



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**IMPACTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA  
BRIM EN LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE EL TINGO Y  
ACCESOS. SAN JUAN, CAJAMARCA - CAJAMARCA**

**PRESENTADA POR**

**ESPINOZA MENACHO, FERNANDO JAVIER**

**ASESOR**

**CARLOS BARRETO ALVARADO**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**LIMA – PERÚ**

**2017**



**CC BY**

**Reconocimiento**

El autor permite a otros distribuir y transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra, incluso con fines comerciales, siempre que sea reconocida la autoría de la creación original

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



**USMP**  
UNIVERSIDAD DE  
SAN MARTÍN DE PORRES

FACULTAD DE  
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**IMPACTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA  
BRIM EN LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE EL TINGO Y  
ACCESOS. SAN JUAN, CAJAMARCA - CAJAMARCA**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADA POR  
ESPINOZA MENACHO, FERNANDO JAVIER**

**LIMA - PERÚ**

**2017**

A Dios, por haberme dado fortaleza y salud para seguir adelante y cumplir mis objetivos.

A mi padre, que a pesar de haberlo perdido me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar.

A mi madre, que ha sabido formarme con altos valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.



## RESUMEN

La presente investigación denominada, Impacto de la implementación de la metodología BrIM en la construcción del puente el Tingo y accesos. San Juan, Cajamarca - Cajamarca, tiene como objetivo Implementar la metodología BrIM en la construcción del puente el Tingo a fin de mejorar la visualización, planificación y control de costos en el proyecto.

La metodología BrIM - Bridge Information Modeling se fundamenta en la metodología BIM e implica utilizar modelos de información para la visualización, planeación y control de costos de infraestructuras viales.

La metodología de la presente investigación es del tipo aplicada de enfoque mixto, tipo descriptiva, de nivel descriptiva, de diseño no experimental y retrospectiva; las variables son de tipo cualitativo ordinal. Se aplicó como instrumento de recolección de datos un cuestionario semi estructurado.

Como resultado se encontró que se puede comenzar la implementación BrIM desde lo más básico de su potencial, es decir, tan solo para la visualización. Los resultados de la presente investigación muestran que la relación (Beneficios para el contratista/ Costo de Implementación) del BrIM en el caso de estudio es de 2.49, es decir por cada S/. 1.00 invertido se logra una reducción de S/. 2.49.

De las encuestas realizadas se encontró que Las principales barreras para la implementación BrIM en las empresas peruanas son la resistencia al cambio, la necesidad de alcanzar resultados inmediatos, la falta de conocimiento del potencial de la metodología, los costos de implementación y las malas experiencias por intentos fallidos debido a la falta de experiencia.

**Palabras claves:** Metodología BrIM, Visualización, Planificación, Estimación de costos

## ABSTRACT

The present investigation called, Impact of the implementation of the BrIM methodology in the construction of the bridge the Tingo and accesses. San Juan, Cajamarca - Cajamarca, aims to implement the BrIM methodology in the construction of the El Tingo bridge in order to improve the visualization, planning and cost control of the project.

The BrIM - Bridge Information Modeling methodology is based on the BIM methodology and involves using information models for the visualization, planning and control of road infrastructure costs.

The methodology of the present investigation is of the applied type of mixed approach, descriptive type, descriptive level, non-experimental and retrospective design; the variables are of ordinal qualitative type. A semi-structured questionnaire was applied as a data collection instrument.

As a result it was found that the BrIM implementation can be started from the most basic of its potential, that is, only for visualization. The results of the present investigation show that the relation (Benefits for the contractor / Cost of Implementation) of the BrIM in the case study is 2.49, that is, for each S /. 1.00 invested a reduction of S /. 2.49.

From the surveys conducted it was found that the main barriers to the implementation of BrIM in Peruvian companies are the resistance to change, the need to achieve immediate results, the lack of knowledge of the potential of the methodology, the implementation costs and the bad experiences failed attempts due to lack of experience.

**Keywords:** BrIM Methodology, Visualization, Planning, Cost Estimation

## INTRODUCCIÓN

Durante la construcción de proyectos civiles se presentan inconvenientes como re-trabajos o riesgos no planificados; estos tienen como resultado el incremento de los costos de construcción, esto conlleva al no cumplimiento del presupuesto y plazo establecido, más aun en proyectos de gran envergadura como son los proyectos viales, específicamente los puentes dado que son los proyectos viales más caros y emblemáticos.

Teniendo en cuenta esta problemática se deben de identificar estos inconvenientes antes que se comience el proceso constructivo del proyecto, para evitar sobrecostos, una de las herramientas más eficaces para este trabajo es la aplicación de la metodología BrIM - Bridge Information Modeling para identificar estas deficiencias y así poder cumplir con el presupuesto y plazos establecidos.

La aplicación de la metodología BrIM que es el acrónimo de Bridge Information Modeling (modelado de la información de un puente) se refiere al conjunto de metodologías de trabajo y herramientas caracterizado por el uso de información de forma coordinada, coherente, computable y continua; empleando uno o más softwares compatibles que contengan toda la información en lo referente al puente que se pretende construir.

El objetivo general es Implementar la metodología BrIM en la construcción del puente el Tingo y accesos – San Juan - Cajamarca - Cajamarca. A fin de mejorar la visualización, planificación y control de costos en el proyecto.

Los objetivos específicos son Elaborar un modelo paramétrico del puente a fin de mejorar la visualización del Puente el Tingo y accesos – San Juan - Cajamarca - Cajamarca. Planificar la construcción del Puente el Tingo y accesos aplicando la metodología BrIM utilizando la pre construcción digital, a fin de mejorar la productividad y los costos del proyecto y Estimar costos de la obra aplicando la metodología BrIM elaborando nuevos metrados que se desprendan del modelo paramétrico, a fin de mejorar la productividad y costos en la construcción del Puente el Tingo y accesos – San Juan - Cajamarca - Cajamarca.

La presente tesis está compuesta de cuatro capítulos. Capítulo I, donde se muestra la descripción de la realidad problemática de la Construcción de Puentes en el Perú; Capítulo II, donde se presentan los antecedentes que sustentan esta investigación, luego se desarrolla las bases teóricas que se tomaron en cuenta y se determina el marco conceptual, además de la formulación de las hipótesis. Capítulo III, se muestra el tipo de investigación a utilizar, el diseño de la misma, la determinación y operación de las variables; además, se realiza una descripción del caso de estudio.

Adicionalmente, se señala cual es la técnica e instrumento para recolectar la información. Capítulo IV, se presentan los resultados obtenidos luego de la aplicación de los instrumentos de recolección de información y el modelado paramétrico. Conclusiones y recomendaciones para una buena aplicación de la metodología BRIM - Bridge Information Modeling en la etapa de construcción y demostrar que realizándola correctamente se reducen los costos y plazos en el proyecto.

# ÍNDICE GENERAL

	<b>Página</b>
<b>RESUMEN</b>	iii
<b>ABSTRACT</b>	iv
<b>INTRODUCCIÓN</b>	v
<b>CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	
1.1 Descripción de la realidad problemática	12
1.2 Formulación del Problema	13
1.3 Objetivos	
1.4 Justificación e importancia de la investigación	14
1.5 Alcances y limitaciones	15
1.6 Viabilidad	
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Antecedentes de la investigación	16
2.2 Bases Teóricas	18
2.3 Definición de términos Básicos	33
2.4 Formulación de las Hipótesis	35
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA</b>	
3.1 Tipo de investigación	37
3.2 Nivel de la investigación	
3.3 Diseño de la investigación	
3.4 Variables	38
3.5 Caso de estudio	41
3.6 Técnicas de investigación	45
3.7 Instrumento de recolección de datos	
3.8 Cuestionario	46
3.9 Modelo de Información	53
<b>CAPÍTULO IV PRESENTACIÓN DE RESULTADOS</b>	
4.1 Contrastación de la hipótesis	70
4.2 Análisis e interpretación de la investigación	71
4.3 Resultados de la encuesta	100

4.4 Análisis del modelo de Información	101
4.6 Análisis del impacto de la metodología	106
4.7 Costo de implementación BrIM	109
4.8 Elección del método de implementación del BrIM	111
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>114</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>116</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>118</b>
<b>FUENTES DE CONSULTA</b>	<b>126</b>

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>TABLAS</b>		<b>Página</b>
Tabla 3.1	Operacionalización de variables dependiente	39
Tabla 3.2	Operacionalización de variables independiente	40
Tabla 3.3	Coordenadas del puente el Tingo y Accesos	42
Tabla 3.4	Tabla de barras de acero para vigas arco	65
Tabla 3.5	Análisis de Precios unitarios por elemento	69
Tabla 4.1	Comparación de cuantificaciones de elementos de concreto y acero	105
Tabla 4.2	Análisis de precio unitario por elemento	106
Tabla 4.3	Costo de capacitación	109
Tabla 4.4	Costo de Software	
Tabla 4.5	Costo de Hardware	110
Tabla 4.6	Resumen de costos	
Tabla 4.7	Beneficios del contratista	111
Tabla 4.8	Relación beneficio costo	
Tabla 4.9:	Ventajas y desventajas en la adopción métodos de implementación de la metodología	112
<b>FIGURAS</b>		<b>Página</b>
Figura 2.1	Flujo de actividades que se tiene que seguir cuando en campo se detecta algún error en los planos	21
Figura 2.2	BIM VS CAD	24
Figura 2.3	Interoperabilidad BIM	30
Figura 2.4	Mapa de Implementación de BIM a nivel mundial	31
Figura 3.1	Plano de Ubicación de la Zona de Estudio	41
Figura 3.2:	Red Vial del área de estudio	
Figura 3.3	Ubicación del puente el Tingo y Accesos	42
Figura 3.4	Vista en elevación del Puente el Tingo y accesos	43
Figura 3.5	Vista en planta del encofrado del estribo derecho	44

Figura 3.6	Vista frontal del encofrado del estribo Izquierdo	
Figura 3.7	Vista en elevación del tablero y columnas	45
Figura 3.8	Programas que se emplearon en la investigación	53
Figura 3.9	Integración del modelo entre Civil 3D y Revit	54
Figura 3.10	Configuración, delimitación y Geometría horizontal del corredor	
Figura 3.11	Configuración de la superficie topográfica y representación del modelo	55
Figura 3.12	Modelo final en 2D y 3D	
Figura 3.13	Ubicación de los estribos	56
Figura 3.14	Dimensiones de la calzada	57
Figura 3.15	Dimensionamiento de Estribo	58
Figura 3.16	Dimensionamiento de Vigas en arco	59
Figura 3.17	Dimensionamiento de Vigas y tímpanos de concreto	
Figura 3.18	Apoyo y losa de aproximación	60
Figura 3.19	Pilotes de concreto armado	61
Figura 3.20	Modelo virtual del puente	
Figura 3.21	Herramientas para dibujo de refuerzo estructural	62
Figura 3.22	Navegador de formas de armadura	63
Figura 3.23	Recubrimiento	
Figura 3.24	Herramienta de modelación	64
Figura 3.25	Modelado de elemento estructural	65
Figura 3.26	Exportación del modelo Revit a Navisworks	66
Figura 3.27	Cronograma de actividades	
Figura 3.28	Ventana del TimeLiner - Navisworks	67
Figura 3.29	Ventana del TakeOffs	68
Figura 4.1	Análisis de la pregunta N°1	72
Figura 4.2	Análisis de la pregunta N°2	73
Figura 4.3	Análisis de la pregunta N°3	74
Figura 4.4	Análisis de la pregunta N°4	75
Figura 4.5	Análisis de la pregunta N°5	76
Figura 4.6	Análisis de la pregunta N°6	77



Figura 4.7	Análisis de la pregunta N°7	78
Figura 4.8	Análisis de la pregunta N°8	79
Figura 4.9	Análisis de la pregunta N°9-A	80
Figura 4.10	Análisis de la pregunta N°9-B	81
Figura 4.11	Análisis de la pregunta N°9-C	82
Figura 4.12	Análisis de la pregunta N°10	83
Figura 4.13	Análisis de la pregunta N°11	84
Figura 4.14	Análisis de la pregunta N°12	85
Figura 4.15	Análisis de la pregunta N°13	86
Figura 4.16	Análisis de la pregunta N°14	87
Figura 4.17	Análisis de la pregunta N°15	88
Figura 4.18	Análisis de la pregunta N°16	89
Figura 4.19	Análisis de la pregunta N°17- A	90
Figura 4.20	Análisis de la pregunta N°17- B	91
Figura 4.21	Análisis de la pregunta N°17- C	92
Figura 4.22	Análisis de la pregunta N°17- D	93
Figura 4.23	Análisis de la pregunta N°17- E	94
Figura 4.24	Análisis de la pregunta N°17- F	95
Figura 4.25	Análisis de la pregunta N°17- G	96
Figura 4.26	Análisis de la pregunta N°18	97
Figura 4.27	Análisis de la pregunta N°19	98
Figura 4.28	Análisis de la pregunta N°20	99

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### **1.1 Descripción de la realidad problemática**

En el sector construcción el reto es lograr que los proyectos se cumplan de acuerdo al costo y plazo planificado, algo difícil de conseguir dado que el sector se encuentra fragmentado más aun en el sector público por la adopción del modelo Diseño/Licitación/Construcción, este problema se vuelve mucho más notorio en los proyectos viales como los puentes donde por su misma concepción son proyectos caros y emblemáticos que muchas veces resultan ser un dolor de cabeza tanto para el constructor como para los stakeholders.

En la coyuntura actual del Perú se requiere estar en la capacidad de tomar medidas que ayuden a lograr la correcta planificación y construcción en los proyectos viales, en los próximos años la construcción de infraestructuras viales en el Perú aumentara de forma considerable debido a la reconstrucción que se viene desarrollando en el norte del país donde el ministerio de transportes y comunicaciones ha anunciado que invertirá 1,800 millones de soles para la construcción de 106 puentes y la reconstrucción de 680 kilómetros de carreteras, bajo esta perspectiva la importancia de realizar una gestión correcta del diseño, construcción, operación y mantenimiento de estos proyectos se vuelve de suma importancia.

A nivel internacional se han desarrollado nuevas metodologías que nos permiten gestionar íntegramente los proyectos, estas metodologías se encuentran enfocadas directamente a las etapas de diseño, construcción, operación y mantenimiento de infraestructuras.

Esta investigación pretende aplicar la metodología BrIM - Bridge Information Modeling en la construcción del puente El Tingo y accesos para determinar qué efectos causa en sus etapas de visualización, planificación y control de costos.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Título de la investigación**

Impacto de la implementación de la metodología BrIM en la construcción del puente el Tingo y accesos. San Juan, Cajamarca - Cajamarca.

### **1.2.2 Problema general**

¿En qué medida la implementación de la metodología BrIM influye en la construcción del puente El Tingo y accesos San Juan, Cajamarca - Cajamarca?

### **1.2.3 Problemas específicos**

¿En qué medida la implementación de la metodología BrIM influye en la visualización del Puente el Tingo y accesos San Juan, Cajamarca - Cajamarca?

¿En qué medida la implementación de la metodología BrIM incide en la planificación y control de la construcción del Puente el Tingo y accesos San Juan, Cajamarca - Cajamarca?

¿En qué medida la implementación de la metodología BrIM influye en los costos de la construcción del Puente el Tingo y accesos San Juan, Cajamarca - Cajamarca?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

Implementar la metodología BrIM en la construcción del puente el Tingo y accesos. San Juan, Cajamarca - Cajamarca. A fin de mejorar la visualización, planificación y control de costos en el proyecto.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

Elaborar un modelo paramétrico del puente a fin de mejorar la visualización del Puente el Tingo y accesos. San Juan, Cajamarca - Cajamarca.

Planificar la construcción del Puente el Tingo y accesos aplicando la metodología BrIM utilizando la pre construcción digital, a fin de mejorar la productividad y los costos del proyecto.

Estimar costos de la obra aplicando la metodología BrIM elaborando nuevos metrados que se desprendan del modelo paramétrico, a fin de mejorar la productividad y costos en la construcción del Puente el Tingo y accesos. San Juan, Cajamarca - Cajamarca.

### **1.4 Justificación e importancia de la investigación**

En la construcción de puentes en el Perú cuando se producen diferencias entre lo programado y lo que se encuentra en el terreno se deben de tomar decisiones que pueden incidir en el retraso de la ejecución del proyecto en consecuencia no se cumplen con los costos y plazos programados, una de las maneras de evitar que se produzcan discrepancias en los proyectos sería a través de la implementación de la metodología BrIM - Bridge Information Modeling.

La presente investigación, busca proporcionar a las empresas criterios de cómo implementar la metodología BrIM - Bridge Information Modeling en la construcción de puentes en el Perú similares al caso de estudio, con el fin de dar a conocer en qué grado impacta la implementación de la metodología BRIM - Bridge Information Modeling en la construcción de puentes en el Perú, dependiendo de esto proponer la mejora de los aspectos deficientes; para ello se debe tener en cuenta el impacto en la visualización, planificación y control de costos del proyecto.

La importancia de nuestra investigación es demostrar que al aplicar la metodología BrIM - Bridge Information Modeling, se puede mejorar la gestión de la construcción desde la visualización, planificación y control de costos, así como identificar aspectos de mejora, de manera que los servicios brindados por las empresas constructoras, se adecúen a los requerimientos del cliente y las necesidades específicas del proyecto.

### **1.5 Alcances y limitaciones**

Esta tesis se limita al estudio del impacto de la implementación de la metodología BrIM en la construcción del puente el Tingo y accesos solo aplicándolos para las etapas de visualización, costos, planificación y control.

La limitación metodológica es que existen pocos libros o revistas técnicas que se orienten a la investigación de la metodología BrIM - Bridge Information Modeling por lo contrario la mayoría de textos están orientados hacia la Metodología BIM - Building Information Modeling.

### **1.6 Viabilidad**

**Viabilidad técnica:** Se contó con todos los recursos técnicos y tecnológicos como son las múltiples herramientas informáticas para la implementación de la metodología BRIM - Bridge Information Modeling, así como también con la información del expediente técnico del caso de estudio.

**Viabilidad económica:** la tesis desarrollada fue financiada con los recursos del autor y Las licencias para estudiantes de Autodesk que nos fueron entregados de forma gratuita, esta ayuda valiosa de la empresa autodesk ayudo a el correcto desarrollo dela investigación.

**Viabilidad social:** facilidad de acceso al expediente técnicos por parte del ministerio de Transportes y comunicaciones

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes de la investigación**

La metodología BrIM - Bridge Information Modeling involucra procedimientos que tienen como objetivos buscar mejoras en la visualización, planificación y control de costos del proyecto y así poder cumplir con los presupuestos y plazos, a continuación presentamos tres investigaciones que se han realizado tanto en el país como en el extranjero no solo de la metodología BrIM sino también de la metodología BIM - Building Information Modeling que nos brindaran apoyo en el desarrollo de la presente investigación.

##### **2.1.1 Juan Sebastián Gaitán Cardona (2013)**

Uso de la metodología BrIM (Bridge Information Modeling) como herramienta para la planificación de la construcción de un puente de concreto en Colombia, Colombia. Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Ingeniería Departamento De Ingeniería Civil Bogotá D.C. Tesis de memoria para Optar el título de ingeniero civil.

El diseño de la investigación es descriptiva del tipo transversal descriptivo y su objetivo principal es Implementar las metodologías BRIM para la planeación del proceso constructivo de un puente en concreto, determinando las ventajas y desventajas del desarrollo de un modelo 5D en este tipo de proyectos y sus principales objetivos específicos son visualizar el proyecto de construcción en un modelo 3D para encontrar posibles incompatibilidades contra los diseños y planos obtenidos.

El principal aporte de la investigación fue que al crear un modelo 3D, se tuvo la ventaja de visualizar todos los elementos como un conjunto, permitiendo la exploración del modelo detalladamente a partir de la disposición de gran variedad de vistas. Lo que genera menor incertidumbre en el momento de conocer la concepción del proyecto.

### **2.1.2 Rodolfo Omar Luis Saldias Silva (2010)**

Estimación de los beneficios de realizar una coordinación digital de proyectos con tecnologías BIM, Chile, Universidad de Chile. Facultad de ciencias físicas y matemáticas departamento de ingeniería civil. Tesis de memoria para Optar el título de ingeniero civil.

El diseño de la investigación es descriptiva del tipo transversal descriptivo y su objetivo principal es valorizar los potenciales beneficios de aplicar BIM para coordinar digitalmente las especialidades en una obra de construcción.

El estudio reveló que en los proyectos de construcción por la cantidad de información que contiene y la forma en que esta es representada influye directamente en la dificultad e incertidumbre que se tiene en el proyecto conduciendo a pérdidas durante la ejecución.

### **2.1.3 Feliciano Adrián Berdillana Rivera (2008)**

Tecnologías informáticas para la visualización de la información y su uso en la construcción -los sistemas 3d inteligente-, Perú, UNI. Facultad de ingeniería civil sección de postgrado. Tesis de grado para Optar el Grado de maestro gestión y administración de la construcción.

El diseño de la investigación es descriptiva del tipo transversal descriptivo y su objetivo es Integrar las etapas de un proyecto (diseño-construcción) a través de tecnologías informáticas para la visualización de la información, basados en un modelo integrado de información para la construcción.

El estudio reveló que La visualización de proyectos a través de la tecnología del edificio virtual reduce la incertidumbre en su manejo y aumenta las posibilidades de controlarlo. Asimismo, la integración de las labores de diseño, planificación y construcción abre las puertas a una ingeniería, en la que los profesionales se dedicaran a mejorar sus diseños, la planificación de obras, el control y con ello reducirán el costo de las mismas.

## **2.2 Bases Teóricas**

La metodología BrIM (Bridge Information Modeling) tiene su origen en la metodología BIM (Building Information Modeling). Aunque tienen los mismos objetivos su principal diferencia radica en las plataformas disponibles para el modelado de la información, debido a las notorias diferencias en cuanto a la tipología de estructuras. Adicionalmente mientras que la metodología BIM lleva mucho tiempo siendo aplicada a edificaciones donde el principal problema radica en la gran cantidad de partidas y la comunicación entre especialidades, BrIM surgió de la necesidad de mejorar el trabajo de planeación y control sobre los proyecto de infraestructuras viales.

Esta metodología surge como solución a los inconvenientes que se han presentado durante la ejecución de proyectos en las últimas décadas, a causa que las herramientas empleadas han evolucionado, desde el dibujo manual técnico al dibujo asistido por computador, a razón de los avances tecnológicos.

En la presente investigación se consideró los libros de la metodología BIM - Building Information Modeling de donde extraemos conceptos de visualización, planificación y control de costos utilizando modelos informáticos, el libro métodos de planificación y control de obras del diagrama de barras al BIM (Aldo Dórea Mattos – Fernando González Fernández de Valderrama 2014), la Revista técnica, aplicaciones del modelado de información de edificios en la estimación de costos de puentes de infraestructura (Marzouk, M., & Hisham, M. (2012).

### **2.2.1. Bridge Information Modeling - BrIM**

Bridge Information Modeling - BrIM se considera una innovación en la ingeniería de puentes y la industria de la construcción.

Gaitán, J. (2013) Se podría definir BrIM como el conjunto de sistemas, métodos y medios de almacenamiento digital utilizable para generar el modelo de información de un puente que permite combinar la información asociada



con el diseño y construcción desde varias disciplinas. BrIM permite a los usuarios acceder y ver la información asociada a un proyecto usando diferentes modelos, tales como; geométrico, estructural, físico, y constructivo. Gaitán, J. (2013)

BrIM se refiere a un enfoque de modelado avanzado que se basa en la definición generalizada de los "objetos" que constituyen el activo físico. Es una representación digital holística de las características físicas y funcionales de la instalación, que proporciona un recurso de conocimiento compartido para la información que apoya una base fiable para las decisiones durante su ciclo de vida del proyecto.

El uso de un estándar para representar la información del puente en un formato digital que pueda ser adoptado rápidamente por las herramientas de software con ambigüedad mínima, ofrecerá la oportunidad de utilizar la entrega de proyectos digitales, visualización tridimensional, ensamblaje virtual, control automatizado de máquinas, un inventario inteligente y más, como parte rutinaria de la gestión.

### **2.2.2 Visualización del Proyecto**

Toda la información del proyecto, incluyendo las áreas de trabajo involucradas, se introduce en un modelo único tridimensional. Además, los materiales y productos tienen asociadas sus características físicas y funcionales, como el peso, la resistencia y el fabricante.

De esta forma los componentes físicos de las distintas disciplinas que participan en el proyecto son visualizados en tres dimensiones, permitiendo el cálculo de materiales y la definición de especificaciones.

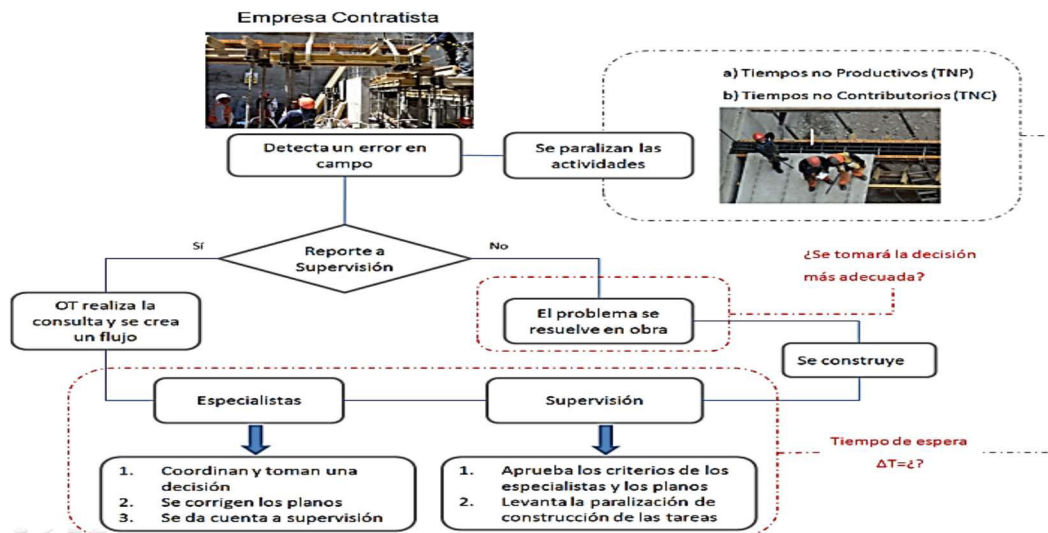
Utilizar la metodología de trabajo BrIM y sus plataformas significa la creación y desarrollo de una base de datos en constante actualización. La información contenida en este sistema se encuentra abierta para todos los integrantes del equipo, quienes pueden usarla, reutilizarla y optimizarla cuando sea necesario.

Este modelo presenta muchas ventajas para nuestro trabajo, asegurando calidad en la gestión de proyectos de alta complejidad. Algunos de los beneficios que percibimos son:

- Evaluación temprana de conflictos: Al cotejar la información desde el comienzo del proyecto podemos detectar posibles conflictos en las distintas etapas del proceso.
- Evita retrasos y costos adicionales: Al visualizar los procesos con antelación prevenimos problemas sin mayores costos ni retrasos inesperados.
- Aumenta y optimiza el tiempo: En proyectos integrados aporta información para la administración, clarificando las tareas pendientes en cada etapa.
- Permite visualizar cambios simultáneos: Podemos estimar las repercusiones de cada solución en las distintas áreas, sin improvisar nuevos modelos.
- Mejora la organización y el seguimiento: Permite proyectar el calendario del proyecto y realizar un seguimiento durante la construcción.
- Facilita la estimación de recursos: Es más fácil desarrollar el presupuesto y control de obra cuando toda la información está en sobre la mesa y es fácil de revisar.
- Permite evaluar la sustentabilidad de la obra: Facilita el cálculo de la eficiencia de la infraestructura y sus instalaciones.
- Permite estandarizar algunos procesos o recursos: Permite detectar procesos que se son repetitivos en el proyecto.

### 2.2.2.1 Detección de incompatibilidades

Las incompatibilidades son problemas que se deben a una incorrecta representación gráfica en los planos, cuando el detalle de un elemento no guarda relación con lo indicado en los demás planos. Por ejemplo, cuando una viga aparece de un ancho distinto en el plano en planta si lo comparamos con otro plano de corte o de detalle de la misma viga. Ahora, vamos a analizar los problemas generados en campo a partir de esta observación. Cuando en campo se detecta este error en los planos, se generará incertidumbre durante la construcción de cierta actividad de encofrado o armado de acero de esta viga, ya que los trabajadores no sabrán qué plano respetar para cumplir con la actividad según lo planificado. Además esta observación necesita de un tiempo para ser atendida, ya que debe ser resuelta por la vía formal contratista-supervisión, mientras supervisión, como instancia superior a la contratista, realiza la consulta a los especialistas involucrados del proyecto para que la observación sea levantada y se generen nuevos planos, modificados y aprobados, para que sean entregadas a la contratista. Este tiempo de espera, puede convertirse en campo en tiempo no productivo (TNP) para los obreros si no se les da de inmediato otra tarea que reste a su productividad, o puede convertirse en tiempo no contributivo (TNC), si los obreros realizan actividades complementarias que no producen en obra o forme parte de lo programado para ese día. Berdillana, F. (2013).



**Figura 2.1:** Flujo de actividades

**Fuente:** Berdillana, F. (2013).

En la figura 2.1 podemos observar el flujo de actividades que se tiene que seguir cuando se detecta algún error en los planos por esa razón los planos que se envían a obra deben indicar impecablemente todos los detalles, niveles, y dimensiones en cortes y elevación de los elementos que serán replanteados y construidos, debiéndose haber resuelto a priori todos los errores que figuran en los planos debidos a un mal diseño u omisiones como resultado de una inadecuada representación gráfica bidimensional.

En ese sentido, el Modelado de la Información es una herramienta útil y poderosa para revisar, corregir y optimizar toda la información que llega a la constructora a través de planos 2D de los proyectistas.

#### **2.2.2.2 Procedimiento práctico de detección de incompatibilidades**

Para modelar en 3D usando un software BIM, se requieren, sin excepción, todos los planos de las especialidades que se pretende modelar, es decir se debe usar simultáneamente los planos en planta, elevación, corte, detalle, etc. A veces puede resultar muy tedioso modelar usando todos los planos de todas las especialidades del proyecto por lo que previamente se debe definir con qué especialidades y a qué nivel de detalle se va a trabajar.

Conforme se modela la Infraestructura, se tiene que dar al modelo tridimensional una mayor precisión que se ajuste lo más cercanamente posible a la realidad, de esta manera se irán detectando interferencias e incompatibilidades en los planos por una cuestión de lógica constructiva. Para esto se requiere que el modelador ponga su atención en esta etapa de modelado ya que es como si se “pre-construyera”, en tal sentido los elementos que forman parte del modelo 3D deben tener geometría tal y como se les daría en campo para su construcción real. El proceso de detección de incompatibilidades se da elaborando un modelo 3D basado en los juegos de planos 2D de cada especialidad, estos planos se superponen al modelo conforme se vaya realizando.

### **2.2.2.3 Detección de interferencias (Clash Detection)**

Las interferencias son problemas que por lo general ocurren entre los planos de las distintas especialidades debidos a su deficiente integración y, como vimos, usualmente y sobre todo en las instalaciones, las interferencias son detectadas y resueltas en campo, los cuales generan posteriormente órdenes de cambio, causando retrasos y sobrecostos. De ahí la necesidad de usar herramientas adecuadas que permitan alertar con tiempo la presencia de interferencias, de esta forma habrá un mayor tiempo que se le puede destinar para resolverlo y, lo que es mejor aún, mucho antes de llegar a campo. Berdillana, F. (2013).

El proceso de modelado comienza con la elaboración de un modelo BIM-3D de la estructura, Es decir, al final se tienen distintos modelos BIM-3D por especialidad, que pueden ser integrados y centralizados en uno solo de tal manera de visualizar el proyecto como un todo y encontrar interferencias y conflictos entre los elementos sólidos 3D de estas especialidades.

Cuando se integran los modelos BIM-3D con un software BIM-Manager, estos incluyen una opción de Detección de Interferencias (Clash detector) que generan, de forma automática, un reporte de interferencias y conflictos presentados entre los distintos objetos 3D que forman parte de cada modelo, que al ser revisadas se reportan a los proyectistas involucrados buscando una solución formal mediante Solicitudes de Información (RFI) o buscar resolverlos en una reunión de coordinación. Al final de este proceso de revisión e identificación de interferencias se tiene que realimentar y actualizar la información de los modelos BIM afectados afín de levantar estos conflictos.

Asimismo, los software BIM-Manager, permiten realizar recorridos virtuales, con un nivel de realismo que facilitan a los ingenieros realizar análisis y revisiones de constructabilidad con el propósito de mejorar la planificación y coordinación con los distintos subcontratistas que se encargarán del montaje e instalación de los diferentes elementos del proyecto.

#### **2.2.2.4 BIM y el Trabajo Colaborativo**

Las distintas plataformas BIM nos disponen un terreno de juego idóneo para que todos los agentes implicados puedan trabajar a la vez en un mismo proyecto independientemente de su ubicación. Pueden estar todos en una misma oficina, o bien los diferentes agentes que intervienen se encuentran deslocalizados.

#### **2.2.3 Diferencias (CAD VS BIM)**

Aunque las herramientas BIM suponen una revolución similar a la que supuso en los años 80 la tecnología CAD, conceptualmente se trata de aproximaciones muy diferentes al diseño y su documentación.

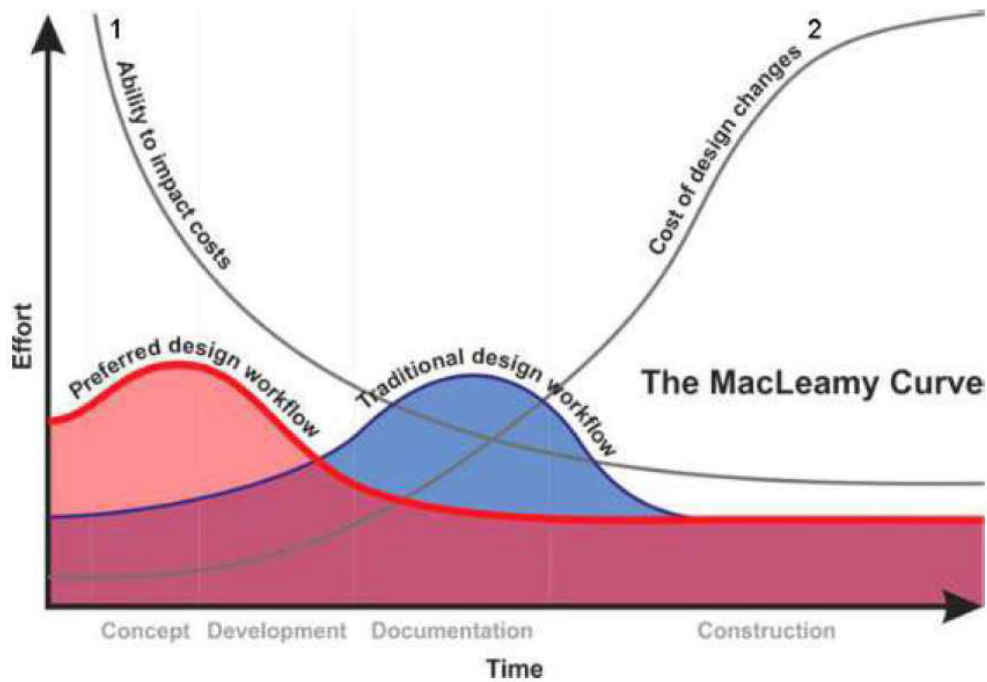
Las aplicaciones de CAD (Computer Aided Design) imitan el tradicional proceso de dibujo mediante lápiz y papel en dos dimensiones creados desde elementos gráficos como líneas y tramas, teniendo por tanto un dibujo virtual que agiliza el proceso en cuanto a cambios, copias, etc.

Pero igual que ocurre en el dibujo manual, los dibujos de CAD, son creados de forma independiente por lo que cada cambio en el diseño debe revisarse y modificarse manualmente en cada uno de ellos.

Las aplicaciones BIM (Building Information Modeling) imitan el proceso real de construcción. En lugar de crear dibujos con líneas 2D se construyen las infraestructuras de forma virtual modelándolos con elementos reales de construcción, que a su vez contienen información de materiales, características técnicas, fabricantes, precios. Como todos los datos están guardados en el modelo virtual central, los cambios en el diseño son automáticamente detectados y realizados en todos los dibujos individuales generados desde el modelo.

Patrick MacLeamy, CEO de HOK, introdujo en el eje de abscisas las distintas fases del proyecto en el tiempo, desde su diseño conceptual, su desarrollo y documentación hasta su construcción. En el eje de ordenadas representó el esfuerzo dedicado a cada una de estas fases. Vemos claramente que en la

metodología tradicional (azul), la mayor parte del esfuerzo se requiere durante la documentación, mientras que con la tecnología BIM (roja), la curva se desplaza hacia la izquierda, es decir que el mayor esfuerzo se requiere en fases previas.



**Figura 2.2:** BIM VS CAD

**Fuente:** AEC Magazine

Por tanto y como indica la línea “ability to impact costs” (1) al concentrar el esfuerzo en la fase de diseño, ya es posible detectar en esta etapa inconveniencias que se evitarán durante la construcción. El coste y el esfuerzo durante la construcción serán mucho menores, al haber dejado definido casi por completo el proyecto en fases previas.

En cambio, en la metodología tradicional, como vemos en la línea “cost of design changes” (2), cualquier cambio de diseño que no se hubiera definido con anterioridad, se producirá en las fases de construcción por lo que aumentará significativamente el coste y el esfuerzo.

#### **2.2.4 Dimensiones del BIM**

Tal y como hemos visto anteriormente, con BIM se trabaja con único modelo tridimensional, sin embargo a este modelo 3D se pueden añadir más dimensiones.

BIM 4D, Al modelo se le agrega la dimensión del tiempo. Es decir, se puede asignar a cada elemento una secuencia de construcción. Nos permite controlar la dinámica del proyecto, realizar simulaciones de las diferentes fases de construcción, diseñar el plan de ejecución y anticiparnos a posibles dificultades, aumentando así la productividad y facilitando el cumplimiento de plazos previsto inicialmente.

BIM 5D, Abarca el control de costes y estimación de gastos de un proyecto, teniendo así más control sobre la información contable y financiera y mejorando por tanto la rentabilidad del proyecto y facilitando el cumplimiento de presupuestos previsto inicialmente.

BIM 6D, La sexta dimensión de BIM (también llamada Green BIM), está relacionada con un factor que tiene cada vez más importancia, sostenibilidad del edificio, nos brinda la oportunidad de conocer cómo será el comportamiento del proyecto antes de que se tomen decisiones importantes y mucho antes de que comience la construcción teniendo en cuenta su situación, orientación, conductividad térmica de los materiales, etc.

Al realizar estos análisis energéticos con software específico para ello, el proyecto puede reducir significativamente su consumo de energía.

BIM 7D, o Facility management, es la dimensión empleada para las operaciones de mantenimiento de las instalaciones durante la vida útil de los proyectos ya que consiste en un modelo as-built de los mismos. Permite conocer el estado de las instalaciones, especificaciones sobre su mantenimiento, manuales de uso y fechas de garantía.



### **2.2.5 Modelado 4D**

El 4D agrega el factor TIEMPO del programa de construcción al Modelo 3D. Podemos vincular directamente cada actividad al diagrama de Gantt (generado en software de gestión de proyectos tales como primavera o Microsoft Project) al Modelo BIM.

Estos modelos animados representan la secuencia de construcción planeada fijada en el tiempo. El propósito de la Simulación de Fases de Construcción es proveer una herramienta que ayudará al equipo de Construcción a visualizar problemas logísticos o ineficiencias, exponiendo detalles como trabajo fuera de secuencia o conflictos de programación entre múltiples empresas, analizar alternativas de escenarios posibles y estrategias a nivel macro en las fases de construcción, para poder lograr la optimización del programa de construcción. Mojica, A; Valencia, D. (2012)

Uno de los principales usos del 4D en proyectos de construcción es su capacidad para facilitar guías sencillas, visualmente intuitivas para los propietarios e interesados en la obtención de un análisis detallado de ejecución constructiva dirigida por una línea de tiempo. Ésta incluye simulaciones animadas en las que se indica el orden en que los trabajos van a ser completados, junto con el tiempo que tardará en completarse sobre la base de una compleja serie de algoritmos de programación.

En lo que se refiere a modelación 4D y visualización, hay avances espectaculares. "Un modelo 4D es un modelo CAD tridimensional vinculado en todos sus elementos con el programa de construcción. A medida que se desarrolla el programa, se puede visualizar de modo virtual la construcción del proyecto en todas sus etapas.

Sin embargo, el software BIM-4D no trata sólo de hacer presentaciones accesibles para el usuario. La utilidad de los datos 4D es mucho más profunda, permitiendo a los contratistas hacer una planificación improvisada en los cambios de horario y logística, con base en la información de los modelos BIM-4D, optimizando así los flujos de trabajo.

La construcción es un trabajo repetitivo en las localizaciones donde se realiza. Estos lugares pueden ser identificados visualmente en modelos 3D, donde se

complementa con los datos de tránsito que pueden ser usados para calcular la duración exacta en las operaciones en cada lugar. Este cálculo automático permite optimizar el tiempo utilizado por el personal, para lograr así un continuo flujo de trabajo y reducir diversos problemas en el proceso. Lo más interesante es que esta optimización puede reducir la duración del proyecto en un 10% sin aumentar los recursos.

Los principales beneficios del uso de modelos 4D es que éstos mejoran la comunicación entre el dueño, los diseñadores y el constructor, a la vez que reconocen programas de construcción incompletos y anticipan conflictos espacio-tiempo. El CIFE ha desarrollado un proyecto llamado "iroom" (sala interactiva) para explorar el uso de espacios de trabajo interactivos.

El "iroom" consta de una habitación con numerosos dispositivos entrelazados con la finalidad de producir una interacción multimodal (audio, video, tamaño grande o pequeño) con un grupo de usuarios al mismo tiempo, o con uno solo.

Como todos los dispositivos están interconectados, se puede analizar un elemento, o varios, desde distintas perspectivas, tales como la visualización tridimensional, el programa constructivo, las tablas de costos y las especificaciones técnicas.

#### Beneficios 4d

- Mejoras continuas al plan maestro
- Aumento de la transmisión de los objetivos del proyecto
- Mayor conciencia de trabajos y atrasos
- Mejor entendimiento del proyecto
- Entendimiento de riesgos presentes o por venir
- Disminución de los tiempos de reunión

## **2.2.6 Control de costos y plazos**

### **2.2.6.1 Estimación de los costos (elaboración de presupuesto)**

Estimar los Costos es el proceso que consiste en desarrollar una aproximación de los recursos monetarios necesarios para completar las actividades del proyecto. La estimación de costos es una predicción basada en la información disponible en un momento dado. Incluye la identificación y consideración de diversas alternativas de cómputo de costos para iniciar y completar el proyecto.

Para lograr un costo óptimo para el proyecto, deben tomarse en cuenta las concesiones entre costos y riesgos, tales como fabricar en lugar de comprar, comprar en lugar de alquilar, y el intercambio de recursos. Por lo general, la estimación de costos se expresa en unidades monetarias (soles, dólar, euro, etc.), aunque en algunos casos pueden emplearse otras unidades de medida, como las horas o los días de trabajo del personal para facilitar las comparaciones, eliminando el efecto de las fluctuaciones de las divisas. Salazar, M. (2017)

### **2.2.6.2 Estimación del tiempo (elaboración del cronograma)**

El desarrollo del cronograma del proyecto, es un proceso iterativo, determina las fechas de inicio y finalización planificada para las actividades del proyecto. El desarrollo del cronograma exige que se revisen y corrijan las estimaciones de duración y las estimaciones del recurso para crear un cronograma del proyecto aprobado que pueda servir como línea base con respecto a la cual poder medir el avance. El desarrollo del cronograma continúa a lo largo del proyecto, a medida que el trabajo avanza, el plan de gestión del proyecto cambia, y los eventos de riesgo anticipados ocurren o desaparecen al tiempo que se identifican nuevos riesgos. Saldias, R. (2010)

## **2.2.7 Interoperatividad, IFC Y OPEN BIM**

La interoperatividad es sin duda una de sus mayores ventajas. Cuando hablamos de interoperatividad, nos referimos a la capacidad de comunicación

entre programas de distintos fabricantes, para intercambiar información y utilizar dicha información intercambiada.

Cómo viene siendo habitual en el proceso de diseño constructivo, se necesita de distintos programas para llevarlo a cabo, y por tanto parece lógico la existencia de un formato universal que permita la comunicación entre todas las plataformas. Estamos hablando del formato IFC desarrollado por el IAI, predecesora de la actual Building SMART.

Todas las aplicaciones BIM que soportan IFC pueden leer y crear información e intercambiarla con otros programas. A pesar de que, la funcionalidad no es total entre aplicaciones, una herramienta eficaz a la hora de trabajar con el proyecto. Permitiendo ahorrar tiempo y mejorar el proceso.

Así pues, los datos relativos al modelo constructivo son definidos solamente una vez por cada agente y después se comparten por el resto de agentes que intervienen en el proceso. Alarcón, L.F., Fuster, S., Mora, M. & Sossdorf, D. (2009)



**Figura 2.3:** Interoperabilidad BIM

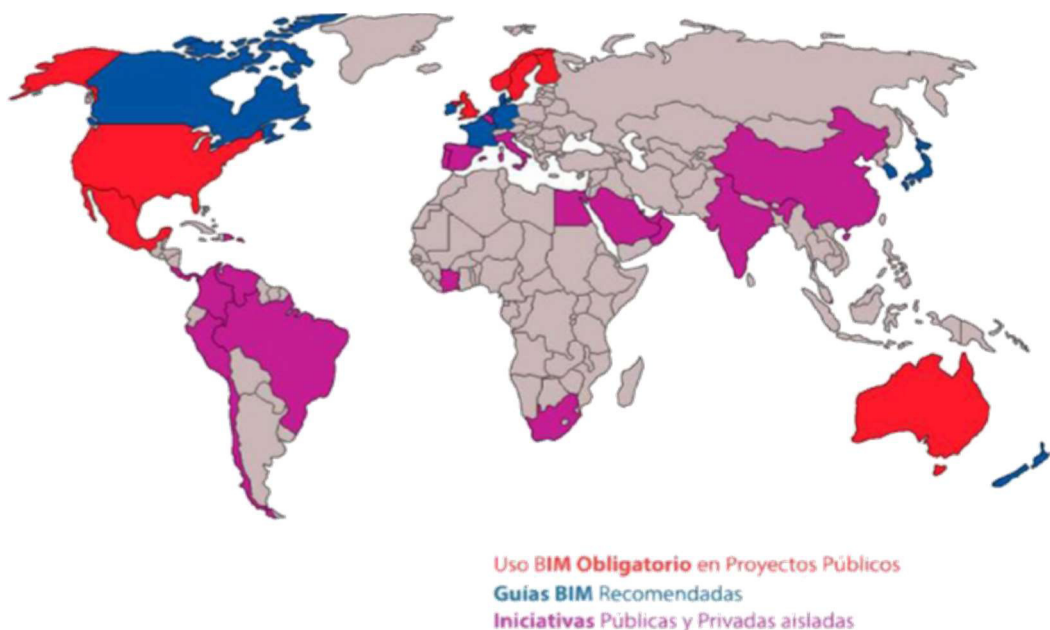
**Fuente:** Elaboración propia

En el caso del modelado con REVIT, se podría gracias al formato IFC utilizar este modelo para renderizarlo con 3dmax o LUMION, realizar presupuestos y mediciones con Presto.

Open BIM es un acercamiento universal al diseño colaborativo, realización y operativa de los edificios basado en flujos de trabajo y estándares abiertos. Open BIM es una iniciativa de buildingSMART® y varios vendedores de software que utilizan el sistema.

### 2.2.8 Implementación de BIM en el sector público

A pesar de la presencia de BIM en el mercado desde hace varios años su difusión ha sido muy pobre en comparación con el BIM que tiene un nivel de acogida superior. Las mayores innovaciones y mejoras se han producido en los últimos 10 años y la metodología BIM cuenta cada vez con más presencia. En países del norte de Europa, Estados Unidos y Reino Unido que son en estos momentos los grandes impulsores de la aplicación de esta tecnología. El nivel de implantación de BIM de cada país está ligado a su legislación gubernamental y la intención de fomentar su presencia en la contratación pública, la metodología BIM siendo parte de la metodología BIM forma parte de muchas legislaciones. Salazar, M. (2017)



**Figura 2.4:** Mapa de Implementación de BIM a nivel mundial

**Fuente:** Salazar, M. (2017)

El Parlamento Europeo ha aprobado una nueva Directiva relativa a la adjudicación de los contratos, oficialmente llamada Directiva sobre Contratación Pública de la Unión Europea (EUPPD, 2014). Entró en vigor el 17 de abril de 2014 y los estados miembros de la UE disponen de dos años para implementarla en su legislación nacional. La finalidad de esta Directiva es la modernización de las normas de contratación pública de la UE existentes mediante la simplificación de los procedimientos y flexibilización. En el caso que nos ocupa, los 28 estados miembros deben fomentar, precisar o imponer el uso de BIM para proyectos de construcción y de edificación financiados con fondos públicos en la Unión Europea para el año 2016. En el punto 4 del artículo 22 se expone que “para contratos públicos de obra y concursos de proyectos, los Estados miembros podrán exigir el uso de herramientas electrónicas específicas, como herramientas de diseño electrónico de edificios o herramientas similares” (EUPPD, 2014). Por ello, el uso de BIM no será obligatorio, pero de alguna manera fomenta o empuja a los estados miembros a recomendar o especificar su uso. Villafuerte, R. (2016)

### **2.2.9 El BIM en el Perú**

El uso de la herramienta BIM viene siendo empleado y tomando impulso de renombradas constructoras en el Perú como son Graña y Montero, AESA, MARCAN, COSAPI. Debido a esto la cámara Peruana de la construcción ha conformado el comité BIM.

El comité BIM pertenece al instituto de la construcción y el desarrollo (ICD), organismos de la cámara peruana de la construcción CAPECO, y es un grupo técnico que incorpora profesionales que forman parte en todas las etapas de un proyecto, incluyendo a clientes, proyectistas y constructores, con experiencias directas en la aplicación del BIM en el Perú y en proceso de desarrollo.

Con la creación de este comité se busca impulsar las buenas prácticas en el modelamiento de proyectos BIM, constituir una biblioteca virtual con información categorizada adaptada a la realidad peruana.

## **2.3 Definición de términos Básicos**

### **BrIM - Bridge Information Modeling**

Se podría definir BrIM como el conjunto de sistemas, métodos y medios de almacenamiento digital utilizable para generar el modelo de información de un puente que permite combinar la información asociada con el diseño y construcción desde varias disciplinas. BrIM permite a los usuarios acceder y ver la información asociada a un proyecto usando diferentes modelos, tales como; geométrico, estructural, físico, y constructivo (Herman, Trotta, & Peterson, 2012).

### **BIM - Building Information Modeling**

La metodología BIM está basado en el empleo de un modelo 3D inteligente (no un 3D a secas, como hemos conocido hasta ahora, cuya única finalidad era la obtención de imágenes fotorrealistas del proyecto). La representación BIM se fundamenta en datos y no solo en la geometría, existiendo en todo momento, entre ese modelo y la base de datos, una vinculación permanente.

### **Plan de Ejecución del BIM (BEP)**

Es el mapa de ruta para la implementación de modelos BIM en proyectos constructivos, y se basa en cuatro fundamentos: identificación de objetivos y usos BIM, desarrollo de mapas de procesos (específicos BIM), desarrollo de intercambios de comunicación y definición de infraestructura de Soporte (software, hardware, recurso humano).

### **Nivel 0 BIM, Nivel 1 BIM, Nivel 2 BIM, Nivel 3 BIM**

El paso a trabajo colaborativo "completo" a través de los distintos y reconocibles hitos, en forma de "niveles". Estos han sido definidos dentro de un rango de 0 a 3.

**Nivel 0** - no hay colaboración. CAD 2D. Sólo dibujo. Salida y distribución de información es a través de papel o formatos electrónicos, o una mezcla de ambos.

**Nivel 1** - una mezcla de CAD 3D para el trabajo de concepto, y 2D para la elaboración de la documentación de la aprobación reglamentaria y la Información de producción. Estándares CAD se gestionan basados en BS 1192: 2007, y el intercambio electrónico de datos se lleva a cabo desde un entorno de datos común (CDE), a menudo administrados por el contratista. No hay colaboración entre diferentes disciplinas - cada uno publica y mantiene su propia documentación.

**Nivel 2** - trabajo colaborativo - todas las partes utilizan sus propios modelos CAD en 3D. Información de diseño se comparte a través de un formato de archivo común, que permite a cualquier organización ser capaz de combinar esos datos con su propia interfaz, con el fin de llevar a cabo controles interrogativos en él. De ahí que cualquier software de CAD que cada parte utiliza debe ser capaz de exportar a un formato de archivo común. Este es el método de trabajo que se ha fijado como objetivo mínimo por el gobierno del Reino Unido para todo el trabajo en el sector público, para el año 2016.

**Nivel 3** - trabajo integrado entre todas las disciplinas mediante el uso de un modelo de proyecto único compartido, que se sustenta en un ambiente común de datos. Todas las partes pueden acceder y modificar ese mismo modelo, eliminando la capa final de riesgo de información conflictiva. Esto se conoce como "BIM Abierto" (Open BIM).

### **Industry Foundation Class (IFC)**

IFC es un formato basado en objetos, para permitir el intercambio de información entre los diferentes programas. Desarrollado por 'buildingSMART', una alianza global especializada en estándares abiertos para BIM, IFC es un estándar oficial, BS ISO 16739, y contiene información geométrica, así como otros datos.

### **Manual de Entrega de Información (Information Delivery Manual-IDM)**

Para hacer BIM efectivo, la información tiene que estar disponible cuando se necesite y tener una calidad satisfactoria.



## **2.4 Formulación de las Hipótesis**

### **2.4.1 Hipótesis general (Ha)**

La Implementación de la metodología BRIM influye favorablemente en la construcción del puente El Tingo y accesos – San Juan - Cajamarca - Cajamarca.

### **2.4.2 Hipótesis general (Ho)**

La implementación de la metodología BRIM no influye en la construcción del puente el Tingo y accesos – San Juan - Cajamarca - Cajamarca.

### **2.4.3 Hipótesis específicas (Ha)**

La implementación de la metodología BRIM influye positivamente en la visualización del proyecto construcción del Puente el Tingo y accesos – San Juan - Cajamarca - Cajamarca.

La implementación de la metodología BRIM incide en la planificación y control de la construcción del Puente el Tingo y accesos – San Juan - Cajamarca - Cajamarca.

La implementación de la metodología BRIM reduce el costo de la construcción del Puente el Tingo y accesos – San Juan - Cajamarca - Cajamarca.

#### **2.4.4 Hipótesis específicas (Ho)**

La implementación de la metodología BRIM no influye en la visualización del proyecto construcción del Puente el Tingo y accesos – San Juan - Cajamarca - Cajamarca.

La implementación de la metodología BRIM no incide en la planificación y control de la construcción del Puente el Tingo y accesos – San Juan - Cajamarca - Cajamarca.

La implementación de la metodología BRIM no reduce el costo de la construcción del Puente el Tingo y accesos – San Juan - Cajamarca - Cajamarca.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo de investigación

Se define como una investigación **aplicada** porque Investiga sobre la implementación de la metodología BrIM para determinar si influye en la construcción del puente el Tingo y accesos.

El enfoque de la investigación es **cuantitativo** porque contendrá técnicas estadísticas donde recolectaremos datos para luego analizarlos, se realizara cálculos con los datos analizados para para establecer una serie de conclusiones.

El estudio es de tipo **Descriptivo** porque se indagará la incidencia de los diferentes niveles de las variables en el caso de estudio, tal y como se pudo observar en el momento de su recolección. El procedimiento consistirá en ubicar las variables dentro de las hipótesis para luego determinar los indicadores que permitirán medir las variables.

#### 3.2 Nivel de la Investigación

Es de nivel **descriptivo** porque de acuerdo a nuestra recolección de datos estimaremos resultados mediante métodos estadísticos para describir promedios de incidencias de determinadas actividades dentro de un proyecto.

#### 3.3 Diseño de la investigación

**No Experimental** porque el estudio se realizará sin la manipulación deliberada de las variables y se observarán los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos.

Es **Transversal** porque se recolectarán datos en un solo momento, en un tiempo único, con el propósito de describir las variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

El diseño es **Retrospectivo** debido a que la información es captada del pasado y analizada en el presente.

### **3.4 Variables**

#### **3.4.1 Variable independiente**

La **variable** independiente será La metodología BrIM - Bridge Information Modeling ya que no podrá ser modificada y solo se seguirá sus lineamientos.

#### **3.4.2 Variable dependiente**

La variable dependiente será la construcción del puente el Tingo y accesos – San Juan - Cajamarca - Cajamarca debido a que esta no se manipulara, sino que se medirá para ver el efecto que la variable independiente tiene en ella.

### **Título de la investigación**

Impacto de la implementación de la metodología BrIM en la construcción del puente el Tingo y accesos – San Juan - Cajamarca - Cajamarca.

**Construcción del puente el Tingo y accesos** variable dependiente de tipo cuantitativo.

**Metodología BrIM - Bridge Information Modeling** variable independiente de tipo cuantitativo.

### 3.4.3 Operacionalización de variables

Tabla 3.1

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE DEPENDIENTE			
VARIABLE	INDICADORES	ÍNDICES	INSTRUMENTOS
Construcción del puente el Tingo y accesos	Topografía	Integración del modelo topográfico	Revit Structure 2016  Auto CAD Civil 3D 2016
	Elementos	Estribos  Vigas en Arco  Apoyo y losas de aproximación  Cimentación	Revit Structure 2016
	Costos	Presupuesto del Expediente Presupuesto con la metodología BrIM  Planificación de los elementos modelados	Navisworks 2016  Microsoft Project 2013 Autodesk Quantity Takeoff 2016  Presupuestos.pe  Microsoft Excel 2013

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3.2**

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE INDEPENDIENTE			
VARIABLE	INDICADORES	ÍNDICES	INSTRUMENTOS
METODOLOGÍA BrIM - BRIDGE INFORMATION MODELING	Visualización	<p>Modelo paramétrico 3D</p> <p>Modelo de la superficie Topográfica</p> <p>Modelación de elementos estructurales</p> <p>Modelación de elementos estructurales de acero</p>	<p>Revit Structure 2016</p> <p>Auto CAD Civil 3D 2016</p>
	Planificación y control	<p>Simulación del proceso constructivo en el tiempo 4D</p>	<p>Navisworks 2016</p> <p>Microsoft Project 2013</p>
	Costos	<p>Cuantificación de materiales y costos</p>	<p>Autodesk Quantity Takeoff 2016</p> <p>Presupuestos.pe</p> <p>Microsoft Excel 2013</p>

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.5 Caso de estudio

El puente El Tingo está ubicado en la Red Vial Nacional Ruta PE-8, tramo Chilite – Cajamarca su diseño esta conceptualizado como puente de Tímpano ligero de concreto, sobre el cual se apoyan las columnas, que al mismo tiempo permiten apoyar una estructura de vigas y losa, que forman el tablero del puente. El arco tiene una luz de 75 m entre arranques, a partir de los extremos del arco se plantean dos losas de 12.3 m de longitud con lo cual la longitud cubierta es de 99.6m. Como subestructura se cuenta con los arranques del arco y dos estribos que permiten apoyar las losas de acceso.

El puente será de doble vía, con un ancho de calzada de 8.4m y dos veredas laterales. El puente ha sido prediseñado para una sobrecarga HL-93. Los accesos en las márgenes izquierda y derecha están conformados por tramos correspondientes al alineamiento de la carretera

#### 3.5.1 Ubicación y Acceso

La investigación toma como caso de estudio al puente el tingo y accesos que geopolíticamente, se ubica en el departamento de Cajamarca. Puntualmente, en la carretera Pacasmayo – Cajamarca, km. 133+100 aproximadamente.



**Figura 3.1:** Plano de Ubicación de la Zona de Estudio

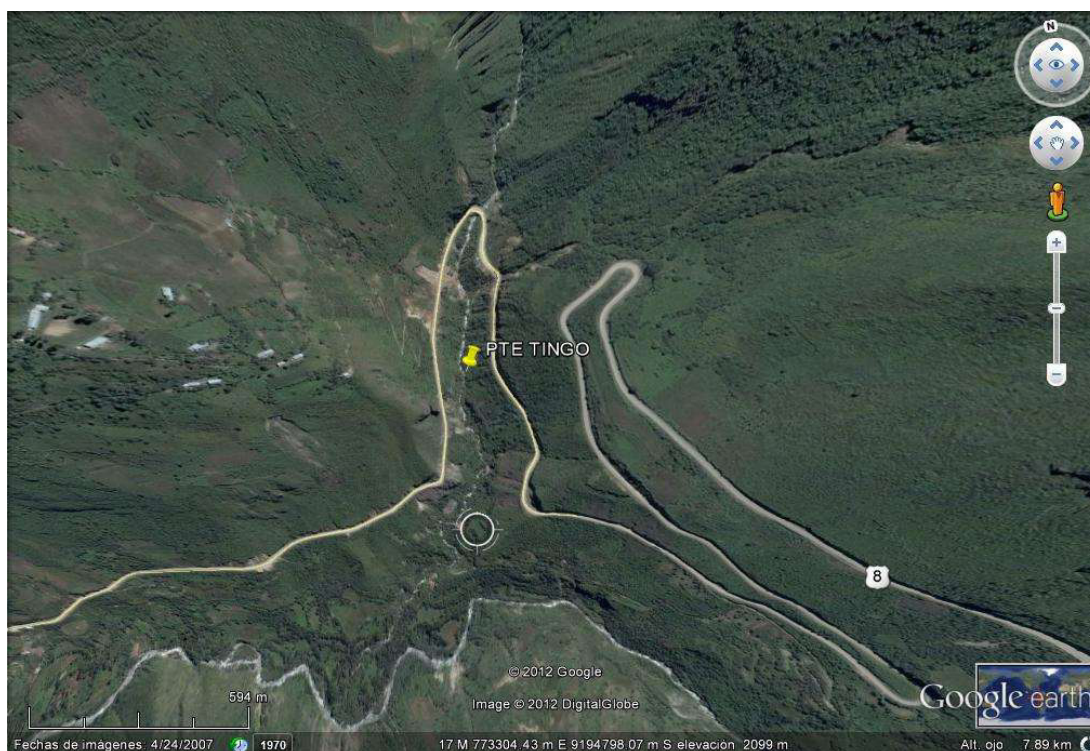
**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 3.2:** Red Vial del área de estudio

**Fuente:** Red Vial Nacional

El principal acceso al área del proyecto es a través de la carretera Panamericana hasta la intersección en el distrito de Ciudad de Dios, de ahí se sigue la ruta Ruta PE-8, Tramo Chilite – Cajamarca, esta ruta es la principal vía de acceso hacia la ciudad de Cajamarca, Desde Chilite se pasa por los centros poblados de Magdalena (Km. 115) y Choropampa (Km. 120), y pasando el puente tenemos el centro poblado de San Juan (Km. 143).



**Figura 3.3:** Ubicación del puente el Tingo y Accesos

**Fuente:** Google Earth

**Tabla 3.3**

Coordenadas del puente el Tingo y Accesos

Norte	9'195,179.60 m
Este	772,969.43 m
Altura	1902.048 msnm

**Fuente:** Google Earth

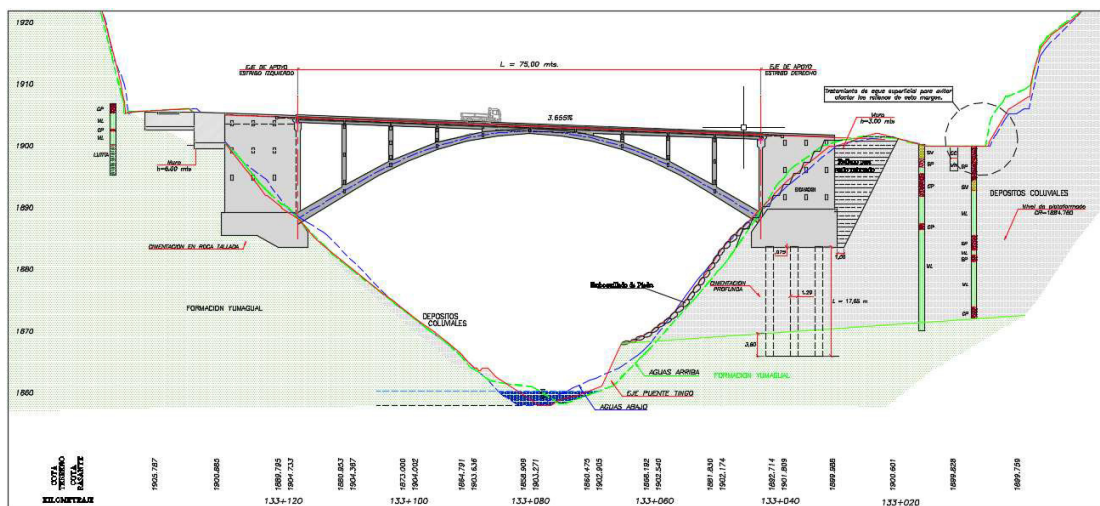


### 3.5.2 Condiciones climáticas

La región presenta variedad de condiciones climáticas. Dos estaciones bien marcadas como resultado de la posición geográfica. Siendo éstas la de un período lluvioso que se desarrolla entre diciembre a marzo y otro seco que se desarrolla entre abril a noviembre, los cuales presentan períodos irregulares ya sean abundantes precipitaciones pluviales o períodos de sequías.

### 3.5.3 Tipología del puente

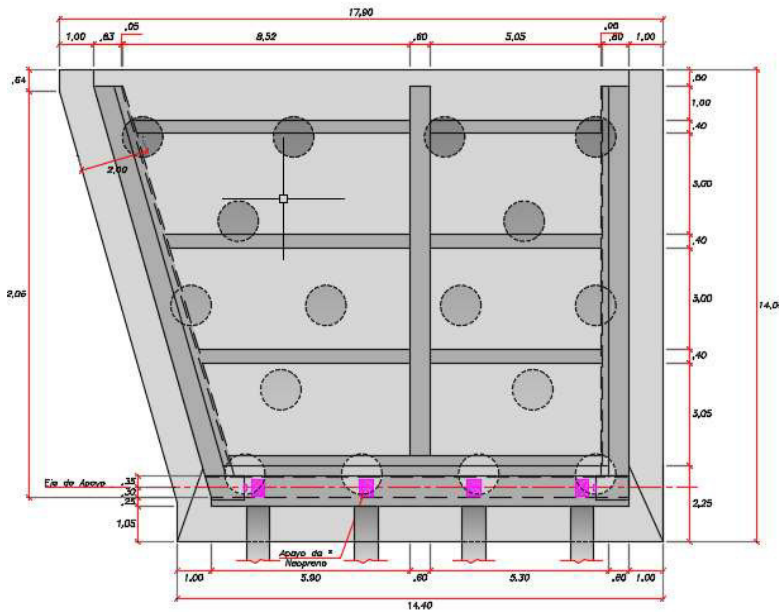
El puente el tingo y accesos va ser del tipo Arco de Tímpano ligero con tablero superior de concreto reforzado de 75m de luz, losas de acceso de 12.30m a ambos lados, de un solo tramo y 2 vías, con ancho de calzada de 6.60m más bermas y estribos de concreto armado.



**Figura 3.4:** Vista en elevación del Puente el Tingo y accesos

**Fuente:** Ministerio de transportes y comunicaciones

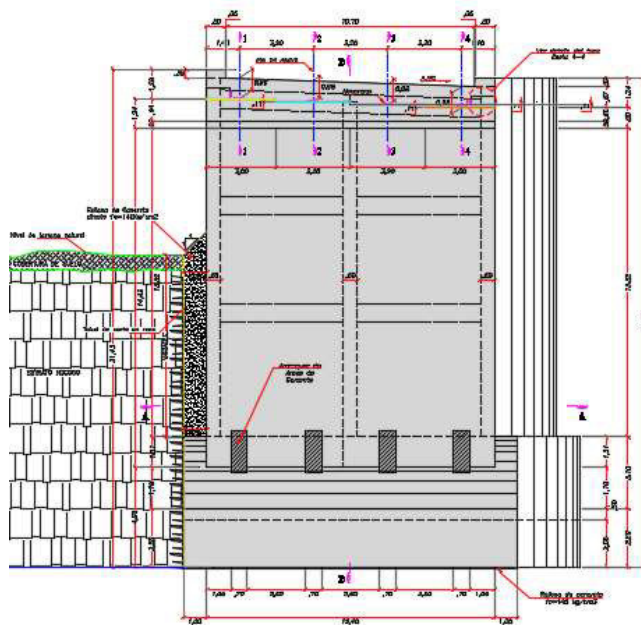
El estribo derecho es tipo pórtico con paredes conectados a través de vigas tirantes, de concreto armado de  $f'c=280\text{kg/cm}^2$ , cimentado sobre la zapata armada de  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ , la misma que se encuentra cimentada en roca tallada.



**Figura 3.5:** Vista en planta del encofrado del estribo derecho

**Fuente:** Ministerio de transportes y comunicaciones

El estribo izquierdo es tipo pórtico con paredes conectados a través de vigas tirantes de concreto armado de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ , cimentados sobre una zapata armada de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , la misa que contará con cimentación profunda, mediante pilotes excavados de 1.20m. de diámetro (16 pilotes de 17.65m de longitud) de concreto armado de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .

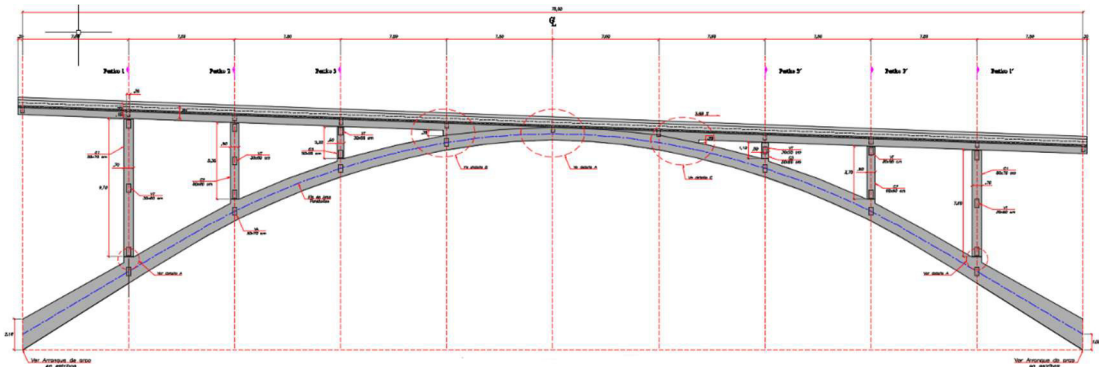


**Figura 3.6:** Vista frontal del encofrado del estribo izquierdo

**Fuente:** Ministerio de transportes y comunicaciones

La superestructura del puente está conformada de cuatro vigas tipo arco, con pórticos, vigas de tablero y losa de concreto armado de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ . Las vigas tipo arcos están fijadas en los estribos, lo cual equivale a tener apoyos

sin deslizamiento, las vigas arco son de 0.70 de ancho, con peralte variable desde 0.85 hasta 1.60 m.



**Figura 3.7:** Vista en elevación del tablero y columnas

**Fuente:** Ministerio de transportes y comunicaciones

### 3.6 Técnicas de investigación

la presente investigación implementara la Estadística Descriptiva debido a que se tiene que recolectar, ordenar, analizar y representar un conjunto de datos obtenidos del cuestionario; con el fin de describir apropiadamente las características de este. Esta descripción se realizará mediante la construcción de tablas y gráficos.

### 3.7 Instrumento de recolección de datos

Luego de especificar el tipo de estudio, el diseño de la investigación y el caso de estudio seleccionado para el desarrollo de la presente investigación, se aplicó como instrumento, un cuestionario semiestructurado que consto de preguntas cerradas y caracterizadas acerca del proceso constructivo de los puentes con respecto a la implementación de la metodología BrIM - Bridge Information Modeling.

Existen diferentes metodologías para llevar a cabo un estudio de encuesta (Bizquerra, 2004: 236) y esta va a depender del autor que se adopte en el diseño de la investigación, Buendía (1998) establece tres fases de desarrollo:

teórico conceptual, metodológica y estadístico- conceptual; en la primera fase incluye el planteamiento de los de los objetivos y/o problemas e hipótesis del estudio, en el segundo la selección de la muestra y la definición de las variables que van a ser objeto de estudio y en la tercera se incluye la elaboración piloto y definitiva del cuestionario y la codificación del mismo que permitirá establecer las conclusiones correspondientes al estudio.

### **3.8 Cuestionario**

Un cuestionario consiste en una serie de preguntas que se relacionan con las variables que se van a medir, este es un instrumento muy eficaz para la recolección de datos. En el presente estudio se elaboró un cuestionario semiestructurado con preguntas cerradas y caracterizadas, con el cual se pudo medir la el impacto de la implementación de la metodología BrIM - Bridge Information Modeling en la construcción de un puente así como el conocimiento que se tiene de la metodología BrIM en el mercado Peruano.

El cuestionario consto de tres secciones que guardan relación con los indicadores de la metodología BrIM - Bridge Information Modeling y sirvieron para que se realice un diagnóstico del impacto de la implementación de la metodología BrIM - Bridge Information Modeling en la construcción de un puente.

- Visualización
- Planificación y Control
- Costo

El objetivo del cuestionario es recabar información sobre el impacto de la implementación de la metodología BrIM - Bridge Information Modeling en la construcción de un puente, el cuestionario se aplica al gerente de proyecto que cuenta con amplia experiencia en el área de la construcción y una empresa que nos proporcione la información necesaria.

El cuestionario es semiestructurado con preguntas cerradas y caracterizadas ya que son más sencillas de analizar, así mismo resulta más sencillo para el encuestado ya que estos no tienen que escribir solo seleccionar la alternativa que mejor sintetice su respuesta. También debido que al responder a preguntas cerradas evitamos la ambigüedad de respuestas que pudiera resultar de un cuestionario de preguntas abiertas.

La información obtenida mediante el cuestionario se procesará a fin de obtener conclusiones útiles y pertinentes a los fines del estudio. Se presenta, a continuación, las etapas que se van a seguir a la hora de codificar, analizar, tratar e interpretar la información recogida a través de los cuestionarios:

### **3.8.1 Revisión de los cuestionarios:**

En esta fase se trata de identificar y corregir las posibles fuentes de error. Para ello se revisan los cuestionarios buscando ambigüedades, como respuestas no legibles o en las que no se sabe qué cuadro se ha marcado, omisiones o incoherencias.

### **3.8.2 Codificación y clasificación de datos:**

Una vez depurados los cuestionarios se procede a la codificación de las preguntas para posibilitar el tratamiento informático. La codificación tiene por objeto sistematizar y simplificar la información procedente de los cuestionarios.

### **3.8.3 Análisis de las preguntas**

Una vez organizados los datos en un fichero, comienza el análisis propiamente dicho. El primer paso es estudiar cada pregunta aislada, luego las preguntas por subgrupos y las relaciones entre pares de preguntas, y por último, se estudiarán las relaciones entre todas las preguntas.

- Codificar toda la información.
- Agrupar datos cuantitativos en porcentajes y frecuencias.
- Realizar tablas para sintetizar la información.

- Efectuar la definición de categorías exhaustivas significativas que constituyeron las variables.
- Realizar un estudio descriptivo más profundo (calculando distintos indicadores), acompañado de estudios estadísticos inferenciales.
- Interpretar los datos en el contexto en que fueron recogidos.
- Extraer conclusiones.

#### **3.8.4 Presentación final de la información**

La información que se presente ha de ser muy clara, incluyéndose únicamente aquella que sea relevante para los fines de la investigación. A continuación, se expone algunos puntos que se han tomado en cuenta para las presentaciones finales:

- Proporcionar la menor cantidad posible de datos. Eso sí, los que exponamos en el análisis deben de ser los más relevantes.
- Hacer los comentarios e interpretaciones, diferenciando claramente lo que es un resultado de lo que es una interpretación personal.
- Utilizar un lenguaje sencillo, sin posibilidad de ambigüedades.
- La información sobre la metodología y los criterios de análisis para el estudio han de estar bien diferenciados del resto de la información.
- En general, no se deben desagregar resultados, excepto que se haya demostrado una relación significativa con la variable de estratificación.
- En estudios efectuados sobre muestras representativas hay que proporcionar las estimaciones por intervalo.
- No se han de proporcionar fracciones decimales irrelevantes.
- No debemos dar información redundante.
- Siempre que sea posible, se han de proporcionar los datos en forma gráfica. Además, en todas las tablas y gráficos presentados han de incluirse los nombres de las variables y las unidades de medida.
- Al final del estudio se ha de incluir un breve resumen de los resultados y de las conclusiones. En algunos casos es conveniente plantear recomendaciones operativas.

El cuestionario que a continuación se presenta es parte del desarrollo de la investigación y ha sido elaborada con los pasos mencionados en esta sección. El objetivo de esta encuesta es determinar el impacto de la implementación de la metodología BrIM - Bridge Information Modeling en la construcción de un puente. Los casos de estudios que han sido encuestados son cinco medianas empresas de la ciudad de Lima.

### MODELO DE CUESTIONARIO

Nombre : \_\_\_\_\_  
 Empresa : \_\_\_\_\_  
 Cargo : \_\_\_\_\_

=====

Antigüedad de la empresa				
Menos de 5 años	De 5 a menos de 10 años	De 10 a menos de 15 años	De 15 a menos de 20 años	De 20 años a mas

### Metodología BrIM - Bridge Information Modeling.

1	¿En su Organización se ha tenido en cuenta la Metodología BrIM para la planificación y control de sus proyectos?				
	SI	Parcialmente		NO	
2	¿El personal técnico de planificación y control de proyectos de su organización tiene conocimientos y experiencia en modelos de información con trabajo colaborativo?				
	Definitivamente sí	Probablemente sí	No lo se	Probablemente no	Definitivamente no
3	¿Se emplea el tiempo necesario en la planificación y control de proyectos en su organización?				
	Si se emplea	A veces	No lo se	Casi nunca	No se emplea
4	¿En su organización se utiliza planes de pre-construcción digital como bases para iniciar el proceso constructivo de un proyecto?				
	Si se utilizan		Se utilizan parcialmente		No se utilizan

5	¿Cuál de estas herramientas utilizan para la planificación y el control de sus proyectos? ( puede marcar más de una)							
	Microsoft Project	Primavera P6 Professional	Autodesk Navisworks	Asana	Sellenne ERP Proyectos			
6	¿El personal de su organización tiene una concepción clara de todas las componentes de sus proyectos?							
	No conocen todos los componentes del proyecto	Solo personal profesional	Solo el personal técnico y profesional	Solo el personal técnico	Todo el personal			
7	¿Asigne un valor de importancia de todas las posibles aplicaciones de la metodología BrIM en los proyectos que ha participado?- donde el 4 es el más importante y el 0 el menos importante.							
	Visualización	Simulación/ Análisis	Prevención y/o detección de conflictos	Planificación	Estimación de costos			
8	¿Cuál de las aplicaciones BrIM marcadas anteriormente considera que se debería de potenciar en su organización?							
	Visualización	Simulación/ Análisis	Prevención y/o detección de conflictos	Planificación	Estimación de costos			
9	¿Con que frecuencia se encuentran los siguientes tipos de RFI en sus proyectos?			SIEMPRE	CASI SIEMPRE	ALGUNAS VECES	RARA VEZ	NUNCA
	Deficiencia en los documentos de diseño							
	Sugerencias de cambios en el proyecto							
	Aclaraciones							
10	¿Cuál es el nivel promedio de estandarización de los procesos de su organización?							
	Alto Los procesos están documentados en un protocolo u otro documento que garantice la estandarización	Medio los documentos están en desarrollo o son usados ocasionalmente o hay algunos procesos estandarizados	Bajo No existe un procedimiento documentado para realizar los modelos					
11	¿En qué medida considera que la metodología BrIM le otorga ventajas competitivas a su organización?							

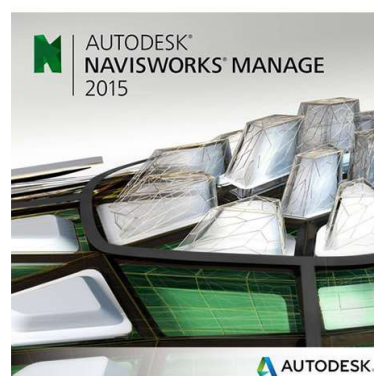


	Alta Considera que el uso del BrIM le otorga grandes ventajas competitivas	Media Considera que el uso de BrIM le otorga ventajas competitivas pero se pueden usar otras metodologías	Baja considera que el uso de BrIM no le otorga ventajas competitivas			
12	¿En qué medida considera que la visualización en 3D y el trabajo colaborativo puede reducir el tiempo de las reuniones técnicas?					
	Alta Considera que la visualización en 3D y el trabajo colaborativo reduce significativamente las reuniones técnicas	Media Considera que la visualización en 3D y el trabajo colaborativo reduce el tiempo de reuniones técnicas pero se pueden usar otras metodologías	Bajo considera que visualización en 3D y el trabajo colaborativo no reducen los tiempos de reuniones			
13	¿Considera usted que al poder visualizar el proyecto en 3D aumentara la comprensión general del proyecto por parte de todos los involucrados?					
	Si ( )		No ( )			
14	¿Cuál es el porcentaje de proyectos en lo que su empresa utiliza un modelo central el cual es compartido entre los involucrados en el proyecto?					
	más de 80%	entre el 50% y el 80%	entre el 30% y el 50%	entre el 10% y el 30%	menos del 10%	
15	¿Cuán adecuados son los softwares usados en su organización para la visualización de los proyectos?					
	Muy adecuados	Adecuados	Poco adecuados	No adecuados		
17	Durante la fase de construcción de los proyectos de su organización ¿Con qué frecuencia se le han presentado las siguientes situaciones?	SIEMPRE	CASI SIEMPRE	ALGUNAS VECES	RARA VEZ	NUNCA
		4	3	2	1	0
a	Incompatibilidad entre especialidades					
b	Re-procesos por fallas del diseño					
c	Modificaciones del proyecto					
d	Complicaciones por las características del terreno (Nivel freático, grandes desniveles, accesibilidad)					
e	Errores de diseño que causan daños materiales directos al proyecto					
f	Errores de diseño que causaron daños materiales indirectos al proyecto					
g	Errores de diseño que causaron daños consecutivos al proyecto					



### 3.9 Modelo de Información

El modelo inicia a partir de la geometría del puente, donde a partir de formas geométricas generaremos el modelo de información, en este modelo es donde tendremos los elementos estructurales y los diferentes componentes del proyecto. La principal herramienta para generar la representación del puente en un modelo 3D, se obtiene a partir de las extensiones que Autodesk® tiene disponible en su plataforma virtual. En este caso particular se usa Autodesk Revit Software Extensions para Autodesk® Revit® Structure 2016, el cual permite aumentar las opciones de operatividad del programa para realizar labores de manera más sencilla como el modelado, el refuerzo de concreto, la interoperabilidad y la documentación de toda la construcción del proyecto.

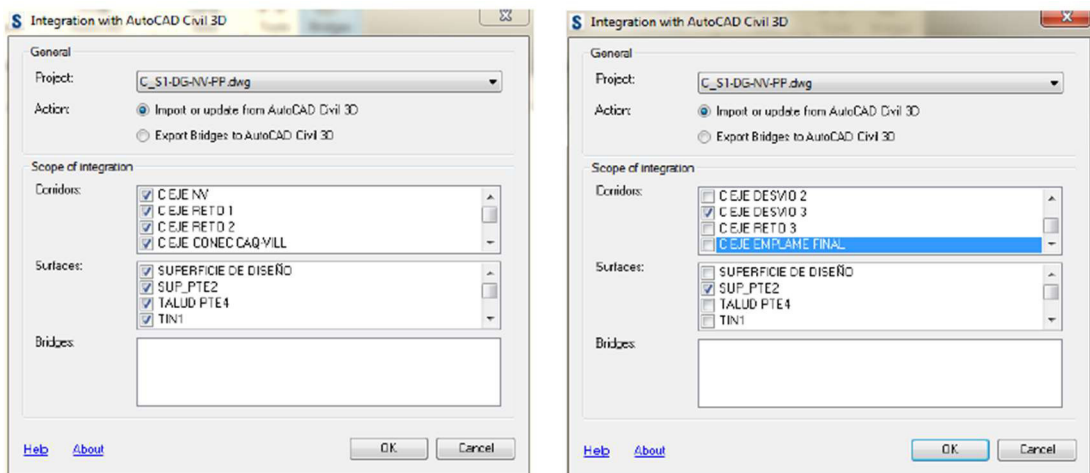


**Figura 3.8:** Programas que se emplearon en la investigación

**Fuente:** elaboración propia

### 3.9.1 Modelo topográfico

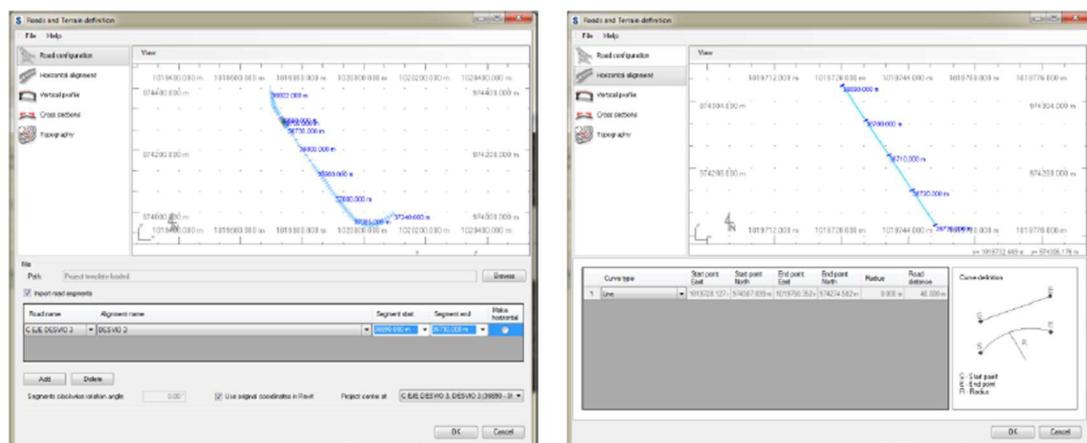
Se dispuso de la extensión de Revit Structure 2015 para la representación del terreno y calzada del proyecto. Se realizó la integración con las curvas de nivel del proyecto de Civil 3D, la extensión permitió extraer las superficies y calzadas presentes en el modelo Civil. Es necesario mantener los dos programas en ejecución durante la integración del modelo. Luego de la integración, se debe manipular la información extraída para generar el modelo.



**Figura 3.9** Integración del modelo entre Civil 3D y Revit

Fuente: elaboración propia

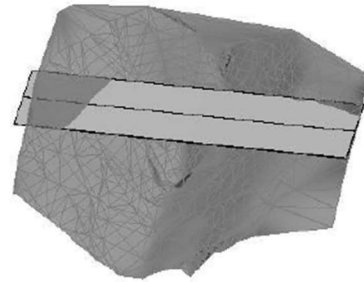
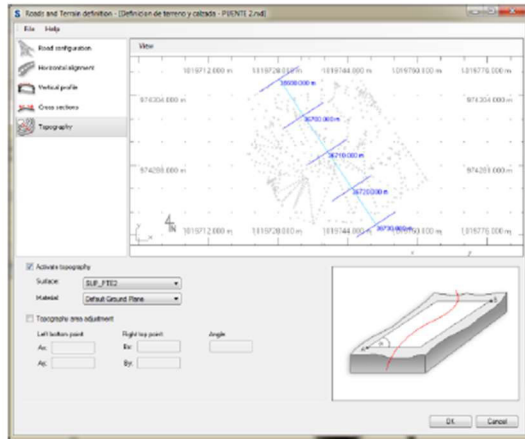
El proyecto en Civil 3D se ejecuta a la vez que el proyecto en Revit Structure. Mediante la herramienta de integración entre los programas mencionados se cargan las superficies y corredores existentes en el modelo Civil al modelo Revit, luego se debe realizar un filtro de corredores y superficies.



**Figura 3.10:** Configuración, delimitación y Geometría horizontal del corredor

Fuente: elaboración propia

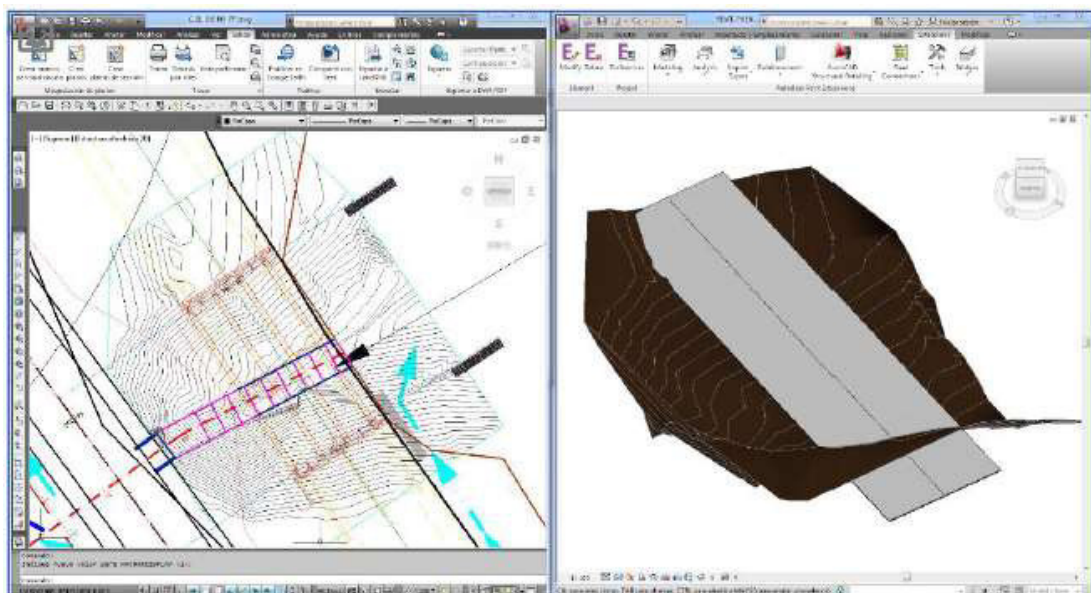
Al importar el corredor, se importan todas sus propiedades, se puede delimitar la zona de trabajo de la calzada seleccionando el inicio y fin de algún segmento del corredor así mismo del tramo de corredor seleccionado se puede verificar la geometría horizontal.



**Figura 3.11:** Configuración de la superficie topográfica y representación del modelo

**Fuente:** elaboración propia

Se configura la representación de la topografía adyacente al corredor, limitándola y/o seleccionando la respectiva superficie. Luego se consolida la representación del modelo topográfico en coordenadas reales y con la respectiva superficie establecida.



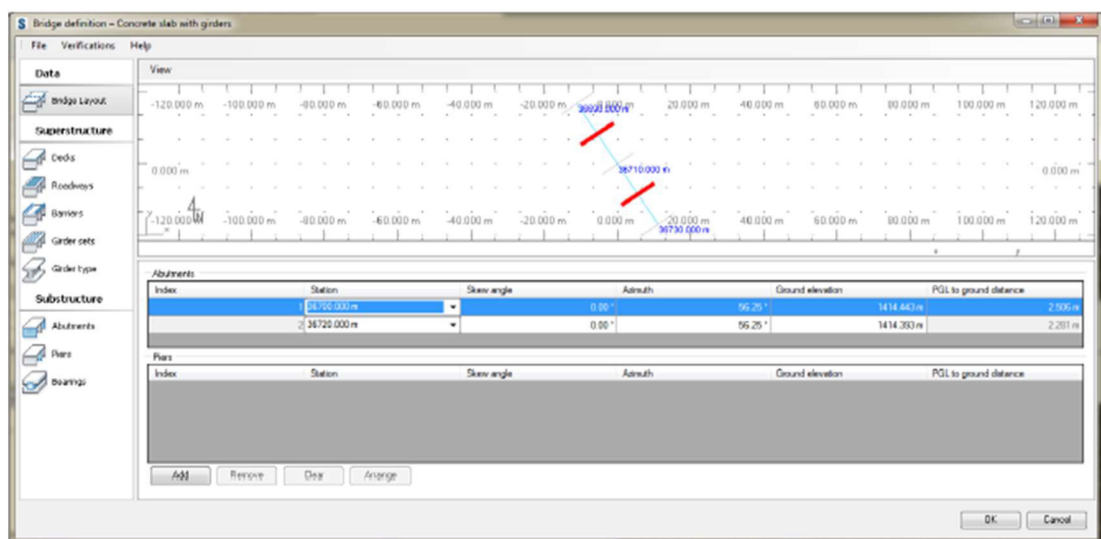
**Figura 3.12:** Modelo final en 2D y 3D

**Fuente:** elaboración propia

### 3.9.2 Modelo conceptual

La extensión de Revit Structure 2015 además de generar la topográfica y calzada, permitió modelar el puente. Para lograrlo fue necesario conocer a detalle la tipología y dimensiones básicas del diseño de los componentes del puente.

Para esta investigación se tenía como base la el expediente técnico que contenía los planos elaborados de manera tradicional, lo que facilito la concepción de la estructura y su posterior representación en el modelo 3D.

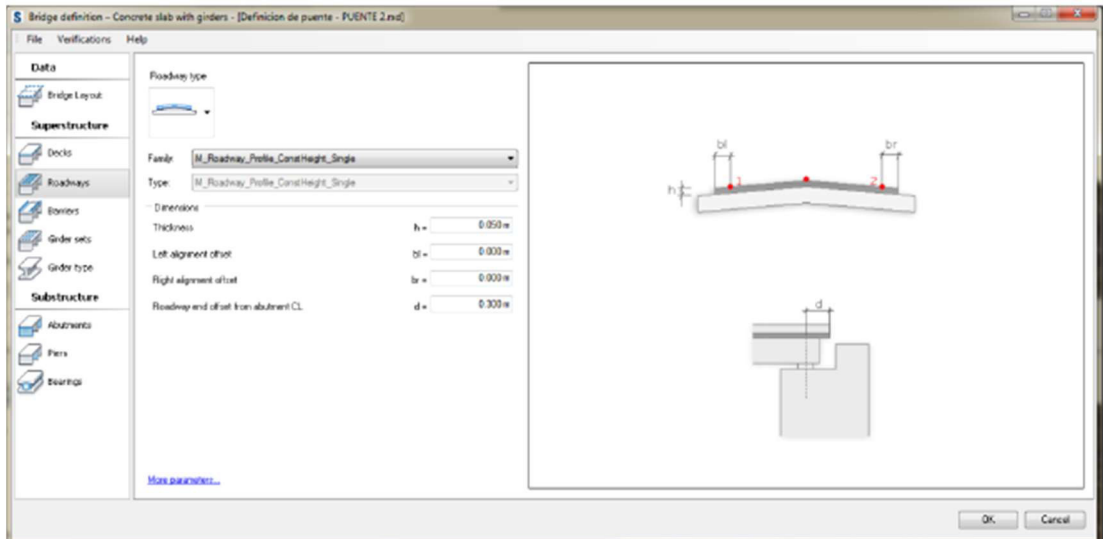


**Figura 3.13:** Ubicación de los estribos

**Fuente:** elaboración propia

Se define la cantidad de estribos, para nuestro caso de estudio contamos con dos estribos.

Para el tablero del puente se establece el espesor y ancho de la losa en general, pero en las zonas donde se ubican las vigas se incorporan unos parámetros adicionales. El ancho total de la losa se debe definir por las distancias entre los bordes de la calzada y de la losa, adicionalmente se debe indicar el espesor, un sobre ancho en cada costado de la calzada y la extensión de esta a partir del eje de estribo.



**Figura 3.14:** Dimensiones de la calzada

**Fuente:** elaboración propia

### 3.9.3 Modelación de elementos estructurales

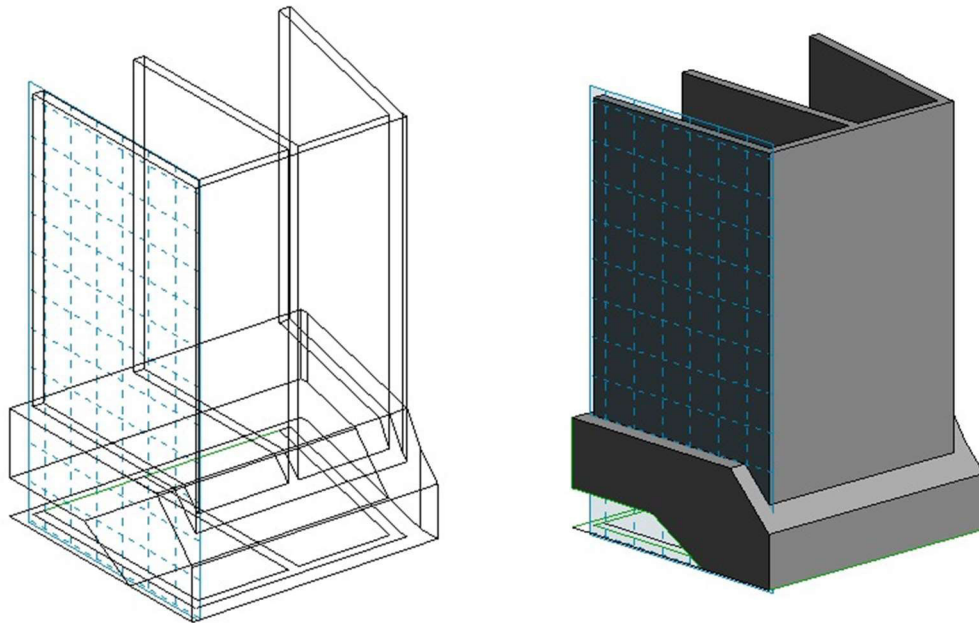
Para esta investigación, se tenía como base la documentación (planos y memorias estructurales) elaborada de manera tradicional que formaban parte del expediente técnico inicial del proyecto, lo que facilitó la concepción de la estructura y su posterior representación en el modelo 3D.

Por defecto la extensión tiene incorporadas familias para la generación del modelo. En varios casos estos elementos no alcanzaban a representar el detalle esperado, lo que limita la concepción e inventiva del diseñador en el momento de seleccionar el tipo de componentes a emplear. Para solucionar esto fue necesario crear nuevos elementos que se ajustaran a las especificaciones del diseñador y hacer inclusión de estos posteriormente. La generación del modelo 3D del puente se presenta a continuación.

#### 3.9.3.1 Estribos

Los estribos indicados solo fueron generados para darle continuidad a la generación del modelo mediante la extensión, ya que ninguna de las familias por defecto podía representar el tipo de estribo sugerido por el diseñador.





**Figura 3.15:** Dimensionamiento de Estribo

**Fuente:** elaboración propia

El modelo generado aunque representa la estructura de un puente, queda a consideración del equipo de estructuras realizar las modificaciones requeridas en el modelo para satisfacer los criterios de diseño empleados. Entre los que esta la sustitución de elementos.

El elemento modelado (estribo) debió ser reemplazado para cumplir con el diseño propuesto originalmente, debido a que los componentes que la extensión contiene por defecto no permitieron representar de manera eficaz el diseño planificado. Adicionalmente falta incluir la cimentación profunda.

### **3.9.3.2 Vigas en Arco**

Al generar el modelo mediante la extensión, se utiliza la viga por defecto de sección uniforme. Es de gran importancia que al introducir la información del dimensionamiento de la sección transversal sea igual en los parámetros comunes (altura, ancho) a la viga de diseño, ya que durante el proceso de creación del modelo algunos componentes del puente requieren las



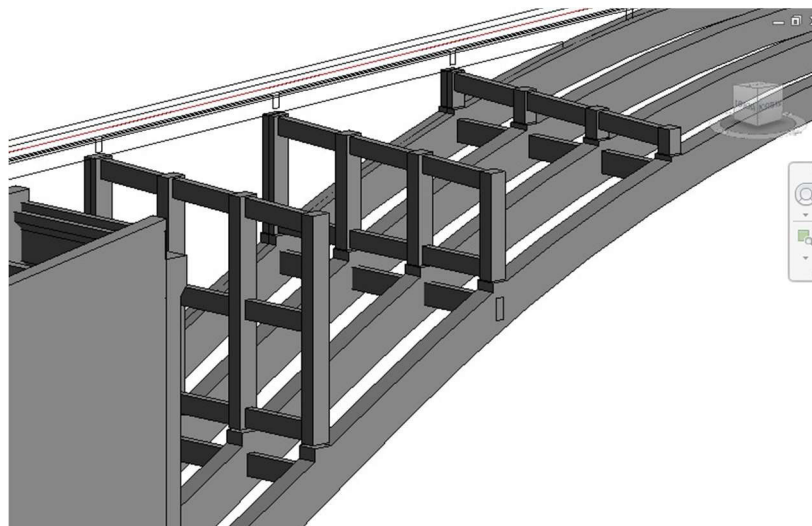
dimensiones de la viga, debido a que afectan la posición y tamaño de elementos.



**Figura 3.16:** Dimensionamiento de Vigas en arco

**Fuente:** elaboración propia

La creación de la viga con sección variable se logró mediante el uso de “fundido de barrido”, que consiste en establecer la sección inicial y final (previamente parametrizadas) de un elemento y establecer los parámetros del recorrido (camino) entre una sección y otra.

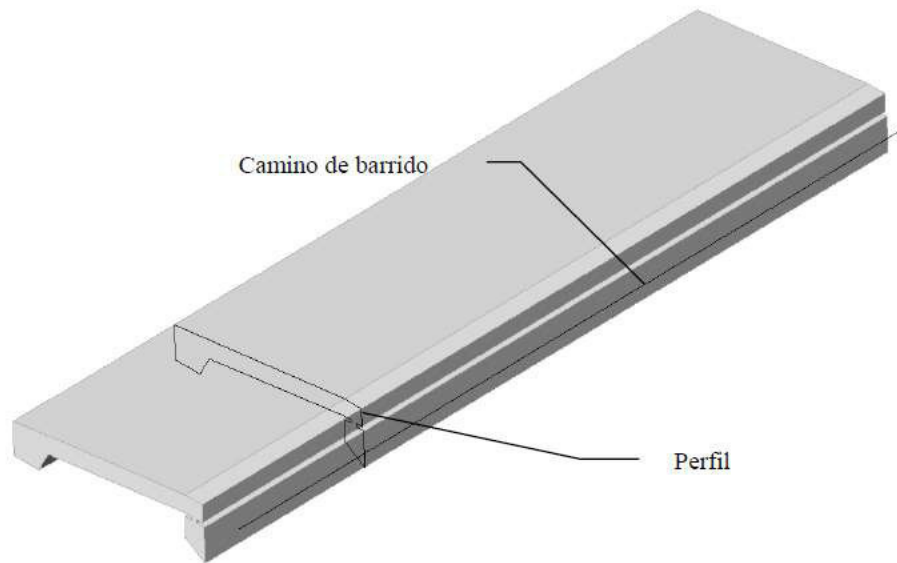


**Figura 3.17:** Dimensionamiento de Vigas y tímpanos de concreto

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.9.3.2 Apoyo y losas de aproximación

La losa de aproximación y su respectivo apoyo se generaron a partir del mismo elemento compuesto por una forma sólida generada con la herramienta “barrido”, que consiste en un perfil transversal parametrizado. Esta sección se reproduce a lo largo de un camino de longitud variable, limitado en sus extremos por las cara interna de las aletas, con lo que se genera un elemento sólido.



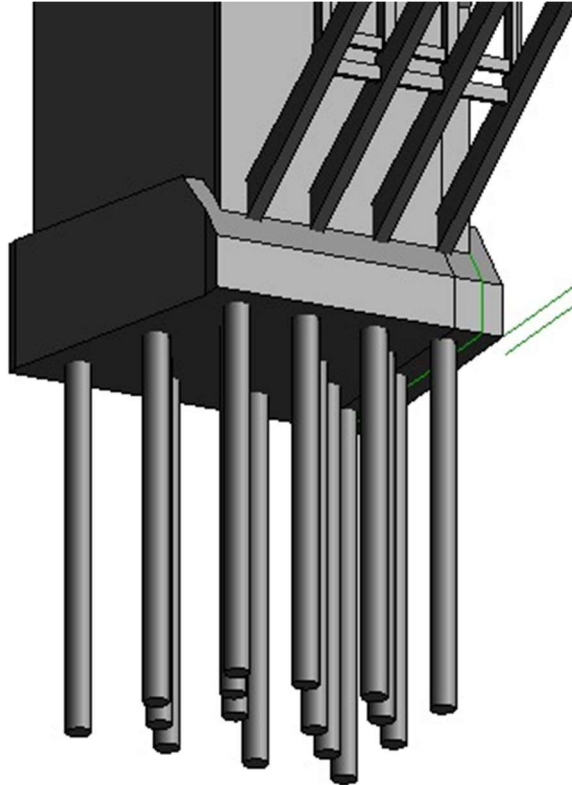
**Figura 3.18:** Apoyo y losa de aproximación

**Fuente:** Elaboración propia

Para finalizar, después de haber generado cada uno de los elementos del estribo por separado, se consolidan y se relacionan los parámetros comunes. Dando como resultado el estribo establecido en el diseño.

### 3.9.3.3 Cimentación

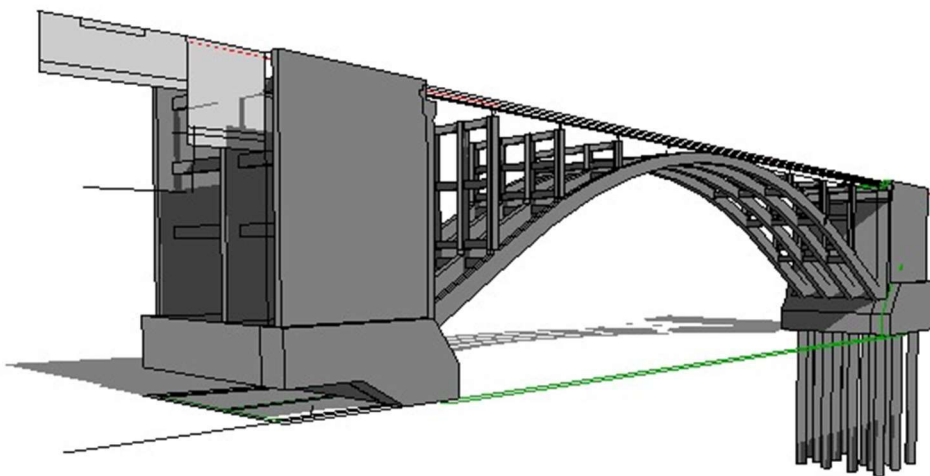
La cimentación sugerida consistió en la implementación de pilotes excavados de 1.20m de diámetro (16 pilotes de 17.65m de longitud) de concreto armado de  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ .



**Figura 3.19:** Pilotes de concreto armado

**Fuente:** Elaboración propia

Para finalizar, después de haber generado cada uno de los elementos del puente por separado, se consolidan y se relacionan los parámetros comunes. Dando como resultado el puente establecido en el diseño.



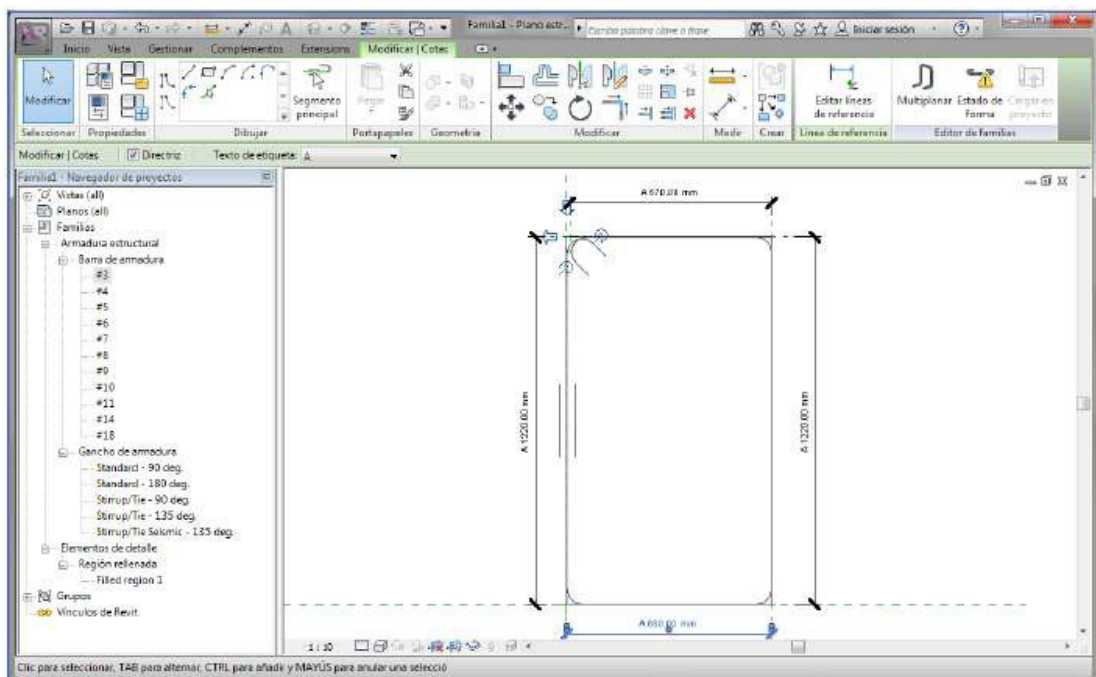
**Figura 3.20:** Modelo virtual del puente

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.9.4 Modelación de refuerzo estructural de acero

Para la generación del refuerzo estructural se describirá a continuación el procedimiento utilizado, usando las herramientas disponibles del programa.

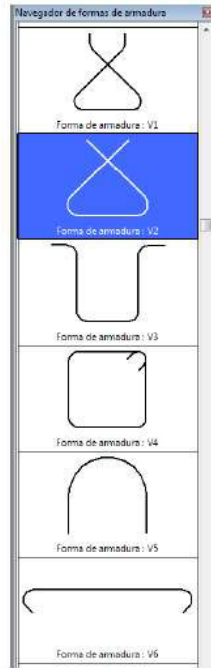
Con las herramientas de dibujo se crearon cada una de las formas de los refuerzos estructurales a emplear, a cada elemento se le colocó una acotación para especificar los parámetros de la forma diseñada, y a cada acotación se le adjudicó una etiqueta, de no hacer esto las barras no se podrían considerar paramétricas. De igual forma en la ventana de parámetros de forma se especifica el ángulo con que termina y empieza el dibujo, además de los otros parámetros dimensionales previamente creados.



**Figura 3.21:** Herramientas para dibujo de refuerzo estructural

**Fuente:** Revit Structure

Terminada la creación del dibujo de los refuerzos diseñados, se cargan las familias al modelo, dando disponibilidad inmediata para el uso de estas.

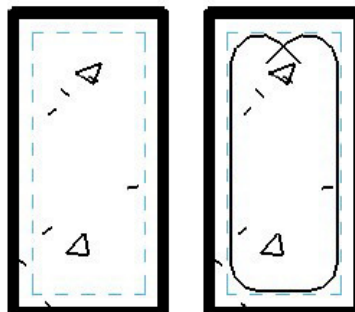


**Figura 3.22:** Navegador de formas de armadura

**Fuente:** Revit Structure

### 3.9.4.1 Recubrimientos de armadura

El recubrimiento de la armadura se define con relación a las caras del elemento correspondiente, y lo que permiten es controlar la distancia interna de la armadura con relación a las caras expuestas del elemento. Es importante definir correctamente este parámetro debido a que puede afectar considerablemente la geometría final de las armaduras.

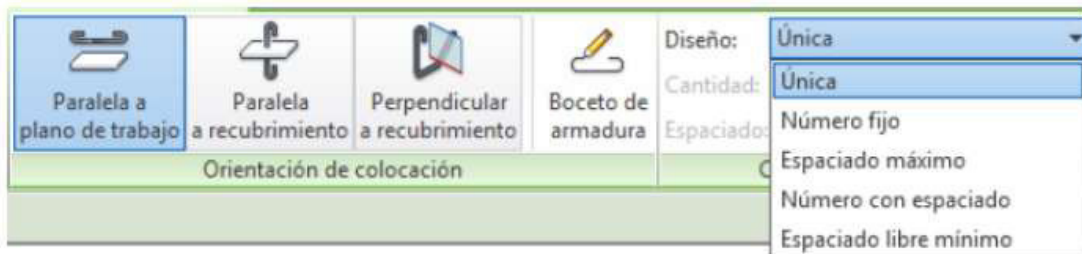


**Figura 3.23:** Recubrimiento

**Fuente:** Revit Structure

### 3.9.4.1 Modelado del refuerzo de acero

La modelación del refuerzo de la estructura se realizó mediante las herramientas básicas de Revit Structure 2016.



**Figura 3.24:** herramienta de modelación

**Fuente:** Revit Structure

Procedimiento de cómo se realiza el dibujo del refuerzo estructural en los elementos:

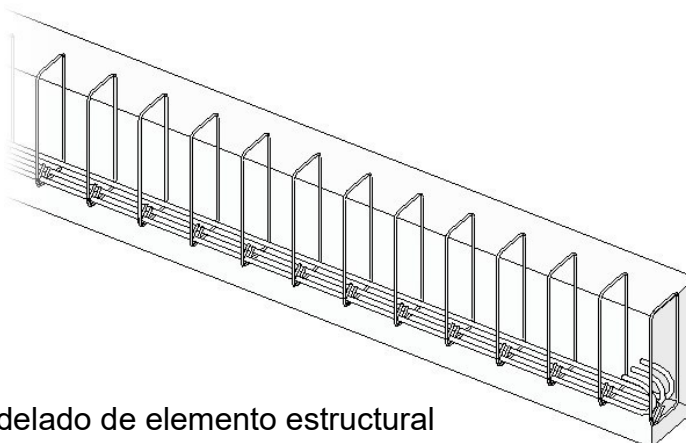
1. Se debe crear una vista en corte del elemento a reforzar.
2. Empleando la herramienta "Armadura".
3. Al seleccionar la herramienta se activa el navegador de formas de armaduras, del cual se escoge la forma de armadura a utilizar.
4. De la pestaña "Orientación de colocación", seleccionar alguno de las siguientes opciones;
  - Paralela a plano de trabajo
  - Paralela a recubrimiento
  - Perpendicular a recubrimiento

El cual definirá la forma como se alinea el refuerzo colocado en el elemento.

5. La armadura se ajustara a la sección utilizada, para revisar y editar longitudes y/o propiedades del refuerzo se deben usar otras vistas creadas.

Estos procedimientos se aplican en todo el elemento a reforzar, creando gran variedad de vistas para la creación de la totalidad del refuerzo.

Es recomendable tener experiencia en el dibujo bidimensional del refuerzo de estructuras, ya que esto facilitara la concepción y creación de las vistas y cortes que se deben emplear para dibujar de manera correcta el refuerzo del elemento, ya que proporcionalmente al avance del dibujo estructural, la visibilidad de los conjuntos de armaduras implicara un grado más alto de complejidad debido a la concentración de dibujos.



**Figura 3.25:** Modelado de elemento estructural

Fuente: Expediente técnico

Se presenta a continuación la tabla de barras de acero para la viga arco de sección variable que fue reforzada.

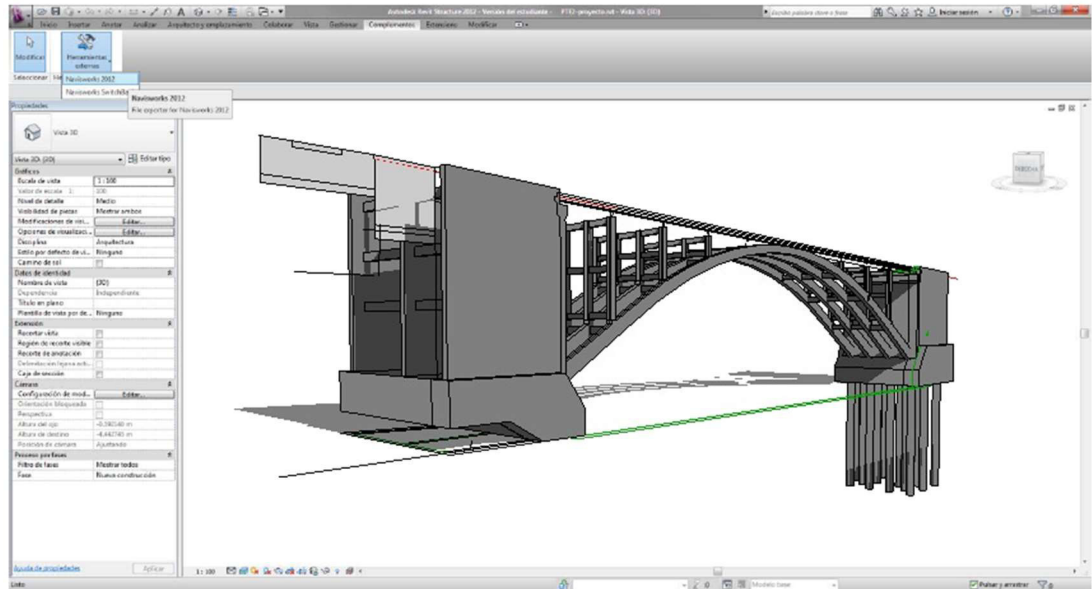
**Tabla 3.4:**  
Barras de acero para vigas arco

ACERO DE REFUERZO FY= 4200 KG/CM2 PARA VIGAS ARCO								52309.33 kg
ELEMENTO			LONGITUD	EMPALME	LONGITUD TOTAL	CANTIDAD	N° DE VECES	0
CODIGO	Ø	(kg/m)	(m)	(m)	(m)			PARTIDA (kg)
<b>ARCO</b>								<b>52,309.33</b>
A1	1"	3.97	87.20	16.20	103.40	8.00	4.00	13,135.94
A2	1"	3.97	87.20	16.20	103.40	16.00	4.00	26,271.87
A3	3/4"	2.24	87.20	10.80	98.00	4.00	4.00	3,512.32
2 Tramos iniciales								
A4	1/2"	1.00	4.98	-	4.98	83.00	8.00	3,306.72
A4	1/2"	1.00	2.98	-	2.98	83.00	8.00	1,978.72
2 Tramos siguientes								
A4	1/2"	1.00	4.04	-	4.04	53.00	8.00	1,712.96
A4	1/2"	1.00	2.70	-	2.70	53.00	8.00	1,144.80
2 Tramo intermedios								
A4	1/2"	1.00	3.66	-	3.66	25.00	8.00	732.00
A4	1/2"	1.00	2.57	-	2.57	25.00	8.00	514.00
<b>TOTAL</b>								<b>52,309.33</b>

Fuente: Expediente técnico

### 3.9.5 Simulación del proceso constructivo

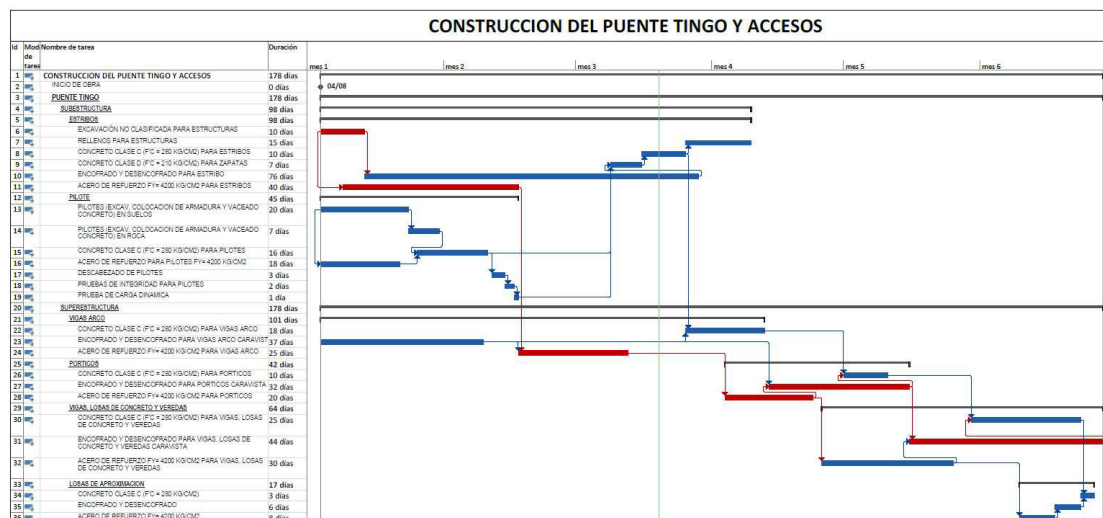
La simulación representa secuencialmente el orden constructivo de los componentes de la estructura del puente. El primer paso consistió en exportar el modelo Revit® a un formato compatible con Navisworks®. Esto se realizó con el fin de poder vincular los componentes a un cronograma.



**Figura 3.26:** Exportación del modelo Revit a Navisworks

**Fuente:** Elaboración propia

La planificación de la construcción consistió en representar cada uno de los elementos modelados como una actividad, en un cronograma relacionando la duración necesaria para la construcción de dicho elemento. Lo cual fue realizado mediante Project® y presentada a continuación.

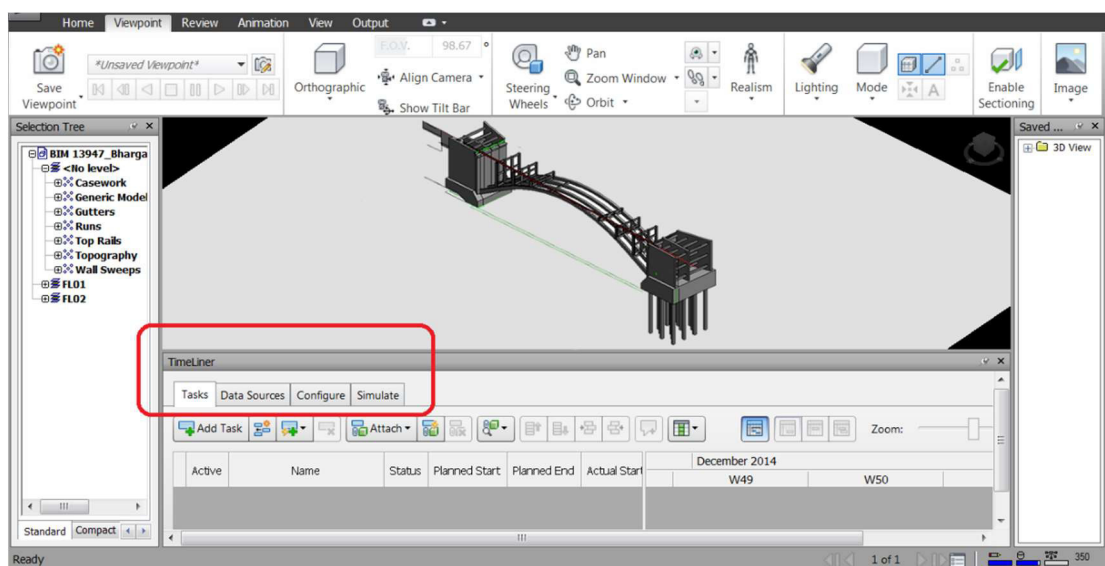


**Figura 3.27:** Cronograma de actividades

**Fuente:** Elaboración propia



Luego de haber exportado el modelo e importado a Navisworks®, se debe realizar lo mismo para incorporar el cronograma, esto se realiza a través de la herramienta TimeLiner. Esta herramienta despliega una ventana que permitirá realizar el enlace y configuración de la simulación. En la pestaña de “Orígenes de datos”, se debe hacer el enlace con la o los cronogramas necesarios para el completo desarrollo de la obra. En la pestaña “Tareas”, se realiza y constituye el vínculo entre el cronograma y el modelo, lo que implica enlazar los elementos del puente que se han de construir a cada una de las tareas consignadas en el cronograma, que adicionalmente requieren la especificación del tipo de tarea.



**Figura 3.28:** Ventana del TimeLiner - Navisworks

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.9.6 Cuantificación de materiales y costos

Para realizar la cuantificación de materiales y el cálculo de costos se empleó el programa Autodesk Quantity Takeoff.

El primer paso fue exportar las visualizaciones del modelo Revit a un formato compatible, con el que se regenera el proyecto en Quantity Takeoff. Al crear un nuevo proyecto se debe especificar la configuración referente al sistema de unidades (métrico) y la moneda a emplear (S/.). Para luego seleccionar el catálogo con que se definirá la estructura organizativa del proyecto.

Consolidada la información en las respectivas agrupaciones, se procede a definir como se cuantificaran los objetos. En la ventana “Takeoff”, se define el tipo de cuantificación (Count, Linear, Área, Volumen), que va en conjunto con el parámetro que indicara la cantidad. Este parámetro está conectado a las propiedades de cada objeto, las cuales fueron definidas durante la creación de las respectivas familias en el modelo de Revit®.

WBS	Description	Type	Length	Area	Perimeter	Volume	Height	Thickness
▼ PTE 2	Weta 3D: (3D) (510)							
▼ Cimentación	Cimentación estructural (6)							
▼ Caissons profundos	Cimentación profunda (6)							
▶ Caisson 1.50	Caisson (6)	Volume	Undefined	Undefined	Undefined	Volumen	Undefined	Undefined
▼ Masas conceptuales	Masa (4)							
▼ Barrera de tráfico	Barreras (2)							
▶ New Jersey	Barreras (2)	Volume	Undefined	Undefined	Undefined	Volumen bruto	Undefined	Undefined
▼ Calzada	Calzada (1)							
▶ Capa de rodadura	Capa de rodadura (1)	Volume	Undefined	Undefined	Undefined	Volumen bruto	Undefined	Undefined
▶ Losa	Losa (1)							
▶ Losa	Losa (1)	Volume	Undefined	Undefined	Undefined	Undefined	Undefined	Undefined
▼ Modelos genéricos	Modelos genéricos (4)							
▼ Apoyos	Pedestales, Topes, Tapas (2)							
▶ Pedestales, Topes, Tapas	Pedestales, Topes, Tapas (2)	Volume	Undefined	Undefined	Undefined	Volumen	Undefined	Undefined
▶ Apoyos 1	Pedestales estribo 1	Volume	Undefined	Undefined	Undefined	Volumen	Undefined	Undefined
▶ Apoyos 2	Pedestales estribo 2	Volume	Undefined	Undefined	Undefined	Volumen	Undefined	Undefined
▶ Estribo	Estribos (2)							
▶ Estribo 1	Estribo 1 (1)	Volume	Undefined	Undefined	Undefined	Volumen	Undefined	Undefined
▶ Estribo 2	Estribo 2 (1) (1)	Volume	Undefined	Undefined	Undefined	Volumen	Undefined	Undefined
▼ Neoprenos	Neoprenos (12)							
▶ Neopreno ppel	Neopreno soporte (8)							
▶ Neopreno 1	Neopreno_principal (8)	Count	Undefined	Undefined	Undefined	Undefined	Undefined	Undefined
▶ Neopreno sec	Neopreno lateral (4)							
▶ Neopreno 2	Neopreno_lateral (4)	Count	Undefined	Undefined	Undefined	Undefined	Undefined	Undefined
▼ Refuerzo Estructural	Armadura estructural (480)							
▶ Acero	Barra de armadura (480)							
▶ V1	#4 - Forma V1 (44)	Linear	Longitud total de barra	Undefined	Undefined	Undefined	Undefined	Undefined
▶ V2	#4 - Forma V2 (16)	Linear	Longitud total de barra	Undefined	Undefined	Undefined	Undefined	Undefined
▶ V3	#4 - Forma V3 (52)	Linear	Longitud total de barra	Undefined	Undefined	Undefined	Undefined	Undefined
▶ V4	#4 - Forma V4 (80)	Linear	Longitud total de barra	Undefined	Undefined	Undefined	Undefined	Undefined
▶ V5	#4 - Forma V5 (24)	Linear	Longitud total de barra	Undefined	Undefined	Undefined	Undefined	Undefined
▶ V7	#4 - Forma V7 (240)	Linear	Longitud total de barra	Undefined	Undefined	Undefined	Undefined	Undefined
▶ V9	#4 - Forma V9 (24)	Linear	Longitud total de barra	Undefined	Undefined	Undefined	Undefined	Undefined
▶ Vigas	Armadura estructural (4)							
▶ Viga 20m	VIGA VARIABLE (4)							
▶ Viga 20m	Viga (4)	Volume	Undefined	Undefined	Undefined	Volumen	Undefined	Undefined

**Figura 3.29:** Ventana del TakeOff

**Fuente:** Elaboración propia

Para incorporar los precios se debe ingresar a las propiedades de cada elemento, en la pestaña de costos se ingresa el valor del análisis de costos para cada uno de los procedimientos (Materiales, Mano de obra y Equipos), y cuyo valor debe estar relacionado a la cuantificación respectiva.

Los precios asignados a cada elemento se relacionan en la siguiente tabla, que presenta los costos desglosados de cada uno de los análisis de precios unitarios (APU) requeridos con los nuevos metrados obtenidos del modelo de información.

**Tabla 3.5**  
Análisis de Precios unitarios por elemento

Análisis de Precios unitarios por elemento											
Elementos		Und	Metrado del Expediente	Metrado	CU S/.	Costo de Expediente	Costo utilizando BrIM	Diferencia en soles	Porcentaje		
Estribos	CONCRETO CLASE C (F'c = 280 KG/CM2) PREMEZCLADO C/BOMBA	m3	862.42	816.90	434.71	S/ 374,902.60	S/ 355,113.53	S/ 19,789.07	5.28%		
	CONCRETO CLASE D (F'c = 210 KG/CM2) PREMEZCLADO C/BOMBA	m3	2307.62	2185.81	385.73	S/ 890,118.26	S/ 843,133.77	S/ 46,984.50	5.28%		
	CONCRETO CLASE F (F'c: 140 KG/CM2) PREMEZCLADO C/BOMBA	m3	150.06	142.14	312.26	S/ 46,857.74	S/ 44,384.37	S/ 2,473.36	5.28%		
	ACERO DE REFUERZO FY:4200KG/CM2 COLOC GRUA	kg	68,727.69	65,985.51	5.35	S/ 367,693.14	S/ 353,022.48	S/ 14,670.66	3.99%		
Pilotes	CONCRETO CLASE C (F'c = 280 KG/CM2) PARA PILOTES	m3	350.70	329.87	478.94	S/ 167,964.26	S/ 157,987.94	S/ 9,976.32	5.94%		
	ACERO DE REFUERZO FY:4200KG/CM2 COLOC GRUA	kg	47,685.88	46,259.58	5.35	S/ 255,119.46	S/ 247,488.75	S/ 7,630.70	2.99%		
Vigas Arco	CONCRETO CLASE C (F'c = 280 KG/CM2) PREMEZCLADO C/BOMBA	m3	298.40	291.24	434.71	S/ 129,717.46	S/ 126,604.94	S/ 3,112.52	2.40%		
	ACERO DE REFUERZO FY:4200KG/CM2 COLOC GRUA	kg	80,663.73	77,685.24	5.35	S/ 431,550.96	S/ 415,616.03	S/ 15,934.92	3.69%		
Vigas Losas de concreto y veredas	CONCRETO CLASE C (F'c = 280 KG/CM2) PREMEZCLADO C/BOMBA	m3	360.06	359.84	434.71	S/ 156,521.68	S/ 156,426.05	S/ 95.64	0.06%		
	ACERO DE REFUERZO FY:4200KG/CM2 COLOC GRUA	kg	40,681.82	39,875.21	5.35	S/ 217,647.74	S/ 213,332.37	S/ 4,315.36	1.98%		
Losas de aproximación	CONCRETO CLASE C (F'c = 280 KG/CM2) PREMEZCLADO C/BOMBA	m3	15.18	15.11	434.71	S/ 6,598.90	S/ 6,568.47	S/ 30.43	0.46%		
	ACERO DE REFUERZO FY:4200KG/CM2	kg	1,586.28	1,497.24	5.35	S/ 8,486.60	S/ 8,010.23	S/ 476.36	5.61%		
<b>Total</b>						<b>S/ 3,053,178.79</b>	<b>S/ 2,927,688.93</b>	<b>S/ 125,489.85</b>	<b>4.11%</b>		

**Fuente:** Elaboración propia

Para finalizar en la ventana "Workbook", se visualiza el reporte final que relaciona la cuantificación de cada uno de los elementos presentes en el modelo con sus respectivos costos de construcción. En esta etapa se pueden realizar de ser necesario los ajustes directamente a los precios e ir controlando el presupuesto total de la construcción modelada.

El reporte puede ser exportado y ajustado a criterio del usuario en relación a la información que se desea presentar.

## CAPÍTULO IV

### PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 Contrastación de la hipótesis

##### 4.1.1 Hipótesis general

Hipótesis Alternativa (Ha):

La Implementación de la metodología BRIM **influye favorablemente** en la construcción del puente El Tingo y accesos – San Juan - Cajamarca - Cajamarca.

Hipótesis Nula (Ho):

La implementación de la metodología BRIM **no influye** en la construcción del puente el Tingo y accesos – San Juan - Cajamarca - Cajamarca.

##### 4.1.2 Hipótesis secundarias:

Hipótesis Alternativa 1 (Ha):

La implementación de la metodología BRIM **influye positivamente** en la visualización del proyecto construcción del Puente el Tingo y accesos – San Juan - Cajamarca - Cajamarca.

Hipótesis Nula 1 (Ho):

La implementación de la metodología BRIM **no influye** en la visualización del proyecto construcción del Puente el Tingo y accesos – San Juan - Cajamarca - Cajamarca.

Hipótesis Alternativa 2 (Ha):

La implementación de la metodología BRIM incide en la planificación y control de la construcción del Puente el Tingo y accesos – San Juan - Cajamarca - Cajamarca.

Hipótesis Nula 2 (Ho):

La implementación de la metodología BRIM no incide en la planificación y control de la construcción del Puente el Tingo y accesos – San Juan - Cajamarca - Cajamarca.

Hipótesis Alterna 3 (Ha):

La implementación de la metodología BRIM reduce el costo de la construcción del Puente el Tingo y accesos – San Juan - Cajamarca - Cajamarca.

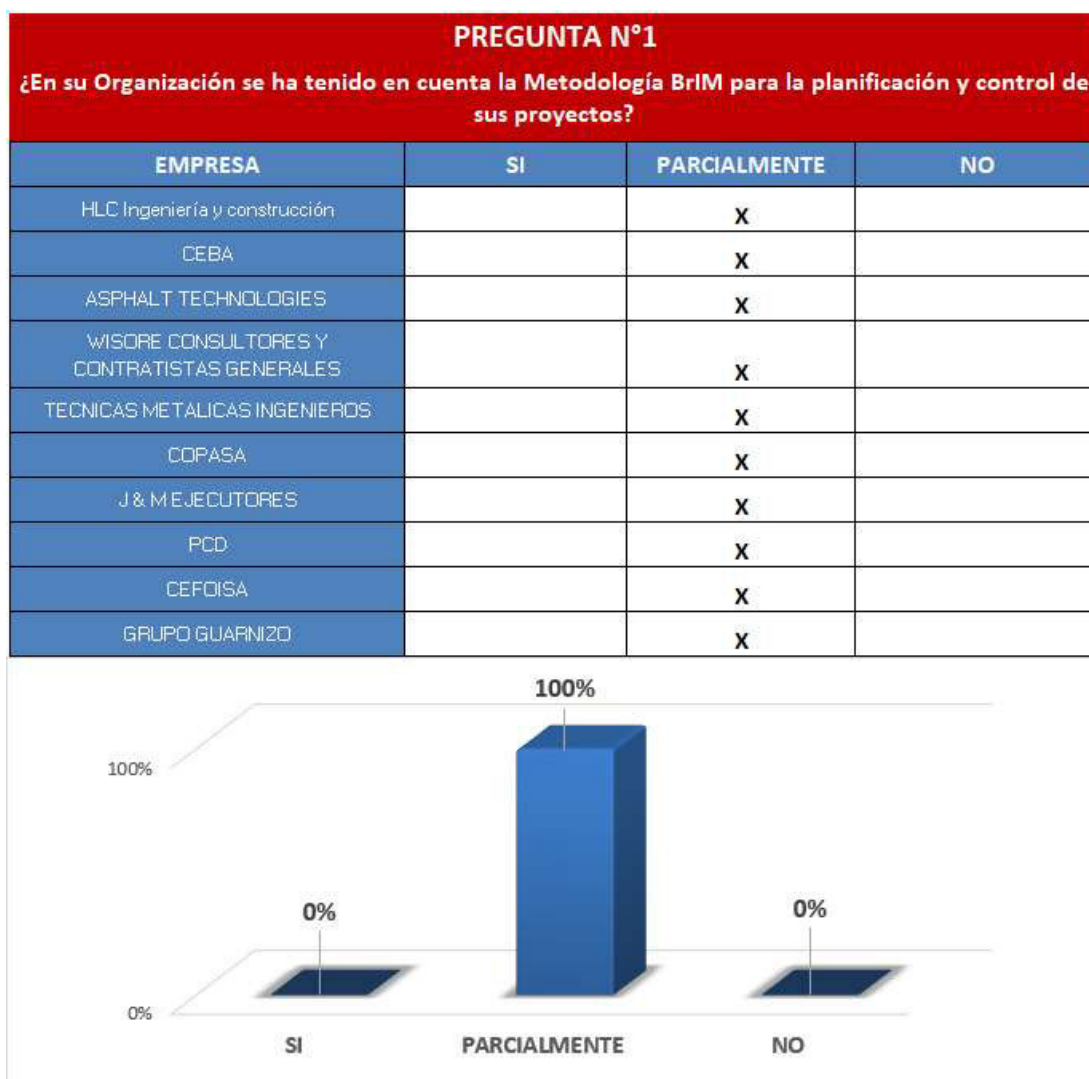
Hipótesis Nula 3 (Ho):

La implementación de la metodología BRIM no reduce el costo de la construcción del Puente el Tingo y accesos – San Juan - Cajamarca - Cajamarca.

#### **4.2 Análisis e interpretación de la investigación**

Se presenta a continuación los resultados obtenidos y su correspondiente interpretación de los cuestionarios aplicados a los jefes de proyecto de las empresas encuestadas, durante el periodo de 18 al 22 de setiembre de 2017.

Para llevar a cabo un análisis de forma más clara se creó un archivo en Microsoft Excel, en donde se realizó el vaciado de todos los datos obtenidos para posteriormente ser analizados por medio de tablas y gráficos, el tamaño de la muestra es de 10 empresas de los cuales todas pertenecen a la mediana empresa y cuentan con más de 10 años de experiencia en la construcción de puentes en el Perú, las encuestas fueron enfocadas a identificar el nivel de conocimiento de la metodología BrIM de las empresas dedicadas a la construcción de puentes en el Perú.



**Figura 4.1:** Análisis de la pregunta N°1

**Fuente:** Elaboración propia

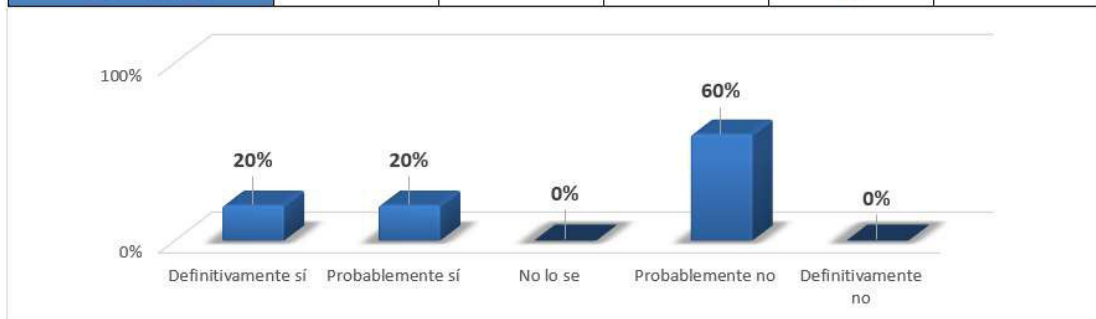
**Interpretación:**

El 100 por ciento de las empresas encuestadas dijeron que utilizan la metodología BrIM parcialmente para casos particulares donde el uso de esta metodología les es útil para poder resolver problemas puntuales donde por su facilidad de visualización y el fácil análisis de todos los componentes del proyecto les permite optimizar tiempos y recursos al momento de la ejecución de una parte específica del proyecto, a su vez se puede observar que las empresas de una u otra manera reconocen las bondades de esta metodología.

## PREGUNTA N°2

**¿El personal técnico de planificación y control de proyectos de su organización tiene conocimientos y experiencia en modelos de información con trabajo colaborativo?**

EMPRESA	Definitivamente sí	Probablemente sí	No lo se	Probablemente no	Definitivamente no
HLC Ingeniería y construcción	<b>X</b>				
CEBA		<b>X</b>			
ASPHALT TECHNOLOGIES		<b>X</b>			
WISORE CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES TÉCNICAS METÁLICAS INGENIEROS	<b>X</b>			<b>X</b>	
COPASA				<b>X</b>	
J & M EJECUTORES				<b>X</b>	
PCD				<b>X</b>	
CEFOISA				<b>X</b>	
GRUPO GUARNIZO				<b>X</b>	



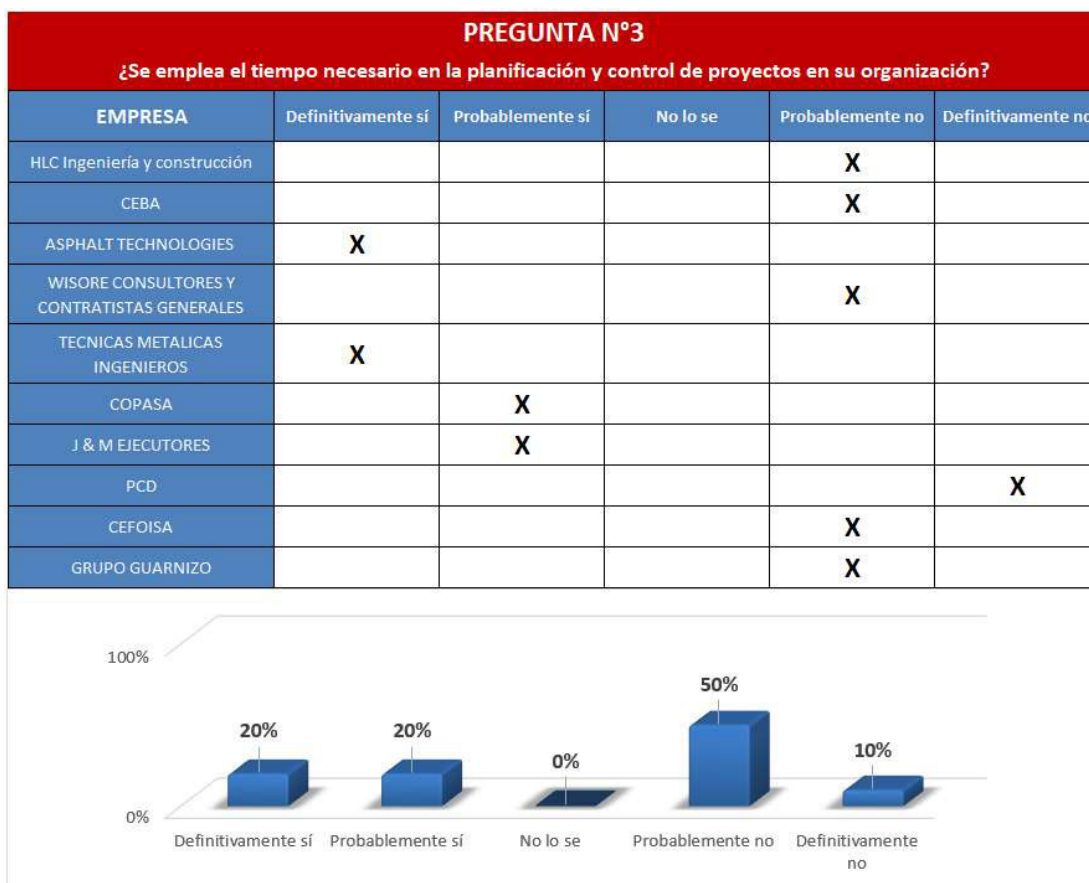
**Figura 4.2:** Análisis de la pregunta N°2

**Fuente:** Elaboración propia

### Interpretación:

En las empresas encuestadas se encontró que el 60% de las empresas encuestadas piensa que el personal técnico de planificación y control probablemente no cuentan con experiencia en modelos de información con trabajo colaborativo esto se debe al uso de herramientas informáticas que no están enlazadas entre ellas o se comunican mediante enlaces fríos es decir cuando existen cambios en alguna parte del proyecto estos no se ven reflejados en todas las componentes de este como son los costos y la planificación, a su vez el 20% de las empresas encuestadas piensan que probablemente sí y definitivamente si trabajan con modelos de información con trabajos colaborativos.





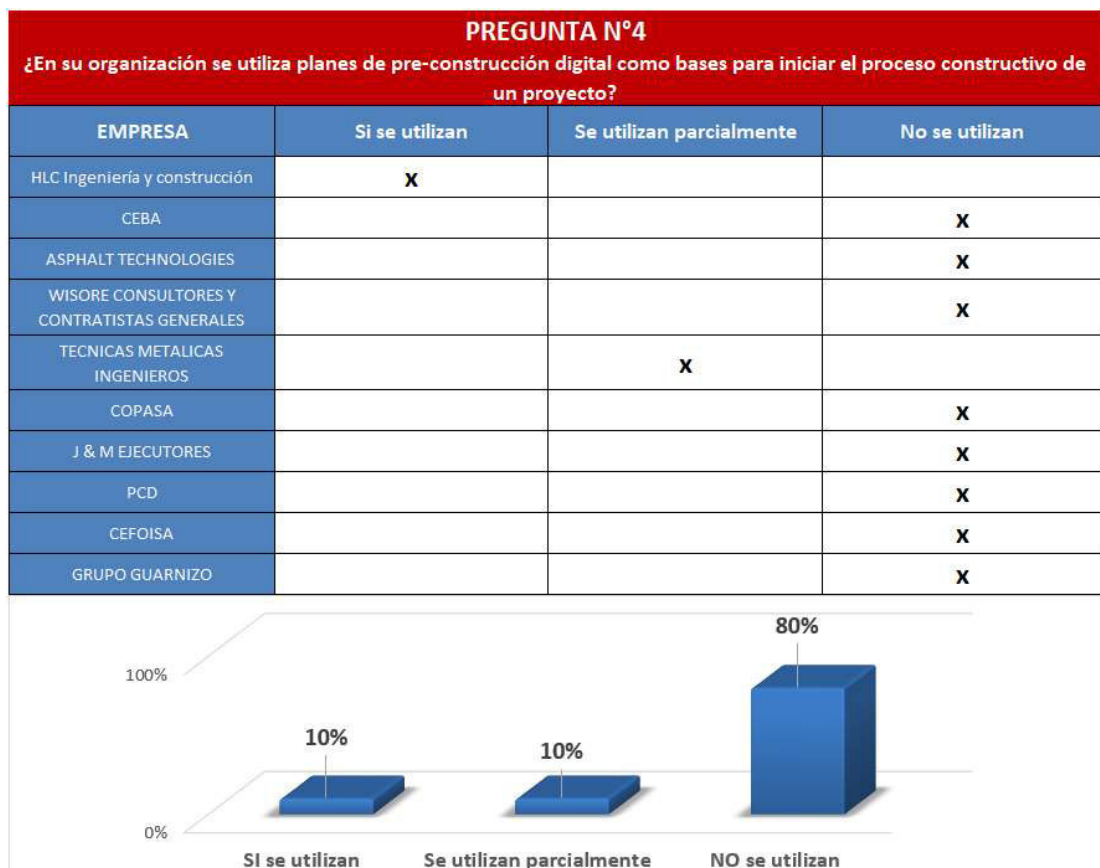
**Figura 4.3:** Análisis de la pregunta N°3

**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación:**

Del total de las empresas encuestadas el 50% cree que probablemente no se emplee el tiempo necesario para la planificación y control de proyectos esto debido a los cortos plazos que nos dan el sistema Licitación/ construcción en donde para las empresas prima la revisión del expediente por posibles fallas en el diseño del proyecto y le restan importancia a la planificación del mismo, a su vez el 20% y 20% de las empresas manifestaron que definitivamente si y probablemente si respectivamente utilizan el tiempo necesario para la planificación y control de sus proyectos, mientras que el 10% piensa que definitivamente no se emplea el tiempo suficiente para la planificación y control en su organización.



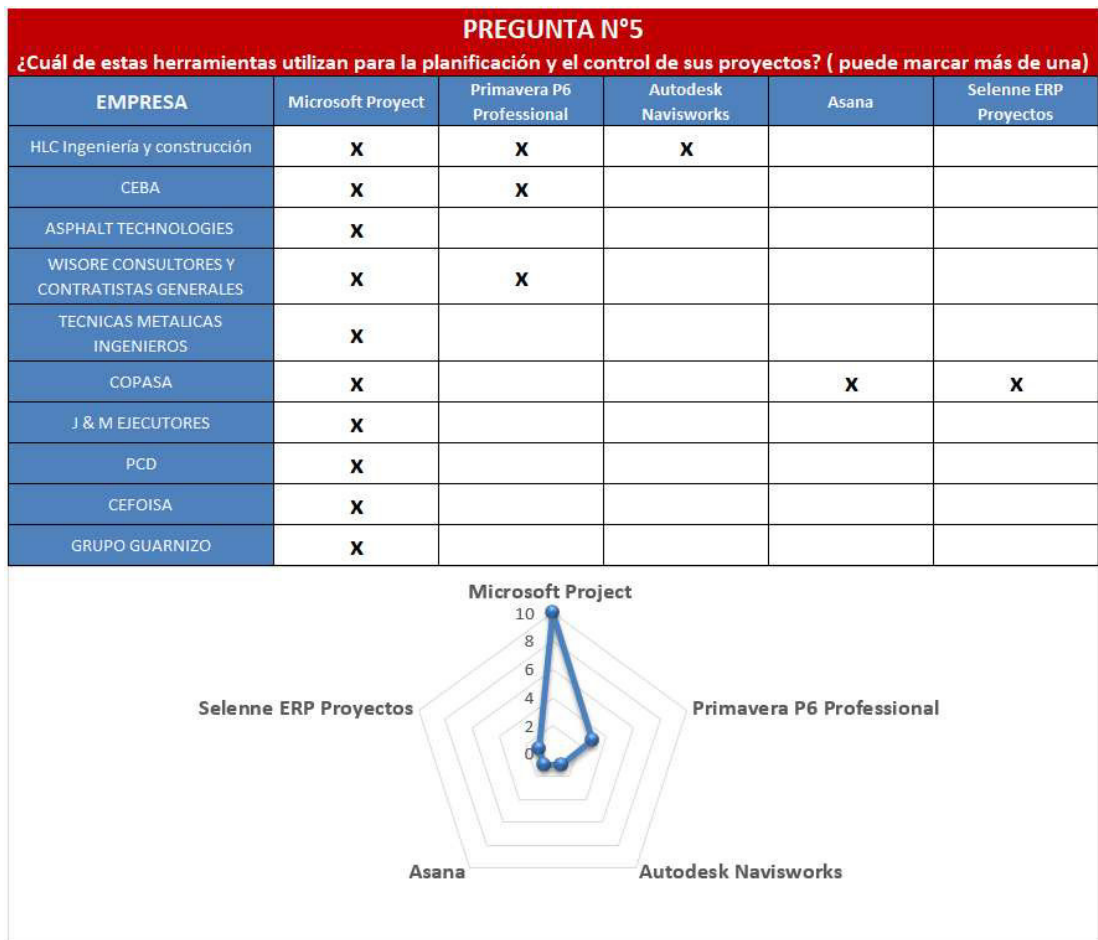


**Figura 4.4:** Análisis de la pregunta N°4

**Fuente:** Elaboración propia

### Interpretación

En las empresas encuestadas se encontró que el 80% piensa que no se utiliza planes de pre construcción digital mientras que el 10% piensa que se si se utilizan y/o se utilizan parcialmente en sus proyectos, se puede observar que la gran mayoría de empresas encuestadas no utilizan planes de pre construcción mientras que una pequeña parte piensa que si se utiliza o se utiliza parcialmente esto debido a que algunas partes del proyecto vienen con una pre – construcción digital desde la etapa de diseño.

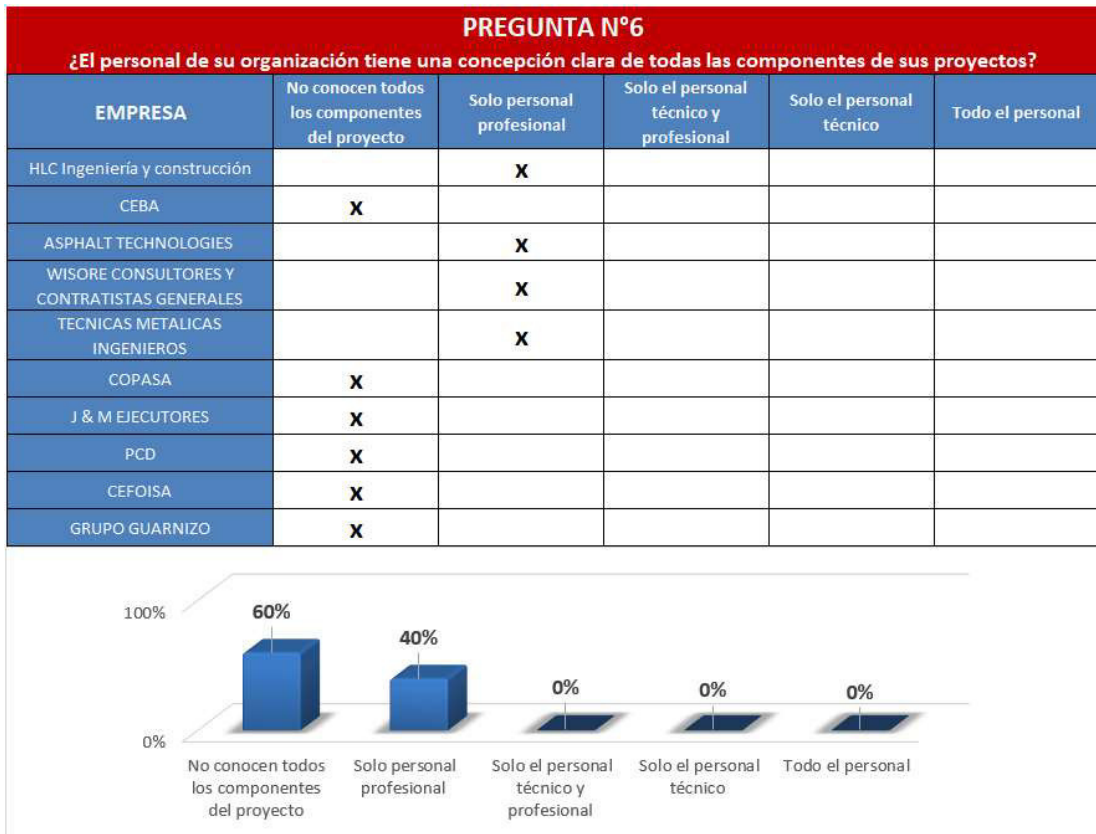


**Figura 4.5:** Análisis de la pregunta N°5

**Fuente:** Elaboración propia

### Interpretación

En el mapa perceptual que se muestra podemos visualizar que la mayor puntuación la tiene el programa Microsoft Project por su amplio uso en el mercado mientras que programas como el navisworks son utilizados en raras ocasiones en el sector, los programas Asana y Selenne ERP Proyectos fueron tomados en cuenta por ser de uso de empresas extranjeras ubicadas en el país dado que estos son de amplio uso en su país de origen.



**Figura 4.6:** Análisis de la pregunta N°6

**Fuente:** Elaboración propia

### Interpretación

En las empresas encuestadas se encontró que el 60% piensa que el personal de su organización no conoce todas las componentes de sus proyectos esto debido a la focalización de sus especialidades, mientras que el 40% de las empresas encuestadas piensa que solo el personal profesional calificado posee una concepción clara de todas las componentes de sus proyectos.

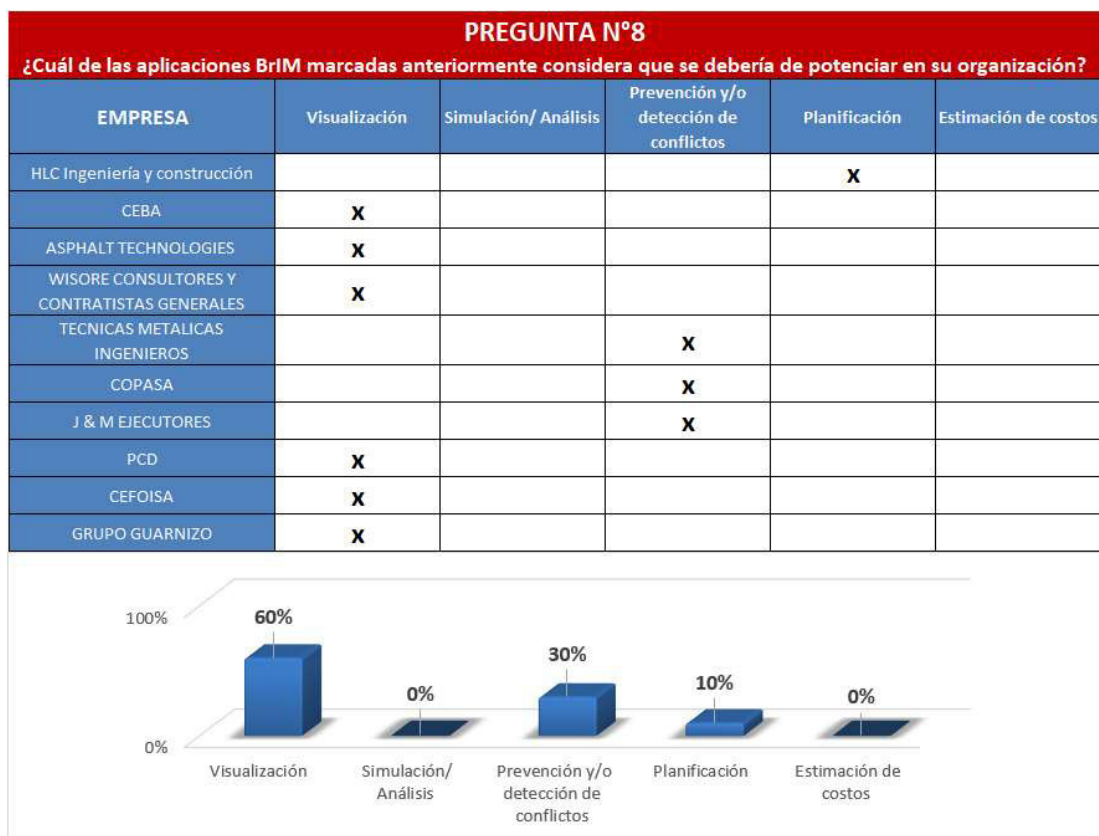


**Figura 4.7:** Análisis de la pregunta N°7

**Fuente:** Elaboración propia

### Interpretación

En el mapa perceptual que se muestra podemos ver que la mayor puntuación la obtuvo la facilidad de visualización esto nos dice que las empresas piensan que la mayor bondad de la metodología BrIM es la facilidad de visualizar el proyecto en todas sus componentes, a su vez otra característica que obtuvo buena puntuación es la prevención y detección de conflictos, podemos ver también las empresas encuestadas no creen que la estimación de costos sea un aspecto importante de esta metodología.

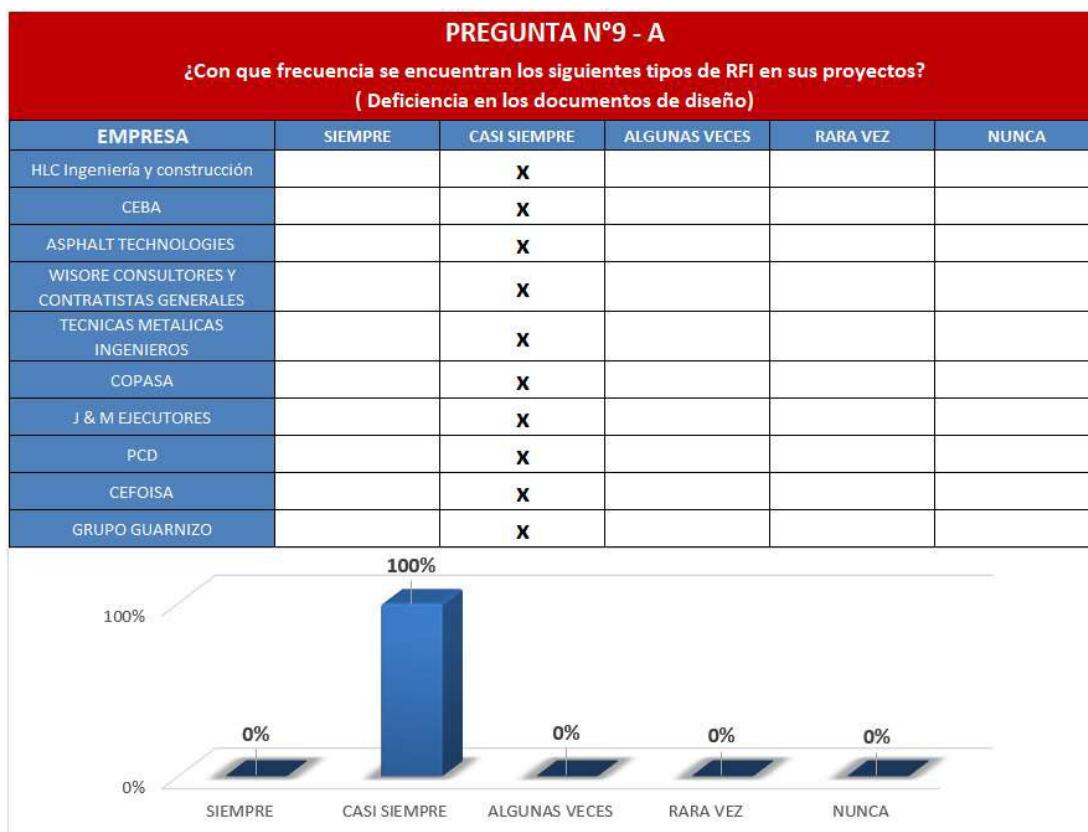


**Figura 4.8:** Análisis de la pregunta N°8

**Fuente:** Elaboración propia

### Interpretación

En las empresas encuestadas se encontró que el 60% piensa que el facilidad de visualización es una aplicación de la metodología Brim que se debiera de potenciar en su organización, mientras que el 30% por ciento de las empresas encuestadas piensa que la prevención y/o detección de conflictos es una característica que se debería de potenciar en su organización, cabe resaltar que todas las empresas encuestadas piensan que la simulación/ análisis y la estimación de costos no son aplicaciones de la metodología BrIM que debieran de potenciar en sus organizaciones.

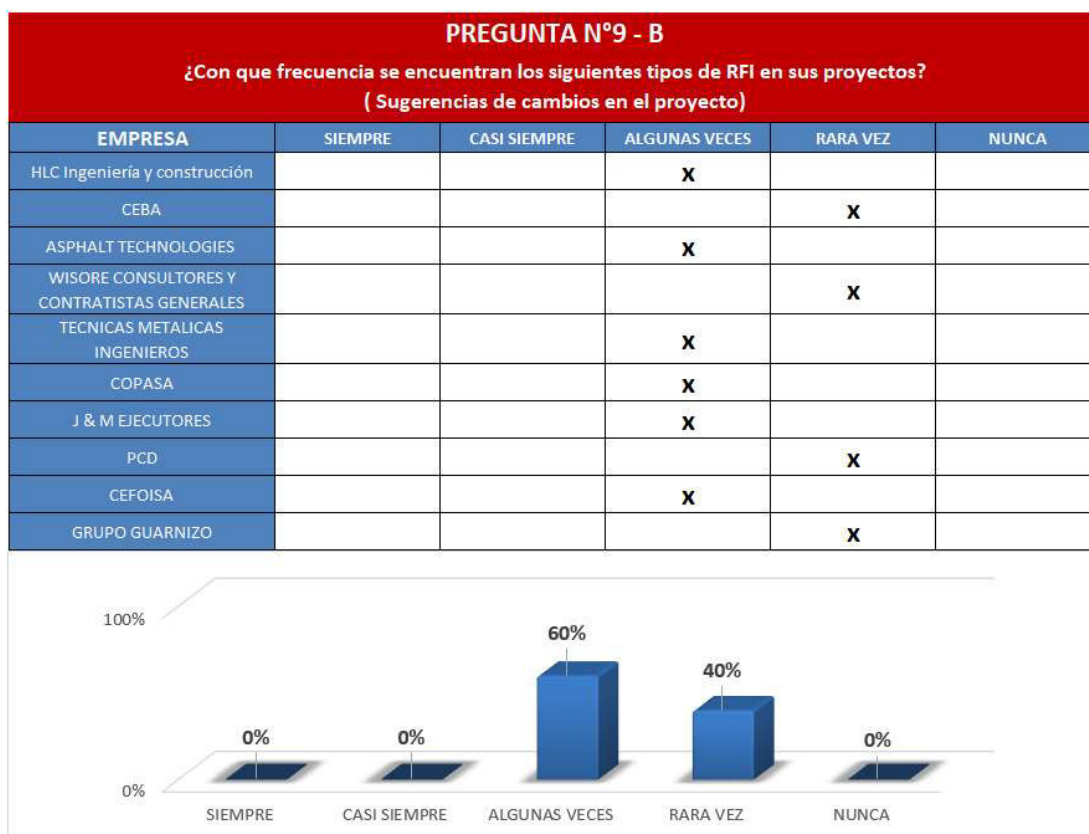


**Figura 4.9:** Análisis de la pregunta N°9-A

**Fuente:** Elaboración propia

### Interpretación

El 100% de las empresas encuestadas nos manifestaron que casi siempre se encuentran diferencias en los documentos de diseño en los proyectos en los que han participado.

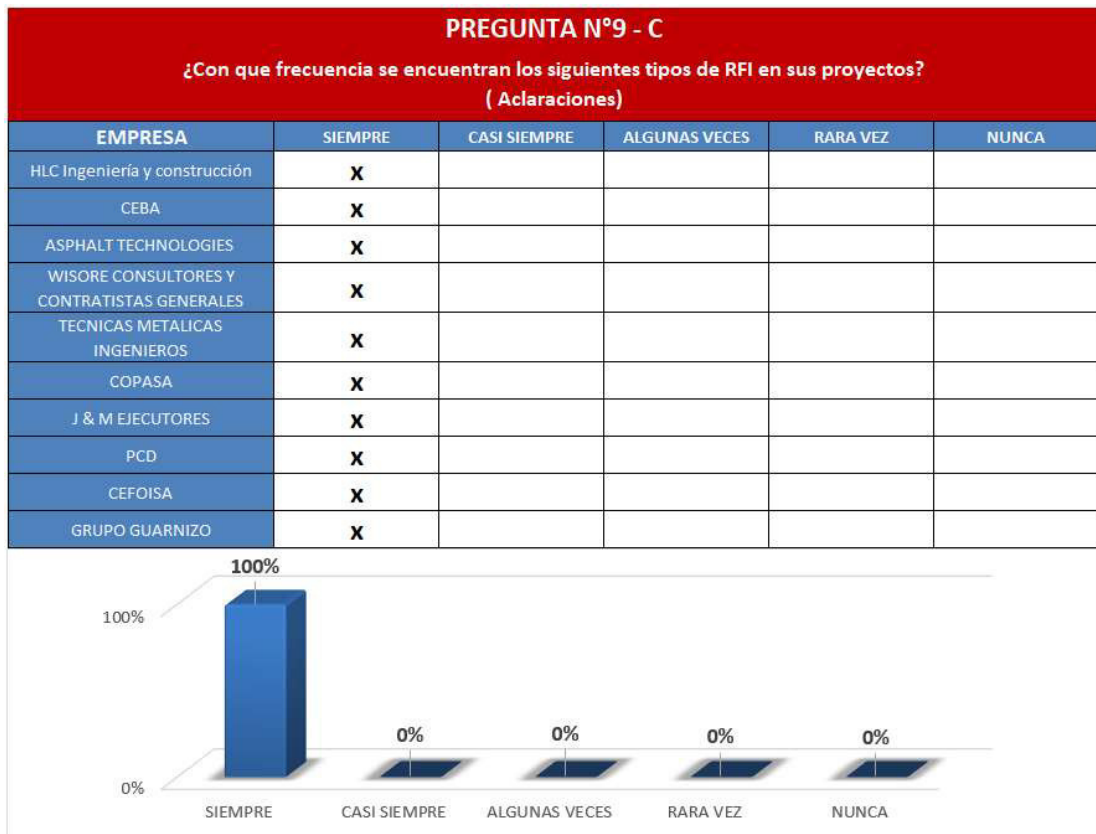


**Figura 4.10:** Análisis de la pregunta N°9-B

**Fuente:** Elaboración propia

### Interpretación

En las empresas encuestadas se encontró que el 60% piensa que algunas veces surgen RFI con sugerencias de cambios en los proyectos de sus organizaciones, mientras que el 40% de empresas encuestadas piensa que rara vez surgen RFI con sugerencias de cambios en los proyectos.



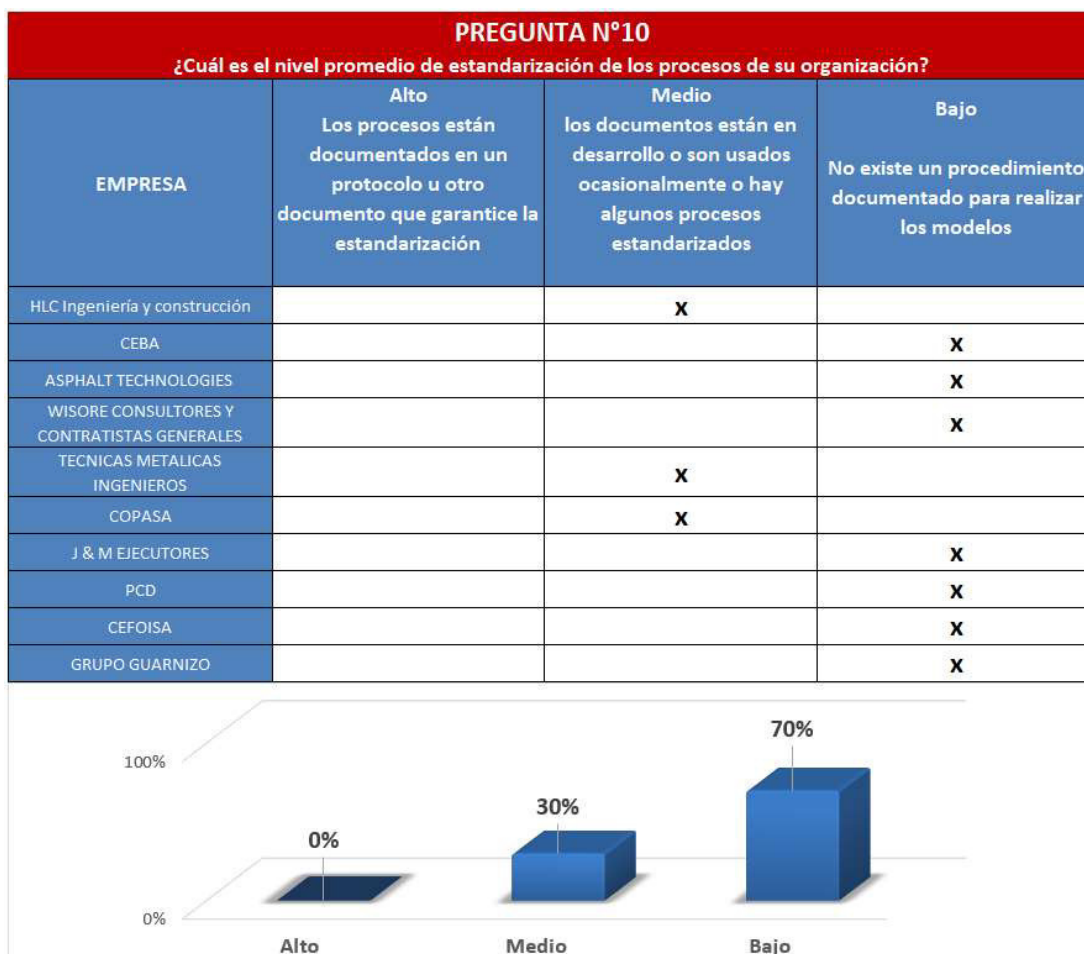
**Figura 4.11:** Análisis de la pregunta N°9-C

**Fuente:** Elaboración propia

### Interpretación

El 100% de las empresas encuestadas nos manifestaron que siempre se encuentran RFI solicitando aclaraciones en los proyectos donde las empresas encuestadas han participado.



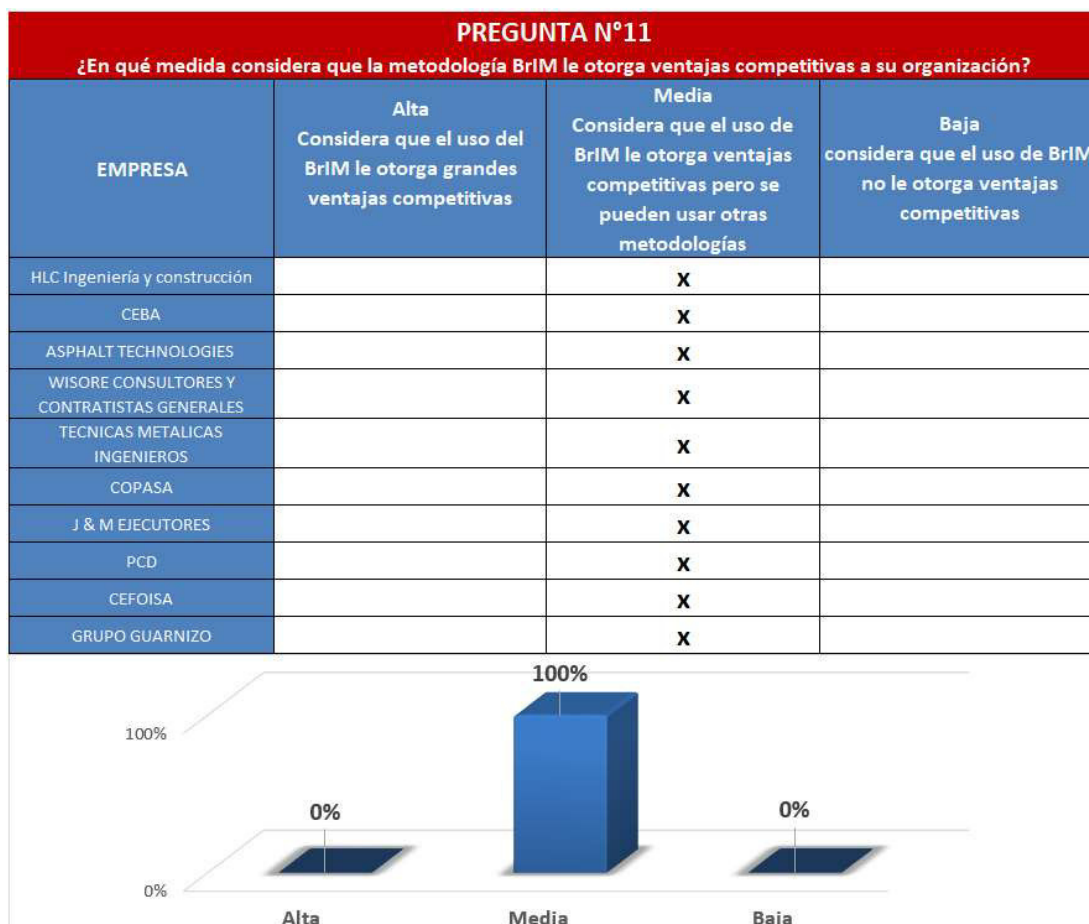


**Figura 4.12:** Análisis de la pregunta N°10

**Fuente:** Elaboración propia

### Interpretación

En las empresas encuestadas se encontró que el 70% piensa que el nivel promedio de estandarización de los procesos de su organización es bajo mientras que el 30% de las empresas encuestadas piensa que su nivel de estandarización es medio debido a que solo algunos procesos se encuentran estandarizados.

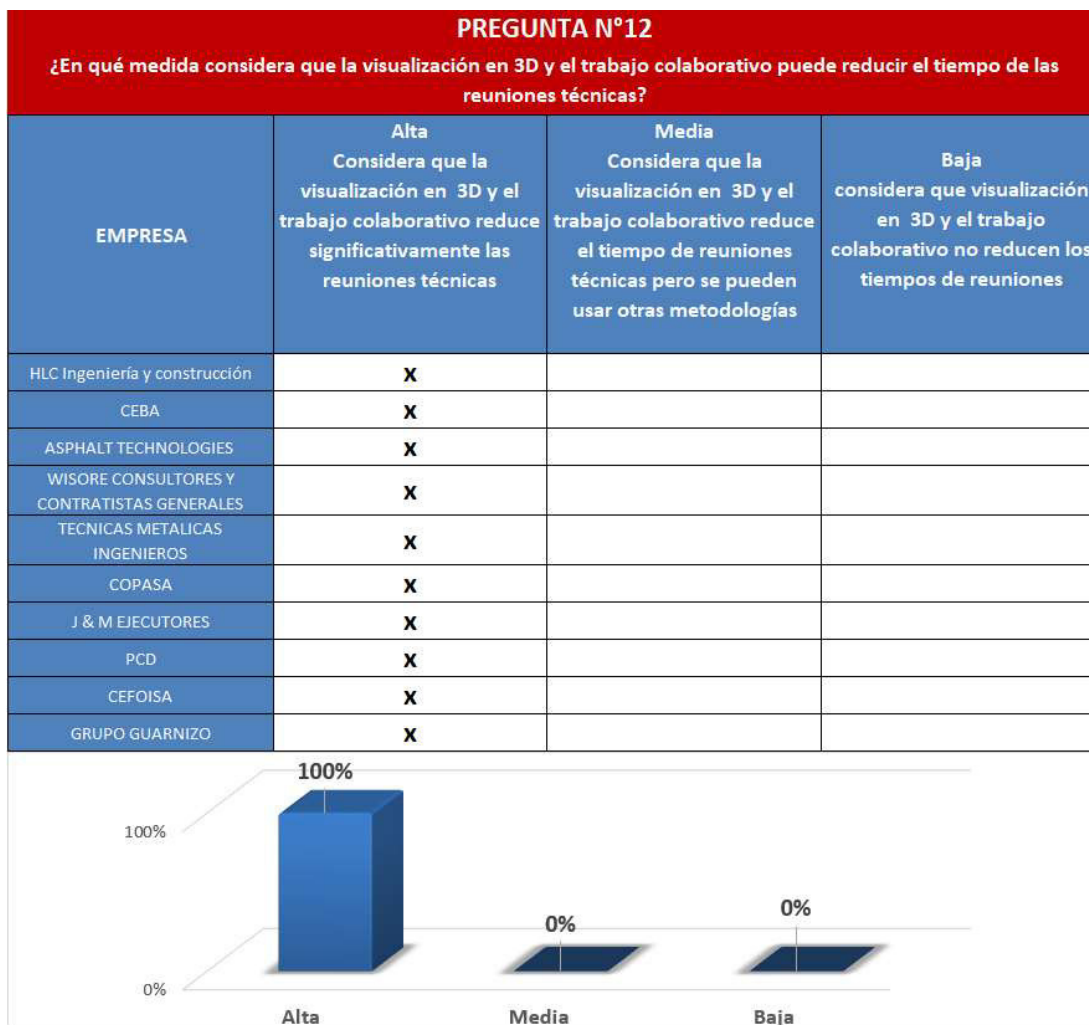


**Figura 4.13:** Análisis de la pregunta N°11

**Fuente:** Elaboración propia

### Interpretación

El 100% de las empresas encuestadas nos manifestaron que el uso de la metodología BrIM le otorga ventajas competitivas a su organización de manera media esto debido a que existen otras metodologías a en el mercado.

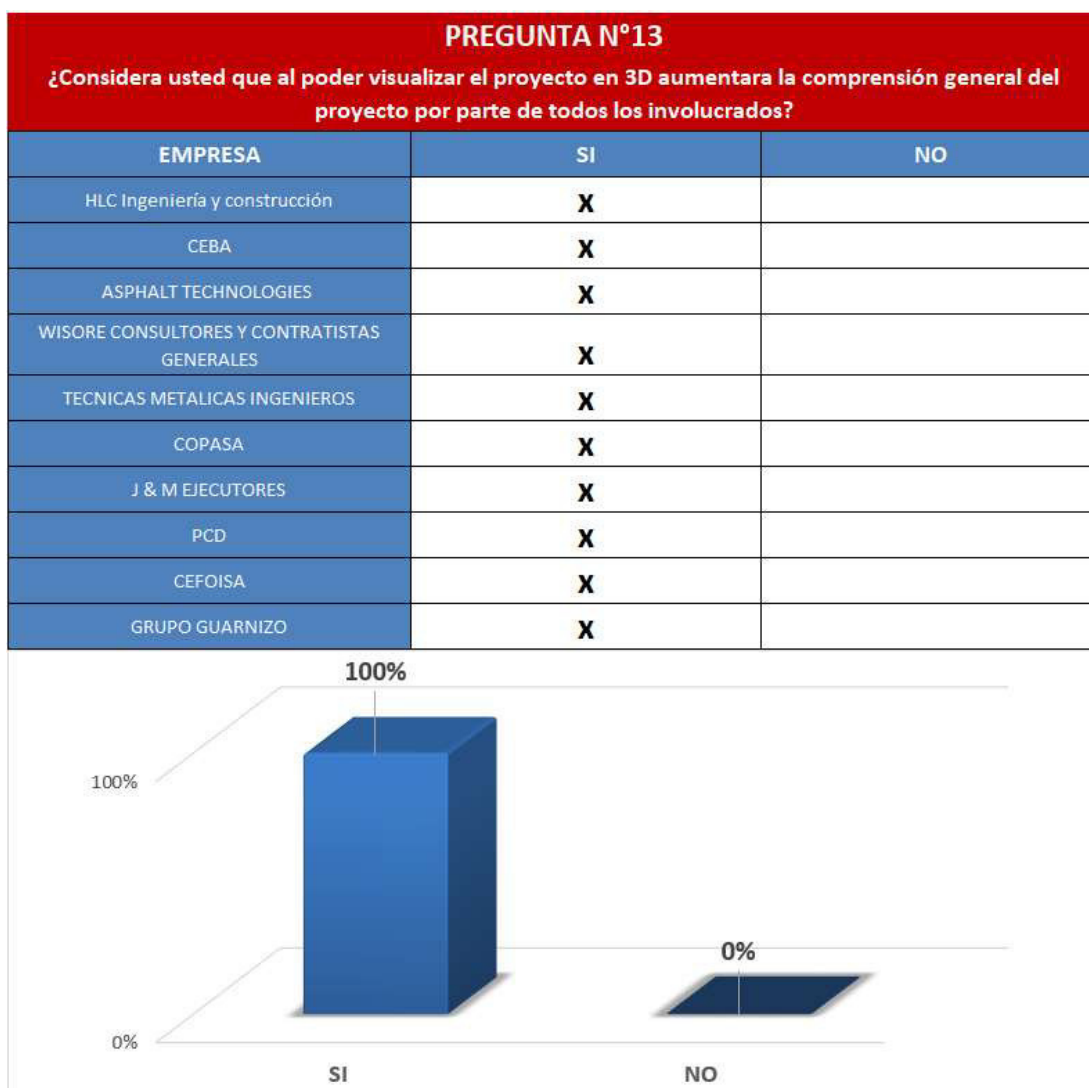


**Figura 4.14:** Análisis de la pregunta N°12

**Fuente:** Elaboración propia

### Interpretación

El 100% de las empresas encuestadas nos manifestaron que la visualización en 3D y el trabajo colaborativo reduce significativamente las reuniones técnicas.

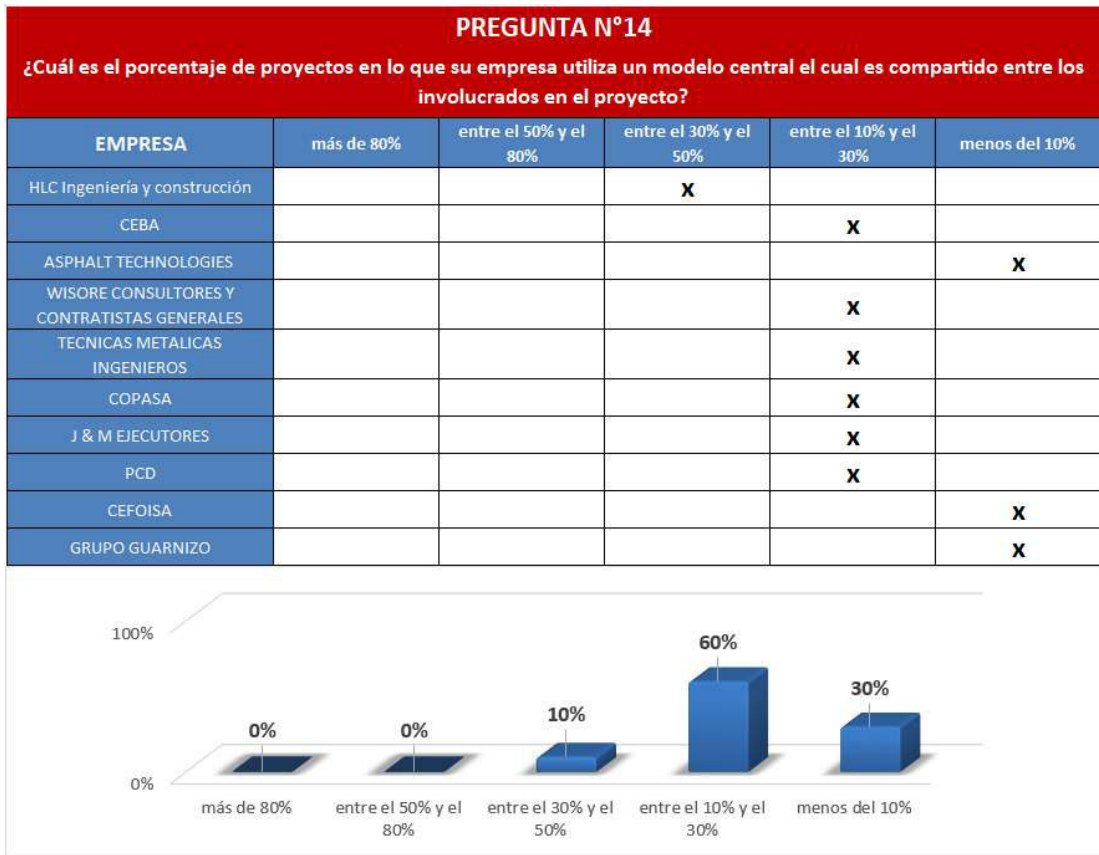


**Figura 4.15:** Análisis de la pregunta N°13

**Fuente:** Elaboración propia

### Interpretación

El 100% de las empresas encuestadas nos manifestaron que al poder visualizar el proyecto en 3D aumentara la comprensión general del proyecto por parte de todos los involucrados.

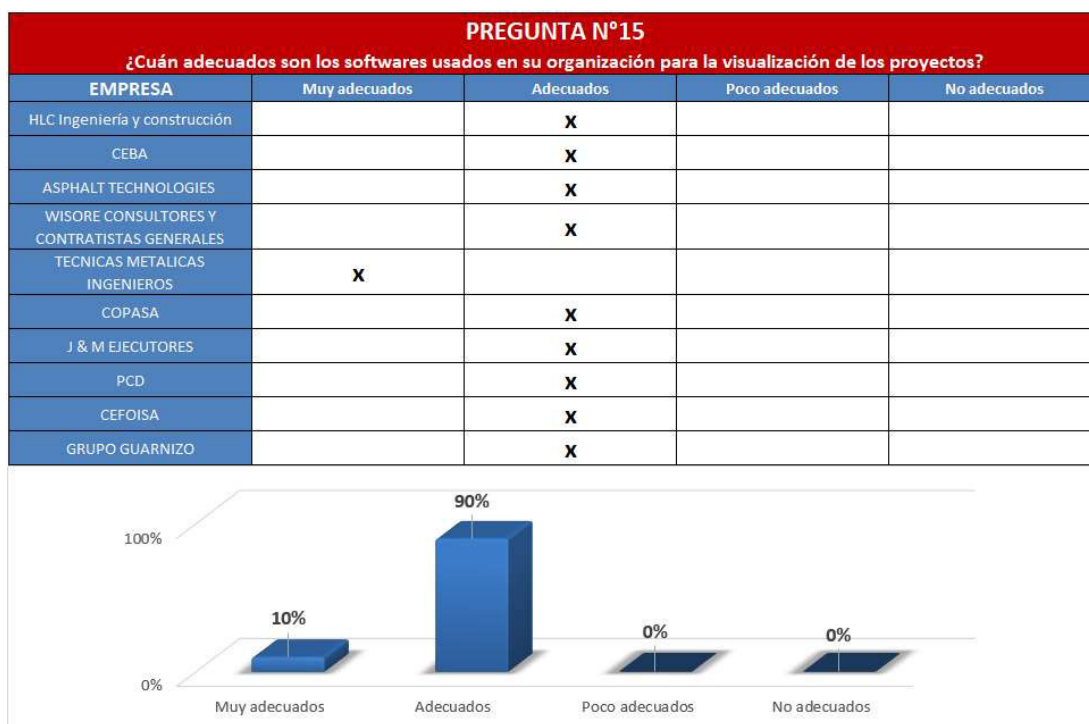


**Figura 4.16:** Análisis de la pregunta N°14

**Fuente:** Elaboración propia

### Interpretación

En las empresas encuestadas se encontró que el 60% piensa que el porcentaje de proyectos en los que se utiliza un modelo central el cual es compartido entre los involucrados en el proyecto es entre el 10% y el 30% del total de sus proyectos, mientras que el 30% piensa que menos del 10% utilizan un modelo central de información.



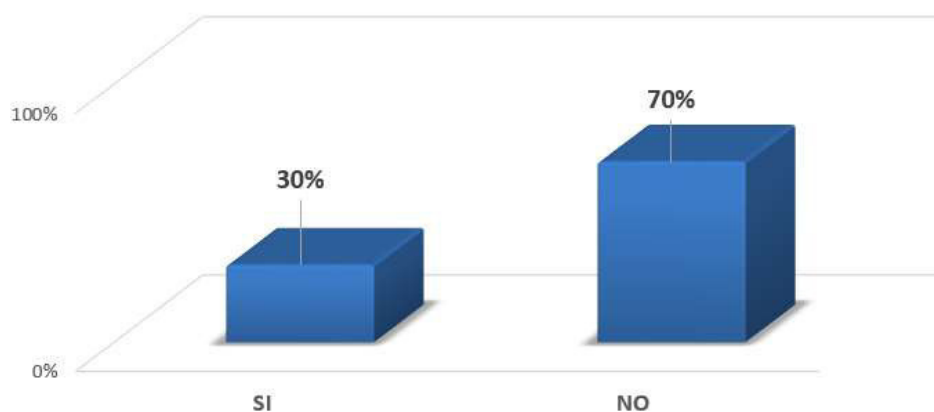
**Figura 4.17:** Análisis de la pregunta N°15

**Fuente:** Elaboración propia

### Interpretación

En las empresas encuestadas se encontró que el 90% piensa que los softwares usados en sus organizaciones para la visualización de sus proyectos son adecuados, mientras que el 10% piensa que son muy adecuados.

PREGUNTA N°16		
¿En su organización se encuentra integrada la gestión de costos con la planificación del proyecto?		
EMPRESA	SI	NO
HLC Ingeniería y construcción	X	
CEBA		X
ASPHALT TECHNOLOGIES		X
WISORE CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES	X	
TECNICAS METALICAS INGENIEROS	X	
COPASA		X
J & M EJECUTORES		X
PCD		X
CEFOISA		X
GRUPO GUARNIZO		X

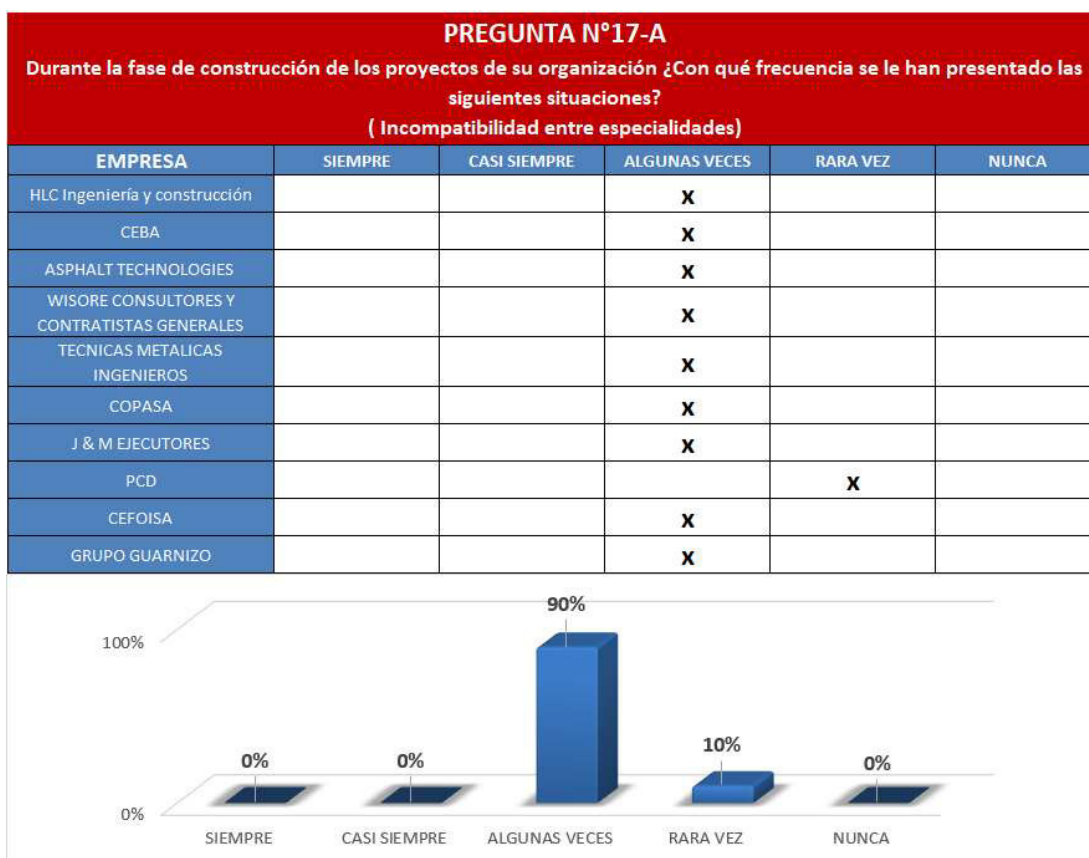


**Figura 4.18:** Análisis de la pregunta N°16

**Fuente:** Elaboración propia

### Interpretación

En las empresas encuestadas se encontró que el 70% piensa que la gestión de costos no se encuentra integrada con la planificación del proyecto, mientras que el 30% piensa que si se encuentra integrada.



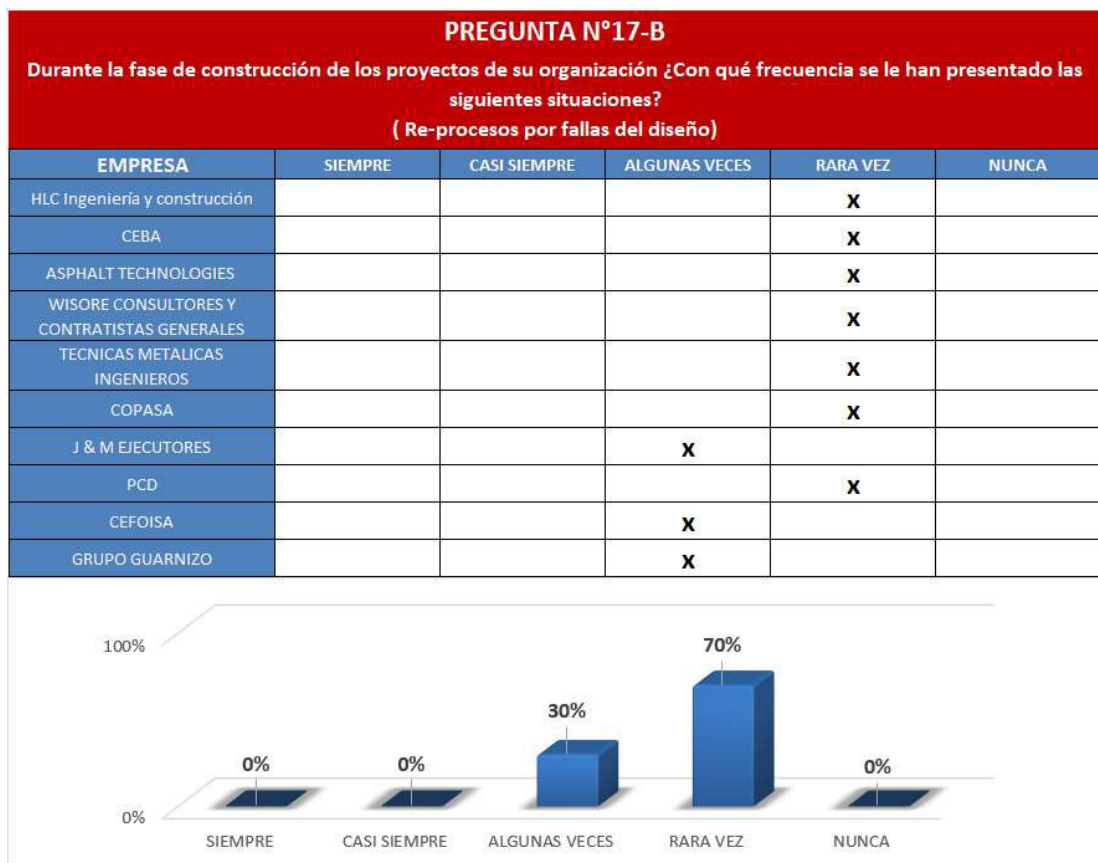
**Figura 4.19:** Análisis de la pregunta N°17- A

**Fuente:** Elaboración propia

### Interpretación

En las empresas encuestadas se encontró que el 90% piensa que algunas veces se presentan casos de incompatibilidades entre especialidades mientras que el 10% piensa que rara vez se presentan.



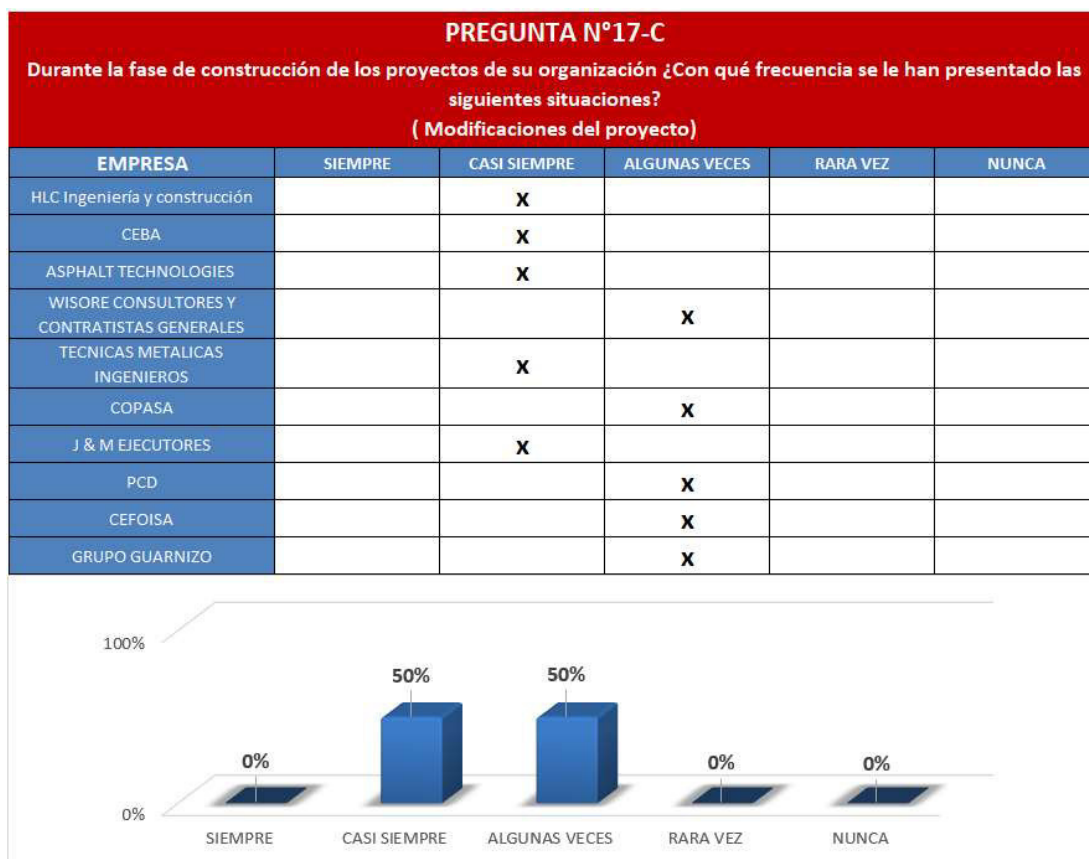


**Figura 4.20:** Análisis de la pregunta N°17- B

**Fuente:** Elaboración propia

### Interpretación

Del total de empresas encuestadas el 70% cree que rara vez se dan los reprocesos por fallas de diseño, mientras que el 30% de los entrevistados cree que algunas veces se presentan re - procesos por fallas de diseño.

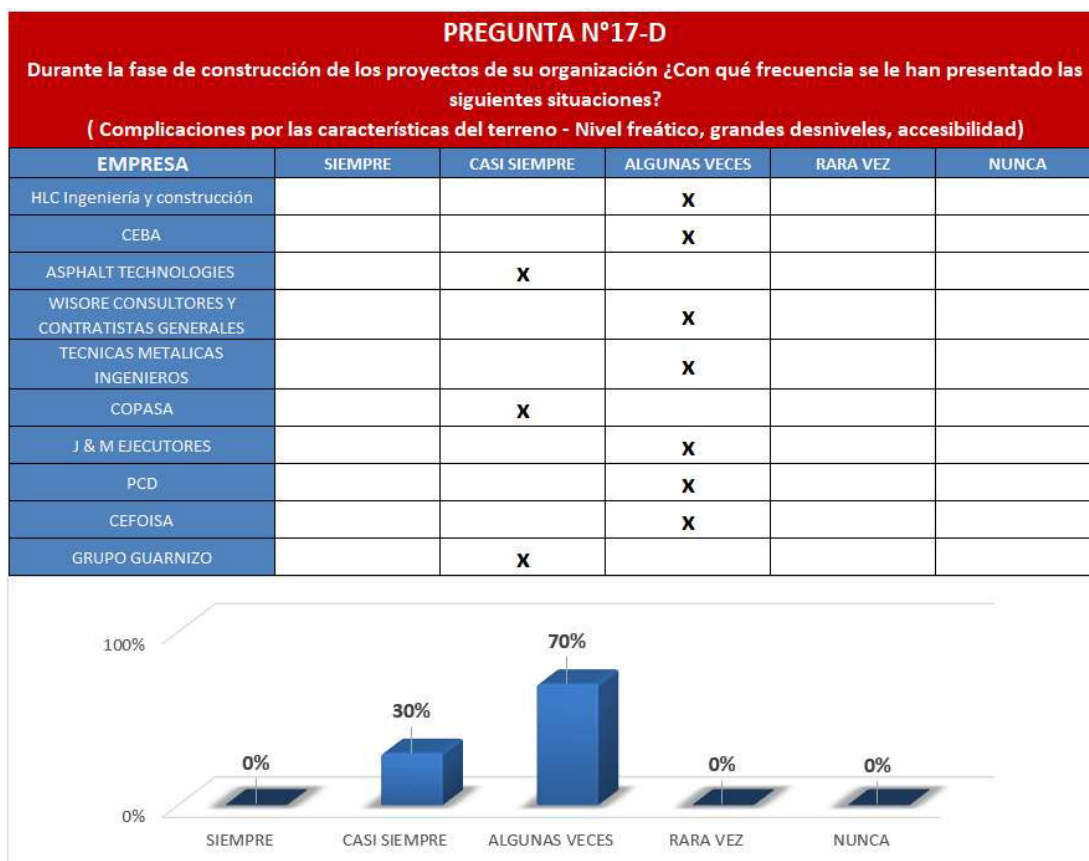


**Figura 4.21:** Análisis de la pregunta N°17- C

**Fuente:** Elaboración propia

### Interpretación

El 50% de los casos encuestados nos manifestaron que casi siempre el proyecto se modificó de alguna manera con respecto al diseño original, así mismo el 50% nos manifestó que algunas veces se presentan modificaciones en el proyecto.

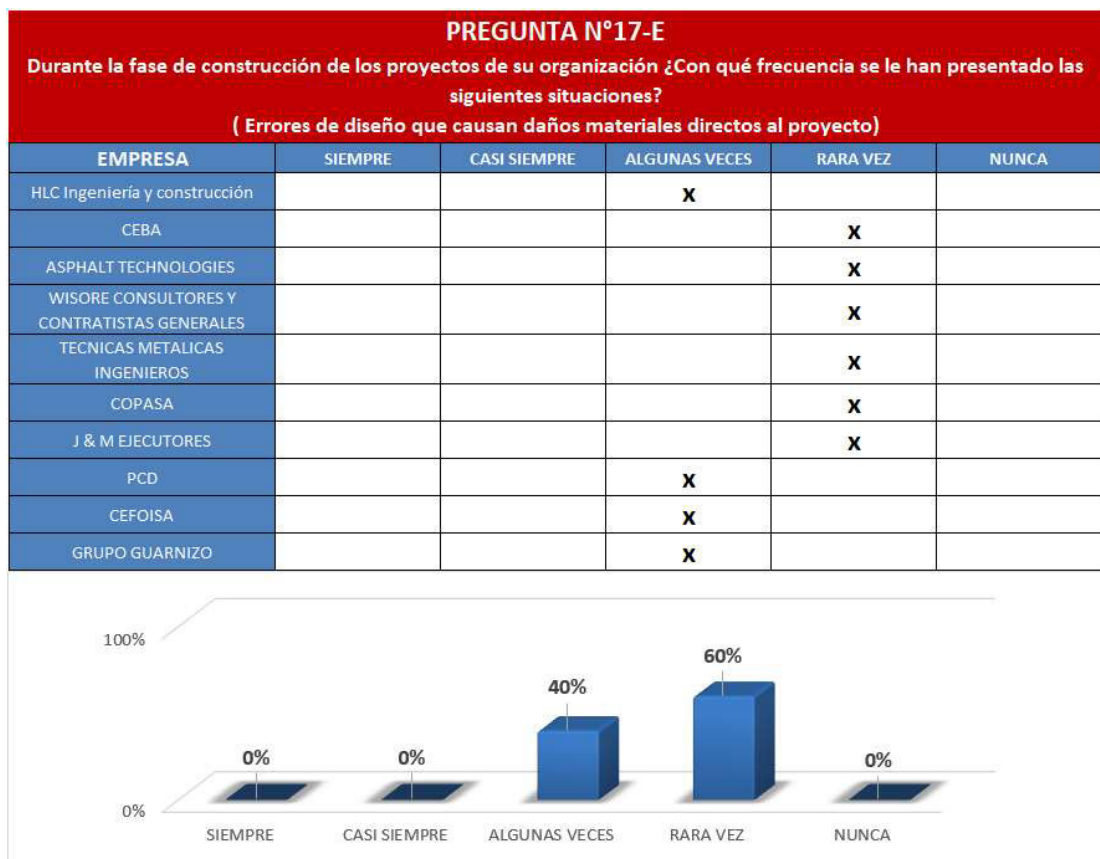


**Figura 4.22:** Análisis de la pregunta N°17- D

**Fuente:** Elaboración propia

### Interpretación

El 70% de los casos encuestados nos manifestaron que algunas veces sus proyectos tuvieron complicaciones por las características del terreno que no se habían contemplado en el diseño, mientras que el 30% manifestaron que casi siempre surgieron complicaciones por las características del terreno.

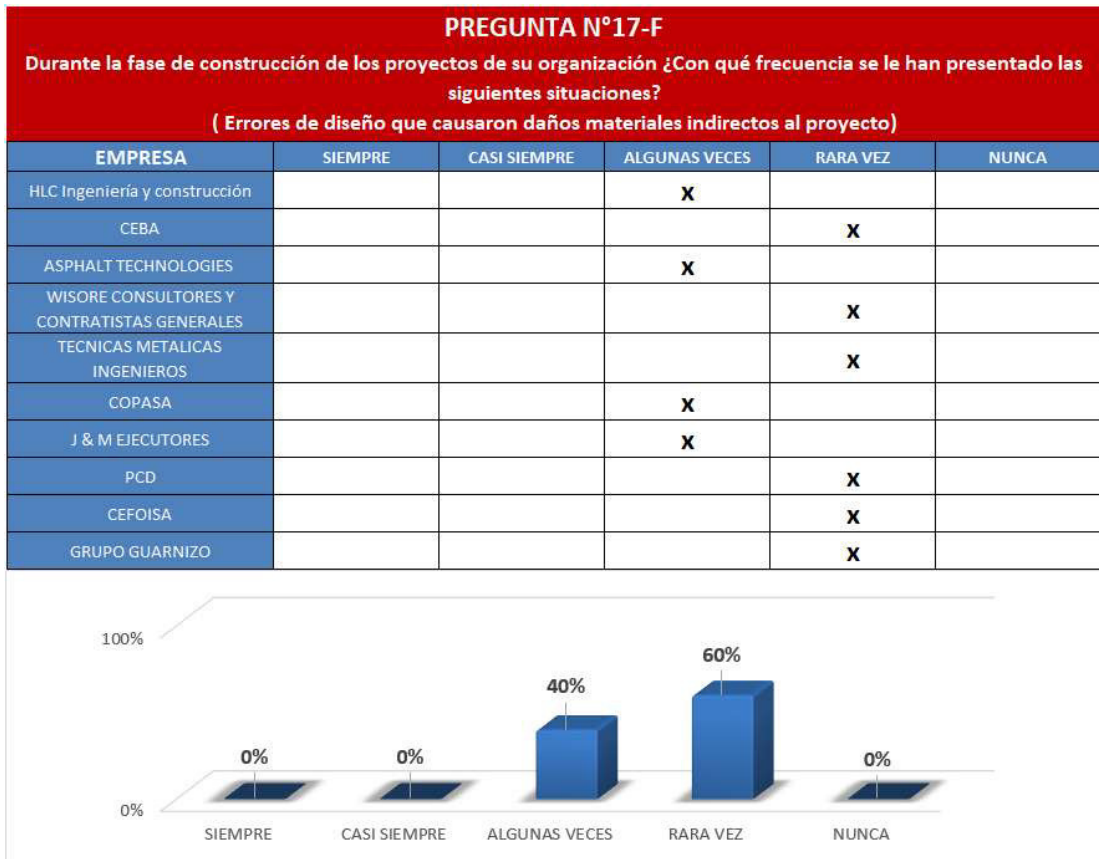


**Figura 4.23:** Análisis de la pregunta N°17- E

**Fuente:** Elaboración propia

### Interpretación

Del total de los casos de estudios el 60% cree que rara vez los errores de diseño causan daños materiales directos al proyecto mientras que el 40% de los entrevistados cree que algunas veces los errores de diseño causan daños materiales directos al proyecto.

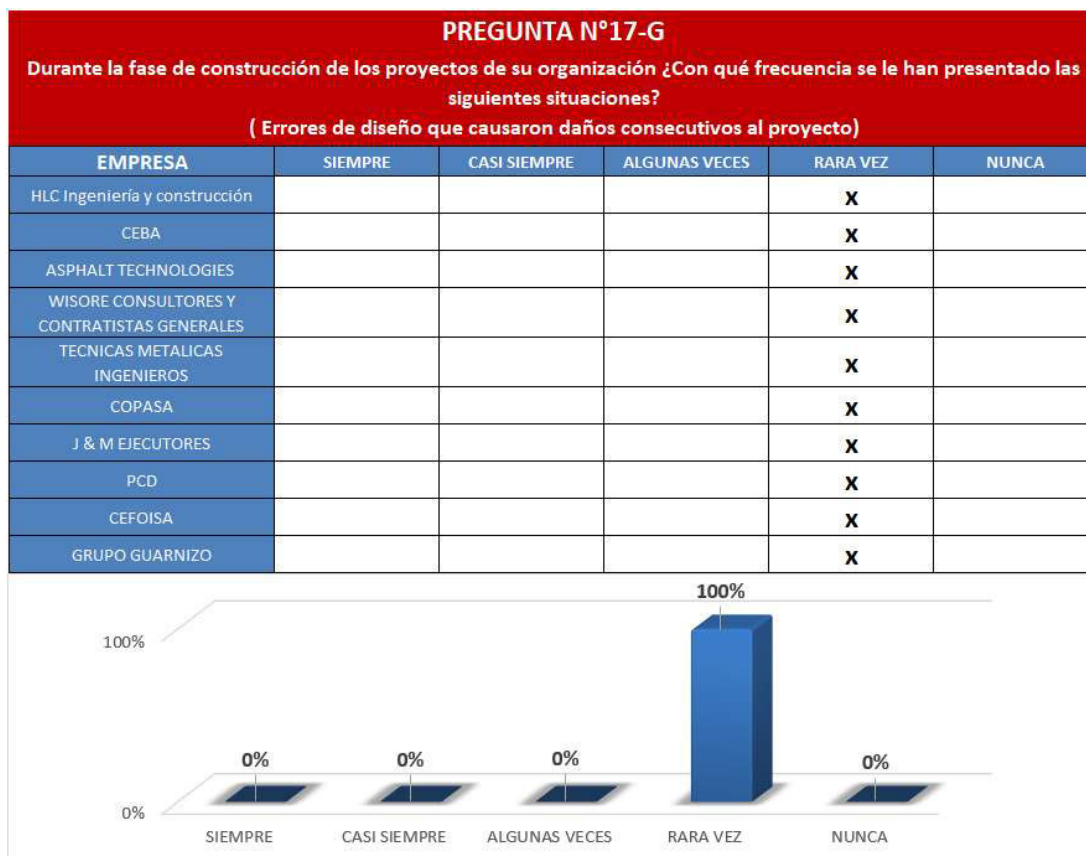


**Figura 4.24:** Análisis de la pregunta N°17- F

**Fuente:** Elaboración propia

### Interpretación

Del total de los casos de estudios el 60% cree que rara vez los errores de diseño causan daños materiales indirectos al proyecto mientras que el 40% de los entrevistados cree que algunas veces los errores de diseño causan daños materiales indirectos al proyecto.

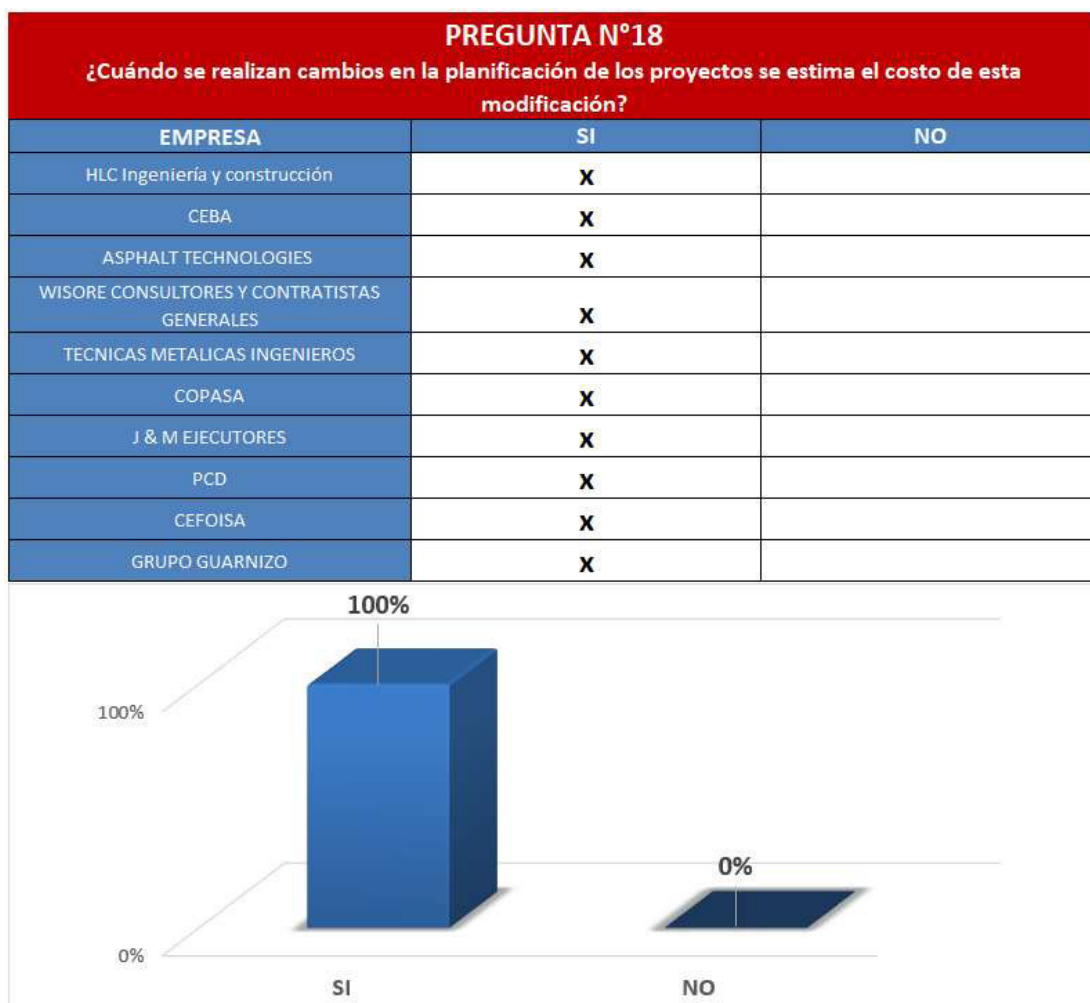


**Figura 4.25:** Análisis de la pregunta N°17- G

**Fuente:** Elaboración propia

### Interpretación

En los casos de estudio se encontró que el 100% piensa que rara vez los errores de diseño causan daños consecutivos a sus proyectos.

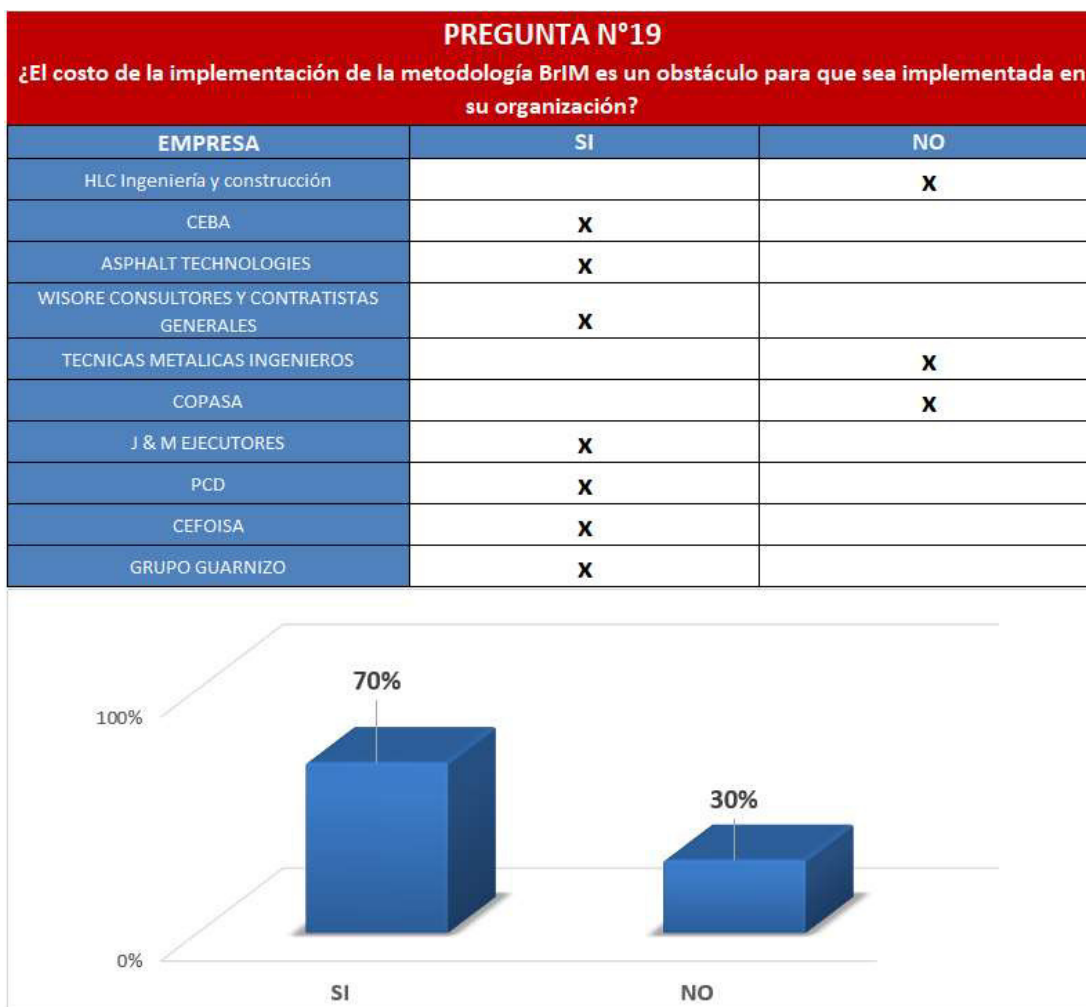


**Figura 4.26:** Análisis de la pregunta N°18

**Fuente:** Elaboración propia

### Interpretación

El 100% de las empresas encuestadas nos manifestaron que cuando se realiza un cambio en la planificación de sus proyectos se estima el costo de esta modificación.



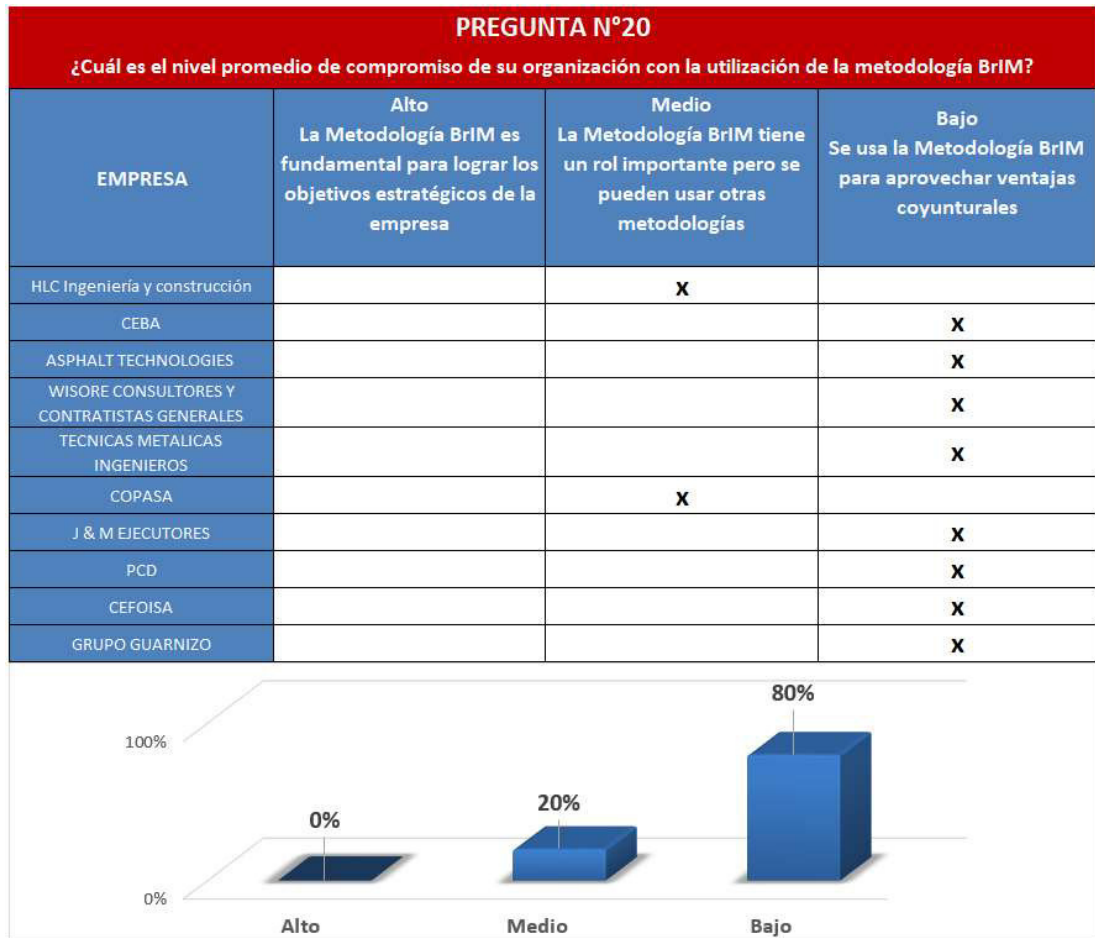
**Figura 4.27:** Análisis de la pregunta N°19

**Fuente:** Elaboración propia

### Interpretación

El 70% de los casos encuestados manifestaron que el costo de la implementación de la metodología si representa un obstáculo para que sea implementada en su organización, mientras que el 30% de los casos encuestados manifestaron que el costo de la implementación de la metodología no representa un obstáculo para su implementación.





**Figura 4.28:** Análisis de la pregunta N°20

**Fuente:** Elaboración propia

### Interpretación

El 80% de los casos encuestados manifestaron que el nivel de compromiso de su organización es bajo debido a que solo la utilizan para aprovechar ventajas coyunturales, mientras que el 20% de las empresas encuestadas manifestaron que el compromiso de su organización con la utilización de la metodología es medio.

### **4.3 Resultados de la encuesta**

El principal objetivo de la encuesta realizada en la presente investigación es conocer el estado actual del uso de la metodología BrIM - Bridge Information Modeling a nivel nacional. El estudio fue llevado a cabo con el apoyo de los jefes de proyecto de las empresas encuestadas.

Más de la mitad de los encuestados señala ser usuario de BrIM. Sin embargo, la encuesta muestra que los niveles de utilización son muy variados entre usuarios, y por lo tanto, también los beneficios y niveles de satisfacción con la metodología.

La mayoría de las empresas encuestadas ha utilizado BrIM en unos pocos proyectos, usualmente pequeños, y sólo para funciones básicas. Los ingenieros de planificación muestran los mayores niveles de uso, por el contrario, los ingenieros de campo tienen los menores niveles de uso, el menor conocimiento de la metodología. Esta disparidad en el uso de la metodología es perjudicial para la industria de la construcción. El máximo potencial de BrIM se alcanza cuando todos los participantes trabajan de manera integrada y simultánea en una plataforma digital colaborativa. Las asimetrías de uso dificultan lograr esta meta e impiden capturar el valor de la metodología.

Los principales usos de BrIM son para visualización durante la ejecución y para la estimación de costos. El uso para visualización de detalles es mayor en ingenieros estructurales que en otras disciplinas. La coordinación de estructuras es más frecuente que la coordinación de otras especialidades.

Los beneficios de la metodología se dan en la facilidad de visualización, en la reducción de errores en los documentos y la mejora de calidad del proyecto final estos son los principales beneficios percibidos transversalmente por todos los encuestados. Otros beneficios difieren según tipo de uso. Los beneficios de proyecto (tales como reducción del tiempo de desarrollo y construcción, o reducción de conflictos en obra) aumentan con el nivel de uso.

#### **4.4 Análisis del modelo de Información**

El modelo de información se puede convertir en una herramienta valiosa para la planificación, diseño y construcción de puentes en el Perú. Los beneficios al modelar la infraestructura del puente el Tingo fueron la integración y socialización de información bajo parámetros establecidos que facilitan el análisis de todos los que componen el proyecto, además de que cada parte puede usar el mismo modelo para examinar y realizar sus respectivas actividades, lo que impide la propagación de errores cuando cada parte trabaja con información independiente y desactualizada.

La principal dificultad quedo evidenciada en conocimiento de las herramientas que los programas que se utilizan en la metodología tienen a disposición. Debido a que los programas tradicionales, varían considerablemente con los programas de trabajo que están enfocados en el uso del modelado de información, lo que genera obstáculos para el fácil entendimiento y un libre desarrollo de la creación de objetos y su disposición espacial. Lo que evidencia que para el uso de estos programas es importante contar con experiencia y/o estudios, que permitan explotar el potencial real de la metodología y los programas empleados.

##### **4.4.1 Análisis del modelo topográfico**

Para la elaboración del modelo topográfico se basó en la información proveniente del modelo Civil 3D®, en este proyecto no se utilizó poco este modelo, principalmente por el alcance establecido. Mientras se desarrolló el proyecto se encontraron ejemplos de la modificación del terreno para la planificación de las obras que se tendrían que realizar. En un proyecto más complejo que tenga en cuenta las obras secundarias relacionadas al movimiento de tierras, la visualización de los cambios en la topografía del terreno, presentara virtualmente los posibles cambios del terreno en un lapso de tiempo definido, el cual podría afectar en la concepción de las obras posteriores.

#### **4.4.2 Análisis del modelo conceptual**

El modelo conceptual del puente el Tingo se generó con el programa Revit®. La creación de este modelo es muy importante debido a que otorga una concepción clara de todos los componentes del proyecto, ya que el modelo virtual consolida todos los elementos que se prevén construir. La principal ventaja de utilizar la extensión Revit®, es la posibilidad de geo-referenciarlo con el diseño geométrico creado en Civil 3D® al diseño estructural del puente, con el fin de que los elementos a construir estén asociados espacialmente a la superestructura. Para generar un modelo que se ajuste a los criterios del diseñador, será necesario personalizar los elementos que requiera utilizar en el modelo, debido a que la extensión aunque permite una facilidad de la creación e integración completa de los elementos, limita las posibilidades debido al uso por defecto de una cantidad limitada de objetos.

Cuando fue necesario crear nuevos objetos para integrarlos en el modelo, fue importante examinar las familias que por defecto eran usadas por la extensión Revit®, ya que daban indicios e ideas para la manipulación de las herramientas y formas para concepción del elemento. El caso más significativo se presentó en el desarrollo de la familia para la creación de los arcos que constan de cuatro vigas de esta forma, fue la que represento el mayor reto de modelar debido a que era la estructura con mayor complejidad y variedad de parámetros modificables, además de ser uno de los elementos principales del puente.

Investigando en el uso de las familias de objetos se logró entender el uso de las formas vacías, que facilitaron la limitación espacial de algunos objetos, ya que antes de hacerlo se tenía la suposición que una familia estaba conformada por un único elemento, en cambio se pudo concluir que la forma más práctica de crear un elemento complejo era a través de pequeños elementos simples que se integran y ocasionalmente comparten algún parámetro.

Al crear un modelo 3D, se tiene la ventaja de visualizar todos los elementos como un conjunto, permitiendo la exploración del modelo detalladamente a partir de la disposición de gran variedad de vistas. Lo que podría generar

menor incertidumbre en el momento de conocer la concepción de la estructura, solucionando el inconveniente que tradicionalmente ocurre cuando se deben extraer fragmentos de información de varios dibujos, para generar una visualización imaginaria de la estructura completa.

#### **4.4.3 Análisis de la modelación del refuerzo estructural**

La modelación del acero de refuerzo de los elementos estructurales del puente se realizó con las herramientas incluidas en el programa Revit®. Esta parte del proyecto fue la que represento más inconvenientes y dificultades para efectuar.

Parte importante de la incorporación del refuerzo, es la representación correcta de los parámetros relacionados a la figuración del acero, refiriéndose a estos como los diámetros de curvatura, longitudes de desarrollo, geometrías de los ganchos y demás. Puesto que el objetivo de modelar el refuerzo, es visualizar la interacción de estos en conjunto al estar incorporados en la estructura de concreto. Por lo que el acero debe figurarse con las condiciones reales con que será fabricado y dispuesto en obra, para evitar reajustes al momento de la construcción.

#### **4.4.4 Análisis de la simulación del proceso constructivo**

El cálculo de cantidades de obra de la metodología BrIM se obtuvo a partir del modelo con la herramienta quantity take off, con respecto a los cortes de obra se obtuvieron a partir de los análisis de precios unitarios de las actividades y el cronograma de obra que se tomaron del presupuesto del proyecto desarrollado por medio de la metodología tradicional y se asociaron al modelo a través de la herramienta Navisworks ®. Posteriormente, se simularon las fechas de corte obteniendo así los costos parciales de las actividades que se debieron ejecutar durante el mes del corte y los costos parciales total acumulado según cada fecha.

Durante el desarrollo del proyecto se programaron 8 valorizaciones de obra, de acuerdo con el desarrollo del modelo paramétrico se encontraron errores en la información que se tenía de entrada en lo referente a diseños y planos.

No implementar BrIM significaría que el staff de obra tendría que destinar mucho tiempo para identificar las consultas y emitirlas a la Supervisión cuando los esfuerzos del contratista deberían ser destinados para requerimientos más importantes propios de todo arranque de obra.

Asimismo, tener mucha cantidad de consultas podría afectar el flujo de producción constante en campo debido a los tiempos de espera hasta la absolución de las consultas, además que tener un proyecto indefinido desde el inicio aumenta la probabilidad de retrabajos debido a planos con observaciones no identificadas y ejecutadas en obra.

#### **4.4.5 Análisis de la cuantificación de materiales y costos**

El modelo para la cuantificación de materiales y costos se generó con el programa Autodesk Quantity Takeoff®. La generación de este modelo no fue complejo debido a la implementación básica que se le dio. Consistió principalmente en la agrupación de elementos a discreción del usuario y la asignación de los precios a las cantidades definidas.

La principal ventaja se evidencio en la facilidad para el análisis del presupuesto, debido a que la estructura organizativa permitía consultar directamente los subtotales de cada uno de los grupos. Además de poder consultar de forma independiente el costo global de cada una de las actividades.

Las desventajas se evidenciaron en el proceso de asignación de precios, ya que el procedimiento típico exige la digitación del mismo precio en reiteradas ocasiones para diferentes elementos que comparten el mismo APU, lo que podría generar dificultades en caso de realizar modificaciones, ya que el reproceso de estar digitando valores propaga la probabilidad de equivocarse.

A continuación se presenta una tabla de comparación entre los elementos del puente compuestos de concreto, permitiendo encontrar la diferencia entre los valores calculados entre lo cuantificado en el modelo BrIM, a lo obtenido en su momento de forma manual.

**Tabla 4.1**

Comparación de cuantificaciones de elementos de concreto y acero

COMPARACIÓN DE METRADOS DE LOS ELEMENTOS MODELADOS Y EL METRADO DEL EXPEDIENTE TÉCNICO					
Elemento		Cantidad			% de Diferencia
		Und	Tradicional	Modelo BrIM	
Estribos	Concreto	m3	3,320.10	3,144.85	5.57%
	Acero	kg	68,727.69	65,985.51	4.16%
Pilotes	Concreto	m3	350.70	329.87	6.31%
	Acero	kg	47,685.88	46,259.58	3.08%
Vigas Arco	Concreto	m3	298.40	291.24	2.46%
	Acero	kg	80,663.73	77,685.24	3.83%
Vigas Losas de concreto y veredas	Concreto	m3	360.06	359.84	0.06%
	Acero	kg	40,681.82	39,875.21	2.02%
Losas de aproximación	Concreto	m3	15.18	15.11	0.46%
	Acero	kg	1,586.28	1,497.24	5.95%

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 4.2**  
**Análisis de precio unitario por elemento**

ANÁLISIS DE DIFERENCIA DE PRECIOS ENTRE EL EXPEDIENTE Y LA METODOLOGÍA									
Elementos		Und	Metrado del Expediente	Metrado BrIM	CU S/.	Costo del Expediente	Costo Utilizando BrIM	Diferencia en Soles	Porcentaje
Estribos	CONCRETO CLASE C (F'c = 280 KG/CM2) PREMEZCLADO C/BOMBA	m3	862.42	816.90	S/ 434.71	S/ 374,902.60	S/ 355,114.60	S/ 19,788.00	5.28%
	CONCRETO CLASE D (F'c = 210 KG/CM2) PREMEZCLADO C/BOMBA	m3	2307.62	2185.81	S/ 385.73	S/ 890,118.26	S/ 843,132.49	S/ 46,985.77	5.28%
	CONCRETO CLASE D (F'c = 140 KG/CM2) PREMEZCLADO C/BOMBA	m3	150.06	142.14	S/ 312.26	S/ 46,857.74	S/ 44,384.64	S/ 2,473.10	5.28%
	ACERO DE REFUERZO FY:4200KG/CM2 COLOC GRUA	kg	68,727.69	65,985.51	S/ 5.35	S/ 367,693.14	S/ 353,022.48	S/ 14,670.66	3.99%
Pilotes	CONCRETO CLASE C (F'c = 280 KG/CM2) PARA PILOTES	m3	350.70	329.87	S/ 478.94	S/ 167,964.26	S/ 157,987.94	S/ 9,976.32	5.94%
	ACERO DE REFUERZO FY:4200KG/CM2 COLOC GRUA	kg	47,685.88	46,259.58	S/ 5.35	S/ 255,119.46	S/ 247,488.75	S/ 7,630.70	2.99%
Vigas Arco	CONCRETO CLASE C (F'c = 280 KG/CM2) PREMEZCLADO C/BOMBA	m3	298.40	291.24	S/ 434.71	S/ 129,717.46	S/ 126,604.94	S/ 3,112.52	2.40%
	ACERO DE REFUERZO FY:4200KG/CM2 COLOC GRUA	kg	80,663.73	77,685.24	S/ 5.35	S/ 431,550.96	S/ 415,616.03	S/ 15,934.92	3.69%
Vigas Losas de concreto y veredas	CONCRETO CLASE C (F'c = 280 KG/CM2) PREMEZCLADO C/BOMBA	m3	360.06	359.84	S/ 434.71	S/ 156,521.68	S/ 156,426.05	S/ 95.64	0.06%
	ACERO DE REFUERZO FY:4200KG/CM2 COLOC GRUA	kg	40,681.82	39,875.21	S/ 5.35	S/ 217,647.74	S/ 213,332.37	S/ 4,315.36	1.98%
Losas de aproximación	CONCRETO CLASE C (F'c = 280 KG/CM2) PREMEZCLADO C/BOMBA	m3	15.18	15.11	S/ 434.71	S/ 6,598.90	S/ 6,568.47	S/ 30.43	0.46%
	ACERO DE REFUERZO FY:4200KG/CM2	kg	1,586.28	1,497.24	S/ 5.35	S/ 8,486.60	S/ 8,010.23	S/ 476.36	5.61%
					<b>Total</b>	<b>S/ 3,053,178.79</b>	<b>S/ 2,927,688.99</b>	<b>S/ 125,489.80</b>	<b>4.11%</b>

**Fuente:** Elaboración propia

Comparando las cantidades obtenidas mediante el APU de cada presupuesto, se puede observar que la diferencia entre el presupuesto contractual y el presupuesto gestionado mediante la metodología BrIM es de S/. 125,489.80 lo que representa una optimización en el costo del proyecto de 4.11%, a continuación presentamos el presupuesto gestionado con la metodología BrIM.

#### 4.6 Análisis del impacto de la metodología

El propósito principal de la presente investigación fue establecer el impacto que puede tener la metodología BrIM en un proyecto de construcción de un puente. Para hacer válida la investigación, se requirió definir una serie de supuestos que dependieron principalmente de la documentación que formaba parte del expediente técnico del caso de estudio. Teniendo como base esta



documentación, se estimó el impacto de realizar una coordinación digital de proyectos con la metodología BrIM.

En la planificación de la construcción utilizando modelos 4D se requirió vincular el programa de actividades con objetos 3D del modelo. Así es posible simular el proceso de construcción y mostrar como la obra se vería en cualquier punto del tiempo. Esta simulación grafica provee de un entendimiento considerable de cómo la infraestructura será construida, día a día, revela fuentes de potenciales problemas y oportunidades de posibles mejoras (conflictos de espacio, de cuadrillas y equipamiento, problemas de seguridad, etc.).

Dado que el modelo es la fuente de todos los dibujos 2D y 3D, errores de diseño causados por inconsistencias en planos 2D son eliminados. Como los proyectos de diseño de todas las disciplinas se pueden integrar y comparar, las interferencias son identificadas antes de ser detectadas en terreno. La coordinación de todos los actores del proyecto es mejorada y errores de diseño son significativamente reducidos. Esto acelera el proceso de construcción, reduce costos, minimiza disputas legales que conllevan a largos procesos arbitrajes y provee de un proceso más transparente para todo el equipo del proyecto.

El impacto de un cambio en el diseño puede ser incorporado en el modelo y los cambios en los otros objetos serán automáticamente actualizados. Algunas actualizaciones se harán automáticamente basadas en establecidas reglas paramétricas. Otros sistemas cruzados de actualización pueden ser chequeados visualmente. De esta forma, los cambios en el diseño pueden ser resueltos de forma más rápida en un sistema BIM dado que las modificaciones pueden ser compartidas, visualizadas, estimadas y resueltas sin el uso de transacciones de papel y su correspondiente consumo de tiempo. Además, la actualización hecha en forma tradicional es extremadamente propensa a errores.

Si el modelo de diseño es transferido a un software para fabricación “virtual” y detallada al nivel de los objetos a fabricar, contendrá una exacta representación de los objetos que se quieren confeccionar en talleres remotos a la obra. Dado que los componentes están ya definidos en 3D, la elaboración automatizada de los elementos utilizando maquinarias especializadas es facilitada. Tal automatización es una práctica ya estándar en la fabricación de piezas de acero, hormigón pretensado y otros. Esto permite la participación de fabricantes en cualquier parte del mundo que elaboran las piezas en base al modelo y mantienen “links” que reflejan el diseño deliberado. Esto facilita la fabricación remota y reduce los costos y tiempos de construcción.

Las técnicas de construcción sin pérdidas requieren de una cuidadosa coordinación entre la oficina técnica del contratista general, sus cuadrillas y subcontratistas para asegurar que el trabajo puede ser desempeñado cuando los recursos apropiados están disponibles en terreno. Esto minimiza pérdidas y reduce la necesidad de inventarios en terreno.

Dado que BrIM provee de un modelo certero del diseño y de los recursos requeridos para cada segmento de trabajo, provee de una base centralizada para mejorar la planificación y las actividades desarrolladas por las cuadrillas, y ayuda a asegurar un arribo de gente, equipos y recursos en la oportunidad requerida (justo a tiempo). Esto finalmente reduce costos y mejora la colaboración en terreno.

El modelo completo provee de cantidades exactas para todos los materiales y objetos contenidos en un diseño. Estas cantidades, especificaciones y propiedades pueden ser usadas para comprar materiales desde vendedores de productos y subcontratistas. Actualmente, la definición de objetos virtuales por parte de proveedores y manufactureros no ha sido desarrollada para hacer de esta capacidad una aplicación real. Donde los modelos han estado disponibles, sin embargo, los resultados han sido bastante beneficiosos.

#### 4.7 Costo de implementación BrIM

Como parte de la evaluación de la implementación BrIM en el caso de estudio, se realizó una estimación de costos. Puesto que el retorno de la inversión de implementar BrIM se realizará exclusivamente con el beneficio BrIM en la planificación, control y estimación de costos.

**Tabla 4.3**

Costo de capacitación

<b>COSTO DE CAPACITACIÓN</b>			
<b>Ítem</b>	<b>Capacitación</b>	<b>REVIT Costo</b>	<b>Navisworks</b>
<b>1</b>	Dibujante	800	400
<b>2</b>	Ing. Campo	800	400
<b>3</b>	Residente	800	400
	<b>Total</b>	<b>2400</b>	<b>1200</b>

**Fuente:** Elaboración propia

Costos de Licencia de Software-. Se considera Licencia para 02 equipos, en el caso de la Licencia del Revit, este puede utilizarse de manera mensual.

**Tabla 4.4**

Costo de Software

<b>COSTO DE SOFTWARE</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Software (Alquiler mensual)</b>	<b>pu</b>	<b>Mes</b>	<b>Costo</b>
<b>1</b>	AUTODESK Revit 2016	202.69	8	1621.5
<b>2</b>	Navisworks 2016	738.49	8	5907.9
	<b>Total</b>			<b>7529.4</b>

**Fuente:** Elaboración propia

Costos Hardware, Se considera 02 equipos con la capacidad de utilizar el Software.

**Tabla 4.5**  
Costo de Hardware

<b>COSTO DE HARDWARE</b>		
<b>Ítem</b>	<b>Capacitación</b>	<b>Costo</b>
<b>1</b>	CPU - Intel Core i7 - 16 gb RAM - 4 gb Video - 1 TB Disco Duro	7000
<b>2</b>	2 Monitores 23"	1500
<b>3</b>	Accesorios	150
	<b>Total</b>	<b>8650</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 4.6**  
Resumen de costos

<b>RESUMEN DE COSTOS</b>			
	<b>Und</b>	<b>Costo</b>	<b>Parcial</b>
<b>Costos del contratista</b>			
Capacitación REVIT	3	800	2400
Capacitación NAVISWORK	3	400	1200
Software	2	7529.4	15058.8
Hardware	2	8650	17300
<b>TOTAL</b>		<b>17,379.40</b>	<b>35,958.80</b>

**Fuente:** Elaboración propia

## Beneficios del Contratista

**Tabla 4.7**  
Beneficios del contratista

Beneficios Contratista	S/.
Reducción de presupuesto	125,489.80
Costo de Implementación	35,958.80
<b>Benéfico Real</b>	<b>89,531.00</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 4.8**  
Relación beneficio costo

Relación Costo Implementación/Beneficios al Contratista	
CI – Costo de Implementación	35,958.80
BC – Beneficios al contratista	89,531.00
Relación BC/CI	2.49

**Fuente:** Elaboración propia

La relación Beneficio - Costo es mayor que uno, podemos afirmar que la inversión realizada se verá reflejada con ganancias para el Contratista.

#### 4.8 Elección del método de implementación del BrIM

A continuación se presenta una tabla que muestra las ventajas y desventajas en la adopción de los modelos disponibles para que el gestor tome la mejor opción para la implementación del BIM en el desarrollo de un proyecto inmobiliario.

**Tabla 4.9**

Ventajas y desventajas en la adopción métodos de implementación de la metodología

VENTAJAS Y DESVENTAJAS EN LA ADOPCIÓN MÉTODOS DE IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BrIM		
MÉTODO	VENTAJA	DESVENTAJA
Contratación de proveedor de servicios especializados	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bajo costo de implementación.</li> <li>No se requiere de servidor propio y de personal para el soporte y mantenimiento de los sistemas.</li> <li>Dispone de una variedad de modelos que se ajustan al sistema de gestión o el modelo de diseño.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se limita en cuanto a la elección de un modelo particular que sería genérico para el proyecto.</li> <li>El acceso a los archivos y documentos depende de una buena comunicación entre la oficina de servicios y el cliente, por lo que no es directa para el ejecutor del proyecto.</li> </ul>
Adquisición de software específico	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bajo costo de mantenimiento.</li> <li>Posibilidad de contar con un centro de procesamiento de la información propio (servidor) o bien externalizar esa opción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alto costo de la aplicación.</li> <li>Requiere de inversión en infraestructura y mano de obra calificada para establecer la base de datos y los mantenimientos del sistema.</li> <li>Se limita en cuanto a la elección de un modelo particular que sería genérico para los proyectos.</li> <li>Dependencia de los desarrolladores de sistemas para</li> </ul>

		implementar nuevas tecnologías y recursos.
Desarrollo propio del software	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posibilidad de adaptación a los requerimientos propios y metodologías que se ajustan al formato de la empresa.</li> <li>• Posibilidad de contar con un centro de procesamiento de la información propio (servidor) o bien externalizar esa opción.</li> <li>• Posibilidad de adopción del software de código abierto como el sistema base.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto costo de la aplicación.</li> <li>• Requiere inversión en conformación de equipo y desarrollo.</li> <li>• Requiere de inversión en infraestructura y mano de obra calificada para establecer la base de datos y los mantenimientos del sistema.</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia

Como primera experiencia de implementación de BIM para el apoyo en la gestión de un proyecto se recomienda escoger la modalidad “contratación de un proveedor de servicios especializados”, puesto que de esta manera se evita incurrir en pérdidas de tiempo asociadas a la conformación de un equipo que se adecue a la aplicación de la tecnología, donde de igual manera es posible tener una primera impresión sobre la experiencia adquirida. En este caso, la empresa de coordinación o gestión de proyectos BIM se encargaría de solucionar todos los requisitos técnicos y operativos con el fin de garantizar la calidad y entrega de lo requerido.

Una vez contado con una primera experiencia, y obtenido resultados favorables, es posible adquirir el software más adecuado y finalmente acercarse a instancias de mayor desarrollo de la herramienta.

Independiente de la opción escogida, habrá un costo asociado que tendrá un impacto sobre la inversión, el que debe ser analizado y contrastado con los beneficios que pudiera otorgar la implementación de la herramienta BIM.

## CONCLUSIONES

1. Apostar por implementar BrIM no debería ser considerado como un paso muy grande y arriesgado para las empresas puesto que comenzar la implementación BrIM desde lo más sencillo y a la vez lo más básico de su potencial, es decir, tan solo para la visualización, resulta desde ya, rentable. Los resultados de la presente investigación muestran que relación BC/CI del BrIM en el caso de estudio es de 2.49, es decir, por cada S/.1.00 invertido se logra una ganancia de S/. 2.49.
2. Al crear un modelo 3D, se tiene la ventaja de visualizar todos los elementos como un conjunto, permitiendo la exploración del modelo detalladamente a partir de la disposición de gran variedad de vistas. lo que podría generar menor incertidumbre en el momento de conocer la concepción de la estructura.
3. Complementando lo expresado en la conclusión anterior, visualizar un proyecto observando un video de simulación que muestre como se construye, no es la proyección al que los ingenieros planificadores deben enfocarse. El propósito recae principalmente en proveer visualización al cronograma, validándolo y brindándole confiabilidad para su ejecución. Esta verificación de lo planeado, antes de su ejecución, ayuda a reducir costos por trabajos rehechos, evitar imprevistos, planear la ubicación de equipos, detectar y minimizar la exposición a riesgos del personal obrero.
4. Se concluye que al realizar el control de lo planificado en la simulación del proyecto cada semana. es posible tomar medidas correctivas, inmediatas y plantear estrategias para garantizar el fin de la obra y no esperar hasta cuando se hace el corte para detectar los errores y tomar las medidas que corresponden. Cabe aclarar que durante el modelado virtual del proyecto no se detectaron errores y por lo tanto no se tomaron medidas en estrategias para una mejora continua.



5. Se concluye que la planificación del proyecto a través de instrumentos tecnológicos como lo es el Navisworks busca brindar mayor capacidad de análisis a la etapa de planificación, el solo usar la herramienta no garantiza que el trabajo sea el correcto, ni mucho menos reemplazará el raciocinio de las personas, pero ayudará en gran forma a optimizar los resultados los cuales difícilmente llegarían a ser percibidos sin esta.
6. Se puede concluir que el impacto de la metodología BrIM es satisfactoria ya que como resultado se obtuvo que se redujo el costo. Esto se debe principalmente a que la efectividad de la metodología se da en los costos calculados a partir de los procesos de modelación paramétrica dado que estos se acercan a lo planeado y existe una utilidad que es mayor a los costos de implementación de la metodología.
7. Por todo lo expresado anteriormente la implementación de la metodología BrIM brinda una ventaja excepcional a todos los involucrados, indudablemente marcando un nuevo capítulo en la industria de la construcción de puentes. Dicha ventaja puede marcar la diferencia entre ser más rentables o quedarse atrás, se debe enfocar más en los impactos positivos que realza el BrIM, tanto en visualización y procesos constructivos, con la finalidad de alcanzar los niveles más altos y satisfactorios en los proyectos.
8. Las principales barreras para la implementación BrIM en las empresas peruanas son la resistencia al cambio, la necesidad de alcanzar resultados inmediatos, la falta de conocimiento del potencial de la metodología, los costos de implementación y las malas experiencias por intentos fallidos debido a la falta de experiencia.

## RECOMENDACIONES

1. En el Perú a nivel de proyectos de carácter público no se evidencia la adopción de la metodología BrIM en puentes, por lo tanto se recomendaría la difusión de este y otros estudios para implementar la metodología, ya que esto agilizaría los trámites de licitaciones que se deben surtir antes de la ejecución de proyectos.
2. En cuanto a la implementación del BrIM es preciso que los profesionales a cargo de los proyectos cuente con experiencia suficiente en el uso de la metodología, capacidades técnicas y prácticas necesarias para liderar equipos de trabajo u orientar a los agentes que se desempeñan a lo largo de ciclo de vida del proyecto.
3. Se recomienda fortalecer la enseñanza del uso de la metodología BrIM en la formación de pregrado, apoyar e incentivar la promoción y difusión de éstas, a través de instituciones públicas o privadas ligadas al desarrollo e introducción de nuevas tecnologías que brinden mejoras a los procesos de gestión productivas del país.
4. Para tener éxito en la implementación de la metodología BrIM es esencial definir inicialmente las responsabilidades y funciones de todos los interesados con el fin de obtener un modelo paramétrico acorde a las necesidades y alcance del proyecto. Además se considera que es importante romper paradigmas y permitir el cambio a la hora de desarrollar los proyectos y poder conformar un grupo de trabajo interdisciplinario con el fin de integrar las especialidades y así poder llevar a buen término el proyecto.
5. Para una correcta implementación de la metodología BrIM en la planeación y control de proyectos es importante además tener en cuenta que los profesionales involucrados tengan un conocimiento suficiente de

la utilización de la plataforma tecnológica con el fin de no cometer errores que finalmente se traduzcan en sobre costos para el proyecto.

6. Se recomienda que durante la implementación BrIM, no se genere una gran cantidad de información para llevarla a cabo, sino que esta debe desarrollarse de manera gradual de tal forma que el impacto del cambio no genere un rechazo sino una transición casi natural. Si se implementa BrIM de manera constante y sostenida en el proyecto y poco a poco se va integrando a los demás involucrados, existirán mayores probabilidades del éxito en su implementación.
7. Por último, en la universidad el conocimiento sobre herramientas y métodos de gestión de la construcción por parte de los estudiantes es difícil de limitado debido a que la experiencia respecto a cómo aplicar estos métodos y herramientas en situaciones únicas encontradas en la mayoría de los proyectos es difícil de obtener. Por esta razón, es pertinente considerar la inclusión dentro de los currículos de las universidades el aprendizaje e implementación de la metodología BIM articulando esto con las diferentes ramas de la metodología como viene a ser el BrIM.
8. El beneficio en costo calculado en la presente investigación debe ser visto solamente como un indicador económico de la rentabilidad de la implementación del BrIM. El mismo que se ha calculado en base a unos precios unitarios tomados del expediente técnico del caso de estudio y por tanto pudiera ser diferente a los resultados de otras investigaciones. Asimismo el beneficio en costo calculado se realizó en base al empleo principal del BrIM, la comparación entre el metrado de la metodología y el del expediente, mientras que sus otras ventajas no se han cuantificado.

## **ANEXOS**

	<b>Página</b>
<b>Anexo N° 01</b> Matriz de consistencia	<b>119</b>
<b>Anexo N° 02</b> Encuestas realizadas las empresas	<b>121</b>
<b>Anexo N° 03</b> Cronograma de obra del expediente	<b>162</b>
<b>Anexo N° 04</b> Cronograma de obra de elementos modelados	<b>163</b>
<b>Anexo N° 05</b> Presupuesto original de obra	<b>164</b>
<b>Anexo N° 06</b> Presupuesto de elementos modelados	<b>168</b>
<b>Anexo N° 07</b> Plano de vista General del Puente el Tingo	<b>170</b>

## **Anexo N° 01**

### Matriz de consistencia



## **Anexo N° 02**

Encuestas realizadas a las empresas

## **Anexo N° 03**

Cronograma de obra del expediente



## **Anexo N° 04**

Cronograma de obra de elementos  
modelados

## **Anexo N° 05**

Presupuesto original de obra







## **Anexo N° 06**

Presupuesto de elementos modelados



## **Anexo N° 07**

Plano de vista General del Puente el Tingo



## FUENTES DE CONSULTA

- Alarcón, L.F., Fuster, S., Mora, M. & Sossdorf, D. (2009). *Utilización de imágenes y videos digitales para el mejoramiento de la productividad y prevención de riesgos en operaciones de construcción*. Encuentro Latinoamericano de economía y Gestión de la Construcción, ELAGEC 2009. Bogotá, Colombia.
- Alcántara, P. (2013). *Metodología Para Minimizar Las Deficiencias De Diseño Basada En La Construcción Virtual Usando Tecnologías BIM*. Universidad Nacional De Ingeniería, Facultad De Ingeniería Civil, Perú. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil.
- Aparicio, A. (2010). *El Cuestionario Métodos De Investigación Avanzada*, Lima, Perú.
- Azhar, S. (2011). *Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry*. Leadership and Management in Engineering.
- Berdillana, F. (2013). *Tecnologías informáticas para la visualización de la información y su uso en la construcción - los sistemas 3d inteligente*. Universidad Nacional De Ingeniería, Facultad De Ingeniería Civil, Perú. Tesis para optar el grado de maestro en Gestión Y Administración De La Construcción.
- Bridge Information Modeling. <http://www.3dcadportal.com>
- BrIM – Bridge Information Modelling Aplicación práctica. <https://www.e-zigurat.com>
- Castañeda, C. (2009). *Plan para integración del Building Information Modeling" (BIM) con herramientas de estimación de costos y*

*programación de obra*. Encuentro Latinoamericano de Economía y Gestión de la Construcción, ELAGEC 2009. Bogotá, Colombia.

Gaitán, J. (2013). *Uso de la metodología BrIM (Bridge Information Modeling) como herramienta para la planificación de la construcción de un puente de concreto en Colombia*. Pontificia Universidad Javeriana, facultad de ingeniería departamento de ingeniería civil, Colombia. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil.

Halfawy, F.C., Hadipriono, F.C, Duane, J. & Larew, R. (2005). *Development of Model Based Systems for Integrated Design of Highway Bridges*. Institute for Research in Construction. International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering Computing, Roma, Italia.

Kivimaki, T. (2010). *Bridge Information Modelling (BrIM) and Model Utilization at Worksites in Finland*. 27th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2010).

Los Puentes Ahora Con BRIM, <https://www.bimcommunity.com>

Marzouk, M. & Hisham, M. (2012). *Applications of Building Information Modeling in Cost Estimation of Infrastructure Bridges*. International Journal of 3-D Information Modeling.

Mojica, A; Valencia, D. (2012). *Implementación De Las Metodologías Bim Como Herramienta Para La Planificación Y Control Del Proceso Constructivo De Una Edificación En Bogotá*. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad De Ingeniería Departamento De Ingeniería Civil, Colombia. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil.

Salazar, M. (2017). *Impacto Económico Del Uso De BIM En El Desarrollo De Proyectos De Construcción En La Ciudad De Manizales*. Universidad

Nacional de Colombia, Colombia. Tesis para optar el Título de Tesis de grado para optar el título de Magister En Construcción

Saldias, R. (2010). *Estimación de los beneficios de realizar una coordinación digital de proyectos con tecnologías BIM*. Universidad De Chile, Facultad de ciencias físicas y matemáticas departamento de ingeniería civil, Chile. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil.

Villafuerte, R. (2016). *Lineamientos Para Mejorar La Gestión De Proyectos De Construcción De Los Gobiernos Regionales Y Locales En La Etapa De Pre inversión, Bajo El Enfoque De "Lean Construction"*. Pontificia Universidad Católica Del Perú, Facultad De Ciencias e Ingeniería, Perú. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil.