

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**ANÁLISIS DE BARRERAS Y DIFICULTADES EN LA
IMPLEMENTACIÓN DE BIM EN LA ETAPA DE DISEÑO DE
PROYECTOS HIDRÁULICOS – DEFENSAS RIBEREÑAS**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR:

Jose Mario Castañeda Morey

ASESOR:

Frank Roberto Chuquín Montoya

Lima, julio, 2024

Informe de Similitud


Yo, Frank Roberto Chuquín Montoya, docente de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis/el trabajo de investigación titulado:

“Análisis de barreras y dificultades en la implementación de BIM en la etapa de diseño de proyectos hidráulicos – defensas ribereñas”, del autor José Mario Castañeda Morey,

dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 13.%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 28/06/2024.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima 04 de setiembre de 2024

Apellidos y nombres del asesor: <u>Chuquín Montoya Frank Roberto</u>	
DNI: 41817447	
ORCID: 0000-0001-8342-6602	
Firma	

Resumen

La implementación de la metodología de Building Information Modeling (BIM) en el sector de la construcción es cada vez más demandada. Inclusive, en un futuro se plantea que su uso sea un requisito indispensable para todo tipo de proyectos en todas sus etapas debido a sus múltiples beneficios. A pesar de ello, existen barreras que se presentan en la implementación de esta metodología y más aún para proyectos hidráulicos como defensas ribereñas.

Por todo esto y también por la limitada investigación de la adopción de BIM en esta tipología de proyectos, se realiza una investigación cuyo objetivo principal es identificar y analizar las barreras que se presentan en la implementación de BIM en la etapa de diseño de proyectos hidráulicos como defensas ribereñas. En ese sentido, los resultados se adquieren de un cuestionario realizado a profesionales relacionados con BIM y en el diseño de proyectos hidráulicos, de tres casos de estudio y, finalmente, de un panel de expertos con el cual se realiza la validación de los resultados obtenidos mediante el método Delphi. Cabe resaltar que los resultados se dividen en tres ejes: eje de personas, eje de procesos y eje de tecnología.

Respecto al eje de personas, las principales barreras identificadas son que la existencia de las áreas BIM por proyecto, las cuales dan soporte a los modelos y gestionan la metodología, puede influir en que los encargados del diseño no perciban la necesidad de dominar por completo BIM. A ello se suma la resistencia al cambio de metodologías de diseño tradicionales que ocasiona que, actualmente, los involucrados en el diseño no cuenten con los conocimientos óptimos para implementar y gestionar el BIM. Respecto a las barreras principales del eje de procesos, está la falta de estándares y guías que sean de gran utilidad las cuales sirvan de apoyo en la etapa de diseño. Para el eje de tecnología, se destaca una inadecuada integración entre sistemas de información geográfica y modelos BIM, limitaciones en algunos programas para la importación de datos geolocalizados y elevados costos de licencias para sus usos.

Dedicatoria

A mi padre Juan Carlos por siempre confiar en mis capacidades e impulsarme a ser mejor desde mi infancia. Gracias por tus sabios consejos y por ser mi inspiración permanente.

A mi madre Zuleika, por su cariño inagotable, por estar a mi lado en cada logro de mi camino y por ser mi refugio en los momentos difíciles.

Este logro es tan suyo como mío.



Contenido

1.	Generalidades	1
1.1.	Introducción	1
1.2.	Preguntas de investigación.....	2
1.2.1.	Pregunta general.....	2
1.2.2.	Preguntas específicas	2
1.3.	Objetivos de la investigación.....	2
1.3.1.	Objetivo general.....	2
1.3.2.	Objetivos específicos	2
1.4.	Justificación	3
1.5.	Metodología de investigación.....	3
1.5.1.	Secuencia de la investigación	4
2.	Marco teórico.....	6
2.1.	Antecedentes	6
2.1.1.	Antecedentes internacionales.....	6
2.1.2.	Antecedentes nacionales	7
2.2.	Bases teóricas.....	8
2.2.1.	BIM.....	8
2.2.1.1.	Definición del BIM	8
2.2.1.2.	Campos del BIM	9
2.2.1.3.	Etapas BIM	11
2.2.1.4.	Beneficios de la implementación del BIM en la etapa de diseño	12
2.2.2.	Virtual Design and Construction (VDC)	13
2.2.2.1.	Diseño del producto (BIM).....	14
2.2.2.2.	Diseño de organización.....	14
2.2.2.3.	Modelo de proceso de gestión de la información	14
2.2.2.4.	Ingeniería Concurrente Integrada (ICE)	15
2.2.3.	Control de inundaciones	15
2.2.3.1.	Defensas ribereñas como proyectos de control de inundación	15
2.2.3.2.	Proceso de diseño.....	16
2.2.3.3.	Partes involucradas en la etapa de diseño de una defensa ribereña	18
2.2.4.	Sistemas de información geográfica (SIG).....	18
2.2.5.	Método Delphi	20
2.2.6.	Diagrama de Ishikawa.....	21
2.3.	Realidad peruana.....	22

2.3.1.	Plan BIM Perú.....	23
2.4.	Barreras en la implementación del BIM en el diseño de proyectos de obra civil....	25
3.	Instrumento para obtención de datos	28
3.1.	Formulación de la encuesta.....	28
3.1.1.	Premisas de la encuesta.....	29
3.2.	Público objetivo y muestra.....	30
4.	Análisis de resultados obtenidos.....	31
4.1.	Análisis de respuestas de encuesta.....	31
4.1.1.	Cuadro resumen de respuestas de encuesta	31
4.1.2.	Descripción de resultados de encuesta.....	33
4.1.2.1.	Eje de personas	33
4.1.2.2.	Eje de procesos	34
4.1.2.3.	Eje de tecnología.....	36
4.1.3.	Análisis y discusión de resultados de encuesta.....	37
4.1.3.1.	Eje de personas	38
4.1.3.2.	Eje de procesos	40
4.1.3.3.	Eje de tecnología.....	41
4.2.	Análisis de casos de estudio.....	44
4.2.1.	Análisis de Flujo de Trabajo de Aseguramiento de Diseño de Soluciones Integradas45	
4.2.2.	Análisis de Guía BIM para Infraestructura Hidráulica para el control de inundaciones y drenaje	47
4.2.3.	Análisis del expediente técnico de la solución integral de la Quebrada Cansas 53	
4.2.4.	Conclusiones y resultados finales del análisis de los casos de estudio.....	55
5.	Validación de barreras identificadas utilizando el método Delphi.....	56
5.1.	Perfil objetivo de miembros.....	56
5.2.	Formulación para 1ra ronda del método Delphi	57
5.3.	Resultados de la 1ra ronda	59
5.3.1.	Eje de personas	59
5.3.2.	Eje de procesos	61
5.3.3.	Eje de tecnología.....	63
5.4.	Formulación para 2da ronda del método Delphi.....	65
5.5.	Resultados de la 2da ronda	66
5.5.1.	Eje de personas	66
5.5.2.	Eje de procesos	68

5.5.3. Eje de tecnología.....	69
5.6. Discusión de resultados finales.....	70
5.7. Esquema de causas utilizando el Diagrama de Ishikawa.....	74
6. Conclusiones y Recomendaciones.....	75
6.1. Conclusiones.....	75
6.2. Recomendaciones.....	80
Bibliografía.....	82
Anexos.....	86



Índice de figuras

Figura 1. Esquema visual de la metodología	5
Figura 2. Campos interrelacionados del BIM	10
Figura 3. Etapas BIM	11
Figura 4. Fases del método Delphi	21
Figura 5. Adopción progresiva de BIM en fases de ciclo de inversión	24
Figura 6. Objetivos del plan BIM Perú hasta el año 2030	24
Figura 7. Respuestas de las cuatro afirmaciones del eje de personas	33
Figura 8. Respuestas de las cuatro afirmaciones del eje de procesos	35
Figura 9. Respuestas de las cuatro afirmaciones del eje de tecnología	36
Figura 10. Validación de las tres primeras afirmaciones del eje de personas.....	59
Figura 11. Validación de las dos últimas afirmaciones del eje de personas	60
Figura 12. Validación de las tres primeras afirmaciones del eje de procesos.....	61
Figura 13. Validación de las tres últimas afirmaciones del eje de procesos.....	62
Figura 14. Validación de las tres primeras afirmaciones del eje de tecnología.....	63
Figura 15. Validación de las tres últimas afirmaciones del eje de tecnología	64
Figura 16. Validación en segunda ronda de las preguntas del eje de personas	67
Figura 17. Validación en segunda ronda de las preguntas del eje de procesos	68
Figura 18. Validación en segunda ronda de las preguntas del eje de tecnología.....	69
Figura 19. Diagrama de Ishikawa de las barreras y sus respectivas causas.....	74

Índice de tablas

Tabla 1. Resumen de respuestas obtenidas de la encuesta.....	31
Tabla 2. Tabla resumen de las premisas identificadas como barreras según la encuesta	38
Tabla 3. Barreras en la implementación de BIM en la etapa de diseño de proyectos hidraulicos como defensas ribereñas	73



Listado de acrónimos

BIM: Building Information Modeling / Modelación de la información para la construcción

PEB: Plan de ejecución BIM

PRE-PEB: Plan de ejecución BIM precontractual

VDC: Virtual Design and Construction / Diseño y construcción virtual

PPM: Project Production Management / Gestión de producción del proyecto

ICE: Integrated Concurrent Engineering / Ingeniería Concurrente Integrada

ISO: International Organization for Standardization / Organización Internacional de Normalización

AEC: Architecture, Engineering and Construction / Arquitectura, Ingeniería y Construcción

SIG: Sistema de Información Geográfica

RDI: Requerimiento de información

LOD: Level of Development / Nivel de desarrollo

LOI: Level of Information / Nivel de información

CDE: Common Data Environment / Entorno común de datos

NEC3: New Engineering Contract / Nuevo contrato de ingeniería

IFC: Industry Foundation Classes / Clases fundamentales de la industria

MEF: Ministerio de Economía y Finanzas

PBI: Producto Bruto Interno

BCF: BIM Collaboration Format / Formato de colaboración BIM

EIR: Exchange Information Requirement / Requisitos de intercambio de información

1. Generalidades

1.1. Introducción

Los proyectos hidráulicos como defensas ribereñas son obras de necesidad pública e interés nacional, debido a que estos proyectos son servicios para la protección contra inundaciones y movimientos de masas que pueden salvar a millones de personas. Debido al Fenómeno del Niño Costero en el Perú del año 2017, se produjeron muchas catástrofes las cuales afectaron a millones de peruanos. Este suceso ocasionó la creación de un plan integral para la reconstrucción el cual, entre sus muchos objetivos, se incluye la construcción de infraestructuras para el control de inundaciones. En vista a la gran importancia y magnitud de estos proyectos, se propone como herramienta principal el empleo de la metodología Building Information Modeling (BIM) para su diseño y construcción.

Desde los últimos años en el sector de la construcción, la implementación de BIM en proyectos de infraestructura ha sido una revolución. Se ha demostrado que el uso del BIM tiene un fuerte impacto positivo en la eficiencia, calidad y productividad en los proyectos de construcción permitiendo identificar incompatibilidades entre distintas especialidades evitando el aumento de costos y ampliación de plazos en los proyectos. Sin embargo, su implementación en el diseño de proyectos hidráulicos como defensas ribereñas puede enfrentar ciertas barreras y dificultades las cuales obstaculizan la integración adecuada de la colaboración entre disciplinas, la creación de modelos BIM y en general la adopción de esta metodología en la etapa de diseño.

Por esta razón, en la presente tesis, se lleva a cabo un análisis detallado de las barreras que se presentan en la implementación del BIM en la etapa de diseño de proyectos hidráulicos como defensas ribereñas. Después de abordar estas barreras, se espera fomentar una adopción más adecuada del mismo en esta etapa e impulsar a la investigación de su adopción en proyectos hidráulicos para en un futuro obtener soluciones y planes de mejora ante las barreras.

1.2. Preguntas de investigación

1.2.1. Pregunta general

¿Cuáles son las dificultades y las barreras que se presentan en la implementación del BIM en el diseño de una defensa ribereña?

1.2.2. Preguntas específicas

- ¿Qué barreras existen al implementar el BIM en el diseño de proyectos de construcción?
- ¿Qué barreras existen en la implementación del BIM en el diseño de proyectos hidráulicos como defensa ribereña según encuestas y casos de estudio?
- ¿Qué resultados se obtuvieron y porque se presentan estas barreras según datos recopilados de estudio?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Analizar las barreras en la implementación del BIM en el diseño, es decir en la elaboración del expediente técnico, de proyectos hidráulicos como defensas ribereñas identificando sus causas

1.3.2. Objetivos específicos

- Recopilar las barreras y dificultades de la implementación del BIM en la etapa de diseño de proyectos de construcción mediante revisión literaria
- Identificar cuáles son las barreras que se presentan en la implementación del BIM en la etapa de diseño de proyectos hidráulicos como defensas ribereñas mediante encuestas y casos de estudio
- Analizar el motivo por el cual se presentan las barreras identificadas y validarlas mediante el método Delphi

1.4. Justificación

En los proyectos de infraestructura hidráulica, o en general en cualquier tipología de proyecto, en la etapa de diseño hay más especialidades trabajando en conjunto y por ello el uso de BIM puede ser muy útil, debido a que, como se sabe, esta metodología tiene muchos beneficios como disminuir costos, disminuir tiempos, mejorar la precisión y calidad del diseño, mejorar la coordinación, entre otros. Sin embargo, los proyectos hidráulicos, como las defensas ribereñas, en los que se implementa la metodología BIM son reducidos según Chuquin, F; Chuquin, C; Saire, R y Sairitupa, M (2023). Esto podría ocurrir debido a distintos factores como por ejemplo el poco conocimiento de los involucrados y la poca implementación de este en proyectos públicos, y más específicamente en obras de defensas ribereñas. Inclusive, no existe en la actualidad muchas investigaciones sobre la implementación o adopción de BIM en proyectos hidráulicos. Por ello, el análisis y la recopilación de información es necesaria e importante para poder analizar adecuadamente las barreras en la implementación del BIM y que en un futuro se sirva como base para brindar soluciones y mejoras para eliminar estas barreras.

1.5. Metodología de investigación

Según las preguntas y los objetivos de investigación planteados previamente, el principal objetivo de la investigación es analizar las barreras en la implementación del BIM en el diseño de obras hidráulicas como defensas ribereñas. En base a ello, se ha formula la metodología que se lleva cabo en la presente tesis la cual tiene un enfoque cuantitativo.

La información se obtiene mediante la revisión de literatura, encuestas a profesionales y casos de estudio. Esto permite tener una gran variedad de respuestas y distintos puntos de vista para así poder obtener mayor profundidad en el tema de investigación. Es necesario resaltar que, en vista a la revisión literaria, se plantean las premisas de la encuesta. Después, con las respuestas obtenidas y los casos de estudio, se hace un análisis de las dificultades y barreras

presentadas en la implementación del BIM para, finalmente, validarlas utilizando el método Delphi.

Las encuestas están dirigidas a profesionales en el rubro del diseño de obras de infraestructura hidráulica, más específicamente en el diseño de defensas ribereñas y expertos relacionados con BIM. Por ello, todos los entrevistados están calificados y sus experiencias y respuestas son de valor para la investigación. Se plantea encuestar a once profesionales involucradas en los rubros antes mencionados. Por otro lado, para la validación de barreras mediante el método Delphi, se plantea encuestar a cuatro profesionales de los cuales se requiere un mayor número de años de experiencia que para la primera encuesta. Es necesario mencionar que, tanto para la encuesta como para la validación mediante el método Delphi, se utilizan formularios mediante la plataforma *Google Forms* y se obtendrán respuestas en la escala de Likert (Muy en desacuerdo, En desacuerdo, Neutral, De acuerdo, Totalmente de acuerdo). Se detalla información más específica para ambas encuestas en sus respectivos capítulos.

Además, para la presente investigación, se han identificado dos etapas críticas las cuales son la etapa de encuesta y la de validación de barreras utilizando el método Delphi. En estas etapas se pueden reducir las velocidades de avance, debido a que dependen de las respuestas y la colaboración de los profesionales involucrados.

1.5.1. Secuencia de la investigación

A continuación, se presenta el orden de la investigación. Además, la siguiente figura muestra un esquema visual de la metodología.

1. Se realiza el marco teórico o revisión literaria en la que se busca y recopila información relevante respecto a la adopción de BIM en el diseño de proyectos de construcción.
2. Se obtienen las principales barreras y dificultades en la implementación de BIM para proyectos de construcción mediante la información recopilada.

3. Se plantea la encuesta mediante afirmaciones según ciertos ejes y se obtienen las respuestas de los encuestados utilizando la escala de Likert.
4. Se realiza un análisis y clasificación de las respuestas obtenidas
5. Se realiza un análisis de casos de estudio como documentos, estándares y expedientes de proyectos hidráulicos.
6. Se plantean afirmaciones y barreras identificadas para proceder con la validación.
7. Se realiza la validación de las barreras empleando el método Delphi con un panel de expertos mediante encuestas.
8. Se obtienen los resultados finales de la validación.
9. Se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas de la investigación.

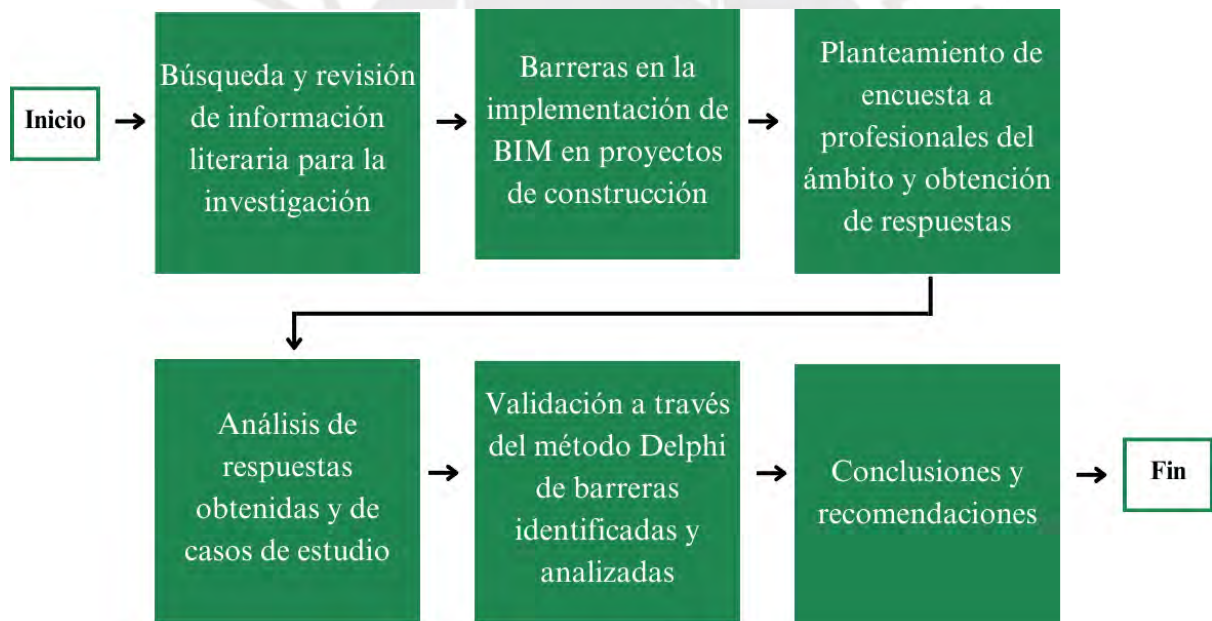


Figura 1. Esquema visual de la metodología

Fuente: Elaboración propia.

2. Marco teórico

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Manzanares, García y Pellicer (2021), en su artículo “Análisis de las barreras a la adopción tecnológica BIM en la fase de diseño de proyectos en España”, realizan un estudio para identificar y analizar las dificultades en la implementación del BIM en el diseño de proyectos en España. Para su investigación, encuestaron a 96 gerentes de empresas proyectistas en España que no han implementado BIM en la etapa de diseño de sus proyectos. Esta fase de la investigación duró 6 meses desde noviembre del 2019. Posterior a ello, se hizo un análisis descriptivo con las respuestas adquiridas en su encuesta.

Ellos llegaron a la conclusión de que España si tiene cierto nivel de madurez BIM. Si bien es cierto no tiene un plan establecido y único de como implementar los requisitos BIM en proyectos de licitación pública, si se han determinado otros puntos como los requisitos para el uso de formatos abiertos y con estándares (IFC), el plan de ejecución BIM (PEB), etc. Por otro lado, se han destacado, a partir de la encuesta realizada, ciertas barreras. Con respecto al eje tecnológico, se obtuvo como resultado que no hay una adecuada interoperabilidad entre programas BIM. Además, se obtuvo que, si los proyectos son muy sencillos, no se requiere la implementación del BIM. Para el factor económico, se destaca la idea de que el costo de capacitaciones y obtención de licencias de software es muy elevado. Y, finalmente, otra barrera que se determinó es que los beneficios del BIM se asocian únicamente con el desarrollo de proyectos de gran magnitud. Los autores relacionan esta barrera con la resistencia al cambio el cual es un problema profundo y muy interiorizado en las personas.

Esta investigación es muy importante y tiene relación con la presente tesis, debido a que se busca analizar las dificultades que existen al implementar la metodología BIM desde la etapa de diseño de los proyectos. La diferencia es que la investigación está enfocada de manera

general en proyectos en España, mientras que la presente tesis está enfocada en proyectos hidráulicos, entre ellos, defensas ribereñas. Sin embargo, se presenta una metodología similar en la que se realizan encuestas para posteriormente analizar los resultados de estas. Además, dicha investigación presenta una recopilación de barreras en la implementación del BIM identificadas en revisión de literatura por países. Esta información es muy útil para poder compararla con otras fuentes de literatura acerca de las barreras en la implementación del BIM en el diseño de proyectos y poder plantear conclusiones.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Yañez, D. (2023), realizó su tesis acerca de “Retos en la implementación del BIM durante la etapa de diseño de infraestructura de salud”. Su investigación tiene como objetivo determinar los desafíos que se presentan en la implementación de BIM en el diseño de proyectos hospitalarios. Para ello, Yañez, entre el 2021 y 2022, entrevistó a doce profesionales quienes trabajaban en el desarrollo de cinco proyectos de infraestructura de salud en Perú. La metodología de la investigación tiene un enfoque cualitativo, ya que se basa en entrevistas para conseguir información sobre los retos en la implementación del BIM para, finalmente, realizar un análisis cualitativo.

Con respecto a los resultados y conclusiones de la tesis, Yañez encontró que existen ciertos desafíos en la revisión literaria que también se han encontrado en su investigación. Entre estos desafíos está la limitación de recursos para capacitar a los profesionales y la falta de competencias en el manejo de software BIM de modelado. Además, mediante las entrevistas que realizó, identifico que las principales barreras para proyectos de infraestructura de salud son la desigualdad de conocimientos relacionados al uso de BIM entre profesionales el cual es un problema importante que afecta la eficiencia y el flujo de trabajo del equipo. También identificó la resistencia al cambio de diseño en 2D a diseño en modelos 3D y, finalmente, que no existe una correcta supervisión del BIM en los proyectos.

Por otro lado, se tiene que resaltar la importancia de la investigación realizada por Yañez para la presente tesis. Tiene un alcance cercano, debido a que ambas tesis están enfocadas en proyectos en Perú; sin embargo, enfocadas para tipologías de proyecto distintas; la tesis de Yañez está enfocada en infraestructura de salud y la presente tesis en proyectos hidráulicos. También, la manera de recolección de información es distinta, ya que la tesis de Yañez tiene un enfoque cualitativo mediante entrevistas, y la presente tesis mediante cuestionarios con un enfoque cuantitativo. La importancia de esta investigación radica, del mismo modo que la anterior, en la obtención por revisión literaria de barreras en la implementación del BIM en el diseño. Esta información es útil para poder hacer un análisis comparativo de las barreras que se hallan en la presente tesis, ya sea por revisión literaria o mediante los cuestionarios. Además, se podrán identificar similitudes y diferencias en estas barreras y ello puede ser de utilidad para tener una perspectiva más amplia y profunda de las barreras más comunes y particularidades de cada tipología de proyecto.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. BIM

2.2.1.1. Definición del BIM

El concepto de BIM tiene múltiples definiciones. Entre ellas se puede definir como una metodología de modelado y procedimientos para la comunicación, la producción y el análisis de datos de construcción según Eastman, Teicholz, Sacks y Liston (2011). Se debe entender que BIM no es solo un modelo tridimensional, sino es también un conjunto de información no gráfica. Además, es adecuado mencionar la visión que se tiene del BIM proporcionada por el Comité de Estándares Nacionales de Modelado de Información de Edificios (NBIMS), la cual es “una mejora de la planificación, diseño, construcción, operación y mantenimiento mediante un modelo de información estandarizado y legible por computadora para cada edificación o

infraestructura, nueva o antigua, que contenga toda la información pertinente creada o recopilada en un formato utilizable por todos a lo largo de su ciclo de vida” (NIBS, 2008).

Otra manera de definir al BIM según BuildingSmart Spain es como un enfoque de gestión que busca la colaboración e integración de un modelo digital integral que reúne toda la información del proyecto desarrollado por todos los participantes. Es importante recalcar que BIM es una metodología colaborativa. Por ello, todos los involucrados deben trabajar en conjunto para poder implementar el BIM maximizando sus beneficios.

2.2.1.2. Campos del BIM

Según Succar (2009), existen tres campos de actividad interrelacionados del BIM. Estos campos tienen interacción entre sí mediante una transacción de conocimiento que Succar menciona como “Pull-push knowledge transactions”. Este mecanismo hace referencia a transferir y recibir conocimiento de parte de los otros campos. De esta manera, todos progresan y se satisfacen las necesidades de cada campo. A continuación, se presentan los tres campos BIM según la clasificación de Succar.

