

Transformación Digital en la Construcción: Implementación Exitosa del Modelado 3D con BIM en Cavero & Villanueva Ingenieros S.A.C.

Digital Transformation in Construction: Successful Implementation of 3D Modeling with BIM at Cavero & Villanueva Ingenieros S.A.C.

J. Villanueva (*), D. Santos (**)

RESUMEN

Resumen del artículo en el idioma principal, tipo de letra Georgia con tamaño de letra 9 puntos. Tenga presente que esta sección tiene el poder de animar o desanimar a potenciales lectores de su artículo. Verifique que su contenido sea preciso y completo; que indique la relevancia de la investigación, su hipótesis u objetivo; que hable brevemente del método y presente el resultado y conclusión principales; que le permita al lector entender lo que puede encontrar al leer el artículo. Por favor no incluya citas en esta sección. Por favor escriba su resumen en un solo párrafo y verifique que el texto tenga como máximo ciento cincuenta palabras –150–.

Palabras clave: Al menos cuatro palabras separadas por punto y coma (;). Al seleccionarlas piense en las que utilizaría en un buscador para encontrar un artículo como este.

ABSTRACT

Translation as literal as possible of the abstract in the secondary language, letter font cursive Georgia, size 9 points. Keep in mind that this section has the power to encourage or discourage potential readers of your paper. Verify that its content is accurate and complete, indicating the relevance of the research, its hypothesis or objective. Talk briefly about the method and show the main result and conclusions that allows the reader to understand what he can find when reading the article. Please, do not include citations in this section. Please, write your abstract in a single paragraph and verify that the text has a maximum of 150 words.

Keywords: At least four words separated by semicolons (;). When selecting them, think about what you would use in a search engine to find a paper like this one.

(*) Ingeniería Civil. Gerente general. Cavero & Villanueva Ingenieros S.A.C., Ciudad (Perú).

(**) Ingeniería Química. Consultor de proyectos de innovación. Rura Consultores, Lima (Perú).

Persona de contacto/Corresponding author: maildecontacto@mail.es (Jorge/Villanueva)



1. INTRODUCCIÓN

La metodología BIM¹ (*Building Information Modeling*) llegó a Perú en el año 2005, impulsada por empresas constructoras que buscaban optimizar la productividad en sus proyectos (Almeida, 2019). Con el objetivo de difundir sus beneficios y fomentar su adopción en el sector, se creó el Comité BIM Perú en el año 2012, bajo la tutela de la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO).

En el año 2017, con la creciente necesidad de regular la aplicación de BIM en el país, el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) dio luz verde a la formación del Comité Técnico de Normalización de Edificaciones y Obras de Ingeniería Civil. Este comité integró a su vez el Subcomité de Organización de la Información sobre Obras de Construcción, responsable de la elaboración de las primeras normas técnicas peruanas sobre BIM (INACAL, 2021).

En 2018, el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) marcó un hito en la modernización del sector público peruano con el lanzamiento del Plan BIM Perú². Este plan tiene como objetivo principal asegurar la correcta ejecución de las inversiones en edificaciones e infraestructura pública. Para ello, se propone la incorporación de procesos, metodologías y tecnologías de información a lo largo de todo el ciclo de inversión. Los avances en la implementación de BIM en las entidades públicas son notables. Hasta la fecha, 28 instituciones se encuentran en proceso de adopción de BIM, siguiendo los lineamientos establecidos en la Resolución Directoral N.º 007-2022-EF/63.01 (MEF, 2018).

Esta iniciativa representa un paso crucial hacia la transformación digital del sector público peruano. La adopción de BIM permitirá mejorar la eficiencia, la transparencia y la calidad en la gestión de proyectos de inversión pública, redundando en un mejor uso de los recursos del Estado y un mayor beneficio para la sociedad.

