumplimiento de la normativa
Bacteriológicos				
Coliformes	NMP/10 0ml	3.6	20 A(1)	Cumple
Coliformes	NMP/10 0ml	>23	50	Cumple
Totales	UFC/ ml	88	0	No
Bacterias Heterotróficas	UFC/100 ml	3.6	0	No
<i>Escherichia Coli</i>	Nº org/L	<1	0	Cumple
Organismos de vida libre				Cumple
Parasitológicos				
Huevos y Larvas de Helmintos, quistes y oocistos de protozoarios patógenos	Nº org/L	<1	0 A(1)	Cumple
Organoléptico				
Color	Pt/Co	<1.67	15 A(1)	Cumple
Turbiedad	UNT	<0.5	5 A(1)	Cumple

Ph	UpH	7.2	6.5	a	Cumple
Conductividad	uS/cm	93	8.6		Cumple
Sólidos totales disueltos	mg/l	48	1500		Cumple
Cloruros	mg/l	<1.67	250		Cumple
Sulfatos	mg/l	5	250		Cumple
Dureza Total	mg/l	27.3	500		Cumple
Hierro	mg/l	0.069	0.3		Cumple
Manganeso	mg/l	0.006	0.4		Cumple
Aluminio	mg/l	0.168	0.9		Cumple
Cobre	mg/l	0.009	2		Cumple
Zinc	mg/l	0.026	3		Cumple
Sodio	mg/l	5.8	*200		Cumple

Parámetros Inorgánicos

Antimonio	mg/l	<0.001	0.02	Cumple
Arsénico	mg/l	0.002	0.01 A(1)	Cumple
Bario	mg/l	0.049	0.7	Cumple
Boro	mg/l	<0.008	2.4	Cumple
Cadmio	mg/l	<0.0002	0.003	Cumple
Cianuro	mg/l	<0.008	0.07	Cumple
Cloro	mg/l	<0.09	*5	Cumple
Cromo	mg/l	<0.001	0.05	Cumple
Flúor	mg/l	<0.013	1.5	Cumple
Mercurio	mg/l	<0.0000 85	0.001	Cumple
Níquel	mg/l	0.004	0.07	Cumple
Nitratos	mg/l	6.8	50	Cumple
Nitritos	mg/l	<0.01	3	Cumple
Plomo	mg/l	<0.0005	0.01 A(1)	Cumple
Selenio	mg/l	<0.001	0.04 A(1)	Cumple
Molibdeno	mg/l	<0.001	0.07	Cumple
Uranio	mg/l	<0.0010 0	0.02	Cumple

Se realizaron los cálculos hidráulicos correspondientes a la captación tipo ladera, la línea de conducción, el reservorio circular y las redes de distribución, empleando software especializado como WaterGEMS, Civil 3D y Excel. Paralelamente, la implementación de herramientas BIM (Revit, Civil 3D, Navisworks e Infraworks) permitió una representación más precisa del sistema, generando modelos tridimensionales de alta fidelidad. Estos modelos facilitaron la detección temprana de interferencias, optimizaron la coordinación entre especialidades y brindaron visualizaciones detalladas de los principales

componentes, tales como captaciones, pases aéreos y redes de distribución. De esta manera, se fortaleció la integración entre el diseño técnico y la planificación constructiva, asegurando mayor eficiencia en la gestión del proyecto.

La siguiente figura muestra un sistema integral de abastecimiento de agua en zonas rurales integrando modelos BIM. En (a), se observa un esquema del relieve con el trazo de un cauce natural para el sistema; en (b), una estructura hidráulica de captación en ladera con cámara húmeda y seca, asimismo una zona de filtración para el tratamiento inicial del agua; en (c), un reservorio circular acompañado de una caseta de cloración, delimitados por un cerco perimetral para seguridad, y en (d), un pase aéreo que soporta la tubería de conducción, diseñado para superar obstáculos geográficos. Estas representaciones destacan el diseño sostenible y funcional de infraestructura hidráulica para comunidades aisladas.

Respecto a la tubería de conducción y aducción son de C-5 de 1", mientras las tuberías de las redes de distribución son de C-5 de 1" y $\frac{3}{4}$ " de acuerdo al requerimiento de las zonas beneficiadas del proyecto.

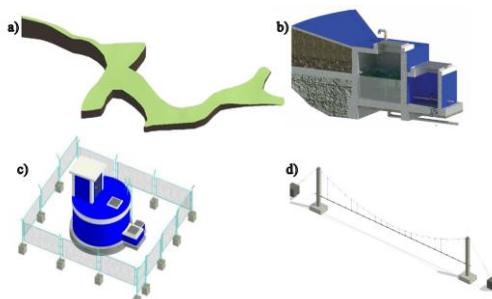


Figura. 2: Modelados tridimensional del sistema de agua potable en la comunidad campesina de Miraflores-Yauli.