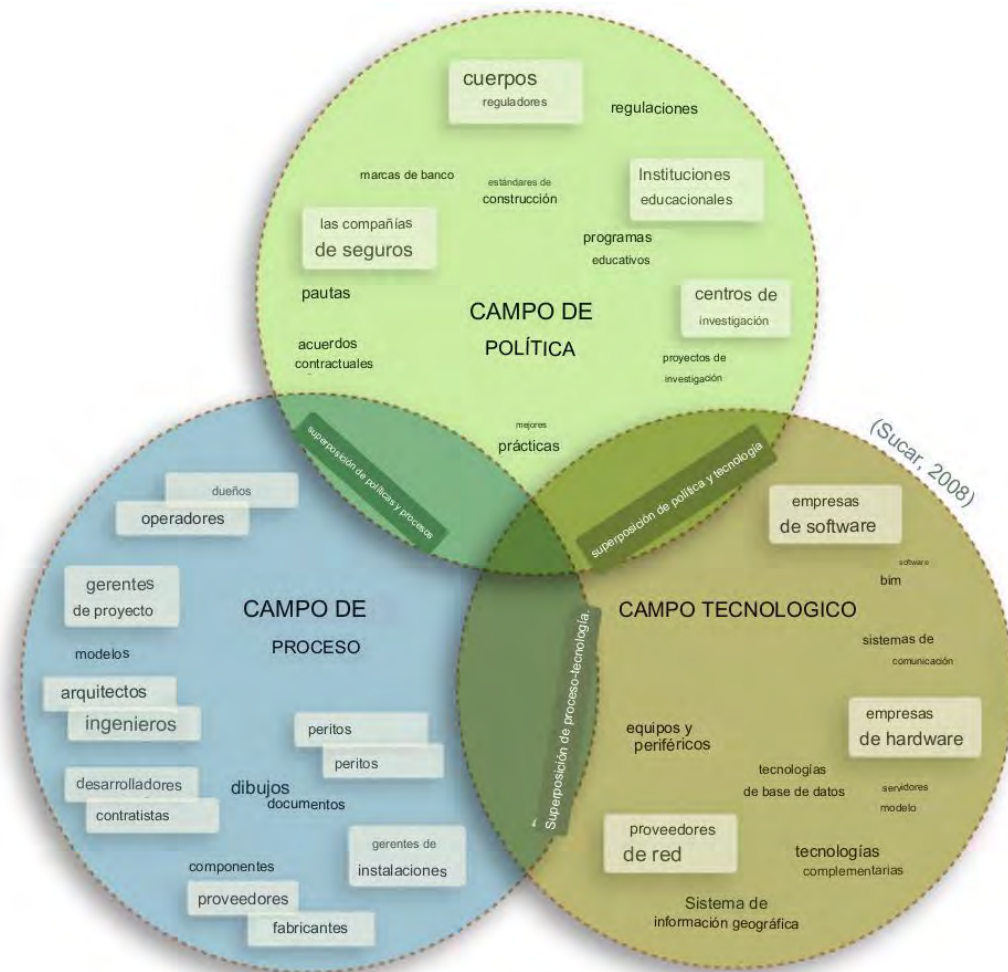


Figura 2. Campos interrelacionados del BIM

Fuente: Adaptado de *Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders* por Sucar (2009).

Uno de estos campos es el campo tecnológico BIM. Este campo hace referencia a especialistas en el desarrollo de software, hardware, sistemas de equipos y redes para aumentar la eficiencia de los sectores de Arquitectura, Ingeniería y Construcción. Un ejemplo de este campo es la empresa Autodesk que se dedica a realizar software de diseño y construcción.

El segundo campo es el de procesos BIM. En este campo están los actores que adquieren, diseñan, construyen, fabrican, utilizan y mantienen las estructuras. Entre ellos están los arquitectos, propietarios, ingenieros, contratistas, gestores, etc.

El tercer campo es el de las políticas BIM en el que se agrupan a los actores que tienen como objetivo realizar investigaciones, formar y preparar profesionales, y analizar riesgos en

la industria de AEC. Los actores de este campo no se encargan de construir, sino de generar estándares y lineamientos para las etapas de diseño, construcción y mantenimiento en proyectos.

2.2.1.3. Etapas BIM

Aparte de los campos, Succar también menciona las etapas BIM que delimitan el grado de madurez en la implementación BIM en cierta empresa, proyecto, organización, etc. Existen tres etapas de madurez fijas que las entidades deben implementar de manera gradual y consecutiva. La figura 3, muestra las etapas que se tienen.

- La primera es la etapa BIM 1: Modelación basada en objetos. En esta primera etapa se desarrollan modelos de cada especialidad por separado en la etapa del proyecto en la que se esté.
- La siguiente es la etapa BIM 2: Colaboración basada en modelos. Después de que se hayan desarrollado modelos de cada especialidad por separado en la etapa 1, se intercambia información con las otras especialidades mediante dichos modelos.
- La tercera es la etapa BIM 3: Integración basada en la red. En esta última etapa se desarrollan modelos federados (modelos compartidos por todas las disciplinas). Estos modelos federados tienen la ventaja de que pueden ser utilizados para solucionar problemas como por ejemplo interferencias entre disciplinas. Además, el trabajo colaborativo comienza a destacarse debido al modelo federado de todos los involucrados.



Figura 3. Etapas BIM

Fuente. Adaptado de *Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders* por Succar (2009).

2.2.1.4. Beneficios de la implementación del BIM en la etapa de diseño

En la etapa de diseño de un proyecto de construcción se requiere la coordinación de todos los aspectos como por ejemplo el estético, estructural, económico, funcional y energético. Según Salinas y Prado (2019), la implementación y el uso de la metodología BIM logran integrar todos estos aspectos adecuadamente mediante la colaboración de todos los participantes en el diseño implementando modelos, analizando interferencias y solucionando problemas a lo largo del proceso.

Eastman et al. (2018), en el libro de BIM Handbook, afirman que hay siete beneficios de implementar BIM en la etapa de diseño de proyectos de construcción. A continuación, se mencionan dichos beneficios.

- **Visualización más temprana y precisa del diseño:** El modelo 3D BIM se genera directamente en lugar de realizarse a partir de los planos 2D tradicionales. Además, permite visualizar el modelo en todas las etapas del proyecto.
- **Correcciones automáticas menores al realizar cambios en el diseño:** Si los objetos están diseñados por reglas paramétricas, no se presentan errores de alineación, coordinación o geométricos en el modelo 3D. Esto es útil, ya que el personal no tiene que corregir ciertos tipos de errores manualmente.
- **Creación automática de modelos 2D a partir del 3D en cualquier fase del diseño:** Implementando BIM, es posible extraer dibujos, planos y vistas 2D. Esto facilita la reducción de tiempo y errores que se tendrían en el desarrollo de planos de construcción de manera manual y tradicional, sin el uso de BIM.
- **Mayor colaboración entre especialidades en etapas iniciales del diseño:** Si bien es cierto la colaboración en el diseño tradicional también es posible, pero esta requiere más tiempo y trabajo que hacerla con modelos 3D vinculados que facilitan el trabajo colaborativo. Esto reduce el tiempo y minimiza los errores en la etapa de diseño.

- **Mayor sencillez al verificar la coherencia con la intención de diseño:** Como se ha mencionado, el uso de BIM permite visualizar modelos 3D en etapas tempranas de y, además, cuantifica los materiales que se emplean y superficies. Así se podrá evaluar e identificar errores o valores incoherentes en el proyecto con respecto a los requisitos de este.
- **Posibilidad de estimar costos durante la etapa de diseño:** BIM permite extraer metrados (cantidades) de materiales, volúmenes y áreas que son útiles para el cálculo de costos. La capacidad de estimar costos desde la etapa de diseño permite tomar decisiones más precisas, informadas y con valores más exactos.
- **Optimización de eficiencia energética y de sostenibilidad:** Para edificaciones y proyectos industriales, la integración del modelo BIM con herramientas de análisis energético es útil para conocer el consumo energético desde la etapa de diseño y poder realizar modificaciones en el proyecto para mejorar la eficiencia energética. No resultaría sencillo realizar estas prácticas haciendo uso de métodos tradicionales de diseño.

2.2.2. Virtual Design and Construction (VDC)

El VDC es una metodología de diseño y construcción virtual la cual usa los modelos BIM para poder alcanzar los objetivos establecidos en un proyecto de manera óptima. Según Kunz, John y Fischer, Martín (2020), el VDC aborda un enfoque estructural haciendo uso de modelos BIM para el diseño, construcción y mantenimiento mediante un proceso de gestión de la producción. En otras palabras, la metodología VDC no solo cubre el Building Information Modeling, sino también la organización del equipo y su proceso de trabajo. Los tres conceptos mencionados anteriormente son los pilares del VDC y Martín Fischer los nombra de la

siguiente manera: El diseño del producto (modelos BIM), el diseño de la organización y el modelo de proceso de gestión de la información.

2.2.2.1. Diseño del producto (BIM)

Este pilar hace referencia al producto y a las herramientas que se utilizarán las cuales, en este caso, son los modelos BIM. En estos modelos se incluyen todos los elementos o contenido de este. Estos modelos deben ser precisos y no solo deben incluir el contenido gráfico, sino también deben incluir información no gráfica (parámetros) como por ejemplo tipo de materiales, dimensiones, proveedores, vida útil, etc.

2.2.2.2. Diseño de organización

Este pilar está asociado a las organizaciones las cuales están formadas por las personas/profesionales. Esto implica que el objetivo de las organizaciones se basa en analizar y explorar para reducir el impacto del proyecto diseñado en los modelos BIM. Esto significa que los profesionales descritos en este pilar deben tener un conocimiento óptimo de VDC y BIM para tener una coordinación efectiva.

2.2.2.3. Modelo de proceso de gestión de la información

El proceso de gestión de la información explica cómo la organización (personas) deberían trabajar y está muy ligado a distintas metodologías o filosofías como Lean Construction. Esta filosofía utiliza una gran cantidad de métodos para reducir pérdidas, entre ellos está el método de Planificar, Hacer, Verificar, Actuar o, con sus siglas en inglés, PDCA. Este método no solo se puede usar en el VDC, sino también en otras etapas o segmentos del proyecto como la construcción, diseño, planeamiento, etc. Kunz y Fischer, específicamente, para la gestión de la información, afirman que el método PDCA se adapta para tener un flujo de trabajo ordenado el cual pueda ser monitoreado.

2.2.2.4. Ingeniería Concurrente Integrada (ICE)

Como lo mencionan Kunz, John y Fischer, Martin (2020), la ICE consiste en un sistema que sirve para reunir a un grupo de personas para que interactúen acerca de distintos temas del proyecto. Involucra el diseño del producto, diseño de organizaciones y el modelo de proceso de gestión de la información. Además, las sesiones ICE se trabajan en salas con múltiples monitores y equipos multidisciplinarios como el propietario, contratistas, arquitecto, coordinador BIM, etc, quienes realizan aportes significativos con respecto a los puntos que se estén tratando. Además, estas sesiones permiten reducir ampliamente el tiempo de respuestas a las consultas, ya que se reciben respuestas instantáneas a diferencia de las consultas formales o requerimientos de información (RDI) en la que se reciben respuestas después de varios días o incluso semanas desde el envío de la consulta.

2.2.3. Control de inundaciones

Según la ficha técnica de Gestión de Inundación es en el Perú elaborada el 2015, los sistemas de control de inundaciones son mecanismo y elementos naturales para la protección contra la erosión e inundación de ríos. Estos mecanismos hacen referencia a medidas estructurales y no estructurales que permiten controlar las crecidas de los cauces de los ríos. En otras palabras, es un plan global que busca minimizar y gestionar los efectos adversos de las crecientes de los ríos.

2.2.3.1. Defensas ribereñas como proyectos de control de inundación

Una defensa ribereña es una parte específica de un proyecto de control de inundación y hace referencia a los mecanismos estructurales implementados. Esta estructura puede contener muros de contención, diques, barreras flotantes, etc. Como se mencionó anteriormente, en esta tesis se abordará específicamente el concepto de defensas ribereñas.

2.2.3.2. Proceso de diseño

Según Terán (1998), para el diseño de defensas ribereñas, se debe considerar 6 puntos.

1. Evaluación de áreas susceptibles a erosión

En este punto se evalúa la erosión de ciertas áreas. Para ello, se requiere una evaluación de áreas dañadas y susceptibles a ser dañadas para tomar las medidas necesarias. En el aspecto agrícola, se evalúan las áreas erosionadas en unidad de hectárea (ha) para cuantificar el grado de pérdida. También, se evalúa el aspecto urbano, en el cual se consideran centros de población susceptibles a inundaciones y otros factores que ponen en riesgo a estos. Además, se evalúan los daños de la infraestructura de la zona que, por lo general, está en los centros de población. Por último, se evalúa el factor industrial, para cuantificar pérdidas económicas agroindustriales.

2. Geomorfología

También es importante evaluar la geomorfología de la zona. Se propone evaluar el curso de agua, tipos de flujo, tipos de lecho, potencia de flujo y sedimentos con el fin de tener una descripción más clara y detallada del río en estudio.

3. Hidrología

En este punto se observan las características hidrológicas del río como por ejemplo su régimen, caudales, sedimentación de la cuenca, etc. Se requiere obtener información de los caudales máximos del río (m^3/s) de cada año. De esta forma se podrá obtener un caudal adecuado (caudal máximo) para que la construcción de la estructura no tenga un costo muy elevado. Por último, se evalúan las áreas inundables para las cuales, por practicidad, se considera el cauce actual.

4. Hidráulica

En esta cuarta etapa, se diseña el sistema de encauzamiento cuya función es proteger a las áreas susceptibles de inundaciones. Este sistema está compuesto por material arrimado de río y revestido con rocas de gran tamaño; sin embargo, depende de los materiales disponibles en la zona. Además, se calcula la longitud requerida y se define la posición del encauzamiento según la amplitud del cauce y las áreas susceptibles directas. Por otra parte, se calcula la sección estable de río (ancho) y tirante de máximo caudal (altura de flujo de agua con respecto a la base) para poder obtener la altura del encauzamiento y la profundidad de socavación.

5. Topografía

En este penúltimo punto del diseño, se realiza el levantamiento topográfico con coordenadas el cual consiste en obtener la altura de distintos puntos de estudio respecto a un eje de referencia y poder ubicarlos en un eje principal. Después, se efectúan secciones transversales a este eje principal cada 20 metros. Luego, se define el perfil longitudinal y, finalmente, se realiza la planilla de movimientos de tierra la cual define los volúmenes de relleno y corte para cada parte.

6. Aspecto económico

Por último, se evalúa la posibilidad de tener un caudal superior al de diseño y al del promedio de caudales registrados cada año. Se consideran los daños que se ocasionarían en las áreas susceptibles a erosión y se evalúan las pérdidas económicas.

2.2.3.3. Partes involucradas en la etapa de diseño de una defensa ribereña

Como se ha podido observar, hay muchas disciplinas e involucrados en el diseño de una defensa ribereña. A continuación, se enumeran las disciplinas o partes involucradas en esta etapa.

- **Hidrología:** La hidrología para el diseño de defensas ribereñas se encarga de determinar el caudal máximo y, por lo tanto, el caudal de diseño.
- **Geología:** La geomorfología identifica características generales y relevantes del río.
- **Topografía:** Esta parte determinara la geometría de la zona de estudio.
- **Hidráulica:** Mediante el diseño y modelamiento hidráulico, esta disciplina se encarga del diseño completo del encauzamiento.
- **Ingeniería ambiental:** Esta disciplina se ocupa generalmente de la protección del medio ambiente. Para el diseño de defensas ribereñas se puede encargar de la evaluación de impactos que tendría en los alrededores.
- **Ingeniería geotécnica:** Esta disciplina se ocupa del estudio de mecánica de suelos el cual es útil para conocer el terreno en el que se propone construir la defensa ribereña.
- **Ingeniería estructural:** Para el diseño de defensas ribereñas, escoge el sistema de encauzamiento que se tendrá y analiza su resistencia estructural.

2.2.4. Sistemas de información geográfica (SIG)

Una herramienta muy útil para proyectos hidráulicos y, en general, para todo tipo de proyectos de infraestructura son los sistemas de información geográfica (SIG). Santos (2020) afirma que los SIG se pueden definir como una herramienta tecnológica la cual permite gestionar y analizar datos geospaciales del terreno. Es importante mencionar que, además de ello, los SIG permiten utilizar esta información geoespacial para la generación de mapas. Santos también menciona la importancia de este sistema el cual permite resolver problemas de carácter espacial. Por ello, los SIG no son solo utilizados en el campo de la ingeniería como la

prevención de inundaciones o la gestión de recursos naturales, sino también en la planificación territorial, la agricultura, entre otros.

Por otro lado, Hidalgo (2018) menciona cinco componentes necesarios para la implementación de un SIG. El primer componente son los datos geoespaciales. Es necesario la obtención de estos datos para realizar cualquier tipo de operación. El segundo son los programas tanto de SIG como de análisis de datos. El tercer componente es el hardware. Debido a la gran cantidad de información que requieren los SIG, se necesitan equipos adecuados para el procesamiento. El cuarto componente son las personas o usuarios. Hidalgo comenta que este componente es el más importante, debido a que ellos son los que van a gestionar la información de los SIG. Finalmente, se menciona al último componente el cual son los procesos. Para gestionar adecuadamente la información, se requieren definir métodos y procedimientos.

Por último, se destaca la aplicación de los SIG en el diseño de proyectos hidráulicos y más aún en el diseño de defensas ribereñas. Llorente, Díez-Herrero y Laín (2009), describen una serie de usos de los SIG para el control de inundaciones. Entre ellos está la obtención de parámetros de cuerpos de agua e hidrológicos, la elaboración de cartografías de riesgos, la gestión de datos de precipitaciones, la delimitación de áreas inundables la cual es sumamente útil para el diseño de diques, la asistencia en la elaboración de medidas preventivas ante desastres en el territorio, etc. Como se puede observar, el uso de SIG puede ser muy útil para la etapa de diseño de proyectos de control de inundaciones. Además, muestra un gran número de usos e información que podrían facilitar las decisiones a tomar en el diseño de defensas ribereñas en comparación con metodologías que no utilicen SIG.

2.2.5. Método Delphi

El método Delphi se considera una herramienta de investigación la cual sirve para identificar, analizar y solucionar problemas mediante un proceso comunicativo de un grupo de expertos en un panel. López, E (2018) afirma que la metodología de este método se debe realizar desde el anonimato y establecer un proceso iterativo mediante la retroalimentación para poder llegar a una misma respuesta por todo el panel de expertos.

Este panel de expertos es sumamente importante, debido a que de este depende la precisión de los resultados que se obtengan después de realizar el método. López (2018) también menciona que es importante identificar y seleccionar a los expertos bajo ciertos criterios apropiados, en lugar de hacer una selección sin fundamento o arbitraria. Por otra parte, según García y Suarez (2013), hay una serie de fases para aplicar el método Delphi que se visualizan en la figura 4.

1. Fase preparatoria

En esta fase se deben plantear adecuadamente los objetivos del estudio y la identificación del problema, ya que son estos los que dan el propósito de realizarlo. También, se debe hacer la selección de los expertos y hacer la preparación del instrumento, que, para la presente investigación, es un cuestionario con las afirmaciones o preguntas definidas. Finalmente, se realiza el envío del cuestionario a los expertos por medio de correo electrónico.

2. Fase de consulta

Una vez enviado el cuestionario, comienza la ronda de consultas y el proceso iterativo. Se analizan las respuestas obtenidas del primer cuestionario para después enviar dichas respuestas junto con una retroalimentación y resultados estadísticos de las respuestas grupales. Este proceso permite a los expertos reevaluar sus aportes, si lo consideran necesario, al conocer las respuestas de los demás. Este procedimiento se realiza iterativamente hasta que el panel de

expertos tenga una diferencia de opinión mínima. Generalmente son necesarias 3 iteraciones como máximo según López, E (2018).

3. Fase de consenso

El propósito final de utilizar el método Delphi es llegar a un acuerdo de todos los expertos; sin embargo, este acuerdo no es exacto y se debe tener un consenso grupal el cual defina el nivel de acuerdo requerido para dar como culminado el método. Finalmente, se realiza un reporte final con los resultados obtenidos.



Figura 4. Fases del método Delphi

Fuente: Obtenido de *El método Delphi para la consulta a expertos en la investigación científica* por García y Suarez (2013)

2.2.6. Diagrama de Ishikawa

Otra herramienta que es útil para la presente investigación es la del diagrama de Ishikawa. Valenzuela (2000) afirma que esta herramienta ayuda a identificar y visualizar las causas de un problema estructurando adecuadamente la información y utilizando un esquema que se representa como espina de pescado. En este esquema, el problema que se está analizando sería la cabeza del pez y las causas del problema serían las espinas las cuales estarán separadas por categorías.

Según Gallego y Sierra (2012), existe una secuencia de pasos para elaborar adecuadamente el diagrama de Ishikawa. El primer paso es definir correctamente el problema que se tiene cuyas causas desean ser encontradas. Luego se debe realizar el esquema del diagrama colocando el problema al lado derecho y el eje principal. Se recopilan las causas del problema que se está analizando y se identifican las principales para añadir las al diagrama en cada rama principal. A partir de estas causas principales, se recopilan subcausas y se procede a comprobar la validez del diagrama evaluándolo de manera integral. Finalmente, se realizan las conclusiones respectivas.

2.3. Realidad peruana

En el Perú, los proyectos para el control de inundaciones generalmente se dan mediante licitaciones públicas las cuales se basan en un proceso abierto en el que las empresas interesadas en estos proyectos pueden postular y presentar sus expedientes técnicos. Esto se debe a que este tipo de proyecto está catalogado como de interés nacional y es crucial para el bienestar público según ley. Además, los proyectos públicos en el Perú representan el 5% del Producto Bruto Interno (PBI) en la actualidad según el Banco Central de Reserva del Perú (BCRP). A pesar de ello, presentan limitaciones en cuanto la utilización de metodologías innovadoras y recientes como es el uso de BIM lo que hace que el desarrollo de estos proyectos sea deficiente según Chuquin et al. (2023).

Existe una entidad pública encargada de llevar a cabo un plan integral para reconstruir y mejorar infraestructura que ha sufrido daños por el fenómeno del Niño Costero del 2017 en varios departamentos del país. El principal objetivo de esta entidad es recuperar el bienestar y mejorar la calidad de vida de la población mediante infraestructura innovadora y servicios de calidad.

Este plan integral está llevándose a cabo en 13 regiones del Perú y sus proyectos se basan en reconstrucción, construcción, soluciones de vivienda y fortalecimiento de capacidades de entidades ejecutoras con un presupuesto total de S/ 25 655 millones según la página web de la entidad. De esta cantidad total, se tiene un presupuesto de S/ 5446 millones para construcción de infraestructura de prevención como movimiento de masas y control de inundaciones que son defensas ribereñas. Actualmente, tienen 8 proyectos de control de inundaciones en progreso y planifican terminar 31 proyectos en total para el año 2026 mencionados en su página web.

2.3.1. Plan BIM Perú

Debido a las limitaciones en el uso de metodologías innovadoras y la gran inversión que se tiene para proyectos públicos, se elaboró el Plan BIM Perú el cual define los requerimientos y acciones principales para la ejecución de proyectos públicos implementando la metodología BIM. Este plan forma parte de las políticas del Plan Nacional de Competitividad y Productividad promovida por el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF). Además, según el MEF (2023), este plan presenta estrategias a nivel nacional para incorporar gradualmente el BIM en todas las etapas de los proyectos de inversión desarrolladas por empresas ligadas al Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones.

Uno de los documentos más importantes del Plan BIM Perú es la Guía Nacional BIM. Este documento define estándares y conceptos asociados con la metodología BIM y la gestión de la información. Además, está orientado a entidades del sector público que desarrollen proyectos de inversión utilizando la metodología BIM (Guía Nacional BIM, 2023). Cabe resaltar que este documento está basado en las normativas ISO, específicamente la ISO 19650-1 y la ISO 19650-2, las cuales son normas internacionales que establecen principios y requisitos para la implementación del BIM en proyectos.

A continuación, en la figura 5 se presentan las etapas y sus acciones para la implementación gradual del BIM en todas las etapas del Ciclo de Inversión; mientras que en la figura 6 se detallan los objetivos hasta el 2030 del Plan BIM Perú.



Figura 5. Adopción progresiva de BIM en fases de ciclo de inversión

Fuente: Obtenido de *infografías de Ministerio de Economía y Finanzas*. Recuperado de http://www.mef.gob.pe/planbimperu/docs/recursos/info_etapasAdopBIM.pdf



Figura 6. Objetivos del plan BIM Perú hasta el año 2030

Fuente: Obtenido de *Plan de implementación y hoja de ruta del Plan BIM Perú* por el Ministerio de Economía y Finanzas (2021)

2.4. Barreras en la implementación del BIM en el diseño de proyectos de obra civil

Al igual que se han mencionado ciertos beneficios de utilizar BIM desde el diseño de proyectos de construcción, también existen claras barreras en su implementación las cuales dificultan una adopción más veloz en proyectos de construcción. Es necesario resaltar que no solo existen dificultades al implementar el BIM, sino también en el uso de esta metodología en proyectos. A continuación, se presentan barreras y dificultades en dicha implementación según la literatura existente.

Se realizó una investigación acerca de los desafíos en la implementación del BIM por Criminal y Langar (2017). Ellos encontraron 36 desafíos y los dividieron en dos grandes grupos que son Organización y Proyecto. Los tres desafíos más comunes que identificaron son el tiempo que se necesita para contratar y/o entrenar al personal para usar BIM, el costo que se necesita para contratar y/o entrenarlos, y que no hay un criterio oficial establecido para evaluar el uso de BIM.

Estos tres desafíos, además de ser los más comunes, pertenecen al área de Organización lo que significa que las empresas u organizaciones deben superar mayores dificultades para implementar BIM. Además, dos de estos desafíos mencionados están relacionados al costo y tiempo para contratar y entrenar personal lo que indica un notorio bajo interés por parte de las organizaciones en implementar metodologías innovadoras que generen resultados más eficientes. Esto puede estar vinculado con la resistencia al cambio de estas compañías al no invertir en nuevas competencias y preferir la utilización de métodos tradicionales.

Por otra parte, Manzanares, García y Pellicer (2021) realizaron una investigación del análisis de barreras del BIM en la etapa de diseño de proyectos en España. En su investigación recopilaron las barreras de la implementación del BIM en trece países de todo el mundo e identificaron las que todos los países compartían. Entre ellas está la falta de estándares BIM,

resistencia al cambio, costos de licencias de software BIM, falta de conocimientos de personas, bajo soporte de las partes interesadas y problemas de organización. Como se puede observar, hay una relación entre las barreras identificadas en la investigación mencionada anteriormente y la presente con respecto a la falta de estándares BIM y el factor económico para invertir en programas, licencias, capacitaciones, etc.

También, Panuwatwanich y Peansupap. (2013) identificaron barreras muy interesantes. Entre ellas está el falso concepto de que los beneficios del BIM se apreciaran a corto plazo. Aquellas personas que tengan este erróneo concepto podrían desalentarse y decepcionarse, ya que el uso de la metodología BIM no presenta beneficios a corto plazo. El uso del BIM es una inversión a largo plazo y la potencia de esta metodología se ve apreciada en todo el proyecto al igual que sus beneficios.

Otra barrera que identificaron, la cual se menciona que es una de las principales en la implementación del BIM, es la resistencia que las personas tienen a adaptar su metodología o proceso de trabajo tradicional a una que incluya el uso del BIM. Se indica que las organizaciones si son conscientes de los beneficios que conlleva utilizar esta metodología, pero tienen cierto rechazo a cambiar sus procedimientos existentes. Un ejemplo de esto puede darse con respecto a los planos tradicionales utilizando CAD (computer aided design). Se sabe que estos planos satisfacen las necesidades de dibujo por parte de las distintas especialidades que realizaran sus planos; sin embargo, el uso programas BIM como por ejemplo Revit sería mucho más adecuado. El motivo por el cual no deciden realizar el cambio es porque el proceso de trabajo tradicional proporciona resultados positivos, por ello no deciden arriesgarse a probar herramientas nuevas (metodología BIM) y cambiar su proceso.

Finalmente, es necesario mencionar los campos que se consideran en la investigación para clasificar las barreras identificadas. Como se ha apreciado, utilizar dos campos como

Organización y Proyecto puede resultar un poco limitante debido a otros campos que se tienen como los propuestos por Succar (Campo tecnológico, político y de procesos). Por ello, Yañez (2023) propone dos campos adicionales en su investigación mencionada anteriormente. Entre ellos, está el campo de estándares y el de personas. Sin embargo, los campos que se consideran en la presente investigación son los que se mencionan en el VDC (personas, procesos, tecnología), debido a que son bastante amplios y dentro de ellos se puede abarcar y clasificar todo tipo de barreras.