1.1. Diagnóstico digital de la situación de Cavero & Villanueva Ingenieros S.A.C.

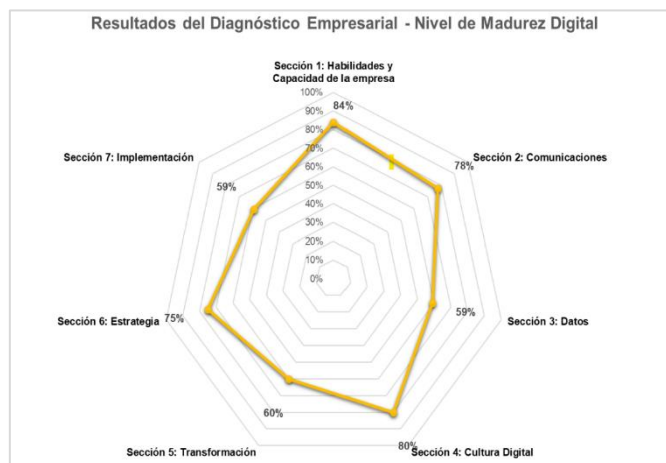
El diagnóstico digital reveló una serie de hallazgos significativos en relación con la implementación del servicio de modelado 3D con metodología BIM en la empresa. Se identificaron brechas en la infraestructura tecnológica existente, que carece de la capacidad necesaria para soportar la integración completa de BIM en los procesos actuales; además, se observó una falta de capacitación adecuada en el equipo, lo que podría obstaculizar la adopción efectiva de esta tecnología (Santos, 2023).

Se destacó la necesidad de un enfoque holístico que aborde tanto los aspectos tecnológicos como los humanos de la transformación digital.

En el análisis de la madurez digital de la empresa, se obtuvo un

resultado del 72%, lo que la ubica en un nivel intermedio, este resultado se basa en la evaluación de siete subdimensiones: habilidades y capacidad de la empresa, comunicaciones, datos, cultura digital, transformación, estrategia e implementación. Los hallazgos proporcionan una base sólida para desarrollar un plan estratégico integral que aborde las brechas identificadas y permita una transición efectiva hacia el modelado 3D con BIM en la empresa.

Figura 1. Resultados del diagnóstico en el nivel de madurez digital en C&V Ingenieros S.A.C.



Fuente: Santos (2023).

1.2. Camino hacia la implementación

Durante la fase inicial de planificación del servicio de modelado 3D, la empresa llevó a cabo tres actividades cruciales para garantizar una implementación efectiva. En primer lugar, se establecieron objetivos estratégicos claros y específicos que delinearon el camino hacia la adopción exitosa de la metodología BIM. Estos objetivos se diseñaron cuidadosamente para alinear la transformación digital con los objetivos empresariales a largo plazo. En segundo lugar, se identificaron las partes interesadas clave, incluidos clientes, equipos de proyecto y partes internas y externas, para garantizar una colaboración efectiva y una comunicación transparente a lo largo del proceso. Finalmente, se llevó a cabo una planificación exhaustiva de los recursos necesarios para la implementación del modelado 3D con BIM, incluidos aspectos técnicos, humanos y financieros (Rura Consultores, 2023a).

Esta fase de planificación rigurosa establece una base sólida para una ejecución exitosa y una integración sin problemas del modelado 3D en la empresa.



¹ BIM o Building Information Modeling que su significado en español es Modelado de Información de Edificios y algunas veces se menciona como Building Information Management con su significado en español Gestión de la información de edificios.

² El Plan BIM Perú es una iniciativa del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) que busca la implementación progresiva de la metodología Building Information Modeling (BIM) en las inversiones públicas en infraestructura de todo el país.

1.3. Selección del software de modelado 3D

La selección del software de modelado 3D fue un proceso meticuloso que implicó la evaluación de múltiples opciones líderes en la industria. Se consideraron tres software prominentes: Autodesk Revit, ArchiCAD y SketchUp. Cada uno fue sometido a un análisis exhaustivo en términos de funcionalidad, facilidad de uso, capacidad de colaboración y compatibilidad con la metodología BIM. Tras la evaluación, Autodesk Revit emergió como la elección preferida por su robusta suite de herramientas para el diseño arquitectónico y de construcción, combinada con su sólida capacidad de colaboración y su amplio soporte para el flujo de trabajo BIM (Rura Consultores, 2023b).

Según el estudio de Adopción BIM en Proyectos de Edificación en Lima y Callao (Murguía et al., 2021), los principales usos de BIM en los proyectos de Lima y Callao, son la visualización de modelos 3D y compatibilización de especialidades (60-65% de nivel alto o muy alto).

La selección de Autodesk Revit garantiza una integración fluida y eficiente del modelado 3D con la metodología BIM, lo que impulsa la eficacia y la calidad en todos los aspectos del proyecto.

2. DESCRIPCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL MODELADO 3D CON BIM

2.1. Mapeo y caracterización de procesos del servicio de modelado 3D con BIM

La implementación del modelado 3D con BIM comenzó con un meticuloso mapeo de procesos utilizando el software Bizagi Modeler. Se documentaron cada una de las etapas del servicio de modelado 3D, desde la captura inicial de datos hasta la entrega final del modelo (Rura Consultores, 2024).

Para la caracterización de procesos, se elaboraron fichas de proceso detalladas, que describían en profundidad las actividades, responsabilidades y flujos de trabajo involucrados. Además, se establecieron 14 indicadores de procesos clave en la empresa, que servirían como métricas para evaluar la eficiencia y efectividad de la implementación (Tabla 1).

Este enfoque riguroso permitió una comprensión completa de los procesos relacionados con el modelado 3D con BIM y sentó las bases para una implementación exitosa y eficiente en toda la organización.

Tabla 1. Indicadores de procesos clave del servicio de modelado 3D con BIM

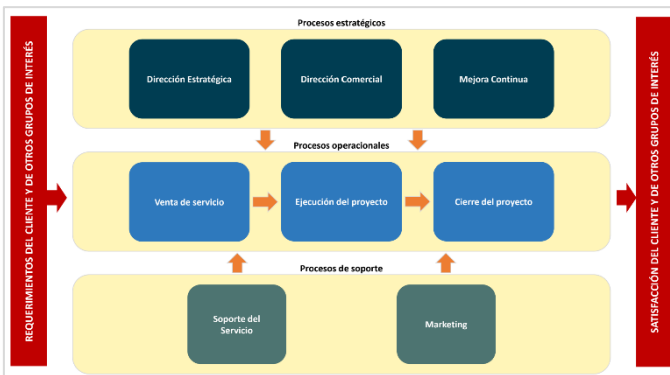
Nº	INDICADOR	PROCESO DONDE SE APLICA	FÓRMULA DE CÁLCULO	UNIDAD DE MEDIDA	META	Límite Crítico	Límite de alerta	Límite Satisfactorio
01	Nivel de cumplimiento de objetivos estratégicos	Dirección Estratégica	$\text{Nivel de Cumplimiento (\%)} = \left(\frac{\text{Objetivos estratégicos cumplidos}}{\text{Objetivos estratégicos establecidos}} \right) \times 100\%$	Porcentaje (%)	90% en el cumplimiento de objetivos estratégicos	debajo del 80%	entre 80% y 90%	90% o superior
02	Nivel de cumplimiento de objetivos comerciales	Dirección Comercial	$\text{Nivel de Cumplimiento (\%)} = \left(\frac{\text{Objetivos comerciales cumplidos}}{\text{Objetivos comerciales establecidos}} \right) \times 100\%$	Porcentaje (%)	95% en el cumplimiento de objetivos comerciales	debajo del 80%	entre 80% y 95%	95% o superior
03	Nivel de satisfacción de los clientes	Dirección Comercial Cierre del servicio	$\text{Nivel de Satisfacción (\%)} = \left(\frac{\text{Número de Respuestas Positivas}}{\text{Total de Respuestas Recibidas}} \right) \times 100\%$	Porcentaje (%)	satisfacción del cliente del 90%	debajo del 80%	entre 80% y 90%	90% o superior
04	Nivel de implementación de acciones de mejora	Mejora Continua	$\text{Nivel de Implementación (\%)} = \left(\frac{\text{Acc. de Mejora Implementadas}}{\text{Total de Acc. de Mejora Propuestas}} \right) \times 100\%$	Porcentaje (%)	implementación del 80% de acciones de mejora	debajo del 60%	entre 60% y 80%	80% o superior
05	Nivel de cumplimiento de objetivos de ventas	Ventas de servicio	$\text{Nivel de Cumplimiento (\%)} = \left(\frac{\text{Ventas Logradas}}{\text{Meta de Ventas}} \right) \times 100\%$	Porcentaje (%)	95% en el cumplimiento de las metas de ventas	debajo del 80%	entre 80% y 95%	95% o superior
06	Tasa de conversión de clientes	Ventas de servicio	$\text{Tasa de conversión (\%)} = \left(\frac{\text{Clientes que Adquirieron el Servicio}}{\text{Clientes Potenciales}} \right) \times 100\%$	Porcentaje (%)	conversión de potenciales clientes del 20%	debajo del 15%	entre 15% y 20%	20% o superior
07	Nivel de avance del proyecto (por Hitos).	Ejecución del proyecto Soporte del Servicio	$\text{Nivel de Cumplimiento (\%)} = \left(\frac{\text{Hitos completados}}{\text{Total de Hitos Planificados}} \right) \times 100\%$	Porcentaje (%)	80% en el cumplimiento de las actividades programadas	debajo del 60%	entre 60% y 80%	80% o superior
08	Nivel de cumplimiento en tiempos de entregas	Ejecución del proyecto Cierre del Servicio	$\text{Nivel de Cumplimiento (\%)} = \left(\frac{\text{Entregas cumplidas a tiempo}}{\text{Total de Entregas Programadas}} \right) \times 100\%$	Porcentaje (%)	90% en el cumplimiento en tiempos de entrega	debajo del 80%	entre 80% y 90%	90% o superior
09	Nivel de observaciones a los entregables	Ejecución del proyecto	$\text{Nivel de Cumplimiento (\%)} = \left(\frac{\text{Observaciones atendidas}}{\text{Total de Observaciones Recibidas}} \right) \times 100\%$	Porcentaje (%)	95% en el cumplimiento de los plazos de entrega	debajo del 80%	entre 80% y 95%	95% o superior
10	Cuentas por Cobrar Pendientes	Soporte del Servicio	$\text{Nivel de Cuentas por Cobrar (\%)} = \left(\frac{\text{Cuentas por cobrar pendientes}}{\text{Total de Cuentas}} \right) \times 100\%$	Porcentaje (%)	Mantener las cuentas por cobrar pendientes por debajo del 10% del total	Cuentas por cobrar pendientes por encima del 20%	Cuentas por cobrar pendientes entre 10% y 20%	Cuentas por cobrar pendientes por debajo del 10%
11	Tiempo de respuesta y resolución de solicitudes de servicio	Soporte del Servicio	$\text{Tiempo promedio de respuesta} = \left(\frac{\text{Tiempo Total de Respuesta}}{\text{Número Total de Solicitudes de Servicio}} \right)$	Unidad de tiempo (horas)	90% en el nivel de evaluación del proveedor	Tiempo promedio por encima de 48 horas	entre 24 a 48 horas	Tiempo promedio por debajo de 24 horas
12	Generación de leads y conversiones	Marketing	$\text{Tasa de conversión (\%)} = \left(\frac{\text{Número de conversiones}}{\text{Número de Leads generados}} \right) \times 100\%$	Porcentaje (%)	tasa de conversión del 15%	debajo del 10%	entre 10% y 15%	15% o superior
13	Crecimiento digital (redes sociales y página web)	Marketing	$\text{Nivel de Crecimiento (\%)} = \left(\frac{\text{Crecimiento de Seguidores, Interacciones, otros}}{\text{Crecimiento período anterior}} \right) \times 100\%$	Porcentaje (%)	tasa de crecimiento digital del 20%	debajo del 10%	entre 10% y 20%	20% o superior
14	Retorno de la Inversión en Marketing (ROI)	Marketing	$\text{ROI (\%)} = \left(\frac{\text{Ingresos Generados por Marketing} - \text{Costo de Marketing}}{\text{Costo de Marketing}} \right) \times 100\%$	Porcentaje (%)	ROI del 15%	debajo del 5%	entre 10% y 15%	15% o superior



2.2. Integración de los procesos del servicio de modelado 3D con los otros procesos de la empresa

Una vez mapeados y caracterizados los procesos del servicio de modelado 3D con BIM, se procedió a integrarlos con los demás procesos de la empresa. Se establecieron interfaces claras y protocolos de comunicación entre los equipos involucrados, asegurando una colaboración efectiva y una transferencia fluida de información. Esta integración garantizó una alineación coherente de todos los aspectos del proyecto, desde la conceptualización hasta la ejecución.

Figura 2. Mapa de procesos a nivel macro



Fuente: Rura Consultores (2024).

2.3. Formación y entrenamiento del personal en modelado 3D con BIM

Como parte esencial de la implementación, el personal fue sometido a un exhaustivo programa de formación y entrenamiento en modelado 3D con BIM. Se les capacitó como modeladores BIM y obtuvieron la certificación *Autodesk Of Completion* como Modelador BIM y como Experto Modelador BIM.

Además de la formación técnica, el equipo recibió coaching dentro de un programa diseñado especialmente para potenciar la eficacia y el crecimiento de la empresa, así como el bienestar de sus trabajadores. Este programa se enfoca en fortalecer tres variables clave: liderazgo, gestión y competencias socioemocionales. Este enfoque integral busca optimizar el rendimiento organizacional, fomentar un liderazgo efectivo y promover un ambiente de trabajo saludable y colaborativo.

A través de esta combinación de capacitación técnica y desarrollo personal, el equipo está mejor preparado para enfrentar los desafíos del modelado 3D con BIM y contribuir al éxito continuo de la empresa en el sector de la construcción.

3. RESULTADOS

Los principales resultados obtenidos están relacionados al nivel de madurez digital comparado en el diagnóstico digital (inicial) con la implementación de acciones de mejora, los resultados logrados en la implementación del servicio de modelamiento de

proyectos de edificaciones en 3D con BIM y las lecciones aprendidas del proyecto.

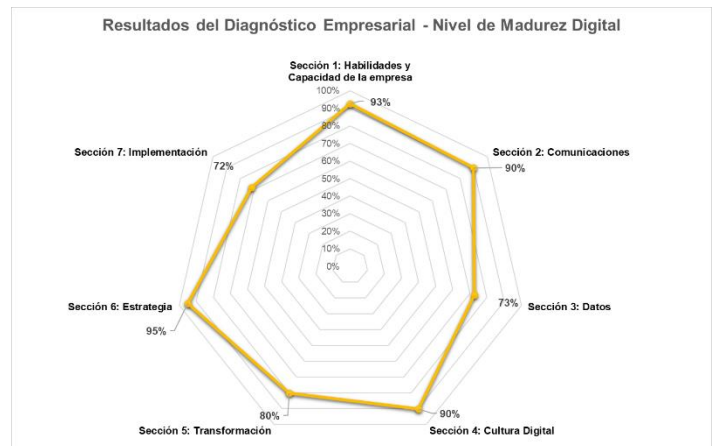
3.1. Nivel de madurez digital

El nivel de madurez digital de la empresa experimentó un notable crecimiento del 18%, pasando de un nivel inicial intermedio a un nivel avanzado. Este avance se refleja en un porcentaje de implementación del 85% en las diferentes áreas de la empresa.

Tabla 2. Comparación de resultados de evaluación del nivel de madurez digital en el diagnóstico digital y con las acciones de mejora implementadas

SECCIONES DE EVALUACIÓN DEL NIVEL DE MADUREZ DIGITAL	Diagnóstico digital		Acciones de Mejora implementadas		%Variación (mejora/inicial)
	Porcentaje de implementación	Nivel de Madurez digital	Porcentaje de implementación	Nivel de Madurez digital	
Sección 1: Habilidades y Capacidad de la empresa	84%	AVANZADO	93%	AVANZADO	11%
Sección 2: Comunicaciones	78%	AVANZADO	90%	AVANZADO	16%
Sección 3: Datos	59%	INTERMEDIO	73%	INTERMEDIO	23%
Sección 4: Cultura Digital	80%	AVANZADO	90%	AVANZADO	13%
Sección 5: Transformación	60%	INTERMEDIO	80%	AVANZADO	33%
Sección 6: Estrategia	75%	AVANZADO	95%	AVANZADO	27%
Sección 7: Implementación	59%	INTERMEDIO	72%	INTERMEDIO	21%
RESULTADO DE EVALUACIÓN	72%	INTERMEDIO	85%	AVANZADO	18%

Figura 2. Resultados del nivel de madurez digital con las acciones de mejora implementadas



Fuente: C&V Ingenieros S.A.C. (2024a).

3.2. Resultados logrados con la implementación del servicio de modelado 3D con BIM

A continuación, se presentan los resultados logrados en una tabla concisa, detallando cada propósito, logros y beneficios logros del proyecto de implementación del servicio de modelado 3D con BIM.



Tabla 3. Resumen logrados en la implementación del servicio de modelamiento de proyectos de edificaciones en 3D con BIM

Propósito	Logro	Beneficio	Indicador
1. Implementar el servicio de "Modelado de proyectos de edificaciones en 3D" al 100% en la empresa	Se implementó el servicio en todos los proyectos de edificación.	Mayor eficiencia en el diseño y desarrollo de proyectos.	100% de los proyectos con modelado 3D.
2. Integrar el servicio de "Modelado de proyectos de edificaciones en 3D" con los servicios de supervisión de obras y los procesos operativos de la empresa	Se logró una integración completa entre el modelado 3D, la supervisión y las operaciones.	Mejor comunicación y coordinación entre equipos, mayor control de calidad y reducción de errores.	Integración completa en todos los procesos de la empresa.
3. Capacitar a 2 trabajadores en el manejo del software de modelado de proyectos en 3D	Se capacitaron 2 trabajadores en el uso del software BIM.	Mayor capacidad interna para ejecutar proyectos con modelado 3D.	2 trabajadores capacitados y certificados como gestores BIM.

Fuente: C&V Ingenieros S.A.C. (2024a).

3.3. Lecciones aprendidas del proyecto

El proyecto permite identificar las siguientes lecciones aprendidas:

- Escasez de especialistas en Modelado BIM: Encontrar personal con experiencia en BIM puede ser un desafío, especialmente en un mercado emergente como Perú. Por tanto, la formación del personal es clave en la prestación del servicio.
- Comenzar con proyectos pequeños: Es recomendable comenzar con proyectos pequeños para ganar experiencia y

construir un portafolio de proyectos Gestión BIM que comunique claramente los beneficios de BIM a los potenciales clientes.

- Participar en la comunidad BIM: Participar en eventos y foros BIM puede ayudar a aumentar la visibilidad de la empresa y sus servicios, y así conectar con clientes potenciales.

4. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS FUTURAS

Tras el análisis de resultados del proyecto de implementación ejecutado por la empresa, se puede concluir:

- Las acciones de mejora implementadas durante el proyecto han impulsado un notable crecimiento en el nivel de madurez digital de la empresa, situándola ahora en un nivel avanzado.
- La implementación del servicio de modelado 3D con BIM ha sido un éxito, cumpliendo con todos los objetivos propuestos.
- Se ha logrado una mayor eficiencia, precisión y control en los proyectos de edificación.
- La empresa se encuentra ahora mejor preparada para afrontar los desafíos del futuro en el sector de la construcción.

En cuanto a las perspectivas futuras del impacto del modelado 3D con BIM en C&V Ingenieros:

- C&V Ingenieros se posicionará como empresa líder en la implementación de BIM en el sector de la construcción peruano.
- La empresa podrá ofrecer a sus clientes proyectos más eficientes, precisos y sostenibles.
- C&V Ingenieros tendrá acceso a nuevos mercados y nichos de especialización, aumentando su competitividad.
- La empresa se convertirá en un referente en la adopción de tecnologías innovadoras en el sector.

REFERENCIAS / REFERENCES

Almeida, A. (2019). *BIM en el Perú*. Lima.

Cavero & Villanueva Ingenieros S.A.C. (2024a). *Informe Técnico de resultados orientado al cumplimiento del propósito del proyecto (Análisis cuantitativo, cualitativo e impacto potencial)*.

Cavero & Villanueva Ingenieros S.A.C. (2024b). *Informe de lecciones aprendidas del proyecto*.

INACAL. (2021). *Normas técnicas para digitalización del modelado de la información en la industria de la construcción - BIM*. <https://www.gob.pe/institucion/inacal/noticias/505825-inacal-aprueba-normas-tecnicas-para-digitalizacion-del-modelado-de-la-informacion-en-la-industria-de-la-construccion-bim>

Ministerio de Economía y Finanzas. (2018). *Plan BIM Perú*. <https://mef.gob.pe/planbimperu/sobrebim.html>

Murguía, D., Vasquez, C., Balboa, M., Lara, W. (2021). Segundo Estudio de Adopción BIM en Proyectos de Edificación en Lima y Callao. *Departamento de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima*. <http://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/176216>

Rura Consultores. (2023a). *Reporte de trabajo para la planificación del servicio de modelado 3D con BIM*.

Rura Consultores. (2023b). *Plan de marketing digital para el lanzamiento del servicio de modelado 3D con BIM*.

Rura Consultores. (2024). *Informe de implementación del servicio de planificación e implementación de modelado 3D con metodología BIM*.

Santos, D. (2023). *Diagnóstico empresarial de la situación actual de Cavero & Villanueva Ingenieros S.A.C.*