La siguiente tabla presenta la programación de actividades y la duración total de ejecución del proyecto, la cual asciende a 81 días calendario. El cronograma contempla las fases de instalación de la captación, construcción de la línea de conducción, edificación del reservorio circular, implementación de la red de distribución y trabajos complementarios. La planificación permitió organizar de manera secuencial y optimizada las partidas, asegurando una distribución equilibrada del tiempo y los recursos. Este horizonte temporal refleja una ejecución eficiente para un sistema integral de abastecimiento de agua en una comunidad rural.

Tabla 3: Resumen de cronograma de proyecto

PLAZO DE EJECUCIÓN TOTAL DE LA OBRA

Descripción	Días calendario	Duración	Inicio	Fin
Sistema de abastecimiento de agua potable de la comunidad campesina de Miraflores	81 días	58 días	17/12/2024	07/03/2025

Para optimizar los costos y presupuestos del proyecto, se realizó una búsqueda exhaustiva de proveedores que ofrecieran materiales con modelos BIM integrados. Esto permitió agregar información técnica detallada y costos precisos directamente al modelo, facilitando la planificación y el control. De esta manera, cada componente cuenta con datos específicos como dimensiones, materiales, códigos de identificación y precios actualizados, asegurando una gestión eficiente y transparente de los recursos. Esta metodología no solo mejora la precisión en el cálculo de presupuestos, sino que también agiliza la trazabilidad de los materiales utilizados en el proyecto.

La siguiente figura presenta la ficha técnica de una canastilla de bronce de 2" (L=15 cm) utilizada en sistemas de agua potable, registrada en un modelo BIM. Este accesorio, proveniente de VALVULAS – AAL Industries Perú S.R.L., pertenece a la categoría de accesorios de tuberías y cuenta con un costo unitario de S/ 42.00. La integración de detalles técnicos y económicos en el modelo digital permite optimizar el análisis de presupuestos en proyectos de saneamiento.

Propiedades	Padres	Valor
CANASTILLA DE BRONCE		
Material de fabricación: bronce de 2" x 15cm	Materiales y acabados	Brass - Generic - Brass
Accesorios de tubo: 2" x 15cm		DB127
Accesorios de tubo: 2" x 15cm	Material de conectar AF	
Material: PNLZ, CAP	Materiales	
Dimensiones (LxWxH): 15x15x15	Método de pérdida	
Gráficos	Tabla de coeficiente K	
Unidad medida: cm	Coeficiente K	0.05000
Tasa: 1000	Datos de identidad	
Calificación: C111	Imagen de tipo	
Materiales: Agua fría, Agua caliente	Nombre: tipo	
Materiales: Agua fría, Agua caliente	Nombre: clase	
Materiales: Agua fría, Agua caliente	Nombre: modelo	
Materiales: Agua fría, Agua caliente	Fabricante	VALVULAS – AAL Industries Perú S.R.L.
Materiales: Agua fría, Agua caliente	Comentarios de tipo	
Materiales: Agua fría, Agua caliente	URL:	https://www.aalindustriesperu.com/valvulas/
Descripción: Código de montaje	CB-a2*	40
Código: 40	Unidad medida de montaje	
Nombre: tipo	Marcas de tipo	12.05.55.14.17
Nombre: clase	Nombre: modelo	Adjusting/Controlling Values for Liquid Services
Nombre: modelo	Nombre: código	

Figura. 3: Ficha técnica de canastilla de bronce de 2" en modelo BIM.

El presupuesto total de la obra asciende a S/ 656,718.55, considerando costos directos, gastos generales, utilidad e impuestos. La mayor inversión corresponde a la red de distribución, con S/ 238,833.52, debido a su extensión de 3,893 metros lineales. La tabla detalla los componentes principales: el costo directo es de S/ 428,702.16, los gastos generales ascienden a S/ 84,973.14 y la utilidad a S/ 42,870.22, sumando un subtotal de S/

556,541.14. A este monto se incorpora el 18% de IGV (S/ 100,177.41), alcanzando así el costo final del proyecto.

Tabla 4: Resumen del presupuesto total del proyecto.

Descripción	Precio
Costo directo	428,702.16
Gastos generales	84,973.14
Utilidad	42,870.22
Parcial	556,541.14
I.G.V.	100,177.41
TOTAL	656,718.55

4. DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio evidencian que la aplicación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en el diseño hidráulico de un sistema de agua potable genera beneficios significativos en la reducción de errores de diseño y en la mejora de la coordinación interdisciplinaria. Estos hallazgos son consistentes con lo reportado por Castillo y Chávez (2024), quienes demostraron que BIM permite detectar de manera temprana interferencias en plantas de tratamiento, contribuyendo a minimizar fallas en la etapa de ejecución. De manera similar, la integración de modelos tridimensionales y la generación automática de metrados observada en este trabajo coincide con los resultados de Trujillo Ponce (2023), quien aplicó la metodología en Huánuco y evidenció que la constructibilidad aumenta mediante la integración de diseños hidráulicos y la simulación 4D.

Asimismo, la planificación hidrológica realizada a partir del caudal de oferta del manantial “Challhuapuquio” (1.12 l/s) se muestra adecuada para el horizonte de diseño de 20 años, lo que respalda lo señalado por Sierra Lopinta (2021) en un sistema de riego en Ayacucho, donde el uso de BIM facilitó la evaluación de disponibilidad hídrica y la proyección de escenarios de operación. No obstante, al igual que en los estudios de Pocomucha y Vilcas (2023), se identifica la necesidad de incorporar modelos predictivos que consideren el cambio climático y las variaciones en el uso del suelo, ya que la estabilidad del recurso hídrico constituye un supuesto que podría afectar la sostenibilidad futura del sistema.

En relación con la calidad del agua, la detección de bacterias heterotróficas y *Escherichia coli* fuera de los parámetros normativos reafirma la importancia de contar con medidas de potabilización adecuadas. Si bien la incorporación de un sistema de cloración representó una solución viable en este proyecto, se abre la posibilidad de explorar alternativas más

sostenibles, como tecnologías de desinfección biológica o ultravioleta. Este planteamiento complementa los estudios de Orozco y González (2021), quienes, a pesar de implementar modelado 5D en una planta de tratamiento, se centraron en la integración de presupuestos y cronogramas, dejando de lado aspectos de operación y sostenibilidad en el tiempo.

Otro aspecto relevante fue el impacto de BIM en la gestión de costos y metrados, que permitió optimizar recursos y reducir errores, resultados que se alinean con lo expuesto por Pocomucha y Vilcas (2023) en la optimización de plazos y costos en proyectos de inversión pública. Sin embargo, se identificaron limitaciones en el acceso de proveedores locales a modelos BIM, situación también mencionada en la literatura como una barrera en la masificación de la metodología en contextos rurales. Este hallazgo resalta la necesidad de generar programas de capacitación técnica y de adaptar el mercado de suministros a las demandas digitales que BIM exige.

Finalmente, aunque la experiencia de este estudio confirma las ventajas de BIM en proyectos hidráulicos rurales, también evidencia que su implementación depende de factores externos como la disponibilidad de financiamiento, el acceso a software especializado y la capacitación de los equipos locales. Futuras investigaciones podrían enfocarse en diseñar estrategias de capacitación comunitaria, en el desarrollo de herramientas BIM simplificadas para entornos rurales o en la integración de modelos predictivos de cambio climático que fortalezcan la sostenibilidad de los sistemas de agua potable.

5. AGRADECIMIENTO

Agradecemos sinceramente a nuestras familias y amistades por el apoyo incondicional, la comprensión y el ánimo brindado a lo largo del desarrollo de esta investigación. De igual manera, reconocemos a todas las personas que, de manera directa o indirecta, aportaron con sus conocimientos, sugerencias y motivación para la culminación de este artículo.

7. REFERENCIA

Acuña Guasca, L., & Camargo Santana, C. (2018). *Metodología de diseño fundamentado en la gestión BIM (Modelado de información de construcción) para la formulación de proyectos de construcción*.

Biotto, C. N., Formoso, C. T., & Isatto, E. L. (2015). Uso de modelagem 4D e Building Information Modeling na gestão de sistemas de produção em empreendimentos de

- construcción. *Ambiente Construido*, 15(2), 79–96. <https://doi.org/10.1590/S1678-86212015000200015>
- Bustamante, G., Ochoa, J., González, F., Bustamante, G., Ochoa, J., & González, F. (2021). Propuesta de implementación de la metodología BIM 5D para obras de cimentaciones industriales en la Planta de Oxígeno de Arauco. *Obras y Proyectos*, 30, 74–90. <https://doi.org/10.4067/S0718-28132021000200074>
- Cañón Buitrago, E. D., Wilson Ernesto, W. E., & Benavides Zambrano, A. M. (2023). *Metodología BIM: conceptos y su aplicación en proyectos de infraestructura vial* (Ecole Ediciones, Ed.).
- Castillo Ramos, A. A., & Chávez Soria, G. C. (2024). Aplicación de la Metodología BIM para reducir errores en la etapa de diseño del proyecto Creación de la Planta de Tratamiento de Agua Potable en el Distrito de Uchumayo, Provincia de Arequipa, 2024. Institucional - UTP. <https://hdl.handle.net/20.500.12867/8868>
- Encalada Ojeda, S. L. (2016). *Aplicación de la Tecnología BIM en la Gestión de la Construcción y Análisis de los Beneficios del Modelamiento 4D-5D (Tiempo-Costo) en un Edificio de 9 Pisos* en. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/5314>
- González Marquez, R. J., Gámez, F., & Soler, M. (2014). Introducción a la metodología BIM. *Researchgate.Net*, 14, 48–54. <https://www.researchgate.net/publication/284159764>
- González, L., Ramírez, J., & Soto, M. (2020). *Desafíos en la sostenibilidad de los sistemas de agua potable rural en América Latina*. Revista Ingeniería y Desarrollo, 38(2), 45–62. <https://doi.org/10.14482/inde.38.2.12345>
- Henao Guerrero, L. F., Millán Álvarez, N. D., & Gómez Reyes, J. E. (2019). Implementación de la metodología BIM al bloque número 4 de la Universidad Cooperativa de Colombia sede Ibagué Espinal. *ENTRAMADO*, 11(1), 230–249. <https://doi.org/10.18041/ENTRAMADO.2015V11N1.21116>
- Medina Choccetoy, P., Salomon Arce, N., & Gómez Minaya, R. (2020). EVALUACIÓN DE LA ESTIMACIÓN DE METRADOS PARA LOS COSTOS DE LA PARTIDA DE ARQUITECTURA DE UNA OBRA RETAIL EN LIMA EN EL 2019 CON LA IMPLEMENTACIÓN BIM. *INVESTIGACION & DESARROLLO*, 20(1), 155–171. <https://doi.org/10.23881/IDUPBO.020.1-121>
- Merchán, P., Salamanca, S., Merchán, M. J., Pérez, E., & Moreno, M. D. (2018). *Pasado, presente y futuro de los HBIM (Heritage/historic building information models)*. 1077–1084. <https://doi.org/10.17979/SPUDC.9788497497565.1077>
- Ocampo Hurtado, J. G. (2015). La gerencia bim como sistema de gestión para proyectos de construcción. *Gerencia Tecnológica Informática*, ISSN 1657-8236, Vol. 14, No. 38, 2015 (Ejemplar Dedicado a: Revista GTI), 14(38), 2.
- OMS. (2022). *Progress on drinking water, sanitation and hygiene in households 2000–2020: Five years into the SDGs*. Organización Mundial de la Salud. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240030848>
- Orozco, J. A., & González, D. R. (2021). Aplicación De La Metodología BIM 5D En La “Planta De Tratamiento De Agua Potable Para La Parroquia La Aurora.” Universidad de Guayaquil. <https://doi.org/https://doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.186>
- Pocomucha Gomez, Y., & Vilcas Huaman, R. (2023). Implementación de la metodología BIM en la fase de formulación de las inversiones públicas en la municipalidad provincial de Angaraes – Huancavelica, 2022. <https://repositorio.unh.edu.pe/handle/unh/5895>
- Rincon Arias, D. F., & Niño Sotelo, C. A. (2019). Modelado de proyecto de infraestructura en cuatro dimensiones. In *repository.ucatolica.edu.co*.
- Sánchez Moreno, F., Fernando Higuera, J., Ramírez López, A. D., Alberto Nope Bernal, Y., & Olivier Soto Muñoz, J. (2020). Análisis de la

implementación de metodología BIM en edificaciones de baja complejidad en Colombia, mediante IDM y mapas de procesos. *Revista Boletín Redipe.* <http://revista.redipe.org/index.php/1/article/view/1122>

Sierra Lopinta, H. G. (2021). Metodología BIM en la elaboración de proyectos de obras hidráulicas. Caso práctico: diseño del Sistema de Riego Tarwiyooc [Facultad de ingeniería Agrícola de la Universidad Agraria de la Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4866>

Sulankivi, K., & Kiviniemi, M. (2014). 4D-BIM for Construction Safety Planning 4D-BIM for Construction Safety Planning. *VTT Technical Research Center of Finland, January 2010.*

Trujillo Ponce, R. J. (2023). *Aumento de constructabilidad en sistemas de abastecimiento de agua potable mediante el uso del BIM, centro poblado de Guellgas distrito de Churubamba.* <https://repositorio.udh.edu.pe/handle/20.500.14257/4688>

UNICEF & OMS. (2021). *Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000–2020: Five years into the SDGs.* United Nations Children's Fund (UNICEF) y World Health Organization (WHO). <https://data.unicef.org/resources/progress-on-household-drinking-water-sanitation-and-hygiene-2000-2020/>