3. Instrumento para obtención de datos

Como se ha mencionado anteriormente, la manera en la que se obtendrá la información es mediante encuestas estructuradas. Además, las afirmaciones que se realizan están planteadas de acuerdo con los ejes del VDC los cuales son personas, procesos y tecnología.

3.1. Formulación de la encuesta

La encuesta tiene como objetivo captar una percepción acerca de las barreras que se presentan en la implementación de la metodología BIM desde la etapa de diseño de proyectos hidráulicos como las defensas ribereñas. Algunas de las afirmaciones de la encuesta fueron adaptadas de la investigación de Villena Manzanares et al. (2021), ya que plantean una gran gama de afirmaciones. Si bien es cierto su investigación está enfocada de manera genérica en proyectos en España, algunas de sus ideas pueden asociarse a proyectos hidráulicos. Se modificaron ciertos puntos acorde con las peculiaridades de proyectos hidráulicos y la revisión de literatura.

La encuesta consta de 12 afirmaciones y están divididas de igual forma en cada eje (4 afirmaciones por eje). Se plantea realizarla en la herramienta de encuestas *Google Forms* y se utiliza la escala de Likert para poder captar la percepción de los profesionales de manera más óptima. Son cinco opciones de respuesta en total (Muy en desacuerdo, En desacuerdo, Neutral, De acuerdo, Totalmente de acuerdo). En el Anexo A se presenta dicha encuesta.

3.1.1. Premisas de la encuesta

Eje de Personas

- Los profesionales involucrados en el diseño de obras hidráulicas no cuentan con las herramientas y conocimientos necesarios para implementar BIM.
- Los profesionales muestran resistencia a adoptar la metodología BIM para el diseño de obras hidráulicas y prefieren emplear la metodología de diseño tradicional.
- Capacitar a las personas acerca de la metodología BIM requiere de mucho tiempo y dinero.
- Únicamente se implementa la metodología BIM si el cliente del proyecto lo solicita.

Eje de Procesos

- Se utilizaron metodologías de colaboración para la gestión del BIM
- No se siguió ningún estándar para implementar el BIM
- El plan BIM Perú no es de utilidad para el diseño de proyectos hidráulicos
- Para implementar el BIM no se tiene una visión adecuada.

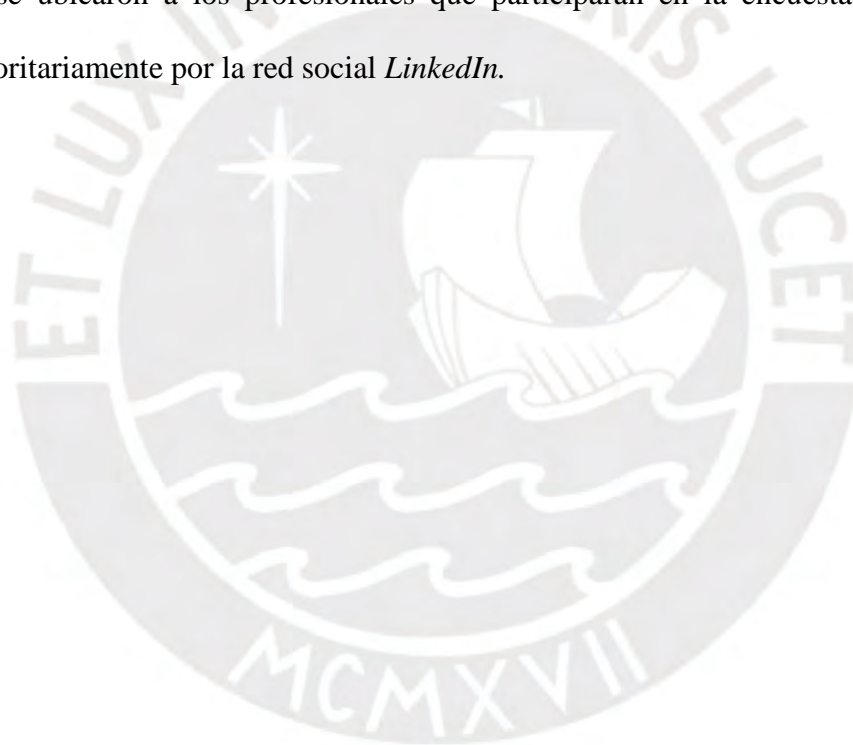
Eje de Tecnología

- No existe una adecuada interoperabilidad entre distintos software BIM para proyectos hidráulicos
- El diseño de proyectos hidráulicos es demasiado complejo e impide utilizar la metodología BIM adecuadamente
- El diseño de proyectos hidráulicos es sencillo por lo que no requiere utilizar la metodología BIM
- El costo de las licencias de los programas BIM para proyectos hidráulicos es muy elevado, por ello no se implementa esta metodología.

3.2. Público objetivo y muestra

El perfil objetivo que se busca para que respondan la encuesta consiste, principalmente, en profesionales que tenga experiencia en el diseño de proyectos hidráulicos como por ejemplo defensas ribereñas y/o experiencia utilizando la metodología BIM. Se ha tomado una muestra de 11 profesionales que cumplen con el perfil buscado.

Esta muestra está conformada por ingenieros de diseño hidráulico, modeladores BIM, coordinadores BIM, jefes de ingeniería e ingenieros geotécnicos enfocados en diseño de defensas ribereñas. En el anexo C se detalla más información de los profesionales participantes. Finalmente, se ubicaron a los profesionales que participaron en la encuesta por distintos medios, mayoritariamente por la red social *LinkedIn*.



4. Análisis de resultados obtenidos

4.1. Análisis de respuestas de encuesta

4.1.1. Cuadro resumen de respuestas de encuesta

Se presenta en el siguiente gráfico un cuadro resumen de las once respuestas a cada afirmación de los profesionales encuestados según los ejes establecidos. Se muestra el puntaje asignado a las respuestas en la escala de Likert para que luego se usen en el análisis. “Muy en desacuerdo” tiene un puntaje de 1, “En desacuerdo” tiene un puntaje de 2, “Neutral” tiene un puntaje de 3, “De acuerdo” tienen un puntaje de 4 y “Totalmente de acuerdo” tiene un puntaje de 5. Los resultados completos se presentan en el Anexo B. A continuación, se presenta la tabla resumen de las respuestas de la encuesta.

Tabla 1.

Resumen de respuestas obtenidas de la encuesta

	Muy en desacuerdo (1)	En desacuerdo (2)	Neutral (3)	De acuerdo (4)	Totalmente de acuerdo (5)	Media	Mediana	Moda
Eje de personas								
Los profesionales involucrados no cuentan con las herramientas y conocimientos necesarios para implementar BIM.	0%	27%	9%	45%	18%	3.55	4	4
Los profesionales muestran resistencia a adoptar la metodología BIM para el diseño y prefieren emplear la metodología de diseño tradicional.	0%	55%	0%	45%	0%	2.91	2	2
Capacitar a los profesionales acerca de la metodología BIM requiere de mucho tiempo y dinero.	0%	0%	36%	55%	9%	3.73	4	4
Únicamente se implementa la metodología BIM si el cliente del proyecto lo solicita.	0%	0%	9%	55%	36%	4.27	4	4

Eje de procesos								
Se utilizaron metodologías de colaboración para la gestión del BIM	0%	9%	36%	45%	9%	3.55	4	4
No se siguió ningún estándar para implementar el BIM.	18%	64%	18%	0%	0%	2.00	2	2
El plan BIM Perú no es de utilidad para el diseño de proyectos hidráulicos.	9%	64%	27%	0%	0%	2.18	2	2
Para implementar el BIM no se tiene una visión adecuada.	0%	36%	9%	55%	0%	3.18	4	4
Eje de tecnología								
No existe una adecuada interoperabilidad entre distintos programas BIM para proyectos hidráulicos.	0%	36%	18%	36%	9%	3.18	3	2
El diseño de proyectos hidráulicos es demasiado complejo e impide utilizar la metodología BIM adecuadamente.	9%	45%	45%	0%	0%	2.36	2	2
El diseño de proyectos hidráulicos es sencillo, por lo que no requiere utilizar la metodología BIM.	18%	64%	9%	9%	0%	2.09	2	2
El costo de las licencias de los programas BIM para proyectos hidráulicos es muy elevado, por ello no se implementa esta metodología.	0%	18%	27%	45%	9%	3.45	4	4

Nota. Elaboración propia.

4.1.2. Descripción de resultados de encuesta

4.1.2.1. Eje de personas

Como se ha apreciado anteriormente, para el eje de personas se presentaron cuatro afirmaciones. A continuación, se presenta un gráfico de barras el cual incluye las cuatro afirmaciones del eje de personas, así como las respuestas en la escala de Likert.

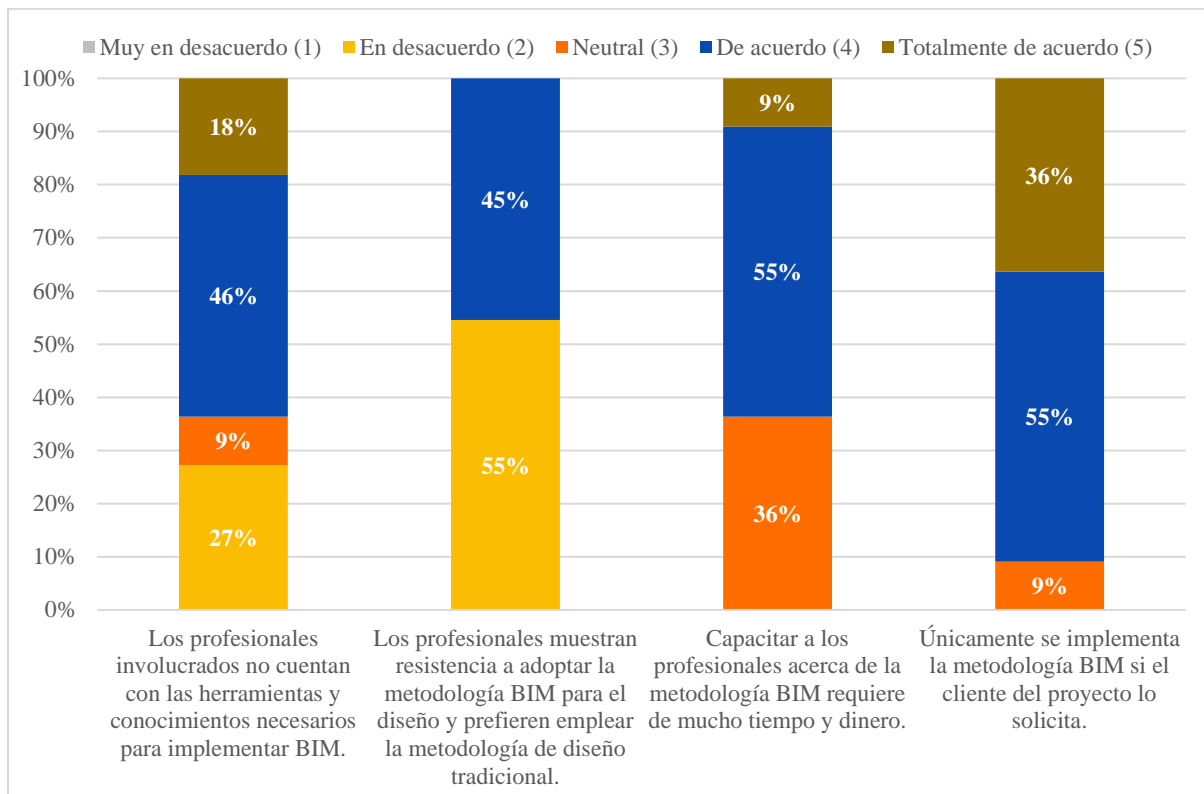


Figura 7. Respuestas de las cuatro afirmaciones del eje de personas

Fuente: Elaboración propia.

Como primera afirmación de la encuesta, se propuso la idea de que los profesionales involucrados no cuentan con las herramientas y conocimientos necesarios para implementar la metodología BIM. Se identifica en el gráfico que la mayoría de los profesionales encuestados (46%) está de acuerdo con esta idea. Además, la segunda mayor cantidad de profesionales está en desacuerdo. Esto puede significar que, en la actualidad, los profesionales ya son exigidos a contar con conocimientos de la metodología BIM.

Como segunda afirmación, se planteó la idea de que los profesionales muestran resistencia a adoptar la metodología BIM para el diseño y prefieren emplear la metodología de diseño tradicional para proyectos hidráulicos. Solo hay dos posturas por parte de la muestra de profesionales. El 45% de la muestra está de acuerdo con la premisa, mientras que el 55% está en desacuerdo. Existe una opinión dividida por lo que se requiere realizar un análisis más a fondo acerca de esta idea.

La tercera afirmación consiste en que capacitar a los profesionales acerca de la metodología BIM requiere de mucho tiempo y dinero. Los resultados de esta premisa muestran que el 55% de la muestra está de acuerdo con la idea. Además, se aprecia que solo hay tres respuestas por parte de la muestra: totalmente de acuerdo, de acuerdo y neutral. Los profesionales tienden a opinar positivamente acerca de esta idea.

Como última afirmación del eje de personas, se propuso la idea de que únicamente se implementa la metodología BIM si el cliente del proyecto lo solicita. El 55% de los participantes está de acuerdo con aquella premisa, seguido de un 36% que está totalmente de acuerdo. Estos resultados esclarecen la idea de que, para proyectos hidráulicos, el uso del BIM este sujeto a una obligación u orden.

4.1.2.2. Eje de procesos

Del mismo modo, se presenta a continuación un gráfico de barras en el cual se aprecian las respuestas a las cuatro premisas del eje de procesos. Cabe resaltar que para las premisas de este eje se plantean para un proyecto hidráulico en particular.

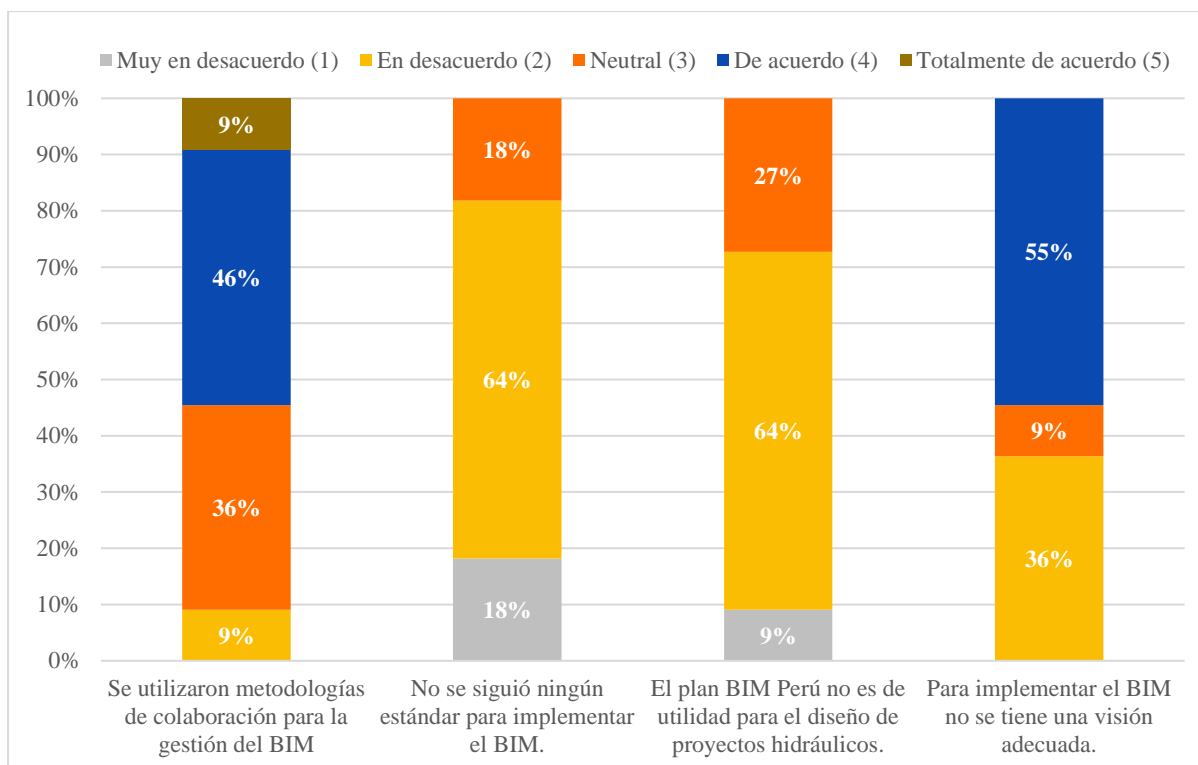


Figura 8. Respuestas de las cuatro afirmaciones del eje de procesos

Fuente: Elaboración propia.

La primera premisa del eje de procesos consiste en si es que se utilizaron metodologías de colaboración para la gestión de la metodología BIM. Se hace referencia a utilizar alguna metodología de gestión para el manejo del BIM, a esto se le conoce como Gestión de producción del proyecto (PPM) el cual indica como se debería trabajar con la información de los modelos BIM. Se observa que el 46% de los encuestados está de acuerdo con la idea. Esto indica que hay inclinación a la idea de que si hay metodologías y recursos para gestionar el BIM después de implementarlo en el proyecto hidráulico.

La segunda idea se basa en que no se siguió ningún estándar o lineamiento en la implementación de BIM. El 64% de la muestra está en desacuerdo con la idea. Sin embargo, el 18% está de acuerdo, al igual que otro 18% neutral. Esto muestra que se siguen ciertos patrones, estándares o guías para la implementación BIM. Probablemente se siga un Plan de Ejecución BIM basado en la ISO 19650-2.

La siguiente afirmación es si es que el plan BIM Perú no es de utilidad para el diseño de proyectos hidráulicos. Como se observa en la gráfica, el 64% está en desacuerdo con la idea planteada. Esto indica que el Plan BIM Perú si es útil también para proyectos de infraestructura hidráulica. Además, ningún profesional encuestado está de acuerdo con que el plan BIM Perú no es de utilidad.

Como última afirmación del eje de procesos, se plantea que para implementar el BIM no se tiene una visión adecuada. En este caso, el 55% está a favor de la idea planteada, seguido del 36% que está en desacuerdo. La mayoría considera que aún no se tiene una visión adecuada para implementar BIM, a pesar de que se tengan bastantes planes y estándares internacionales.

4.1.2.3. Eje de tecnología

Finalmente, se presenta el ultimo grafico de barras para el eje de tecnología con sus cuatro premisas y respuestas obtenidas por los encuestados.

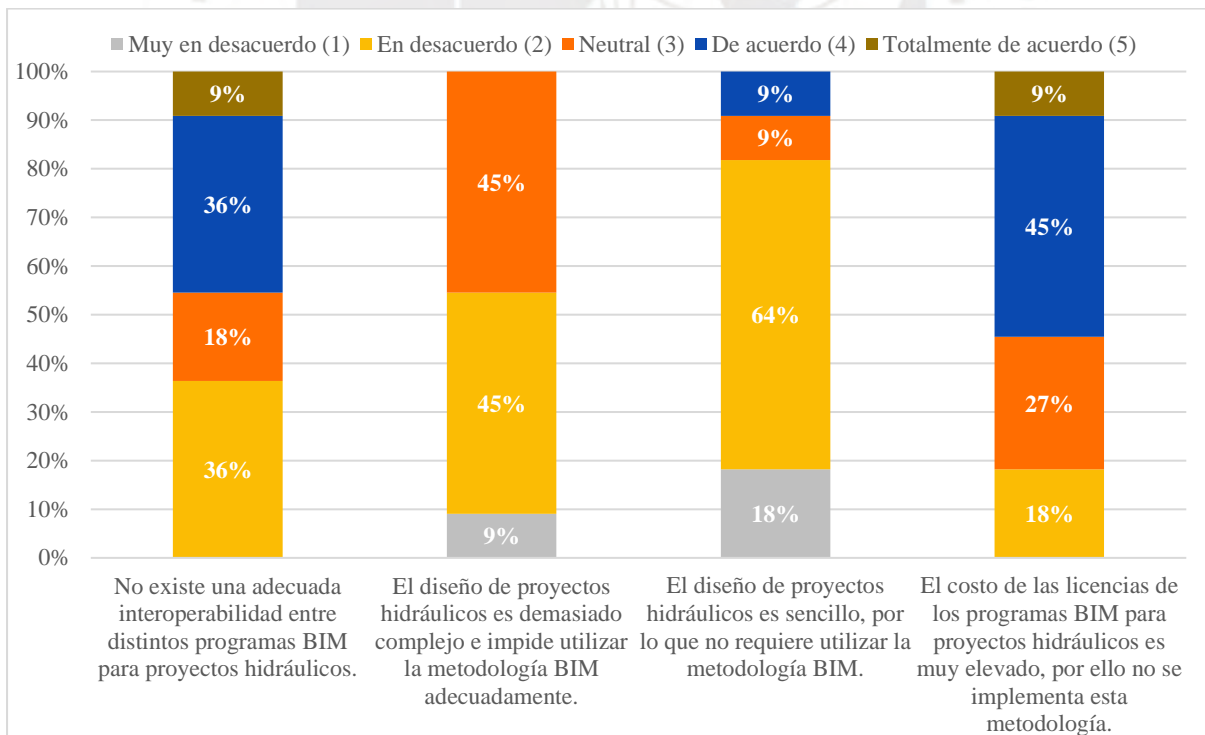


Figura 9. Respuestas de las cuatro afirmaciones del eje de tecnología

Fuente: Elaboración propia.

La primera afirmación del eje tecnológico es que no existe una adecuada interoperabilidad entre los programas BIM para proyectos hidráulicos. Como se puede apreciar, para esta idea existe una opinión dividida a favor y en contra. Sin embargo, hay una persona totalmente de acuerdo, por lo que tiene mayor peso para la afirmación.

La segunda afirmación del eje plantea que el diseño de proyectos hidráulicos es demasiado complejo por lo que impide utilizar la metodología BIM adecuadamente. El 46% está neutral y el 45% en desacuerdo con respecto a la premisa. Esto puede indicar que la complejidad de los proyectos hidráulicos no dificulta el uso de la metodología BIM.

Esta afirmación, similar a la anterior, propone que el diseño de proyectos hidráulicos es sencillo, por lo que no requiere utilizar la metodología BIM. Se observa que el 64% de los encuestados está en desacuerdo. Esto indica que los proyectos hidráulicos presentan ciertos aspectos que pueden ser optimizados en el proceso de diseño al utilizar BIM.

La última afirmación del eje y del cuestionario, tiene que ver con el factor económico. La afirmación consiste en que si el costo es elevado para las licencias de los software BIM para proyectos hidráulicos. Se observa que el 46% está de acuerdo con la idea, seguido del 27% que está neutral. Esto puede ser un indicador de que los costos de los programas BIM, al ser elevados, impiden la implementación de manera eficaz.

4.1.3. Análisis y discusión de resultados de encuesta

Después de obtener los resultados de las doce afirmaciones de la encuesta, se han recopilado seis que son consideradas como barreras. Se han escogido en base a las respuestas obtenidas, debido a que coinciden con los valores esperados para posibles barreras. A continuación, se presenta una tabla resumen con las seis premisas.

Tabla 2.

Tabla resumen de las premisas identificadas como barreras según encuesta

Eje de personas

Los profesionales involucrados no cuentan con las herramientas y conocimientos necesarios para implementar BIM.

Capacitar a los profesionales acerca de la metodología BIM requiere de mucho tiempo y dinero.

Únicamente se implementa la metodología BIM si el cliente del proyecto lo solicita.

Eje de procesos

Para implementar el BIM no se tiene una visión adecuada.

Eje de tecnología

No existe una adecuada interoperabilidad entre distintos programas BIM para proyectos hidráulicos.

El costo de las licencias de los programas BIM para proyectos hidráulicos es muy elevado, por ello no se implementa esta metodología.

Nota. Elaboración propia.

Como se aprecia, se han escogido tres afirmaciones del eje de personas, una afirmación del eje de procesos y dos afirmaciones del eje de tecnología. Que haya más afirmaciones escogidas del eje de personas puede ser un indicador de que las barreras que se presentan en la implementación del BIM inciden más en las personas que en otro tipo de factores.

4.1.3.1. Eje de personas

Con respecto a la primera barrera del eje de personas, es común escuchar que los profesionales saben y conocen acerca de la metodología BIM, pero no de manera profunda y completa. Además, se suelen utilizar los modelos BIM únicamente para visualizarlos en 3D. Esto revela que los profesionales tienen un bajo conocimiento con respecto a BIM al utilizar únicamente la visualización de modelos y no otras herramientas y usos más relevantes e

importantes que tiene. También, es posible que los profesionales no cuenten con los conocimientos necesarios de BIM porque simplemente no tienen la intención de cambiar su metodología de trabajo lo cual se denominaría resistencia al cambio.

Esto está relacionado con una barrera que Panuwatwanich et al. (2013) encontraron la cual es la dificultad para cambiar el procedimiento de diseño tradicional por uno el cual utilice la metodología BIM; además, otra barrera que mencionan la cual está vinculada es que no se conocen los verdaderos beneficios del BIM y, al esperar resultados distintos, los profesionales pueden desmotivarse. Estos problemas podrían ser resueltos si es que los profesionales reciben capacitaciones adecuadas respecto a la implementación y gestión de BIM.

La segunda barrera, la cual es muy similar a lo que se encontró en el marco teórico, está vinculada también con el factor económico, debido a que se resalta que la capacitación acerca de la metodología BIM requiere tiempo y dinero, y más aún cuando existen otro tipo de software y menos comunes para proyectos hidráulicos que para otro tipo de proyectos como por ejemplo edificaciones.

Además, algunas empresas deciden no capacitar a sus profesionales y esto, consecuentemente, ocasiona que el uso de la metodología BIM se vea más limitado. Esto se puede vincular también con el hecho que en consultorías de proyectos hidráulicos existen áreas específicas de BIM o arquitectura y urbanismo las cuales dan soporte a los modelos BIM y demás información de las distintas especialidades. Es posible que muchas consultorías, al saber que se contará con un área específica de BIM, no sientan la necesidad de capacitar a profesionales de las especialidades de proyectos hidráulicos. Inclusive, los mismos profesionales del diseño de estos proyectos podrían no sentir la necesidad de aprender a utilizar la metodología BIM a profundidad por este motivo. Generalmente, depende de los encargados

del diseño escoger los programas de diseño a utilizar los cuales pueden tener o no tener cierta sinergia con BIM.

Por otro lado, los encargados de la implementación y gestión del BIM como el modelador, coordinador y el gerente BIM, deben tener conocimientos y principios básicos de hidráulica para que pueda haber una adecuada interpretación de los modelos y una retroalimentación entre todas las áreas.

La tercera idea la cual es que únicamente se implementa el BIM si el cliente del proyecto lo solicita no es directamente una barrera, es más un indicador de un insuficiente conocimiento de los beneficios de la metodología BIM, debido a que solo se implementa por obligación. Además, esta idea puede estar relacionada con la primera barrera mencionada del eje de personas la cual es el bajo conocimiento de BIM por parte de los profesionales de diseño hidráulico. Por otro lado, solo implementar BIM por obligación, puede ser sinónimo de una inadecuada implementación, y podría solo ser usado de manera básica.

4.1.3.2. Eje de procesos

Con respecto al eje de procesos, se tiene la barrera de que no se tiene una visión adecuada para implementar la metodología BIM a pesar de que el Plan BIM Perú sea de utilidad para el diseño de proyectos hidráulicos. Si bien es cierto y como se ha mencionado previamente, existen lineamientos internacionales como por ejemplo la ISO-19650 y nacionales como el ya mencionado Plan BIM Perú. Además, se tiene la Guía BIM para Infraestructura Hidráulica para proyectos públicos la cual se analiza en la siguiente sección como caso de estudio debido a las respuestas obtenidas. También, se identificó que se tiene un flujo de diseño de proyectos de control de inundación el cual, igualmente, se analiza en la siguiente sección. Estos estándares o documentos pueden no presentar un enfoque adecuado y útil para establecer un plan de implementación y gestión del BIM en la etapa de diseño; sin embargo, primero se realiza un

análisis de estos documentos en la siguiente sección para obtener comentarios y conclusiones exactas.

4.1.3.3. Eje de tecnología

Finalmente, para el eje de tecnología, se tiene que no existe una adecuada interoperabilidad entre programas BIM para proyectos hidráulicos. Del mismo modo, Manzanares et al. (2021) encontraron que no existe una buena interoperabilidad entre distintos programas BIM y de diseño. Incluso, para proyectos hidráulicos, esta inadecuada interoperabilidad es aún mayor, ya que existen otro tipo programas y menos comunes que para otro tipo de proyectos como se ha mencionado previamente.

En proyectos de este tipo, participan distintas especialidades que trabajan en conjunto como estructuras, hidrología, geotecnia, hidráulica, ambiental, entre otras. Además, existen programas especializados para cada disciplina. Específicamente, para el cálculo estructural y el cálculo geotécnico existen ciertas limitaciones con respecto a los programas BIM al recibir una gran cantidad de datos con demasiados vértices los cuales se deberán suavizar para reducir la trabajabilidad. Inclusive la interfaz de software BIM o como Civil 3D no son muy amigable al momento de crear modelos del terreno debido a su gran cantidad de información.

Por ejemplo, para una defensa ribereña o dique, se requiere realizar una gran cantidad de exploraciones de campo y esto se da debido a que, generalmente, las defensas ribereñas son obras lineales de muchos kilómetros de longitud. Posteriormente, estas exploraciones serán utilizadas para crear perfiles geotécnicos-geológicos para lo que se utiliza Civil 3D; sin embargo, este programa no facilita la creación de estos perfiles debido a su dificultad en crear superficies 3D interpolando profundidades con pocos puntos de exploración. Existen programas alternativos de geotecnia como por ejemplo LeapFrog que permite generar estas

superficies 3D de manera más efectiva; sin embargo, este software tiene un costo de licencia bastante elevado, por lo que no muchas empresas lo utilizan para esta tipología de proyectos.

Lo anterior se puede apreciar en programas de diseño geotécnico para análisis de estabilidad de taludes como Slide2 para 2D y Slide3 para 3D desarrollados por Rocscience. Principalmente, estos programas pueden tener ciertas dificultades con la importación de modelos geológicos-geotécnicos de la zona en estudio para el proyecto, ya que se recibe muchos datos de la geometría que el programa deberá simplificar. Además, para Slide2, los datos a ingresar como por ejemplo la geometría y datos geotécnicos deben estar del mismo modo en 2D y se deben ingresar manualmente. También, estos programas geotécnicos como Slide y otros, generalmente, no tienen formatos de exportación que sean compatibles con programas BIM. Por ello, lograr una integración entre programas geotécnicos y de BIM sería muy beneficioso para la visualización y procesamiento de datos.

Por otra parte, el uso de programas como Hec-RAS, Hec-HMS y Iber es usual en proyectos hidráulicos, debido a que estas herramientas permiten modelar los flujos de distintos cuerpos hidráulicos como ríos o canales. Por ello, se investigó sobre la capacidad de estos programas para transmitir información a otros programas que no necesariamente sean de modelamiento hidráulico. Se apreció que los programas mencionados no cuentan con una compatibilidad directa específicamente de IFC y para obtener dicha compatibilidad, se necesitan instalar extensiones las cuales ayudan a poder exportar información a Infracore, Navisworks, etc.

Debido a que las obras de defensa ribereña son obras hidráulicas lineales, se investigó acerca de la adopción de BIM en obras lineales. Vera Galindo (2018) en su investigación acerca de la aplicación de BIM en una obra lineal concluyó que la metodología BIM es aún una tecnología la cual presenta limitaciones. En adición, menciona que la metodología BIM, para las obras lineales, presenta problemas de interoperabilidad. Un ejemplo de ello es que, entre

distintos programas, cuando se requiere transferencia de datos, no se transfiere toda la información que se requiere. Por otra parte, menciona que existen pocos artículos académicos acerca del BIM en relación con obras de cierto tipo como lineales lo cual demuestra el bajo nivel de desarrollo que se tiene en la actualidad. Finalmente, Vera Galindo afirma que la mala interoperabilidad es una de las grandes barreras para la implementación del BIM en obras lineales lo cual se corrobora con los resultados de la encuesta llevada a cabo en esta investigación.

Como último punto, se tiene el elevado costo de las licencias de software BIM para proyectos hidráulicos. Existe una gran variedad de software BIM para proyectos de infraestructura de todo tipo; sin embargo, estos programas tienen un alto costo el cual se debe asumir. Además, para proyectos hidráulicos, se utiliza un mayor número de programas y diferentes a los más comunes que se emplean para proyectos de edificación como por ejemplo Autodesk Infracore, Autodesk Civil 3D, StomCAD, Hec-RAS, Slide, Leapfrog, entre otros. Mantener las licencias de estos programas para cada profesional involucrado en el diseño de proyectos hidráulicos utilizando la metodología BIM puede significar un costo muy elevado.

Otro factor importante en el eje de tecnología son las herramientas y facilidad de uso de los programas enfocados en proyectos de infraestructura como por ejemplo obras lineales. Luis Bañón (2021), en su investigación acerca del modelamiento BIM de un tramo de una carretera, utilizó el software CLIP el cual es un software BIM para proyectos de obra lineal. Él pudo concluir que el uso de la herramienta CLIP simplifica la metodología de modelado de obras lineales; sin embargo, se deben destacar deficiencias como la imposibilidad de modelar ciertos elementos, conexiones, intersecciones, etc. Además, se menciona que, los modelos IFC todavía no han alcanzado un nivel de desarrollo adecuado para su aplicación en proyectos lineales. Este factor puede ser considerado como una limitante para la implementación de BIM en defensas ribereñas, ya que los programas carecen de ciertas funcionalidades o herramientas necesarias

para utilizar adecuadamente esta metodología, lo que limita a los profesionales y no permite maximizar los beneficios.

4.2. Análisis de casos de estudio

Como se ha podido apreciar, los resultados de la encuesta han servido como punto de partida para tener un mayor acercamiento a las barreras en la implementación de BIM en proyectos hidráulicos. Además, han permitido identificar que casos de estudio analizar. Entre estos casos de estudio está el Flujo de Trabajo de Aseguramiento de Diseño de Soluciones Integradas y la Guía BIM para Infraestructura Hidráulica del 2021. Cabe mencionar que estos documentos no son oficiales del Plan BIM Perú, sino que son producto de la creación de la entidad pública. También, como tercer caso de estudio, se incluye un expediente técnico de una defensa ribereña que, para la presente investigación, corresponde a la solución integral de la Quebrada Cansas.

Respecto al flujo de diseño, se analiza la claridad de la información proporcionada, así como el adecuado entendimiento de los términos que se usen en cada punto del mapa de procesos, debido a que es necesario que todos los involucrados tengan clara cada etapa del flujo para que no haya interpretaciones distintas.

Respecto a la Guía BIM para Infraestructura Hidráulica, de manera similar al flujo de diseño, se analiza la claridad de la información de cada capítulo, así como el adecuado enfoque en proyectos hidráulicos brindando información específica para aquella tipología de proyecto. Además, se analiza que esta información esté separada adecuadamente por cada etapa del proyecto: factibilidad, diseño, construcción y operación.

Respecto al expediente técnico, se procura identificar en que entregables o resultados se ha utilizado la metodología BIM. Sobre todo, para tener una trazabilidad de los usos BIM o

procesos del diseño de un proyecto hidráulico en las que esta metodología se puede aprovechar mejor.

4.2.1. Análisis de Flujo de Trabajo de Aseguramiento de Diseño de Soluciones

Integradas

El Flujo de Trabajo de Aseguramiento de Diseño de Soluciones Integradas, o de manera abreviada, el Flujo de Diseño de Soluciones Integradas, es un mapa de procesos presentado en febrero del 2021 meses antes que se presente la primera Guía BIM para Infraestructura Hidráulica. Este flujo se les proporciona a los contratistas para realizar la ingeniería de diseño de los proyectos de control de inundaciones como defensas ribereñas.

En este mapa se presenta una leyenda la cual sirve para diferenciar los encargados de cada proceso los cuales puede ser la entidad pública, el contratista, terceros, etc. También se observa que, para adjudicar el contrato para el diseño, el contratista debe recibir numerosas inducciones acerca de hidrología/hidráulica y modelamiento, defensas fluviales, análisis costo-beneficio, geología/geomorfología, geotecnia, topografía, infraestructura verde y soluciones ecológicas, participación de las partes interesada, sistema de alertas tempranas y los requisitos de BIM y SIG. Además, en este flujo se presentan 3 fases para el diseño. La primera es la Fase RIBA 3A para el Modelado de base, la segunda es la Fase RIBA 3B para Evaluaciones especiales y la última es la Riba ETAPA 4 para Diseño definitivo.

En la fase RIBA 3A, se realiza el modelado de base; sin embargo, antes de ello se revisa la información existente y se agrega al entorno común de datos (CDE) el cual se menciona que es Aconex. Además, se identifica la información requerida para el desarrollo del diseño definitivo de la Riba etapa 4. Esta información pueden ser estudios de batimetría de la zona del proyecto, estudios geotécnicos/geológicos, estudios geo sísmicos, planificación de la construcción, etc. Luego de ello, se comienza a realizar el modelo para el diseño preliminar en

el que se tiene que considerar la cuenca hidrográfica, deslizamiento de tierras, modelos hidrológicos e hidráulicos, comparación de modelos de inundación, socavación, sedimentación y la identificación de receptores expuestos. Con todos estos datos, se realizan los modelos base y una simulación con las condiciones de la zona y se observan las zonas en las cuales existe inundación, posterior a ello, se realiza el primer diseño con las medidas propuestas para evitar la inundación y se vuelve a realizar la simulación. Posterior a ello, los modelos desarrollados se agregan a Aconex para que la entidad pública haga la revisión completa analizando el impacto en las poblaciones aledañas, los procedimientos de evacuación de esa área y las alertas tempranas. Finalmente, una vez aprobadas las propuestas, se pasa a la Fase 3B.

La fase RIBA 3B, se realizan análisis especiales de acuerdo con las propuestas planteadas. Se basa en mejorar las soluciones propuestas con una evaluación multicriterio proponiendo alternativas basadas en infraestructura verde y soluciones ecológicas. Finalmente, se efectúa un análisis de costos y beneficios de las propuestas y se sube a Aconex para que todas las partes interesadas puedan analizarlas. Además de ello, la entidad pública realiza una revisión de 15 días en las que se trata la revisión técnica, los costos y la revisión del entregable para que seleccione la propuesta más adecuada.

La tercera y última etapa es la RIBA 4, en la cual se define y perfecciona la solución seleccionada realizando el diseño de ingeniería detallado junto con los planos y especificaciones por cada disciplina del diseño. Luego, se sube la información a la plataforma Aconex para que la entidad pública haga una revisión de 15 días por 2 ciclos. Posteriormente, se realiza la selección y gestión de aspectos de la etapa de construcción como planes de trabajo, secuencia constructiva, etc. Después de revisar completamente los documentos, se da el aviso para proceder y se presenta el documento final de ingeniería de diseño detallado. Finalmente, la entidad pública realiza la revisión final y se aprueba el documento para la construcción.

Después de analizar el flujo a detalle, se pudo apreciar que el flujo está adecuadamente planteado en caso la persona que lo lea tenga experiencia en el diseño de defensas ribereñas o haya visto anteriormente el flujo; sin embargo, no presenta un lenguaje sencillo de entender en primera instancia y, generalmente, para entender el flujo se necesitaría un texto explicativo en el cual se mencionen ciertos términos utilizados y demás información como por ejemplo los términos de Workshops, Componentes A+B, intervenciones, entre otros. Por otro lado, se observa que el flujo no presenta muchos valores numéricos y esto podría ser necesario para identificar la cantidad de modelos necesarios, cantidad de soluciones que deben ser propuestas, tiempos estimados de respuesta, etc. Además, sería adecuado hacer explícitos los procesos en los cuales BIM y SIG están fuertemente presentes. Si bien es cierto, en el mapa de procesos se mencionan todas las disciplinas requeridas y los estudios que se requieren para cada una, no se muestra como interactúan estas disciplinas entre sí lo que es sumamente importante para tener un adecuado flujo de trabajo entre los profesionales de cada disciplina.

4.2.2. Análisis de Guía BIM para Infraestructura Hidráulica para el control de inundaciones y drenaje

La Guía BIM para Infraestructura Hidráulica tuvo su primera edición en junio del 2021 y se planteó con el objetivo de mejorar la gestión de la información en todas las fases de un proyecto hidráulico e incrementar el grado de madurez BIM. Respecto al primer capítulo de la guía, se hace una presentación mientras que en el segundo capítulo se hace una introducción y se mencionan los objetivos de la guía. En el tercer capítulo, se menciona nuevamente el propósito de la guía y el ámbito de aplicación de esta. Además, se menciona el nivel de madurez digital para los proyectos hidráulicos el cual se menciona que es muy desigual. Por ello, en la guía se plantean acciones para la adecuada implementación de BIM divididas en la gestión de información y los usos BIM. A continuación, se hará una revisión de los capítulos siguientes de la guía, ya que son mucho más extensos e importantes que los mencionados anteriormente.

Respecto al capítulo de estrategia y objetivos BIM, se menciona la importancia de las estrategias BIM en cada fase del proyecto y la incorporación de documentos BIM en tres importantes fases. Para el proceso de licitación, se menciona la incorporación del Requisito de Intercambio de Información (EIR) el cual plantea las necesidades del uso de la metodología BIM para cumplir con las condiciones del contrato en todas las etapas del proyecto. Además, se mencionan los propósitos, metas y objetivos del EIR, así como una lista de contenido que el documento debe incluir. Para la oferta a la licitación, se menciona la elaboración del plan de ejecución BIM precontractual (PRE-PEB). Este documento es una respuesta del postor al EIR en el que se incluye toda la estrategia para la gestión de la información de manera conceptual que se incluirá en el PEB en caso de ganar la licitación. Para la ejecución del contrato, se hace mención del Plan de Ejecución BIM (PEB) el cual debe ser presentado por el contratista adjudicador del contrato. En la guía también se presenta una plantilla con los contenidos requeridos para el PEB.

Posterior a ello, se mencionan objetivos generales que se tienen que cumplir para garantizar el correcto desarrollo de un proyecto y se asocian con ciertos usos BIM. Se muestra una tabla con todos los usos BIM según la etapa del proyecto. Respecto a la etapa de diseño de proyectos hidráulicos, se describen los siguientes usos BIM: diseño y visualización 3D, información centralizada, coordinación 3D y gestión de interferencias, mediciones, documentación 2D, simulaciones constructivas, e infografías y recorridos virtuales. Se describen todos los usos BIM y se brinda un mapa de procesos para cada uno. Estos mapas de proceso son simples y generales, especialmente el de diseño y visualizaciones 3D que tiene un grado de importancia alto para la etapa de diseño de los proyectos. Este mapa solo tiene cuatro procesos: recopilación de datos de partida para el proceso de cálculo, generación de modelo en software nativo, la exportación a IFC y la obtención de un modelo coordinado. Como se puede

apreciar, este mapa de procesos es bastante simple y no refleja toda el desarrollo y la interacción entre todas las disciplinas de un proyecto hidráulico para la generación de modelos BIM.

Respecto al capítulo de requerimientos de los modelos, se hacen definiciones acerca de los modelos BIM mencionando sus elementos y características genéricas. También se mencionan y describe todos los tipos de modelos BIM según las etapas del proyecto como modelo de avance de proyecto, modelo federado, modelo de proyecto constructivo, modelo de inicio de obras, modelo de seguimiento de obras, modelo de obra ejecutada y modelo para el mantenimiento y operaciones. Luego, se mencionan las divisiones o agrupaciones de los modelos BIM que pueden ser por tipología de proyecto, disciplina o subdisciplina. Se mencionan muchas tipologías de proyectos incluso que no tienen mayor relación con proyectos hidráulicos como edificaciones y edificaciones industriales. Para todas las tipologías de proyecto, se mencionan sus disciplinas y subdisciplinas. Los niveles de desarrollo se abordan en este capítulo y se hacen definiciones de los niveles de desarrollo geométrico (LOD) y de los niveles de información (LOI) en los que se brinda una tabla con un set de propiedades de manera general. Los LOD y LOI también están muy relacionados con el sistema de clasificación de elementos a utilizar el cual se menciona que sea Uniclass 2015 en la guía.

Respecto al capítulo de roles y funciones, se definen y mencionan las funciones de los roles mínimos que se requieren en un proyecto como el gerente BIM, coordinador BIM y el responsable BIM de modelos parciales.

Para el capítulo de entorno de colaboración, se brinda información de lo que es un entorno común de datos como su definición, requerimientos y la normativa según la ISO 19650-1 la cual menciona las áreas de trabajo en una CDE como el trabajo en proceso, información compartida, información publicada e información archivada. Además, se muestra el flujo de trabajo y como la información puede pasar por todas estas áreas mencionadas. También, se

menciona el CDE que se solicita utilizar el cual es el software Aconex. Se presenta la estructura de las carpetas en la CDE y, para el intercambio de información, se destaca el uso de archivos IFC. Finalmente, se proporciona un calendario de intercambio que define las reuniones de manera periódica, sugiriendo dos reuniones al mes.

Respecto al capítulo de software y entregables, se propone la utilización de programas que tengan una adecuada operabilidad para trabajar en entornos BIM. Además, se mencionan los requisitos para los programas BIM y se resalta la importancia de que estos deben permitir exportar información en IFC. Luego, se brinda un listado de software de diseño de acuerdo con la disciplina como batimetría, movimiento de tierras, geotecnia, drenaje, etc. A pesar de ello, en aquella lista, no se menciona la capacidad de los programas para trabajar en entornos BIM. Algunos programas podrían no tener una adecuada capacidad para trabajar con esta metodología, mientras que otros sí. También, se incluye otro listado de software de visualización y revisión de diseño como Navisworks, Trimble Connect, BIM Vision, etc. La guía también brinda un listado de software de CDE, a pesar de que ya se haya mencionado la utilización de Aconex. Después de mencionar los listados de programas de cada tipo, se solicita el desarrollo de un mapa de software en el que se relacionen las disciplinas, usos y tareas por cada software a emplear. Sin embargo, no se presenta ningún ejemplo como referencia.

Por otro lado, se mencionan los entregables para la etapa de diseño, construcción y entregables adicionales. Para todos los entregables, se solicita evidenciar su vinculación con los modelos BIM. Los entregables para la etapa de diseño se basan en la memoria y anexos, pliego de prescripciones técnicas, planos, y el presupuesto. Además, para los entregables adicionales mencionados como la batimetría base, cartografía base, modelos de infraestructura existente y estudio geológico-geotécnico, se tiene que incluir un modelo nativo y exportado a IFC por cada uno. Otros entregables adicionales mencionados son el PEB y los modelos BIM

los cuales únicamente se describe que se tienen que entregar en formato IFC y nativo para la etapa de diseño.

Respecto al capítulo final de control de calidad y revisión de diseños, se menciona la necesidad de utilizar archivos que tengan formatos de colaboración BIM (BCF) los cuales se asocian a formatos IFC para simplificar la colaboración y revisión por parte de los involucrados en el proyecto. Además, se explican los tres tipos de revisión de modelos como la revisión manual y visual, la revisión automatizada para la identificación de interferencias y el checklist de auditoría de modelos BIM el cual sirve para analizar si se están usando los modelos BIM de acuerdo con los usos BIM planteados. Finalmente, se menciona que se tiene que elaborar un informe de cumplimiento de requerimientos BIM de los modelos en el cual se pueda ver en conjunto las revisiones realizadas y ver en qué grado se han utilizado dichos modelos para su aprobación.

Como se ha podido apreciar en la revisión y análisis de la guía, esta es extensa e incorpora muchos aspectos asociados con la gestión de la información utilizando la metodología BIM. Si bien es cierto, es una guía que abarca muchos conceptos e información de utilidad, se considera que no está correctamente planteada para la actualidad. Presenta información clara; sin embargo, es muy genérica y esto se puede apreciar desde los objetivos BIM, usos BIM y requerimientos de los modelos. Al examinar el contenido de estos capítulos se percibe la impresión de estar leyendo una guía BIM general. Se realizan muchas definiciones como el LOD y el LOI, los planes de ejecución BIM, etc. Se menciona, únicamente, una definición del sistema de información geográfica, los objetivos que se tienen al integrarlo con modelos BIM y también las limitaciones que aun presenta la integración de SIG y BIM; sin embargo, no se presenta más información de como integrar estas dos herramientas y en que procesos del diseño tendría gran utilidad.

Respecto a los usos BIM, como se ha mencionado, la guía propone un mapa de procesos para cada uso; sin embargo, estos mapas son simples y, en algunos casos, pueden generar ciertas dudas. Específicamente, para el diseño de la infraestructura hidráulica su mapa de procesos solo cuenta con tres procesos. Además, la guía solicita el uso de Uniclass 2015 como sistema de clasificación de elementos en los modelos BIM; sin embargo, este sistema de clasificación puede no estar adaptado a proyectos hidráulicos como defensas ribereñas. Por otra parte, la guía menciona y propone especialidades para los proyectos hidráulicos y, no obstante ser una guía centrada en infraestructura hidráulica, menciona disciplinas para otras tipologías de proyecto como edificaciones, edificaciones industriales, arqueología, urbanización, etc.

Respecto a los entornos de colaboración, la guía propone el entorno ACONEX y, adecuadamente, propone un calendario con cantidades de reuniones recomendadas. Estas medidas son adecuadas, debido a que proporciona puntos de partida como el entorno de colaboración brinda valores concretos de los cuales orientarse. También, la guía menciona una lista extensa de programas para el diseño, revisión de modelos y de entornos comunes de datos la cual ayuda a poder identificar los programas para cada especialidad. Además, en ese mismo capítulo se mencionan los entregables por parte del contratista los cuales se mencionan de manera clara tanto documentos como modelos en las distintas etapas del proyecto.

Como se ha mencionado anteriormente, la guía abarca mucha información; sin embargo, esta información no está expresada de la mejor manera y no se aprecia claramente el público objetivo. Existen muchos conceptos que son mencionados recurrentemente en la guía y, en ocasiones, la información brindada es muy general y no orientada a los proyectos hidráulicos. Además, sería adecuado realizar una diferenciación más clara entre las diferentes etapas de un proyecto hidráulico, ya que, en algunas partes, la información se presenta de manera confusa.

4.2.3. Análisis del expediente técnico de la solución integral de la Quebrada

Cansas

El proyecto se centra en el diseño y la construcción de cuatro diques transversales al flujo de la quebrada Las Piedras la cual es una aportante de la cuenca de la quebrada Cansas. Estos cuatro diques tienen como objetivo la retención temporal de materia sólida y la reducción de velocidad del flujo. Se hizo una revisión de algunos documentos del expediente técnico como el estudio definitivo de ingeniería, los planos de las secciones de los cuatro diques, y los metrados y presupuesto del proyecto.

Respecto al estudio definitivo de ingeniería, este no menciona el uso de la metodología BIM en los procedimientos de diseño que se tuvieron. Se tiene una descripción de las disciplinas del proyecto (Geología-geotecnia, hidrología, hidráulica, ambiental y arqueología) y los resultados obtenidos por cada una. Se menciona, únicamente, el uso del programa HEC-HMS para obtener los caudales de diseño. También, se presentan descripciones de cada dique como longitudes, cotas, taludes, revestimiento, etc., y las secciones típicas de los diques las cuales no se menciona si fueron obtenidas de algún programa de modelado como Revit. Finalmente, se presenta información orientada a la etapa de construcción, la modalidad de ejecución del proyecto la cual es un subcontrato NEC3, el cronograma y presupuesto.

Al revisar el estudio definitivo, se ha podido apreciar que existen grandes ventajas de utilizar la metodología BIM desde la etapa de diseño. En primer lugar, los modelos pueden servir para obtener las características geométricas de los diques de manera automática, rápida y exacta. En el expediente, se brinda una tabla con muchas características de los cuatro diques como cotas de corona, cotas de fondo de vertedero, alturas efectivas, volúmenes, etc. Obtener estos datos de manera exacta influye en los montos del presupuesto. También los modelos BIM permiten obtener la documentación 2D como los planos de las secciones de los cuatro diques de manera simple y rápida. Además, respecto al estudio geológico-geotécnico, hubiese sido

muy útil realizar un modelo 3D del perfil de este para tener una mejor visualización y entendimiento de lo que está compuesto el suelo; sin embargo, no se menciona si este fue realizado utilizando BIM.

Respecto al documento de metrados y presupuesto, se apreció que todo el sustento de metrados está basado en los modelos BIM, y para el presupuesto se utilizó el software S10. Además, se observó que en los gastos generales se ha considerado a un especialista BIM durante el proyecto a pesar de que en la Guía BIM para Infraestructura Hidráulica se mencione a un responsable BIM, un coordinador BIM y un BIM mánager. También se pudo observar el alto costo de los programas BIM los cuales se colocaron como un costo de S/ 8300 para la etapa de construcción (8 meses) y también el gasto al especialista BIM cuyo gasto total sería de S/ 73 000. Por otro lado, para el sustento de los metrados, se menciona que se elaboraron los planos de las secciones de los diques utilizando la metodología BIM. Es adecuado el uso de programas BIM como Revit, ya que brinda facilidades en la generación de láminas o planos generándolos automáticamente a partir del modelo. Además, es posible que se requieran realizar sustentaciones de metrado para las valorizaciones en la etapa de construcción, por lo que el uso de BIM, mejoraría la eficiencia y transparencia de estos procesos.

Se pudo observar que no hay una mención a la metodología BIM en el estudio definitivo de ingeniería a pesar de que esta sea necesaria y solicitada por la entidad pública. Sería útil mencionarla en las etapas en las que se utilizó para tener una mayor trazabilidad y control. Inclusive el uso de BIM permite a las entidades públicas poder tener un mayor seguimiento y comunicación con el contratista al tener toda la información centralizada. Finalmente, los principales usos BIM que se apreciaron fueron orientados a la creación de planos, visualización 3D y elaboración de metrados.

4.2.4. Conclusiones y resultados finales del análisis de los casos de estudio

Al finalizar la revisión y análisis de los documentos, se ha podido apreciar que tanto el Flujo de Diseño de Soluciones Integradas y la Guía BIM para Infraestructura Hidráulica, pueden crear confusión y no ser explícitos en la información que proporcionan. Específicamente, el Flujo de Diseño tiene un lenguaje poco entendible y no tiende a brindar información precisa acerca de los procesos en el aseguramiento de diseño de los proyectos hidráulicos lo cual puede ocasionar una baja eficiencia en el diseño de estos proyectos. Respecto a la Guía BIM para Infraestructura Hidráulica, esta brinda mucha información de utilidad, pero en ciertos capítulos como en el de los objetivos BIM, requerimientos de los modelos, y software y entregables la información puede ser confusa y no profundiza adecuadamente en proyectos hidráulicos. Por ello, sería adecuado hacer una reestructuración de estos dos documentos para que resulten más beneficiosos en el diseño de este tipo de proyectos. Además, se debería dar mayor énfasis en el proceso de la implementación de BIM durante el diseño, y destacar las disciplinas que más interactúan y que pueden utilizar BIM para mejorar sus resultados. Por otra parte, el expediente técnico analizado ha servido para identificar algunos de los beneficios y usos que puede tener la metodología BIM en el diseño. Sin embargo, no se ha identificado como ha sido el proceso de diseño, ya sea utilizando BIM como soporte para la toma de decisiones durante el diseño o si se realizó el modelado una vez concluido el diseño. También, se ha podido identificar los elevados costos de las licencias de los programas BIM y de sueldos para personal encargado de la metodología BIM. Las conclusiones mencionadas del análisis de los casos de estudio serán utilizadas en el método Delphi para tener una validación por un panel de expertos.

5. Validación de barreras identificadas utilizando el método Delphi

Una vez obtenidas y analizadas las barreras, con el fin de obtener una validación de las barreras por un panel de expertos, se utiliza el método Delphi para poder llegar a un consenso. Como se ha mencionado anteriormente, el método Delphi es un método el cual, mediante iteraciones, se llega a una opinión compartida por el panel. Además, para la aplicación del método, se utiliza la plataforma *Google Forms* y las respuestas están en la escala de Likert al igual que se utilizó para la encuesta inicial.

Se considera la convergencia de opiniones solo si el 100% de los expertos está de acuerdo y totalmente de acuerdo, o en desacuerdo y muy en desacuerdo. En el caso que no se cumpla la premisa previamente mencionada, se toma dicha afirmación para reformularla en la segunda ronda del método Delphi.

5.1. Perfil objetivo de miembros

La selección de los miembros con los cuales se hará la validación del método Delphi es más precisa que para la primera encuesta realizada. El perfil objetivo, del mismo modo que para las encuestas, es que sean profesionales de ingeniería civil y que tengan experiencia en el diseño de obras hidráulicas o en el uso de la metodología BIM un mínimo de 3 años. Además, otro punto que se ha considerado es que los expertos trabajen en distintas empresas y proyectos, y que tengan distintas posiciones con el objetivo de tener respuestas desde distintos enfoques. Finalmente, se han escogido a cuatro expertos con los cuales se llegará al consenso mediante el método Delphi cuya lista se muestra en el Anexo D.

5.2. Formulación para 1ra ronda del método Delphi

Como se ha señalado previamente, el método Delphi, al buscar una opinión unánime en torno a un tema, se deberán realizar varias rondas de preguntas o consultas hasta que se cumpla el objetivo del método. En el Anexo E se presenta la encuesta de validación y en el Anexo F sus resultados generales. Para la formulación de las preguntas, se ha tomado como base los resultados de la primera encuesta y de los casos de estudio analizados previamente. A continuación, se presentan las premisas que se realizarán en la primera ronda bajo los mismos ejes de la encuesta de barreras (Eje de personas, Eje de procesos y Eje de tecnología), para las siguientes rondas las afirmaciones variarán.

Eje de personas

- Considera usted que los profesionales involucrados en el diseño de proyectos hidráulicos, actualmente, no cuentan con los conocimientos necesarios para implementar BIM.
- Capacitar a los profesionales involucrados en el diseño de proyectos hidráulicos acerca del manejo de la metodología BIM y de sus programas requiere de mucho tiempo y dinero.
- Al haber un área BIM en el proyecto la cual da soporte a los modelos ocasiona que los profesionales encargados del diseño no tengan la necesidad de utilizar ni aprender BIM a profundidad.
- Desde su punto de vista, las obras hidráulicas lineales como las defensas ribereñas, en algunos casos, pueden no requerir el uso de la metodología BIM para su diseño.
- Únicamente se implementa la metodología BIM si el cliente del proyecto lo solicita.

Eje de procesos

- Considera usted que la Guía BIM para Infraestructura Hidráulica tiende a brindar información general y no ordenada en algunos capítulos como el de las estrategias y objetivos BIM, y los requerimientos BIM.

- En su opinión, la Guía BIM para Infraestructura Hidráulica debe ser actualizada para que sea de mayor utilidad en el uso de BIM en este tipo de proyectos.
- Para el diseño de obras hidráulicas lineales como defensas ribereñas, el principal uso que se le da a los modelos BIM es por sus visualizaciones 3D.
- Los contratistas están en la necesidad de desarrollar sus propios manuales de estándares BIM, debido a cierta incertidumbre generada por los lineamientos o guías para el diseño de proyectos hidráulicos.
- Bajo su perspectiva, el Flujo de Diseño de Soluciones Integradas otorgado a los contratistas es confuso, debe ser precisado y se debe mejorar el lenguaje empleado para un mayor entendimiento.
- Considera que para implementar el BIM en el diseño de obras hidráulicas se tiene una visión adecuada.

Eje de tecnología

- Considera que no existe una adecuada interoperabilidad entre distintos programas BIM con programas como Civil 3D, HEC-RAS o Istram para proyectos hidráulicos.
- En su opinión, el sistema Uniclass 2015 no está adaptado a obras hidráulicas lineales debido a las categorías preestablecidas, lo que sería poco limitante al no poder capturar los elementos y características únicas de cada proyecto.
- Considera que la integración de sistemas de información geográfica (SIG) con modelos BIM aún no está completamente desarrollada debido a los formatos de datos y estándares distintos.
- Los programas HEC-RAS, HEC-HMS y Iber tienen dificultades para la exportación en IFC debido a sus extensiones como, por ejemplo .shp para data geoespacial las cuales difieren de las más comunes para programas BIM.

- El costo de las licencias de los programas BIM para proyectos hidráulicos es muy elevado.
- Algunos programas como por ejemplo Slide2, para el diseño geotécnico y estructural, o como Civil 3D, presentan limitaciones en el proceso de importación y exportación al recibir una gran cantidad de datos espaciales, los cuales tendrán que simplificar y reducir.

5.3. Resultados de la 1ra ronda

5.3.1. Eje de personas

Se observó que, de las cinco afirmaciones, se logró la convergencia en cuatro de ellas. A continuación, se presenta un gráfico con las tres primeras afirmaciones y las respuestas del panel de expertos.

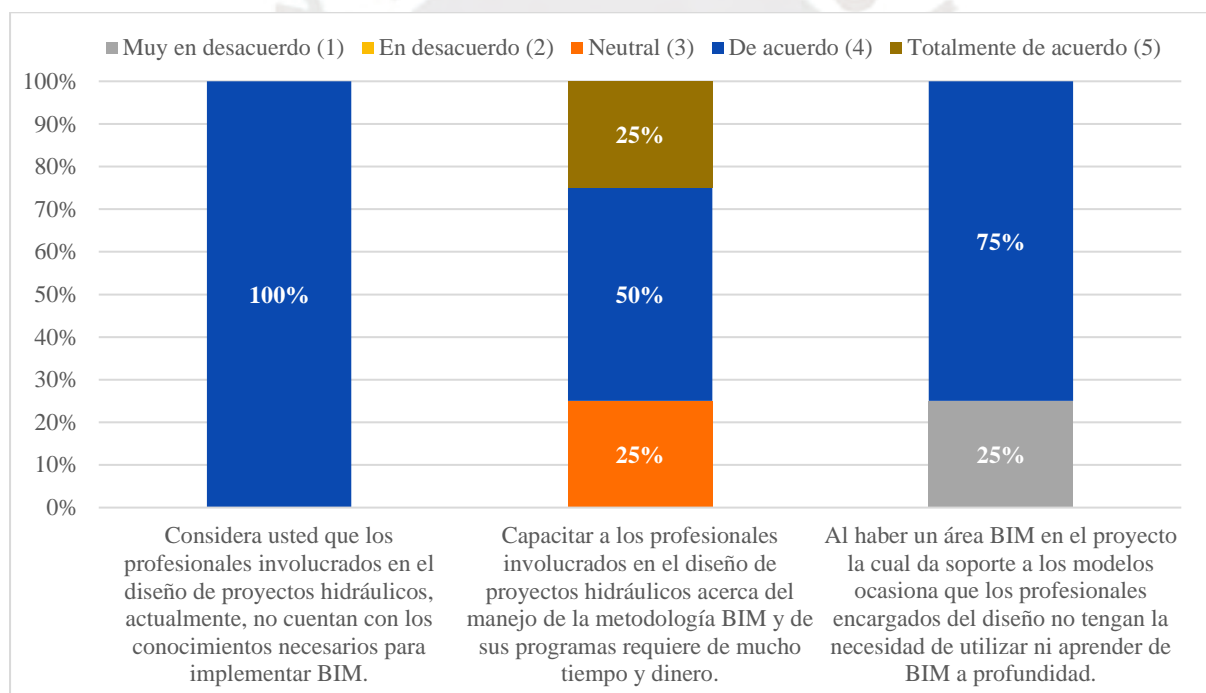


Figura 10. Validación de las tres primeras afirmaciones del eje de personas

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la primera afirmación, todos los expertos afirmaron que en la actualidad los profesionales involucrados en el diseño de proyectos hidráulicos no cuentan con los conocimientos necesarios para implementar BIM. Además, para la segunda afirmación, se aprecia que el 75% del panel de expertos ha afirmado que la inversión tanto de tiempo como

de costo para capacitar a los profesionales del diseño en la aplicación de BIM y de sus programas es muy elevada; el experto que está neutral en dicha premisa comenta que la capacitación en la metodología BIM puede ser económica o costosa, ya que actualmente hay mucha variedad y maneras para capacitarse y que en el pasado si considera que no era tan accesible recibir una adecuada capacitación. Como no se obtuvo la convergencia, se reformula la pregunta para la siguiente ronda.

Para la tercera afirmación, el 75% afirma que al haber un área BIM en el proyecto, ocasiona que los profesionales del diseño no tengan la necesidad de utilizar ni aprender a manejar BIM a profundidad; no obstante, se reformula para la siguiente ronda debido a que un experto está en desacuerdo. A continuación, se presentan las dos afirmaciones y sus respuestas restantes del eje de personas.

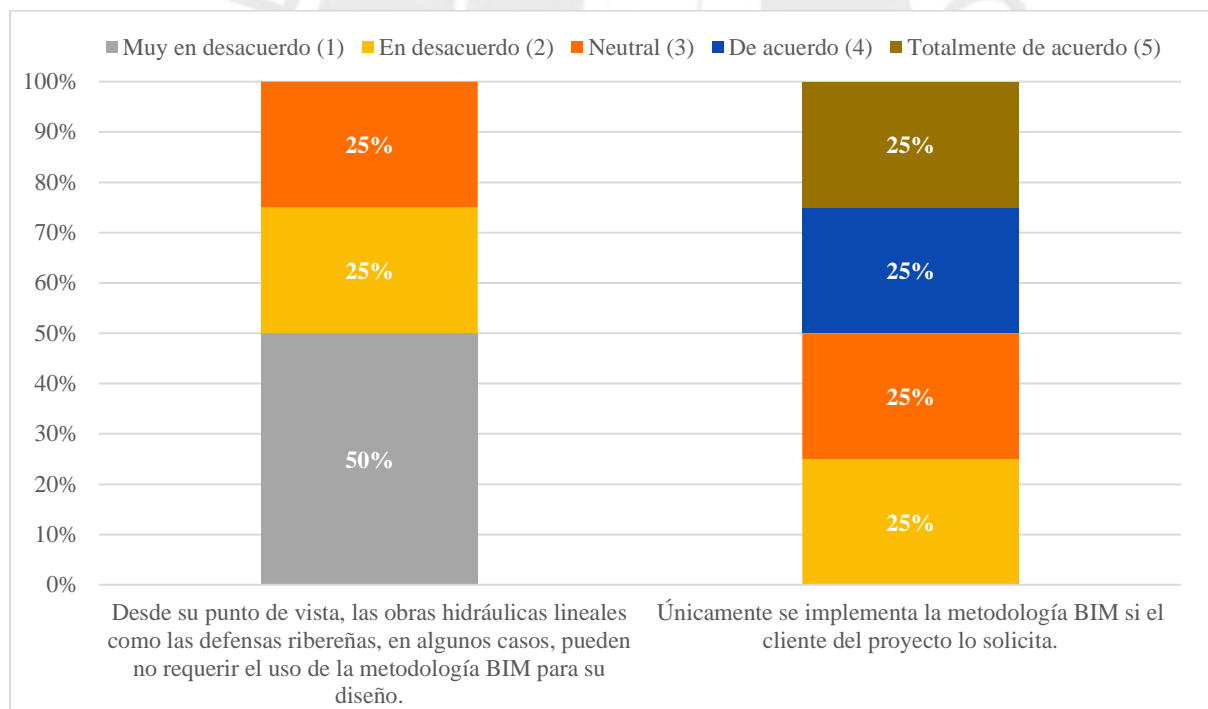


Figura 11. Validación de las dos últimas afirmaciones del eje de personas

Fuente: Elaboración propia.

Para la cuarta afirmación, el 75% de los expertos difieren con la opinión de que el diseño de proyectos hidráulicos lineales como defensas ribereñas pueden no requerir del uso de BIM

en ciertos casos; el experto que está neutral en esta premisa comenta que para el diseño de proyectos hidráulicos no siempre es un requerimiento el uso de BIM y varía según la complejidad y alcance del proyecto; no obstante, menciona que es una buena práctica y debería empezar a utilizarse el BIM en el diseño de todo tipo de proyecto hidráulico.

Finalmente, para la última afirmación, no se logró la convergencia de respuestas, debido a que el 25% está en desacuerdo, otro 25% es neutral, y el 50% restante está de acuerdo y totalmente de acuerdo con que únicamente se implementa BIM si es una solicitud del cliente. Esta última afirmación se utilizará y modificará para la segunda ronda de validación.

5.3.2. Eje de procesos

Para este eje, se obtuvo la convergencia de cinco afirmaciones del total de seis. A continuación, se presentan las respuestas de las tres primeras afirmaciones del panel de expertos.

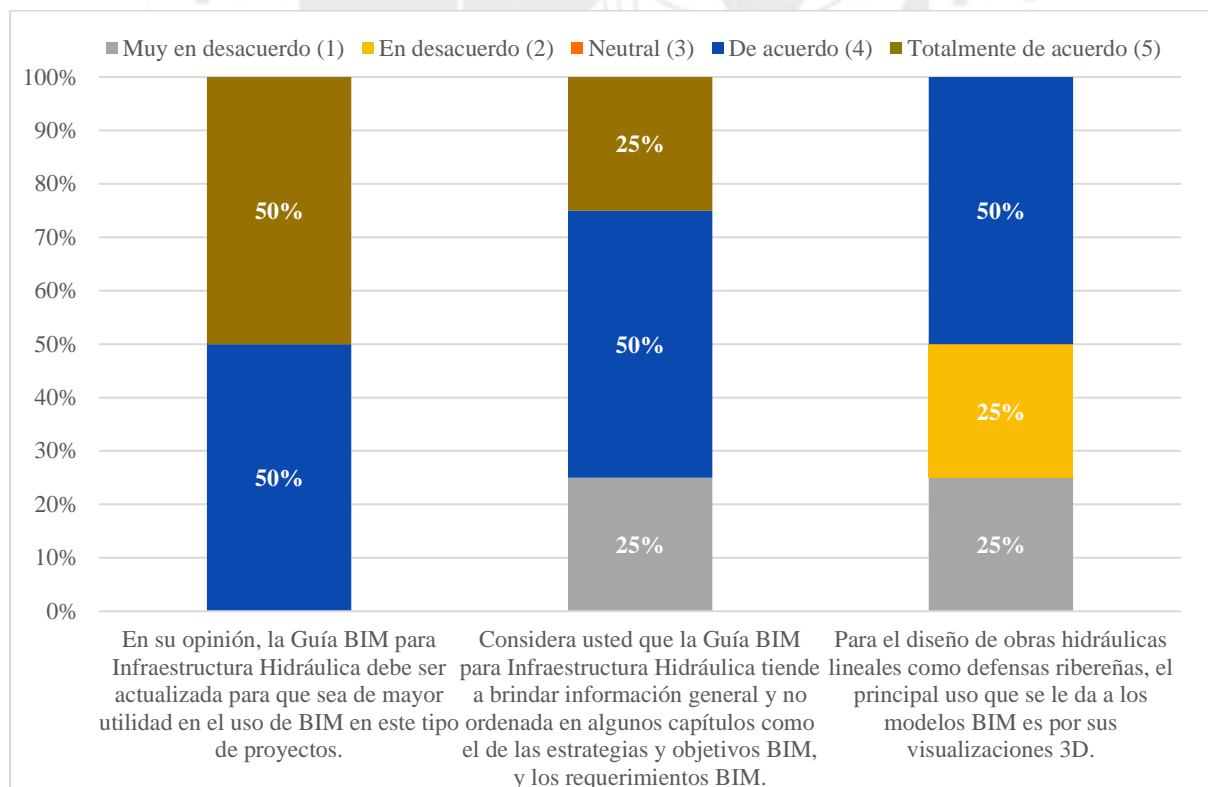


Figura 12. Validación de las tres primeras afirmaciones del eje de procesos

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la primera afirmación, se aprecia una convergencia total. El panel está de acuerdo con que la Guía BIM para Infraestructura Hidráulica debe ser actualizada y enfocada a proyectos actuales. Además, el 75% de los expertos cree que esta guía brinda información genérica y no ordenada en ciertos capítulos; sin embargo, el 25% está muy en desacuerdo por lo que se reformula la premisa para la siguiente ronda. Para la tercera afirmación, no se obtuvo una opinión unánime. El 50 % de los profesionales está de acuerdo con que el principal uso de BIM en proyectos hidráulicos es por las visualizaciones 3D; sin embargo, el otro 50% está en contra de la afirmación. Se presenta en el siguiente grafico las respuestas de las tres últimas afirmaciones del eje.

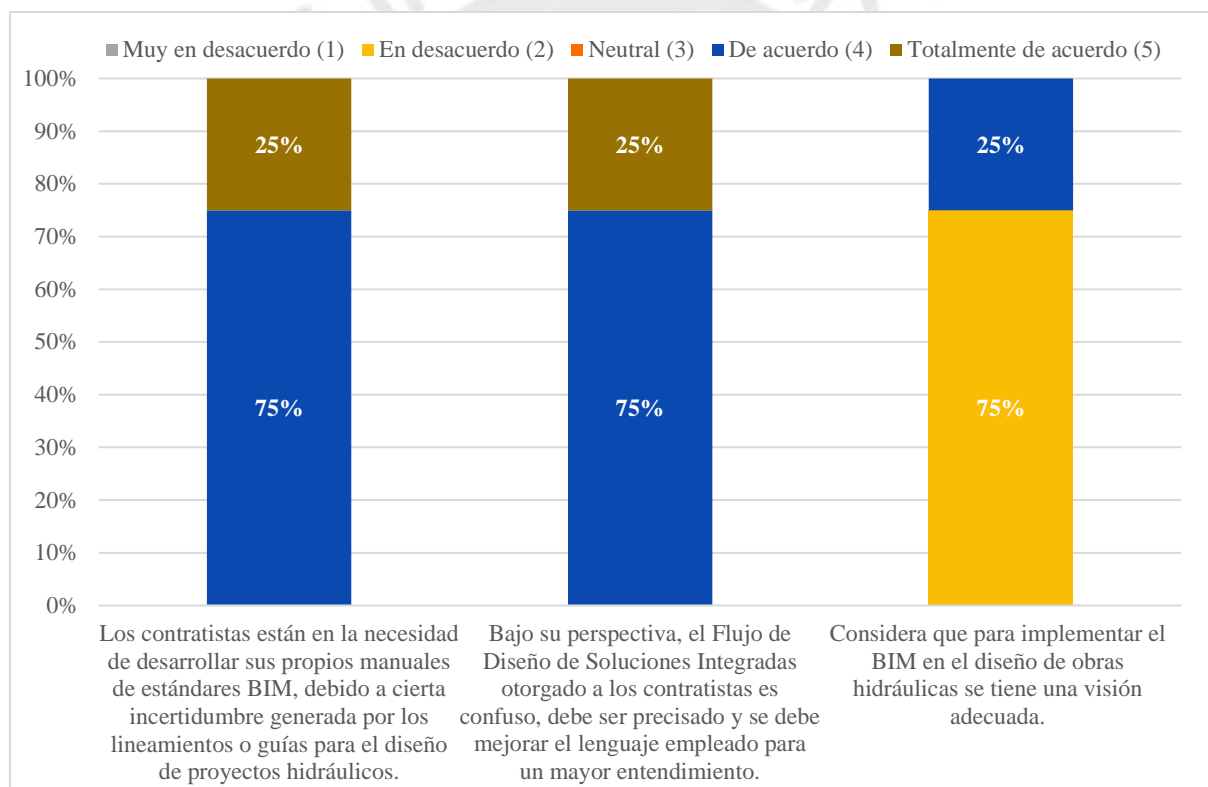


Figura 13. Validación de las tres últimas afirmaciones del eje de procesos

Fuente: Elaboración propia.

Para la cuarta afirmación del eje, se observa que todos los profesionales están de acuerdo con que existe una necesidad de los contratistas en desarrollar sus propias guías y manuales de estándares BIM, debido a la incertidumbre de los documentos y lineamientos oficiales.

Además, el panel está de acuerdo con el Flujo de Diseño de Soluciones Integradas el cual es otorgado a los contratistas no es el más adecuado y debe ser precisado para que sea más utilidad en la etapa de diseño. Por último, el 75% de los profesionales está en desacuerdo con que se tiene una visión adecuada para implementar el BIM, pero el 25% está de acuerdo con dicha idea. Por ello, esta premisa se modifica para la siguiente encuesta.

5.3.3. Eje de tecnología

Finalmente, para el eje de tecnología, se logró la convergencia en cuatro afirmaciones del total de seis. A continuación, se presentan las tres primeras afirmaciones.

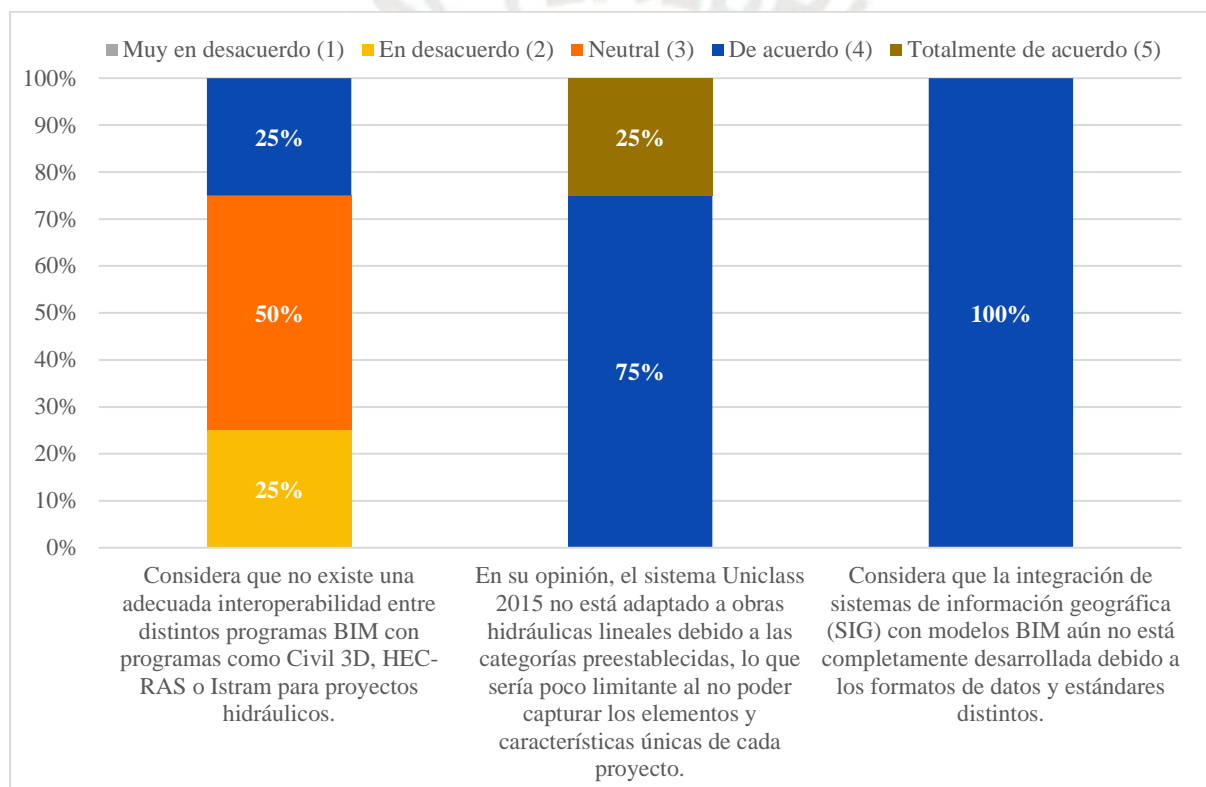


Figura 14. Validación de las tres primeras afirmaciones del eje de tecnología

Fuente: Elaboración propia.

Para la primera afirmación, se aprecia que los expertos no comparten la misma opinión. El 50% es neutral respecto a que no existe una adecuada interoperabilidad entre software BIM y de diseño. El 25% está de acuerdo, mientras que el otro 25% está en desacuerdo. Respecto a la segunda afirmación, se observa que el 100% está a favor de que el sistema de clasificación

Uniclass no está adaptado a obras hidráulicas lineales y puede resultar un poco limitante. Para la tercera afirmación, se obtuvo la convergencia y los profesionales están de acuerdo con que la integración de sistemas de información geográficos (SIG) y modelos BIM aún no está completamente desarrollada. La siguiente grafica muestra las respuestas de las tres últimas afirmaciones del eje.

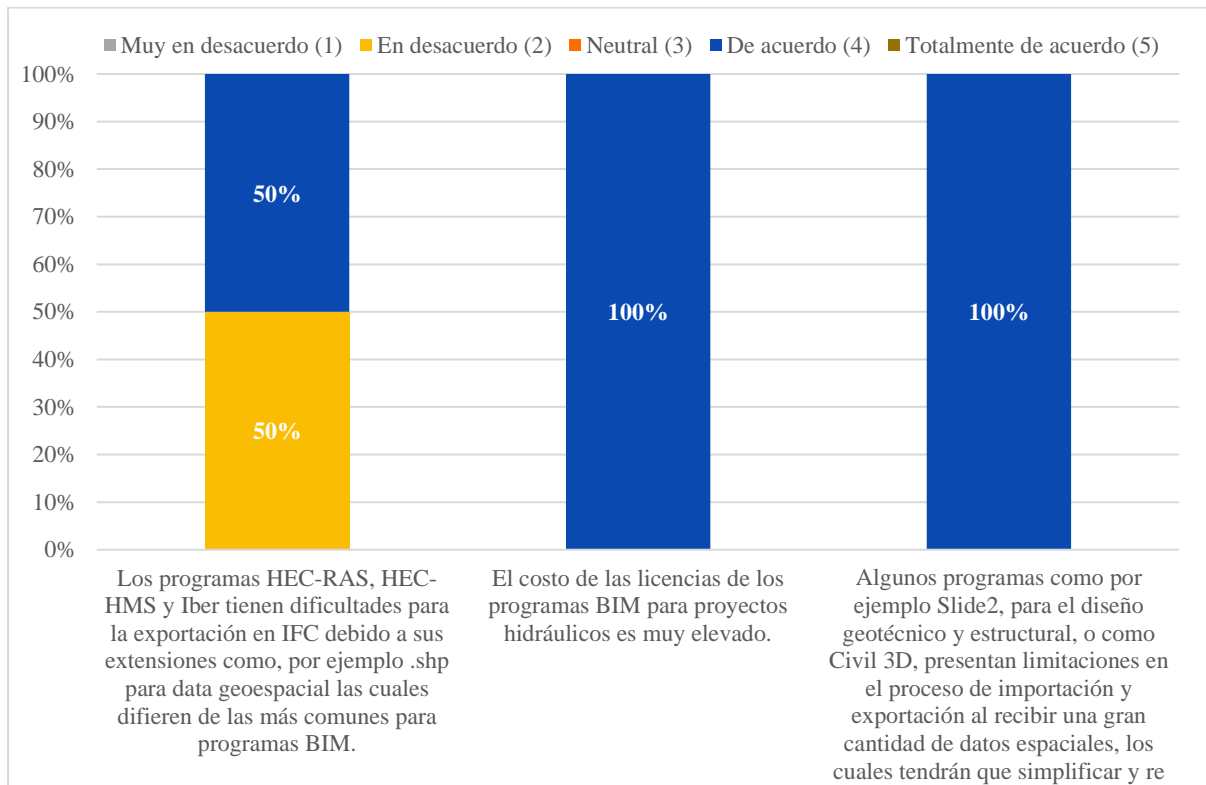


Figura 15. Validación de las tres últimas afirmaciones del eje de tecnología

Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia que no se logró la convergencia de opinión para la cuarta afirmación. La mitad del panel de expertos está de acuerdo con que ciertos programas de modelamiento hidráulico pueden tener dificultades para la exportación de su data en IFC a otros programas BIM, mientras que la otra mitad del panel está en desacuerdo con dicha premisa. Para la quinta afirmación, se aprecia que el 100% de los profesionales está de acuerdo con que el costo de las licencias de los programas BIM para proyectos hidráulicos es muy elevado. Finalmente, para la sexta afirmación, los profesionales encuestados consideran que algunos programas presentan

limitaciones en la importación de datos y proceso de cálculo debido a la gran cantidad de información.

5.4. Formulación para 2da ronda del método Delphi

Como se ha mencionado anteriormente, para nueve afirmaciones de la primera ronda del método Delphi no se obtuvo la convergencia. Por ello, se han reformulado dichas afirmaciones con el objetivo de obtener la convergencia por parte de todo el panel de expertos en la segunda ronda. En el Anexo G se presenta la encuesta de validación y en el Anexo H sus resultados generales. A continuación, se presentan las afirmaciones por ejes.

Eje de personas

- Considera que los beneficios de utilizar BIM en el diseño de proyectos hidráulicos supera a la inversión para capacitar a los involucrados del diseño en cuanto al manejo de la metodología BIM y de sus programas.
- Bajo su perspectiva, el hecho de que haya un área BIM en el proyecto podría influir en que los profesionales encargados del diseño no estén en la necesidad de dominar por completo la metodología BIM.
- Usted considera que, sin importar la magnitud y complejidad del proyecto, debería ser un requisito utilizar BIM en el diseño de las obras hidráulicas lineales como defensas ribereñas.
- En la mayoría de los casos, se tiende a implementar la metodología BIM solo si es un requisito para el proyecto hidráulico.

Eje de procesos

- Usted considera que la Guía BIM para Infraestructura Hidráulica podría ser más específica en la información proporcionada, sobre todo en la de los capítulos de estrategias y objetivos BIM, y en el de los requerimientos.

- En ciertos casos, para el diseño de obras hidráulicas lineales como defensas ribereñas, los principales usos que se les da a los modelos BIM son por sus visualizaciones 3D, la documentación del proyecto y metrados.
- Considera que, con el tiempo, la visión para implementar BIM en el diseño de obras hidráulicas ira mejorando; sin embargo, actualmente esta visión puede no ser la más adecuada.

Eje de tecnología

- Considera que existe interoperabilidad entre distintos programas para diseño hidráulico como Civil 3D, HEC-RAS, Istram, etc. Sin embargo, en ciertos casos, esta interoperabilidad puede no ser la más adecuada.
- Usted cree que, a pesar de que no represente una gran barrera y se tengan soluciones, los programas HEC-RAS, HEC-HMS y Iber pueden tener ciertas dificultades para la exportación en IFC debido a sus extensiones como *.shp* para data geoespacial las cuales difieren de las más comunes para programas BIM.

5.5. Resultados de la 2da ronda

5.5.1. Eje de personas

Para la segunda y última validación por parte del panel de expertos, se obtuvo la convergencia total de las cuatro afirmaciones presentadas. Estas afirmaciones fueron modificadas de la primera encuesta. A continuación, se muestran los resultados de las preguntas de este eje.

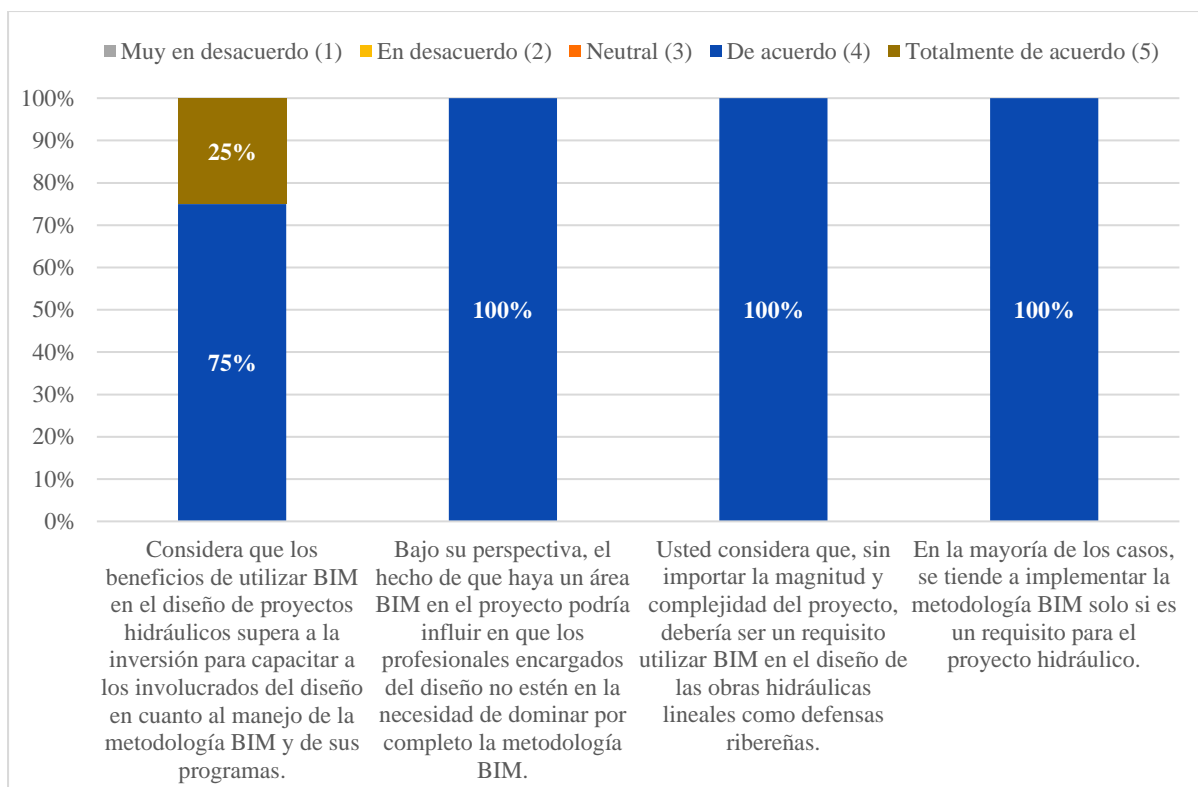


Figura 16. Validación en segunda ronda de las preguntas del eje de personas

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la primera pregunta, se obtuvo que el 25% está totalmente de acuerdo y el 75% está de acuerdo con que los beneficios de utilizar BIM superan a la inversión para capacitar a los encargados del diseño de obras hidráulicas acerca de la metodología BIM y de sus programas. Para la segunda premisa, todos los expertos están de acuerdo con el hecho de que un área BIM en el diseño del proyecto hidráulico puede influir en que los profesionales del diseño no sientan la necesidad de dominar BIM en su totalidad.

Los resultados de la tercera premisa indican que el uso de BIM debería ser un requisito sin importar la magnitud y complejidad del proyecto para el diseño de obras hidráulicas lineales como defensas ribereñas. A pesar de ello, se menciona que cuando son proyectos hidráulicos de pequeña magnitud como por ejemplo una defensa ribereña puntual de 100 metros de longitud, los beneficios del uso de BIM se podrían ver reducidos, ya que los profesionales del diseño de estos proyectos pueden estar más familiarizados con el diseño en 2D, por lo que

realizar un modelo BIM para un proyecto menor podría no ser muy práctico; sin embargo, mencionan que sería necesario para así tener una mayor adopción de esta metodología en el diseño y poder disminuir la concepción no integrada de proyectos. También, se obtuvo la convergencia en la última premisa la cual indica que, mayormente, se implementa la metodología BIM solo si es un requerimiento para el proyecto.

5.5.2. Eje de procesos

Para el eje de procesos, se reformularon tres afirmaciones de la primera ronda. Además, se obtuvo la convergencia del panel en dichas afirmaciones la cual se puede apreciar en el siguiente gráfico.

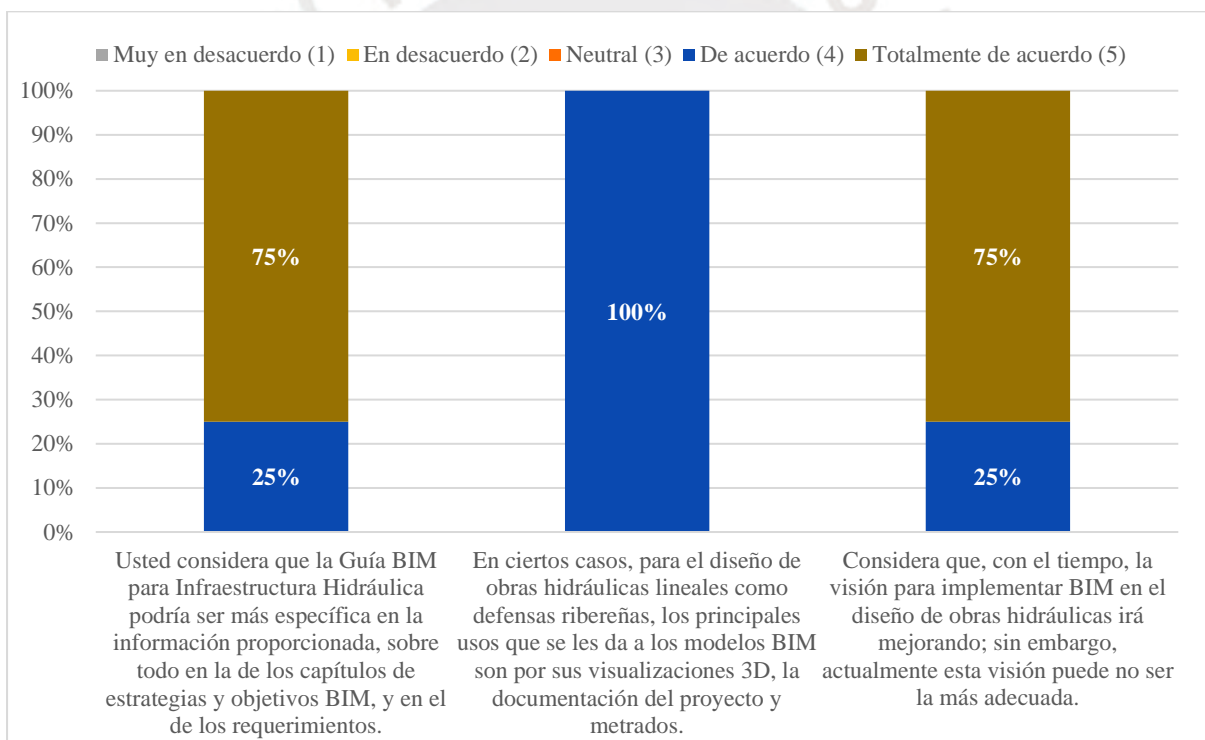


Figura 17. Validación en segunda ronda de las preguntas del eje de procesos

Fuente: Elaboración propia.

Para la primera afirmación del eje, se obtuvo que el 75% está totalmente de acuerdo con que la Guía BIM para Infraestructura Hidráulica podría ser más específica en cuanto a la información; específicamente, en los capítulos de estrategias y objetivos, y el de los

requerimientos. Para la segunda afirmación todo el panel está de acuerdo con que los principales usos BIM en el proyecto son las vistas 3D, la documentación y los metrados. Finalmente, el 75% está totalmente de acuerdo y el 25% de acuerdo con que la visión para implementar BIM en el diseño de obras hidráulicas ira mejorando con el tiempo, pero actualmente dicha visión puede aun no ser la más adecuada.

5.5.3. Eje de tecnología

Para este eje, se logró el consenso en cuanto a opiniones. Se aprecia que, para las dos afirmaciones planteadas, la totalidad del panel está de acuerdo y totalmente de acuerdo. A continuación, se presenta el grafico con los resultados de este último eje.

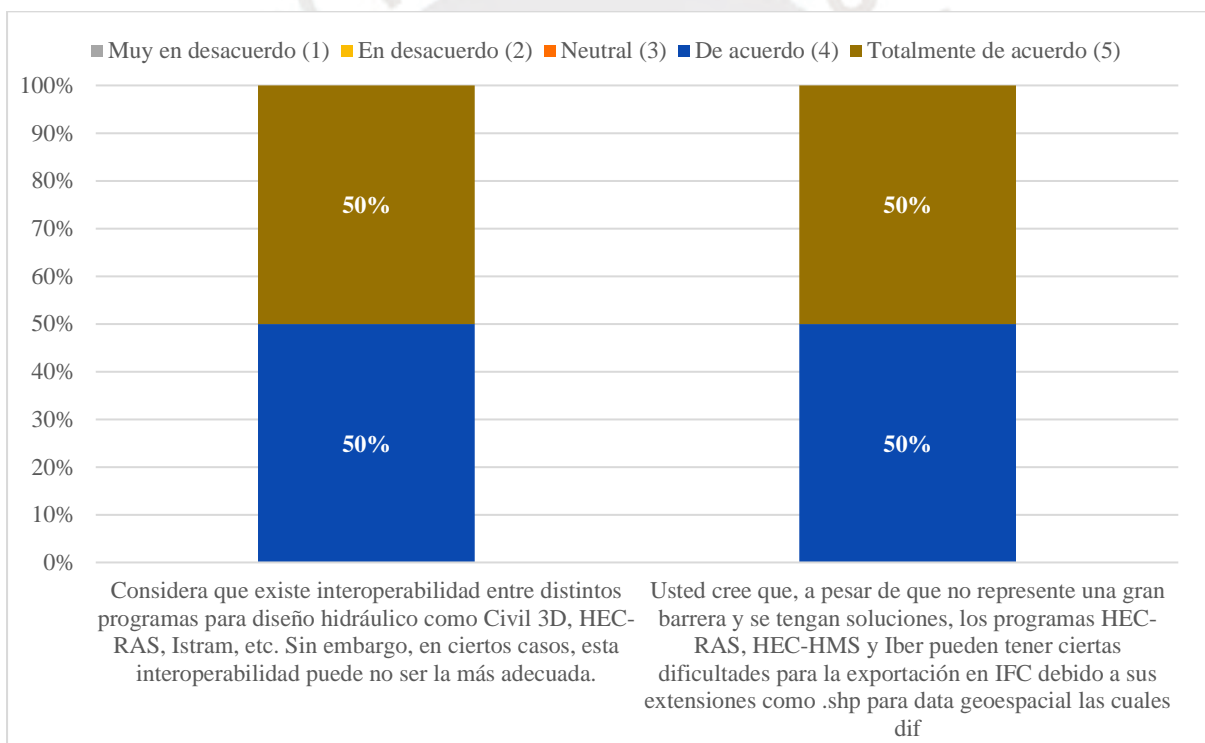


Figura 18. Validación en segunda ronda de las preguntas del eje de tecnología

Fuente: Elaboración propia.

En la primera ronda de afirmaciones, respecto a las dos afirmaciones de software de modelamiento hidráulico, se obtuvo una opinión dividida; sin embargo, para esta ronda, se logró llegar al consenso. En ambas afirmaciones, todos los expertos son conscientes de ciertas

limitaciones en cuanto a interoperabilidad y exportación de datos, pero en ambas premisas mencionan que estas no representan una gran complicación.

5.6. Discusión de resultados finales

Como se ha podido apreciar con respecto a los resultados de las dos rondas de la validación de barreras, se observó que se logró la convergencia en ocho afirmaciones en la primera ronda, mientras que la convergencia de las nueve restantes se logró en la segunda ronda. Respecto al eje de personas, las afirmaciones están muy relacionadas entre sí. El panel de expertos está de acuerdo que, en la actualidad, para proyectos hidráulicos, los profesionales aun no cuentan con los conocimientos necesarios de BIM y esto también se puede relacionar con dos principales motivos. El primero sería la alta inversión en cuanto a tiempo y dinero para capacitar a los profesionales acerca de BIM y el segundo motivo sería la falta de necesidad; sin embargo, se menciona que generalmente los beneficios de utilizar BIM superan con creces a la inversión para capacitar a los encargados del diseño. Además, como se ha visto y validado por el panel, en la mayoría de los proyectos se cuenta con un área BIM específicamente para la implementación y gestión de todo lo relacionado con esta metodología. Esto puede influir en que los profesionales no sientan la necesidad o urgencia de dominar a profundidad la metodología BIM.

Por otro lado, se validó por todo el panel que para las obras hidráulicas lineales como defensas ribereñas sería adecuado utilizar la metodología BIM para la etapa de diseño y más aún para proyectos de gran magnitud y complejidad. Esto muestra que si existe una aceptación y conocimiento de que BIM es de mucha utilidad para esta tipología de proyectos. Finalmente, se encontró que, a pesar de la aceptación y conocimientos de las ventajas que tiene la implementación de BIM, en la mayoría de los casos, aun se tiende a implementar solo si es un requisito del proyecto y los profesionales del diseño tienden a preferir utilizar la metodología

de diseño 2D tradicional. Por ello, es posible que exista cierta resistencia a cambiar dicha metodología por otra que utilice BIM como principal herramienta.

Respecto al eje de procesos, los expertos afirmaron que los documentos como la Guía BIM para Infraestructura Hidráulica y el Flujo de Diseño de Soluciones Integradas deben ser precisados y reformulados, debido a que pueden presentar información genérica e imprecisa. Esto influye en dos afirmaciones también validadas. La primera es que los contratistas deben elaborar sus propios manuales de estándares BIM y la segunda es que, actualmente, no se tiene una visión adecuada para implementar esta metodología; sin embargo, esta visión mejorará con la experiencia adquirida en los años. En caso se tengan documentos oficiales y precisos, se podría disminuir la necesidad de crear manuales internos y la visión para la implementación de BIM podría mejorar. Además, con la ayuda de estos documentos se podría realizar un PEB mucho más específico y detallado en cuanto a los objetivos, usos y requerimientos de BIM para los proyectos hidráulicos.

Por otra parte, los expertos discreparon en ambas rondas que el principal uso de los modelos BIM en el diseño de proyectos hidráulicos son las visualizaciones 3D. Tomando como base el expediente técnico analizado previamente, se pudo apreciar que BIM se utiliza para la documentación como la generación de planos y otro tipo de informes, y también para la sustentación de metrados, resultados confirmados por el panel de expertos en la segunda ronda.

Finalmente, respecto al eje de tecnología, el panel de expertos opina que el sistema Uniclass requerido para las obras hidráulicas es un poco limitante, ya que no está adecuado a este tipo de proyectos por lo que se tienen que crear nuevas carpetas y secciones para los elementos y peculiaridades de este; sin embargo, no se considera una barrera como tal, ya que no impide o dificulta en gran magnitud a la implementación de BIM. También, el panel de expertos afirmó que no está completamente desarrollada la integración entre sistemas de

información geográfica con los modelos BIM debido a los formatos y estándares distintos con los que trabajan. La integración de estas dos herramientas es crucial para poder desarrollar la metodología BIM adecuadamente en proyectos hidráulicos como defensas ribereñas, por lo que tener limitaciones al traspaso de información puede ser una clara barrera.

Además, los expertos están de acuerdo con que algunos programas de diseño geotécnico o estructural como por ejemplo Slide, tienen limitaciones en cuanto a la importación y exportación de datos (posiblemente de SIG), ya que tendrán que simplificar y reducir la cantidad de datos. Además, están de acuerdo con ciertas limitaciones con Civil 3D, del mismo modo, al recibir una gran cantidad de datos principalmente de profundidades para hacer perfiles 3D. Inclusive, el panel menciona que las licencias de los programas BIM y de diseño, como Slide y LeapFrog, presentan costos bastante elevados.

Por otra parte, respecto a los programas de modelamiento hidráulico como Hec-RAS, Hec-HMS, Istram o Iber, los expertos llegaron al consenso de que la interoperabilidad entre estos programas y otros como Civil 3D puede en ciertos casos no ser la más adecuada. Además, se encontró que estos programas pueden tener dificultades en la exportación de datos debido a sus extensiones como .shp para datos geoespaciales. Sin embargo, los expertos mencionan que esto no representa una gran barrera y se tienen soluciones al respecto. Esto posiblemente porque existen extensiones adicionales que se pueden agregar a dichos programas para que tengan una mayor compatibilidad con otros programas del entorno en proyectos hidráulicos. A continuación, se presentan las barreras identificadas, analizadas y validadas por el panel de expertos.

Tabla 3.

Barreras en la implementación de BIM en la etapa de diseño de proyectos hidráulicos como defensas ribereñas.

Eje de personas

Los profesionales involucrados en el diseño de proyectos hidráulicos, actualmente, no cuentan con los conocimientos necesarios para implementar BIM.

Existe resistencia al cambio de diseño en 2D tradicional posiblemente por practicidad y por la inversión que se tiene que asumir para aprender del manejo de la metodología BIM y de sus programas.

El hecho de que haya un área BIM en los proyectos la cual da soporte a los modelos puede influir en que los profesionales encargados del diseño no estén en la necesidad de dominar por completo el BIM.

En la mayoría de los casos, se tiende a implementar la metodología BIM solo si es un requisito para el proyecto hidráulico.

Eje de procesos

La Guía BIM para Infraestructura Hidráulica debería ser más específica en la información proporcionada, sobre todo en la de los capítulos de estrategias y objetivos BIM, y en el de los requerimientos. Por ello, debería actualizarse.

El Flujo de Diseño de Soluciones Integradas otorgado a los contratistas no presenta claridad en su lenguaje y tiene mucha ausencia de valores numéricos, en otras palabras, es genérico.

Los contratistas están en la necesidad de desarrollar sus propios manuales de estándares BIM, debido a la incertidumbre de las guías proporcionadas.

La visión para implementar BIM en el diseño de proyectos hidráulicos, la cual debe permitir tener clara la meta y los objetivos trazados por parte de los involucrados, no es la más adecuada; sin embargo, con el tiempo esta mejorará.

Eje de tecnología

La integración de sistemas de información geográfica (SIG) con modelos BIM aún no está completamente desarrollada debido a los formatos de datos y estándares distintos.

Programas para diseño y modelamiento hidráulico como Hec-RAS, Hec-HMS, Istram, etc, pueden tener una inadecuada interoperabilidad con otro tipo de programas. Además, pueden presentar dificultades en la exportación de información debido a sus formatos de datos.

Programas de diseño estructural o geotécnico como por ejemplo Slide, para la importación y exportación, o como Civil 3D, para la importación, presentan limitaciones al recibir una gran cantidad de datos espaciales que tendrán que simplificar y reducir.

El costo de las licencias de los programas BIM para proyectos hidráulicos es muy elevado.

Nota. Elaboración propia

5.7. Esquema de causas utilizando el Diagrama de Ishikawa

Después de realizar el análisis y validación de barreras identificadas en la implementación del BIM en el diseño de proyectos hidráulicos, se continua con la elaboración del diagrama de Ishikawa. En este diagrama se aprecia la consecuencia en la parte derecha y las barreras con sus respectivas causas en la parte izquierda. A continuación, se presenta el diagrama realizado.

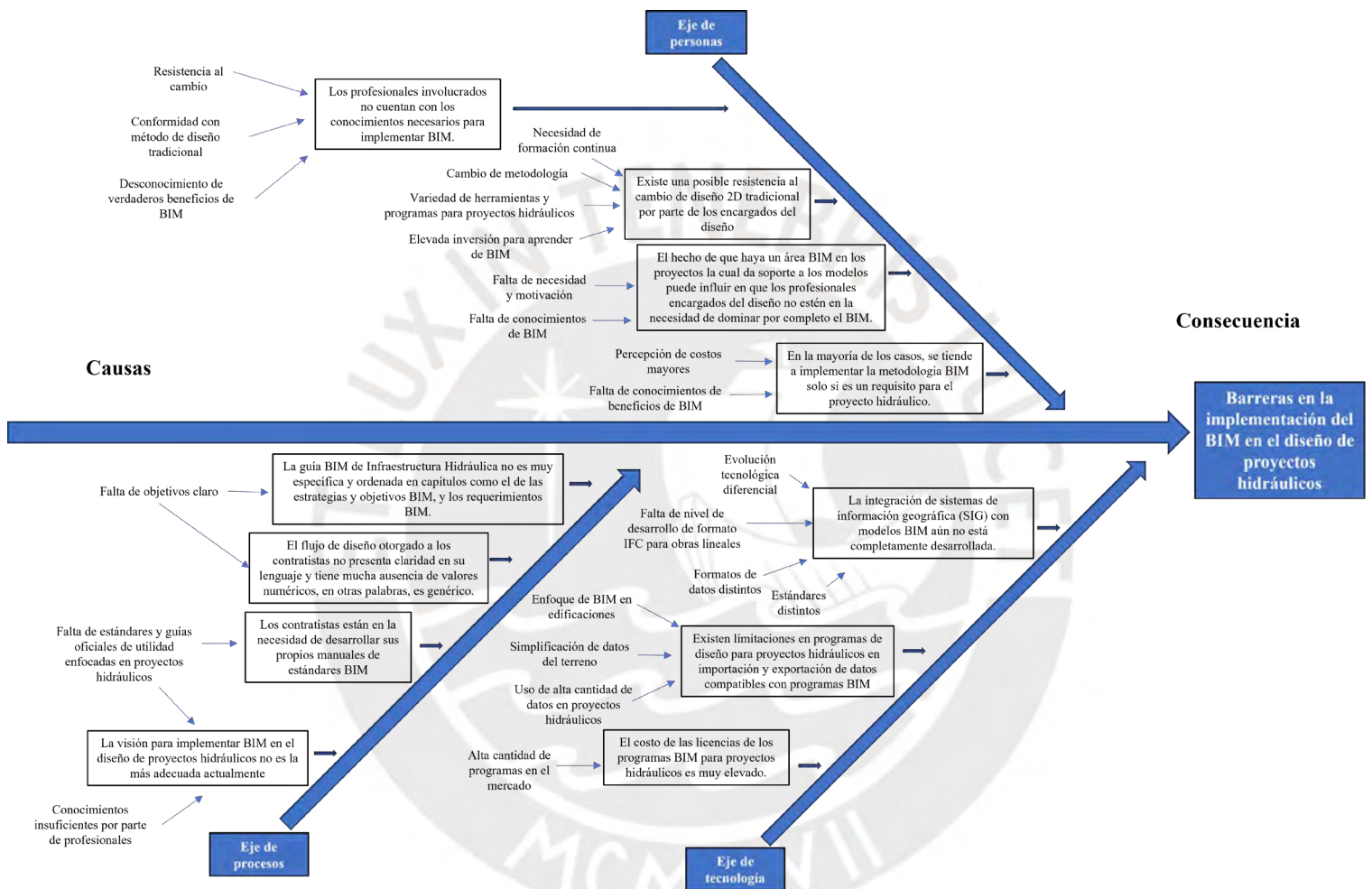


Figura 19. Diagrama de Ishikawa de las barreras y sus respectivas causas

Fuente: Elaboración propia.

6. Conclusiones y Recomendaciones

6.1. Conclusiones

Al realizar la revisión de literatura acerca del proceso y las disciplinas que se presentan en el diseño de proyectos hidráulicos como defensas ribereñas, se pudo identificar un gran número de disciplinas. Entre las principales está hidrología, hidráulica, topografía, geotecnia, geología, estructuras y ambiental. Además, se apreció que estas disciplinas están constantemente trabajando en conjunto, por lo que el uso de la metodología BIM puede ser mucho más beneficioso. A pesar de ello, se notó una clara falta de investigaciones relacionadas al uso de BIM en etapas tempranas de proyectos hidráulicos y aun menos para proyectos de control de inundación como las defensas ribereñas.

Se ha apreciado que los proyectos de control de inundaciones son de suma importancia, debido a que estos pueden salvar a miles de personas ante catástrofes como las provocadas por el Fenómeno del Niño Costero en Perú el 2017. Por lo que, el Estado planifica realizar 31 proyectos de defensas ribereñas para el año 2026 dejando clara la importancia y necesidad de implementar metodologías como BIM que mejoren, optimicen y faciliten el proceso interdisciplinario en el diseño de este tipo de proyectos de interés nacional.

Con el objetivo de identificar las barreras en la implementación de BIM en la etapa de diseño de proyectos hidráulicos, se buscaron cuatro fuentes principales de información: revisión bibliográfica, encuesta general, casos de estudio y validación utilizando el método Delphi. Una parte de la revisión de literatura se centró en la búsqueda de barreras y retos de la implementación de BIM en el diseño de proyectos de construcción como obras lineales y de infraestructura debido a la limitada investigación respecto a proyectos hidráulicos. De esta forma se pudieron identificar barreras las cuales se dividieron en los ejes de personas, procesos y tecnología a lo largo de la presente investigación. Estos primeros resultados sirvieron como base para desarrollar la primera encuesta cuyo objetivo era captar una percepción acerca de las

barreras que se pueden presentar. Las respuestas de la encuesta fueron de gran ayuda para identificar que casos de estudio analizar. Posterior a ello, con la información adquirida de las tres fuentes anteriores, se planteó la validación de barreras por el método Delphi.

Para el eje de personas, se pudo concluir que los profesionales participantes en el diseño de proyectos hidráulicos no cuentan con los conocimientos para implementar BIM y que, mayormente, esta metodología se implementa solo si el cliente del proyecto lo solicita. Estas premisas fueron validadas tanto en la encuesta general como en el método Delphi. Además, se validó con el método Delphi que las áreas BIM en los proyectos hidráulicos o empresas pueden influir en que los encargados del diseño no sientan la necesidad de dominar por completo la metodología BIM. A ello se le suma una posible resistencia al cambio, por parte de los encargados de diseño, de la metodología de diseño 2D tradicional por una nueva que utilice BIM ocasionada, posiblemente, por la inversión de tiempo y dinero en su capacitación en cuanto al uso de esta metodología y de sus programas. A pesar de ello, se validó por el panel de expertos que se conocen los beneficios de utilizar BIM y que estos superan a la inversión necesaria para capacitar a los profesionales del diseño, especialmente en proyectos de gran magnitud. Aquello está muy relacionado a una barrera obtenida de la revisión bibliográfica por parte de Panuwatwanich y Peansupap en la que los profesionales tienen resistencia a adaptar sus metodologías tradicionales por otras que incluyan el uso de BIM a pesar de conocer sus beneficios.

Como se ha podido apreciar, las barreras identificadas en este eje están muy relacionadas entre sí. Se considera primordial partir de la necesidad de que los encargados del diseño tengan una adecuada capacitación en la metodología BIM a pesar de la inversión que esta signifique. Aquello puede ayudar a lidiar con la resistencia al cambio de la metodología tradicional, además de reforzar y ampliar el conocimiento sobre los beneficios de BIM. De esta forma, el uso de la metodología BIM desde la etapa de diseño de proyectos hidráulicos podría dejar de

utilizarse únicamente cuando es un requisito por parte de los clientes o autoridades. El uso en aumento de esta metodología, así como la adecuada capacitación de los involucrados en el diseño de proyectos hidráulicos ocasionará que en un futuro ellos sean capaces de asumir las responsabilidades que supone utilizar la metodología BIM lo que ocasionaría una disminución en las áreas BIM por proyecto u organización y una mayor madurez BIM.

Para el eje de procesos, con la primera encuesta se concluyó que a pesar de que el Plan BIM Perú sea de utilidad para la etapa de diseño de proyectos hidráulicos, aun no se tiene una visión adecuada de como implementar y gestionar el BIM. En base a aquel resultado, se realizó la búsqueda de casos de estudio como la Guía BIM para Infraestructura Hidráulica y el Flujo de Diseño de Soluciones Integradas. Es importante recalcar que estas guías no son oficiales del Plan BIM Perú, sino que son el resultado del desarrollo de la entidad. Al analizar estos documentos se pudo identificar generalidad en cuanto a la información que proporcionan, falta de valores y datos específicos, confusión en cuanto a términos y que no profundizan adecuadamente. Además, al realizar el método Delphi, se pudieron validar estas ideas y concluir con que es necesario reformular estos dos documentos para que sean de mayor utilidad, se adapten a las condiciones contractuales de los proyectos hidráulicos actuales y sean explícitos para evitar interpretaciones únicas por parte de los involucrados. También se validó por el panel de expertos que aquellos lineamientos y guías pueden generar cierta incertidumbre la cual provoca que los contratistas desarrollen sus propios manuales de estándares BIM reduciendo una adecuada estandarización para los proyectos hidráulicos que, en su mayoría, son obras públicas. Todo lo mencionado influye en otra barrera validada por el método Delphi la cual es que en la actualidad no se tenga una visión adecuada para implementar BIM en el diseño de obras hidráulicas. Es adecuado mencionar también que se validaron tres principales usos BIM en esta etapa de diseño mediante el expediente técnico y panel de expertos: visualizaciones 3D, documentación y metrados. La reformulación de la Guía BIM para

Infraestructura Hidráulica y el Flujo de Diseño de Soluciones Integradas podrían reducir la necesidad de que los contratistas elaboren sus manuales de estándares BIM, mejorar la visión para implementar esta metodología en el diseño de proyectos hidráulicos y tener un mayor número de usos BIM en esta etapa definidos explícitamente en estos lineamientos.

Para el eje de tecnología, con la primera encuesta, se identificó que los programas tanto de BIM como de diseño presentan ciertas limitaciones como por ejemplo la interoperabilidad entre ellos y otras limitaciones como la importación de modelos geolocalizados. Aquello se tomó como base para investigar más específicamente software de diseño hidráulico y de geotecnia. Por una parte, con el panel de expertos, se pudo identificar que para el modelamiento hidráulico la interoperabilidad y exportación de información de sus programas no se consideran barreras de gran magnitud, ya que existen soluciones a estas dificultades. Mientras que para software de geotecnia como por ejemplo Slide se identificaron y validaron dificultades en la importación de terrenos y en la exportación, debido a que generalmente no tienen formatos compatibles con programas BIM. Además, se identificó que programas BIM y otros como Civil 3D presentan limitaciones para realizar modelos geotécnicos-geológicos en 3D para la cimentación de defensas ribereñas debido a la cantidad de datos a ingresar y la interfaz de estos programas.

Respecto a la relación entre el sistema de información geográfica y BIM, se pudo validar que estas dos herramientas no tienen una integración completamente desarrollada y es necesaria una interoperabilidad más directa entre ambas, ya que son sumamente útiles para proyectos hidráulicos al permitir gestionar los datos geospaciales del terreno, la zona circundante del proyecto y optimizar la toma de decisiones durante el proceso de diseño. Acerca del sistema de clasificación Uniclass, se obtuvo que no está adaptado a obras hidráulicas; sin embargo, debido a su no muy alta incidencia en la implementación de BIM, no se consideró como barrera. Además, se identificó tanto en la encuesta como en el expediente técnico del proyecto, así como en el método Delphi que los costos de las licencias de los

programas BIM son bastante elevados y, en ciertos casos, estos pueden limitar la implementación adecuada de esta metodología.

Es adecuado mencionar que algunas barreras se han repetido en la revisión de literatura, la primera encuesta y en la encuesta para la validación de expertos. Entre ellas está el insuficiente conocimiento idóneo de los profesionales involucrados en el diseño, el cierto rechazo de cambiar las metodologías tradicionales de diseño a pesar de conocer los grandes beneficios de BIM, la falta de estándares oficiales los cuales sean útiles y puedan adaptarse a las condiciones contractuales de cada proyecto y los elevados costos de las licencias de los programas BIM. Que se hallan repetido estas barreras es un claro indicador de su importancia y necesidad de afrontarlas con urgencia, debido a que estas trascienden la tipología y ubicación del proyecto.

Finalmente, se pudo apreciar la gran utilidad de emplear la encuesta y el método Delphi con la escala de Likert, debido a que se proporciona una manera eficaz de llegar a un consenso en cuanto a opiniones. Para esta investigación, se pudo realizar la validación de las barreras identificadas en dos rondas de afirmaciones. Además, este método ayudó a identificar afirmaciones que no eran correctas para poder corregirlas y replantearlas posteriormente.

6.2. Recomendaciones

Respecto a la encuesta realizada, se pudo observar que fue útil para captar una percepción de la implementación del BIM en el diseño de proyectos hidráulico con la cual se pueda partir para realizar un análisis adecuado. Se recomienda, para datos cuantitativos, buscar un gran número de encuestados y así obtener resultados más precisos. Por otro lado, limitar las respuestas a un rango único mediante la escala de Likert, puede ser limitante. Por ello, se recomienda adicionar datos cualitativos, como entrevistas, a la información cuantitativa. De esta forma, los entrevistados tienen más libertad para poder profundizar y expresarse de la manera que consideren adecuada.

A pesar de que el uso de los tres ejes para toda la investigación (eje de personas, eje de procesos y eje de tecnología) ha sido útil para poder diferenciar y clasificar las barreras identificadas, se sugiere utilizar más ejes como por ejemplo un eje de políticas el cual es mencionado por Succar y páginas web como por ejemplo BIM Excellence. En este eje se podría agrupar todo lo relacionado a la gobernanza como estándares y normativas. De esta forma se podría tener una mayor diferencia y categorización en cuanto a los ejes.

Por otro lado, respecto a los resultados obtenidos y la validación del panel de expertos, sería recomendable actualizar la Guía BIM para Infraestructura Hidráulica y el Flujo de Diseño de Soluciones Integradas con el objetivo de conseguir documentos que sean de mayor apoyo a los contratistas de proyectos hidráulicos. Sobre todo, sería adecuado detallar los usos y requerimientos BIM en cada una de las diferentes etapas con condiciones más definidas para así reducir la necesidad de los profesionales en interpretar a su manera la información de estos documentos. De esta manera, se podrían definir mejor los Planes de Ejecución BIM teniendo información más estructurada y detallada la cual se ajuste a los objetivos planteados para el uso de BIM en el proyecto.

Finalmente, la presente investigación ha identificado y analizado las barreras que se presentan en la implementación de BIM en el diseño de proyectos hidráulicos como defensas ribereñas. Como se ha podido apreciar en la revisión de literatura, actualmente se tienen muy pocas investigaciones sobre la implementación de esta metodología en proyectos hidráulicos y aun menos en defensas ribereñas. Por ello, se motiva a realizar más investigaciones de la adopción de BIM en este tipo de proyectos. Además, esta investigación puede ser complementada en un futuro con planes de mejora, soluciones y propuestas para tener una mayor adopción de esta metodología tan innovadora como es el BIM en proyectos de este tipo.



Bibliografía

- Alfaro, T. (2023). *Estudio definitivo de ingeniería Quebrada Las Piedras – Resumen Ejecutivo*. Perú, setiembre 2023.
- Autoridad para la Reconstrucción con Cambios. (2021). *Guía BIM para Infraestructura Hidráulica para el control de inundaciones y drenaje*. (pp. 1-79).
- Autoridad para la Reconstrucción con Cambios. (2021). *Soluciones Integradas – Flujo de trabajo de aseguramiento de diseño*. Perú, febrero 2021.
- Bañón, L. (2021). *Modelado BIM de un tramo de carretera*. España, octubre 2021.
<http://hdl.handle.net/10045/130402>
- BuildingSMART Spain (2023). *¿Qué es BIM?* Recuperado el 21 de mayo del 2023, de <https://www.buildingsmart.es/bim/#:~:text=%20BuildingSMART%20Spanish%20Chapter%20%C2%BFQu%C3%A9%20es%20BIM%3F%20Building,de%20informaci%C3%B3n%20digital%20creado%20por%20todos%20sus%20agentes>
- Chuquin, F., Chuquin, C., Saire, R., Sairitupa, M. (2023). *Implementación BIM en megaproyectos de infraestructura hidráulica*. EuroBIM 2023 – BIM International Conference / 12° Encuentro de Usuarios BIM. Valencia 17-20 de mayo 2023.
- Criminale, A., Langar, S. (2017, abril). *Challenges with BIM implementation: a review of literature*. In 53rd ASC annual international conference proceedings (pp. 329-335).
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011) *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors (2nd ed.)*. John Wiley & Sons.
- Gallego, M. R. R., & Sierra, R. O. (2012). *Modelo de gestión para la calidad en las prácticas de pedagogía*. Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado, 16(3), 357- 372.

- García Valdés, M., & Suárez Marín, M. (2013). *El método Delphi para la consulta a expertos en la investigación científica*. Revista Cubana de Salud Pública, 39(2), 253-267.
- Hidalgo, M. (2018). *Interoperatividad entre SIG y BIM aplicada al patrimonio arquitectónico, exploración de posibilidades mediante la realización de un modelo digitalizado de la Antigua Iglesia de Santa Lucía y posterior análisis*. (Trabajo Fin de Grado Inédito). Universidad de Sevilla, Sevilla.
- Kunz, J., Fischer, M. (2020) *Virtual design and construction*. Construction Management and Economics, 38(4), 355-363.
- Llorente, M., Díez-Herrero, A., & Laín, L. (2009). *Aplicaciones de los SIG al análisis y gestión del riesgo de inundaciones: avances recientes*. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales, (29), 29-37.
- López Gómez, E. (2018). *El método Delphi en la investigación actual en educación: una revisión teórica y metodológica*. Educación XX1: revista de la Facultad de Educación UNAED. Madrid, España, 2018.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2020). *Etapas para la adopción progresiva de BIM en las fases del Ciclo de Inversión*. Recuperado el 4 de junio del 2023, de http://www.mef.gob.pe/planbimperu/docs/recursos/info_etapasAdopBIM.pdf
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2021). *Plan de implementación y hoja de ruta del Plan BIM Perú*.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2023). *Guía Nacional BIM Gestión de la información para inversiones desarrolladas con BIM*. (pp. 1-291).
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2023). *Plan BIM Perú*. Recuperado el 8 de junio del 2023, de <http://www.mef.gob.pe/planbimperu/index.html>

- Panuwatwanuich, K., Peansupap, V. (2013). *Factors affecting the current difusion of BIM: a qualitative study of online professional network*. Proceedings of the Creative Construction Conference 2013. Budapest, Hungary. (pp. 575-586).
- Reconstrucción con cambios (2023). *Infraestructuras de prevención*. Recuperado el 10 de junio del 2023, de <https://www.rcc.gob.pe/2020/main-home/plan-integral/prevencion/>
- Reconstrucción con cambios (2023). *Plan Integral – Alcance general*. Recuperado el 10 de junio del 2023, de <https://www.rcc.gob.pe/2020/main-home/plan-integral/alcance-general/>
- Salinas, J., Prado, G. (2019) Building information modeling (BIM) para la gestión del diseño y construcción de proyectos públicos peruanos. *Building & Management*, 3(2), 48-59
- Santos, J. (2020). *Sistemas de información geográfica*. Madrid, España: Editorial UNED.
- Soluciones Prácticas (2015). *Gestión de Inundaciones en Perú Ficha Técnica*. Recuperado el 12 de junio del 2023, de <https://infoinundaciones.com/recursos/item/ficha-tecnica-gestion-de-inundaciones/>
- Succar, B. (2009) *Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders*. Australia, octubre 2009.
- Terán, R. (1998) *Diseño y Construcción de Defensas Ribereñas*. Lima, Perú: Escuela Superior de administración de aguas “Charles Sutton”.
- Torres, C. (2023). *Estudio definitivo de ingeniería Quebrada Las Piedras – Metrados y presupuestos*. Perú, setiembre 2023.
- Valenzuela, L. (2000). *Diagrama de ishikawa*. Santiago de Chile, Chile: UNAB.
- Vera Galindo, C. (2018). *Aplicación de la metodología BIM a un proyecto de construcción de un corredor de transporte para un complejo industrial. Modelo BIM 5D Costes*. <https://hdl.handle.net/11441/84165>

Villena Manzanares, F., García-Segura, T., & Pellicer, E. (2021). *Análisis de las barreras a la adopción tecnológica BIM en la fase de diseño de proyectos en España*. 25th International Congress on Project Management and Engineering Alcoi. 6 - 9 Julio 2021.

Yañez, D. (2023) *Retos de la implementación de BIM durante la etapa de diseño de infraestructura de salud*. Lima, Perú, 2023.



Anexo A. Encuesta de barreras por Google Forms

Barreras en la implementación del BIM en el diseño de obras hidráulicas - defensas ribereñas

Esta encuesta tiene como objetivo capturar una percepción acerca de las **barreras que se presentan al implementar el BIM en el diseño de obras hidráulicas como por ejemplo defensas ribereñas.**

Se tienen tres ejes de preguntas de acuerdo al Virtual Design and Construction (VDC) los cuales son: Eje de personas, Eje de procesos y Eje de tecnología.

Todas las preguntas están enfocadas en la **etapa de diseño** de obras hidráulicas como defensas ribereñas.

Cabe resaltar que los resultados que se presentarán a partir de la encuesta serán completamente anónimos.

[Cambiar de cuenta](#)



* Indica que la pregunta es obligatoria

Correo *

Tu dirección de correo electrónico

¿Cuál es su nombre completo? *

Tu respuesta

Eje de personas

Los profesionales involucrados no cuentan con las herramientas y conocimientos necesarios para implementar BIM. *

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo

Los profesionales muestran resistencia a adoptar la metodología BIM para el diseño y prefieren emplear la metodología de diseño tradicional. *

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo

Capacitar a los profesionales acerca de la metodología BIM requiere de mucho tiempo y dinero. *

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo

Únicamente se implementa la metodología BIM si el cliente del proyecto lo solicita. *

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo

[Atrás](#)

[Siguiete](#)

[Borrar formulario](#)

Eje de procesos

Para este eje, las preguntas se plantean para un proyecto hidráulico en particular; sin embargo, pueden ser respondidas también de manera general.

Se utilizaron metodologías de colaboración para la gestión del BIM *

Se hace referencia a utilizar algún modelo de proceso de gestión de la información después de la implementación del BIM o Gestión de producción del proyecto (PPM) como se le conoce en el campo del Virtual Design and Construction (VDC). Esto indica la manera en la cual se debería trabajar con la información del BIM.

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo

No se siguió ningún estándar para implementar el BIM. *

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo

El plan BIM Perú no es de utilidad para el diseño de proyectos hidráulicos. *

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo

Para implementar el BIM no se tiene una visión adecuada. *

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo

[Atrás](#)

[Siguiete](#)

[Borrar formulario](#)

MCMXVII

Eje de tecnología

No existe una adecuada interoperabilidad entre distintos programas BIM para proyectos hidráulicos. *

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo

El diseño de proyectos hidráulicos es demasiado complejo e impide utilizar la metodología BIM adecuadamente. *

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo

El diseño de proyectos hidráulicos es sencillo, por lo que no requiere utilizar la metodología BIM. *

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo

El costo de las licencias de los programas BIM para proyectos hidráulicos es muy elevado, por ello no se implementa esta metodología. *

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo

MCMXVII

Anexo B. Resultados obtenidos de encuesta

	Eje de personas			
	Los profesionales involucrados no cuentan con las herramientas y conocimientos necesarios para implementar BIM.	Los profesionales muestran resistencia a adoptar la metodología BIM para el diseño y prefieren emplear la metodología de diseño tradicional.	Capacitar a los profesionales acerca de la metodología BIM requiere de mucho tiempo y dinero.	Únicamente se implementa la metodología BIM si el cliente del proyecto lo solicita.
1	De acuerdo	En desacuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
2	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Neutral	De acuerdo
3	En desacuerdo	En desacuerdo	Neutral	De acuerdo
4	Neutral	En desacuerdo	Neutral	Neutral
5	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo
6	De acuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	De acuerdo
7	En desacuerdo	De acuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
8	De acuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
9	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Neutral	De acuerdo
10	En desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	De acuerdo
11	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

	Eje de procesos			
	Se utilizaron metodologías de colaboración para la gestión del BIM	No se siguió ningún estándar para implementar el BIM.	El plan BIM Perú no es de utilidad para el diseño de proyectos hidráulicos.	Para implementar el BIM no se tiene una visión adecuada.
1	Neutral	En desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo
2	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	En desacuerdo	Neutral
3	De acuerdo	En desacuerdo	En desacuerdo	En desacuerdo
4	Neutral	Neutral	En desacuerdo	De acuerdo
5	Neutral	Neutral	Neutral	De acuerdo
6	En desacuerdo	En desacuerdo	Muy en desacuerdo	En desacuerdo
7	Neutral	Muy en desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo
8	De acuerdo	Muy en desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo
9	De acuerdo	En desacuerdo	Neutral	De acuerdo
10	De acuerdo	En desacuerdo	En desacuerdo	En desacuerdo
11	De acuerdo	En desacuerdo	Neutral	En desacuerdo

	Eje de tecnología			
	No existe una adecuada interoperabilidad entre distintos softwares BIM para proyectos hidráulicos.	El diseño de proyectos hidráulicos es demasiado complejo e impide utilizar la metodología BIM adecuadamente.	El diseño de proyectos hidráulicos es sencillo, por lo que no requiere utilizar la metodología BIM.	El costo de las licencias de los softwares BIM para proyectos hidráulicos es muy elevado, por ello no se implementa esta metodología.
1	De acuerdo	En desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo
2	De acuerdo	Neutral	En desacuerdo	En desacuerdo
3	Neutral	En desacuerdo	En desacuerdo	Neutral
4	De acuerdo	En desacuerdo	En desacuerdo	Neutral
5	En desacuerdo	Neutral	Neutral	De acuerdo
6	En desacuerdo	Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Totalmente de acuerdo
7	Totalmente de acuerdo	Neutral	Muy en desacuerdo	De acuerdo
8	Neutral	Neutral	En desacuerdo	En desacuerdo
9	En desacuerdo	En desacuerdo	Muy en desacuerdo	De acuerdo
10	En desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	De acuerdo
11	De acuerdo	Neutral	En desacuerdo	Neutral

Anexo C. Once profesionales encuestados

Para proteger la información de los miembros encuestados, se evita colocar sus nombres y empresas en las que laboran. Sin embargo, se puede solicitar la lista completa al tesista personalmente.

Profesionales	Profesión	Cargos	Empresa
Miembro 1	Ingeniero Civil	Especialista en obras civiles y docente universitario	Entidad pública
Miembro 2	Ingeniero Civil	Especialista en obras civiles	Entidad pública
Miembro 3	Ingeniero Civil	Ingeniero Geotécnico	Empresa de diseño
Miembro 4	Ingeniera Civil	Especialista en obras civiles	Entidad pública
Miembro 5	Ingeniero Agrícola	Jefe de Ingeniería	Empresa de diseño
Miembro 6	Ingeniero Civil	Ingeniero de proyectos	Consultoría
Miembro 7	Ingeniero Civil	Ingeniero Geotécnico	Empresa de diseño
Miembro 8	Ingeniero Civil	Modelador BIM	Consultoría
Miembro 9	Ingeniera Civil	Coordinadora BIM Transversal	Empresa constructora
Miembro 10	Ingeniero Civil	Ingeniero de Diseño Hidráulico	Consortio constructor
Miembro 11	Ingeniero Civil	Coordinador BIM	Empresa constructora

Anexo D. Panel de expertos para el Método Delphi

Para proteger la información de los expertos, se evita colocar sus nombres y empresas en las que laboran. Sin embargo, se puede solicitar la lista completa al tesista personalmente.

Método Delphi					
Profesionales	Profesión	Cargos	Años de experiencia	Proyectos	Empresa
Experto 1	Ingeniero Agrícola / Maestría en Hidrología y gestión de recursos hídricos	Jefe de Ingeniería	2 años / 12 años en ingeniería de proyectos hidráulicos en general	Protección en las quebradas El Carmen, Seca y Puerta Blanca / Paquete 6 "Río Matagente"	Empresa de diseño
Experto 2	Ingeniera Civil / Maestría en ingeniería geotécnica y geoambiental	Especialista en hidrología, y modelamiento y diseño hidráulico	5 años	Proyecto integral de control de la Quebrada Cansas	Entidad pública
Experto 3	Ingeniero Civil / Maestría en BIM Management	Coordinador general BIM	2 años / 4 años de experiencia con BIM adicional	Quebrada El León: Etapa de Coordinación Espacial RIBA 3 y Diseño Definitivo RIBA 4 y Etapa de Construcción RIBA 5 y Entrega RIBA 6	Consortio constructor
Experto 4	Ingeniero Civil / Colegiado	Especialista BIM, SIG y modelamiento hidráulico	1 año / 6 años en modelamiento hidráulico en general	Servicio de Protección Contra Inundaciones, en Ambas Márgenes Del Río Chicama / Creación del servicio de drenaje pluvial para distritos de Chiclayo - Departamento Lambayeque	Empresa de diseño

Anexo E. Método Delphi por Google Forms para la primera ronda

Validación mediante el método Delphi de barreras en la implementación de BIM en la etapa de diseño de proyectos hidráulicos - 1ra Ronda

Esta encuesta tiene como objetivo realizar una validación de las barreras identificadas y analizadas en la implementación de BIM en el diseño de proyectos hidráulicos como por ejemplo defensas ribereñas. Para ello se hará uso del **método Delphi** con un panel de profesionales. Se plantea obtener una opinión unánime por todos los profesionales para lo cual, posiblemente, se requerirá más de una encuesta.

Respecto a la encuesta, todas las preguntas están enfocadas en la **etapa de diseño** de obras hidráulicas como defensas ribereñas. Además, se tienen tres ejes de preguntas de acuerdo al Virtual Design and Construction (VDC) los cuales son: **Eje de personas, Eje de procesos y Eje de tecnología.**

Cabe resaltar que los resultados que se presentarán a partir de la encuesta serán completamente anónimos.

[Cambiar de cuenta](#)



* Indica que la pregunta es obligatoria

Correo *

Tu dirección de correo electrónico

Nombre completo *

Tu respuesta

Eje de personas

Considera usted que los profesionales involucrados en el diseño de proyectos hidráulicos, actualmente, no cuentan con los conocimientos necesarios para implementar BIM. *

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo

Capacitar a los profesionales involucrados en el diseño de proyectos hidráulicos acerca del manejo de la metodología BIM y de sus programas requiere de mucho tiempo y dinero. *

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo

Al haber un área BIM en el proyecto la cual da soporte a los modelos ocasiona que los profesionales encargados del diseño no tengan la necesidad de utilizar ni aprender de BIM a profundidad. *

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo

Desde su punto de vista, las obras hidráulicas lineales como las defensas ribereñas, en algunos casos, pueden no requerir el uso de la metodología BIM para su diseño. *

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo

Únicamente se implementa la metodología BIM si el cliente del proyecto lo solicita. *

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo

[Atrás](#)

[Siguiendo](#)

[Borrar formulario](#)

Eje de procesos

- La Guía BIM para Infraestructura Hidráulica es un documento de apoyo para la Dirección de Soluciones Integrales para la gestión de proyectos hidráulicos en todas sus etapas utilizando la metodología BIM. Además, su principal objetivo es impulsar el uso de BIM, la trazabilidad y transparencia en cuanto a la gestión de la información, así como el aumento del nivel de madurez BIM.
- El Flujo de Diseño de Soluciones Integradas es un mapa de procesos el cual brinda una ruta general para el aseguramiento del diseño. Entre la información que incluye están ciertos roles y responsabilidades tanto del Contratista como de la entidad pública. Además, busca rescatar los procesos involucrados en cada etapa del diseño (Riba 3A, Riba 3B y Riba etapa 4).

Considera usted que la Guía BIM para Infraestructura Hidráulica tiende a brindar * información general y no ordenada en algunos capítulos como el de las estrategias y objetivos BIM, y los requerimientos BIM.

<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">1. INTRODUCCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.1. Propósito</td> <td>1.1.1. Definición de Propósito</td> </tr> <tr> <td>1.2. Alcance</td> <td>1.2.1. Definición de Alcance</td> </tr> <tr> <td>1.3. Referencias</td> <td>1.3.1. Definición de Referencias</td> </tr> <tr> <td>1.4. Definición de Roles y Responsabilidades</td> <td>1.4.1. Definición de Roles y Responsabilidades</td> </tr> <tr> <td>1.5. Metodología</td> <td>1.5.1. Definición de Metodología</td> </tr> <tr> <td>1.6. Definición de Términos Clave</td> <td>1.6.1. Definición de Términos Clave</td> </tr> <tr> <td>1.7. Definición de Documentos</td> <td>1.7.1. Definición de Documentos</td> </tr> <tr> <td>1.8. Definición de Flujos de Trabajo</td> <td>1.8.1. Definición de Flujos de Trabajo</td> </tr> <tr> <td>1.9. Definición de Indicadores de Desempeño</td> <td>1.9.1. Definición de Indicadores de Desempeño</td> </tr> <tr> <td>1.10. Definición de Otros Aspectos</td> <td>1.10.1. Definición de Otros Aspectos</td> </tr> </tbody> </table>	1. INTRODUCCIÓN		1.1. Propósito	1.1.1. Definición de Propósito	1.2. Alcance	1.2.1. Definición de Alcance	1.3. Referencias	1.3.1. Definición de Referencias	1.4. Definición de Roles y Responsabilidades	1.4.1. Definición de Roles y Responsabilidades	1.5. Metodología	1.5.1. Definición de Metodología	1.6. Definición de Términos Clave	1.6.1. Definición de Términos Clave	1.7. Definición de Documentos	1.7.1. Definición de Documentos	1.8. Definición de Flujos de Trabajo	1.8.1. Definición de Flujos de Trabajo	1.9. Definición de Indicadores de Desempeño	1.9.1. Definición de Indicadores de Desempeño	1.10. Definición de Otros Aspectos	1.10.1. Definición de Otros Aspectos	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">2. REQUERIMIENTOS BIM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.1. Definición de Requerimientos</td> <td>2.1.1. Definición de Requerimientos</td> </tr> <tr> <td>2.2. Definición de Requisitos</td> <td>2.2.1. Definición de Requisitos</td> </tr> <tr> <td>2.3. Definición de Condiciones</td> <td>2.3.1. Definición de Condiciones</td> </tr> <tr> <td>2.4. Definición de Restricciones</td> <td>2.4.1. Definición de Restricciones</td> </tr> <tr> <td>2.5. Definición de Recursos</td> <td>2.5.1. Definición de Recursos</td> </tr> <tr> <td>2.6. Definición de Herramientas</td> <td>2.6.1. Definición de Herramientas</td> </tr> <tr> <td>2.7. Definición de Roles y Responsabilidades</td> <td>2.7.1. Definición de Roles y Responsabilidades</td> </tr> <tr> <td>2.8. Definición de Indicadores de Desempeño</td> <td>2.8.1. Definición de Indicadores de Desempeño</td> </tr> <tr> <td>2.9. Definición de Otros Aspectos</td> <td>2.9.1. Definición de Otros Aspectos</td> </tr> </tbody> </table>	2. REQUERIMIENTOS BIM		2.1. Definición de Requerimientos	2.1.1. Definición de Requerimientos	2.2. Definición de Requisitos	2.2.1. Definición de Requisitos	2.3. Definición de Condiciones	2.3.1. Definición de Condiciones	2.4. Definición de Restricciones	2.4.1. Definición de Restricciones	2.5. Definición de Recursos	2.5.1. Definición de Recursos	2.6. Definición de Herramientas	2.6.1. Definición de Herramientas	2.7. Definición de Roles y Responsabilidades	2.7.1. Definición de Roles y Responsabilidades	2.8. Definición de Indicadores de Desempeño	2.8.1. Definición de Indicadores de Desempeño	2.9. Definición de Otros Aspectos	2.9.1. Definición de Otros Aspectos
1. INTRODUCCIÓN																																											
1.1. Propósito	1.1.1. Definición de Propósito																																										
1.2. Alcance	1.2.1. Definición de Alcance																																										
1.3. Referencias	1.3.1. Definición de Referencias																																										
1.4. Definición de Roles y Responsabilidades	1.4.1. Definición de Roles y Responsabilidades																																										
1.5. Metodología	1.5.1. Definición de Metodología																																										
1.6. Definición de Términos Clave	1.6.1. Definición de Términos Clave																																										
1.7. Definición de Documentos	1.7.1. Definición de Documentos																																										
1.8. Definición de Flujos de Trabajo	1.8.1. Definición de Flujos de Trabajo																																										
1.9. Definición de Indicadores de Desempeño	1.9.1. Definición de Indicadores de Desempeño																																										
1.10. Definición de Otros Aspectos	1.10.1. Definición de Otros Aspectos																																										
2. REQUERIMIENTOS BIM																																											
2.1. Definición de Requerimientos	2.1.1. Definición de Requerimientos																																										
2.2. Definición de Requisitos	2.2.1. Definición de Requisitos																																										
2.3. Definición de Condiciones	2.3.1. Definición de Condiciones																																										
2.4. Definición de Restricciones	2.4.1. Definición de Restricciones																																										
2.5. Definición de Recursos	2.5.1. Definición de Recursos																																										
2.6. Definición de Herramientas	2.6.1. Definición de Herramientas																																										
2.7. Definición de Roles y Responsabilidades	2.7.1. Definición de Roles y Responsabilidades																																										
2.8. Definición de Indicadores de Desempeño	2.8.1. Definición de Indicadores de Desempeño																																										
2.9. Definición de Otros Aspectos	2.9.1. Definición de Otros Aspectos																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">3. ESTRATEGIAS Y OBJETIVOS BIM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3.1. Definición de Estrategias</td> <td>3.1.1. Definición de Estrategias</td> </tr> <tr> <td>3.2. Definición de Objetivos</td> <td>3.2.1. Definición de Objetivos</td> </tr> <tr> <td>3.3. Definición de Resultados Esperados</td> <td>3.3.1. Definición de Resultados Esperados</td> </tr> <tr> <td>3.4. Definición de Indicadores de Desempeño</td> <td>3.4.1. Definición de Indicadores de Desempeño</td> </tr> <tr> <td>3.5. Definición de Otros Aspectos</td> <td>3.5.1. Definición de Otros Aspectos</td> </tr> </tbody> </table>	3. ESTRATEGIAS Y OBJETIVOS BIM		3.1. Definición de Estrategias	3.1.1. Definición de Estrategias	3.2. Definición de Objetivos	3.2.1. Definición de Objetivos	3.3. Definición de Resultados Esperados	3.3.1. Definición de Resultados Esperados	3.4. Definición de Indicadores de Desempeño	3.4.1. Definición de Indicadores de Desempeño	3.5. Definición de Otros Aspectos	3.5.1. Definición de Otros Aspectos	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">4. FLUJO DE DISEÑO DE SOLUCIONES INTEGRADAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4.1. Definición de Flujo de Diseño</td> <td>4.1.1. Definición de Flujo de Diseño</td> </tr> <tr> <td>4.2. Definición de Roles y Responsabilidades</td> <td>4.2.1. Definición de Roles y Responsabilidades</td> </tr> <tr> <td>4.3. Definición de Indicadores de Desempeño</td> <td>4.3.1. Definición de Indicadores de Desempeño</td> </tr> <tr> <td>4.4. Definición de Otros Aspectos</td> <td>4.4.1. Definición de Otros Aspectos</td> </tr> </tbody> </table>	4. FLUJO DE DISEÑO DE SOLUCIONES INTEGRADAS		4.1. Definición de Flujo de Diseño	4.1.1. Definición de Flujo de Diseño	4.2. Definición de Roles y Responsabilidades	4.2.1. Definición de Roles y Responsabilidades	4.3. Definición de Indicadores de Desempeño	4.3.1. Definición de Indicadores de Desempeño	4.4. Definición de Otros Aspectos	4.4.1. Definición de Otros Aspectos																				
3. ESTRATEGIAS Y OBJETIVOS BIM																																											
3.1. Definición de Estrategias	3.1.1. Definición de Estrategias																																										
3.2. Definición de Objetivos	3.2.1. Definición de Objetivos																																										
3.3. Definición de Resultados Esperados	3.3.1. Definición de Resultados Esperados																																										
3.4. Definición de Indicadores de Desempeño	3.4.1. Definición de Indicadores de Desempeño																																										
3.5. Definición de Otros Aspectos	3.5.1. Definición de Otros Aspectos																																										
4. FLUJO DE DISEÑO DE SOLUCIONES INTEGRADAS																																											
4.1. Definición de Flujo de Diseño	4.1.1. Definición de Flujo de Diseño																																										
4.2. Definición de Roles y Responsabilidades	4.2.1. Definición de Roles y Responsabilidades																																										
4.3. Definición de Indicadores de Desempeño	4.3.1. Definición de Indicadores de Desempeño																																										
4.4. Definición de Otros Aspectos	4.4.1. Definición de Otros Aspectos																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">5. ANEXOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5.1. Definición de Anexos</td> <td>5.1.1. Definición de Anexos</td> </tr> <tr> <td>5.2. Definición de Otros Aspectos</td> <td>5.2.1. Definición de Otros Aspectos</td> </tr> </tbody> </table>	5. ANEXOS		5.1. Definición de Anexos	5.1.1. Definición de Anexos	5.2. Definición de Otros Aspectos	5.2.1. Definición de Otros Aspectos	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">6. GLOSARIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>6.1. Definición de Glosario</td> <td>6.1.1. Definición de Glosario</td> </tr> <tr> <td>6.2. Definición de Otros Aspectos</td> <td>6.2.1. Definición de Otros Aspectos</td> </tr> </tbody> </table>	6. GLOSARIO		6.1. Definición de Glosario	6.1.1. Definición de Glosario	6.2. Definición de Otros Aspectos	6.2.1. Definición de Otros Aspectos																														
5. ANEXOS																																											
5.1. Definición de Anexos	5.1.1. Definición de Anexos																																										
5.2. Definición de Otros Aspectos	5.2.1. Definición de Otros Aspectos																																										
6. GLOSARIO																																											
6.1. Definición de Glosario	6.1.1. Definición de Glosario																																										
6.2. Definición de Otros Aspectos	6.2.1. Definición de Otros Aspectos																																										

Esquema de la Guía BIM para Infraestructura Hidráulica

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo

En su opinión, la Guía BIM para Infraestructura Hidráulica debe ser actualizada para que sea de mayor utilidad en el uso de BIM en este tipo de proyectos. *

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo

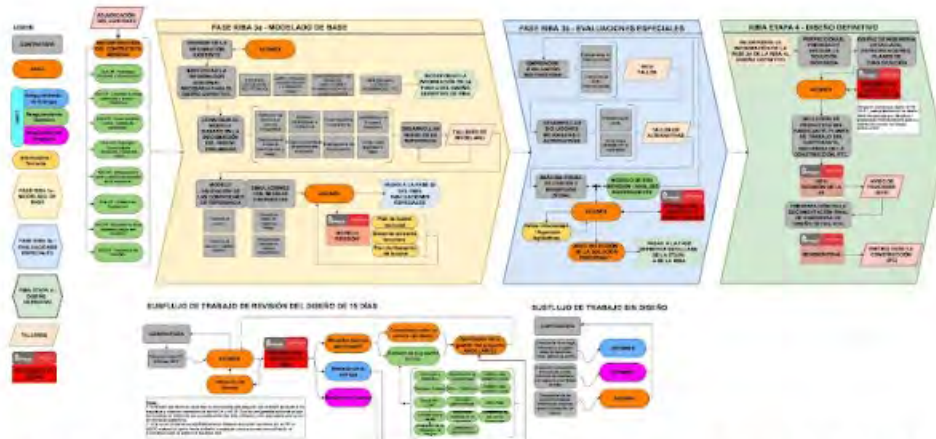
Para el diseño de obras hidráulicas lineales como defensas ribereñas, el principal uso que se le da a los modelos BIM es por sus visualizaciones 3D. *

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo

Los contratistas están en la necesidad de desarrollar sus propios manuales de estándares BIM, debido a cierta incertidumbre generada por los lineamientos o guías para el diseño de proyectos hidráulicos. *

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo

Bajo su perspectiva, el Flujo de Diseño de Soluciones Integradas otorgado a los contratistas es confuso, debe ser precisado y se debe mejorar el lenguaje empleado para un mayor entendimiento. *



Flujo de Diseño de Soluciones Integradas como por ejemplo obras hidráulicas lineales

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo

Considera que para implementar el BIM en el diseño de obras hidráulicas se tiene * una visión adecuada.

La visión debe permitir tener clara la meta y objetivos trazados. Además, la visión debe brindar mayor claridad para implementar BIM en un proyecto actual por parte de los involucrados en la etapa de diseño de dicho proyecto.

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo

Atrás

Siguiente

Borrar formulario

Eje de tecnología

Considera que no existe una adecuada interoperabilidad entre distintos programas BIM con programas como Civil 3D, HEC-RAS o Istram para proyectos hidráulicos. *

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo

En su opinión, el sistema Uniclass 2015 no está adaptado a obras hidráulicas lineales debido a las categorías preestablecidas, lo que sería un poco limitante al no poder capturar los elementos y características únicas de cada proyecto. *

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo

Considera que la integración de sistemas de información geográfica (SIG) con modelos BIM aún no está completamente desarrollada debido a los formatos de datos y estándares distintos. *

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo

Los programas HEC-RAS, HEC-HMS y Iber tienen dificultades para la exportación en IFC debido a sus extensiones como, por ejemplo .shp para data geoespacial las cuales difieren de las más comunes para programas BIM. *

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo

El costo de las licencias de los programas BIM para proyectos hidráulicos es muy elevado. *

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo

Algunos programas como por ejemplo Slide2, para el diseño geotécnico y estructural, o como Civil 3D, presentan limitaciones en el proceso de importación y exportación al recibir una gran cantidad de datos espaciales, los cuales tendrán que simplificar y reducir. *

- Slide es un programa de diseño para el análisis de estabilidad de taludes de obras civiles.

- Se hace referencia a limitaciones en la importación y exportación de datos geoespaciales (modelos de terreno). Este tipo de programas simplificarán dichos datos para posteriormente utilizarlos. Respecto a la exportación, generalmente no se tienen formatos compatibles con programas BIM.

-Respecto a Civil 3D, se hacer referencia a limitaciones en la interpolación de profundidades para realizar perfiles geológicos-geotécnicos del terreno en 3D.

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo



Anexo F. Resultados obtenidos del método Delphi del primer formulario

		1	2	3	4
Eje de personas	Considera usted que los profesionales involucrados en el diseño de proyectos hidráulicos, actualmente, no cuentan con los conocimientos necesarios para implementar BIM.	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo
	Capacitar a los profesionales involucrados en el diseño de proyectos hidráulicos acerca del manejo de la metodología BIM y de sus programas requiere de mucho tiempo y dinero.	Neutral	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo
	Al haber un área BIM en el proyecto la cual da soporte a los modelos ocasiona que los profesionales encargados del diseño no tengan la necesidad de utilizar ni aprender de BIM a profundidad.	De acuerdo	De acuerdo	Muy en desacuerdo	De acuerdo
	Desde su punto de vista, las obras hidráulicas lineales como las defensas ribereñas, en algunos casos, pueden no requerir el uso de la metodología BIM para su diseño.	Neutral	Muy en desacuerdo	Muy en desacuerdo	En desacuerdo
	Únicamente se implementa la metodología BIM si el cliente del proyecto lo solicita.	En desacuerdo	Totalmente de acuerdo	Neutral	De acuerdo
Eje de procesos	En su opinión, la Guía BIM para Infraestructura Hidráulica debe ser actualizada para que sea de mayor utilidad en el uso de BIM en este tipo de proyectos.	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo
	Considera usted que la Guía BIM para Infraestructura Hidráulica tiende a brindar información general y no ordenada en algunos capítulos como el de las estrategias y objetivos BIM, y los requerimientos BIM.	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	Muy en desacuerdo	De acuerdo
	Para el diseño de obras hidráulicas lineales como defensas ribereñas, el principal uso que se le da a los modelos BIM es por sus visualizaciones 3D.	En desacuerdo	Muy en desacuerdo	De acuerdo	De acuerdo

	Los contratistas están en la necesidad de desarrollar sus propios manuales de estándares BIM, debido a cierta incertidumbre generada por los lineamientos o guías para el diseño de proyectos hidráulicos.	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	De acuerdo
	Bajo su perspectiva, el Flujo de Diseño de Soluciones Integradas otorgado a los contratistas es confuso, debe ser precisado y se debe mejorar el lenguaje empleado para un mayor entendimiento.	De acuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo
	Considera que para implementar el BIM en el diseño de obras hidráulicas se tiene una visión adecuada.	En desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	En desacuerdo
Eje de tecnología	Considera que no existe una adecuada interoperabilidad entre distintos programas BIM con programas como Civil 3D, HEC-RAS o Istram para proyectos hidráulicos.	Neutral	Neutral	En desacuerdo	De acuerdo
	En su opinión, el sistema Uniclass 2015 no está adaptado a obras hidráulicas lineales debido a las categorías preestablecidas, lo que sería poco limitante al no poder capturar los elementos y características únicas de cada proyecto.	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	De acuerdo
	Considera que la integración de sistemas de información geográfica (SIG) con modelos BIM aún no está completamente desarrollada debido a los formatos de datos y estándares distintos.	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo
	Los programas HEC-RAS, HEC-HMS y Iber tienen dificultades para la exportación en IFC debido a sus extensiones como, por ejemplo .shp para data geoespacial las cuales difieren de las más comunes para programas BIM.	En desacuerdo	De acuerdo	En desacuerdo	De acuerdo
	El costo de las licencias de los programas BIM para proyectos hidráulicos es muy elevado.	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo
	Algunos programas como por ejemplo Slide2, para el diseño geotécnico y estructural, o como Civil 3D, presentan limitaciones en el proceso de importación y exportación al recibir una gran cantidad de datos espaciales, los cuales tendrán que simplificar y reducir.	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo

Validación mediante el método Delphi de barreras en la implementación de BIM en la etapa de diseño de proyectos hidráulicos - 2da Ronda

Esta encuesta tiene como objetivo realizar una validación de las barreras identificadas y analizadas en la implementación de BIM en el diseño de proyectos hidráulicos como por ejemplo defensas ribereñas. Para ello se está haciendo uso del **método Delphi** con un panel de profesionales.

Se plantea obtener una opinión unánime por todos los profesionales para lo cual se presenta esta segunda ronda de preguntas más reducida con las afirmaciones en las que no se obtuvo una opinión igual.

Respecto a la encuesta, todas las preguntas están enfocadas en la **etapa de diseño** de obras hidráulicas como defensas ribereñas. Además, se tienen tres ejes de preguntas de acuerdo al Virtual Design and Construction (VDC) los cuales son: **Eje de personas, Eje de procesos y Eje de tecnología.**

Cabe resaltar que los resultados que se presentarán a partir de la encuesta serán completamente anónimos.

[Cambiar de cuenta](#)



* Indica que la pregunta es obligatoria

Correo *

Tu dirección de correo electrónico

Nombre completo *

Tu respuesta

Eje de personas

Considera que los beneficios de utilizar BIM en el diseño de proyectos hidráulicos * supera a la inversión para capacitar a los involucrados del diseño en cuanto al manejo de la metodología BIM y de sus programas.

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo

Bajo su perspectiva, el hecho de que haya un área BIM en el proyecto podría * influir en que los profesionales encargados del diseño no estén en la necesidad de dominar por completo la metodología BIM.

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo

Usted considera que, sin importar la magnitud y complejidad del proyecto, debería ser un requisito utilizar BIM en el diseño de las obras hidráulicas lineales como defensas ribereñas. *

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo

En la mayoría de los casos, se tiende a implementar la metodología BIM solo si es un requisito para el proyecto hidráulico. *

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo

[Atrás](#)

[Siguiendo](#)

[Borrar formulario](#)

Eje de procesos

- La Guía BIM para Infraestructura Hidráulica es un documento de apoyo para la Dirección de Soluciones Integrales para la gestión de proyectos hidráulicos en todas sus etapas utilizando la metodología BIM. Además, su principal objetivo es impulsar el uso de BIM, la trazabilidad y transparencia en cuanto a la gestión de la información, así como el aumento del nivel de madurez BIM.
- El Flujo de Diseño de Soluciones Integradas es un mapa de procesos el cual brinda una ruta general para el aseguramiento del diseño. Entre la información que incluye están ciertos roles y responsabilidades tanto del Contratista como de la entidad pública. Además, busca rescatar los procesos involucrados en cada etapa del diseño (Riba 3A, Riba 3B y Riba etapa 4).

En ciertos casos, para el diseño de obras hidráulicas lineales como defensas ribereñas, los principales usos que se les da a los modelos BIM son por sus visualizaciones 3D, la documentación del proyecto y metrados. *

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo

Usted considera que la Guía BIM para Infraestructura Hidráulica podría ser más específica en la información proporcionada, sobre todo en la de los capítulos de estrategias y objetivos BIM, y en el de los requerimientos. *

3. INTRODUCCIÓN		3.1. Introducción		
4. OBJETIVOS		4.1. Introducción		
5. APLICACIÓN DE LA GUÍA BIM		5.1. Introducción		
6. ESTRATEGIAS Y OBJETIVOS BIM		6.1. Estrategias y Objetivos BIM		
7. REQUERIMIENTOS		7.1. Introducción		
8. ANEXOS Y GLOSARIO		8.1. Introducción		

9. ANEXOS Y GLOSARIO		9.1. Introducción		
10. CONTROL DE CALIDAD Y REVISIÓN DE BIM		10.1. Introducción		
11. ANEXOS Y GLOSARIO		11.1. Introducción		

Esquema de la Guía BIM para Infraestructura Hidráulica

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo

Considera que, con el tiempo, la visión para implementar BIM en el diseño de obras hidráulicas irá mejorando; sin embargo, actualmente esta visión puede no ser la más adecuada. *

La visión debe permitir tener clara la meta y objetivos trazados. Además, la visión debe brindar mayor claridad para implementar BIM en un proyecto actual por parte de los involucrados en la etapa de diseño de dicho proyecto.

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo

[Atrás](#)

[Siguiete](#)

[Borrar formulario](#)



Eje de tecnología

Considera que existe interoperabilidad entre distintos programas para diseño hidráulico como Civil 3D, HEC-RAS, Istram, etc. Sin embargo, en ciertos casos, esta interoperabilidad puede no ser la más adecuada. *

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo

Usted cree que, a pesar de que no represente una gran barrera y se tengan soluciones, los programas HEC-RAS, HEC-HMS y Iber pueden tener ciertas dificultades para la exportación en IFC debido a sus extensiones como .shp para data geoespacial las cuales difieren de las más comunes para programas BIM. *

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo

Anexo H. Resultados obtenidos del método Delphi del segundo formulario

		1	2	3	4
Eje de personas	Considera que los beneficios de utilizar BIM en el diseño de proyectos hidráulicos supera a la inversión para capacitar a los involucrados del diseño en cuanto al manejo de la metodología BIM y de sus programas.	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	De acuerdo
	Bajo su perspectiva, el hecho de que haya un área BIM en el proyecto podría influir en que los profesionales encargados del diseño no estén en la necesidad de dominar por completo la metodología BIM.	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo
	Usted considera que, sin importar la magnitud y complejidad del proyecto, debería ser un requisito utilizar BIM en el diseño de las obras hidráulicas lineales como defensas ribereñas.	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo
	En la mayoría de los casos, se tiende a implementar la metodología BIM solo si es un requisito para el proyecto hidráulico.	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo
Eje de procesos	Usted considera que la Guía BIM para Infraestructura Hidráulica podría ser más específica en la información proporcionada, sobre todo en la de los capítulos de estrategias y objetivos BIM, y en el de los requerimientos.	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
	En ciertos casos, para el diseño de obras hidráulicas lineales como defensas ribereñas, los principales usos que se les da a los modelos BIM son por sus visualizaciones 3D, la documentación del proyecto y metrados.	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo
	Considera que, con el tiempo, la visión para implementar BIM en el diseño de obras hidráulicas irá mejorando; sin embargo, actualmente esta visión puede no ser la más adecuada.	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
Eje de tecnología	Considera que existe interoperabilidad entre distintos programas para diseño hidráulico como Civil 3D, HEC-RAS, Istram, etc. Sin embargo, en ciertos casos, esta interoperabilidad puede no ser la más adecuada.	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
	Usted cree que, a pesar de que no represente una gran barrera y se tengan soluciones, los programas HEC-RAS, HEC-HMS y Iber pueden tener ciertas dificultades para la exportación en IFC debido a sus extensiones como .shp para data geoespacial las cuales difieren de las más comunes para programas BIM.	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo