UNIVERSIDAD DE ESPECIALIDADES ESPÍRITU SANTO

FACULTAD DE POSTGRADO

Máster en gestión de la construcción

TRABAJO DE TITULACIÓN

Proyecto de Investigación

TEMA:

“ANÁLISIS DE OPTMIZACIÓN APLICANDO LA METODOLOGIA BIM EN UN PROYECTO VIAL TOMANDO COMO EJEMPLO EL PROYECTO DE VÍA EN DESARROLLO DEL MONTE SINAÍ - 2021”

AUTORES: MARCELO GUEVARA SALAZAR

ALONSO DAVID BAJAÑA TERÁN

SAMBORONDON, 2023

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedicamos primeramente a Dios, por habernos guiado en todo momento y dado las fuerzas necesarias para terminar con este largo trajinar.

A nuestros padres por ser un pilar fundamental en el transcurso de este proyecto y ser un apoyo incondicional en toda mi etapa como estudiante y ahora como futuro maestrante de la Republica del Ecuador. Dios los bendiga siempre.

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestro más profundo agradecimiento a todas las personas que contribuyeron al éxito para el trabajo de titulación en la maestría de gestión de proyectos en la construcción.

A la directora de Carrera Ing. Cecibel Zambrano y al Tutor de Tesis Arq. Pablo Cacuango por su valiosa guía y apoyo en la elaboración del proyecto final. Sus conocimientos y experiencia fueron fundamentales para la realización del proyecto académico.

Además, queremos agradecer a nuestras respectivas familias por su incondicional apoyo durante todo este proceso. Sin su amor y respaldo, no hubiera sido posible lograr este importante logro. ¡Gracias de todo corazón!

Este logro es el resultado del arduo trabajo y dedicación de todos, y estamos profundamente agradecidos por su confianza y respaldo en nuestra carrera académica.

¡Gracias!

“ANÁLISIS DE DISEÑO APLICANDO LA METODOLOGIA BIM EN UN PROYECTO VIAL TOMANDO COMO EJEMPLO EL PROYECTO DE VÍA EN DESARROLLO DEL MONTE SINAÍ - 2021”

Ing. Marcelo Fabián Guevara Salazar, Alonso David Bajaña Terán

Arq. Pablo David Cacuango Merino

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo aplicar la metodología Building Information Modeling (BIM) en un proyecto vial en desarrollo llamado "Via Monte Sinaí". Se ha detectado que en este proyecto vial existen problemas relacionados con la coordinación entre las diferentes disciplinas, lo cual puede afectar el desarrollo del proyecto y la calidad de la obra final. Con la implementación de BIM, se espera mejorar la coordinación entre las diferentes disciplinas, permitiendo la identificación de posibles conflictos y problemas durante la etapa de diseño, lo que a su vez reducirá los costos y tiempos de construcción. Se realizará un análisis de los diferentes modelos de BIM existentes en el mercado y se seleccionará el más adecuado para el proyecto. Además, se llevará a cabo un análisis de la situación actual del proyecto y se identificarán las áreas críticas donde se espera tener mayores beneficios con la aplicación de BIM.

Palabras clave: Building Information Modeling, gestión de proyectos, vías, eficiencia, calidad.

“ANÁLISIS DE DISEÑO APLICANDO LA METODOLOGIA BIM EN UN PROYECTO VIAL TOMANDO COMO EJEMPLO EL PROYECTO DE VÍA EN DESARROLLO DEL MONTE SINAÍ - 2021”

Ing. Marcelo Fabián Guevara Salazar, Alonso David Bajaña Terán

Arq. Pablo David Cacuango Merino

SUMMARY

The objective of this research project is to apply the Building Information Modeling (BIM) methodology in a developing road project called "Via Monte Sinai". It has been detected that there are problems related to coordination among different disciplines in this road project, which can affect the project's development and the quality of the final work. By implementing BIM, it is expected to improve coordination among different disciplines, allowing the identification of possible conflicts and problems during the design stage, which in turn will reduce construction costs and times. An analysis of the different BIM models available in the market will be carried out, and the most suitable one for the project will be selected. In addition, an analysis of the project's current situation will be carried out, and critical areas where greater benefits are expected with the application of BIM will be identified.

Keywords: Building Information Modeling, project management, roads, efficiency, quality.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA **2**

AGRADECIMIENTO **3**

RESUMEN **4**

SUMMARY **5**

INTRODUCCION **17**

CAPITULO 1 ..... **19**

1. Generalidades **19**

1.1 Antecedentes **19**

1.2 Descripción del problema **22**

1.2.1 Formulación del problema: **23**

1.3 Alcance y delimitación del objeto **23**

1.3.1 Alcance **23**

1.3.2 Delimitación del objeto **23**

1.4 Preguntas de investigación **24**

1.4.1 Hipótesis **24**

1.5 Objetivos de la investigación **24**

1.5.1 Objetivo general **24**

1.5.2 Objetivos específicos **24**

2. Marco Referencial **27**

2.1. Planificación de proyectos **27**

2.1.1 Etapa de pre-inversión: **27**

2.1.2 Etapa de inversión: **28**

2.1.3 Etapa de operación: **28**

2.2 Definiciones generales de la gestión de tiempo y costo 29

2.2.1 Gestión del tiempo.....29

2.2.1.1 Definición general 29

2.2.1.2 Proceso de la gestión del tiempo en un proyecto 29

2.2.1.1 Planificar la gestión del tiempo.....30

2.2.1.2 Definir actividades 30

2.2.1.3 Secuenciar actividades.....30

2.2.1.4 Estimar los recursos de las actividades 30

2.2.1.5 Estimar la duración de las actividades.....31

2.2.1.6 Desarrollar el cronograma 31

2.2.1.7 Controlar el cronograma.....31

2.3 Gestión del costo.....32

2.3.1 Definición general 32

2.3.2 Procesos en la gestión del costo en un proyecto 32

2.3.2.1 Planificar gestión de los costes 32

2.3.2.2 Estimación de costos 32

2.3.2.3 Determinar el presupuesto 32

2.3.2.4 Control de costos 33

2.4 Estructura de los procesos constructivos 33

2.4.1 Definición 33

2.4.2 Etapas en los procesos constructivos 34

2.4.2.1 Definición proyecto 34

2.4.2.2 Planificación y desarrollo 35

2.4.2.3 Construcción.....35

2.4.2.4 Finalización.....36

2.5 Metodología tradicional.....36

2.6 Desventajas en la metodología tradicional en la construcción.....37

2.7 Flujo de trabajo BIM en proyectos viales.....37

2.8 Metodología BIM 40

2.8.1 Capacidad BIM 41

2.8.2 Madurez BIM 41

2.8.3 Niveles de Desarrollo 42

2.8.4 Comparación entre la metodología tradicional y BIM.....43

2.8.5 Plan de la metodología BIM en la construcción 44

2.8.6 Influencia del BIM en el mercado global.....45

2.8.7 Beneficios de BIM en proyectos de construcción 46

2.9 Autodesk Infraworks en una infraestructura vial 48

2.10 BIM en AutoCAD Civil 3D.....48

2.11 Implementación de BIM en Ecuador 49

2.12 Marco Legal.....49

2.12.1 Normas de estándares BIM para la construcción.....49

2.12.1.1 International Organization for Standardization (ISO) 50

2.12.1.2 Norma ISO 19650 1 – 2.....50

2.12.2 Guía en la implementación de la metodología BIM en USA.....52

2.12.3 Normas de diseño en demanda vehicular y la oferta vial ...53

3. Metodología 56

3.1 Diseño de la investigación.....56

3.2 Método de investigación 56

3.3 Tipo de investigación 56

3.4 Población y muestra.....57

3.5 Instrumentos o herramientas utilizadas 57

3.6 Procedimiento.....58

3.7 Alcances y limitaciones.....59

3.7.1 Alcances.....59

3.7.2 Limitaciones.....59

3.8 Cronograma de trabajo.....60

3.9 Encuesta.....62

4. Plan de ejecución BIM (BEP) 81

4.1 Introducción 81

4.2 Información del Proyecto.....82

4.3 Actividades.....83

4.4 Objetivos en el Plan De Ejecución BIM.....84

4.4.1 Objetivo General 84

4.4.2 Objetivos Estratégicos BIM.....84

4.5 Objetivos BIM del cliente.....84

4.6 Propuesta de Plan de Ejecución BIM.....85

4.7 Objetivos y prioridades del cliente en relación a los usos previstos por el equipo técnico.....86

4.7.1 Información centralizada. 86

4.7.2 Modelado de condiciones existentes 86

4.7.3 Análisis de ingeniería. 87

4.7.4 Diseño y Coordinación 3D.....87

4.7.5 Obtención de documentación.....88

4.7.6 Estimación del coste.....88

4.7.7 Nivel de desarrollo 88

4.7.8 Conclusiones de los usos previstos dentro del proyecto vial 89

4.8.....90

4.8 Mapas de proceso en el Plan de Ejecución BIM 90

4.9 Estructura para el plan de ejecución BIM 97

4.10 Roles y Responsabilidades para el Plan de Ejecución BIM 98

4.10.1 BIM Manager.....98

4.10.2 Coordinador BIM 99

4.10.3 Coordinador BIM por especialidad 100

4.10.4 Modelador BIM por especialidad.....101

4.11 Detección de interferencias 102

4.12 Nivel de información geométrica y no geométrica requerida....102

4.13 Configuración del procesador para realizar el modelado BIM.109

4.14 Softwares necesarios para la integración del proyecto.....110

4.15 Gestión de la información 111

4.16 Entorno Común de Datos (CDE).....113

5. Análisis de planificación.....115

5.1 Análisis de los procesos recopilados por el MTOP en el proyecto vial 115

5.2 Análisis de la gestión del tiempo en la etapa de desarrollo 116

5.2.1 Causas del retraso en el proyecto vial 116

5.2.2 Conclusiones del análisis en la gestión del tiempo.....118

5.3 Análisis económico del proyecto vial en desarrollo 119

5.4 Análisis Metodología Tradicional Vs Metodología BIM.....122

5.5 Análisis Metodología BIM Vs Ejecución de Obra 132

5.6 Conclusión de Análisis.....141

6. Dirección del Proyecto.....145

6.1 Áreas de conocimiento del Project Managment Institute (PMI).146

6.2 Grupos de procesos en la gestión de un proyecto.....148

6.3 Matriz de procesos (área de conocimiento/ grupo de procesos) ..150

6.4 Conclusiones.....152

6.5 Work Breakdown Structure aplicado al Proyecto de investigación153

6.5.1 Introducción 153

6.5.2 Importancia del WBS en el proyecto de investigación 154

6.5.3 Conclusiones del WBS en el proyecto vial "Monte Sinaí" 156

7. Conclusiones del proyecto de investigación.....157

8. Recomendaciones.....159

Referencias bibliográficas.....161

ANEXOS.....166

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.....**21**

Tabla 2.....**67**

Tabla 3.....**69**

Tabla 4.....**70**

Tabla 5.....**71**

Tabla 6.....**72**

Tabla 7.....**74**

Tabla 8.....**75**

Tabla 9.....**77**

Tabla 10.....**78**

Tabla 11.....**80**

Tabla 12.....**82**

Tabla 13.....**83**

Tabla 14.....**85**

Tabla 15.....**105**

Tabla 16.....**108**

Tabla 17.....**110**

Tabla 18.....**110**

Tabla 19.....**115**

Tabla 20.....¡Error! Marcador no definido.

Tabla 21.....¡Error! Marcador no definido.

Tabla 22.....¡Error! Marcador no definido.

Tabla 23.....¡Error! Marcador no definido.

Tabla 24.....¡Error! Marcador no definido.

Tabla 25.....¡Error! Marcador no definido.

Tabla 26.....¡Error! Marcador no definido.

Tabla 27.....¡Error! Marcador no definido.

Tabla 28.....¡Error! Marcador no definido.

Tabla 29.....¡Error! Marcador no definido.

Tabla 30.....¡Error! Marcador no definido.

Tabla 31.....¡Error! Marcador no definido.

Tabla 32.....¡Error! Marcador no definido.

Tabla 33.....¡Error! Marcador no definido.

Tabla 34.....¡Error! Marcador no definido.

Tabla 35.....¡Error! Marcador no definido.

Tabla 36.....**176**

Tabla 37.....**177**

Tabla 38.....**179**

Tabla 39.....**180**

Tabla 40.....**181**

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.....**18**

Figura 2.....**34**

Figura 3.....**35**

Figura 4.....**36**

Figura 5.....**38**

Figura 6.....**41**

Figura 7.....**42**

Figura 8.....**44**

Figura 9.....**47**

Figura 10.....**47**

Figura 11.....**51**

Figura 12.....**54**

Figura 13.....**54**

Figura 14.....**62**

Figura 15.....**63**

Figura 16.....**67**

Figura 17.....**68**

Figura 18.....**69**

Figura 19.....**70**

Figura 20.....**72**

Figura 21.....**73**

Figura 22.....**75**

Figura 23.....**76**

Figura 24.....**78**

Figura 25.....**79**

Figura 26.....**90**

Figura 27.....**92**

Figura 28.....**93**

Figura 29.....**94**

Figura 30.....**95**

Figura 31.....**96**

Figura 32.....**98**

Figura 33.....**103**

Figura 34.....**104**

.....104

Figura 35.....**112**

Figura 36.....**114**

Figura 37.....¡Error! Marcador no definido.

Figura 38.....¡Error! Marcador no definido.

Figura 39.....¡Error! Marcador no definido.

Figura 40.....¡Error! Marcador no definido.

Figura 41.....¡Error! Marcador no definido.

Figura 42.....¡Error! Marcador no definido.

Figura 43.....¡Error! Marcador no definido.

Figura 44.....¡Error! Marcador no definido.

Figura 45.....¡Error! Marcador no definido.

Figura 46.....¡Error! Marcador no definido.

Figura 47.....¡Error! Marcador no definido.

Figura 48.....¡Error! Marcador no definido.

Figura 49.....¡Error! Marcador no definido.

Figura 50.....¡Error! Marcador no definido.

Figura 51.....¡Error! Marcador no definido.

Figura 52.....**150**

Figura 53.....**151**

Figura 54.....**155**

Figura 55.....**167**

Figura 56.....**168**

Figura 57.....**170**

Figura 58.....**174**

Figura 59.....**175**

Figura 60.....**176**

INTRODUCCION

El modelado de información de la construcción (BIM - Building Information Modeling), se refiere a una metodología que no solo trata de la implementación de un software, sino al conjunto de información que concierne a todo el ciclo de un proyecto de construcción. Esta herramienta la cual es reconocida a nivel mundial abarca todo el proceso de diseño, operación y construcción, teniendo la particularidad de trascender a un empuje completamente digital, brindando sustentabilidad en su desarrollo. A pesar de lo antes mencionado, la tecnología BIM continúa sin ser aplicada en varias naciones, debido a la falta de estándares aprobados y la carente colaboración de las partes involucradas.

El uso de la metodología BIM, se destaca por la optimización de los recursos en todas las etapas del proyecto, evitando así la pérdida o redundancia de información, el aumento de tiempo y costos o la difícil comunicación entre las ingenierías involucradas. Por esto en este proyecto de investigación se realizará el análisis de diseño de un proyecto de infraestructura vial haciendo un correcto uso de las herramientas tecnológicas que ofrece la metodología BIM.

Para el área de proyectos viales en donde se evidencia un déficit de conocimiento conceptual y de aplicación, la implementación de BIM durante la etapa de diseño representa un cambio radical en contraste con los métodos tradicionales, debido al criterio en conjunto de todas las ingenierías que lo componen, a través de esta integración se busca mejorar los rendimientos, conceptualización y el análisis de cálculo al momento de asentar el trazado vial.

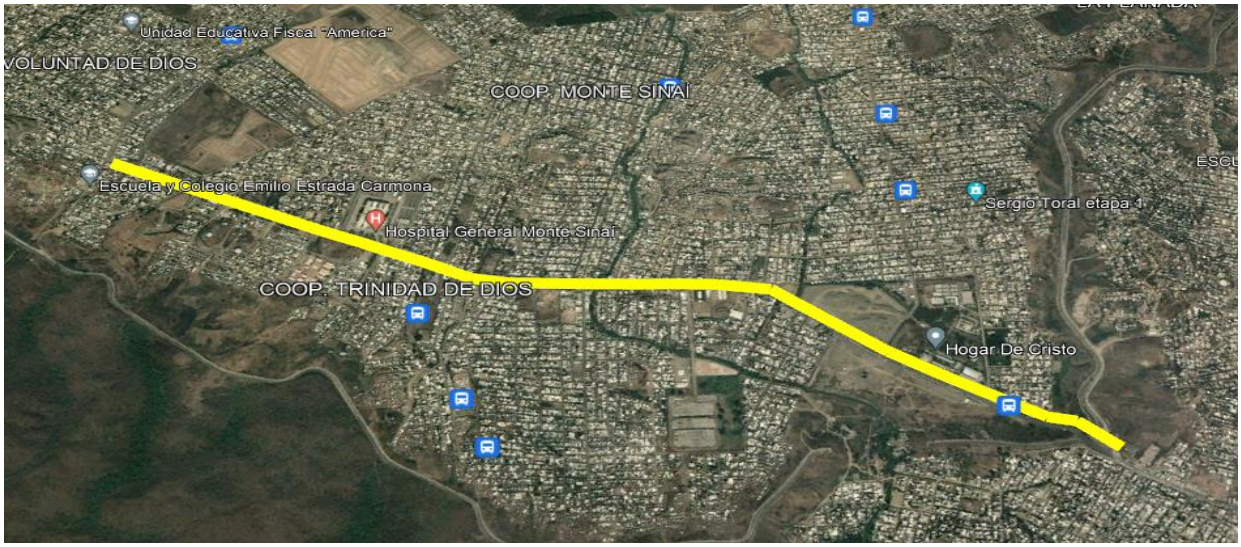
El trabajo de investigación nace a partir de la necesidad en la industria de la construcción, de optimizar sus procesos, para de esta manera, garantizar el correcto uso de los recursos y

acelerar la toma de decisiones, es por esto que, en la búsqueda de una solución a estas necesidades surge la aplicación de nuevas metodologías. El presente estudio, ahonda en los beneficios que trae consigo la aplicación de la metodología BIM, a lo largo del estudio de prefactibilidad, tomando como ejemplo el proyecto vial de Monte Sinaí.

El proyecto en consideración se ubica en una zona marginal de amplia y creciente densidad poblacional, el cual compone el cambio completo del sistema de drenaje, estructura de pavimento flexible, obras de arte y señalización en sus cuatro carriles. Con la finalidad de tener una fuente documental útil para ser usada en proyectos de ingeniería civil, el presente trabajo se busca aportar herramientas teórico – prácticas propias de esta metodología.

Figura 1

Trazado de la Vía de Acceso a Monte Sinaí



Fuente: Elaboración propia

CAPITULO 1

1. Generalidades

1.1 Antecedentes

La ejecución de obras civiles nace a partir de una necesidad humana, según Paguay & Reyes (2020), se requiere de su construcción dentro de un determinado periodo de tiempo para poder satisfacer los requerimientos de la sociedad sin causar molestias. Es por esto, que los proyectos de construcción están directamente relacionados a una correcta planificación y programación en la obra. Debido a esto uno de los mayores inconvenientes que tienen a las empresas constructoras, es la estimación del presupuesto que va a conllevar el proyecto y el tiempo que tomará en realizarlo. A pesar de ser un pilar fundamental, en la mayoría de los casos no se toman en cuenta muchas adversidades que surgen en el transcurso de la obra.

De acuerdo con Acuña (2016), es necesario que la construcción vial terrestre se ejecute de la mejor manera posible refiriéndose a la optimización del tiempo de diseño y construcción, puesto que estas son parte de la infraestructura de trasporte de mayor importancia en la movilización tanto de personas, bienes y mercaderías.

En la actualidad existe un proyecto en la vía Monte Sinaí, cuyos estudios fueron realizados aplicando una metodología tradicional, teniendo en cuenta que, al ser un proceso lineal, se ha visto desafiada en mejorar de manera general los procesos que conlleva consigo. Con el propósito de minimizar y eliminar aquellos procesos que no siguen el flujo de trabajo en conjunto que propone la metodología BIM, se plantea el análisis de diseño utilizando

herramientas tecnológicas que cumplan con el uso de estándares utilizados en proyecto viales, como el ISO 9001, ISO 19650, las normas INEN, además de la participación de todas las especialidades que convergen en ella a través de un acceso compartido y continuo.

Debido al incremento de la densidad poblacional y la necesidad de los ciudadanos de contar con una vía de acceso en óptimas condiciones, el Gobierno Nacional junto al Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP), destinaron parte de sus recursos para la rehabilitación de la vía de acceso al Hospital de Monte Sinaí, con la visión de impulsar el desarrollo vial, económico, comercial y productivo del cantón Guayaquil.

De acuerdo con Guerrero & Quito (2021), para poder llevar a cabo proyectos de una manera eficaz y congruente, la metodología BIM se ha convertido en una nueva alternativa. La ausencia de BIM, y la tecnología que lleva consigo, ha ocasionado los problemas de mal manejo de recursos que cada vez son más comunes en los proyectos que están en desarrollo. La herramienta AutoCAD, no termina de alcanzar la eficacia y magnitud que las nuevas tecnologías ofrecen. Debido a que el proyecto vial ha estado a sujeto a modificaciones, ha sido muy complejo mantenerse con la metodología tradicional, generando un retraso y una incorrecta gestión en los recursos.

Actualmente el Ecuador y algunos países de Latinoamérica, no tienen como prioridad el uso la metodología BIM, si no la metodología tradicional, el cual se la usa para la gestión del tiempo y presupuesto. El presente trabajo busca desarrollar el proyecto vial de rehabilitación en la vía Monte Sinaí con las herramientas tecnológicas que provee BIM, comparando resultados y realizando un análisis de este.

Aziz, Riaz & Arslan (2016), en la Tabla 1, se recopila información detallada sobre la aplicación de la metodología propuesta en dos casos de estudio.

Tabla 1

Comparativa entre metodologías BIM en un caso de estudio

Caso	Beneficios obtenidos	Referencia
El proyecto A556: **El objetivo del proyecto constaba de transferir** una carretera de 4.5 millas a una moderna autovía. Se utilizó el Nivel 2 BIM en todo el proyecto, desde el diseño, la construcción hasta la etapa de operación. Se produjeron dibujo totalmente coordinados y se integró la información de costos en el modelo 3D para lograr un modelo 4D. Además, el modelado 3D se usó para desarrollar un registro de riesgo, capturar información precisa de los activos y cotejar información construida de pavimentos, aceras, iluminación, ductos, drenaje y estructuras, durante toda la fase de construcción	-Mejora en el monitoreo y la programación del proyecto. -Mejora en la seguridad vial: el equipo de diseño logró destacar cualquier peligro y modificar cualquier error durante la fase de diseño -Integración de costos: facilitó la adopción de diferentes técnicas de costos de destino durante las diversas etapas del proyecto	Knutt (2014)
Autopista M25: La actualización de la autopista orbital M25 en Londres para los Juegos Olímpicos en 2012 usó BIM para crear modelos 3D de infraestructura a un nivel acordado de detalle. Esta información era necesaria para permitir que el proyecto se entregue en un período de tiempo más rápido de lo que normalmente se requeriría para un esquema de esta naturaleza. Con una serie de partes interesadas en el equipo de entrega, la información / modelos de cada disciplina se integraron a través de Autodesk Navisworks, lo que brindó la oportunidad de realizar un ejercicio de detección de choques. Los modelos BIM finales se emitieron al equipo de construcción para su uso in situ, con tres cuartos de personal que tienen acceso a estos modelos para su uso en una variedad de tareas que incluyen informes diarios e información de diseño de comunicación. Habiendo pasado de un deseo inicial de crear un diseño edificable que no tuviera conflictos, el resultado fue una gran cantidad de datos útiles que podrían atribuirse a objetos y rentabilidad.	- El proyecto recopila gran cantidad de información útil que puede ser utilizado en la fase de operación y mantenimiento después de la construcción -El uso de BIM en el ciclo de vida de un proyecto donde los equipos se han unido y colaborado con éxito. -Reducción de costo	Burgleigh (2012)

Fuente: Elaboración propia

1.2 Descripción del problema

Arévalo (2021) en su trabajo de titulación destaca que los pilares fundamentales para la materialización de un proyecto de infraestructura u obra vial son la planificación, ejecución y mantenimiento. Por lo cual el primer eslabón de esta cadena lo comprende el diseño, ya que si el mismo se encuentra estructurado en bases sólidas, se puede garantizar una correcta planificación y así evitar inconveniente durante el desarrollo de un proyecto de construcción, evitando incurrir en una mala administración del tiempo y el presupuesto.

Cuando existe una incorrecta planificación en el proyecto de construcción, las empresas constructoras y profesionales evaden el origen del problema y se excusan con las adversidades presentadas en el desarrollo del mismo. Pero el principal inconveniente, es la ausencia del uso de herramientas tecnológicas, que permiten la efectividad del desarrollo para un correcto análisis de interferencias previo a la ejecución de este.

En la provincia del Guayas, cantón Guayaquil, la rehabilitación de la vía de acceso a Monte Sinaí, está considerada como una obra de gran importancia para este sector marginal, puesto que el estado actual ocasiona inseguridad y altos tiempos de viaje en el tránsito de la vía, perjudicando de manera considerable el acceso al establecimiento de salud, considerado como uno de los más grandes del país, el cual brinda servicios hospitalarios a gran parte del Puerto Principal y de toda la provincia del Guayas.

.

1.2.1 Formulación del problema:

¿Como potenciar el diseño de un proyecto vial, definiendo los flujos de procesos actuales vs el ideal, a través de un acceso compartido y continuo entre todas las especialidades que comprenden el proyecto?

1.3 Alcance y delimitación del objeto

1.3.1 Alcance

El proyecto de investigación plantea la evaluación de las condiciones en la que se encuentra la infraestructura de la vía de acceso a Monte Sinaí. Tiene como punto de partida un estudio de prefactibilidad existente en la vía mencionada anteriormente, el cual se analizará a mayor detalle la aplicación de la metodología BIM. El presente estudio propondrá el uso de los softwares que comprende BIM, con el objetivo de determinar, si su correcta implementación, optimizará los recursos dentro del proyecto, con la finalidad de otorgar un beneficio a largo plazo a las empresas constructoras y a la población general.

1.3.2 Delimitación del objeto

El análisis de diseño se lo realizará en el proyecto de construcción vial, que actualmente se encuentra en la etapa final de su desarrollo. La obra de rehabilitación de infraestructura vial se encuentra ubicada en la provincia del Guayas, cantón Guayaquil, en la vía de acceso al hospital Monte Sinaí.

El presente se centrará en el diseño geométrico y diseño de conceptualización vial, logrando así generar un modelo que permita una simulación de eventos y ofrezca resultados para un posterior análisis.

1.4 Preguntas de investigación

1.4.1 Hipótesis

El análisis del diseño vial aplicando la metodología BIM, proporcionará la información necesaria para identificar los inconvenientes suscitados por la variación de las cantidades obtenidas, en el existente estudio de prefactibilidad, acarreando así problemas en la planificación y gestión del presupuesto, en el proyecto vial de rehabilitación, ubicado en la provincia del Guayas, cantón Guayaquil, vía Monte Sinaí.

1.5 Objetivos de la investigación

1.5.1 Objetivo general

Analizar la incidencia al implementar la metodología BIM en el diseño de un proyecto de infraestructura vial, partiendo de un estudio de prefactibilidad elaborado en base a una metodología tradicional.

1.5.2 Objetivos específicos

1. Comparar los resultados obtenidos por medio de un software BIM, en relación con las cantidades determinadas a través del estudio de prefactibilidad existente.

2. Establecer una guía para la implementación de la metodología BIM en proyectos de infraestructura vial.
3. Analizar de manera conceptual la capacidad de colaboración y comunicación entre las especialidades involucradas en un proyecto BIM.
4. Estudiar las mejores prácticas y las tendencias en la implementación de BIM en proyectos de infraestructura vial

1.5 Importancia y justificación de la investigación

La industria de la construcción se ha centrado en la correcta gestión de tiempo y costo, mediante la aplicación de una metodología tradicional. Sin embargo, esta, no evalúa las especialidades de diseño en conjunto, llevando así una mala coordinación y teniendo como resultado un retraso producido por diseños defectuosos. Actualmente el Ecuador hace uso del sistema tradicional de construcción, como la revisión de planos de forma física y análoga en 2D, los cuales no permiten prever las interferencias producidas durante el diseño y posterior construcción.

En la vía de Monte Sinaí, se ha observado que existen inconvenientes con los ciclos de construcción y ejecución del proyecto, es por esto que ha habido una serie de incertidumbres, tales como en la gestión del tiempo y el presupuesto que va a conllevar el término de la obra. El actual tema de investigación busca implementar la metodología BIM (Building Information Modeling) la cual está cobrando auge debido a la manera en la resuelve los problemas de interferencias, el manejo de recursos económicos y recurso humanos, a través de la evaluación de varias alternativas de diseño y construcción. A partir de un análisis del diseño vial existente

aplicando la metodología BIM, logrando así la comparación con el estudio de prefactibilidad, el cual fue desarrollado en base a una metodología tradicional.

De probarse la hipótesis, se obtendrá información que permita constatar la optimización de procesos, en las diferentes etapas con la finalidad de beneficiar las empresas constructoras y a la población general, gracias a una correcta gestión de la construcción, que evitará retrasos de los plazos propuestos, y reajustes de precios que podrían causar retrasos debido a disputas legales, tanto a la entidad contratante, como al contratista, este método resultará eficiente ya que se podrá llevar un mejor seguimiento de la obra.

CAPITULO 2

2. Marco Referencial

2.1. Planificación de proyectos

Para que el esfuerzo de un equipo de trabajo se vea materializado, y un proyecto de construcción alcance la etapa de madurez para poder definir su alcance, debe pasar por diferentes fases durante su desarrollo. Por lo que, se considera a la planificación como un tema de importancia dentro del ciclo de vida de los proyectos. Ochoa & Alvarado (2021), en su documento de investigación sobre "Planificación de proyectos y toma de decisiones" detallan un manual en el cual se explica el ciclo de vida de los proyectos de Ingeniería Civil lo cual se mencionará a continuación.

2.1.1 Etapa de pre-inversión:

Se divide en tres fases; perfil, prefactibilidad y factibilidad. Se define a esta etapa como crucial para iniciar la planificación, puesto que, se llevará a cabo análisis y estudios que permitirán considerar la mejor alternativa para la construcción, teniendo presente la satisfacción de las necesidades de los ciudadanos para así garantizar una correcta caracterización, mediante los estudios preliminares necesarios como son los de: orden financiero, técnico, ambiental, social y legal.

Es importante considerar que mientras más información se tenga del proyecto, menor será la incertidumbre de quienes lleven a cabo la ejecución, considerando así ahorros en imprevistos de obra.

2.1.2 Etapa de inversión:

Considera las actividades necesarias para cumplir tanto con los objetivos y alcances de la ejecución del proyecto. De acuerdo con Ochoa & Alvarado (2021), dentro de esta etapa se considera la obtención de permisos, el contacto de proveedores, al igual de etapas que están a un nivel más importante como son la ingeniería, abastecimiento y construcción que se relacionan directamente al desarrollo del proyecto.

Es en esta etapa de desarrollo del proyecto es donde se reflejan problemas de planificación debido a la falta de control de obra teniendo como resultado el retraso de la entrega del proyecto. Con relación a lo anteriormente mencionado Salinas (2019) sostiene que las funciones de costo y tiempo deben estar integradas, ya que cada retraso del proyecto repercute directamente en el costo de la obra y viceversa.

2.1.3 Etapa de operación:

Toma lugar desde el inicio de funciones del proyecto en cuestión, así como en la etapa de inversión, esta fase permite evaluar todas las funciones de la obra, y se considerará como exitoso si el diseño cumple con el objetivo propuesto. De acuerdo con Díaz & Rivera (2020), el uso de metodología BIM garantiza el cumplimiento a través de la optimización, fomentando el trabajo en conjunto en lugar de tener ideas dispersas, evitando la pérdida de información por bucles repetitivos en las etapas anteriormente mencionadas.

2.2 Definiciones generales de la gestión de tiempo y costo

2.2.1 Gestión del tiempo

2.2.1.1 Definición general

La gestión del tiempo, según la guía del PMBOK 6ta Edición (PMBOK, 2021), busca analizar la estimación optima que posee un proyecto, de acuerdo a la duración de cada actividad que disponga, en función de los recursos y la respectiva secuencia que posee la ejecución.

2.2.1.2 Proceso de la gestión del tiempo en un proyecto

La gestión del tiempo también incluye una serie de procesos el cual administrará el proyecto en función al tiempo.

Los procesos que son necesarios para la realización de un proyecto en un tiempo óptimo para ser culminado, según PMI (Project Management Institute) (PMBOK, 2021) son:

- Planificar la gestión del tiempo,
- Definir las actividades, secuenciar las actividades
- Estimar los recursos de las actividades
- Estimar la duración de las actividades
- Desarrollar el cronograma
- Controlar el cronograma.

De acuerdo con la necesidad y al área de conocimiento, cada proceso interactuará entre sí y puede implicarse en el trabajo de cualquier persona o grupo de trabajo.

2.2.1.1 Planificar la gestión del tiempo

La gestión del tiempo en cualquier proyecto comienza con el proceso de planificación, el cual establece la política, documentación y procedimientos necesarios para la correcta ejecución y control del cronograma de actividades.

Las etapas que conforman la gestión del tiempo son:

Lista de actividades: Describe las actividades necesarias para la ejecución del proyecto según el cronograma previamente establecido.

Atributos de la actividad: Describe más detallada las actividades y sus componentes interconectados.

Lista de hitos: Se trata de un punto relevante en el proyecto que marca un logro importante o una fase crítica.

2.2.1.2 Definir actividades

El segundo proceso que debe tener el proyecto, se lo describe como las tareas o acciones que son obligatorias realizar en cualquier entregable de un proyecto.

2.2.1.3 Secuenciar actividades

En este proceso, se documentará las actividades del proyecto y se analiza como interactúan entre sí.

2.2.1.4 Estimar los recursos de las actividades

Es el proceso utilizado para estimar el tipo y los valores que requiere una actividad al ser ejecutada. El proceso está definido exclusivamente a la estimación de costos.

Las etapas que lo componen, son: Lista de actividades, atributos de la actividad, lista de hitos, declaración de alcance del proyecto, activos de los procesos de la organización.

2.2.1.5 Estimar la duración de las actividades

Es un proceso crucial para la finalización oportuna de cualquier proyecto. Este proceso consta de dos etapas principales:

La creación de una lista de actividades y la creación de calendarios de recursos. La lista de actividades detalla todas las actividades necesarias para la finalización del proyecto y proporciona información sobre los recursos y atributos necesarios para llevar a cabo cada actividad.

Por otro lado, los calendarios de recursos proporcionan información detallada sobre la disponibilidad de los recursos, factores ambientales y activos de los procesos de organización que pueden influir en la ejecución de las actividades.

2.2.1.6 Desarrollar el cronograma

El siguiente proceso, se lo utiliza para detallar todo el presupuesto, tiempo y las fases que componen las actividades del cronograma que conlleva el proyecto.

2.2.1.7 Controlar el cronograma

El último proceso, es el que monitoreará el estado del proyecto, el cual se describe como el que puede gestionar cualquier cambio del cronograma y la actualización que tiene el progreso del proyecto.

2.3 Gestión del costo

2.3.1 Definición general

Según el PMBOK Séptima Edición, la gestión de costos se define como el cálculo y monitoreo de los costes específicos que tendrá cualquier proyecto. Esta gestión busca valorar el costo que posee cada recurso y elaborar un presupuesto de cada actividad agregada, en donde no haya ninguna que varie y produzca un sobrecosto, en donde repercuta en la rentabilidad esperada (Echeverria, 2017).

2.3.2 Procesos en la gestión del costo en un proyecto

En la gestión del costo en un proyecto intervienen cuatro procesos distintos, como son la planificación de gestión en los costos, estimación de costos, determinación del presupuesto y control de costos.

2.3.2.1 Planificar gestión de los costes

Es el proceso el cual se ve intervenida la política, documentación y varios procesos de planificación, y gestión para la ejecución de un proyecto.

2.3.2.2 Estimación de costos

El siguiente proceso se analiza mediante la realización de un aproximado en los recursos que son necesarios para la elaboración de las actividades.

2.3.2.3 Determinar el presupuesto

Es el proceso por el cual se agregan los respectivos costos en las actividades de trabajo para tener una línea base especifica y autorizada.

2.3.2.4 Control de costos

Es el último proceso en la gestión de costos, el cual se lo define como el proceso donde se monitoriza y analiza el estado que posee el proyecto, con el objetivo de poder actualizar los costes y realizar los cambios necesarios en su línea base (Echeverria, 2017).

2.4 Estructura de los procesos constructivos

La estructura de los procesos constructivos se la puede definir como una actividad que influye en la economía de cualquier país a nivel mundial, además de poder desarrollarse y estar en constante evolución con la tecnología que aborda en los diferentes sectores productivos.

El sector productivo es uno de los más importantes debido a que es una respuesta a todas las necesidades de infraestructura que necesita la sociedad moderna. Es valorado también por la oferta de empleos que ofrece, tanto a profesionales, como a personas preparadas en el ámbito de la construcción y mano de obra (Avellaneda & Pérez, 2015).

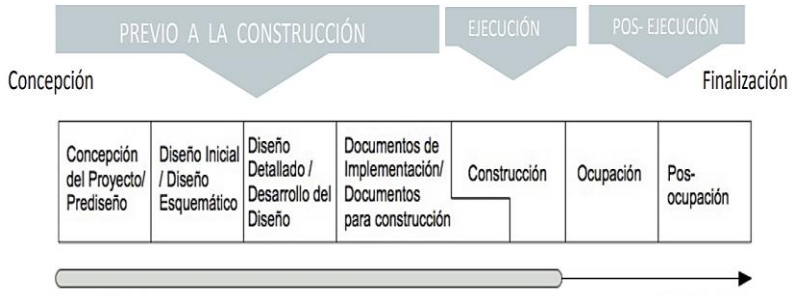
2.4.1 Definición

La estructura de procesos constructivos se lo puede definir como una sucesión de fases en el transcurso de tiempo, que son requeridas para la realización de cualquier obra de infraestructura. A pesar de que el proceso de construcción para una obra tiene una metodología especifica, hay algunos pasos en su metodología que siempre se deben realizar.

Un proyecto se lo realiza por medio de ciertos procesos específicos relacionados en la construcción. En la Figura 2, se detallan las fases que intervienen en el proceso de construcción. No todos los procesos llevan el mismo modelo, pero se los puede dividir en tres: Proceso previo a la construcción, durante la ejecución, post ejecución.

Figura 2

Fases en el proceso de construcción



Fuente: Esquema de proyecto constructivo – BIM and Construction fig. 3.1. pag 90.

Como se pudo detallar en la imagen las fases en los procesos de construcción se caracteriza por ser de logística y de ejecución. También dentro de este grupo se dividen en cuatro etapas, que son fundamentales para el orden sucesivo de cualquier proceso constructivo, como son la definición, planificación, diseño y desarrollo y construcción del proyecto (Ana, 2015).

2.4.2 Etapas en los procesos constructivos

2.4.2.1 Definición proyecto

La primera etapa en la realización de cualquier proceso constructivo es la definición del proyecto, el cual da como iniciado el proceso de ideas iniciales conjuntas para la investigación. En la presente etapa se puede definir la necesidad, los requisitos, condición, lugar, etc. La figura 4 detalla las fases que posee un proyecto en un proceso constructivo.

Figura 3

Estructura General De los Procesos Constructivos



Autor: Arq. Ana María Martínez Torres

2.4.2.2 Planificación y desarrollo

La segunda etapa del desarrollo en el proceso constructivo está dada por la planificación del proyecto, en donde se analiza la información que se ha detallado en la definición del proyecto. Se puede dar la forma al diseño del proyecto, esquemas, entre otros. Una vez definido formalmente todos los puntos mencionados anteriormente se puede realizar la documentación específica para la realización del proyecto.

2.4.2.3 Construcción

Una vez que se ha realizado la documentación, en la presente etapa se puede continuar con el proceso constructivo del proyecto. Los documentos realizados en la planificación y desarrollo son para poder ejecutarlo, aunque aún existan puntos que se deban pulir (Avellaneda & Pérez, 2015).

2.4.2.4 Finalización

Una vez dada por inicio y ejecutada la etapa constructiva del proyecto, se realiza detalles para la finalización del mismo y el mantenimiento respectivo.

2.5 Metodología tradicional

La metodología tradicional de construcción se la realiza mediante un concepto básico, que es un proceso lineal. El primer paso en esta metodología se la desarrolla desde el cliente, ya que él va a contratar al arquitecto con el objetivo de desarrollar el diseño, con ayuda de profesionales expertos en ingeniería. Una vez que el diseño ha sido realizado, el siguiente paso en el presente proceso, es la documentación de la construcción del proyecto, donde finalmente se entregará a los contratistas generales. La metodología tradicional se compone de 3 fases como se aprecia en la Figura 4 a continuación.

Figura 4

Proceso de documentación usando la metodología tradicional



Fuente: BIM and Construction Management, Brad Hardin 2009

2.6 Desventajas en la metodología tradicional en la construcción

Actualmente la metodología tradicional de construcción es un sistema que cada vez más está trayendo más problemas tanto a los contratistas como a los clientes que están acostumbrados a este tipo de proceso de entrega de proyectos. El sistema tradicional dispone de varios errores, debido al uso de documentación en papel, ya que estos causan imprevistos, retrasos y finalmente demandas legales en los equipos de proyecto.

Con la metodología tradicional, los diseñadores no pueden llegar a tener un nivel alto de detalle en su diseño, debido a los posibles problemas que pueden enfrentar en la construcción. Lo que provoca usualmente en un problema con los contratistas, que son los responsables de llevar la ejecución, en una gestión del presupuesto inesperada en la ejecución del proyecto (Ana, 2015).

Una desventaja que también existe en los procesos constructivos durante la metodología tradicional son el uso de herramientas, debido a que son limitadas a la comunicación en papel, haciendo uso de tecnologías en 2D. Los documentos muy pocas veces se los comparte mediante proyecciones.

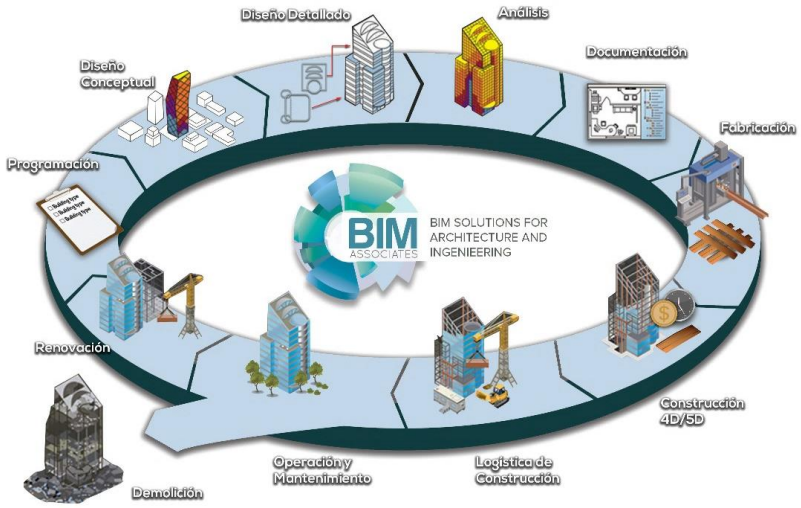
2.7 Flujo de trabajo BIM en proyectos viales

En el Ecuador, la aplicación de la metodología BIM no es de carácter obligatorio en procesos de contratación pública, sin embargo, dentro en el sector privado, queda a expensas de los requerimientos de los dueños del proyecto. Es importante mencionar que Díaz & Rivera (2020), sostienen que la aplicación de BIM en infraestructuras viales en otros países ha sido un éxito por los beneficios generados en tiempo y costo gracias a la compatibilización de las especialidades y el desarrollo integrado de las mismas.

En la Figura 5, se detallan las etapas que a traviesa un proyecto BIM, cada metodología tiene un mismo punto de partida el cual es la planificación, sin embargo, la metodología BIM destaca por las consideraciones que realiza en la etapa de diseño, por su parte, el diseño conceptual recopila información que permite evaluar los trabajos a realizarse y así tomar decisiones en beneficio del proyecto.

Figura 5

Ciclo de vida de un proyecto BIM



Fuente: Autodesk Knowledge Network

En la parte del detalle se incluye el diseño colaborativo, el cual busca darle forma al proyecto a partir de los estudios, aplicando las bases técnicas y considerando todas las especificaciones necesarias. Por otra parte, el diseño colaborativo se centra en la interacción que existen entre las partes involucradas en el desarrollo del proyecto.

El análisis del proyecto a través de la metodología BIM permite la detección de interferencias a través de un proceso exhaustivo, en el que se evalúan las diferentes ingenierías que complementan el proyecto; de esta forma se puede validar el diseño o proceder a la revisión,

en caso de ser necesario. Cabe destacar, que las revisiones se deben realizar de manera coordinada, para que, en el proceso de resolución de errores, no se vean afectadas otras partes del diseño.

Esta nueva metodología, a través de la tecnología, permite la obtención de información importante para el proyecto, siendo esta el cálculo de cantidades, ya sean lineales, métricas o volumétricas con la finalidad de obtener precisión cuando se elabore el presupuesto de obra.

La etapa de fabricación se inicia cuando se tengan listo los diseños y las tablas de cantidades del proyecto. En ocasiones las piezas requeridas para el proyecto son tan detalladas que es necesario la implementación de un proceso digital para su elaboración. De igual manera se considera la construcción en 4D y 5D que se centra en la planificación del cronograma y elaboración del presupuesto respectivamente. El presupuesto (5D) estima los costos en cada una de sus partidas, siendo posible optimizar tiempo y costos (Díaz & Rivera, 2020).

Una buena gestión y control logística garantiza la optimización del tiempo, ya que, en el caso de detectarse interferencias, sería posible realizar ajustes antes de dar inicio al proyecto, evitando incurrir en gastos innecesarios y atrasos en los plazos de entrega.

La etapa de operación y mantenimiento se evalúa una vez que se da inicio al uso del proyecto, esta etapa es de igual importancia, ya que permite medir el nivel de satisfacción de los beneficiarios finales mientras le dan uso al proyecto, todo ajuste o modificación se realizará como parte del mantenimiento.

Finalmente, la demolición, detalla la etapa en donde concluye el ciclo de una estructura, al levantar el modelado de una estructura existente, será posible identificar los elementos que han

compuesto a la estructura en cuestión, al igual que brindará la información necesaria para continuar el proceso de destrucción. En el caso de elegir la etapa de remodelación o renovación, se trabajará sobre un modelado existente adjuntando las modificaciones que comprende la metodología BIM con la finalidad de optimizar los recursos en cada parte del proceso, garantizando así los tiempos de trabajo y el costo del mismo.

2.8 Metodología BIM

Las herramientas tecnológicas han estado presentes desde hace cincuenta años atrás para la proyección de diseños arquitectónicos. Hoy en día realizar un proyecto constructivo sin la tecnología de herramientas digitas, es imposible, debido a toda la información y al tiempo y programación que son cada vez más competitivos.

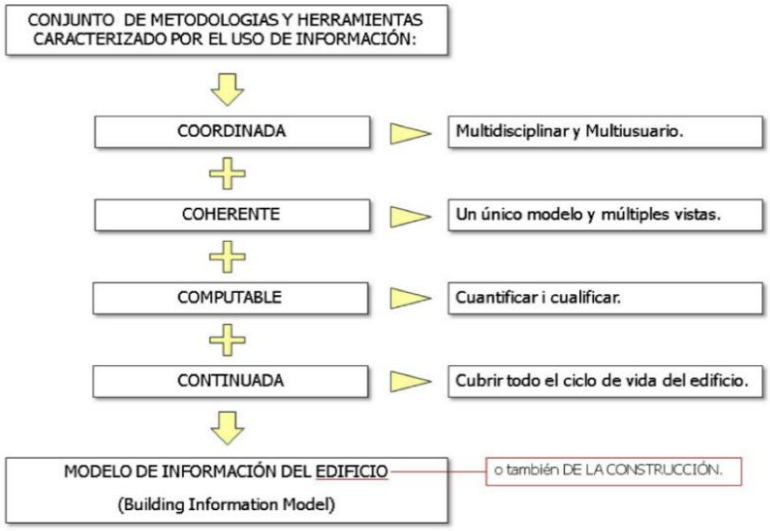
Es un error argumentar que BIM, es un programa de computadora o un software que tiene una aplicación. Una definición correcta, es el conjunto de metodologías que se componen mediante el uso de herramientas tecnológicas, denominado modelo de construcción virtual.

La metodología BIM, es usada para poder gestionar las actividades de cualquier proyecto constructivo de manera cooperativa. Mediante las herramientas tecnológicas que proporciona la metodología, podemos generar modelos con características que no solo están tratando de visualizar un diseño digital, si no de un modelo donde detalle cada elemento que compone la información del diseño, como las condiciones físicas, funcionalidad, los materiales, etc.

En la Figura 6. Podemos observar la representación gráfica de todas las metodologías, herramientas y características, como la coordinación, coherencia que compone la tecnología BIM.

Figura 6

Representación gráfica de la definición BIM



Fuente: Eloi Coloma 2008, Definir BIM, Model Representación y Vista

2.8.1 Capacidad BIM

La capacidad, se refiere al uso que tiene una organización al usar las herramientas de tecnología que dispone en la metodología BIM. Se divide en tres diferentes etapas, la etapa 1, es cuando la organización usa con facilidad un software basado en el modelado objetos, la etapa 2, en la colaboración que existe al realizar un modelo y la etapa 3, basada en la red de integración (Avellaneda & Pérez, 2015).

2.8.2 Madurez BIM

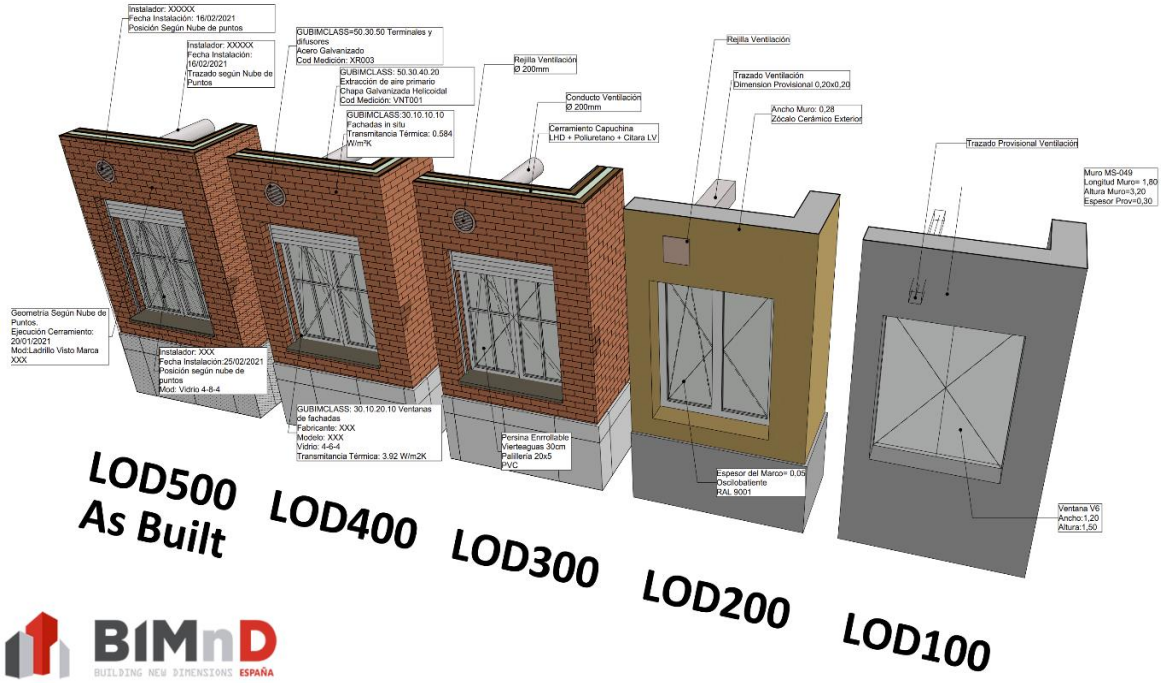
El termino madurez BIM, se refiere a los niveles de excelencia que posee la tecnología. También se lo puede conceptualizar como la capacidad de realizar un trabajo en la ejecución de BIM con un buen desempeño.

2.8.3 Niveles de Desarrollo

Los niveles de Desarrollo o LOD (Level of development), se conoce como los niveles de detalle, presentados en los modelos 3D. Los niveles de desarrollo hacen referencia a todos los niveles y a lo confiable que son los modelos BIM, durante todas las etapas del diseño y en la construcción. La figura 6 demuestra a continuación los niveles de detalle que se pueden observar en el desarrollo de la tecnología BIM.

Figura 7

Niveles de desarrollo (LOD)



Fuente: Building New Dimensions (BIMnD), 2020

De acuerdo con (BIMnD, 2022), los niveles de desarrollo para los entregables en 3D, se catalogan de la siguiente manera:

- LOD 100: Es el nivel que detalla el aspecto general o físico del objeto, se puede apreciar el diseño conceptual, que en términos de porcentaje es del 20%.
- LOD 200: Es un nivel básico, en donde incluye las dimensiones parametrizadas y se considera un 40% de la información del trabajo.
- LOD 300: Los elementos en este nivel ya incluyen funciones específicas, como las geométricas y posee un porcentaje del 60%
- LOD 400: El nivel de desarrollo detalla un modelo a un 80%, con un fabricante, con el valor que cuesta realizarlo y ya se puede contemplar el nivel de construcción.
- LOD 500: Es el nivel conocido por el termino AS BUILT, haciendo referencia a su significado al español, como réplica de una construcción. Se entiende que al realizar el LOD 500, se obtenga el 100% de la información, pero no siempre debe ser el caso.

2.8.4 Comparación entre la metodología tradicional y BIM

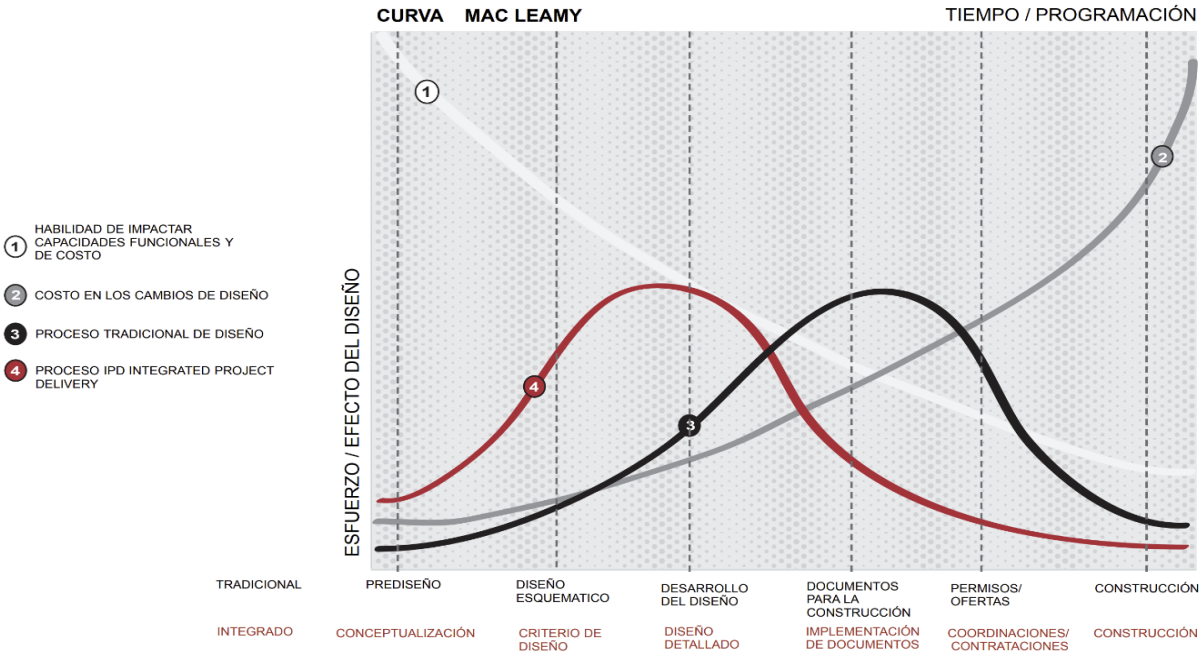
La metodología BIM a través del tiempo ha buscado integrar el uso de la arquitectura, ingeniería y construcción en un desarrollo de proyecto efectivo, innovador y colaborativo de procesos de edificación. A diferencia de la metodología tradicional, que está basado en procesos que conllevan a tener perdidas en la gestión del tiempo y presupuesto.

A continuación, se puede observar la curva de la Figura 8, que detalla empresario de Building Smart, Mac Leamy, en el que nos identifica las fases de duración en procesos de diseño que constituye un proyecto en la construcción. En donde se realiza una comparación entre la metodología tradicional y la que propone BIM.

La curva demuestra que mientras aumentamos el esfuerzo, invertimos en tiempo y en la etapa del desarrollo, dando como resultado un menor costo si existe un cambio de diseño o programación. Por otro lado, el método tradicional, si se disminuye el esfuerzo y se llega a terminar el tiempo que se realiza el diseño, resultará en tener un mayor costo por las modificaciones realizadas (Avellaneda & Pérez, 2015).

Figura 8

Gráfica tiempo y esfuerzo de las fases de construcción en un proyecto



Autor: Mac Leamy

Fuente: http://www.msa-ipd.com/MacleamyCurve.pdf

2.8.5 Plan de la metodología BIM en la construcción

Actualmente la tecnología BIM ha tenido un avance positivo en la industria de la construcción, debido principalmente al potencial económico y a que promueve proyectos

organizados y colectivos. Las grandes economías, incluyendo los mercados globales, continuado con la metodología y siguen con resultados favorables, donde se detalla estrategias eficientes e innovadoras hacia los procesos constructivos (Avellaneda & Pérez, 2015).

La identificación de BIM, durante las fases de planificación, diseño, construcción y operación, son necesarias para el desempeño y el resultado de datos obtenidos en la operación e instalación de cualquier proyecto. También existe el diseño del proceso, en donde se crea un mapa general, que posee una serie de pasos detallados del proceso. Luego se detalla el desarrollo de los protocolos, donde se analiza la información que ocurre entre los participantes del proyecto. Finalmente, está la definición de infraestructura de apoyo, donde incluye el lenguaje contractual y la estructura de los entregables (Aragón & Flores, 2018).

2.8.6 Influencia del BIM en el mercado global

La influencia de BIM a nivel mundial ha favorecido en gran medida a la economía de los países que usan la implementación de su metodología. Hoy en día existen países con economías en fase de transición o en vía de desarrollo, han comenzado a implementar la tecnología como una solución innovadora, para la gestión del tiempo y presupuesto.

Para analizar la influencia y repercusión que ha tenido el uso de las herramientas usadas en la tecnología BIM por las empresas AIC (Arquitectura, ingeniería, construcción) a nivel mundial, se necesita los resultados de los reportes que califican aspectos y características del uso del BIM en los mercados del exterior.

Los datos de los reportes antes mencionados son encuestas realizadas a 727 contratistas, en diez países distintos, en donde la tecnología BIM ha sido bien recibida. Algunos de estos países son: Brasil, Canadá, Alemania, Japón, Estados Unidos.

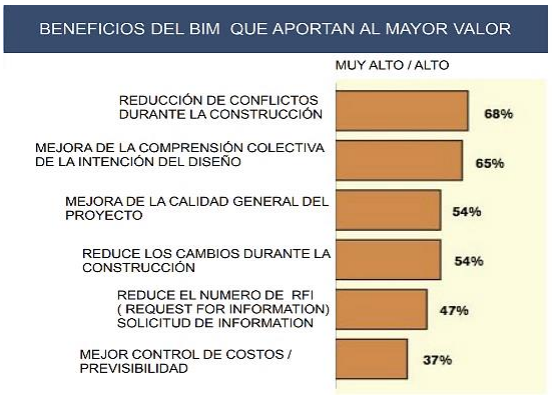
2.8.7 Beneficios de BIM en proyectos de construcción

Los resultados que se observan a continuación son resultados que se basan en las encuestas sobre la satisfacción de la industria AIC en el continente del norte. Gracias a este tipo de estudios, en la actualidad se conoce cuáles son los factores con usos más valorados en el uso de las herramientas en tecnología BIM.

Actualmente el 50% de la industria de la construcción, ya está usando la implementación BIM, debido al buen negocio que la tecnología permite. Los usos de BIM más valiosos hoy en día son la presentación en donde el 67% que son los usuarios ven un alto valor, luego un 76% los arquitectos y un 66% los propietarios. La figura 9 representa un gráfico porcentual en donde se puede observar que el mayor beneficio según su aporte es de la reducción de conflictos durante la construcción, con un 68%, comprensión colectiva 65%, duración si existe algún cambio en la construcción 54%, entre otros datos obtenidos.

Figura 9

Gráfica porcentual de los mejores beneficios BIM

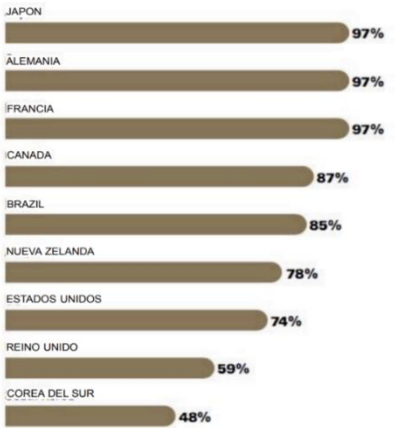


Fuente: McGrawHill 2009

En la Figura 10, se observa un análisis de una encuesta realizada a varios contratistas, en donde se detalla porcentualmente los países que poseen con retorno positivo al usar la metodología BIM dentro de su planeación en los proyectos de construcción. En esta figura se aprecia que el mayor porcentaje de retorno positivo lo tiene Japón, Alemania y Francia.

Figura 10

Gráfico porcentual del retorno positivo de inversión por países



Fuente: McGrawHill 2009

2.9 Autodesk Infraworks en una infraestructura vial

Para poder determinar la mejor solución en un diseño conceptual dentro de un proyecto, se necesita tener varias alternativas para una mejor toma de decisiones.

El proyecto de investigación se caracteriza por tener factores como la ubicación, longitud de la vía, tipo de suelo, hidrología, entre otros. Es por ello, que es necesario el uso de programas para el análisis de soluciones en el diseño conceptual de infraestructuras.

Infraworks, es un software que permite a los profesionales de la construcción, modelar, visualizar y analizar diseños con una vista en 2 o 3D, en donde se podrá observar los modelos digitales construidos. De esta manera se tendrá una mejor toma de decisiones durante los resultados del proyecto. El uso del software necesita de información preliminar para poder realizar los primeros modelos a realizarse, como el diseño geométrico.

Finalmente, es necesario mencionar que para realizar un modelo a detalle en Infraworks, se necesita desarrollarlo con otras herramientas de ingeniería. Civil 3D y Revit son dos softwares que permiten exportar un modelo digital a detalle en explanaciones.

2.10 BIM en AutoCAD Civil 3D

AutoCAD Civil 3D, es un software que puede ser aplicado a muchas funcionalidades, el cual posee una documentación, fácil manejo y herramientas que constituyen a las diferentes etapas que tiene un proyecto de infraestructura vial. El diseño corresponde al respectivo análisis, detalle, conceptualización, el mantenimiento y operación.

2.11 Implementación de BIM en Ecuador

Dentro del sector público, los proyectos de Ingeniería Civil se realizan bajo la implementación de una metodología tradicional, donde basan el control de manera global una vez que se ha dado por finalizado la etapa de diseño. Por lo general, el análisis se basa en agrupar toda la documentación de diseño, obviando interferencias que se puedan presentar durante el proceso. En virtud de lo anteriormente mencionado, sostiene que es erróneo considerar un proyecto como un proceso lineal, pues el aporte individual genera una falta de coordinación repercutiendo directamente en la carencia de tiempo para realizar un análisis exhaustivo del nivel de detalle y así poder detectar errores previos a la ejecución del proyecto.

2.12 Marco Legal

2.12.1 Normas de estándares BIM para la construcción

Los estándares BIM establecen las pautas y procedimientos que deben seguirse para el desarrollo de proyectos. Estas normas definen las responsabilidades de los diferentes actores involucrados en el proyecto, así como la forma en que se deben desarrollar y compartir los modelos y la información correspondiente. Además, las normas también establecen la terminología común y las definiciones necesarias en la comunicación entre los diferentes equipos de trabajo.

La importancia de los estándares BIM radica en la necesidad de garantizar una integración efectiva y eficiente de la metodología BIM en el ciclo de vida del proyecto. Estos

estándares garantizan la coherencia y calidad, lo que se traduce en una mayor eficiencia y productividad en todas las etapas del proyecto.

2.12.1.1 International Organization for Standardization (ISO)

La organización internacional de estandarización hace referencia a una organización privada, avalada por los organismos nacionales de normalización, su principal función es dar solución a problemas relacionados con la producción y la distribución mediante estándares técnicos, aunque también cumple con la función de satisfacer las necesidades de estandarización de calidad para el desempeño económico, medioambiental y social) (Vélez, 2018).

La aceptación, y la rápida difusión de las normas ISO, se debe a que están basadas en el conceso de partes que desean que se elaboren estándares debido a la demanda de las industrias para la puesta en práctica. La organización se encarga de tomar en cuenta los avances tecnológicos y los intereses en juego por lo que establecen revisiones periódicas para determinar si la norma debe mantenerse, reformarse o derogarse.

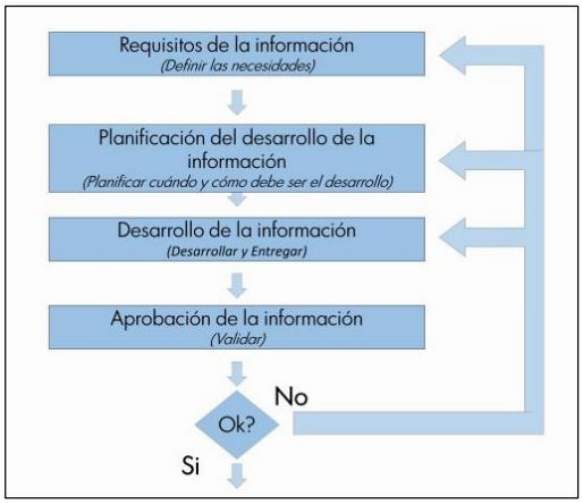
2.12.1.2 Norma ISO 19650 1 – 2

En el ámbito de la adquisición, uso y gestión de la información para el ciclo de proyectos de Ingeniería Civil, ISO considera una serie de normas que se centran en definir el marco, requisitos y principios. Tal como se muestra en la Figura 11, comienza detallando la importancia de contar con la información necesaria para definir las necesidades del propietario respecto al componente de los términos de referencia (TdR). En la continuidad del esquema, el ciclo de desarrollo detalla la planificación y la entrega de información, ambos comprenden los diseños y

entregables. Finalmente, Si el cliente aprueba los entregables se concluiría con el cumplimiento de esta primera parte de ISO-19650-1 (Ayay & Laiza, 2020)**.**

Figura 11

Esquema general del desarrollo de información según ISO-1960 – 1



Fuente: (Ayay & Laiza, 2020)

En definitiva, la norma ISO 19650 busca reducir las actividades improductivas de los equipos, favoreciendo así los tiempos y costos a través de una visión general de la gestión de la información. Por otra parte, la segunda parte de esta norma se desarrolla mediante la ilustración de cada punto y paso para articular un contrato, a través de un diagrama de flujo, y se centra específicamente en la entrega del activo.

2.12.2 Guía en la implementación de la metodología BIM en USA

A pesar de que E.E.U.U es uno de los pioneros en hacer uso de la metodología BIM, Biblus (2019) en su blog internacional de conocimientos técnicos y software sobre arquitectura, ingeniería y construcción, sostiene que Estados Unidos al no contar con normas uniformes de coordinación y estandarización, el uso de BIM se basa solamente en la relación entre contratante y contratista. Sin embargo, sus esfuerzos se ha visto dos entidades nacionales han desarrollado guías para la implementación de la metodología BIM.

La administración General de Servicios, conocida como GSA por sus siglas en inglés, creó una guía en el año 2010, que sirve de soporte educacional para los proyectos a ser ejecutados en E.E.U.U. El mayor propósito es proporcionar orientación y requisitos para que de la manera más eficiente, los equipos de proyectos puedan iniciar sus proyectos con el uso de esta metodología. Al igual que el Instituto Nacional de Ciencias de la Construcción elaboró el documento de Estándar Nacional BIM de los Estados Unidos que se proporciona nuevos estándares basados en existentes con la finalidad de garantizar la optimización de recursos y la correcta funcionalidad de las instalaciones.

2.12.3 Normas de diseño en demanda vehicular y la oferta vial

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas, detalla la clasificación nacional de la red vial por:

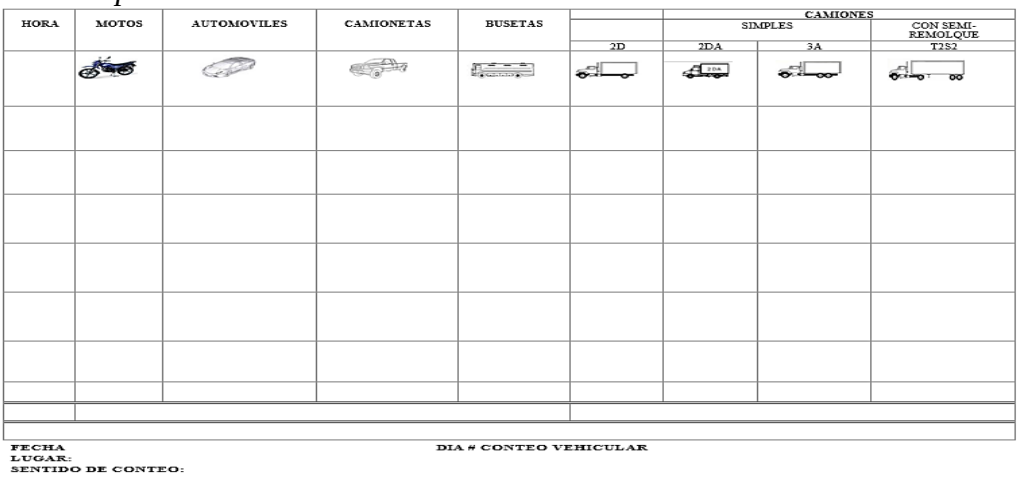
- Clasificación por Capacidad (Función del TPDA)
- Clasificación por jerarquía en la red vial
- Clasificación por condiciones Orográficas
- Clasificación por número de calzadas
- Clasificación en función de la superficie de rodamiento

Con el propósito de entender los problemas de tránsito en la vía de acceso a Monte Sinaí, es importante realizar una interpretación de la demanda vehicular y la oferta vial. La demanda vehicular se define como la cantidad de vehículos que harán uso de un sistema vial, considerando también aquellos que eligen las rutas alternas para evitar la congestión. Para llevar a cabo el análisis de tráfico, se debe estimar la demanda existente y la proyectada a 20 años la cual el MTOP, en la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras detalla el cálculo que se debe realizar.

Con la finalidad de llegar a determinar el Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS) y Anual (TPDA) se debe partir por el conteo de tránsito, como se puede observar en la Figura 12, el control de este registro se da a través del siguiente formulario.

Figura 12

Formato para conteo de tránsito



Fuente: Elaboración propia

Con el estudio de tránsito realizado por el Ministerio de Transporte y Obras para la rehabilitación de esta vía de acceso, en la Figura 13 se detallan los resultados obtenidos, siendo de interés el TPDA proyectado para así determinar la clasificación de la vía.

Figura 13

Resultados obtenidos mediante estudio de tránsito.

T.P.D.Af (Proyectado a 20 años)	15,931 veh. mixtos/día/ambos sentidos
Clasificación de la vía	Clase I MOP (absoluta)
Terreno	LLano
Velocidad de diseño	100 Km/h
Ancho de pavimento (mínimo)	7,30 m

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas

El mejoramiento y rehabilitación de la vía, se ejecutará cumpliendo las especificaciones técnicas establecidas en:

- Manual de Diseño Geométrico de Carreteras MOP.
- Normas de Diseño MOP-001 -E.
- Especificaciones Estándar para Puentes y Carreteras AASHTO, en lo relacionado con efectos de diseño sísmico.
- Disposiciones Generales. Normas especiales para estudios de suelo y geología MOP.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción, referente al capítulo de Geotecnia y Cimentaciones (NEC-SE-GC) y estructura de Hormigón Armado.

Todas las normas, especificaciones y disposiciones aquí mencionadas, se refieren a las revisiones más recientes de cada una de ellas.

CAPITULO 3

3. Metodología

3.1 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación se divide en dos, método y tipo de investigación. El método de investigación puede ser deductivo, inductivo, de análisis y de síntesis. Y el tipo de proyecto, se divide en exploratoria, descriptiva, analítica y bibliográfica-documental.

3.2 Método de investigación

Los métodos de investigación que usaremos son de análisis y síntesis. Utilizaremos el método de análisis en los estudios comparativos para poder resaltar que metodología que conlleva una mejor gestión en el tiempo y los recursos utilizados en el proyecto que está en proceso en la rehabilitación de la vía Monte Sinaí. Y el método de síntesis, para recopilar toda la información obtenida en el estudio realizado.

3.3 Tipo de investigación

La tesis se basa en un tipo de investigación denominada "aplicada" o "empírica", que es práctica y activa. Esta investigación está relacionada con las investigaciones básicas ya que depende de ellas para generar un beneficio social. Se utilizan teorías existentes como normas y procedimientos para adaptarlas a la realidad.

La investigación se enmarca en el concepto de investigación proyectiva, ya que busca desarrollar un modelo que se centra exclusivamente en el diseño geométrico y el diseño conceptual de la infraestructura vial, con el objetivo de simular el tráfico y obtener datos que permitan mejorar la problemática en cuestión. El modelo no requerirá ni considerará datos ni cálculos relacionados con estructuras, geotecnia u otras especialidades que no se relacionen directamente con el diseño geométrico y el diseño conceptual de la infraestructura vial.

3.4 Población y muestra

La población que tiene como propuesta el trabajo de investigación, son los profesionales que actualmente intervienen en la obra en ejecución de la vía Monte Sinaí, donde analizaremos que tipo de metodología de construcción implementan más en sus proyectos.

3.5 Instrumentos o herramientas utilizadas

Los instrumentos o herramientas que se utilizarán durante este estudio comparativo serán:

1. Levantamiento de la información
2. El software de modelado tridimensional "Civil 3D" fue de gran importancia para la recopilación de datos en la fase de diseño, ya que permitió crear un modelo tridimensional preciso y detallado de la infraestructura vial, lo cual fue esencial para poder simular el tráfico y obtener datos relevantes para mejorar la problemática en estudio.
3. Encuestas y entrevistas: Se utilizarán encuestas y entrevistas para la recopilación de datos existentes entre los que participantes que conforman el proyecto de

infraestructura vial, incluyendo a los diseñadores, planificadores, constructores, usuarios finales y otros.

4. Análisis estadístico: Se desarrollará en el proyecto de investigación técnicas de uso estadístico, como el diagrama de barras, en los datos que se han recopilado en las encuestas, entrevistas y análisis de costo y tiempo.
5. Guías y estándares: Se tomará como referencia las respectivas guías y estándares existentes en el uso de la metodología BIM en proyectos de infraestructura vial.

3.6 Procedimiento

1. Comenzar con la investigación de los procesos, en cuanto a los procedimiento, tareas y organización a través del tiempo que ha tenido la empresa constructora para realizar el proyecto, conjunto al análisis de los resultados.
2. Realizar una valoración al proyecto que sea capaz de conocer los inconvenientes suscitados en la ejecución del proyecto vial, con el objetivo de mejorarlos, usando la metodología BIM.
3. Revisar la documentación recolectada, escogiendo los datos más significativos o relevantes para tener una guía o base de apoyo para elaborar la metodología de implementación.
4. Proponer las necesidades que posee el proyecto que tengan mayor importancia para ser analizadas y resueltas.

3.7 Alcances y limitaciones

3.7.1 Alcances

El alcance será a través de una investigación analítica y de documentación bibliográfica, se lo realizará durante un periodo de seis meses en conjunto a mi compañero y tutor de tesis. La comparación entre metodologías se lo realizará mediante un levantamiento de la información en la vía Monte Sinaí.

3.7.2 Limitaciones

El único problema al realizar un estudio comparativo entre metodologías aplicado a una rehabilitación vial es el permiso para la obtención de los estudios realizados en la vía. Además del tiempo que se necesita para visitar a las empresas o el tratar el tema de la tecnología BIM con los contratistas, que están realizando la obra vial, ya que muchas veces están acostumbrados a la metodología tradicional y no desean actualizarse.

Finalmente, también es necesario mencionar que el proyecto de investigación se encuentra un poco limitado debido a los recursos disponibles, como el tiempo y el presupuesto, lo que podría afectar la profundidad y el alcance de la investigación.

3.8 Cronograma de trabajo

Cronograma Para el desarrollo de la implementación de la metodología BIM en el proyecto de infraestructura vial en la vía en desarrollo con acceso al hospital Monte Sinaí.

1. Anteproyecto de la infraestructura vial:

   En esta fase se llevará a cabo la definición de los objetivos y requerimientos del proyecto. Se realizarán estudios de viabilidad, y el análisis de alternativas. También se elaborarán planos y modelos digitales del proyecto en BIM para su posterior análisis y revisión.

2. Proyecto constructivo de la infraestructura vial:

   En esta etapa se elaborarán los planos y modelos digitales detallados de la obra, se definirán los materiales y técnicas constructivas a emplear, y se llevará a cabo la planificación de la obra en términos de plazos y recursos necesarios.

3. Diseño sanitario:

   En esta fase se llevará a cabo el diseño de los sistemas sanitarios necesarios para la infraestructura vial, como alcantarillado, suministro de agua, drenaje pluvial, entre otros. Se empleará la metodología BIM para la elaboración de modelos digitales detallados y se integrarán con los modelos de la infraestructura vial para asegurar una coordinación y compatibilidad óptimas.

4. Análisis estadístico y de planificación:

   En esta etapa se realizará un análisis de los datos y proyecciones de demanda de la infraestructura vial, se llevará a cabo la planificación del proyecto en términos de costos y recursos.

5. Dirección de proyecto:

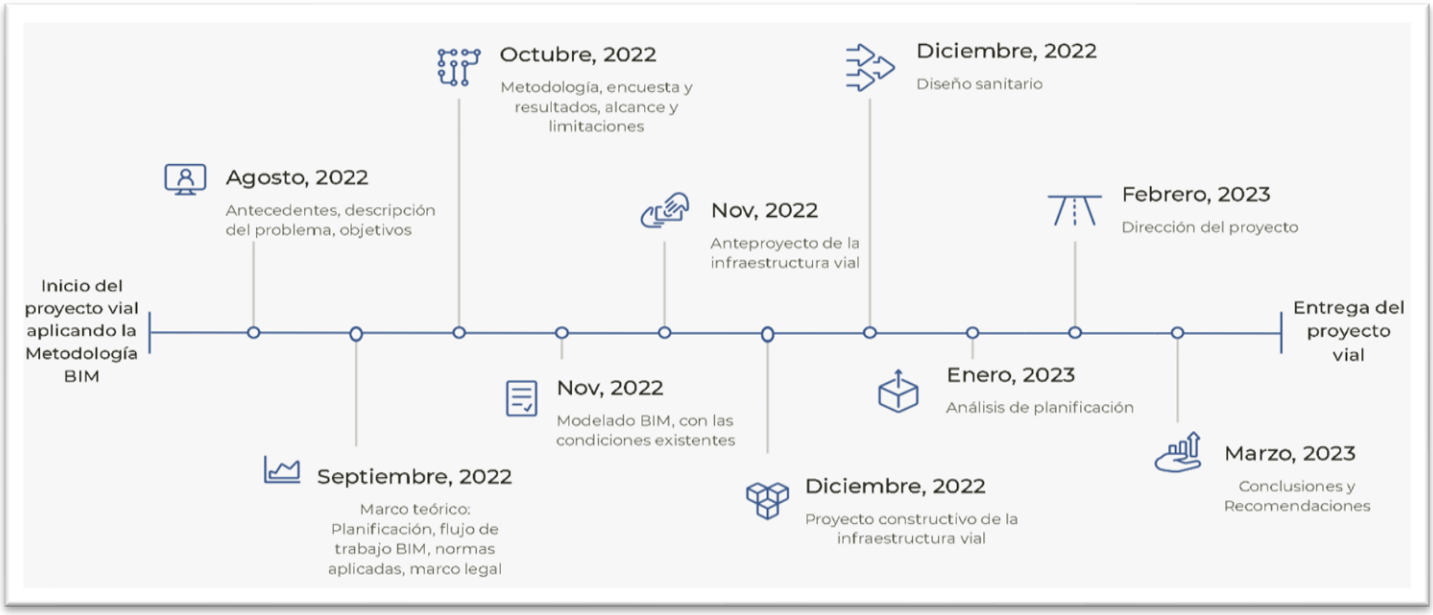
   Esta actividad se llevará a cabo a lo largo de todo el proyecto y tiene como objetivo coordinar y supervisar todas las actividades y equipos involucrados en el mismo. Se llevará un seguimiento detallado del cumplimiento de plazos y costos. Además, usaremos el PMBook como texto guía para usar la matriz de dirección y poder sintetizar el ciclo de vida del proyecto de una manera más eficaz.

6. Entrega del proyecto:

   En esta fase se llevará a cabo la entrega final del proyecto, se realizará una revisión final de calidad y se procederá a la aceptación del proyecto por parte del cliente. Finalmente, se entregará la documentación necesaria para la operación y mantenimiento del proyecto

Figura 14

Calendario de actividades



Fuente: Elaboración propia

3.9 Encuesta

La encuesta se realizará a los profesionales que intervienen en el proyecto vial, que se encuentra actualmente en ejecución, en la vía Monte Sinaí. La encuesta dispondrá de doce preguntas, en donde se podrá responder mediante opción múltiple o argumentando una respuesta de opinión personal.

La encuesta tiene como objetivo conocer el nivel de conocimiento que tienen los profesionales con la herramienta tecnológica BIM. Además de conocer si han implementado dicha tecnología en alguno de los proyectos que han intervenido en los procesos constructivos y poder conocer la tendencia en el uso de programas avanzados para el diseño, cálculo y simulación de procesos constructivos.

Figura 15

Encuesta a los profesionales que intervienen en la obra en desarrollo

Proyecto final (Master en Gestión de la construcción)

Encuesta realizada a los profesionales que intervienen en el proyecto vía en rehabilitación Monte Sinaí.

1. Que profesión tiene?

- ◯ Ingeniero Civil
- ◯ Arquitecto
- ◯ Ingeniero Electrico
- ◯ Constructor
- ◯ Otro

2. ¿Cuántos años de experiencia tiene en el campo de la infraestructura vial?

- ◯ Menos de 5 años
- ◯ Entre 5 y 10 años
- ◯ Más de 10 años

3. ¿Ha oído hablar de la metodología BIM? ¿Cuál es su nivel de conocimiento sobre ella?

- ◯ Sí, he oído hablar de ella y tengo un conocimiento básico
- ◯ Sí, he oído hablar de ella y tengo un conocimiento intermedio
- ◯ No, no he oído hablar de ella

4. ¿Cómo calificaría la importancia de la implementación de la metodología BIM en proyectos viales?

- ◯ Importante
- ◯ Poco importante
- ◯ No tengo una opinión formada al respecto
- ◯ No estoy seguro/a
- ◯ No se ha realizado ningún ajuste

5. ¿Ha trabajado en algún proyecto vial utilizando BIM? ¿Cuál fue su experiencia en ese proyecto?

- ◯ Sí, mi experiencia fue positiva
- ◯ Sí, mi experiencia fue negativa
- ◯ No, no he trabajado en ningún proyecto vial utilizando BIM

6. ¿Cuáles son los principales desafíos que enfrenta en su trabajo diario? ¿Cómo cree que BIM podría ayudar a superarlos?

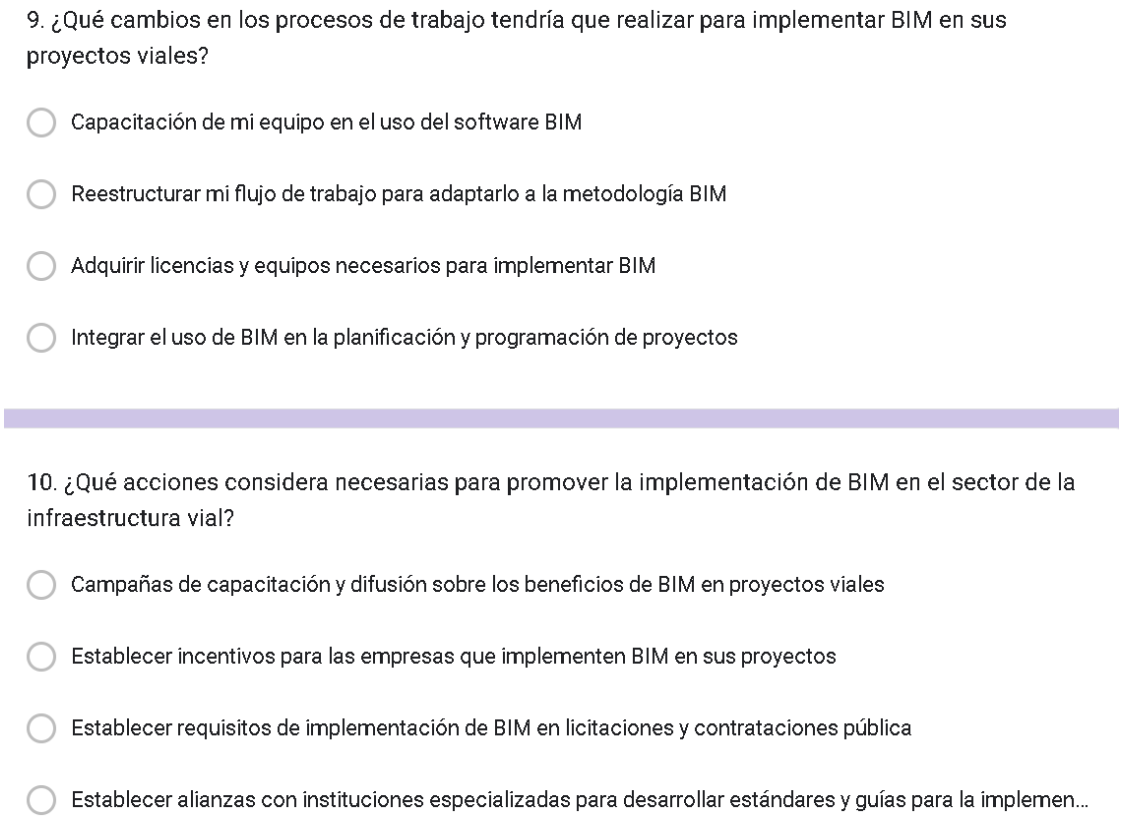
- ◯ Falta de coordinación entre diferentes disciplinas del proyecto
- ◯ Dificultad para mantener un control adecuado de los cambios en el proyecto
- ◯ Dificultad para garantizar la calidad del proyecto

7. ¿Qué beneficios cree que se podrían obtener al aplicar BIM en proyectos viales?

- ◯ Mejora en la colaboración y coordinación entre disciplinas
- ◯ Mejora en el control de los cambios y la gestión de la información
- ◯ Mejora en la planificación y programación de las obras

8. ¿Qué recursos o capacitación necesitaría para poder implementar BIM en sus proyectos viales?

- ◯ Capacitación en el uso de software BIM
- ◯ Apoyo técnico para el manejo de los modelos BIM
- ◯ Asesoría para la planificación y la implementación de BIM en el proyecto



Fuente: Elaboración propia

3.10 Resultados de la encuesta

El presente capítulo se enfoca en el análisis de los resultados obtenidos en la encuesta que se observa en la Figura 14, a profesionales del sector que intervienen directa o indirectamente dentro del proyecto de infraestructura vial, con el objetivo de determinar la tendencia y percepción sobre la implementación de la metodología BIM en proyectos de este tipo. La encuesta se realizó a través de un cuestionario en línea y presencial, el cual incluyó preguntas relacionadas con la importancia de la implementación de BIM, los desafíos y

obstáculos en su implementación, los beneficios esperados y las acciones necesarias para promover su uso en el sector.

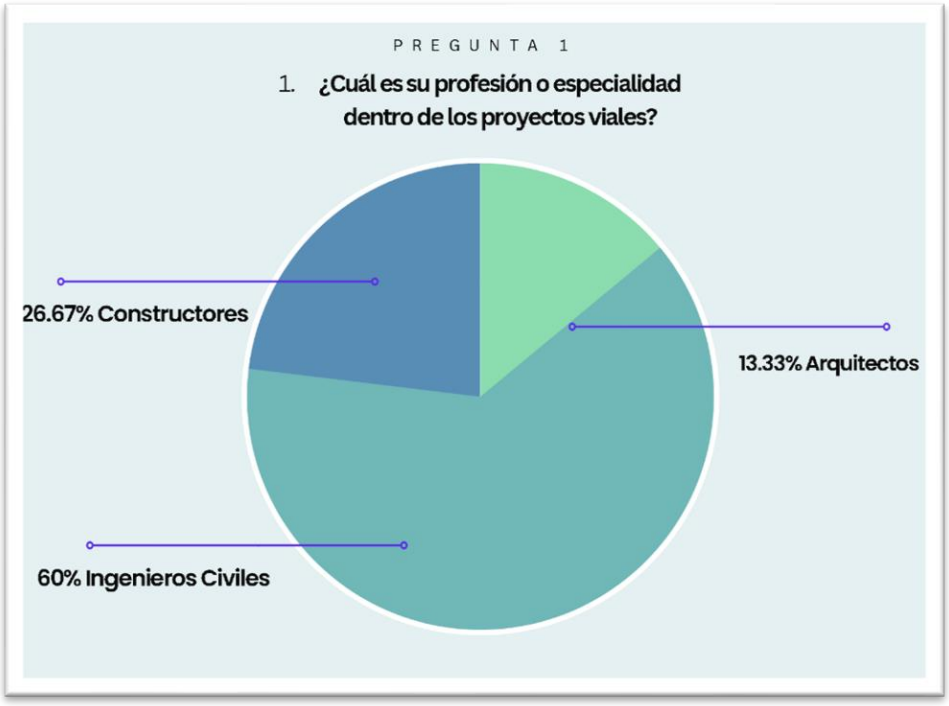
La metodología BIM, se ha convertido en una herramienta esencial en la planificación, diseño, construcción y mantenimiento de edificios y estructuras. Sin embargo, su implementación en proyectos de infraestructura vial aún no es tan común. La encuesta busca entender las razones detrás de esto y cómo se puede promover su uso en este sector.

Es importante destacar que en este análisis se presentan los datos resultantes de la encuesta, y los mismos permiten conocer la percepción de los profesionales del sector vial sobre la implementación de la metodología BIM, y establecer las acciones necesarias para promover su implementación en el sector. A continuación, se presentan los gráficos y tablas con los resultados obtenidos en la encuesta, junto con un análisis detallado de los mismos.

Los resultados de la encuesta indican que la mayoría de los profesionales encuestados consideran que la implementación de BIM es importante o muy importante para mejorar la eficiencia y calidad en los proyectos viales. Sin embargo, también se observa que existen desafíos, como la falta de capacitación y experiencia en el uso de software BIM, y la falta de incentivos y estímulos para su implementación.

Figura 16

Resultado porcentual de la primera pregunta en la encuesta



Fuente: Elaboración propia

Tabla 2

Distribución de los resultados arrojados en la primera pregunta

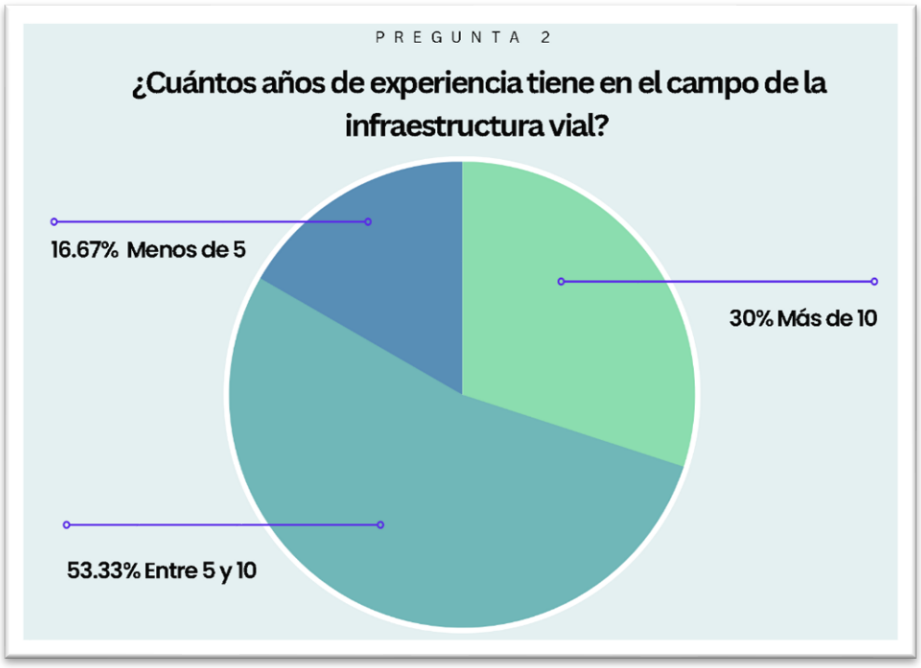
ALTERNATIVAS	DATOS OBTENIDOS	PORCENTAJE
Ingeniero Civil	18	60
Constructor	8	26.67
Arquitecto	4	13.33

Fuente: Elaboración propia

La Figura 16 y Tabla 2 anterior tiene un total 30 profesionales encuestados que participaron en la encuesta, de los cuales 18 son ingenieros civiles, representando el 60% de la muestra. 8 son constructores, lo que equivale al 26.67% y 4 son arquitectos, que representa el 13%.

Figura 17

Resultado porcentual de la segunda pregunta en la encuesta



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3

Distribución de los resultados arrojados en la segunda pregunta

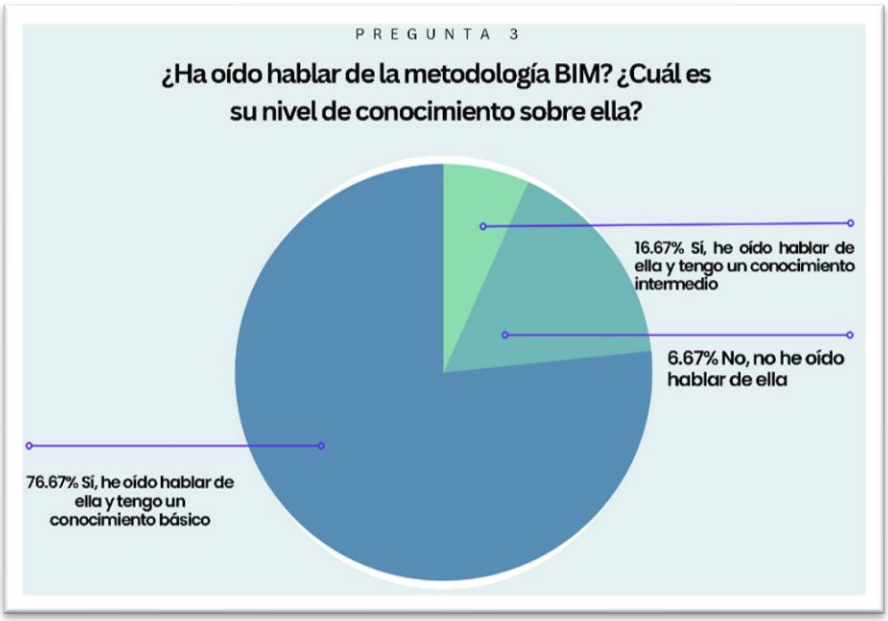
ALTERNATIVAS	DATOS OBTENIDOS	PORCENTAJE
Menos de 5 años	5	16.67%
Entre 5 y 10 años	16	53.33%
Más de 10 años	9	30%

Fuente: Elaboración propia

La Figura 17 y Tabla 3, tiene un total 30 profesionales encuestados que participaron en la encuesta, de los cuales 5 respondieron que poseen menos de 5 años de experiencia, representando el 16.67% de la muestra. 16 personas respondieron que tienen una experiencia entre los 5 y 10 años son constructores, lo que equivale al 53.33 % y 9 más de 10 años, que representa el 13%.

Figura 18

Resultado porcentual de la tercera pregunta en la encuesta



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4

Distribución de los resultados arrojados en la tercera pregunta

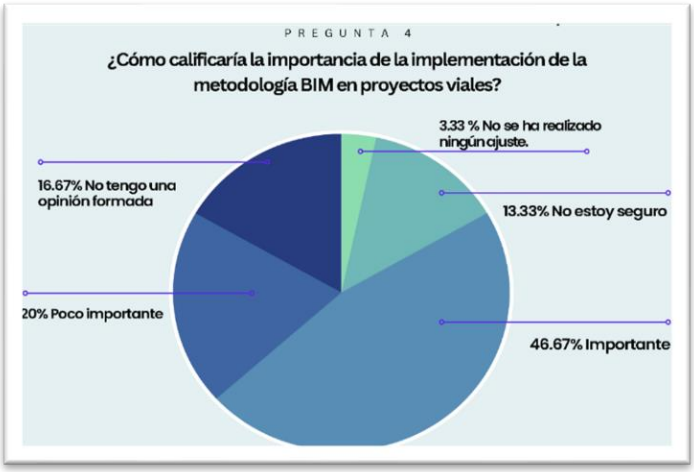
ALTERNATIVAS	DATOS OBTENIDOS	PORCENTAJE
Sí, he oído hablar de ella y tengo un conocimiento básico.	23	76.67%
Sí, he oído hablar de ella y tengo un conocimiento intermedio.	5	16.67%
No, no he oído hablar de ella.	2	6.67%

Fuente: Elaboración propia

La Figura 18 y Tabla 4, tiene un total 30 profesionales encuestados que participaron en la encuesta, de los cuales 23 respondieron que sí han oído hablar de ella y tienen un conocimiento básico, representando el 76.67% de la muestra. 5 personas respondieron que Sí, he oído hablar de ella y tengo un conocimiento intermedio, lo que equivale al 16.67 % y 6.67% No, no he oído hablar de ella.

Figura 19

Resultado porcentual de la cuarta pregunta en la encuesta



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5

Distribución de los resultados arrojados en la cuarta pregunta

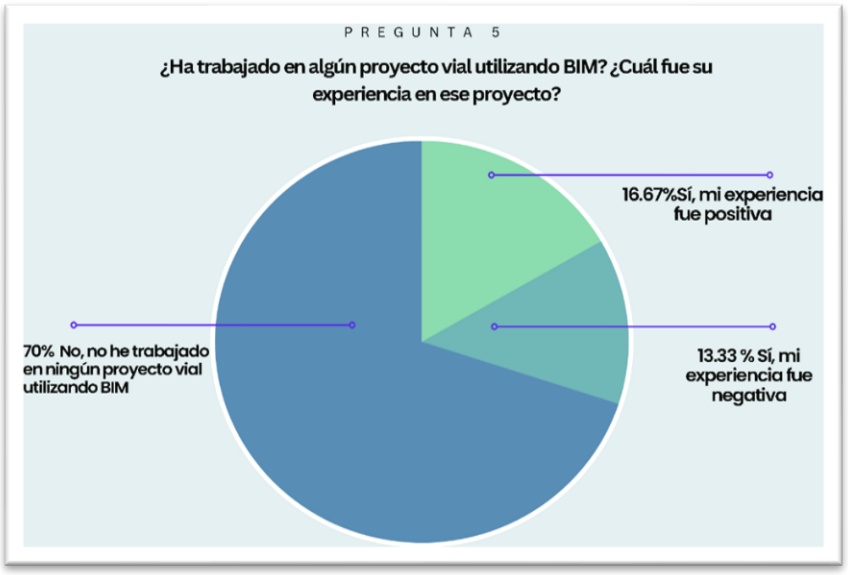
ALTERNATIVAS	DATOS OBTENIDOS	PORCENTAJE
Importante	14	46.67%
Poco importante	6	20.00%
No estoy seguro	4	13.33%
No tengo una opinión formada	5	16.67%
Sin ningún ajuste	1	3.33%

Fuente: Elaboración propia

La Figura 19 y Tabla 5, tiene un total 30 profesionales encuestados que participaron en la encuesta, de los cuales 14 respondieron que sí consideran importante el uso de la metodología BIM en los proyectos viales, representando el 46.67% de la muestra. 6 personas respondieron que es poco importante, equivalente al 20%, 4 personas no están seguras si la metodología BIM se podría usar en los respectivos proyectos. Por otro lado 5 personas contestaron que no tienen una opinión formada y 1 persona que no se ha realizado ningún ajuste.

Figura 20

Resultado porcentual de la quinta pregunta en la encuesta



Fuente: Elaboración propia

Tabla 6

Distribución de los resultados arrojados en la quinta pregunta

ALTERNATIVAS	DATOS OBTENIDOS	PORCENTAJE
Si, mi experiencia fue positiva	5	16.67%
Si, mi experiencia fue negativa	4	13.33%
No, no he trabajado en ningún proyecto vial utilizando BIM	21	70%

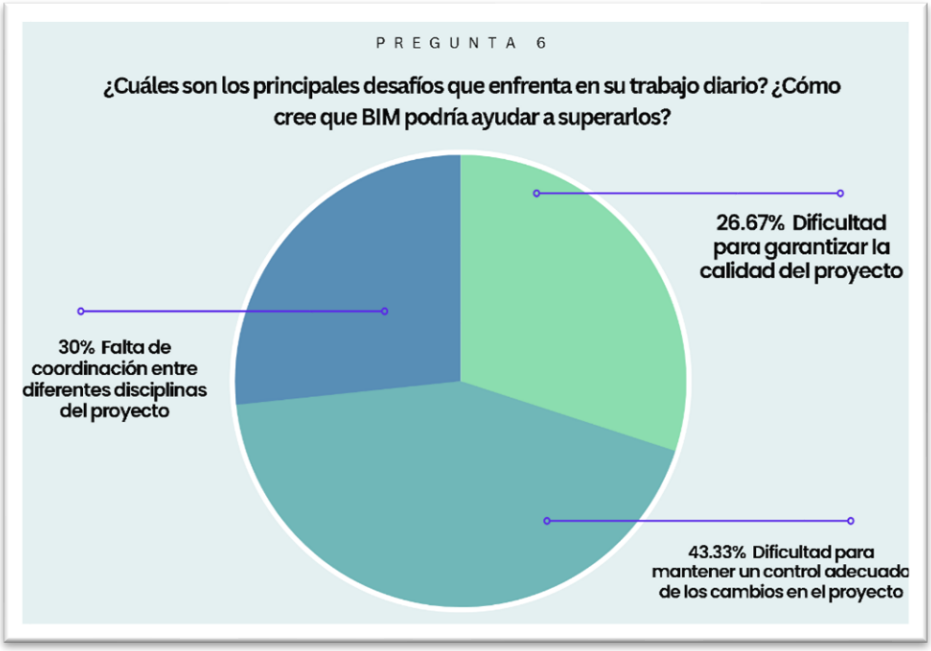
Fuente: Elaboración propia

La Figura 20 y Tabla 6, tiene un total 30 profesionales encuestados que participaron en la encuesta, de los cuales 5 respondieron que si han trabajado dentro de un proyecto vial

usando la metodología BIM y que además tuvieron una experiencia satisfactoria durante el proyecto en desarrollo, representando el 16.67% de la muestra. 4 personas respondieron que si han trabajado con la metodología pero que su experiencia que no fue satisfactoria, siendo equivalente a 20%. Por último, 21 personas respondieron que no han trabajado con la metodología BIM, representando el 70%.

Figura 21

Resultado porcentual de la sexta pregunta en la encuesta



Fuente: Elaboración propia

Tabla 7

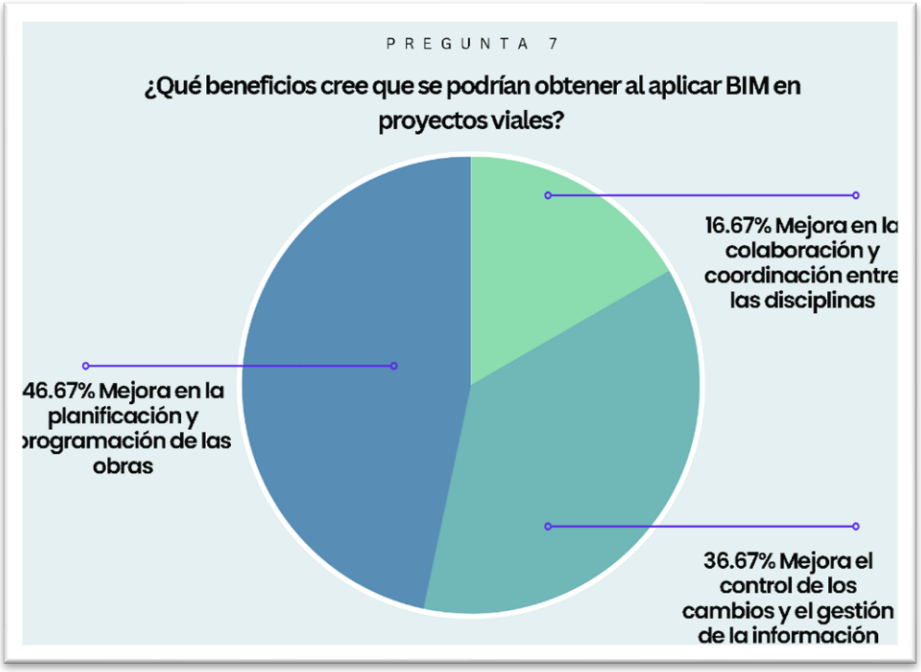
Distribución de los resultados arrojados en la sexta pregunta

ALTERNATIVAS	DATOS OBTENIDOS	PORCENTAJE
Falta de coordinación entre diferentes disciplinas del proyecto	9	30%
Dificultad para mantener un control adecuado de los cambios en el proyecto	13	43.33%
Dificultad para garantizar la calidad del proyecto	8	26.67%

La Figura 21 y Tabla 7 anterior tiene un total 30 profesionales encuestados que participaron en la encuesta, de los cuales 9 respondieron que existe una falta de coordinación entre las diferentes disciplinas del proyecto, representando el 30% de la muestra. 13 personas respondieron que existe una dificultad para mantener un control adecuado de los cambios en el proyecto, siendo equivalente a 43.33%. Por último, 8 respondieron que hay una dificultad para garantizar la calidad del proyecto, representando el 26.67%.

Figura 22

Resultado porcentual de la séptima pregunta en la encuesta



Fuente: Elaboración propia

Tabla 8

Distribución de los resultados arrojados en la séptima pregunta

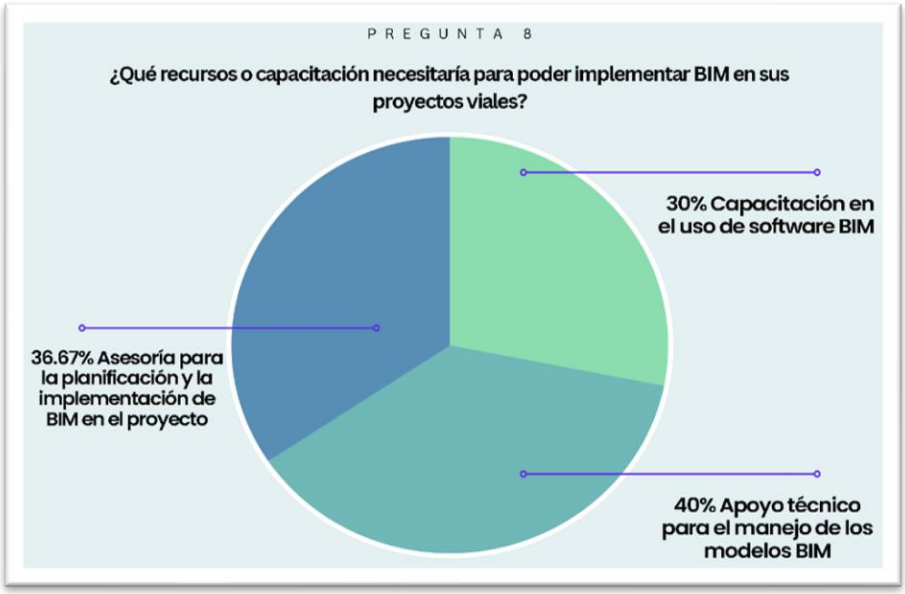
ALTERNATIVAS	DATOS OBTENIDOS	PORCENTAJE
Mejora en la colaboración y coordinación entre disciplinas	5	16.67%
Mejora en el control de los cambios y la gestión de la información	11	36.67%
Mejora en la planificación y programación de las obras	4	46.67%

Fuente: Elaboración propia

La Figura 22 y Tabla 8 anterior, tiene un total 30 profesionales encuestados que participaron en la encuesta, de los cuales 5 consideran que el beneficio que podría traer BIM en los proyectos viales, es la mejora en la colaboración y coordinación entre disciplinas, representando el 16.67% de la muestra. 11 personas respondieron creen que la mejora en el control de los cambios y la gestión de lla información, es lo que más traerá beneficios a la industria, equivalente a 36.67%. Por último, 14 personas respondieron debe haber una mejora en la planificación y programación de las obras para obtener beneficio usando la metodología BIM, representando el 46.67%.

Figura 23

Resultado porcentual de la octava pregunta en la encuesta



Fuente: Elaboración propia

Tabla 9

Distribución de los resultados arrojados en la octava pregunta

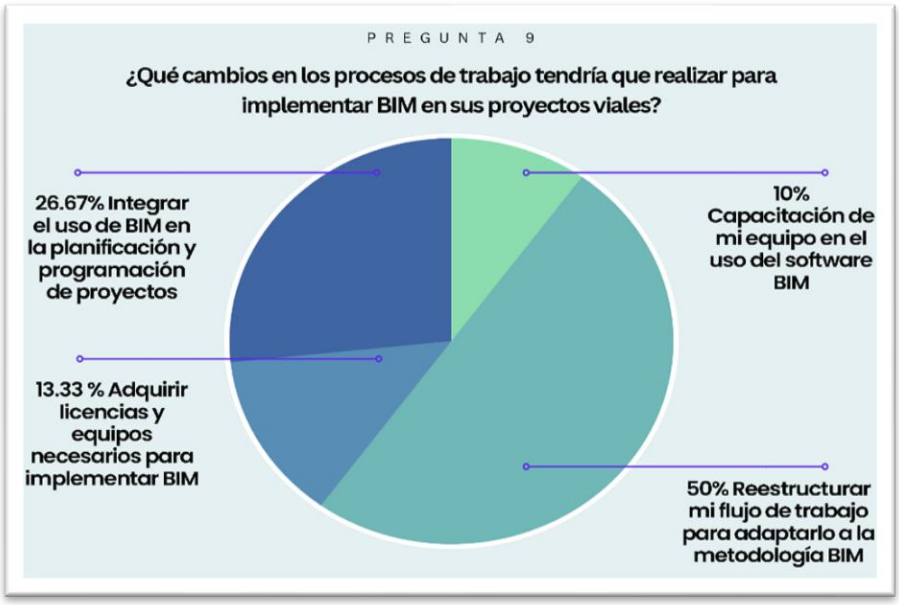
ALTERNATIVAS	DATOS OBTENIDOS	PORCENTAJE
Capacitación en el uso de software BIM	9	30%
Apoyo técnico para el manejo de los modelos BIM	12	40%
Asesoría para la planificación y la implementación de BIM en el proyecto	11	36.67%

Fuente: Elaboración propia

La Figura 23 y Tabla 9, tienen un total 30 profesionales encuestados que participaron en la encuesta, de los cuales 9 consideran que el recurso o capacitación necesaria para implementar BIM en sus proyectos viales, es una correcta capacitación en el uso del software, representando el 16.67% de la muestra. 12 personas respondieron que el apoyo técnico para el manejo de los modelajes en BIM serían de gran ayuda para sus futuros proyectos viales, equivalente a 40%. Por último, 11 personas respondieron que una asesoría para la planificación y la implementación de BIM sería necesaria, representando el 46.67%.

Figura 24

Resultado porcentual de la novena pregunta en la encuesta



Fuente: Elaboración propia

Tabla 10

Distribución resultados arrojados en la novena pregunta

ALTERNATIVAS	DATOS OBTENIDOS	PORCENTAJE
Reestructurar mi flujo de trabajo para adaptarlo a la metodología BIM	15	50%
Adquirir licencias y equipos necesarios para implementar BIM	4	13.33%
Integrar el uso de BIM en la planificación y programación de proyectos	8	26.67%

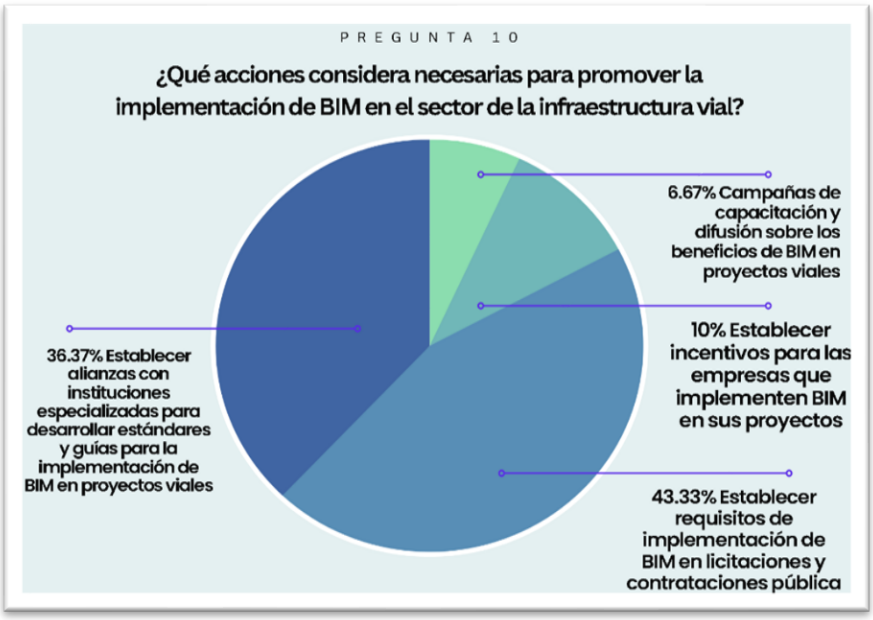
Fuente: Elaboración propia

La Figura 24 y la Tabla 10, tiene un total 30 profesionales encuestados que participaron en la encuesta, de los cuales 3 consideran que el cambio necesario para los procesos para implementar el modelado BIM, es la capacitación del equipo donde trabajan en el uso del software BIM, representando el 10% de la muestra.

15 personas respondieron que es mejor una reestructuración en el flujo de trabajo para adaptarlo a la metodología BIM, equivalente a 50%. 4 personas respondieron que es preferible adquirir licencias y equipos necesarios para la implementación BIM en sus proyectos futuros. Por último, 8 personas consideran que integrar el uso de BIM en la planificación y programación de proyectos, representando el 26.67%.

Figura 25

Resultado porcentual de la décima pregunta en la encuesta



Fuente: Elaboración propia

Tabla 11

Distribución resultados arrojados en la novena pregunta

ALTERNATIVAS	DATOS OBTENIDOS	PORCENTAJE
Establecer incentivos para las empresas que implementen BIM en sus proyectos.	6	10%
Establecer requisitos de implementación de BIM en licitaciones y contrataciones pública.	15	43.33%
Establecer alianzas con instituciones especializadas para desarrollar estándares y guías para la implementación de BIM en proyectos viales.	9	36.67%

Fuente: Elaboración propia

La Figura 25 y Tabla 11, tienen un total 30 profesionales encuestados que participaron en la encuesta, de los cuales 2 consideran que las acciones necesarias para promover la implementación de BIM en el sector de la infraestructura vial son las campañas de capacitación y difusión sobre los beneficios de BIM en proyectos viales, representando el 6.67% de la muestra. 3 personas respondieron que es mejor establecer incentivos para las empresas que implementen BIM en sus proyectos, equivalente a 10%. 13 personas respondieron que es preferible establecer requisitos de implementación de BIM en licitaciones y contrataciones pública, siendo equivalente un 43.33%.

Por último, 11 personas creen que establecer alianzas con instituciones especializadas para desarrollar estándares y guías para la implementación de BIM en proyectos viales representando el 36.67%. La mayoría de profesionales dentro del proyecto de infraestructura vial en construcción, considera que es mejor considerar establecer requisitos de implementación de BIM en licitaciones y contrataciones pública.

CAP 4

4. Plan de ejecución BIM (BEP)

4.1 Introducción

El BEP, es un documento fundamental dentro de un proyecto de construcción que utiliza la metodología BIM. Es un plan detallado que establece la estrategia, los objetivos y los procesos necesarios para aplicar la metodología BIM en todo el ciclo de vida del proyecto.

Además, permite la estructura de colaboración y coordinación entre los diferentes participantes en el proyecto, incluyendo los propietarios del proyecto, los arquitectos, ingenieros, contratistas, subcontratistas y otros proveedores. También, determina los protocolos y procesos para la gestión de cambios en el modelo BIM, la coordinación entre los diferentes modelos, y la revisión y aprobación de la información.

En resumen, el BEP es un plan esencial para el éxito de un proyecto de construcción que utiliza la metodología BIM, en donde establece una estrategia clara para su debida implementación. Además, establece responsabilidades y protocolos de colaboración, proporcionando una guía para la creación y gestión de información, a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

4.2 Información del Proyecto

El BEP debe ser desarrollado al comienzo del proyecto y actualizado a medida que se produzcan cambios en el mismo. Debe ser un documento claro y conciso que especifique los objetivos, la metodología y los plazos para la implementación del BIM en el proyecto vial. El mismo debe incluir la información del proyecto, el solicitante, nombre del proyecto, la ubicación, descripción, entre otros. Toda esta información se la puede apreciar en la tabla 13.

También, debe establecer los procesos de control de calidad y gestión de riesgos para asegurar que el proyecto se desarrolle según lo planificado y se cumplan los objetivos establecidos. Así mismo, debe incluir un plan de comunicación para garantizar que todos los miembros del equipo y partes interesadas estén alineados y comprendan los procesos y procedimientos del BIM.

Tabla 12

Información del proyecto BEP

Información Del Proyecto	
Solicitante:	Ministerio de Transporte y Obras Públicas
Nombre del proyecto:	Mejoramiento y mantenimiento de Vía de Acceso a Hospital Monte Sinaí
Ubicación del proyecto:	Guayaquil, Guayas, Ecuador
Tipo de contrato:	Licitación
Descripción del proyecto:	Evaluar las condiciones actuales de la infraestructura vial, y plantear un diseño conceptual aplicando la metodología BIM con la finalidad de evaluar el alcance de su aplicación con relación a un diseño conceptual elaborado bajo una metodología tradicional.
Número de contrato:	MS1-ABMG
Número del proyecto:	001-2023
Estrato socioeconómico	Bajo
Coordenadas del proyecto	UTM WGS84 17S

Fuente: Elaboración propia

4.3 Actividades Y Periodo

En un Plan de Ejecución BIM (BEP) para un proyecto vial, se deben definir las actividades y los periodos de tiempo para cada fase del proyecto, desde la planificación hasta el cierre. A continuación, en la tabla 14, se describen algunas de las actividades y los periodos de tiempo que se pueden incluir en un BEP para un proyecto vial que implementa la metodología BIM.

Tabla 13

Actividades y Periodo (BEP)

	Entregable en fase de Redacción Proyecto	Plazo	Fecha Inicio	Fecha Entrega
1	**Plan de Ejecución BIM (PEB)**	1 mes		
2	**Modelado de estado actual del proyecto**			
2.1	Cartografía y Topografía para anteproyecto	1 mes		
2.2	Modelo BIM de condiciones existentes (as built de líneas existentes, nubes de puntos, campañas geotécnicas)	1 meses		
3	**Anteproyecto de la infraestructura vial**			
3.1	Documentación técnica en Pdf y papel	2 meses		
3.2	Documentación en formato editable (Doc, Xls, Dxf, etc)	1 mes		
4	**Proyecto Constructivo de la infraestructura vial y diseño sanitario**			
	Proyecto constructivo de Obra Civil e instalaciones incluye memoria, planos, pliegos en formato pdf y editable	2 meses		
	Modelo BIM de Obra Civil e instalaciones, de acuerdo al LOB pactado entre ambas partes en formato nativo e IFC	2 meses		

Fuente: Elaboración propia

4.4 Objetivos en el Plan De Ejecución BIM

4.4.1 Objetivo General

Aplicar metodología BIM partiendo de un diseño aprobado en base a una metodología tradicional, el cual será analizado por las partes interesadas y evaluarán el impacto de la aplicación de esta metodología.

4.4.2 Objetivos Estratégicos BIM

- Desarrollar el diseño conceptual de la infraestructura vial mediante el programa Civil 3D alineado a las buenas prácticas de la metodología BIM.

4.5 Objetivos BIM del cliente

- Supervisar la correcta ejecución de las especialidades que se involucran durante la etapa del diseño conceptual.

- Establecer una estructura de datos centralizada e integrada para la detección temprana de información repetitiva, o que genere conflictos durante la coordinación de los modelos de las distintas especialidades.

- Contar con modelos con un grado de detalle en relación con el LOD determinado, el cual permita la cuantificación de estos y a su vez sean operables.

- Mejorar el monitoreo del avance del proceso constructivo el cual conlleva a una reducción de errores y omisión involuntaria de documentos.

4.6 Propuesta de Plan de Ejecución BIM

En la Tabla 15, se presentan las principales funciones, normativas y descripciones que se deben considerar en un BEP para un proyecto vial utilizando la metodología BIM.

Tabla 14

Propuesta BEP

Función	Normativa	Descripción
Gestión de la información	ISO 9001	Ayuda a manejar la información de la que disponen las organizaciones, dedican una parte importante a diseñar recursos económicos y humanos a la obtención, proceso, aplicación y proyección de información.
	ISO 19650	Norma internacional de gestión de la información a lo largo de todo el ciclo de vida de un activo construido utilizando el modelado de información para la edificación (BIM o Building Information Modelling).
Estándar LOD	Level of Development Specifications (referencia a nivel mundial)	El nivel de información para todos los elementos proyectados en las distintas disciplinas
Coordinación y revisión de modelos	ISO 19650	Establece un proceso de coordinación y revisión de modelos, utilizando una plataforma BIM de acceso compartido. Se deben definir las responsabilidades de cada participante y los protocolos de intercambio de información.
Presentación de dibujo	Normas INEN	Calidad de líneas, escalas, cortes, cotas estandarizadas

4.7 Objetivos y prioridades del cliente en relación a los usos previstos por el equipo técnico

4.7.1 Información centralizada.

Se llevará a cabo durante las 4 fases del proyecto (anteproyecto, proyecto constructivo, obra), debido a la cantidad de data generada, se requiere la creación de un entorno de data común también conocido como CDE, en donde la información creada durante el proyecto estará disponible para todos los que reciben autorización de acceso de inicio a fin.

Una correcta estrategia de organización centralizada y colaborativa está dada bajo un correcto uso de nomenclaturas para la información que se ingresa, por lo que el uso de las directrices ISO mencionadas en el punto anterior es de importancia.

4.7.2 Modelado de condiciones existentes

Permite la disposición de un modelo digital del estado actual del proyecto, se soporta en la cantidad y calidad de información que se pueda obtener para la presentación de propuestas; su aplicación es de importancia durante la fase del anteproyecto, puesto que permite plantear de manera acertada los requerimientos del proyecto a intervenir.

4.7.3 Análisis de ingeniería.

Contempla los estudios realizados, esta información permitirá llevar a cabo, la ejecución de la obra, el análisis comprende el pre-diseño de los elementos que intervienen en la obra, los cuales pasan por un proceso de comprobación de normativas legales y técnicas. El análisis de ingeniería remarca su importancia durante proyecto constructivo ya que en base a la información que este genera se darán las cantidades de obra a ejecutar.

4.7.4 Diseño y Coordinación 3D

Se da inicio con el modelado de la información a partir del proyecto constructivo, el pilar fundamental para el diseño, es el análisis de ingeniería, de manera que en base a estos, se ejecutará; con la finalidad de contar con un diseño 3D es potenciar la interacción del cliente, involucrarlo en el proceso de manera que supervise la información que se esta ingresando contantemente.

Los archivos generados permitirán la apreciación volumétrica del proyecto logrando así una mayor compresión de los procesos y una anticipación en la toma de decisiones, esta será entregada a los técnicos responsables de la parte requirente los cuales podrán coordinar mediante la integración de archivos con la finalidad de llegar al chequeo de interferencias en el punto de vista constructivo para así evitar retrasos al momento de ejecutar la obra.

4.7.5 Obtención de documentación

La implementación de la metodología BIM a través del modelado 3D y la temprana detección de interferencias, ha logrado la reducción significativa de los errores de diseño y el realce del detalle en los entregables: las plantas, cortes, fachadas y demás componentes gráficos se obtienen directamente del modelo, evitando inconsistencias en la documentación y planos entregados.

La información obtenida en 2D cobra importancia durante el proyecto constructivo y más aún en la ejecución de la obra, como todas las disciplinas trabajan en conjunto bajo un único modelo tridimensional, los cambios generados se reflejan a todos aquellos que intervienen de manera instantánea, reduciendo así los tiempos de espera respecto a los cambios que conlleva la detección de un error.

4.7.6 Estimación del coste

El modelado 3D del proyecto cobra importancia durante esta fase del proceso, se busca la precisión en las cantidades de obra, para así vincular la cuantificación de los elementos al precio unitario del proyecto con la finalidad de garantizar la actualización inmediata ante cualquier cambio en el modelo.

4.7.7 Nivel de desarrollo

Es importante destacar que tanto el diseño geométrico de la vía y el diseño de las obras sanitarias estarán determinados en alcanzar un LOD 300 para el presente Plan de Ejecución

BIM. Se destaca el uso de este Nivel de Detalle ya que cuenta con datos gráficos tales como unidad, espesor, dimensión y el material que le compone, de manera que resulta fácil la estimación de costos a partir de los precios unitarios establecidos en los estudios definitivos.

4.7.8 Conclusiones de los usos previstos dentro del proyecto vial

La información centralizada es un uso crítico del modelo BIM para proyectos viales, ya que permite a todas las partes interesadas tener acceso a la información más actualizada y precisa del proyecto. La visualización 3D es una herramienta valiosa para el cliente, ya que le permite ver una representación virtual del proyecto y comprender mejor cómo se verá en la realidad.

La coordinación 3D también es importante para garantizar que todas las partes del proyecto estén coordinadas y se eviten conflictos. La documentación 2D es necesaria para cumplir con los requisitos de permisos y regulaciones gubernamentales. La tabla de cantidades y la estimación de costos son importantes para ayudar al cliente a mantener el proyecto dentro del presupuesto y planificar el gasto futuro. Por último, el LOD es importante para definir el nivel de detalle que se incluirá en el modelo BIM y garantizar que sea adecuado para los usos previstos.

En cualquier proyecto vial, es importante tener en cuenta los usos previstos para el modelo BIM. Estos usos se definen en el BEP y se basan en los objetivos y prioridades del cliente. La prioridad del cliente puede ser alta, media o baja y depende de la importancia que el cliente le da a cada uso. Los usos para el modelado BIM en un proyecto vial pueden incluir

información centralizada, visualización 3D, coordinación 3D, documentación 2D, tabla de cantidades, estimación de costos y nivel de detalle (LOD). A continuación, se puede observar en la Figura 25, el nivel de prioridad del equipo técnico del cliente, en relación con sus objetivos.

Figura 26

Usos previstos por la prioridad del equipo técnico cliente en relación con sus objetivos

Requerimiento	Uso del cliente						
Disciplina	Información centralizada (CDE)	Visualización 3D	Coordinación 3D	Documentación 2D	Tabla de cantidades	Estimación de costos	LOD
4 Diseño Vial							
Modelo MEP (Sanitario)							
.							
8 Prioridad	Alta						
	Media						
	Baja						

Fuente: Elaboración propia

4.8 Mapas de proceso en el Plan de Ejecución BIM

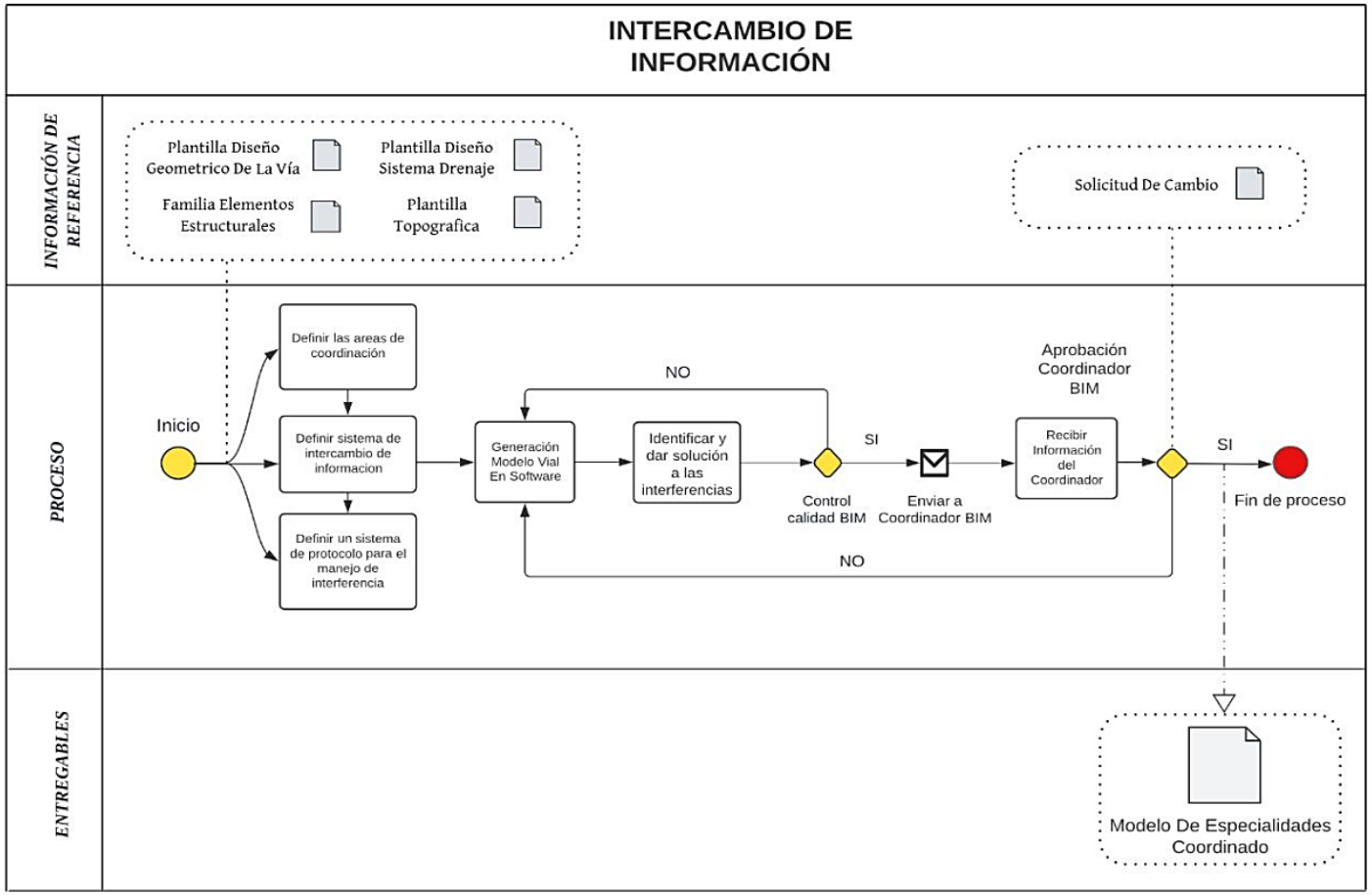
En un Plan de Ejecución BIM (BEP), los mapas de proceso son una herramienta útil para identificar las diferentes fases y actividades de un proyecto vial implementando la metodología BIM. Estos mapas muestran las interacciones entre los diferentes equipos y disciplinas, lo que permite identificar los flujos de trabajo y las posibles mejoras en la eficiencia.

En el caso de un proyecto vial, los mapas de proceso pueden incluir actividades como la planificación del proyecto, la recolección, análisis de datos, la elaboración del modelo BIM, la gestión de los datos y la coordinación entre los diferentes equipos de diseño y construcción.

Estos mapas de proceso se pueden utilizar como una herramienta para identificar los posibles cuellos de botella y mejorar la planificación y la gestión del proyecto en su conjunto. Además, pueden ser útiles para definir los roles y responsabilidades de cada miembro del equipo y para establecer un marco de trabajo claro y bien definido para el proyecto. Este proceso se puede apreciar en los grafico 26, 27, 28, que se observan a continuación, en donde se los ha clasificado como de intercambio de información, visualización 2D y esquema de información de diseño aplicando BIM.

Figura 27

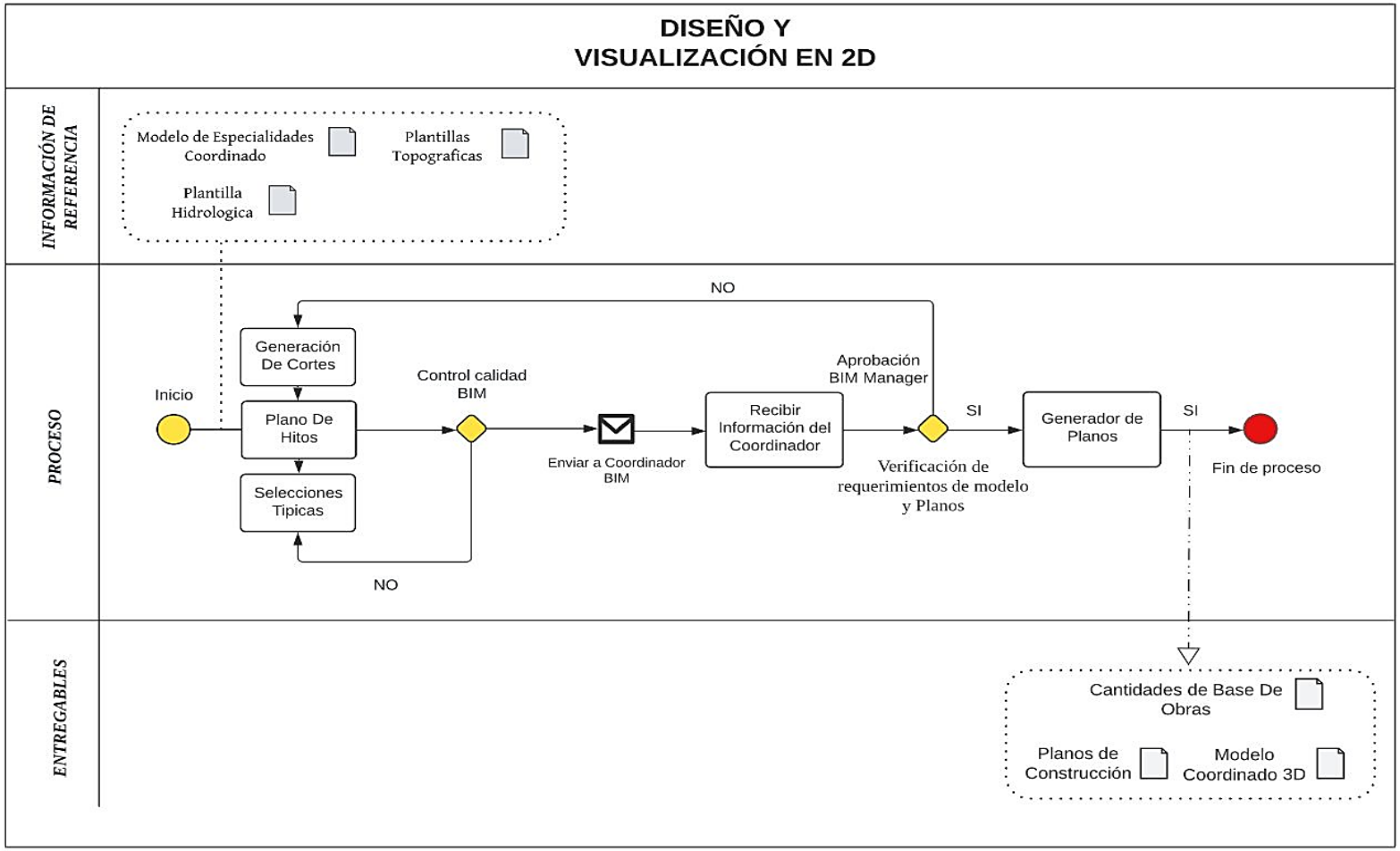
Mapa de proceso de intercambio de información



Fuente: Elaboración propia

Figura 28

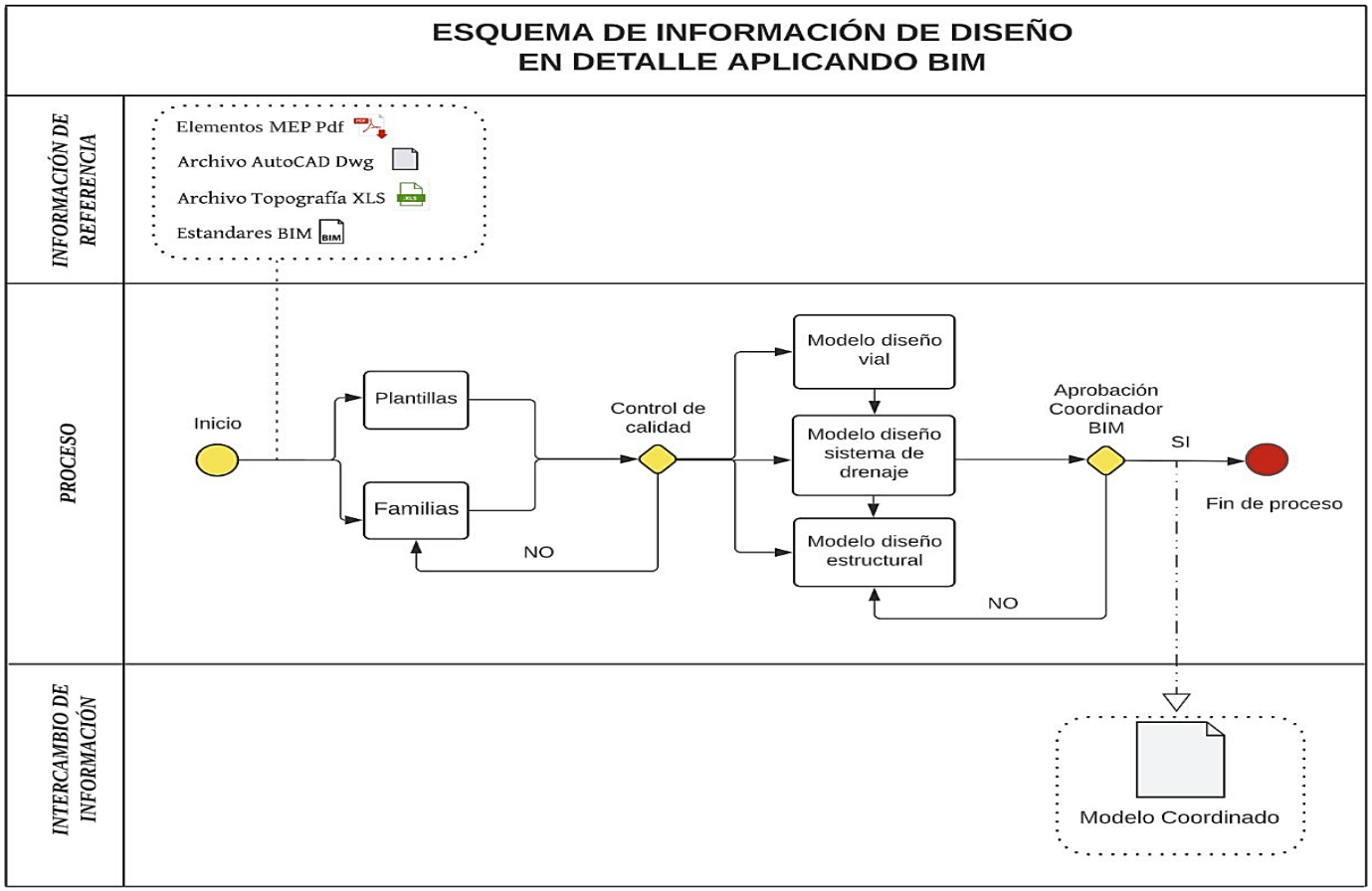
Mapa de proceso en el diseño y visualización en 2D



Fuente: Elaboración propia

Figura 29

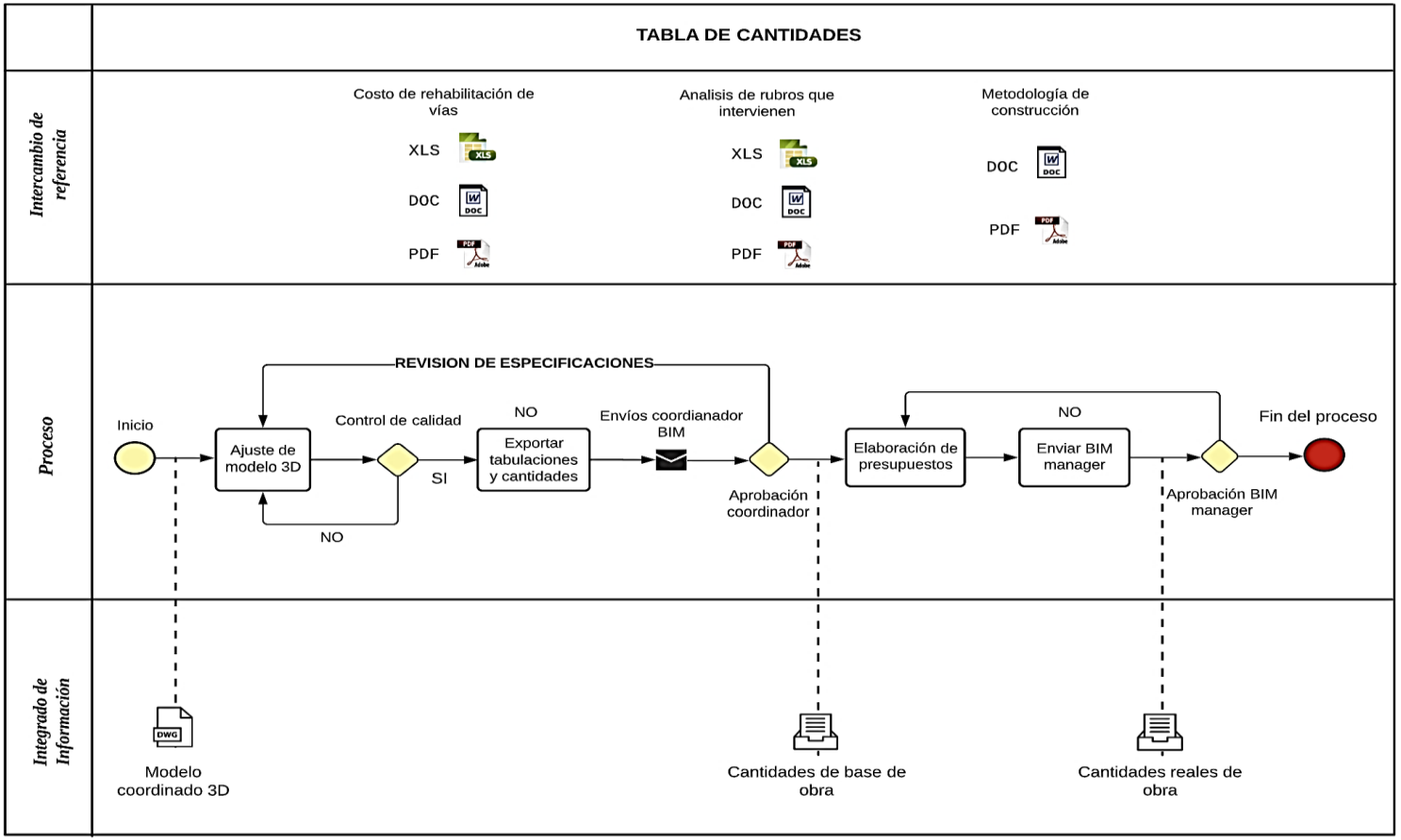
Mapa de proceso en el esquema de información de diseño



Fuente: Elaboración propia

Figura 30

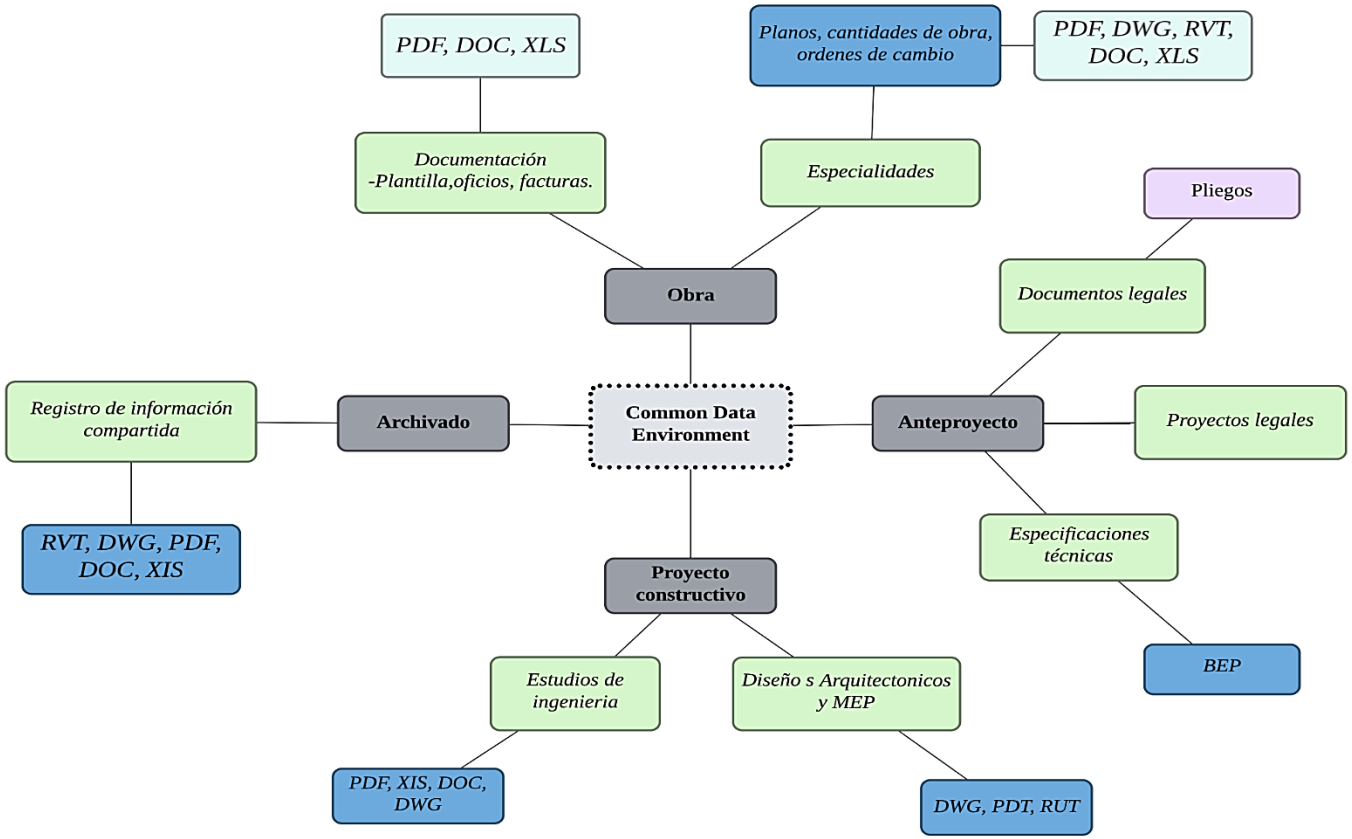
Diagrama de flujo (Tabla de cantidades)



Fuente: Elaboración propia

Figura 31

Información Centralizada



Fuente: Elaboración propia

4.9 Estructura para el plan de ejecución BIM

Para lograr una buena coordinación y colaboración en el proyecto, es importante definir roles y responsabilidades claramente. En este sentido, se debe incluir una estructura jerárquica que permita identificar a las personas encargadas de las diferentes tareas y procesos.

El Figura 31 que se presenta a continuación, muestra la estructura jerárquica propuesta para el Plan de Ejecución BIM de un proyecto vial. En la cima de la estructura se encuentra el BIM Manager, quien es responsable de la gestión general de la metodología BIM en el proyecto. Bajo él, se encuentran los Coordinadores BIM, quienes son responsables de coordinar la implementación de la metodología BIM en sus respectivas áreas.

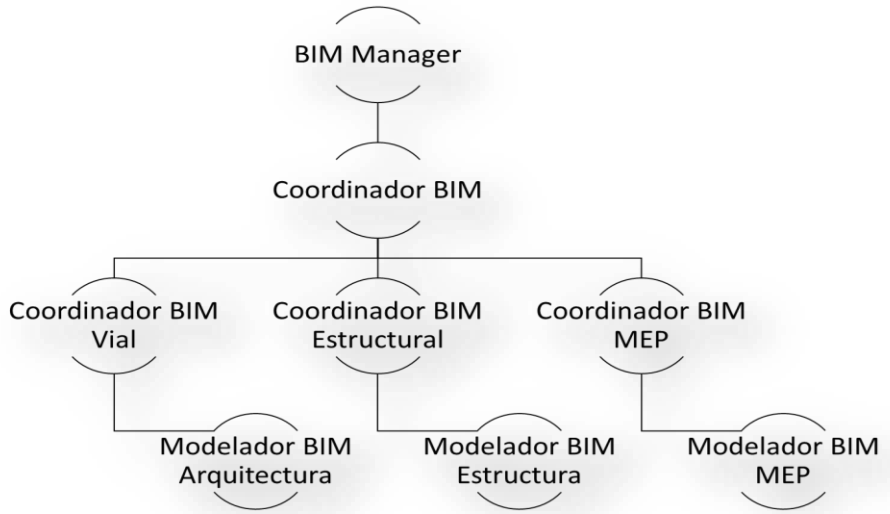
En el caso del proyecto vial, se tienen tres Coordinadores BIM: el Coordinador BIM vial, el coordinador BIM estructural y el coordinador BIM MEP. El coordinador BIM vial es responsable de coordinar el modelado BIM de la arquitectura vial, mientras que el coordinador BIM estructural es responsable de coordinar el modelado BIM de las estructuras del proyecto. Por último, el coordinador BIM MEP es responsable de coordinar el modelado BIM de las instalaciones mecánicas, eléctricas y de plomería.

Cada Coordinador BIM cuenta con un modelador BIM, quien es responsable de la creación y mantenimiento del modelo BIM en su área específica. En el caso del Coordinador BIM vial, el modelador BIM sería responsable de la creación y mantenimiento del modelo BIM de la arquitectura vial. Lo mismo ocurre para el Coordinador BIM estructural y el coordinador BIM MEP, quienes contarían con un modelador BIM especializado en su área.

En resumen, la estructura propuesta permite una clara definición de roles y responsabilidades en el proyecto vial, asegurando una correcta implementación de la metodología BIM y una buena coordinación entre los diferentes participantes en el proyecto.

Figura 32

Estructura para el Plan de Ejecución BIM



Fuente: Elaboración propia

4.10 Roles y Responsabilidades para el Plan de Ejecución BIM

4.10.1 BIM Manager

Es el responsable de la implementación y gestión del proceso en un proyecto de construcción. Dentro de sus tareas y responsabilidades se encuentran las siguientes:

- Definir y establecer el proceso de trabajo BIM, asegurándose de que se adapte a las necesidades y que esté alineado con los objetivos del cliente, trabajar en colaboración con los miembros del equipo para coordinar el intercambio de información y asegurarse de tener un modelo actualizado y preciso.

- Velar por el cumplimiento de estándares, especificaciones requeridas y el contenido de información necesaria para su uso en la planificación, diseño, construcción y operación.

- Fomentar la comunicación y la colaboración entre los miembros del equipo al proporcionar acceso al modelo BIM para la toma de decisiones informadas y la resolución de conflictos, seleccionar y gestionar el software y la tecnología necesarios para la implementación, proporcionando de manejar conjunta la capacitación y soporte al equipo de proyecto.

4.10.2 Coordinador BIM

Es el profesional responsable de coordinar y gestionar el intercambio de información dentro del proyecto, su función consiste en actuar como elemento de conexión entre el BIM Manager y el Especialista BIM; sus tareas están comprendidas de la siguiente manera:

- Colaborar con los miembros del equipo para coordinar el intercambio de información, asegurando la actualización y precisión del modelo, garantizar que todos los miembros

del equipo cumplan con los niveles de detalle y especificaciones BIM establecidos para el proyecto.

- Revisar periódicamente el modelo BIM para detectar interferencias geométricas o incompatibilidades en el diseño y coordinación de los sistemas, facilitar la resolución de conflictos entre los miembros del equipo de proyecto al identificar y resolver los mismos dentro del modelo.

- Asistir en la planificación y ejecución de la construcción al proporcionar información precisa y actualizada del modelo BIM al equipo de construcción y de supervisión.

4.10.3 Coordinador BIM por especialidad

Acorde a la disciplina profesional que le compete, se le atribuye la responsabilidad de coordinar con el modelador de su especialidad, sus tareas y responsabilidades se comprenden de la siguiente manera:

- Realizar revisiones del modelo BIM estructural para detectar posibles errores o incompatibilidades en el diseño acorde a su especialidad.

- Compartir y colaborar con los coordinadores de distintas especialidades los avances, previo a la publicación y revisión del archivo por parte del coordinador BIM, con la finalidad de garantizar el asertividad del modelo.

- Garantizar el cumplimiento de los estándares BIM del proyecto para mantener el nivel de detalle en todas las disciplinas.

4.10.4 Modelador BIM por especialidad

Es el profesional que crea y desarrolla modelos dentro de cada área, llevándolo al Level of Detail (LOD) necesario en cada fase del proyecto. Este profesional se encuentra en la capacidad de implementar las herramientas acordes al Plan de Ejecución BIM. Las tareas y responsabilidades del modelador se detallan a continuación:

- Tener conocimiento conceptual sobre la planificación, organización, programación y control de proyectos.

- Preparar y presentar informes y visualizaciones del modelo BIM para comunicar a las partes interesadas y así gestionar la toma de decisiones.

- Capacidad para detectar y comunicar interferencias que comprometan el modelo de su especialidad.

- Conocer el marco normativo descrito en el Pan de Ejecución BIM para aplicarlo al desarrollar su trabajo.

4.11 Detección de interferencias

La detección de interferencias se dará por etapas, como punto de partida, el coordinador BIM de cada especialidad deberá hacer una revisión exhaustiva del modelo previo a la presentación, el coordinador BIM del proyecto integrará los modelos y determinará la existencia de interferencias entre los involucrados; finalmente el BIM Manager será quien tome decisión en caso de que existan.

Dado que el proyecto contempla el diseño geométrico de la vía de acceso al Hospital Monte Sinaí, y el diseño de obras sanitarias, se tomará en consideración la interferencia que pueda existir entre las alturas de los buzones del sistema sanitario en relación al nivel que se encuentran de la carpeta asfáltica, así mismo, se tendrá en consideración aquellas tuberías que presenten interferencias al pasar por las alcantarillas o ductos.

4.12 Nivel de información geométrica y no geométrica requerida

En este capítulo se detallará el nivel de información geométrica y no geométrica requerida para el proyecto vial implementando la metodología BIM. Para lograr una implementación exitosa, es necesario establecer el nivel de detalle (LOD) requerido en cada

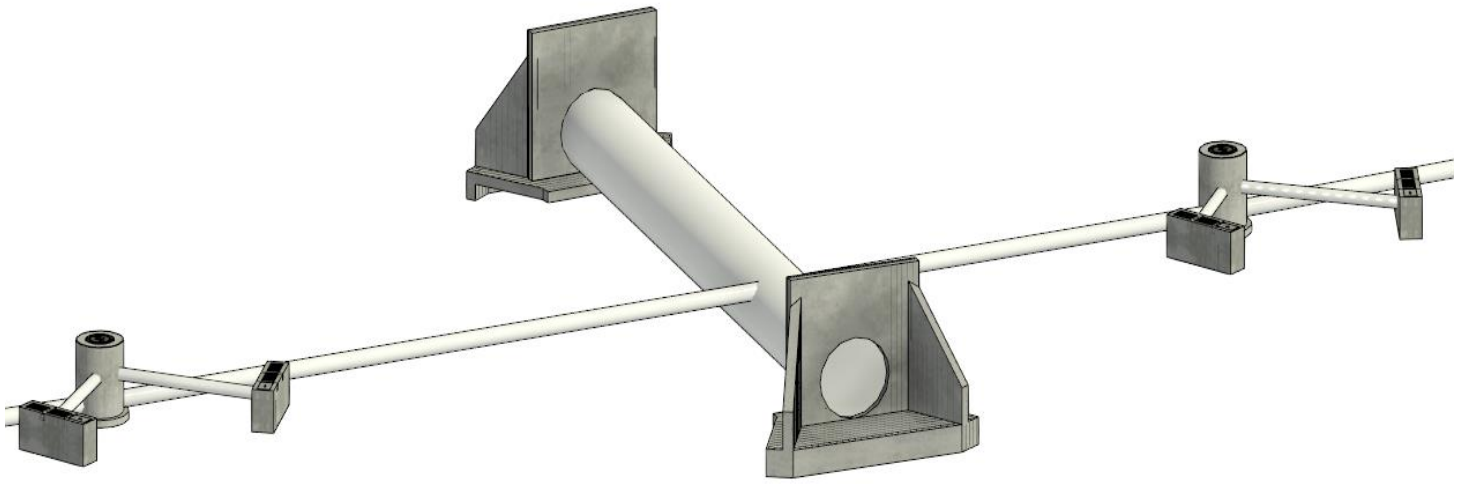
fase del proyecto, lo que permitirá a los diferentes actores involucrados trabajar con un alto grado de precisión.

A continuación, la Tabla 15 muestra el nivel de detalle requerido para el proyecto vial, expresado en términos de representación en planta, representación 3D y la información requerida. Y finalmente, en la tabla 16 se aprecia la representación gráfica del diseño vial y su representación en 3D.

Figura 33

Representación en 3D del modelado de la vía sin la capa de rodadura

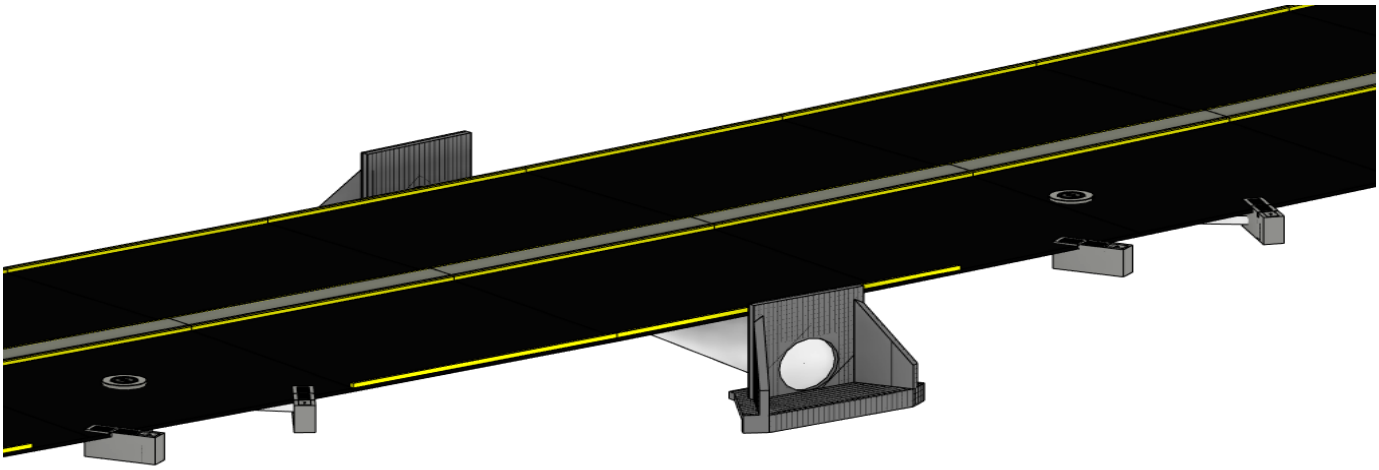
.



Fuente: Elaboración propia

Figura 34

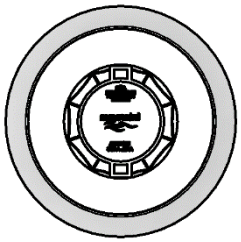
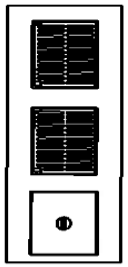
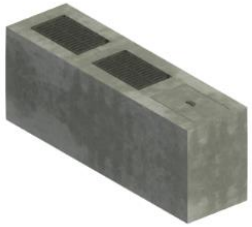
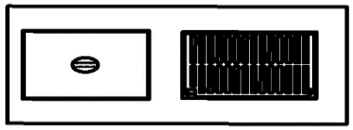
Representación en 3D del modelado de la vía con capa de rodadura

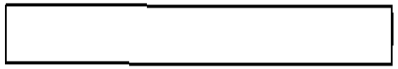
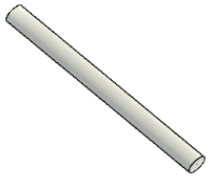
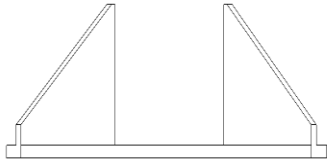
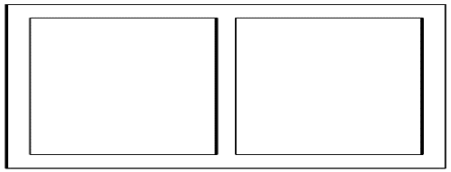
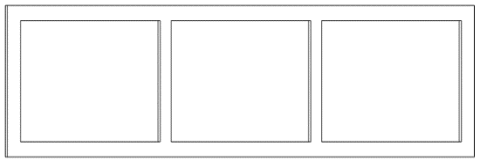
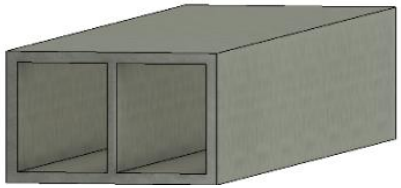
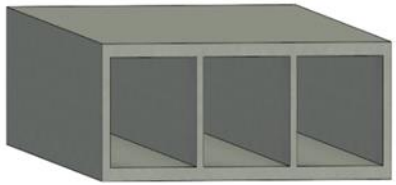


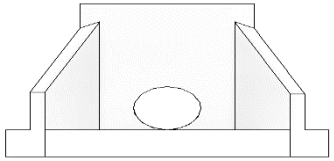
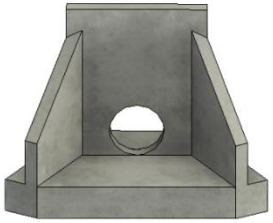
Fuente: Elaboración propia

Tabla 15

Nivel de información geométrica y no geométrica requerida

LOD	Representación Planta	Representación 3D	Información
300			Contiene la identificación gráfica necesaria para el modelado. Toda la información geométrica se la obtiene de este modelo.
300			Contiene la identificación gráfica necesaria para el modelado. Toda la información geométrica se la obtiene de este modelo.
300			Contiene la identificación gráfica necesaria para el modelado. Toda la información geométrica se la obtiene de este modelo.

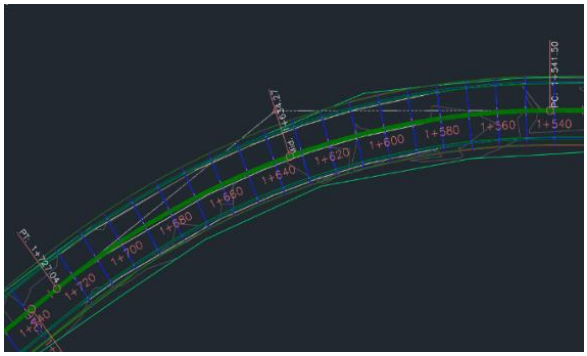
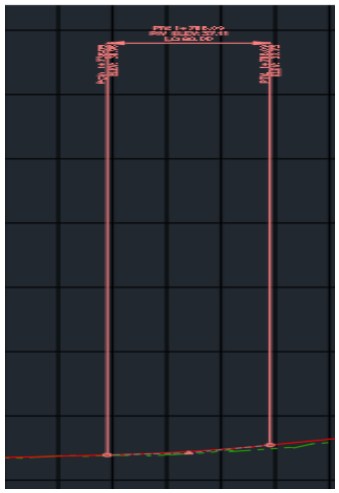
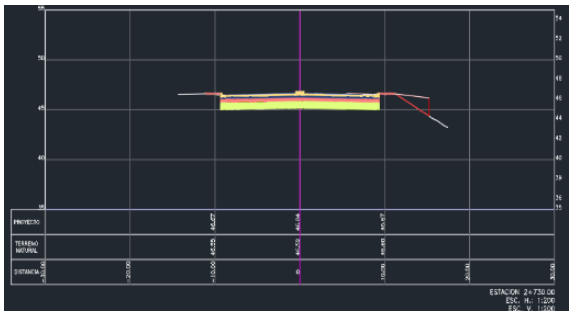
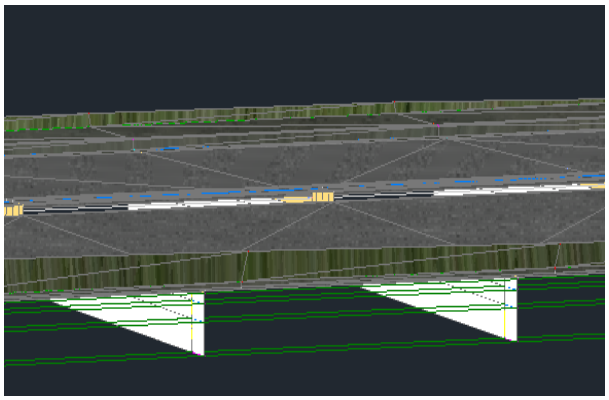
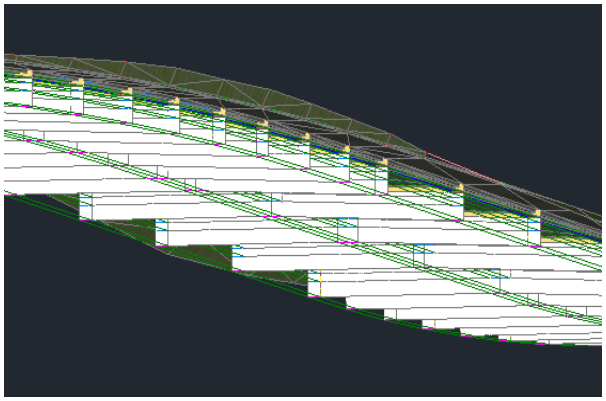
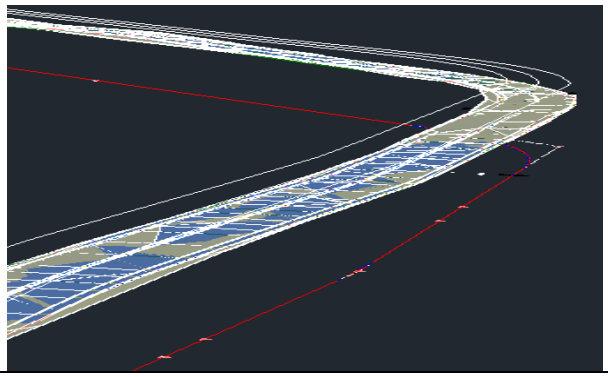
300			Contiene la identificación gráfica necesaria para el modelado. Toda la información geométrica se la obtiene de este modelo.
300			El elemento objeto se modela en 3D, y la información obtenida del modelo basta para cualquier tipo de cálculo, sin requerir información adicional
300	 	 	El elemento objeto está definido geométricamente de forma precisa en el modelo, con datos precisos de cantidades, como son: longitud, ancho, altura, forma, ubicación y orientación.

300			El elemento objeto se modela en 3D, y la información obtenida del modelo basta para cualquier tipo de cálculo, sin requerir información adicional

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16

Representación gráfica del diseño vial

LOD	Representación Diseño Vial	Representación 3D
300	  	  

Fuente: Elaboración propia

4.13 Configuración del procesador para realizar el modelado BIM

La configuración mínima del procesador es esencial para el modelado BIM, ya que este proceso implica el uso intensivo de recursos del sistema. El sistema operativo debe ser compatible con la versión del software BIM utilizado y debe ser actualizado regularmente para garantizar la seguridad del sistema y la estabilidad del software. Es recomendable usar un sistema operativo de 64 bits para aprovechar al máximo la capacidad de procesamiento del equipo.

En cuanto al procesador, se recomienda un procesador Intel Core i5 o superior para una buena velocidad y rendimiento. Es importante contar con una cantidad suficiente de memoria RAM, se sugiere tener como mínimo 8 GB de RAM, ya que el modelado BIM consume una gran cantidad de memoria RAM.

La pantalla y el adaptador de video son importantes para la visualización de modelos BIM. Se recomienda utilizar una pantalla con una resolución de al menos 1280 x 1024, para una mejor visualización y un adaptador de video dedicado para un mejor rendimiento y velocidad en el modelado BIM. La Tabla 18, detalla la configuración mínima para los procesos de modelado que se requerirán para el proyecto vial.

Tabla 17

Configuración del procesador

CONFIGURACIÓN MÍNIMA PARA PROCESOS BIM Coordinar la siguiente información con el respectivo Manager, Coordinador y Especialista	
Sistema operativo	Windows 10 Pro de 64 bits
Procesador	Intel Core i9-12900KS de 12ava Generación con 16 núcleos
Memoria	16 GB de RAM DDR5-4800 MHz
Pantalla de vídeo	1280 x 1024 con color verdadero.
Adaptador de vídeo	Tarjeta gráfica compatible con DirectX® 11 y Shader Model 3. Mínimo 2 GB de tarjeta de video Independiente.

Fuente: Elaboración propia

4.14 Softwares necesarios para la integración del proyecto

En el desarrollo de un proyecto vial con metodología BIM, es fundamental contar con los softwares necesarios para poder llevar a cabo el modelado de manera eficiente y precisa. En este sentido, es importante identificar las herramientas necesarias para llevar a cabo las diferentes tareas y fases del proyecto. A continuación, se detalla en tabla 18 los softwares necesarios para el desarrollo del proyecto vial.

Tabla 18

Softwares necesarios para el desarrollo del proyecto vial

SOFTWARE BIM			
Actividad	**Herramienta**	**Versión (No se podrá cambiar)**	**Formato**
Visualización topografía	Civil 3D	**2022**	**DWG**
Modelo 3D del Diseño Vial	Civil 3D Revit	**2022**	**DWG** **RVT**
Visualización elementos MEP	Revit	**2022**	**RVT** **DWG**
Revisión Coordinación	Navisworks	**2022**	**IFC**
Plataforma de acceso a modelos	A360 Document Management	**Vía Nube**	**N/A**

Fuente: Elaboración propia

Civil 3D es una herramienta importante para la creación de modelos topográficos y diseño vial, permitiendo una fácil creación de perfiles y secciones transversales. Por otro lado, Revit es una herramienta muy útil para la visualización de elementos MEP y para la creación de modelos 3D de carreteras. Navisworks es una herramienta esencial para la coordinación y revisión de modelos de diferentes disciplinas, permitiendo la detección temprana de interferencias.

Finalmente, A360 y el sistema de gestión de documentos son plataformas en línea que permiten el acceso y colaboración en tiempo real de diferentes partes interesadas en el proyecto. En resumen, la utilización de estas herramientas garantiza una gestión eficiente de información y una coordinación efectiva de los diferentes equipos de trabajo.

4.15 Gestión de la información

En la implementación de la metodología BIM en un proyecto vial, la gestión de la información es un aspecto fundamental. Para ello, se deben utilizar herramientas específicas para la creación, gestión y coordinación de la información.

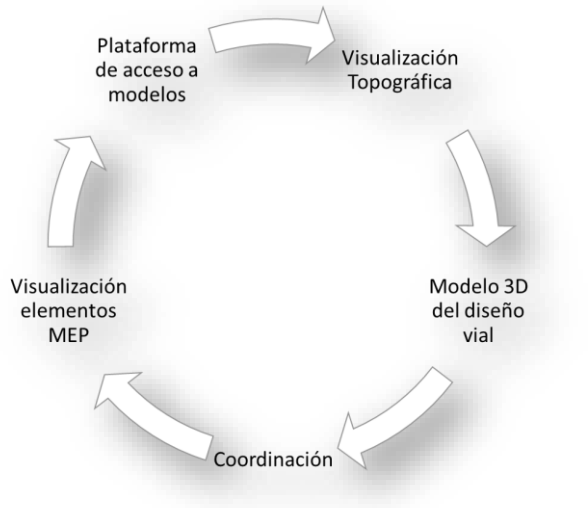
Es necesario contar con una plataforma de acceso a modelos que permita la visualización y revisión de los modelos MEP, así como la generación de informes de coordinación. Además, se debe tener una visualización topográfica para poder ubicar el modelo MEP en el entorno del proyecto vial.

Para la creación del modelo 3D del diseño vial, se puede utilizar el software Civil 3D, el cual permite la creación de redes de servicios de ingeniería civil, como carreteras, sistemas de drenaje, sistemas de agua y alcantarillado, entre otros.

El siguiente gráfico secuencial, tal y como se muestra en el Gráfico 32, detalla el desarrolla el proceso de gestión de la información en el MEP, partiendo desde la plataforma de acceso a modelos, pasando por la visualización topográfica y el modelo 3D del diseño vial, hasta llegar a la coordinación y visualización de los elementos MEP y finalmente regresando a la plataforma de acceso a modelos para la gestión de la información.

Figura 35

Gestión de Información



Fuente: Elaboración propia

4.16 Entorno Común de Datos (CDE)

El uso de un CDE en BIM ayuda a mejorar la colaboración y coordinación entre los miembros del equipo, a gestionar centralizadamente los datos del proyecto, a controlar el acceso a la información y a realizar un seguimiento y auditoría de las actividades en el proyecto; como parte del Plan de Ejecución BIM del presente proyecto, el CDE que será de uso común entre los involucrados, deberá cumplir el siguiente orden en cuanto a organización:

- Organizar las carpetas de acuerdo con las fases del proyecto (anteproyecto, proyecto constructivo, obra)

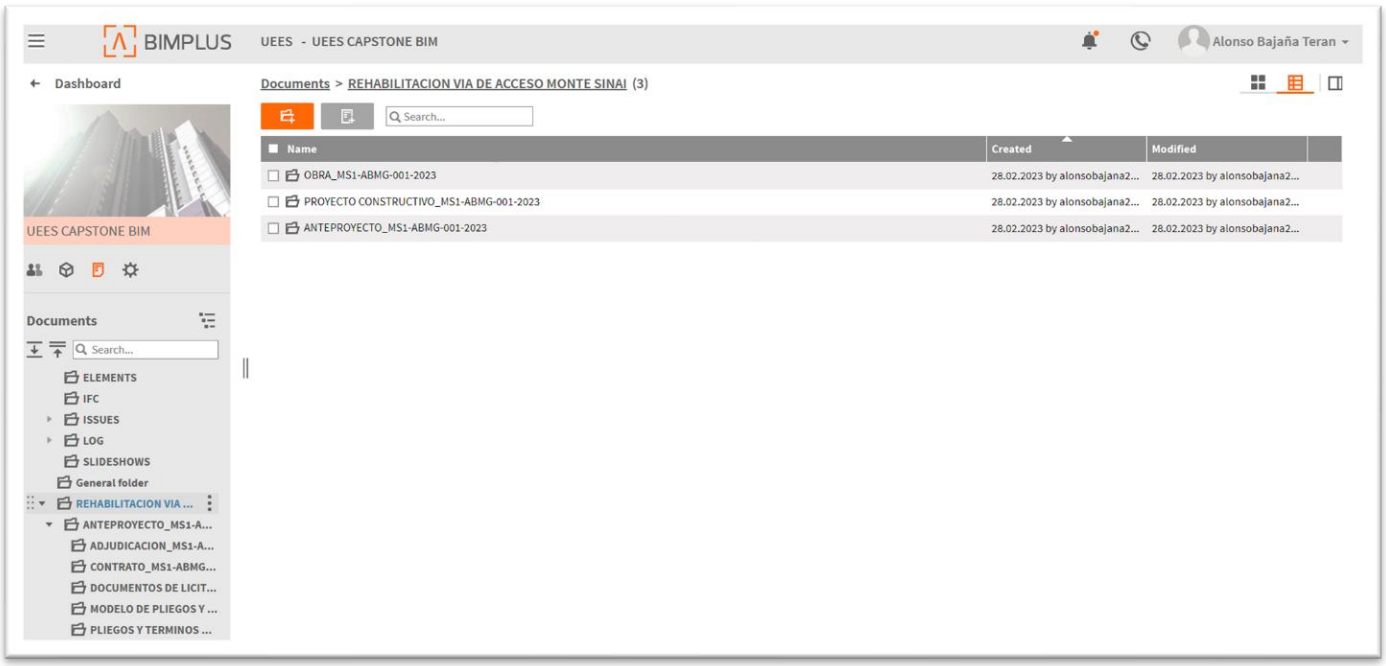
- Separar cada carpeta de acuerdo con las disciplinas que involucra el proyecto, de manera que cada coordinador junto a su equipo pueda acceder a la información que les corresponde.

- Es importante el uso de una nomenclatura consistente, seguido de un código que se utilizará en relación al tiempo que se va ingresando la información, para el fácil entendimiento de los miembros del proyecto.

El CDE estará compuesto por las siguientes carpetas y Subcarpetas:

Figura 36

Carpetas y subcarpetas dentro del CDE usando BIMPLUS



Fuente: Elaboración propia

Estas carpetas que se observan en el gráfico 33, serán el centro directivo del proyecto y guardarán relación con lo planteado dentro del apartado de información centralizada, referente a la propuesta para el Plan de Ejecución BIM, es importante mencionar que las subcarpetas se considerarán de acuerdo a las fases del proyecto, contendrán información referente al contrato, documentos y archivos de cada especialidad, subcarpetas de coordinación entre especialidades, entregables, etc.

CAP 5

5. Análisis de planificación

5.1 Análisis de los procesos recopilados por el MTOP en el proyecto vial

Según la ficha informativa de proyecto elaborado por parte de funcionarios del Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador se pudo recopilar información donde detallan el proceso y los tiempos desde la adjudicación de la obra hasta el inicio de la misma. La información que se detalla a continuación, se obtuvo a través del portal de Obras Públicas, la publicación se da en dos archivos diferentes, que comprenden, desde el año 2020, hasta mediados del 2022. La Tabla 20, que se presenta a continuación, detalla con más claridad la información proporcionada.

Tabla 19

Información de procesos y tiempos

	Escenario	
Proceso	**Estimado**	**Real**
Adjudicación	13/02/2020	23/04/2020
Firma de contrato	18/03/2020	19/06/2020
Entrega de anticipo		17/02/2021
Acta de inicio de obra		11/3/2021
Inicio de obra	31/10/2020	30/04/2021

En concordancia con los datos presentados se pudo determinar retrasos previos a la ejecución de obra que recaen directamente sobre la Gestión Administrativa por parte de la entidad contratante y el contratista. Mediante los oficios mencionados en el informe se recalca

el mayor retraso de aproximadamente 8 meses que responde a la entrega del anticipo, esto se debió al tiempo que tomó la apertura de la cuenta por parte del contratista para el depósito de los recursos.

5.2 Análisis de la gestión del tiempo en la etapa de desarrollo

La importancia radica, en la existencia de un apartado en el informe, que hace referencia a los riesgos implicados, dentro del contrato; con fecha 3 de septiembre del 2021. Los funcionarios determinaron bajo la categoría Riesgo Nacional – Económico, que la falta de asignación de recursos, causaría que el proyecto no inicie en las fechas establecidas.

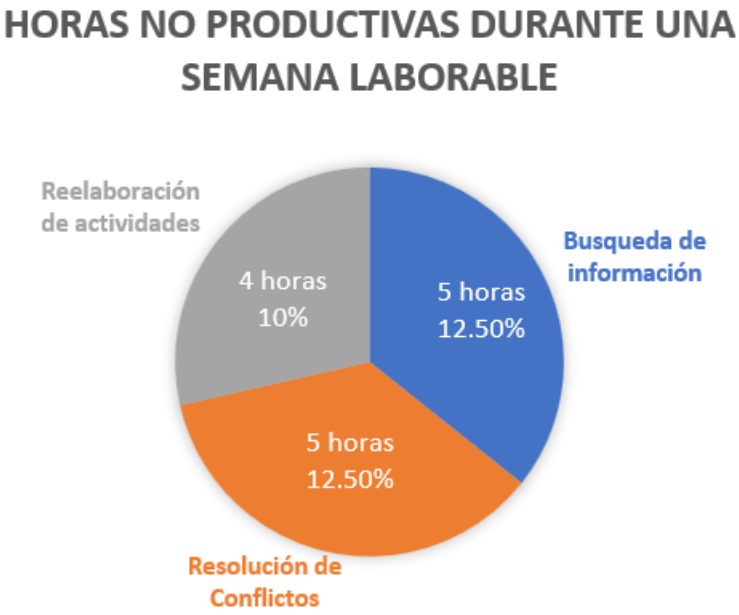
El informe no da mayor detalle sobre estos sucesos, sin embargo, se recalca la importancia de manejar un entorno común de datos. En este escenario de contratación pública el beneficio sería visto por parte del contratante y el contratista; según un estudio del año 2018 elaborado por el FMI y PlanGrid, se tuvieron los siguientes hallazgos al analizar la gestión del tiempo en el sector de la construcción en Estados Unidos:

5.2.1 Causas del retraso en el proyecto vial

1. Se pierde alrededor de 14 horas cada semana solucionado problemas que pueden evitarse y buscando información del proyecto, dando como resultado una pérdida del 35% de tiempo en actividades no óptimas para el proyecto. En el Figura 37, se observa de mejor manera el nivel de importancia que se le dio a las 3 actividades. .

Figura 37

Horas de la semana no productivas dentro de un proyecto

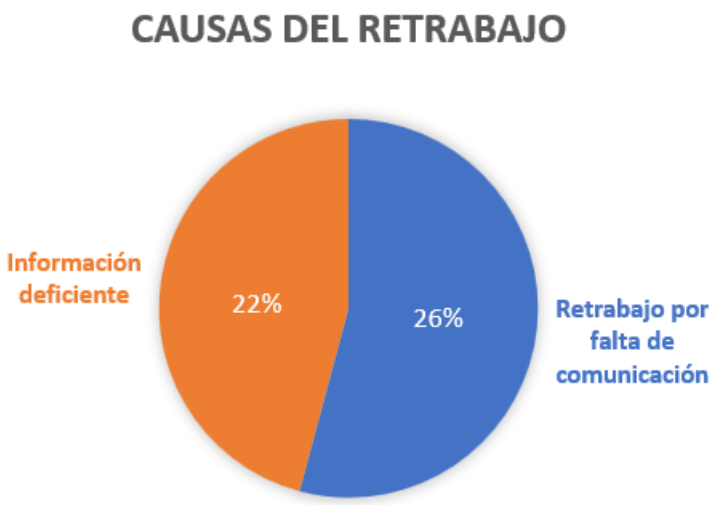


Fuente: Elaboración propia

2. Gran parte del trabajo debe rehacerse debido a la falta de comunicación entre los stakeholders y por la falta de información referente al proyecto. El estudio indica que el 48% del retrabajo se debe a la falta de comunicación y datos deficientes, y se detallan de acuerdo con los siguientes porcentajes que se aprecian en el siguiente Figura 38.

Figura 38

Causas del retraso en el proyecto vial en desarrollo



Fuente: Elaboración propia

5.2.2 Conclusiones del análisis en la gestión del tiempo

En el escenario de Estados Unidos, el FMI estima una perdida aproximada de $31.3 billones al año debido a la falta de comunicación entre los miembros del equipo, la deficiencia de información, la dificultad para acceder a la data y la incapacidad de los stakeholders para compartir información acerca del proyecto. Esta situación no se aleja a la realidad de otros países con empresas dedicadas al sector de la construcción, puesto que, si se realiza un análisis de todo el personal que se involucra dentro de un proyecto, se puede determinar los rendimientos así proyectar los tiempos que pierden en actividades que no son primordiales para luego asignarles un valor de acuerdo con los ingresos anuales.

5.3 Análisis económico del proyecto vial en desarrollo

El contrato para la Rehabilitación de la Vía de Acceso al Hospital de Monte Sinaí de acuerdo a la ficha informativa de proyecto se firmó por un monto de $9’555.171,33 sin incluir IVA, y bajo concepto de anticipo se debió entregar el 40% que corresponde a un monto de $3’822.068,53. Al no contar con información que esclarezca las formas de pago por parte del contrato por concepto de planillas, se realiza el siguiente ejercicio con los datos brindados por la ficha informativa.

Se tiene bajo conocimiento que el contratista hasta el momento de presentar su séptima planilla previamente tuvo seis planillas pendientes de pago con un acumulado de $728.341,03 que representan el 7,62% del monto del contrato, de acuerdo con el Reglamento General de la Ley de Contratación Pública su disposición sexta menciona que el anticipo entregado al contratista debe ser devengado, para lo cual se presenta un tabla de amortización del mismo y se va descontando conforme lo haya planteado previo al inicio de obra.

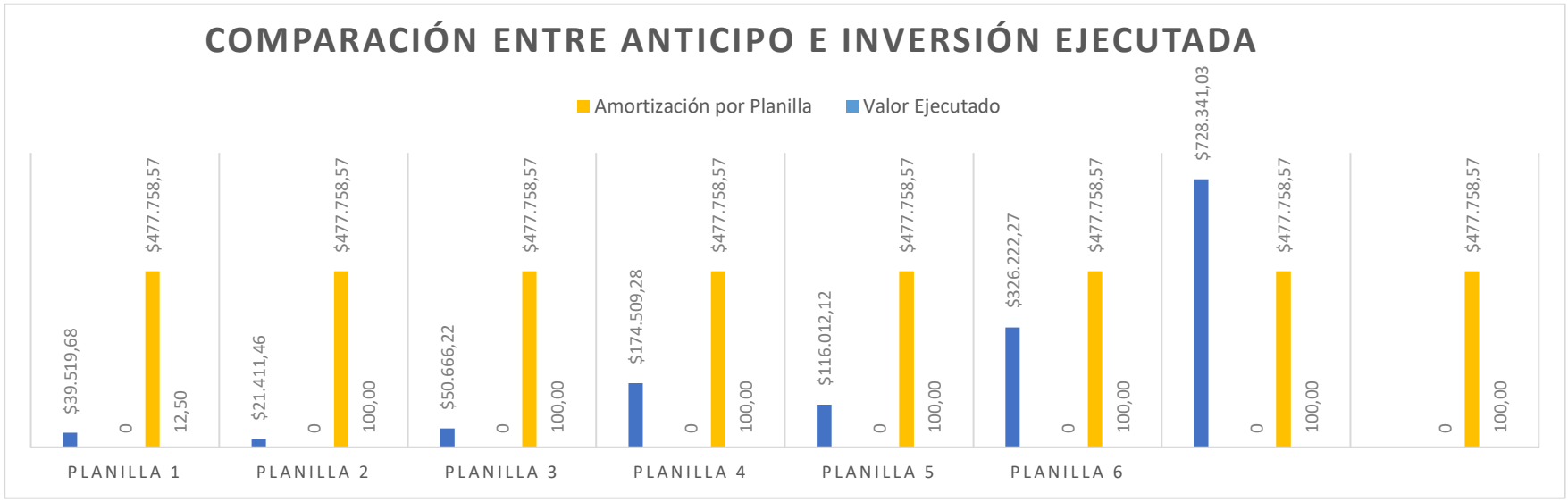
Realizando un ejercicio sobre el anticipo recibido y lo ejecutado se tiene una diferencia de $3’093.757,50 saldo disponible aun en la cuenta del contratista que le permite seguir en la ejecución de obra.

La proyección de la amortización se debe realizar en base a la capacidad económica del contratista y de lo que dictamine la entidad contratante, en base a su techo presupuestario. Dentro de un escenario ideal, en donde el contratista devengue la

totalidad del anticipo en 8 meses, se tienen los siguientes datos, que se observan en el Figura 39.

Figura 39

Comparativa entre amortización por planilla y valor ejecutado



Fuente: Elaboración propia

En este ejercicio se programó devengar el anticipo en un 12,50% mensual, logrando completar el 100% en 8 meses y con un valor mensual de $477.758,57, sin embargo, al compararlo con el valor ejecutado desde la primera planilla se tiene como resultado un 8,27% que corresponde a $39.519,68; por lo que, una correcta planificación al momento de hacer la ejecución de obra, hubiera permitido optimizar la utilización de recursos, logrando mejores rendimientos y una mejor proyección económica por planilla.

5.4 Análisis Metodología Tradicional Vs Metodología BIM

El análisis parte de las cantidades de obra consideradas dentro del estudio en base a la metodología tradicional; para el primer apartado la tabla ? y figura ¿? corresponde a la estructura vial en donde se replanteó el escenario para la rehabilitación de la vía de acceso al Hospital Monte Sinaí en base a los estudios obtenidos, de manera general y considerando un promedio entre los 9 rubros de este capítulo se estima un variación detallada por cada uno de sus componentes, mediante el análisis estadístico se logró determinar que la mediana de los rubros que intervienen esta en 13.64% y la media aritmética se considera en un 18.11%.

Tabla 20

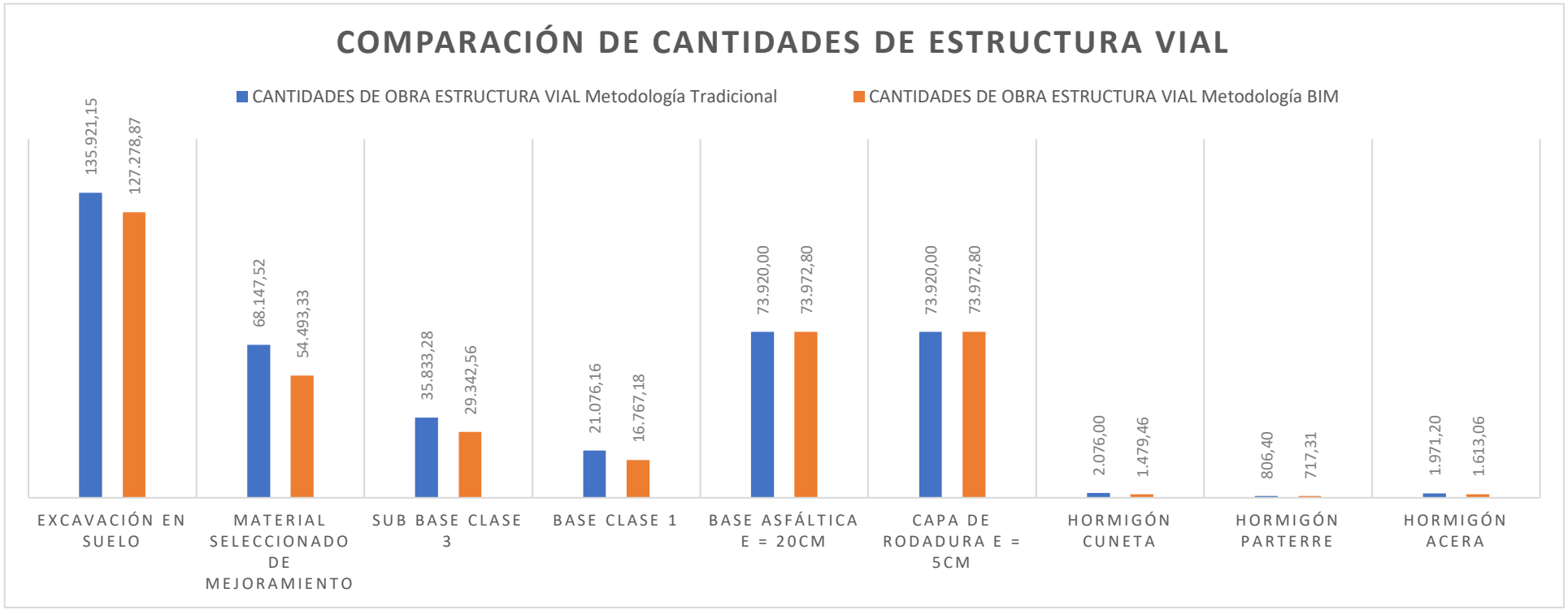
Cantidades de obra de la estructura vial de la Metodología. Tradicional Vs Metodología BIM

CANTIDADES DE OBRA ESTRUCTURA VIAL					Promedio
	Unidad	Metodología Tradicional	Metodología BIM	Variación	
Excavación en suelo	m3	135,921.15	127,278.87	6.36%	Mediana 13.64%
Material Seleccionado de Mejoramiento	m3	68,147.52	54,493.33	20.04%	
Sub Base Clase 3	m3	35,833.28	29,342.56	18.11%	
Base Clase 1	m3	21,076.16	16,767.18	20.44%	
Base Asfáltica e = 20cm	m2	73,920.00	73,972.80	-0.07%	**Media Aritmetica 18.11%**
Capa de rodadura e = 5cm	m2	73,920.00	73,972.80	-0.07%	
Hormigón Cuneta	m3	2,076.00	1,479.46	28.74%	
Hormigón Parterre	m3	806.40	717.31	11.05%	
Hormigón Acera	m3	1,971.20	1,613.06	18.17%	

Fuente: Elaboración propia

Figura 40

Comparación entre metodologías con cantidades de obra estructural



Fuente: Elaboración propia

En el caso de la Tabla 21 y Figura 40, se detallan los transportes respectivos para cada uno de los rubros correspondientes del apartado de materiales para la estructura de la vía; si bien es cierto estos rubros no forman parte del modelado, pero si están relacionados directamente con los datos que se obtienen del mismo, ya que, al existir una variación de cantidades, no se estaría transportando la misma cantidad de m3-km que dictan los estudios. Al estar directamente relacionados con las cantidades de obra, la variación será igual que la calculada en la tabla anterior.

Tabla 21

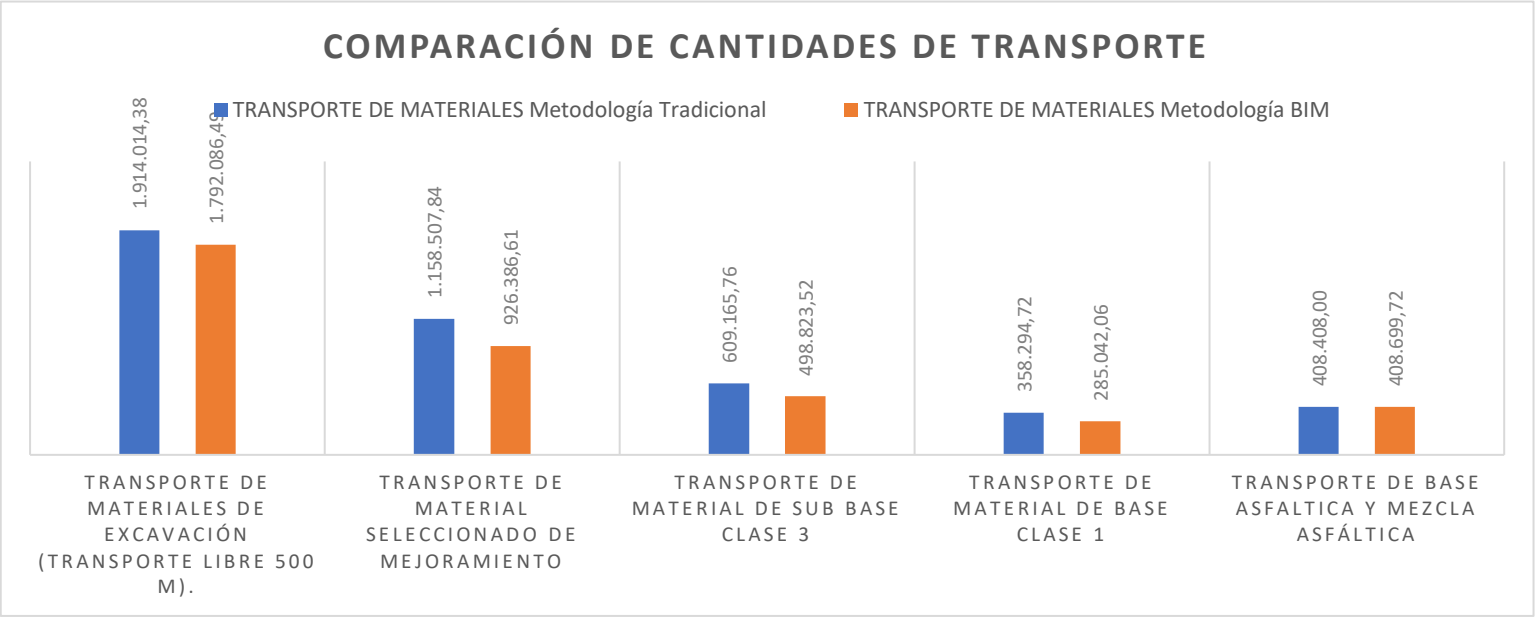
Comparación de materiales de transporte entre la Metodología. Tradicional y BIM

TRANSPORTE DE MATERIALES				
	Unidad	Metodología Tradicional	Metodología BIM	Variación
Transporte de materiales de excavación (transporte libre 500 m).	m3-km	1,914,014.38	1,792,086.49	6.37%
Transporte de Material Seleccionado de Mejoramiento	m3-km	1,158,507.84	926,386.61	20.04%
Transporte de Material de Sub Base Clase 3	m3-km	609,165.76	498,823.52	18.11%
Transporte de Material de Base Clase 1	m3-km	358,294.72	285,042.06	20.44%
Transporte de Base Asfaltica y mezcla asfáltica	m3-km	408,408.00	408,699.72	-0.07%

Fuente: Elaboración propia

Figura 41

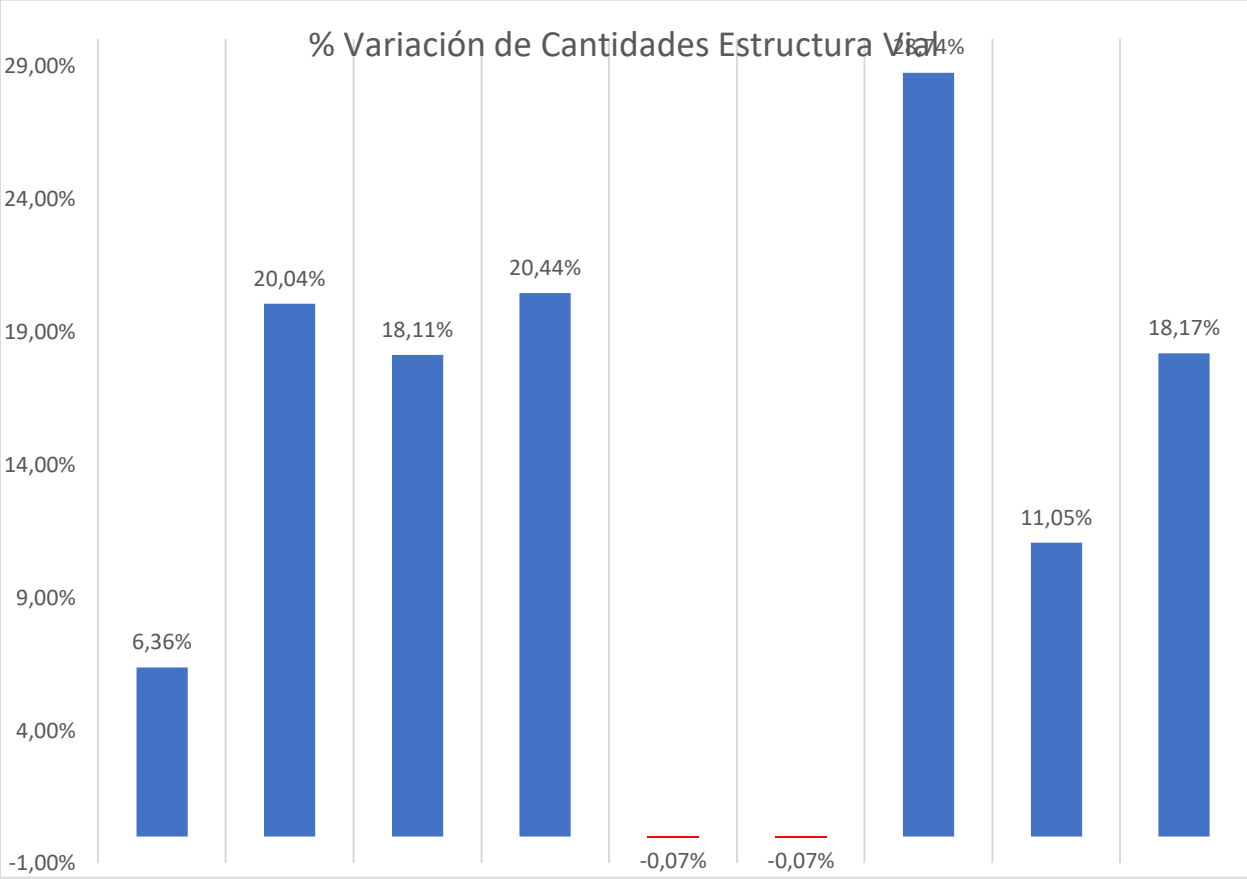
Comparación entre metodologías con cantidades de transporte



La figura 41, representa a través de un gráfico de barras el porcentaje de incremento de cantidades de los estudios vs las cantidades obtenidas mediante la aplicación de la metodología BIM para cada uno de los rubros que se plantearon dentro de este apartado; es importante destacar la existencia de una variación mínima dentro del rubro de base asfáltica y carpeta, que se interpreta en un aumento en las cantidades del rubro obtenidas por medio del modelado.

Figura 42

Incremento o decremento de las cantidades entre ambas metodologías



Fuente: Elaboración propia

El segundo apartado detalla los rubros que se consideraron para la ejecución de las obras sanitarias, a diferencia del apartado anterior, este denota una mayor variación en sus cantidades de obra; para la obtención de estas se desarrolló un modelado 3D de la vía en el software REVIT, en base a los estudios, diseños y lineamientos técnicos que forman parte del informe ejecutivo de este proyecto. La Tabla 22 detallada a continuación compara los valores obtenidos entre una metodología y otra, así mismo, se puede tener otra perspectiva de visualización por medio del Figura 43, que detalla cada rubro con las cantidades respectivas de su metodología.

Tabla 22

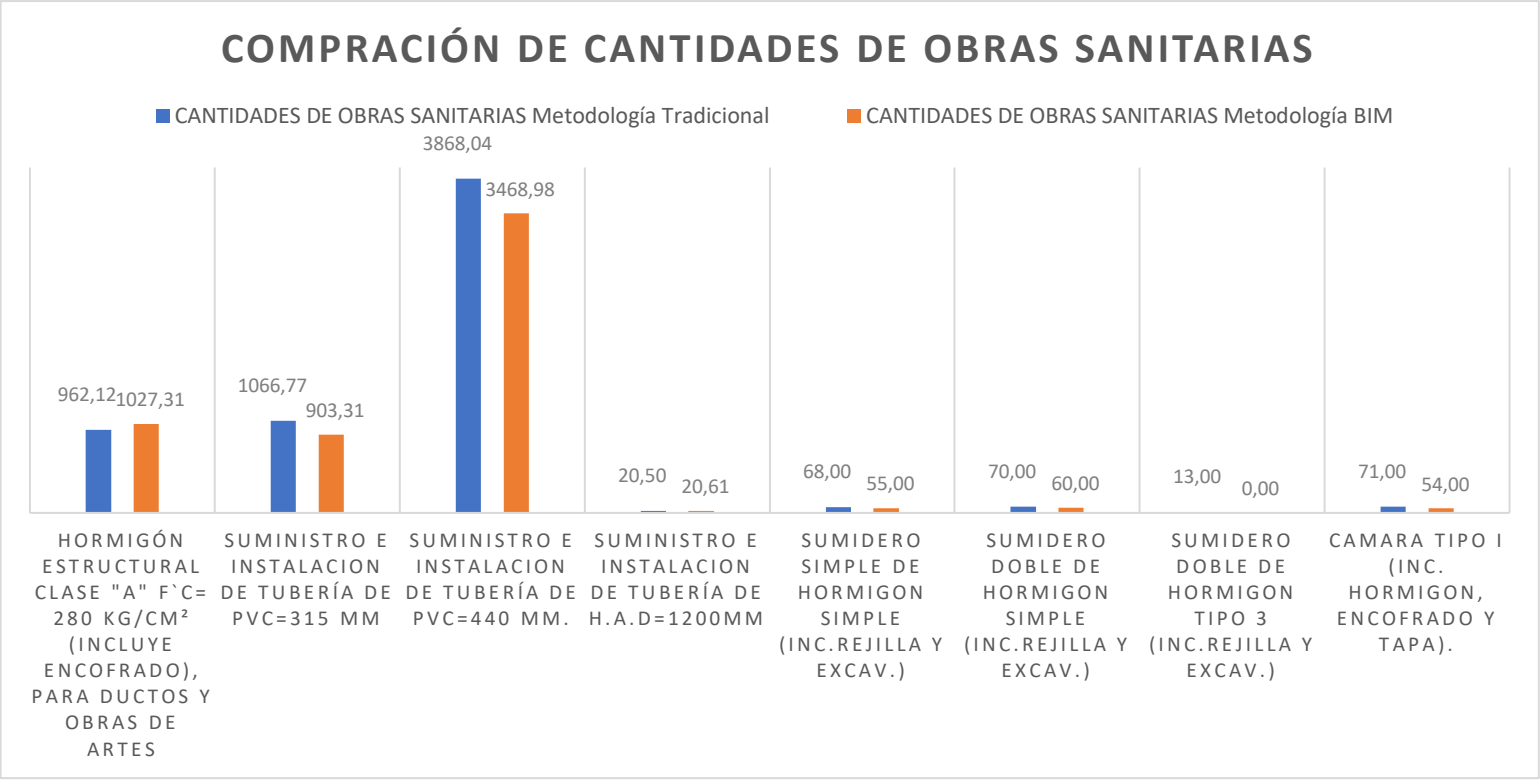
Comparación entre metodologías con las cantidades de obras sanitarias

CANTIDADES DE OBRAS SANITARIAS					Promedio
	Unidad	Metodología Tradicional	Metodología BIM	Variación	
Hormigón estructural Clase "A" f´c= 280 Kg/cm² (Incluye encofrado), para Ductos y Obras de Artes	m3	962.12	1027.31	-6.78%	Mediana 21.96%
Suministro e Instalacion de Tubería DE PVC=315 mm	ml	1066.77	903.31	15.32%	
Suministro e Instalacion de Tubería DE PVC=440 mm.	ml	3868.04	3468.98	10.32%	
Suministro e Instalacion de Tubería DE H.A.D=1200mm	ml	20.50	20.61	-0.54%	
Sumidero Simple de Hormigon Simple (Inc.Rejilla Y Excav.)	u	68.00	55.00	19.12%	Media Aritmética 14.80%
Sumidero Doble de Hormigon Simple (Inc.Rejilla Y Excav.)	u	70.00	60.00	14.29%	
Sumidero Doble de Hormigon Tipo 3 (Inc.Rejilla Y Excav.)	u	13.00	0.00	100.00%	
Camara Tipo I (Inc. Hormigon, encofrado y Tapa).	u	71.00	54.00	23.94%	

Fuente: Elaboración propia

Figura 43

Gráfico de barras en la comparativa entre metodologías enfocándose en la cantidad de obras sanitarias.

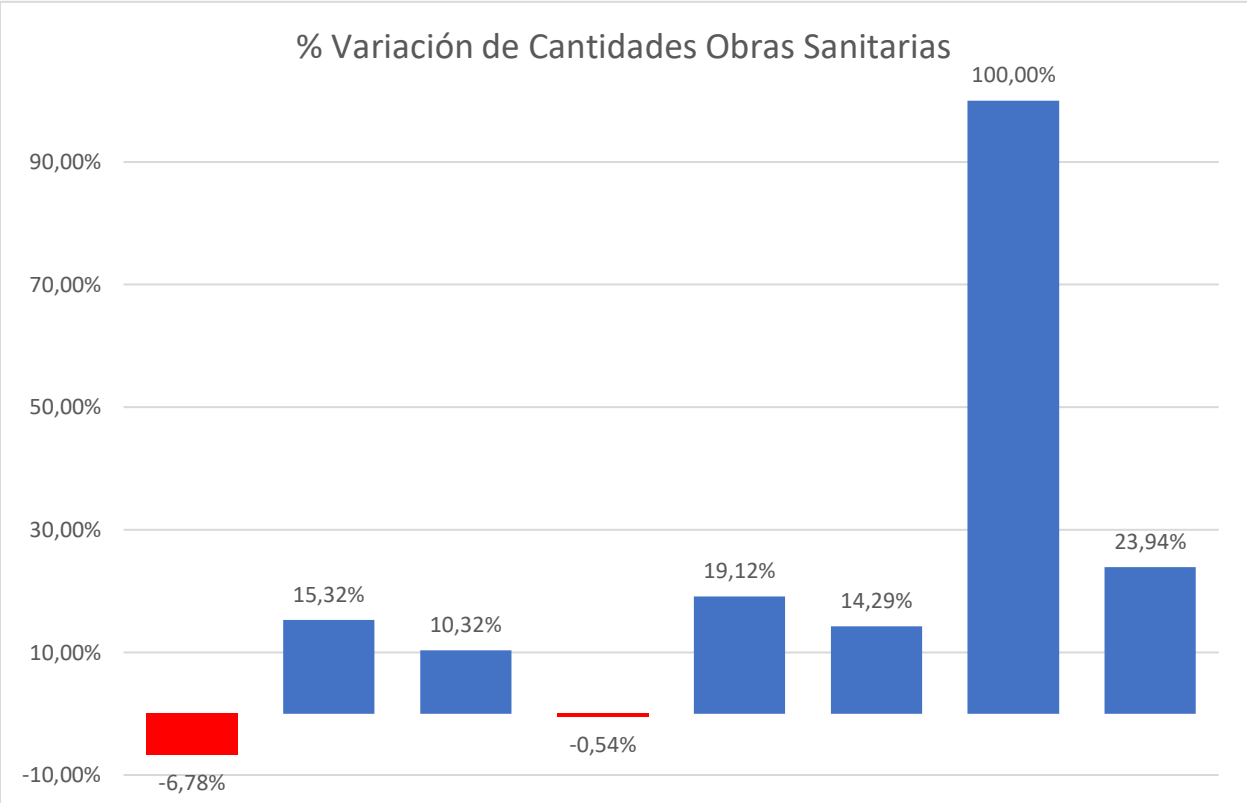


Fuente: Elaboración propia

La Figura 44, representa a través de barras en incremento o decremento de cantidades entre ambas metodologías. Se remarca la variación que se presenta dentro de este apartado, además es importante mencionar que la ficha informativa del proyecto del año 2021 en el mes de junio reportó una novedad de la parte hidráulica entre el estudio y la obra, por lo que solicitaron a través del Ministerio de Transporte y Obras Públicas a INTERAGUA que designe un supervisor como veedor de los trabajos de rehabilitación.

Figura 44

Incremento o decremento de las cantidades entre ambas metodologías



Fuente: Elaboración propia

Tal como se detalló, el apartado anterior corresponde únicamente a la comparación entre cantidades entre la metodología tradicional y la metodología BIM, el análisis que se detallará en la Tabla 23, Tabla 24 y Tabla 25, relaciona las cantidades obtenidas y le asigna un precio unitario a cada uno de los rubros, con la finalidad de determinar la variación del presupuesto en cuestión.

Tabla 23

Comparación del presupuesto en base a las cantidades de obra obtenidas para la estructura vial entre ambas metodologías

PRESUPUESTO ESTRUCTURA VIAL							
	Unidad	Precio U.	Metodología Tradicional	Precio Total	Metodología BIM	Precio Total	Diferencia
Excavación en suelo	m3	1.4	135,921.15	190,289.61	127,278.87	178,190.42	12,099.19
Material Seleccionado de Mejoramiento	m3	5.61	68,147.52	382,307.59	54,493.33	305,707.58	76,600.01
Sub Base Clase 3	m3	11.61	35,833.28	416,024.38	29,342.56	340,667.12	75,357.26
Base Clase 1	m3	17.02	21,076.16	358,716.24	16,767.18	285,377.40	73,338.84
Base Asfáltica e = 20cm	m2	26.5	73,920.00	1,958,880.00	73,972.80	1,960,279.20	-1,399.20
Capa de rodadura e = 5cm	m2	6.71	73,920.00	496,003.20	73,972.80	496,357.49	-354.29
Hormigón Cuneta	m3	201.83	2,076.00	418,999.08	1,479.46	298,599.41	120,399.67
Hormigón Parterre	m3	201.83	806.40	162,755.71	717.31	144,774.68	17,981.03
Hormigón Acera	m3	199.06	1,971.20	392,387.07	1,613.06	321,095.72	71,291.35
				4,776,362.89		**4,331,049.03**	**445,313.86**

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24

Comparación del presupuesto en base a las cantidades de obra obtenidas para el transporte de materiales

TRANSPORTE DE MATERIALES							
	Unidad	Precio U.	Metodología Tradicional	Precio Total	Metodología BIM	Precio Total	Diferencia
Transporte de materiales de excavación (transporte libre 500 m).	m3-km	0.71	1,914,014.38	1,358,950.21	1,792,086.49	1,272,381.41	86,568.80
Transporte de Material Seleccionado de Mejoramiento	m3-km	0.32	1,158,507.84	370,722.51	926,386.61	296,443.72	74,278.79
Transporte de Material de Sub Base Clase 3	m3-km	0.32	609,165.76	194,933.04	498,823.52	159,623.53	35,309.52
Transporte de Material de Base Clase 1	m3-km	0.32	358,294.72	114,654.31	285,042.06	91,213.46	23,440.85
Transporte de Base Asfaltica y mezcla asfáltica	m3-km	0.32	408,408.00	130,690.56	408,699.72	130,783.91	-93.35
				2,169,950.63		**1,950,446.02**	**219,504.61**

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25

Comparación del presupuesto en base a las cantidades de obra obtenidas para obras sanitarias

PRESUPUESTO OBRAS SANITARIAS							
	Unidad	Precio U.	Metodología Tradicional	Precio Total	Metodología BIM	Precio Total	Diferencia
Hormigón estructural Clase "A" f c= 280 Kg/cm² (Incluye encofrado), para Ductos y Obras de Artes	m3	299.75	962.12	288,396.09	1,027.31	307,936.17	-19,540.08
Suministro e Instalacion de Tuberia DE PVC=315 mm	ml	79.14	1066.77	84,424.10	903.31	71,487.95	12,936.15
Suministro e Instalacion de Tuberia DE PVC=440 mm.	ml	81.28	3868.04	314,394.29	3,468.98	281,958.69	32,435.60
Suministro e Instalacion de Tuberia DE H.A.D=1200mm	ml	883.61	20.50	18,114.01	20.61	18,211.20	-97.20
Sumidero Simple de Hormigon Simple (Inc.Rejilla Y Excav.)	u	280.39	68.00	19,066.52	55.00	15,421.45	3,645.07
Sumidero Doble de Hormigon Simple (Inc.Rejilla Y Excav.)	u	499.71	70.00	34,979.70	60.00	29,982.60	4,997.10
Sumidero Doble de Hormigon Tipo 3 (Inc.Rejilla Y Excav.)	u	552.91	13.00	7,187.83	-	-	7,187.83
Camara Tipo I (Inc. Hormigon, encofrado y Tapa).	u	2947.26	71.00	209,255.46	54.00	159,152.04	50,103.42
				975,818.00		**884,150.11**	**91,667.89**

Fuente: Elaboración propia

A manera de resumen se detalla en la Tabla 26, el presupuesto de cada apartado de acuerdo con su respectiva metodología, y se determina una variación económica del 9.55%, se recalca nuevamente la discordancia entre las cantidades presentadas en el presupuesto referencial, y las cantidades obtenidas en el modelado aplicando los lineamientos de los estudios definitivos.

Tabla 26

Resumen de presupuesto y variación económica entre ambas metodologías

	TOTAL			
Descripción	**Metodología Tradicional**	**Metodología BIM**	**Diferencia**	**Variación**
Estructura Vial	4,776,362.89	4,331,049.03	445,313.86	**9.55%**
Transporte de materiales	2,169,950.63	1,950,446.02	219,504.61	
Obras Sanitarias	975,818.00	884,150.11	91,667.89	
	7,922,131.52	**7,165,645.16**	**756,486.36**	

Fuente: Elaboración propia

5.5 Análisis Metodología BIM Vs Ejecución de Obra

Si bien es cierto, la comparación dada entre ambas metodologías permitió detectar variaciones en las cantidades de obras de cada rubro, el presente análisis denota de gran importancia en este estudio puesto que permite identificar cuál de las cantidades planteados en ambas metodologías se acerca a la realidad de la obra.

Las Tablas 27 - Figura 45 y Tabla 28 – Figura 46 , comparten el mismo procedimiento de cálculo planteado anteriormente, pero esta vez considerando las cantidades de obra ejecutadas en sitio. La comparación entre la metodología BIM y lo ejecutado demuestra la variación en cantidades con un promedio de 6.04%, así mismo denota una media aritmética de 6.51%; esta variación guarda relación con el apartado de transporte puesto que se encuentra directamente relacionado con la cantidad de los materiales a transportar.

Tabla 27

Cantidades de obra de la estructura vial de la Metodología. Tradicional Vs Metodología BIM

CANTIDADES DE OBRA ESTRUCTURA VIAL					Promedio
	Unidad	Metodología BIM	Ejecutado	Variación	
Excavación en suelo	m3	127,278.87	104,521.15	17.88%	Mediana 6.04%
Material Seleccionado de Mejoramiento	m3	54,493.33	48,447.52	11.09%	
Sub Base Clase 3	m3	29,342.56	25,033.28	14.69%	
Base Clase 1	m3	16,767.18	15,676.16	6.51%	
Base Asfáltica e = 20cm	m2	73,972.80	73,920.00	0.07%	Media Aritmética 6.51%
Capa de rodadura e = 5cm	m2	73,972.80	73,920.00	0.07%	
Hormigón Cuneta	m3	1,479.46	1,350.00	8.75%	
Hormigón Parterre	m3	717.31	681.00	5.06%	
Hormigón Acera	m3	1,613.06	1,770.00	-9.73%	

Fuente: Elaboración propia

Figura 45

Gráfico de barras de las cantidades de obra estructural entre metodologías

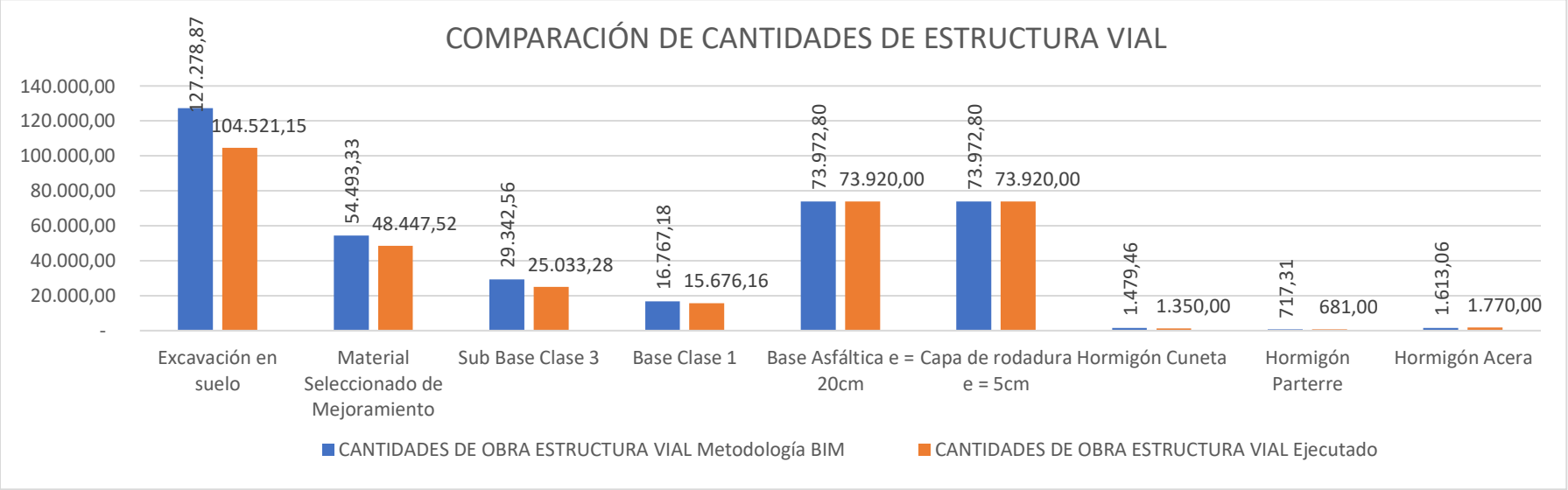


Tabla 28

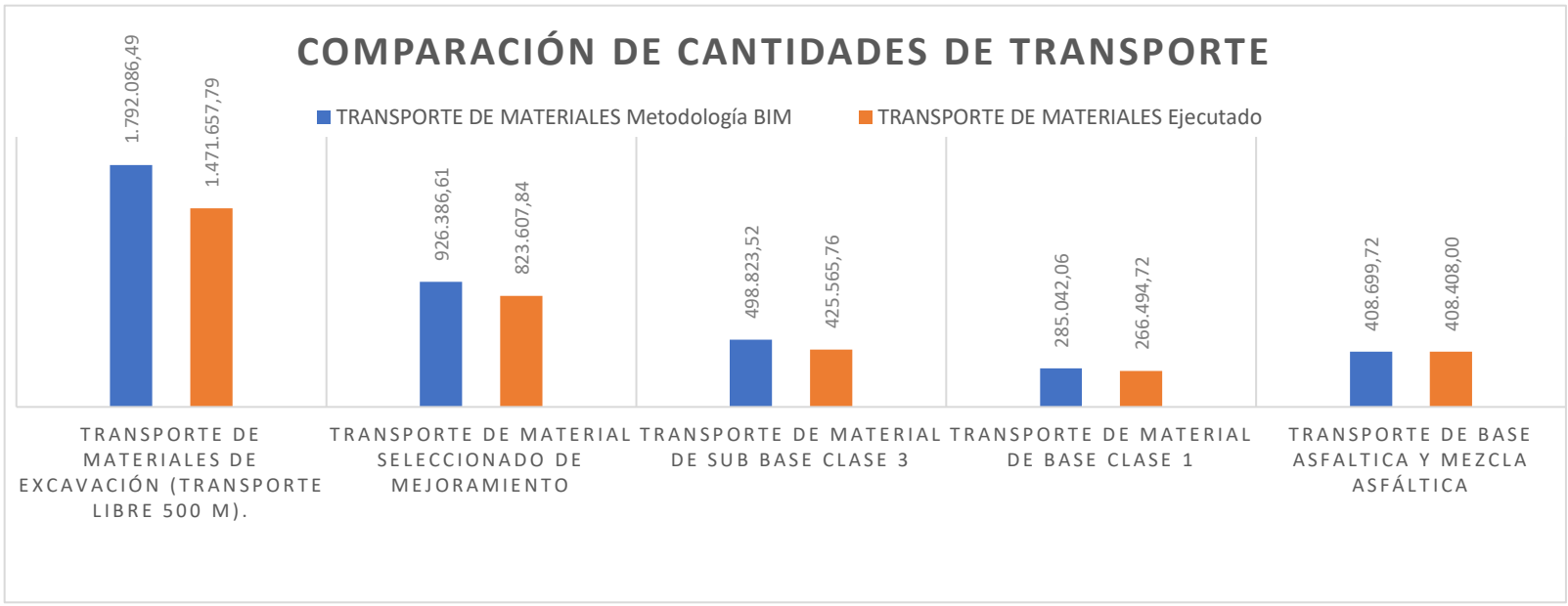
Comparación entre transporte de materiales entre la metodología BIM y el ejecutado

TRANSPORTE DE MATERIALES				
	Unidad	Metodología BIM	Ejecutado	Variación
Transporte de materiales de excavación (transporte libre 500 m).	m3-km	1,792,086.49	1,471,657.79	17.88%
Transporte de Material Seleccionado de Mejoramiento	m3-km	926,386.61	823,607.84	11.09%
Transporte de Material de Sub Base Clase 3	m3-km	498,823.52	425,565.76	14.69%
Transporte de Material de Base Clase 1	m3-km	285,042.06	266,494.72	6.51%
Transporte de Base Asfaltica y mezcla asfáltica	m3-km	408,699.72	408,408.00	0.07%

Fuente: Elaboración propia

Figura 46

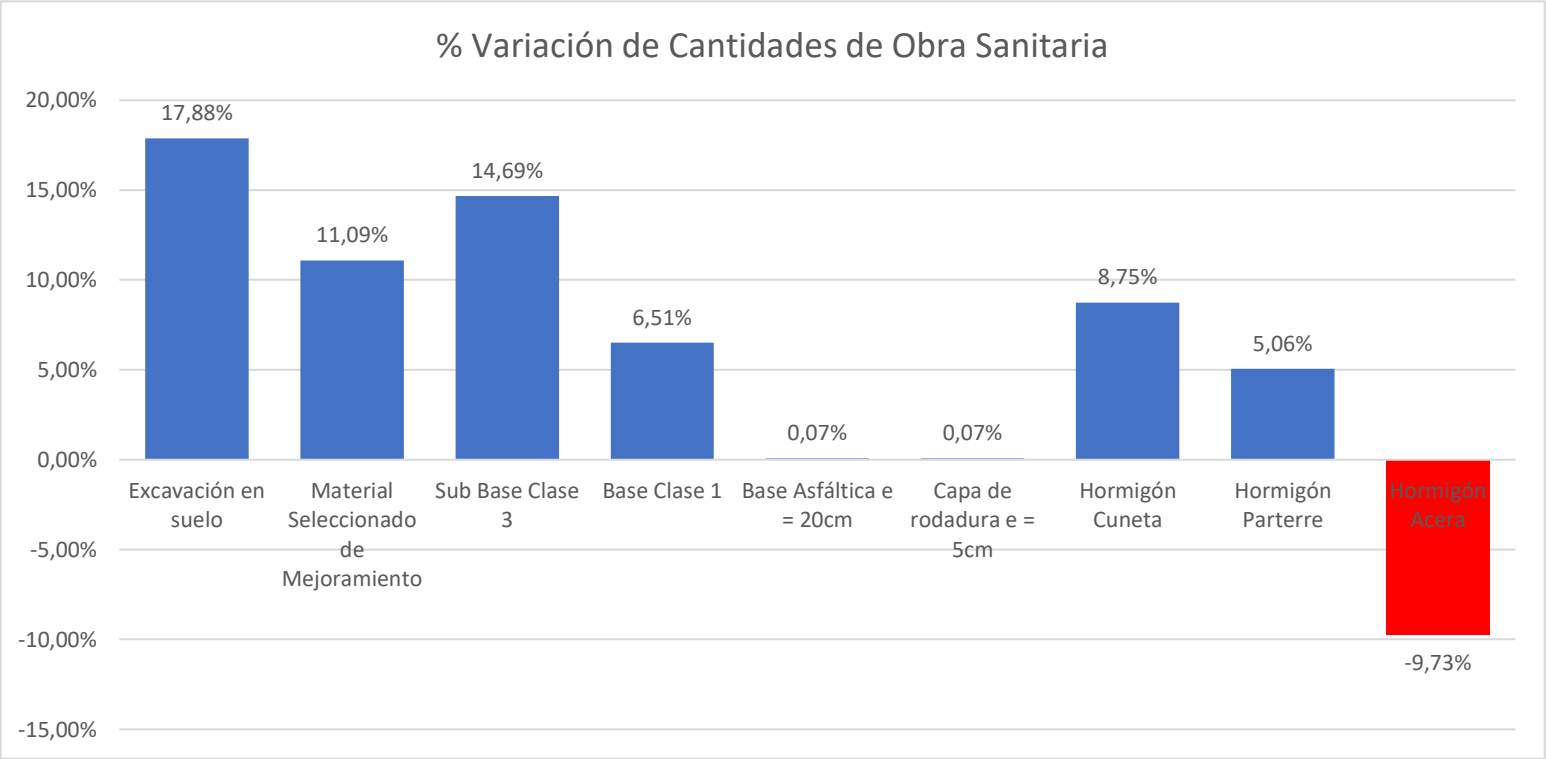
Gráfico de barras en el transporte de materiales con la metodología BIM y el ejecutado



La Figura 47, representa de manera detallada la variación existente de cada rubro respecto a las cantidades de obra.

Figura 47

Incremento o decremento de las cantidades entre ambas metodologías



Fuente: Elaboración propia

La Tabla 29, compara las cantidades obtenidas del modelo 3D con lo ejecutado en obra, la variación presentada en este apartado es considerable en todos los rubros que la intervienen, pues el análisis denota la existencia de cambios considerable con el diseño propuesto inicialmente para la ejecución de esta obra. La Figura 48, mejora la visualización referente a cómo actúa la variación de cantidades consideradas para las obras sanitarias

Tabla 29

Comparación entre la metodología BIM y el ejecutado dentro de las cantidades de obras sanitaria

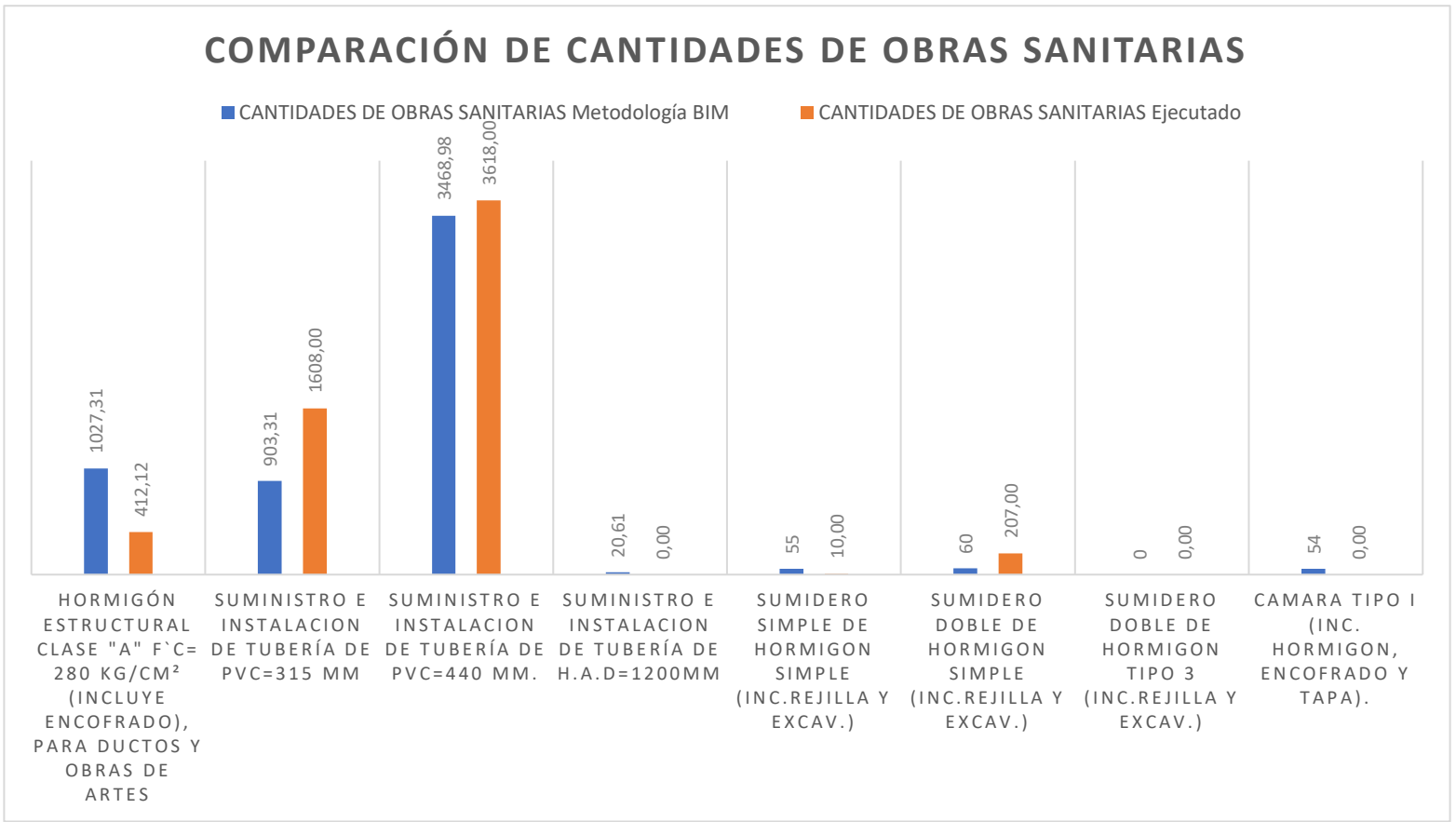
CANTIDADES DE OBRAS SANITARIAS					Promedio
	Unidad	Metodología BIM	Ejecutado	Variación	
Hormigón estructural Clase "A" f´c= 280 Kg/cm² (Incluye encofrado), para Ductos y Obras de Artes	m3	1027.31	412.12	59.88%	Mediana 14.39%
Suministro e Instalacion de Tubería DE PVC=315 mm	ml	903.31	1608.00	-78.01%	
Suministro e Instalacion de Tubería DE PVC=440 mm.	ml	3468.98	3618.00	-4.30%	
Suministro e Instalacion de Tubería DE H.A.D=1200mm	ml	20.61	0.00	100.00%	
Sumidero Simple de Hormigon Simple (Inc.Rejilla Y Excav.)	u	55	10.00	81.82%	**Mediana Aritmética 59.88%**
Sumidero Doble de Hormigon Simple (Inc.Rejilla Y Excav.)	u	60	207.00	-245.00%	
Sumidero Doble de Hormigon Tipo 3 (Inc.Rejilla Y Excav.)	u	0	0.00		
Camara Tipo I (Inc. Hormigon, encofrado y Tapa).	u	54	0.00	100.00%	

Fuente: Elaboración propia

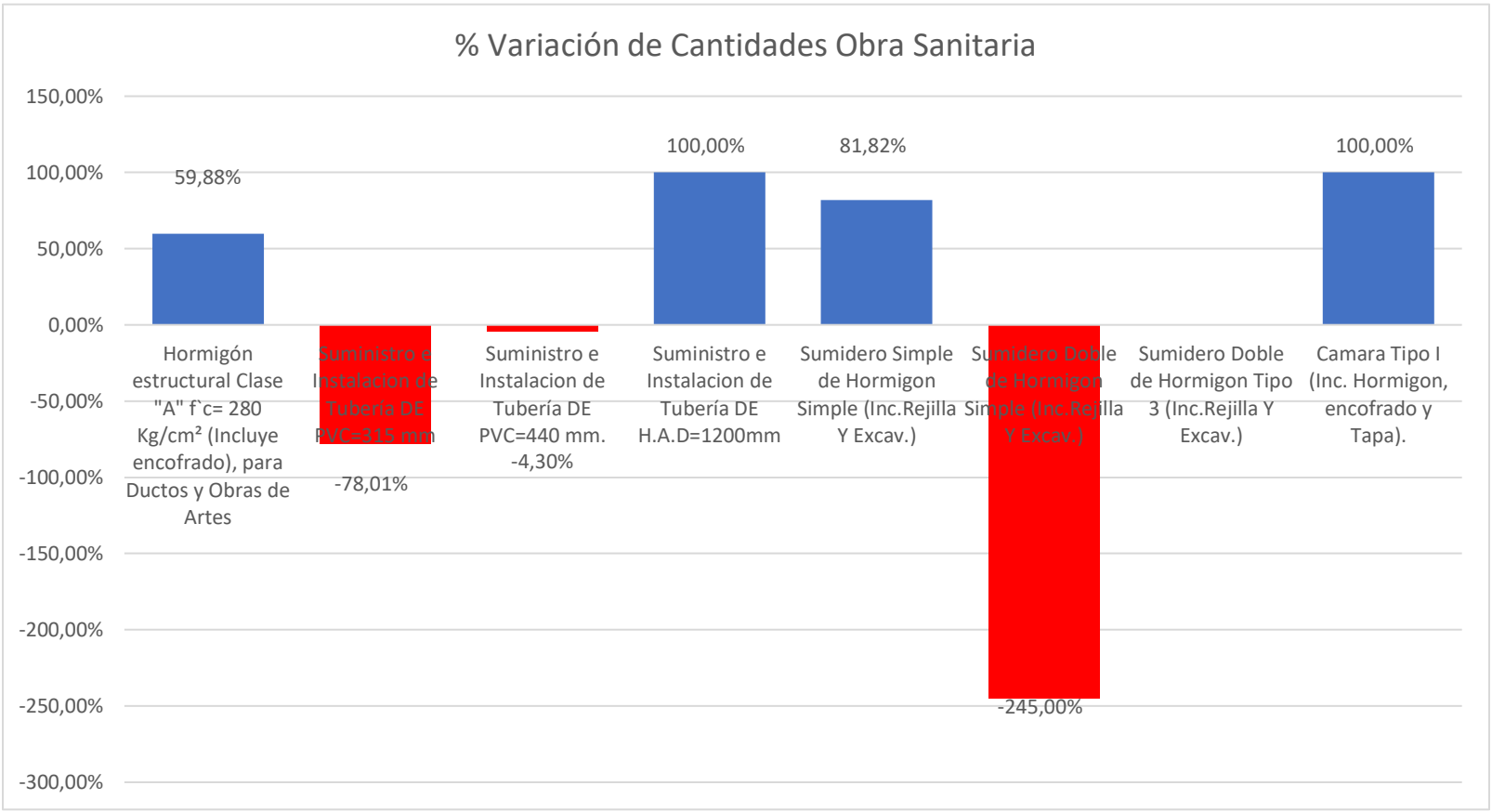
Figura 48

Gráfico de barras para las cantidades de obras sanitarias

Figura 49


COMPARACIÓN DE CANTIDADES DE OBRAS SANITARIAS
CANTIDADES DE OBRAS SANITARIAS Metodología BIM
CANTIDADES DE OBRAS SANITARIAS Ejecutado
1027,31
412,12
903,31
1608,00
3468,98
3618,00
20,61
0,00
55
10,00
60
207,00
0
0,00
54
0,00
HORMIGÓN ESTRUCTURAL CLASE "A" F`C= 280 KG/CM² (INCLUYE ENCOFRADO), PARA DUCTOS Y OBRAS DE ARTES
SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERÍA DE PVC=315 MM
SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERÍA DE PVC=440 MM.
SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERÍA DE H.A.D=1200MM
SUMIDERO SIMPLE DE HORMIGON SIMPLE (INC.REJILLA Y EXCAV.)
SUMIDERO DOBLE DE HORMIGON SIMPLE (INC.REJILLA Y EXCAV.)
SUMIDERO DOBLE DE HORMIGON TIPO 3 (INC.REJILLA Y EXCAV.)
CAMARA TIPO I (INC. HORMIGON, ENCOFRADO Y TAPA).

Incremento o decremento de las cantidades entre ambas metodologías



Fuente: Elaboración propia

El análisis posterior análisis, presentado en las Tablas 30, 31, 32. responde a la relación entre las cantidades ya obtenidas y lo ejecutado, a estas se les asigna los precios unitarios previamente indicados y se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 30

Comparación del presupuesto en base a las cantidades de obra obtenidas para la estructura vial entre ambas metodologías

PRESUPUESTO ESTRUCTURA VIAL							
	Unidad	Precio U.	Metodología BIM	Precio Total	Ejecutado	Precio Total	Diferencia
Excavación en suelo	m3	1.4	127,278.87	178,190.42	104,521.15	146,329.61	31,860.81
Material Seleccionado de Mejoramiento	m3	5.61	54,493.33	305,707.58	48,447.52	271,790.59	33,916.99
Sub Base Clase 3	m3	11.61	29,342.56	340,667.12	25,033.28	290,636.38	50,030.74
Base Clase 1	m3	17.02	16,767.18	285,377.40	15,676.16	266,808.24	18,569.16
Base Asfáltica e = 20cm	m2	26.5	73,972.80	1,960,279.20	73,920.00	1,958,880.00	1,399.20
Capa de rodadura e = 5cm	m2	6.71	73,972.80	496,357.49	73,920.00	496,003.20	354.29
Hormigón Cuneta	m3	201.83	1,479.46	298,599.41	1,350.00	272,470.50	26,128.91
Hormigón Parterre	m3	201.83	717.31	144,774.68	681.00	137,446.23	7,328.45
Hormigón Acera	m3	199.06	1,613.06	321,095.72	1,770.00	352,336.20	-31,240.48
				4,331,049.03		**4,192,700.95**	**138,348.07**

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31

Comparación del presupuesto en base a las cantidades de obra obtenidas para el transporte de materiales

TRANSPORTE DE MATERIALES							
	Unidad	Precio U.	Metodología BIM	Precio Total	Ejecutado	Precio Total	Diferencia
Transporte de materiales de excavación (transporte libre 500 m).	m3-km	0.71	1,792,086.49	1,272,381.41	1,471,657.79	1,044,877.03	227,504.38
Transporte de Material Seleccionado de Mejoramiento	m3-km	0.32	926,386.61	296,443.72	823,607.84	263,554.51	32,889.21
Transporte de Material de Sub Base Clase 3	m3-km	0.32	498,823.52	159,623.53	425,565.76	136,181.04	23,442.48
Transporte de Material de Base Clase 1	m3-km	0.32	285,042.06	91,213.46	266,494.72	85,278.31	5,935.15
Transporte de Base Asfaltica y mezcla asfáltica	m3-km	0.32	408,699.72	130,783.91	408,408.00	130,690.56	93.35
				1,950,446.02		**1,660,581.45**	**289,864.56**

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32

Comparación del presupuesto en base a las cantidades de obra obtenidas para obras sanitarias

PRESUPUESTO OBRAS SANITARIAS							
	Unidad	Precio U.	Metodología BIM	Precio Total	Ejecutado	Precio Total	Diferencia
Hormigón estructural Clase "A" f c= 280 Kg/cm² (Incluye encofrado), para Ductos y Obras de Artes	m3	299.75	1027.31	307,936.17	412.12	123,532.97	184,403.20
Suministro e Instalacion de Tuberia DE PVC=315 mm	ml	79.14	903.31	71,487.95	1,608.00	127,257.12	-55,769.17
Suministro e Instalacion de Tuberia DE PVC=440 mm.	ml	81.28	3468.98	281,958.69	3,618.00	294,071.04	-12,112.35
Suministro e Instalacion de Tuberia DE H.A.D=1200mm	ml	883.61	20.61	18,211.20	-	-	18,211.20
Sumidero Simple de Hormigon Simple (Inc.Rejilla Y Excav.)	u	280.39	55.00	15,421.45	10.00	2,803.90	12,617.55
Sumidero Doble de Hormigon Simple (Inc.Rejilla Y Excav.)	u	499.71	60.00	29,982.60	207.00	103,439.97	-73,457.37
Sumidero Doble de Hormigon Tipo 3 (Inc.Rejilla Y Excav.)	u	552.91	0.00	-	-	-	-
Camara Tipo I (Inc. Hormigon, encofrado y Tapa).	u	2947.26	54.00	159,152.04	-	-	159,152.04
				884,150.11		**651,105.00**	**233,045.11**

Fuente: Elaboración propia

En resumen, se detalla en la Tabla 33, el presupuesto de cada apartado de acuerdo con la metodología BIM y las cantidades obtenidas por medio de la ejecución de obra, para este resumen se determina una variación económica del 9.23%, los apartados de mayor afectación corresponden al transporte de materiales y sobre todo a las obras sanitarias; tal como se mencionó anteriormente, las cantidades de ejecución permitieron demostrar que hubo una variación conforme al diseño.

Tabla 33

Resumen de presupuesto y variación económica entre BIM y Ejecutado

TOTAL				
Descripción	**Metodología BIM**	**Ejecutado**	**Diferencia**	**Variación**
Estructura Vial	4,331,049.03	4,192,700.95	138,348.07	**9.23%**
Transporte de materiales	1,950,446.02	1,660,581.45	289,864.56	
Obras Sanitarias	884,150.11	651,105.00	233,045.11	
	7,165,645.16	**6,504,387.41**	**661,257.75**	

Fuente: Elaboración propia

5.6 Conclusión de Análisis

Una vez que se ha culminado con el análisis de toda la información pertinente al estudio de rehabilitación de la vía de acceso al Hospital Monte Sinaí, se obtuvo información indispensable para concluir con esta etapa del proyecto. La misma se presenta en la Tabla 34 la cual agrupa los valores planteados y la Tabla 35 que representa el porcentaje en términos económicos de dicha variación al ser comparado entre los 3 escenarios.

Tabla 34

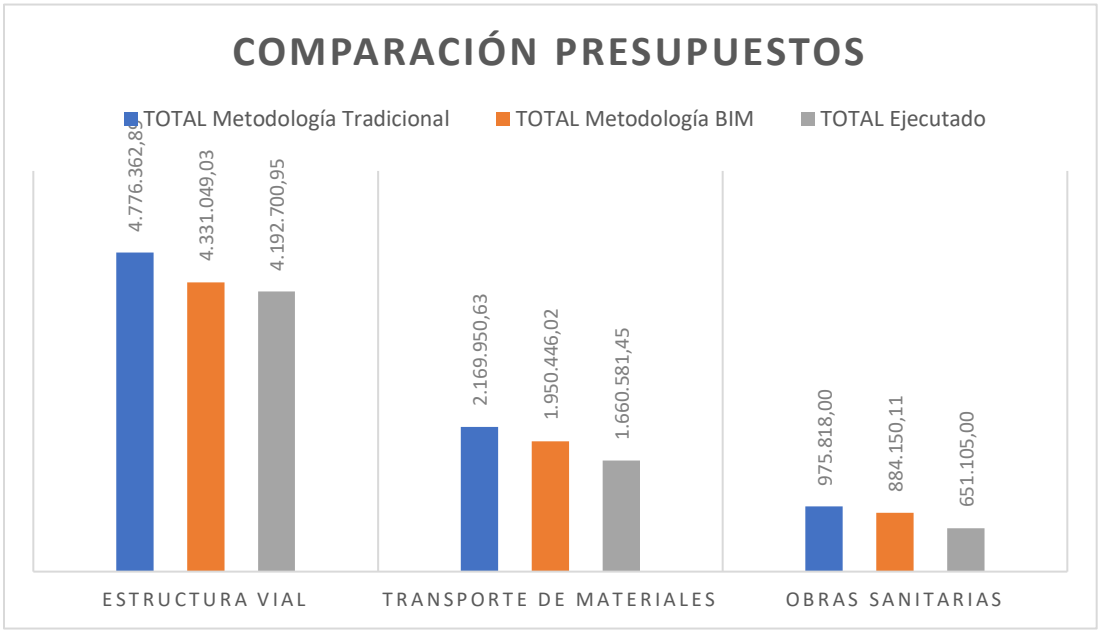
Resumen de presupuesto calculado en tres escenarios diferentes

	TOTAL		
Descripción	**Metodología Tradicional**	**Metodología BIM**	**Ejecutado**
Estructura Vial	4,776,362.89	4,331,049.03	4,192,700.95
Transporte de materiales	2,169,950.63	1,950,446.02	1,660,581.45
Obras Sanitarias	975,818.00	884,150.11	651,105.00
	7,922,131.52	**7,165,645.16**	**6,504,387.41**

Fuente: Elaboración propia

Figura 50

Gráfico de barras en la comparación de presupuesto entre la Metodología tradicional y BIM



Efectuando una operación básica se puede comprobar que, para la consideración de rubros dada, la diferencia entre los estudios y lo ejecutado este alrededor de $1’417.744,11 mientras que la diferencia considerando la metodología BIM y lo ejecutado este alrededor de los $661.257,70. Con el análisis planteado se puede determinar la variación en el presupuesto establecido.

Otra forma de compararlo sería considerar que la vía en cuestión es de 4.483,20 m, si el presupuesto referencial está determinado en base a esta longitud, se obtendría un valor de $1´767.070,74 /km de vía, mientras que aplicando los valores obtenidos de la metodología BIM se tiene como referencial el valor de $1’598.332,70 /km de vía.

La diferencia que se da entre ambas metodologías respecto a lo ejecutado puede deberse a muchos factores, siendo uno de ellos y sin duda el más probable, el cambio en los diseños ya que al analizar las cantidades de obra sanitaria se dieron variaciones considerables lo cual no sucedía con las de la estructura vial.

Por esta razón la Tabla 35, detalla a continuación una representación en porcentaje de los valores de cada apartado entre las metodologías descritas; la misma puede apreciarse de manera interactiva en el gráfico ¿? en donde se observa como los presupuestos varian cuando se realiza la comparación entre los tres escenarios planteados:

Tabla 35

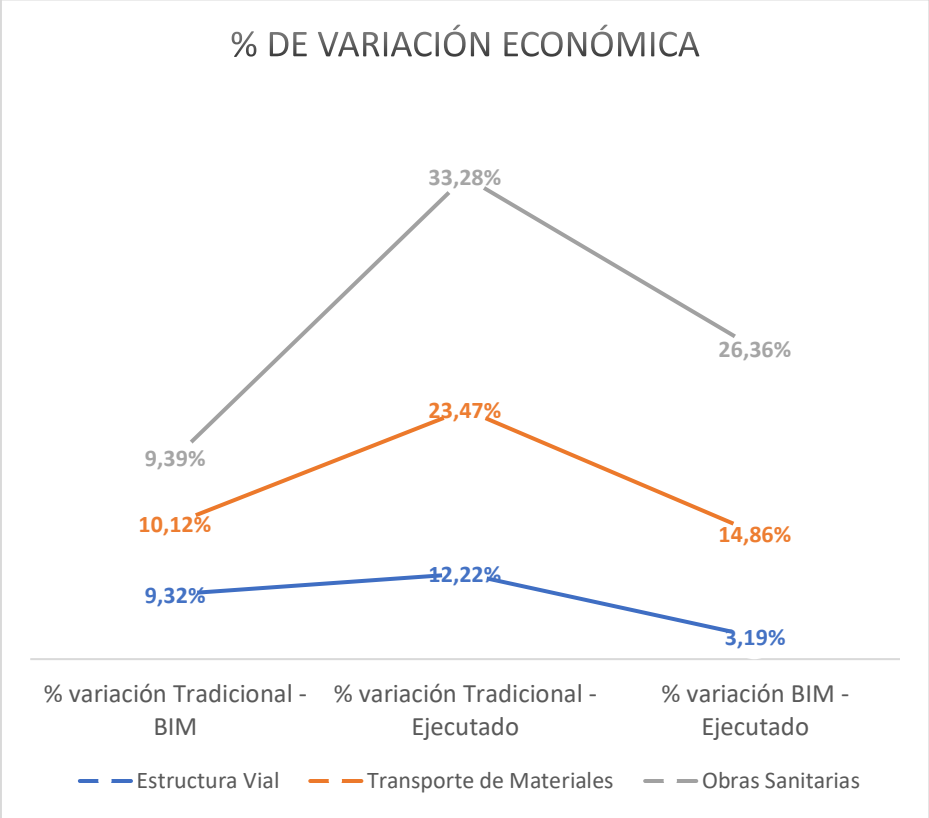
Representación porcentual entre los valores de la metodología tradicional, ejecutado y la metodología BIM

	TOTAL		
Descripción	**% variación Tradicional - BIM**	**% variación Tradicional - Ejecutado**	**% variación BIM - Ejecutado**
Estructura Vial	9.32%	12.22%	3.19%
Transporte de materiales	10.12%	23.47%	14.86%
Obras Sanitarias	9.39%	33.28%	26.36%

Fuente: Elaboración propia

Figura 51

Variación económica



Fuente: Elaboración propia

Posterior al análisis ejecutado dentro de este proyecto, es importante destacar que la variación existente, entre la metodología tradicional vs la metodología BIM es representativa ya que afecta al presupuesto de obra. Sin embargo, la forma en que varían las cantidades de obra entre la metodología tradicional vs lo ejecutado es significativa, ya que afectan en gran proporción al presupuesto.

Si bien es cierto, el modelado y los cálculos aplicados al usar la metodología BIM tratan de acercar al estudio al escenario real, sigue existiendo una diferencia representativa entre ambos la cual puede darse por diversos factores, los cuales deben ser estudiados a profundidad y sobre todo deben ser solventados desde el primer momento en el que se realizan los estudios de ingeniería definitivos.

CAP 6

6. Dirección del Proyecto

La gestión adecuada de un proyecto es esencial para su éxito y la satisfacción del cliente. Para lograrlo, es necesario contar con una adecuada dirección del proyecto. El Project Management Institute (PMI) ha establecido un conjunto de áreas de conocimiento y grupos de procesos que deben ser aplicados para dirigir un proyecto de manera efectiva.

En este capítulo, se analizará la aplicación de estas áreas de conocimiento y grupos de procesos en la dirección de un proyecto vial, en la implementación de la metodología BIM. La aplicación de BIM en proyectos viales ha demostrado ser una herramienta eficaz para la planificación, diseño, construcción y mantenimiento de carreteras, autopistas y otros proyectos de infraestructura vial.

El objetivo de este capítulo es proporcionar una visión general de cómo se pueden aplicar las áreas de conocimiento y grupos de procesos del PMI en la dirección de un proyecto vial que involucre la metodología BIM. Se explorarán los diferentes procesos y áreas de conocimiento que deben ser considerados y cómo pueden aplicarse para garantizar el éxito del proyecto.

Áreas de Conocimiento y Grupos de Procesos:

En la dirección de un proyecto, es importante tener en cuenta las diez áreas de conocimiento del PMI: integración, alcance, tiempo, costo, calidad, recursos humanos,

comunicaciones, riesgos, adquisiciones y partes interesadas. Estas áreas de conocimiento están interrelacionadas y deben ser consideradas en conjunto para lograr una gestión efectiva del proyecto.

Por otro lado, los grupos de procesos del PMI incluyen la iniciación, planificación, ejecución, monitoreo y control, y cierre. Estos grupos de procesos representan las diferentes etapas del proyecto y deben ser implementados de manera adecuada para asegurar la finalización satisfactoria del proyecto.

En resumen, en este capítulo se explorará la aplicación de las áreas de conocimiento y grupos de procesos del PMI en la dirección de un proyecto vial que involucre la aplicación de la metodología BIM, dentro de la vía de acceso en desarrollo “Monte Sinaí”. La dirección efectiva del proyecto es crucial para garantizar su éxito y la satisfacción de un posible cliente, por lo que es importante comprender cómo aplicar estos principios en la práctica.

6.1 Áreas de conocimiento del Project Managment Institute (PMI)

La dirección de proyectos, según el PMI, se divide en 10 áreas de conocimiento interrelacionadas que deben ser gestionadas de manera efectiva para lograr el éxito del proyecto. En este subcapítulo, se describirán brevemente cada una de estas áreas y su importancia en la dirección del proyecto.

Gestión de Integración del Proyecto: Es la coordinación y dirección de los procesos y actividades involucrados en la planificación, ejecución y cierre del proyecto, con el fin de alcanzar los objetivos y metas establecidos.

Gestión del Alcance del Proyecto: Es la definición, documentación y control de los límites del proyecto, incluyendo el alcance del trabajo, los entregables y los requisitos necesarios para satisfacer las expectativas del cliente.

Gestión del Tiempo del Proyecto: Es la planificación, programación y control de las actividades necesarias para completar el proyecto en el tiempo establecido, incluyendo la estimación de la duración de las actividades y la secuencia en que se deben realizar.

Gestión de Costos del Proyecto: Es la estimación, presupuestación y control de los costos necesarios para completar el proyecto dentro del presupuesto establecido, incluyendo los costos de los recursos humanos, materiales y otros gastos asociados al proyecto.

Gestión de la Calidad del Proyecto: Es la planificación y control de los procesos necesarios para asegurar que el proyecto cumpla con los estándares de calidad y los requisitos del cliente.

Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto: Es la planificación, adquisición, desarrollo y gestión del equipo necesario para completar el proyecto de manera efectiva y eficiente.

Gestión de las Comunicaciones del Proyecto: Es la planificación, gestión y distribución de la información del proyecto de manera oportuna y adecuada a todas las partes interesadas en el proyecto.

Gestión de los Riesgos del Proyecto: Es la identificación, evaluación, planificación y monitoreo de los riesgos del proyecto, con el fin de minimizar los impactos negativos y aprovechar las oportunidades que puedan presentarse.

Gestión de las Adquisiciones del Proyecto: Es la planificación, selección, contratación y gestión de los proveedores y otros recursos externos necesarios para completar el proyecto.

Gestión de los Interesados del Proyecto: Es la identificación, análisis, planificación y gestión de las necesidades y expectativas de todas las partes interesadas en el proyecto, incluyendo a los clientes, patrocinadores, equipos de trabajo y otros grupos involucrados en el proyecto.

En resumen, cada área de conocimiento es fundamental para el éxito del proyecto, y debe ser gestionada de manera adecuada y efectiva por el director del proyecto y su equipo.

6.2 Grupos de procesos en la gestión de un proyecto

La dirección de un proyecto requiere de la aplicación de un conjunto de procesos que se agrupan en cinco grupos de procesos según el PMI. Cada grupo de procesos está diseñado para garantizar el éxito del proyecto en su conjunto y se aplica en todas las áreas de conocimiento. A continuación, se describirán los cinco grupos de procesos y su importancia en la dirección de proyectos.

Inicio: Este grupo de procesos se centra en definir el alcance del proyecto, identificar los interesados, establecer los objetivos del proyecto y definir la estrategia de gestión. Es un paso crucial para garantizar el éxito del proyecto y establecer una base sólida para el resto del proyecto.

Planificación: Este grupo de procesos es clave para establecer un plan detallado para alcanzar los objetivos del proyecto. Incluye la definición del alcance del proyecto, la creación

de un plan de gestión de riesgos, la planificación de los recursos necesarios, la creación del cronograma y la definición del presupuesto.

Ejecución: Este grupo de procesos implica la coordinación y gestión de los recursos para llevar a cabo el plan establecido en la etapa de planificación. Incluye la gestión de los cambios necesarios, la garantía de calidad, la gestión de los interesados y la comunicación de los progresos.

Monitoreo y control: Este grupo de procesos se enfoca en la supervisión del progreso del proyecto y la realización de ajustes necesarios para asegurar que se alcancen los objetivos establecidos. Incluye la gestión de riesgos, la medición de los avances, la gestión de cambios y la resolución de problemas.

Cierre: Este grupo de procesos implica la finalización de todas las actividades del proyecto, la revisión de los resultados y la entrega del proyecto. Incluye la documentación de los resultados, la evaluación del desempeño del equipo, la realización de una revisión final y la elaboración de un informe final.

Cada grupo de procesos es esencial para la dirección de proyectos exitosa y garantiza que se cumplan los objetivos del proyecto en tiempo y forma. Es importante entender cómo cada grupo de procesos se integra en las diferentes áreas de conocimiento para lograr una dirección efectiva del proyecto.

En la Figura 41, se puede apreciar las áreas de conocimiento y los grupos de proceso integrado en una matriz de procesos en la dirección de proyectos. De esta manera, usando el

respectivo ejemplo, lo aplicamos a nuestro proyecto vial en el grafico 41, tal y como se puede observar a continuación.

6.3 Matriz de procesos (área de conocimiento/ grupo de procesos)

Figura 52

Matriz de procesos en la dirección de proyectos

No.	Áreas/Grupos	Grupo de Procesos de Inicio	Grupo de Procesos de Planificación	Grupo de Procesos de Ejecución	Grupo de Procesos de Monitoreo y Control	Grupo de Procesos de Cierre	#
4.0	4.0 Gestión de la Integración del Proyecto.	4.1 Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto.	4.2 Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto.	4.3 Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto. 4.4 Gestionar el Conocimiento del Proyecto.	4.5 Monitorear y Controlar el Trabajo del proyecto. 4.6 Realizar el Control Integrado de Cambios.	4.7 Cerrar el Proyecto o Fase.	7
5.0	5. Gestión del Alcance del Proyecto.		5.1 Planificar la Gestión del Alcance. 5.2 Recopilar Requisitos. 5.3 Definir el Alcance. 5.4 Crear la EDT/WBS.		5.5 Validar el Alcance. 5.6 Controlar el Alcance.		6
6.0	6. Gestión del Cronograma del Proyecto.		6.1 Planificar la Gestión del Cronograma. 6.2 Definir las Actividades. 6.3 Secuenciar las Actividades. 6.4 Estimar la Duración de las Actividades. 6.5 Desarrollar el Cronograma.		6.6 Controlar el Cronograma.		6
7.0	7. Gestión de los Costos del Proyecto.		7.1 Planificar la Gestión de los Costos. 7.2 Estimar los Costos. 7.3 Determinar el Presupuesto.		7.4 Controlar los Costos.		4
8.0	8. Gestión de la Calidad del Proyecto.		8.1 Planificar la Gestión de la Calidad.	8.2 Gestionar la Calidad.	8.3 Controlar la Calidad.		3
9.0	9. Gestión de los Recursos del Proyecto.		9.1 Planificar la Gestión de los Recursos. 9.2 Estimar los Recursos de las Actividades.	9.3 Adquirir Recursos. 9.4 Desarrollar al Equipo. 9.5 Dirigir al Equipo.	9.6 Controlar los Recursos.		6
10.0	10. Gestión de las Comunicaciones del Proyecto		10.1 Planificar la Gestión de las Comunicaciones.	10.2 Gestionar las Comunicaciones.	10.3 Monitorear las Comunicaciones		3
11.0	11. Gestión de los Riesgos del Proyecto		11.1 Planificar la Gestión de los Riesgos. 11.2 Identificar los Riesgos. 11.3 Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos. 11.4 Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos. 11.5 Planificar la Respuesta a los Riesgos.	11.6 Implementar la Respuesta a los Riesgos	11.7 Monitorear los Riesgos		7
12.0	12. Gestión de las Adquisiciones del Proyecto.		12.1 Planificar la Gestión de las Adquisiciones.	12.2 Efectuar las Adquisiciones.	12.3 Controlar las Adquisiciones.		3
13.0	13. Gestión de los Interesados del Proyecto.	13.1 Identificar a los Interesados.	13.2 Planificar el Involucramiento de los Interesados.	13.3 Gestionar la Participación de los Interesados.	13.4 Monitorear el Involucramiento de los Interesados.		4
	49 procesos:	**2**	**24**	**10**	**12**	**1**	**49**

Fuente: Pmbook 6ta edición

Figura 53

Matriz de proceso integrado en el proyecto vial

	Grupo de Procesos de Inicio	***Grupo de Procesos de Planificación***	***Grupo de Procesos de Ejecución***	***Grupo de Procesos de Monitoreo y Control***	***Grupo de Procesos de Cierre***
Gestión de la integración de proyecto	4.1 Desarrollar el acta de constitución del proyecto	4.2 Desarrollar el Plan para la dirección del proyecto	4.3 Dirigir y Gestionar el Trabajo del proyecto	4.4 Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto Realizar el Control Integrado de Cambio	4.6 Cerrar el proyecto o Fase
Gestión del Alcance del Proyecto		5.1 Planificar la Gestión del Alcance. 5.3 Definir el Alcance. 5.4 Crear la WBS.		5.6 Controlar el alcance	
Gestión del Tiempo del Proyecto		6.2 Definir las actividades 6.3 Secuenciar las actividades 6.6 Desarrollar el cronograma		6.7 Controlar el cronograma	
Gestión de los costos del proyecto		7.2 Estimar los costos 7.3 Determinar el presupuesto		7.4 Controlar los Costos	
Gestión de la calidad del proyecto			8.2 Realizar aseguramiento de calidad	8.3 Controlar la calidad	
Gestión de los Recursos humanos del Proyecto		9.1 Planificar la Gestión de Recursos Humanos	9.2 Adquirir el Equipo del proyecto		
Gestión de las comunicaciones del Proyecto			10.2 Gestionar las Comunicaciones		
Gestión de los riesgos del Proyecto		11.2 Identificar los riesgos 11.4 Realizar un análisis cuantitativo 11.5 Planificar la respuesta de los riesgos		11.6 Controlar los riesgos	
Gestión de las Adquisiciones del Proyecto			12.3 Controlar las adquisiciones		
Gestión de las Adquisiciones del Proyecto	13.1 Identificar a los interesados	13.2 Planificar la gestión de los interesados	13.3 Gestionar la participación de los interesados		

6.4 Conclusiones

En conclusión, la dirección de proyectos es una disciplina clave en el éxito de cualquier proyecto, incluyendo el proyecto vial que se está analizando en conjunto con la implementación de la metodología BIM. Para lograr una dirección efectiva, es fundamental tener en cuenta las diez áreas de conocimiento del PMI, así como los grupos de procesos. La integración de ambas se pudo observar en el Figura 43.

La integración, el alcance, el tiempo, el costo, la calidad, los recursos humanos, la comunicación, los riesgos, las adquisiciones y el stakeholder management son aspectos cruciales que deben ser considerados en la dirección de proyectos. Además, es importante tener en cuenta que la implementación de la metodología BIM en proyectos viales puede proporcionar numerosos beneficios, como la reducción de errores, la mejora de la eficiencia y la eficacia, y la reducción de costos, entre otros.

De tal manera, una adecuada dirección de proyectos en la implementación de la metodología BIM en un proyecto vial puede ser la clave del éxito en la entrega de un proyecto de calidad.

6.5 Work Breakdown Structure aplicado al Proyecto de investigación

6.5.1 Introducción

La dirección de un proyecto es una tarea compleja y desafiante que requiere una planificación adecuada y una gestión efectiva de todos los aspectos involucrados en el proyecto. La Metodología BIM se ha convertido en una herramienta importante para la gestión y planificación de proyectos de construcción.

A medida que el sector de la construcción continúa evolucionando, la metodología BIM se ha convertido en una herramienta esencial para la gestión y planificación de proyectos. En particular, los proyectos viales se han beneficiado enormemente de la implementación de la metodología BIM, ya que ha demostrado su capacidad para mejorar la eficiencia y calidad del proyecto.

La creación de un Work Breakdown Structure (WBS) es una parte fundamental de la aplicación exitosa de la metodología BIM en proyectos viales, ya que permite una descomposición jerárquica del proyecto en componentes más manejables y fáciles de controlar. En este sentido, es importante comprender la importancia de realizar un WBS dentro de un proyecto vial aplicando la metodología BIM y cómo contribuye a la gestión efectiva del proyecto.

6.5.2 Importancia del WBS en el proyecto de investigación

El WBS permite dividir el proyecto en actividades más pequeñas y manejables, lo que facilita la planificación, el seguimiento y el control del proyecto. La importancia del WBS en un proyecto vial con metodología BIM se puede resumir en los siguientes puntos:

Descomposición del proyecto en tareas manejables: Permite realizar proyectos en tareas manejables y asignar responsabilidades y recursos específicos para cada tarea. Esto ayuda a evitar confusiones y a garantizar que cada parte del proyecto se gestione adecuadamente.

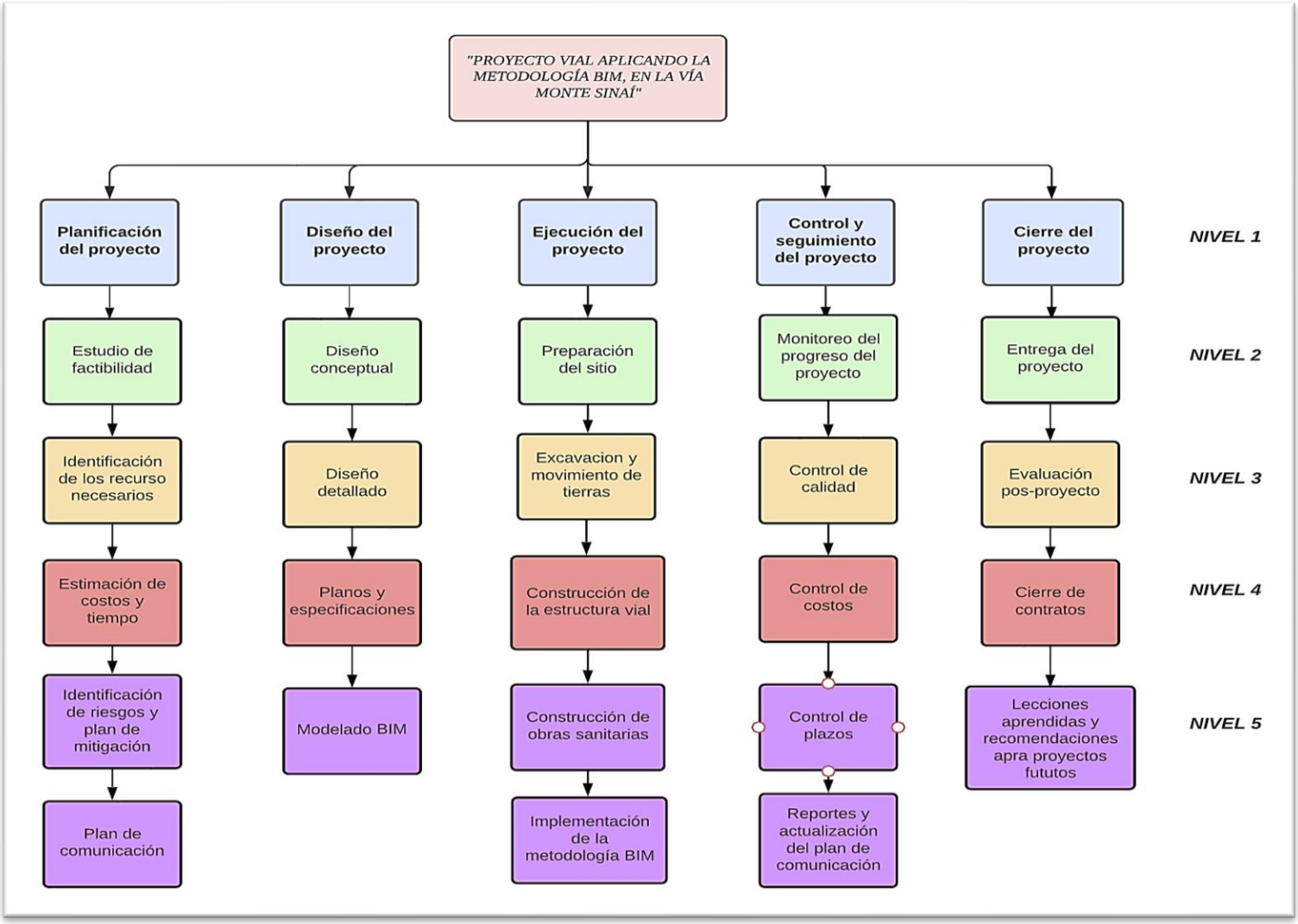
Definición de entregables: Ayuda a definir claramente los entregables y asegurar que cada vinculo a un conjunto específico de tareas y recursos. Esto es especialmente importante en un proyecto vial donde hay muchos entregables diferentes, desde la planificación de la construcción hasta la implementación y el mantenimiento.

Planificación y programación: Proporciona una estructura clara para la, lo que ayuda a asegurar que todas las tareas se completen a tiempo y dentro del presupuesto.

Seguimiento y control: Ayuda a identificar cualquier desviación del plan original. También ayuda en la toma de decisiones sobre el control de cambios y la asignación de recursos.

Figura 54

WBS integrado en el proyecto vial "Monte Sinaí"



Fuente: Elaboración Propia

6.5.3 Conclusiones del WBS en el proyecto vial “Monte Sinaí”

El proyecto de investigación aplicado a la vía en desarrollo “Monte Sinaí” usando la metodología BIM, el uso del WBS es primordial para poder obtener una información más ordenada y sintetizada. La metodología BIM implica la creación de un modelo digital tridimensional que incluye información detallada sobre el diseño, la construcción y el mantenimiento del proyecto. El WBS nos ayuda a desglosar las tareas necesarias para la implementación de la metodología BIM, lo que nos permite asegurar que todas las fases del proyecto sean adecuadamente planificadas, diseñadas, ejecutadas, controladas y monitoreadas.

En resumen, la elaboración del WBS es una parte fundamental en la gestión de proyectos, ya que nos permite una mejor comprensión y control de todas las tareas necesarias para llevar a cabo un proyecto de manera efectiva.

CAP 7

7. Conclusiones del proyecto de investigación

1. Una vez que se ha culminado con el análisis de toda la información pertinente al estudio de rehabilitación de la vía de acceso al Hospital Monte Sinaí, se obtuvo información indispensable para concluir con esta etapa del proyecto. La misma se presenta en la Tabla 34 la cual agrupa los valores en base a las cantidades de las dos metodologías planteadas y los valores que se obtuvieron de las cantidades ejecutadas.

2. La guía metodológica para la implementación de la metodología BIM se elaboró en base en función del levantamiento aplicado a la vía Monte Sinaí, que servirá para futuros proyectos de infraestructura vial considerando los resultados obtenidos en este proyecto, incluyendo los pasos clave, las herramientas y los recursos necesarios.

3. Para el ciclo de vida del proyecto vial con implementación BIM, se necesitó 29 procesos, de los 49 que la matriz de dirección de proyectos nos proporciona en su guía. Lo cual nos indica que hemos logrado un alto nivel de control y gestión en todas las etapas del proyecto.

4. La implementación de la metodología BIM en un proyecto vial conlleva una inversión inicial importante, pero que puede generar beneficios a largo plazo. Al invertir en dispositivos, softwares y capacitación del personal, se puede lograr una mejora en la gestión del tiempo y costos del proyecto, lo que puede impactar positivamente en la imagen del contratista o entidad responsable del proyecto. Además, la aplicación de la metodología BIM

mejoró la calidad de la información y la eficiencia en la toma de decisiones, lo que resultó en una ventaja competitiva en el mercado de la construcción.

5. El proyecto de investigación aplicado a la vía en desarrollo “Monte Sinaí” usando la metodología BIM, el uso del WBS es primordial para poder obtener una información más ordenada y sintetizada. La metodología BIM implica la creación de un modelo digital tridimensional que incluye información detallada sobre el diseño, la construcción y el mantenimiento del proyecto. El WBS nos ayuda a desglosar las tareas necesarias para la implementación de la metodología BIM, lo que nos permite asegurar que todas las fases del proyecto sean adecuadamente planificadas, diseñadas, ejecutadas, controladas y monitoreadas.

CAP 8

8. Recomendaciones

1. Es recomendable que se continúe aplicando la metodología BIM en futuros proyectos de infraestructura vial, para garantizar una comparación precisa de los resultados obtenidos y una mejor colaboración y comunicación entre especialidades.

2. Capacitar a los equipos involucrados en la implementación de BIM en proyectos de infraestructura vial, para asegurarse de que se obtenga el máximo potencial de esta metodología. Además, es importante que se establezcan protocolos claros para la colaboración y comunicación entre especialidades en proyectos BIM, para garantizar una ejecución eficiente y efectiva.

3. Considerar la utilización de la matriz de dirección de proyectos, la cual permitirá llevar a cabo una gestión más efectiva de los procesos involucrados en la construcción de la obra. Además, se sugiere la realización de capacitaciones y entrenamientos para el equipo de trabajo que está usando las herramientas, en el uso de la metodología BIM y en el manejo de la matriz de dirección de proyectos.

4. En el marco del proyecto vial, considerar la implementación de la metodología BIM como una inversión a largo plazo en lugar de un gasto temporal. Esto implica la adquisición de los dispositivos y softwares necesarios, así como la capacitación del personal, pero los beneficios serían significativos. en términos de reducción de costos y tiempo, mejoría en la calidad de la información y en la imagen de la empresa.

5. Se sugiere que las empresas realicen una evaluación previa del costo-beneficio de la implementación de la metodología BIM en su proyecto vial, a fin de tener una idea clara de los recursos que se deben invertir y del retorno que se espera obtener. De esta manera, se pueden tomar decisiones informadas y estratégicas que permitan maximizar los resultados del proyecto y mejorar la competitividad en el mercado.

Referencias bibliográficas

1. Ana, M. (2015, OCTUBRE). BIM Y LAS REPERCUSIONES EN LA CALIDAD DE. *BIM Y LAS REPERCUSIONES EN LA CALIDAD.*

2. Aragón, D., & Flores, P. (2018, Marzo). Análisis comparativo entre las metodologías BIM y tradicional, implementadas en gestión de tiempo y gestión de costo del proyecto Edificio Central Panaderia Corazón de Oro. Managua, Nicaraguay: Universidad Nacional de Ingenieria. Retrieved from http://ribuni.uni.edu.ni/id/eprint/2504

3. Avellaneda, J., & Pérez, I. (2015, Octubre). BIM y las repercusiones en la calidad de los procesos constructivos. Análisis sobre la influencia de esta metodología en las etapas del proceso constructivo. Catalu{a, Barcelona, España: Universitat Politécnica de Catalunya. Retrieved from http://hdl.handle.net/2117/79888

4. Ayay, S., & Laiza, J. (2020, Noviembre 29). Propuesta de implementación de la metodología BIM, en la construcción de un edificio multifamiliar en la empresa CCI Ingenieros del Perú S.R.L en Cajamarca 2020. Cajamarca, Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. Retrieved from https://hdl.handle.net/11537/25360

5. Biblus. (2019, Febrero 19). *BIM en el mundo: Estados Unidos los inventores del BIM se han quedado atrás*. Retrieved from Biblus: https://biblus.accasoftware.com/es/bim-en-el-mundo-estados-unidos-los-inventores-del-bim-se-han-quedado-atras/#:~:text=Como%20se%20mencion%C3%B3%20en%20la,del%20BIM%20en%20la%20construcci%C3%B3n.

6. BIMnD. (2022). *LOD en la metodología BIM*. Retrieved from Building new dimensions: https://www.bimnd.es/lod-la-metodologia-bim/

7. Daniel, E. (2017, JULIO). Gestión del TIEMPO Y COSTES – ¿Diferencias? entre PMBOK 6ª edición e ISO21500 en Project Management. *Gestión del TIEMPO Y COSTES – ¿Diferencias? entre PMBOK 6ª edición e ISO21500 en Project Management.*

8. Díaz, B., & Rivera, M. (2020, Julio 13). Optimización de costos y tiempos de las partidas de mayor incidencia en proyectos viales de la región sierra centro y sur, mediante metodología BIM. Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Retrieved from http://hdl.handle.net/10757/652230

9. Echeverria, D. (2017, Julio 3). *Gestión del TIEMPO Y COSTES – ¿Diferencias? entre PMBOK 6ª edición e ISO21500 en Project Management.* Retrieved from https://www.danielecheverria.com/2017/07/03/gestion-del-tiempo/

10. Guerrero, R., & Quito, G. (2021, Abril 20). Implementación de una gestión de calidad usando la metodología BIM MANAGMENT para movimiento de tierra en pavimento urbano en el ddistrito de Carabayllo año 2019. Carabayllo, Lima, Perú: Universidad Privada Del Norte. Retrieved from https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/26387

11. Ochoa, M., & Alvarado, M. (2021, Septiembre 16). Planificación de proyectos de Ingeniería Civil y toma de decisiones bajo incertidumbre. Bogotá, Bogotá D.C, Colombia: Universidad Militar Nieva Granada. Retrieved from http://hdl.handle.net/10654/39683

12. Paguay, F., & Reyes, J. (2020, Junio). Interacciones entre BIM y LEAN para la innovación de procesos de construcción en Ecuador. Quito, Pichincha, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional. Retrieved from https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21056/1/CD%2010572.pdf

13. PMBOK. (2021, Septiembre). *Guía PMBOK Séptima Edición.* Retrieved from https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards/foundational/pmbok?sc_camp=D750AAC10C2F4378CE6D51F8D987F49D

14. Salinas, O. (2019, Octubre 10). Planificación y control de una construcción basado en el enfoque del PMBOK. Ambato, Tungurahua, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Retrieved from https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/30584

15. Vélez, J. (2018, Agosto). Sistema de gestión de calidad basado en la norma certificable ISO 9001:2015 para la empresa CEPEDA CÍA. LTDA. Ambato, Tungurahua, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Retrieved from http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/28968

16. ALBIS, M. A. (2016). Ciclos y fases de la identificación de proyectos [Diapositivas]. Manglar Udinorte.

17. Gomez, J. M. (2016). *ANALISIS COMPARATIVO ENTRE METODOLOGIAS DE PRESUPUESTACION TRADICIONAL RACIONAL Y CON HERRAMIENTAS TECNOLOGICAS REVIT (BIM). UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA*.

18. Br. Donald Ernesto Aragón Espino, B. P. J. F. R. (2018). *ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS METODOLOGÍAS BIM Y TRADICIONAL IMPLEMENTADAS EN GESTIÓN DE TIEMPO Y GESTIÓN DE COSTO DEL PROYECTO EDIFICIO CENTRAL PANADERÍA CORAZÓN DE ORO. UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERA.*

19. Luis, P. C. J. (2018). *EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA QUEVEDO EN SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR*.

20. Gobierno de La Republica del Ecuador, G. (Ed.). (2020). *Monte Sinaí contará con un renovado y seguro acceso vial hacia el hospital*. https://www.presidencia.gob.ec/monte-sinai-contara-con-un-renovado-y-seguro-acceso-vial-hacia-el-hospital/

21. Ministerio de Transporte Y Obras Publicas, M. (2020). *Inicia rehabilitación de la vía de acceso al Hospital de Monte Sinaí.*

22. María Franco Garcés, M. (Ed.). (2020). *Gobierno Nacional rehabilitará 4,5 km de la vía de acceso al Hospital Monte Sinaí.* https://prensa.ec/2020/06/20/gobierno-nacional-rehabilitara-45-km-de-la-via-de-acceso-al-hospital-monte-sinai/

23. Zúñiga, F. A. K. (2021). *EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA IMPLEMENTACIÓN BIM EN LA PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS DE MEJORA O AMPLIACIÓN DE LA RED DE EFE*. UNIVERSIDAD DE CHILE.

24. Montero, N. E. C. (2022). *PROPUESTA DE HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN PARA IMPLEMENTAR LA METODOLOGÍA BIM EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL EN COSTA RICA*. UNIVERSIDAD DE COSTA RICA.

ANEXOS

Situación actual de la vía

Diseño Conceptual

Comprende el primer eslabón dentro del análisis, su objetivo es plantear alternativas con la finalidad de determinar la solución que más se ajusta tanto para el proyecto, como para los usuarios que se benefician del mismo. A medida que se disponga de más información a través de una revisión bibliográfica y cartográfica, se podrán tomar mejores decisiones para el diseño teniendo como fundamentos la geología y geotecnia del lugar.

Inspección de condiciones

La información recopilada durante la inspección de condiciones se utiliza para creación del modelo BIM, que es crucial para planificar y coordinar la construcción de manera efectiva, reducir los costos y mejorar la eficiencia. Por lo tanto, la inspección de condiciones es una tarea fundamental en la implementación de la metodología BIM en un proyecto vial, y su importancia debe ser considerada con seriedad. Es fundamental contar con profesionales capacitados y equipos especializados para realizar esta tarea de manera precisa y eficiente.

Se puede obtener a través de entidades u organismos que dispongan de las mismas, con la finalidad de obtener datos generales donde se vaya a llevar a cabo el proyecto en mención. En el caso de tratarse de información de proveniente de alguna entidad pública y que la misma no se encuentre dentro del marco confidencial, el usuario interpondría para su uso el Art. 1 de la Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública, LOTAIP (2004) el cual menciona:

"Principio de Publicidad de la Información Pública. - El acceso a la información pública es un derecho de las personas que garantiza el Estado.

Toda la información que emane o que esté en poder de las instituciones, organismos y entidades, personas jurídicas de derecho público o privado que, para el tema materia de la información tengan participación del Estado o sean concesionarios de éste, en cualquiera de sus modalidades, conforme lo dispone la Ley Orgánica de la Contraloría General del Estado; las organizaciones de trabajadores y servidores de las instituciones del Estado, instituciones de educación superior que perciban rentas del Estado, las denominadas organizaciones no gubernamentales (ONGs), están sometidas al principio de publicidad; por lo tanto, toda información que posean es pública, salvo las excepciones establecidas en esta Ley."

Determinación de la demanda actual

Partiendo como base de un estudio de tráfico, el cual fue presentado ante el Ministerio de Transporte y Obras Públicas dentro del paquete de estudio de factibilidad e ingeniería definitivos para el proyecto de mejoramiento y mantenimiento rutinario de la vía de acceso a Monte Sinaí, se tuvo en consideración la implementación de dos estaciones de conteo, una en cada sentido de la vía, y ubicadas en la abscisa 0+400 durante 24 horas de 7 días consecutivos.

Resultados del conteo en el campo

Cálculo del tráfico promedio semanal y anual

Figura 55

Resumen del conteo diario, factor de expansión y hora pico

Días (Semana del 22 al 28 de mayo del 2017)	CONTEO DIARIO DURANTE 24H.	% DEL CONTEO DIARIO	FACTOR DE EXPANSION	VOLUMEN HORA PICO	HORA PICO
Lunes	14,316	0.99	1.01	1256	12 a 13 h
Martes	14,504	1.00	1.00	1271	12 a 13 h
Miércoles	14,369	0.99	1.01	1264	12 a 13 h
Jueves	14,343	0.99	1.01	1263	12 a 13 h
Viernes	14,405	0.99	1.01	1277	12 a 13 h
Sábado	15,129	1.04	0.96	1342	12 a 13 h
Domingo	14,370	0.99	1.01	1303	12 a 13 h
Suma =	**101,436**	1.00	1.00		
T.P.D =	**14,491**				

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2017)

Figura 56

Conteo diario durante 24 de vehículos livianos y pesados

CONTEO DIARIO DURANTE 24H VEHICULOS LIVIANOS	CONTEO DIARIO DURANTE 24H VEHICULOS BUSES Y PESADOS
8928	5388
9182	5322
9055	5314
9091	5252
9060	5345
9920	5209
9411	4959
9,235	**5256**

La figura 25 detalla los resultados que se obtuvieron de manera diaria, durante el conteo de 24 horas seguidas, teniendo en consideración una hora pico de 12h00 a 13h00, estos resultados permitirán definir el T.P.D.S a través de la siguiente ecuación:

$$T.P.D.S = \frac{5}{7} * \sum \frac{D_n}{m} + \frac{2}{7} * \sum \frac{D_e}{m}$$

Donde:

$T.P.D.S =$ Tráfico Promedio Diario Semanal

$D_n =$ Días normales (lunes a viernes)

$D_e =$ Días feriados (Inc. Sábado a Domingo)

$m =$ Número de días que se realizó el conteo

Aplicando la ecuación, se obtuvo el siguiente resultado:

$$T.P.D.S = \frac{5}{7} * \sum \frac{45.316}{5} + \frac{5}{7} * \sum \frac{26.621}{5} + \frac{2}{7} * \sum \frac{19.331}{2} + \frac{2}{7} * \sum \frac{10.168}{2}$$

$$T.P.D.S = 14.491\ vehículos/día\ \ en\ ambos\ sentidos$$

Una vez obtenido el T.P.D.S es importante conocer el Tráfico Promedio Diario Anual (T.P.D.A) el cual representa el tránsito total que circulará por la carretera durante un año divido por 365 días. Gordillo & Miguitama (2018) en su trabajo de titulación sostienen que para poder definir el T.P.D.A se debe conocer el volumen de vehículos que circula por dicho punto durante un año, sin embargo, esto resulta una tarea bastante compleja debido a temas económicos y de plazos, por lo que es necesario determinar factores de ajuste que permitan llevar los datos del T.P.D.S previamente calculado durante un periodo específico, a un volumen de tránsito promedio diario anual.

Los responsables del estudio de factibilidad e ingeniería definitivos determinaron para la proyección del T.P.D.A los criterios del MTOP y del libro de Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones (por Rafael Cal y Mayor R.), quienes determinan que el T.P.D.S

deberá ser ajustado de acuerdo al factor de ajuste mensual (Fm) y el factor de ajuste diario (Fd) tanto para vehículos livianos como para buses y vehículos pesados.

El factor de ajuste mensual (Fm) se lo obtuvo por medio de la Dirección de Estudios del MTOP para la provincia del Guayas, donde determinaron que el factor de estacionalidad mensual para vehículos livianos durante el mes de mayo que se llevó a cabo el conteo fue de 0.98367, mientras que para los buses y vehículos pesados el factor corresponde a 1.0110.

El factor de ajuste diario (Fd) se obtiene de la relación entre el T.P.D.S y el tráfico día de vehículos de la misma semana (T.D) logrando así factores de ajuste para cada día de la semana. En virtud de lo anteriormente mencionado Gordillo & Miguitama (2018) sostienen que, es apropiado tener factores para cada uno de los días, puesto que el ccomportamiento del tráfico puede variar dependiendo de la forma en que los usuarios empleen la vía para realizar actividades, ya sean estas de tipo laboral, turístico o recreacional.

$$F_d = \frac{T.P.D.S}{T.D}$$

Donde:

$F_d =$ Factor de ajuste diario

$T.P.D.S =$ Tráfico Promedio Diario Semanal

$T.D =$ Tráfico diario (Inc. Sábado a Domingo)

Figura 57

Determinación del factor diario (FD)

Día de la semana	TD (Vehículo/Día)	Factor diario
Lunes	14.316	1,012
Martes	14.504	0,999
Miercoles	14.369	1,008
Jueves	14.343	1,010
Viernes	14.405	1,005
Sábado	15.129	0,958
Domingo	14.370	1,008
Total	**101.436**	**1,000**

Fuente: Elaboración propia

Dado que no existieron interrupciones en los conteos realizados durante las 24 horas y en 7 días consecutivos, se pudo obtener un factor diario (Fd), ponderado para toda la semana de conteo de 1,0. Con lo cual se procede a calcular el T.P.D.A, los autores del estudio de factibilidad determinan la siguiente fórmula para el cálculo, en la cual incorporan el factor mensual y el factor diario previamente calculado para cada tipo de vehículo siendo estos livianos, buses y pesados.

$$T.P.D.A_a = T.P.D.S * F_m * F_d$$

$$T.P.D.A_a = (9.235 * 0{,}98367 * 1{,}00) + (5.256 * 1{,}0110 * 1{,}00)$$

$$T.P.D.A_a = 14.398\ vehículos/mixtos/día/ambos\ sentidos$$

Determinación de la Demanda Proyectada

Dentro del diseño de carreteras, la proyección del tráfico es una parte integral del proceso, ya que va relacionado desde los estudios de prefactibilidad de inversión, lo que

conlleva a una correcta estructuración de la deuda e incluso el desarrollo de planes de trabajo futuros. (Canelo, 2018)

El pronóstico del volumen de tráfico futuro deberá basarse no solamente en los volúmenes normales actuales, sino también en los incrementos del tránsito que se espera utilicen la carretera existente. Para la proyección del tráfico futuro previamente se debe obtener el valor del tráfico asignado, según la siguiente expresión:

$$Tráfico\ asignado = T.P.D.A + T_g + T_d$$

- **Tránsito Generado (TG)**

Es el tránsito de viajes totalmente nuevos y viajes que antes se hacían por otro medio de transporte, es el que se obtiene en forma adicional, como resultado de aquel que se va estableciendo como consecuencia de la rehabilitación y política de mantenimiento que se imponga. Este tráfico, es el que juntamente con el existente, queda establecido, como consecuencia de la aplicación de variables socioeconómicas representadas por los factores y tasas empleadas en las proyecciones. Al tránsito generado se le asignan tasas de incremento entre el 5% y el 25% del tránsito actual, con un período de generación de uno o dos años después de que la carretera ha sido abierta al servicio.

Para el presente estudio, los autores consideraron un tasa del 5% para el primer año de operación del proyecto, para los años restantes, estiman que el transito generado crecerá a la misma tasa del tránsito normal. Por lo tanto:

$$T_g = 5\% * T.P.D.A$$

$$T_g = 5\% * \ 14.398$$

$$T_g = 720 \ vehículos/día/ambos \ sentidos$$

- **Tráfico por desarrollo (TD)**

Se produce por incorporación de nuevas áreas a la explotación o por incremento de la producción de las tierras localizadas dentro del área de influencia de la carretera, el tránsito desarrollado continúa actuando por muchos años después que la vía ha sido puesta en servicios. Para este estudio, el tráfico por desarrollo forma parte del crecimiento normal del tránsito, y se considera alrededor del 5% del tráfico actual

$$T_d = 5\% * \ T.P.D.A$$

$$T_d = 5\% * \ 14.398$$

$$T_d = 720 \ vehículos/día/ambos \ sentidos$$

Por lo tanto;

$$Tráfico \ Futuro = 14.398 + 720 + 720$$

$$Tráfico \ Futuro = 15.838 \ vehiculo/día/ambos \ sentidos$$

Proyección de tráfico a 20 años

Para esta proyección, los responsables del estudio consideraron presentar los valores de tránsito no afectados por los factores previamente calculados (Fm y Fd), e incluso consideraron desglosar la composición por tipo de vehículos con la finalidad de proyectar cada uno a 20 años, para esto se aplicó la siguiente formula exponencial:

$$T.P.D.A_f = T.F * (1 + t)^n$$

Donde:

$T.P.D.A_f =$ Tránsito Promedio Diario Anual Futuro

$T.F =$ Tránsito futuro

$t =$ Tasa de crecimiento anual del tránsito

$n =$ Número de años

Es importante acotar que se hizo uso de las Tasas de Crecimiento Anual de acuerdo al tipo de vehículos (liviano, buses y pesados), elaborados por el Departamento de Factibilidad del MTOP, las cuales son tomadas del MOP-001-F-2002 Capítulo 4 Modelación del Tráfico de la Red Vial Estatal. Mismas se basan en una relación entre el crecimiento del parque automotor, la población, el producto interno bruto (PIB) y el tiempo.

Dado que existen datos de una tasa de crecimiento anual del tránsito respecto al año 2001 con matrices de elasticidades, las cuales disponen valores para los años de proyección (2006 – 2016 – 2021); los autores se basaron en una interpolación de datos, para la obtención anual del tránsito entre los años 2006 a 2021, teniendo como resultado los siguientes datos:

Figura 58

Interpolación para obtención de tasas de crecimiento entre los años 2006 a 2021

2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Livianos															
Factor= 0.33						Factor= 0.05									
4.3	4.63	4.96	5.29	5.62	5.95	5.9	5.85	5.8	5.75	**5.71**	5.66	5.61	5.56	5.51	**5.46**
Buses															
Factor= 0.196						Factor= 0.11									
2.2	2.4	2.59	2.79	2.98	3.18	3.07	2.95	2.84	2.73	**2.62**	2.5	2.39	2.28	2.16	**2.05**
Camiones Livianos															
Factor= 0.31						Factor= 0.06									
4.08	4.39	4.7	5.01	5.32	5.63	5.58	5.52	5.47	5.41	**5.36**	5.3	5.25	5.19	5.14	**5.08**
Camiones Pesados															
Factor= 0.356						Factor= 0.07									
4.37	4.73	5.08	5.44	5.79	6.15	6.08	6.01	5.94	5.87	**5.8**	5.72	5.58	5.58	5.51	**5.44**

Fuente: Miguel Carvache. Consultor para estudio de factibilidad e ingeniería definitivos

A partir del año 2021 se consideran las mismas tasas de crecimiento anual del tráfico hasta el año 2037, fecha en la cual concluye el ejercicio de proyección de tráfico a 20 años. Con los datos previamente obtenidos se procede a proyectar el $T.P.D.A_f$.

Figura 59

Resultados de proyección de tráfico a 20 años

Fuente: Miguel Carvache. Consultor para estudio de factibilidad e ingeniería definitivos

La figura 5 muestra los resultados de la proyección a 20 años, se remarcan dos resultados en la figura, el primero corresponden al año 2027 donde se cumplen los primeros 10 años de esta proyección, con un resultado de 25.208 vehículos en ambos sentidos y por último, el año 2037 con 40.498 vehículos en ambas direcciones. Así mismo la composición

PROYECCION DEL TRANSITO Y SU COMPOSICION A 20 AÑOS (2037) EN 2 DIRECCIONES														
AÑOS	LIVIANOS		BUSES		CAMIONES LIVIANOS			CAMIONES PESADOS						$T.P.D.A_f = T.F * (1+t)^n$
	AUTOMOVIL	CAMIONETA	BUSETA	BUS	C2P	C2G	C3	C3-S1	C2-S1	C2-S2	C2-S3	C3-S2	C3-S3	
2017	44,578	20,069	1,669	22,310	5,076	5,320	2,293	18	23	2	7	44	27	15,931
2018	51,785	23,314	1,880	25,127	5,876	6,159	2,655	21	27	2	8	51	31	16,705
2019	54,638	24,598	1,920	25,671	6,178	6,475	2,791	22	28	2	9	54	33	17,489
2020	57,595	25,929	1,958	26,168	6,489	6,801	2,931	23	30	3	9	57	35	18,289
2021	60,655	27,307	1,991	26,616	6,808	7,135	3,075	24	31	3	10	60	37	19,107
2022	63,996	28,798	2,032	27,162	7,153	7,497	3,231	26	33	3	10	63	39	20,002
2023	67,459	30,370	2,074	27,719	7,517	7,878	3,396	27	35	3	11	67	41	20,942
2024	71,142	32,028	2,116	28,287	7,899	8,278	3,568	29	37	3	11	70	43	21,930
2025	75,027	33,777	2,159	28,867	8,300	8,699	3,749	30	39	3	12	74	45	22,969
2026	79,123	35,621	2,204	29,458	8,722	9,141	3,940	32	41	4	12	78	48	24,060
2027	83,443	37,566	2,249	30,062	9,165	9,605	4,140	34	43	4	13	82	50	25,208
2028	87,999	39,617	2,295	30,679	9,630	10,093	4,350	35	45	4	14	87	53	26,415
2029	92,804	41,780	2,342	31,307	10,119	10,606	4,571	37	48	4	15	91	56	27,683
2030	97,871	44,062	2,390	31,949	10,633	11,145	4,803	39	50	4	15	96	59	29,017
2031	103,215	46,467	2,439	32,604	11,174	11,711	5,048	42	53	5	16	102	62	30,420
2032	108,850	49,004	2,489	33,273	11,741	12,306	5,304	44	56	5	17	107	66	31,895
2033	114,794	51,680	2,540	33,955	12,338	12,931	5,573	46	59	5	18	113	69	33,446
2034	121,061	54,502	2,592	34,651	12,964	13,588	5,856	49	62	5	19	119	73	35,077
2035	127,061	54,478	2,645	35,361	13,623	14,278	6,154	51	66	6	20	126	77	36,794
2036	134,642	60,616	2,700	36,086	14,315	15,003	6,467	54	69	6	21	132	81	38,599
2037	141,994	63,925	2,755	36,826	15,042	15,765	6,795	57	73	6	22	140	86	40,498
	COMPOSICION PORCENTUAL DEL TRANSITO													TOTAL
	43.95%	19.78%	1.65%	21.99%	5.00%	5.24%	2.26%	0.02%	0.02%	0.00%	0.01%	0.04%	0.03%	100.00%

porcentual del tránsito, al realizarlo por las categorías liviano, buses y pesados, estaría determinado por los siguientes valores expresados en la Tabla 12:

Tabla 36

Composición porcentual del tránsito

Composición % del tránsito	
Liviano	63.73%
Buses	23.64%
Pesados	12.63%

Fuente: Miguel Carvache. Consultor para estudio de factibilidad e ingeniería definitivos.

- **Clasificación de la vía de acuerdo con el tráfico**

Figura 60

Valores de Diseño recomendados para carreteras y caminos vecinales

República del Ecuador
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS

VALORES DE DISEÑO RECOMENDADOS PARA CARRETERAS DE DOS CARRILES Y CAMINOS VECINALES DE CONSTRUCCIÓN

NORMAS		CLASE I 3 000 – 8 000 TPDA[1]						CLASE II 1 000 - 3 000 TPDA[1]						CLASE III 300 – 1 000 TPDA[1]						CLASE IV 100 – 300 TPDA[1]						CLASE V MENOS DE 100 TPDA[1]					
		RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA		
		LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M
Velocidad de diseño (K.P.H.)		110	100	80	100	80	60	100	90	70	90	80	50	90	80	60	80	60	40	80	60	50	60	35	25[10]	60	50	40	50	35	25[10]
Radio mínimo de curvas horizontales (m)		430	350	210	350	210	110	350	275	160	275	210	75	275	210	110	210	110	42	210	110	75	110	30	20	110	75	42	75	30	20[10]
Distancia de visibilidad para parada (m)		180	160	110	160	110	70	160	135	90	135	110	55	135	110	70	110	70	40	110	70	55	70	35	25	70	55	40	55	35	25
Distancia de visibilidad para rebasamiento (m)		830	690	565	690	565	415	690	640	490	640	565	345	640	565	415	565	415	270	480	290	210	290	150	110	290	210	150	210	150	110
Peralte		MAXIMO = 10%																		10% (Para V > 50 K.P.H.) 8% (Para V < 50 K.P.H.)											
Coeficiente "K" para: [2]																															
Curvas verticales convexas (m)		80	60	28	60	28	12	60	43	19	43	28	7	43	28	12	28	12	4	28	12	7	12	3	2	12	7	4	7	3	2
Curvas verticales cóncavas (m)		43	38	24	38	24	13	38	31	19	31	24	10	31	24	13	24	13	6	24	13	10	13	5	3	13	10	6	10	5	3
Gradiente longitudinal [3] máxima (%)		3	4	6	3	5	7	3	4	7	4	6	8	4	6	7	6	7	9	5	6	8	6	8	12	5	6	8	6	8	14
Gradiente longitudinal [4] mínima (%)		0,5%																													
Ancho de pavimento (m)		7,3			7,3			7,0			6,70			6,70			6,00			6,00						4,00[9]					
Clase de pavimento		Carpeta Asfáltica y Hormigón						Carpeta Asfáltica						Carpeta Asfáltica o D.T.S.B.						D.T.S.B. Capa Granular o Empedrado						Capa Granular o Empedrado					
Ancho de espaldones [5] estables (m)		3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	2,0	1,5	1,0	1,5	1,0	0,5	0,60 (C.V. Tipo 6 y 7)						---					
Gradiente transversal para pavimento (%)		2,0						2,0						2,0						2,5 (C.V. Tipo 6 y 7) 4,0 (C.V. Tipo 5 y 5E)						4,0					
Gradiente transversal para espaldones (%)		2,0[6] - 4,0						2,0 - 4,0						2,0 - 4,0						4,0 (C.V. Tipo 5 y 5E)						---					
Curva de transición		USENSE ESPIRALES CUANDO SEA NECESARIO																													
Puentes	Carga de diseño	HS - 20 – 44, HS – MOP, HS - 25																													
	Ancho de la calzada (m)	SERA LA DIMENSION DE LA CALZADA DE LA VIA INCLUIDOS LOS ESPALDONES																													
	Ancho de Aceras (m) [7]	0,50 m. mínimo a cada lado																													
Mínimo derecho de vía (m)		Según el Art. 3° de la Ley de Caminos y el Art. 4° del Reglamento aplicativo de dicha Ley																													

LL = TERRENO PLANO O = TERRENO ONDULADO M = TERRENO MONTAÑOSO

Fuente: Ministerio de Obras Públicas (MOP)

En concordancia con lo establecido por el autor del estudio de factibilidad e ingeniería definitivos, la vía de acceso al Hospital Monte Sinaí, debido a sus valores de T.P.D.A se encuentra bajo la Clase I, tal como se aprecia en la tabla 2, se detalla un resumen sobre las características de esta vía.

Tabla 37

Características de la vía de acceso al Hospital Monte Sinaí

$T.P.D.A_f$	15.931 vehículos/mixtos/día/ambos sentidos
Clasificación de la vía	Clase I MOP (absoluta)
Terreno	Llano
Velocidad de diseño	100 km/h
Ancho de pavimento (mínimo)	7,30 m

Fuente: Miguel Carvache. Consultor para estudio de factibilidad e ingeniería definitivos

Al tratarse de una vía urbana y de acuerdo a las características geométricas existentes, se ha establecido una velocidad de diseño mínima para esta carretera, equivalente a 60 kilómetros por hora (kph).

Las normas de diseño de la misma, responden a las Normas que tiene vigente el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP) para estudios y diseño de carreteras como el Manual de Diseño MOP-001-E, Manual de Diseño de carreteras ecuatorianas MOP-001-E-1974 y la Normas de Diseño Geométrico de Carreteras - 2003, las cuales se basan fundamentalmente en las recomendaciones de la AASTHO. Al tratarse de una vía existente se debió tener en consideraciones valores límites para acoplarse a la estructura actual de la vía, tratando de evitar en lo posible cualquier aumento significativo en las cantidades de obra.

Reconocimiento preliminar y visita al sitio

Realizar una visita al sitio con la finalidad de constatar el estado actual de la vía a intervenir y así tener un sustento visual de las necesidades que debe cubrir el diseño para satisfacer a los habitantes del sector y usuarios de la vía.

Diseño de detalle

Una vez que se ha recopilado la mayor cantidad de data posible para poner en marcha la etapa del diseño del proyecto, se procede a incorporar toda aquella información obtenida, con la finalidad de ajustar el diseño conceptual a las necesidades que debe cumplir la vía en cuestión.

Según Acuña (2016) la característica principal del diseño de detalle consiste en determinar bajo normativa técnica, la geometría tanto horizontal como vertical. Es importante destacar que, para definir este diseño, se hará uso del software Civil 3D dentro del cual es posible aplicar de manera asistida la normativa en cuestión, con la finalidad de obtener un diseño que preste los niveles de servicio y seguridad necesarios.

Es importante tener en consideración el análisis de la información a ingresar, tal como se describe en el gráfico, en concordancia con lo anteriormente mencionado Díaz & Rivera (2020) mencionan que toda la información obtenida del diseño conceptual del proyecto será ingresada al software, por lo cual su estado de detalle y calidad de información deben ser óptimos, para así posteriormente incorporar todas las especialidades que intervienen en el diseño.

Reconocimiento preliminar y visita al sitio. – Realizar una visita al sitio con la finalidad de constatar el estado actual de la vía a intervenir y así tener un sustento visual de las necesidades que debe cubrir el diseño para satisfacer a los habitantes del sector y usuarios de la vía.

Mediante recorrido de obra se pudo constatar la existencia de 8 alcantarillas que descargan hacia la zona norte del proyecto y cuya condición se evidencia en acelerado deterioro por la falta de protección, esta información fue verificada con los datos del estudio de ingeniería definitivos, la Tabla 38 detalla las secciones de estructuras existentes y recalca la deficiencia referente al sistema de drenaje debido a la falta de sumideros, cunetas y tuberías que se encargan de llevar las aguas lluvias hacia los puntos de descarga.

Tabla 38

ALCANTARILLA	ABSCISA	SECCION EXISTENTE
1	1+515	2 TUBERÍAS DE Ø1200 mm
2	2+270	DUCTO CAJÓN DE 5,00 x 3,50
3	2+770	2 TUBERÍAS DE Ø2200 mm
4	3+195	2 TUBERÍAS DE Ø2200 mm
5	3+455	TUBERÍA DE Ø1200 mm
6	4+055	2 TUBERÍAS DE Ø1000 mm
7	4+240	TUBERÍA DE Ø1200 mm
8	4+350	4 TUBERÍAS DE Ø1200 mm

Tabla 18. Secciones de estructuras existentes.
Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2017)

Es importante mencionar que, en el informe hidrológico de los estudios de ingeniería definitivos se realizó un análisis hidráulico, el cual permitió determinar las alcantarillas existentes que cumplen para capacidad hidráulica, velocidad y diámetro; los resultados de esta revisión se detallan en la Tabla 39 de acuerdo con el análisis previamente elaborado.

Tabla 39

Análisis hidráulico

ALCANTARILLA	SECCION EXISTENTE	REVISIÓN
1	2 TUBERÍAS DE Ø1200 mm	No cumple para capacidad hidráulica requerida
2	DUCTO CAJÓN DE 5,00 x 3,50	No cumple por velocidad
3	2 TUBERÍAS DE Ø2200 mm	No cumple por velocidad
4	2 TUBERÍAS DE Ø2200 mm	Si cumple
5	TUBERÍA DE Ø1200 mm	Si cumple
6	2 TUBERÍAS DE Ø1000 mm	No cumple por capacidad hidráulica requerida, ni por diámetro mínimo
7	TUBERÍA DE Ø1200 mm	Reemplazar tubería, se encuentra en notable deterioro
8	4 TUBERÍAS DE Ø1200 mm	No cumple por capacidad hidráulica requerida

Tabla 2. Revisión de estructuras existentes.
Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas

Con la revisión de las secciones existentes, los responsables de este estudio destacaron la importancia de la pronta intervención en el sistema de drenaje de la vía de acceso al Hospital de Monte Sinaí; además mencionan que, la reconstrucción o rehabilitación de estas secciones implican un rediseño ya que se darán conforme a los lineamientos establecidos en el Manual de Diseño Geométrico del Ministerio de Transporte y Obras Públicas; con la finalidad de cumplir lo recomendado por la norma en cuanto a velocidad y sección hidráulica eficiente, los responsables del estudio de ingeniería definitivo en la Tabla 40, que se muestra a continuación, detallan las nuevas secciones a ser implementadas en la vía, garantizando así el flujo libre de agua.

Tabla 40

Análisis hidráulico de las nuevas secciones implementadas en la vía

N° alcantarilla	Sección	Trabajos a realizarse
1	Ducto cajón doble de 2,40 x 1,80 m	• Se debe reemplazar las 2 tuberías de ø1200 mm existentes. • Colocar protección de muro de ala y enrocado en la entrada y salida del ducto proyectado.
2	Ducto cajón doble de 3,50 x 4,00	• Se debe reemplazar el ducto existente. • Colocar protección de muro de ala y enrocado en la entrada y salida de la alcantarilla existente.
3	Ducto cajón doble de 2,50 x 3,00 m	• Se debe reemplazar las 2 tuberías de ø2200 mm existentes. • En la entrada se debe hacer el empate de muro de ala con el canal revestido existente. • Colocar protección de muro de ala y enrocado en la salida de la alcantarilla existente. • Se debe realizar obras complementarias que no se pueden incluir en el presente estudio, ya que es competencia del GAD Municipal.
4	2 tuberías de ø2200 mm	• Colocar protección de muro de ala y enrocado en la entrada de la alcantarilla existente.
5	Tubería de ø1200 mm	• Colocar protección de muro de ala y enrocado en la entrada de la alcantarilla existente.
6	Ducto cajón triple de 2,40 x 1,90 m	• Se debe reemplazar las 2 tuberías de ø1000 mm existentes. • Colocar protección de muro de ala y enrocado en la entrada y salida del ducto proyectado.
7	Tubería de ø1200 mm	• Se debe reemplazar la tubería de ø1200 mm existente. • Colocar protección de muro de ala y enrocado de la alcantarilla nueva.
8	Ducto cajón triple de 3,20 x 2,40 m	• Se debe reemplazar las 4 tuberías de ø1200 mm existentes • Colocar protección de muro de ala y enrocado del ducto proyectado.

Tabla 40. Trabajos a realizarse en los cauces naturales.
Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2017)

Como medida de prevención, se propone el diseño de muros de alas en la entrada y salida de cada alcantarilla con el fin de encausar el agua y evitar la socavación de la vía. El diseño esta propuesto con un ángulo de 45 grados, respecto al eje longitudinal de la alcantarilla, parten desde el mismo nivel de la losa y descienden con talud 1.5:1 hasta tener una altura entre 0.30 m a 0.85 m, en su parte más alejada.