



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM PARA LA GESTIÓN DE
PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL A NIVEL DE APERTURA DE
TROCHA CARROZABLE

Línea de investigación:

Seguridad vial e infraestructura de transporte

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Rivero Carpio, Joel

Asesor:

Aybar Arriola, Gustavo Adolfo

ORCID: 0000-0001-8625-3989

Jurado:

Tapia Julca, Elias Teodoro

García Urrutia-Olavarria, Roque Jesús Leonardo

Pomachagua Basualdo, Yuri Arturo

Lima - Perú

2025



“IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL A NIVEL DE APERTURA DE TROCHA CARROZABLE”

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	9%
2	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	www.congreso.gob.pe Fuente de Internet	1%
5	1library.co Fuente de Internet	1%
6	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM PARA LA GESTIÓN DE
PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL A NIVEL DE APERTURA DE
TROCHA CARROZABLE**

Línea de Investigación:

Seguridad vial e infraestructura de transporte

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Rivero Carpio, Joel

Asesor:

Aybar Arriola, Gustavo Adolfo

ORCID: 0000-0001-8625-3989

Jurado:

Tapia Julca, Elias Teodoro

García Urrutia-Olavarria, Roque Jesús Leonardo

Pomachagua Basualdo, Yuri Arturo

Lima - Perú

2025

Dedicatoria

A mis padres a quienes agradezco enormemente por su apoyo incondicional y constante motivación para alcanzar mis objetivos personales y profesionales, siendo el pilar fundamental para poder conseguirlos.

ÍNDICE

RESUMEN	9
ABSTRACT	10
I. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. Descripción y formulación del problema	12
1.1.1. Descripción del problema	12
1.1.2. Formulación del problema	15
1.2. Antecedentes	15
1.2.1. Antecedentes internacionales.....	15
1.2.2. Antecedentes nacionales	18
1.3. Objetivos.....	20
1.3.1. Objetivo general.....	20
1.3.2. Objetivo específico	20
1.4. Justificación.....	20
1.4.1. Teórica	20
1.4.2. Práctica.....	21
1.4.3. Económica.....	22
1.4.4. Social.....	22
1.5. Hipótesis	23
1.5.1. Hipótesis general.....	23
1.5.2. Hipótesis específicas	23
II. MARCO TEÓRICO	24
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación	24
2.1.1. Metodología BIM.....	24
2.1.2. Historia del BIM	26

2.1.3. Aplicaciones del BIM	26
2.1.4. Beneficios del BIM	28
2.1.5. Flujo de trabajo colaborativo con BIM	28
2.1.6. BIM en las etapas de los proyectos	29
2.1.7. Desarrollo BIM	30
2.1.8. Dimensiones BIM	31
2.1.9. Plan BIM Perú.....	32
III. MÉTODO.....	33
3.1. Tipo de investigación.....	33
3.2. Ámbito temporal y espacial.....	33
3.3. Variables.....	33
3.3.1. Variable independiente	33
3.3.2. Variable dependiente	33
3.4. Población y muestra	34
3.4.1. Población	34
3.4.2. Muestra	34
3.5. Instrumentos	35
3.6. Procedimientos.....	35
3.6.1. Consideraciones técnicas para el diseño de carreteras.....	35
3.6.2. Datos del proyecto	46
3.6.3. Modelamiento preliminar.....	51
3.6.4. Levantamiento topográfico.	62
3.6.5. Procesamiento del levantamiento topográfico y diseño geométrico en AutoCAD Civil 3d	65
3.6.6. Visualización del proyecto final en 3d (INFRAWORKS)	71
3.7. Análisis de datos	73

3.7.1. <i>Gestión durante la fase de evaluación de compatibilidad del expediente técnico.</i>	73
3.7.2. <i>Gestión durante la fase de ejecución del proyecto</i>	79
3.8. Consideraciones éticas.....	81
IV. RESULTADOS	82
4.1. Resultado del objetivo general	82
4.2. Resultado de los objetivos específicos.	82
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	85
5.1. Validación de las hipótesis	86
VI. CONCLUSIONES	88
VII. RECOMENDACIONES	90
VIII. REFERENCIAS	91
IX. ANEXOS	96
Anexo A. Matriz de operacionalización de variables.....	96
Anexo B. Matriz de consistencia	97
Anexo C. Planos definitivos y reporte de movimiento de tierras.....	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ciclo de vida de proyecto de inversión	24
Figura 2 Influencia del BIM en los participantes del proyecto	25
Figura 3 Detección de interferencias empleando metodología BIM	27
Figura 4 Modelo de madurez BIM	30
Figura 5 Dimensiones de la metodología BIM	32
Figura 6 Plan BIM 2030 – Líneas de trabajo	32
Figura 7 Elementos de curva circular	39
Figura 8 Configuración de una curva de vuelta	40
Figura 9 Tipos de curvas verticales convexas y cóncavas	42
Figura 10 Tipos de curvas verticales simétricas y Asimétricas	43
Figura 11 Elementos de una sección transversal	44
Figura 12 Talud de corte y relleno	45
Figura 13 Ubicación geográfica del proyecto de investigación	47
Figura 14 Localización del proyecto de investigación	47
Figura 15 Imagen satelital de ubicación del proyecto	48
Figura 16 Red vial departamental de Apurímac	48
Figura 17 Comparación de trazo existente y trazo del expediente técnico	52
Figura 18 Modelo preliminar del terreno del proyecto	53
Figura 19 Modelo del Trazo ejecutado de la trocha carrozable	53
Figura 20 Creación del trazo nuevo propuesto	54
Figura 21 Comparación entre Trazo nuevo y trazo del expediente técnico	55
Figura 22 Trazo ejecutado como carretera compuesta	55
Figura 23 Asignación de parámetros de diseño geométrico (radio de curvatura)	56
Figura 24 Asignación de ancho de calzada	56
Figura 25 Asignación de peraltes en curvas (Pmax: 6%)	57
Figura 26 Asignación de estilos de talud de corte y relleno	57
Figura 27 Vista de estilos de taludes de corte y relleno	58
Figura 28 Diseño preliminar en planta final	58
Figura 29 Definición de curvas verticales	59

Figura 30 Sección Transversal con bombeo 2% en línea recata	59
Figura 31 Sección Transversal con peralte 6% en curvas	60
Figura 32 Vistas de vía con taludes en Roca Fija	61
Figura 33 Cuadro de Movimiento de tierras en Infracworks 360	61
Figura 34 Vista del levantamiento topográfico de la carretera	63
Figura 35 Vista del levantamiento topográfico de terreno de trazo nuevo	63
Figura 36 Vista del levantamiento topográfico de terreno de trazo nuevo	64
Figura 37 Vista del levantamiento topográfico de terreno de trazo nuevo	64
Figura 38 Vista de exportación de puntos topográficos	66
Figura 39 Vista de triangulación de puntos topográficos	66
Figura 40 Vista de obtención de curvas de nivel de terreno	67
Figura 41 Vista de creación de Alineamiento de vía	67
Figura 42 Vista de creación de perfil longitudinal y curvar verticales	68
Figura 43 Vista de creación de estilos de taludes de corte y relleno	68
Figura 44 Vista de creación de corredor de vía	69
Figura 45 Vista de creación de secciones transversales	69
Figura 46 Vista en 3D de la vía	70
Figura 47 Vista de Trocha carrozable ejecutada	70
Figura 48 Visualización del diseño de la Trocha carrozable progresiva 0+000 al 6+2000	71
Figura 49 Diseño final de la Trocha carrozable en 3D	72
Figura 50 Visualización del diseño final en 3D	72
Figura 51 Diagrama de Gantt plazo de ejecución (EXP. TECNICO)	77
Figura 52 Diagrama de Gantt plazo de ejecución (Metodología BIM)	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Clasificación según su función	36
Tabla N° 2. Clasificación según su orografía	36
Tabla N° 3. Vehículos de diseño	37
Tabla N° 4. Velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera	38
Tabla N° 5. Longitudes de tramos en tangente	39
Tabla N° 6. Longitudes para la transición de peralte	41
Tabla N° 7. Pendientes máximas (%)	42
Tabla N° 8. Valores referenciales para taludes de corte (Relación H:V)	45
Tabla N° 9. Valores referenciales para taludes de relleno (terraplenes)	46
Tabla N° 10. Coordenadas geográficas de la Ubicación del proyecto	46
Tabla N° 11. Rutas de acceso al proyecto	49
Tabla N° 12. Metas físicas del proyecto a considerar.	50
Tabla N° 13. Tramos de variación de taludes.	60
Tabla N° 14. Metrado de movimiento de tierras (EXP. TECNICO)	74
Tabla N° 15. Metrado de movimiento de tierras (Metodología BIM)	74
Tabla N° 16. Variación de metrados entre metodología tradicional y BIM	75
Tabla N° 17. Presupuesto (EXP. TECNICO)	75
Tabla N° 18. Presupuesto (Metodología BIM)	76
Tabla N° 19. Variación del presupuesto entre metodología tradicional y BIM	76
Tabla N° 20. Variación del plazo de ejecución entre metodología tradicional y BIM	79
Tabla N° 21. Costo de personal método tradicional	79
Tabla N° 22. Costo de maquinaria paralizada	80
Tabla N° 23. Costo de personal metodología BIM	80

RESUMEN

La presente investigación ha estudiado la implementación de herramientas BIM en los proyectos de infraestructura vial a nivel de trocha carrozable, considerando como objetivo principal determinar de qué manera la implementación de herramientas BIM mejorará la gestión de proyectos de infraestructura vial a nivel de apertura de trocha carrozable, donde se procedió primeramente a analizar el expediente técnico, el cual fue elaborado siguiendo la metodología tradicional, presentando diversas incompatibilidades. Se elaboró el proyecto usando las herramientas BIM de los softwares, Infracad 360 y Autocad Civil 3D, los cuales nos arrojaron mejores resultados a nivel diseño y metrados, optimizando así el presupuesto y plazo de ejecución, seguidamente se empleó estas herramientas BIM para la gestión del proyecto durante la ejecución de la apertura de trocha carrozable, donde tomamos la problemática del planteamiento de un trazo nuevo para la vía, ya que el planteamiento inicial presentaba diversos inconvenientes, el uso de las herramientas BIM nos facilitó enormemente en la formulación de la propuesta para este trazo nuevo, dándonos un abanico de opciones, donde en colaboración con los encargados de la ejecución del proyecto se pudo tomar una decisión consensuada para la mejor opción. finalmente se concluye que el uso de las herramientas BIM nos permite obtener diseños más cercanos a la realidad, con lo cual podemos obtener información más confiable, optimizando así el presupuesto y plazo de ejecución de los proyectos además nos permite reducir los tiempos de producción durante la ejecución evitando incurrir en gastos y retrasos innecesarios.

Palabras Clave: Herramientas BIM, metodología tradicional, Infracad 360, Colaboración, presupuesto, plazo de ejecución.

ABSTRACT

This research has studied the implementation of BIM tools in road infrastructure projects at the level of motorable track, considering as the main objective to determine how the implementation of BIM tools will improve the management of road infrastructure projects at the level of opening of motorable track. , where the technical file was first analyzed, which was prepared following the traditional methodology, presenting various incompatibilities. The project was developed using the BIM software tools, Infracad 360 and Autocad Civil 3D, which gave us better results at the design and meter level, thus optimizing the budget and execution time. These BIM tools were then used to manage the project. project during the execution of the opening of a motorable track, where we took on the problem of proposing a new route for the road, since the initial approach presented various inconveniences, the use of tools BIM greatly facilitated us in formulating the proposal for this new layout, giving us a range of options, where in collaboration with those in charge of executing the project, a consensus decision could be made for the best option. Finally, it is concluded that the use of BIM tools allows us to obtain designs that are closer to reality, with which we can obtain more reliable information, thus optimizing the budget and execution time of the projects. It also allows us to reduce production times during the execution avoiding incurring unnecessary expenses and delays.

Keywords: BIM Tools, traditional methodology, Infracad 360, Collaboration, budget, execution time.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la necesidad de optimización de los recursos y los tiempos en los proyectos de inversión ha llevado a las empresas a implementar metodologías que mejoren cómo se gestionan los trabajos en cada una de sus partes. Teniendo en cuenta estos conceptos se implementó la metodología BIM, herramienta que sirve para la gestión basándose en el trabajo colaborativo de los procesos a partir de la generación del modelado de los conocimientos en cada parte del trabajo (CITA). La implementación de este tipo de metodología en proyectos como los enfocados en la parte vial del soporte que reflejan la relevancia en una sociedad, y que por ende su necesidad es inmediata, representa una oportunidad para mostrar cuánto puede mejorar la calidad de los procesos, reduciendo costos y tiempos y mejorando el alcance del proyecto, si bien las metodologías mencionadas, son aplicadas en ciertos proyectos, se busca generalizar su aplicación en todo tipo de proyecto vial, para así, garantizar la calidad del mismo, la reducción de tiempos de diseño, la funcionalidad correcta del proyecto, tiempos de ejecución menores y sobre todo la mejora de calidad vial y estado de vida del lugar en el que se realiza el proyecto. Su objetivo de investigación principal fue Implementar instrumentos BIM de la gestión a nivel apertura de trocha carrozable, todo ello con el motivo de aumentar la productividad de este tipo de proyectos, mejorando las fases de diseñar y planificar la apertura de una trocha carrozable. Siendo la pregunta de formulación del problema la siguiente: ¿De qué manera influye implementar herramientas BIM con la finalidad de gestionar proyectos de infraestructura vial a nivel de apertura de trocha carrozable?

En el capítulo I describiremos la razón del problema encontrado en la localidad analizada, mostrando las necesidades que presenta dicha ciudad. Asimismo, se detalla la justificación e importancia del estudio. Además, los antecedentes que respaldan que se han realizado investigaciones con la metodología BIM tanto a nivel mundial, nacional y local. En el capítulo II detallaremos los fundamentos de teoría para la investigación necesarias para dar

sustento al estudio realizado. Por consiguiente, en el capítulo III se muestra la metodología empleada tomando en cuenta el tipo de investigación, además del enfoque incluyendo su diseño; a la vez, detallamos el ámbito temporal y las variables que se manejaron para el desarrollo de los objetivos. De igual forma, se detallan la población, muestra y tipo de muestreo considerando que la muestra es elegida al azar. Por último, se muestran los instrumentos, técnicas, procedimientos y las consideraciones éticas utilizadas para la culminación de este proyecto.

1.1. Descripción y formulación del problema

1.1.1. Descripción del problema

A nivel mundial, los proyectos viales son reconocidas como las infraestructuras más relevantes en una sociedad dado que permiten la conexión de ciudades, aumentando la comunicación, comercio y el nivel de vida de los pobladores del lugar (Biancardo et al., 2020). Asimismo, en la parte de diseñar la investigación sobre infraestructura vial considerado uno de los procesos más complejos debido a la gran compatibilización de información para su desarrollo; de igual forma, debido a la cantidad de información que se emplea los costos y tiempos de elaboración aumentan, provocando que el dinero invertido en obras se retrase (Oreto et al., 2022). Sin embargo, durante las partes de diseñar además de planificación de trabajo se muestran muchos inconvenientes debido a los documentos técnicos no compatibilizados, generando la presencia de muchas irregularidades, teniendo así, incrementos en los tiempos del desarrollo del proyecto de edificación que perjudica su calidad de las obras (Gulin et al., 2020).

En nuestro país no es distante a estos problemas presentados a nivel mundial, porque los proyectos presentan inconvenientes en todas las fases de inversión que no permiten la adecuada culminación de las obras, mostrando incomodidad en los habitantes de la zona (Díaz, 2019). En el país los trabajos de infraestructura vial son uno de los más demandados debido a su gran relevancia en el nivel de vida e incremento de los ingresos económicos, pese a ello, las

entidades que realizan la ejecución de las obras de carretera presentan muchas incompatibilidades durante la fase de planificación debido a el nivel de datos que son manejados durante esa etapa y la poca capacidad de gestión por parte de las entidades que lo ejecutan, generando que la fase de planificar y ejecutar, la obra presente ampliaciones de plazo. Los puntos antes mencionados generan que los proyectos no presenten la calidad adecuada, así como también se presente incomodidad en los pobladores debido a los retrasos y complicaciones que originan estos, en una obra (Cari, 2021).

De igual forma, en la provincia de Grau, los trabajos con inversión de tipo público son de suma necesidad debido a que gran parte de la zona no cuenta con pistas pavimentadas, generando un pésimo nivel de vida de los pobladores del lugar. Asimismo, los proyectos ejecutados en la zona no fueron realizados adecuadamente debido a los constantes problemas de incompatibilidades de la información técnica, generando que las pistas ejecutadas presenten procesos de baja calidad.

Debido a estos inconvenientes, se presenta el gran problema de la falta de comunicación terrestre que facilite y permita el flujo tanto económico como social de los pobladores de las zonas de Teneria, Ccallasque, Ahuaytani y Chacahuaycco; pertenecientes al distrito de Huayllati, de la provincia de Grau, del departamento de Apurímac. En su ausencia y escasez por una infraestructura vial, acarrea como consecuencia que el transporte de los pobladores sea a pie por largos tramos, o en acémilas, provocando no solo la incomodidad y dificultad de traslado sino también el impedimento de mejorar a nivel poblacional, dichos centros poblados no tienen una vía de comunicación que les permita dinamizar su economía, tales como el comercio y transporte. Estos centros poblados poseen campos de cultivos potenciales para la siembra de frutos, granos y tubérculos debido a sus suelos y diferentes pisos ecológicos. Así mismo, este tramo permitirá tener una conexión mucho más rápida con la capital de la provincia de Grau, por lo que dinamizará más la economía de todo el distrito de Huayllati.

En la actualidad en estas zonas poblacionales se desarrollan proyectos que son desarrollados a nivel social, por lo que genera el mayor gasto es el transporte debido a una adecuada infraestructura vial, frente al nivel de recursos encontrados en estos lugares además de recursos naturales.

En este contexto el proyecto mejoramiento del servicio de transitabilidad vehicular del camino vecinal de Teneria -Chacahuaycco del distrito de Huayllati - provincia de Grau - departamento de Apurímac, presentó serias deficiencias en la gestión y planificación durante la elaboración de la apertura de trocha carrozable, debido a que el expediente técnico presenta serias incompatibilidades respecto a la elección del trazo, diseño geométrico y presupuesto, estas incompatibilidades provocaron que durante la ejecución se realizarán modificaciones al trazo de la trocha carrozable, una de estas modificaciones se sitúa en el km 4+300 al km 6+200, este tramo propuesto en el expediente técnico contemplaba el desarrollo de las partidas de corte en roca fija y corte en roca suelta, en un perímetro aproximado de 1.00 km; para ejecutar estas partidas es necesario la contratación del servicio de voladura en rocas con explosivos y fulminantes, debido a problemas burocráticos en el proceso de selección del proveedor de este servicio es que estas partidas aún no podían ser ejecutadas. Para la ejecución de la partida de corte material libre para la apertura de la trocha carrozable se contrataron maquinarias pesadas (Excavadora hidráulica y tractor oruga), las cuales cobran por sus servicios en horas máquina (HM), por lo que es responsabilidad de los encargados de la ejecución del proyecto darles un frente de trabajo a dichas maquinarias, teniendo en cuenta estas circunstancias se realizó una evaluación en coordinación con los encargados de la ejecución del proyecto para poder plantear un nuevo trazo que permita reducir la longitud de corte en roca fija y roca suelta, al mismo tiempo que permita a las maquinarias continuar con el trabajo de corte de material suelto para la apertura de trocha carrozable, ya que de no realizar esta modificación traería como consecuencia una posible paralización de las maquinarias y del personal obrero, a los cuales se

les debe seguir pagando a pesar de no realizar ninguna actividad, esto como consecuencia conlleva a realizar gastos innecesarios y provocaría retrasos en la programación de ejecución

del proyecto, lo que provocaría más adelante un déficit presupuestal y una causal de ampliación de plazo.

1.1.2. Formulación del problema

Expuesta su situación problemática anterior, determinamos el problema general: ¿De qué manera la implementación de herramientas BIM mejorará en la gestión de proyectos de infraestructura Vial a nivel de apertura de trocha carrozable?, de la misma manera se plantearon los siguientes problemas específicos: ¿Cómo optimizará el tiempo de ejecución del proyecto la implementación de herramientas BIM en la apertura de trocha carrozable?, ¿Cómo optimizará el costo de ejecución del proyecto la implementación de herramientas BIM en la apertura de trocha carrozable?, ¿De qué manera influenciará el modelamiento de la infraestructura vial de manera conceptual, con visualización 3D en el software Infracore y la topografía y diseño geométrico en el software Autocad civil 3D con datos obtenidos en campo en la gestión de proyectos de apertura de trocha carrozable?, ¿Cómo influirá la realización de videos tutoriales en la implementación de las herramientas BIM en proyectos de apertura de trocha carrozable?.

1.2. Antecedentes

1.2.1. Antecedentes internacionales

Hernández (2020), realizó una investigación en las carreteras de Andalucía – Sevilla en España, sobre la utilización de tecnología BIM en diseños de carreteras, para lo cual escogió un modelo de proyecto. El objetivo del modelo de proyecto fue determinar el nivel de construcción, las obras requeridas para llevar a cabo la nueva traza de la A-8125 de la red de carreteras de Andalucía, en el trayecto de los núcleos de Arahal y Morón de la Frontera. La metodología fue no experimental descriptiva y aplicada. Los softwares elegidos para el

desarrollo de los cimientos fue AutoCAD Civil 3D 2019 y Revit 2020, los dos de Autodesk; en igual forma, se hizo uso de un ambiente colaborativo, Trimble Connect, considerando que será mejor en aportar las prestaciones de forma correcta para la normalidad del proceso de creación y el intercambio de información. Como **resultados** principales se hizo énfasis respecto a la comparación del proyecto analizado con el proyecto piloto en CAD, donde se observó que el volumen de desmonte fue de 526 330.18 m³ para el proyecto que usó únicamente CAD, mientras que el volumen del proyecto empleando la metodología BIM determinó que el volumen de desmonte fue de 536 909.60 m³, así como también para el volumen de terraplén donde mediante el programa AutoCad se determinó un total de 383 117.91 m³ mientras que mediante BIM se encontró que eran 439 896.89 m³, y así como estos, en todos los parámetros y partidas se encontraron diferencias considerables, de ello se **concluyó** que la metodología BIM no solo permite que los tiempos de elaboración del proyecto se vean reducidos debido a la eliminación de trabajos y partidas por producto de errores como rehacer partidas o tiempo adicional para completar alguna partida por un mal cálculo, sino que también, permite mostrar metrados más exactos así como en el caso de volumen de saneo donde se encontró una incongruencia de más de 10% de material, lo que implica menos dinero en costos y presupuestos para la ejecución, menos tiempo de igual manera, lo cual conlleva a un presupuesto más exacto evitando pérdidas económicas en el periodo de llevar a cabo el proyecto.

En Costa Rica, Brenes (2020) en su trabajo buscó el desarrollo de la metodología BIM en obras destinadas para carreteras con la finalidad de disminuir los costos en el proceso productivo del presupuesto y cronograma de obra. En la metodología la cual fue no experimental además de ser de tipo descriptiva y aplicada. Su muestra del estudio fue el tramo de carretera ubicada en San Gerardo – Barranca. Como instrumentos de análisis se emplearon el software BIM Istram y Civil 3D. El desarrollo del estudio se basó en implementar las

herramientas BIM considerando su muestra analizada comparándola con la carretera Limonal – San Gerardo que tiene características similares de diseño. Encontrándose como resultado fundamental que el proceso de realización del proyecto aplicando la metodología BIM y los softwares Istram y Civil permitieron disminuir los tiempos de desarrollo hasta en un 30% dejando, así como resultado que el cronograma ejecutado mediante BIM propuso 320 días, mostrando una mayor compatibilidad respecto al proyecto realizado en la carretera ubicada en San Gerardo – Barranca. concluyendo que la metodología BIM permite evaluar y desarrollar los proyectos con menor tiempo a cómo se realiza tradicionalmente; asimismo, se observó que emplear estas herramientas permitió una mayor compatibilidad en la información recolectada en todo el desarrollo de la planificación y diseño de la pista analizada.

En Colombia, Limas (2019) en su proyecto prioriza aplicar el método BIM en el diseño de un proyecto vial. La metodología fue no experimental descriptiva y aplicada. La muestra de estudio fueron los tramos de carretera en la ciudad de Boyacá. Como instrumento principal se empleó el software BIM Infracore. Los resultados mostraron que la aplicación de la metodología BIM optimizó los tiempos de diseño en un 15% respecto a cómo se realiza tradicionalmente en los proyectos de inversión. De lo hallado se concluyó que la metodología permitió reducir los tiempos de elaboración de la fase de pre factibilidad del proyecto de infraestructura vial, por lo cual el autor recomienda que se debe incorporar la metodología BIM en los proyectos de inversión en la ciudad de Boyacá.

Moya et al. (2017) en su estudio estudió las normas automatizables para la incorporación de los proyectos de infraestructura vial. La metodología fue no experimental explicativa y aplicada. Para ello se evaluó la normativa española Instrucción 3.1 IC para el trazado de carreteras, en donde luego de proponer los lineamientos de la metodología BIM en el proceso de la normativa española, se verificó los puntos de la norma respecto al tramo recto, tramo arco y tramo clotoide, donde se observó que los procesos de diseño se realizaban con

menor tiempo de ejecución llegando a reducir los plazos hasta en un 32% y una mayor precisión. Por tal motivo, se concluyó que la metodología BIM era óptima para ser implementada en la normativa española Instrucción 3.1 IC para el trazado de carreteras con la finalidad de automatizar los procesos de diseño y realizar los proyectos con mayor precisión.

1.2.2. Antecedentes nacionales

Hinostroza y Granados (2022) en su investigación planteó flujos de trabajo en la fase de diseñar y planificar empleando BIM en una autopista, para lograr beneficios en su aplicación. Se realizó en una carretera al sur del Perú, donde se benefició la forma en la que se ve el alcance del trabajo en dimensiones reales. Como resultados se obtuvo la reducción de tiempo en un 10.71% y en costos un 2.63%. Concluyendo que con dicha metodología se logran beneficios como la contribución en un flujo colaborativo y la reducción de tiempo y costo.

Cari (2021) su principal objetivo fue analizar y proponer el método VDC además de BIM para mejorar el proyecto de infraestructura vial. Su metodología fue no experimental, transversal descriptiva y aplicada. Como resultados principales se mostró que ambas metodologías disminuían los tiempos y mejoraba los flujos de trabajo respecto al diseño tradicional de la carretera analizada; asimismo, se mostró que la metodología BIM presentó ser un 15% más eficiente que el método VDC respecto a la determinación de los metrados. De lo encontrado se concluye que ambas metodologías superan con bastante diferencia los flujos de trabajo de la forma tradicional hasta en un 40%, pero se denota que la metodología BIM presentó cuantificaciones más exactas que el método VDC.

Mautino y Miraval (2021) en su estudio aplicaron la metodología BIM en su proceso de diseñar y ejecutar las autopistas con el fin de optimizar los recursos. El método de indagación fue no experimental además que describió y aplicó. Su muestra analizada fueron los tramos de carretera del distrito de Pillco Marca en el departamento de Huánuco. Los instrumentos empleados en su estudio fueron CIVIL 3D, Navisworks e Infra Works con el cual se realizó el

diseño de carretera. Lo que resultó en demostrar que el cronograma realizado por la empresa que inicialmente tenía un margen de error de 3 veces menos el tiempo total para la ejecución correcta del proyecto, lo que especifica que el proyecto tomado por la entidad mostró tiempos de ejecución irreales y con errores de elaboración. De ello se concluye que realizar un diseño y modelado 4D en Navisworks permite determinar de forma realista los tiempos de ejecución del proyecto analizado; asimismo, esto conlleva que durante la ejecución del proyecto no habrá retrasos.

Díaz (2019) implementó el método BIM en proyecto de diseño de carretera como modelo de gestión de proyectos. Asimismo, la metodología fue no experimental correlacional y aplicada. Se analizó un pedazo de carretera del proyecto integración vial Tacna – La Paz. El instrumento con mayor relevancia fue el software BIM CIVIL 3D para el modelamiento y diseño del tramo de carretera analizado. Se encontró del estudio que emplear el método BIM permitió tener una mayor compatibilización de la información, resultando en archivos con menor espacio, ahorrando un 75% respecto a un expediente técnico que no aplica este tipo de metodología. Asimismo, se evidenció un aumento de la productividad al momento de diseñar las superficies, perfiles y lineamientos en CIVIL 3D obteniendo información automatizada y precisa de los recursos del proyecto. El estudio permitió concluir que un modelo de gestión basado en el concepto BIM incrementa la efectividad, automatiza y beneficia los flujos de trabajo y entrega información detallada y precisa en la fase del diseño de un trabajo de desarrollo vial.

Chavarria (2018) en su estudio aplicó la metodología BIM con el fin de optimizar al diseñar la infraestructura vial ubicada en Ayacucho. La investigación fue no experimental descriptiva y aplicada. Su muestra fue el tramo de carretera de Luricocha – Pacchancca ubicado en Ayacucho. El instrumento principal para el desarrollo de los objetivos fue el software BIM ISTRAM Ispol. Del estudio se encontró que el diseño geométrico realizado con la metodología

BIM permitió optimizar en un 100%, aumentando el flujo de trabajo al realizar los metrados, presupuesto y cronograma, todo ello comparándola con metodología convencional de diseño. Se pudo concluir que la metodología BIM permite subsanar errores puntuales del diseño y calcular metrados o cuantificaciones del material; asimismo, permite incrementar el nivel de calidad del trabajo evadiendo adicionales de obra o ampliaciones de plazo.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Determinar de qué manera la implementación de herramientas BIM mejorará la gestión de proyectos de infraestructura vial a nivel de apertura de trocha carrozable.

1.3.2. Objetivo específico

- Evaluar la incidencia que tiene en el tiempo de ejecución del proyecto el uso de herramientas de la metodología BIM.

- Evaluar la incidencia que tiene en el costo de ejecución del proyecto el uso de herramientas de la metodología BIM.

- Analizar los resultados al modelar la infraestructura vial de manera conceptual, con visualización 3D en el software Infracore y la topografía y diseño geométrico en el software Autocad civil 3D con datos obtenidos en campo.

1.4. Justificación

1.4.1. Teórica

Tiene su justificación teórica, dado que favorecerá para el enriquecimiento científico en los conceptos de metodologías de optimización de tiempo, costo y alcance como es la metodología BIM, ya que dicho método no es aplicado con regularidad en los trabajos de inversión destinada para desarrollo vial.

La investigación lleva un análisis de la gestión en la actualidad del trabajo de infraestructura vial, donde se describe los métodos usados para incrementar la eficiencia en la

gestión de estos proyectos, también se reconoce los desperfectos que se tienen en la parte de diseño y ejecución en la apertura de trochas carrozables.

Por lo cual con el desenvolvimiento del trabajo se pretende aportar alternativas para la implementación de novedosas tecnologías, así como los softwares BIM, para la mejor gestión de los proyectos de infraestructura vial.

1.4.2. Práctica

Teniendo en cuenta la problemática y la necesidad de realizar un nuevo planteamiento en el trazo para la apertura de la trocha carrozable en el proyecto mejoramiento del servicio de transitabilidad vehicular del camino vecinal de Teneria - Chacahuaycco del distrito de Huayllati - provincia de Grau - departamento de Apurímac, resultaría conveniente el uso de las herramientas BIM que permitan realizar un modelamiento conceptual de la infraestructura vial donde nos permita observar las mejores alternativas. BIM mejora el diseño vial mediante la implementación de herramientas de automatización, gracias a que dichas herramientas cuentan con funcionalidades avanzadas de diseño geométrico, que permiten controlar el diseño del trazado de alineamiento horizontal y vertical que a su vez permite interaccionar el diseño con el entorno.

La metodología BIM, cuenta con una serie de softwares dedicados a la Ingeniería, en cuanto a diseño y ejecución de obras. Es por ello que, para esta investigación se tienen en cuenta los softwares AUTOCAD CIVIL 3D y AUTODESK INFRAWORKS 360, el primero debido a su potencial plataforma de trabajo, se podrá evaluar bajo parámetros normativos, evitando problemas de diseño, falta de compatibilidad con otros softwares, facilitando cálculos y documentación; en vista de aminorar tiempos y costos para el proyecto, asegurando un diseño de calidad. Mientras que el segundo software, bajo su metodología, permite la evaluación entre diversas opciones, a fin de obtener la mejor opción de diseño, asegurando la calidad y funcionalidad del proyecto, debido a sus herramientas BIM que permiten Una aproximación

preliminar que compara la información cartográfica disponible en los sistemas SIG (de forma geométrica e informativa, teniendo en cuenta la infraestructura existente) con diferentes escenarios que los profesionales pueden mapear en un entorno informado en estado bruto, pero con un campo de evaluación informativa, como como: nombres de carreteras, pasarelas geométricas, alturas de edificios, flujo de canales, terreno, etc. Además, este programa permite mejorar las decisiones que serán tomadas en la fase de ejecución ya que gracias a sus herramientas se pueden realizar modificaciones en el diseño preliminar, esto de una manera más rápida y con mucha precisión, todo esto sin la necesidad de estar en el campo ya que el programa maneja entre sus herramientas modelos cartográficos y satelitales en 3D que permiten simular la topografía de la zona. Todo lo antes mencionado se afirma con el análisis de aplicar el método BIM en esta investigación debido a que traerá consigo beneficios para la población en la transitabilidad y para la realización de proyectos por la reducción de tiempos y costos.

1.4.3. Económica

El presente proyecto se justifica económicamente dado que se aplicó una metodología con gran demanda en el mercado internacional que tiene como objetivo principal reducir los costos de diseño, planificación de los proyectos de inversión, optimizando los recursos manejados. Asimismo, tratándose de un proyecto de infraestructura vial podrá conectar ciudades aumentando la productividad económica de la zona.

1.4.4. Social

Este proyecto concederá la libre transitabilidad de las ciudades que conecta fomentando el comercio de las zonas y generando un efecto positivo para la sociedad. Asimismo, la metodología BIM aplicado en la presente investigación favorecerá en la disminución de tiempos durante las fases de diseño, planificación y ejecución, por lo cual los trabajos de infraestructura vial serán elaborados en menor tiempo mejorando el nivel de vida de los pobladores.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

Hg.-. Implementando las herramientas BIM mejorará la gestión de proyectos de infraestructura vial a nivel de apertura de trocha carrozable, optimizando en tiempo y costo la ejecución del proyecto.

1.5.2. Hipótesis específicas

He1.-. El uso de herramientas BIM reducirá el tiempo de ejecución del proyecto.

He2.-. El uso de herramientas BIM reducirá el costo de ejecución del proyecto.

He3.-. Al modelar la infraestructura vial de manera conceptual, con visualización 3D en el software Infracore y la topografía y diseño geométrico en el software Autocad civil 3D con datos obtenidos en campo se logrará comprobar que el uso de las herramientas BIM nos proporcionan información fehaciente.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1. Metodología BIM

BIM o Building Information Modeling es un método destinado para la optimización y gestión de proyectos de infraestructura. Su finalidad de la metodología tiene su sustento en la incompatibilidad de los sistemas de un proyecto para compartir información precisa y automática evitando errores en las diferentes etapas que suponen costos y plazos adicionales a futuro (Botte et al., 2021). En la Figura 1 se muestran las diversas fases del ciclo útil de un proyecto de inversión en donde la metodología tiene incidencia con la finalidad de aumentar los flujos de trabajo.

Figura 1

Ciclo de vida de proyecto de inversión

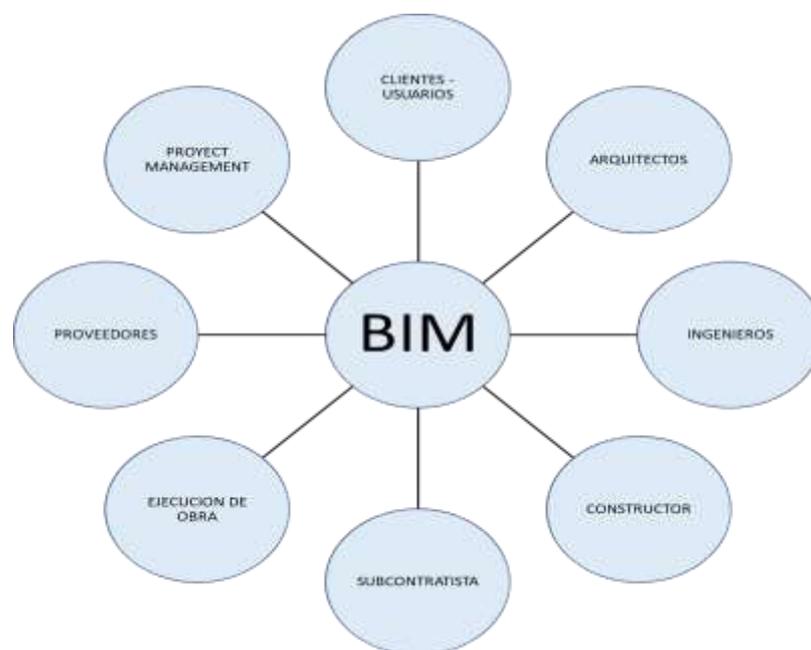


Nota. Tomado del Ciclo de vida de la edificación, por Kaewunruen et al. (2020).

Asimismo, la metodología BIM involucra procesos virtuales con la finalidad de obtener mayor recolección en un solo modelo o en una interfaz que permita la participación de los profesionales encargados del proyecto (propietarios, arquitectos, ingenieros, contratistas, subcontratistas y proveedores). El modelo creado permite que los encargados del proyecto puedan realizar ajustes en las especificaciones en la fase de diseñar con el fin de contar un proyecto compatible cuando se inicie físicamente (Znobishchev y Shamraeva, 2019). A continuación, en la Figura 2 mostramos los participantes del trabajo y la influencia de la metodología BIM.

Figura 2

Influencia del BIM en los participantes del proyecto



Nota. Adaptado de la influencia del BIM en los participantes del proyecto, por Biancardo et al. (2020).

Es importante resaltar que la metodología BIM no es un software computacional, sino que es un proceso de gestión de proyectos a partir de modelos inteligentes tridimensionales que guardan información que aumenta el flujo de trabajo (Onososen y Musonda, 2022).

2.1.2. Historia del BIM

- Su origen se remonta al año 1975 en Estados Unidos donde se establece el concepto de modelado de información en una edificación haciendo uso de un modelo 3D. Se hizo uso del sobrenombre BDS (Building Description System) como antecedente de la futura denominación BIM.
- En 1987 la empresa Graphisoft Archicad desarrolla establece el concepto de edificación virtual o por sus siglas en inglés VB que empezó a cimentar las bases para la metodología BIM.
- En 2003 la PBS y OCA establecieron el primer Programa Nacional 3D-4D-BIM (EE. UU), que 2 años luego se renombraría como Building Smart (EE. UU).
- En 2007 el GSA propone un programa espacial relacionado con el BIM para su aplicación en proyectos de gran relevancia. Siendo en 2011 que la Cabinet Office UK redactó un Plan Nacional con la finalidad de incluir el método BIM en diversos trabajos públicos.
- En los años 2013 y 2014 se propuso un lineamiento de obligatoriedad del método BIM con el fin de entregar la arquitectura, estructura e instalaciones.

2.1.3. Aplicaciones del BIM

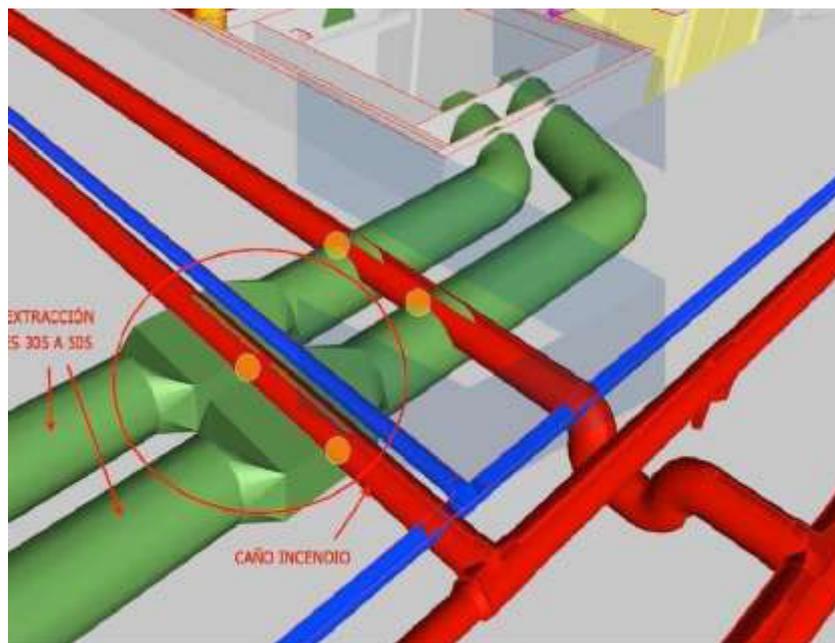
El método BIM se llevó a cabo con la finalidad de poder ser aplicado en:

- Visualización tridimensional del proyecto.
- Generación de planos de distintas especialidades con información detallada en poco tiempo.
- Evaluación de los costos del proyecto a partir de la cuantificación de los metrados generados en el modelo 3D.
- Actualización de información de materiales generados a partir de un modelo tridimensional.

- Secuencia de construcción 4D; así como también definición de los tiempos de obra o por cada partida.
- Visualizar interferencias, conflictos o colisiones, repeticiones de elementos entre otros a partir de un modelo tridimensional. Un ejemplo de ello, es la interferencia de las instalaciones sanitarias o eléctricas con el componente estructural.

Figura 3

Detección de interferencias empleando metodología BIM



Nota. Tomado de Detección de interferencias empleando metodología BIM, por Artus et al. (2022).

- BIM en AUTOCAD CIVIL 3D

El programa presenta una plataforma de trabajo potencial, se puede evaluar según parámetros normativos, reduciendo problemas en diseños, siendo compatible con otros softwares, permitiendo así, obtener cálculos y documentos con tiempos y costos reducidos en el proyecto, teniendo diseños de calidad, todo ello gracias a que posee herramientas que son compatibles con BIM.

- BIM en AUTODESK INFRAWORKS 360

El programa Autodesk Infracore 360 permite evaluar opciones de las cuales se puede obtener un mejor diseño, en el cual se asegure la calidad y función de un proyecto, esto gracias a las herramientas BIM que posee, puede comparar la información cartográfica que se encuentra en GIS. Así mismo, se puede tomar mejores decisiones durante la fase de ejecución debido a las herramientas que permiten modificar el diseño preliminar con rapidez y precisión sin necesidad de ir a campo, porque el programa posee herramientas de modelos tanto cartográficos como satelitales en 3D los cuales permiten simular la topografía de la zona.

2.1.4. Beneficios del BIM

- Automatización de procesos e información que permite flujos de trabajos rápidos y efectivos que agregan valor al proyecto (Filho et al., 2022).
- Soluciones de diseño más innovadoras con métodos de construcción claros basados en simulación (Filho et al., 2022).
- Costos controlados durante toda la ejecución del proyecto, así como cuantificaciones de los materiales idóneas que permiten evitar sobrecostos (Filho et al., 2022).
- Ensamblaje correcto de los elementos que componen un proyecto a partir de un producto digital que permite la visualización previa a la realización de la construcción (Filho et al., 2022).
- Información actualizada de los procesos de diseño, construcción e información operativa (Filho et al., 2022).

2.1.5. Flujo de trabajo colaborativo con BIM

Esta metodología posee un proceso de colaboración en el cual todas las partes en conjunto forman un equipo para trabajar un proyecto bajo un mismo modelo, esto implica la comunicación entre las disciplinas, eliminando y/o reduciendo al máximo problemas que son

referidos a diversas interferencias, además de realizar cambios, este es más eficiente debido a que al realizar modificaciones en el modelo, se actualizan automáticamente los documentos que se han obtenido de este. Así mismo, se permite incluir al cliente, al resto de disciplinas y al constructor para la revisión y verificación del modelo (García y Moreno, 2019).

2.1.6. BIM en las etapas de los proyectos

- **Fase de Criterios de Diseño**

Fase en la cual se define correctamente los procesos de diseño que se emplearán a partir de la información previa recolectada. En esta fase es usual que se realicen diversas correcciones.

- **Fase de Diseño Detallado**

Comprende el diseño final para presentarlo en un modelo tridimensional. Esta fase es la que involucra mayor esfuerzo y uso computacional debido a toda la información que recolecta.

- **Fase de Implementación de Documentos**

En esta fase se cuenta con el diseño finalizado por lo cual se exporta la documentación obtenida de un modelo tridimensional, teniendo como objetivo cuantificar y planificar toda la información. Este proceso es automatizado mediante un modelo tridimensional dado que agiliza los flujos de trabajo y evita errores.

- **Fase de Adquisición**

En esta fase se requiere la participación de contratistas y proveedores para que se definan y aprueben las fases previas planteadas, es una de las fases con menor tiempo de ejecución dado que toda la información ya ha sido realizada previamente.

- **Fase de Construcción**

En esta etapa la metodología BIM su incidencia fue planteada en las fases previas, donde se realizó simulaciones de las posibles formas de construcción, y en cuanto

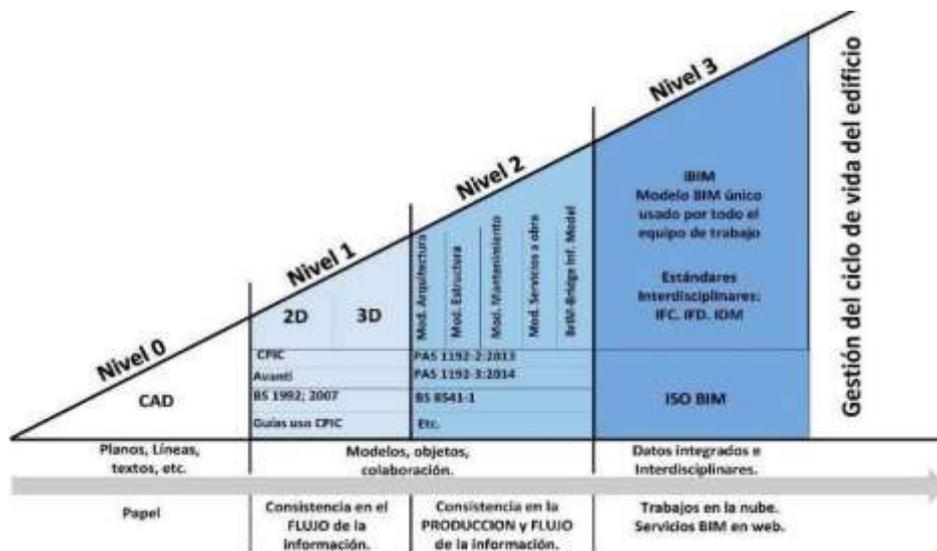
tiempo se puede terminar el proyecto. En esta fase se sigue empleando el modelo tridimensional y la información planteada previamente hasta el cierre del proyecto.

2.1.7. Desarrollo BIM

Establece los niveles de madurez y desarrollo BIM a partir de un modelo que identifica al Nivel 0 como aquel en donde se realizaban los planos de forma tradicional usando CAD. El nivel 1 es aquel donde se puso las bases para la gestión de producción y calidad en la construcción, pero aun empleando sistemas CAD como procesos de realización de los proyectos. El nivel 2 ya incluye la gestión mediante herramientas BIM basadas en modelos 3D que relacionan las distintas disciplinas de un determinado proyecto. Por último, el nivel 3 ya supone la interoperabilidad y colaboración de la información detallada en los niveles inferiores (Valdepeñas et al., 2020).

Figura 4

Modelo de madurez BIM



Nota. Tomado de Gestión del ciclo del edificio, por Valdepeñas et al. (2020).

2.1.8. Dimensiones BIM

- **Dimensión 4D**

Considerar la metodología BIM involucra considerar la 4ta dimensión lo que lo vuelve una metodología distinta a un modelo tradicional. Al considerar esta dimensión es posible determinar la planificación temporal de las partes del trabajo considerando las características de los datos técnicos de la infraestructura (Akob et al., 2019).

- **Dimensión 5D**

Esta dimensión incluye el análisis y estimación del costo total del proyecto, incluyendo, la posibilidad de determinar las cuantificaciones a partir de un modelado. Esto agiliza el proyecto debido a que toda la información es recolectada en un solo modelo computacional (Zhao et al., 2019).

- **Dimensión 6D**

Se toma en consideración las simulaciones de construcción del proyecto planteando distintas alternativas de realización de la infraestructura considerando las idóneas a llevar a cabo. En pocas palabras esta dimensión muestra las alternativas más favorables para el proyecto en función de la construcción (Vilutienė et al., 2020).

- **Dimensión 7D**

Aquí se analiza la estructura durante todo su ciclo de vida, considerando que el software conserva las peculiaridades de los costes, planificación y mantenimiento. De esta forma, se considera una evaluación continua de las variaciones del proyecto en el tiempo (Neves et al., 2019).

Figura 5

Dimensiones de la metodología BIM



Nota. Tomado de Dimensiones de la metodología BIM, por Cari (2021)

2.1.9. Plan BIM Perú

Fue aprobado el 28 de julio del 2019 como media de adopción de métodos BIM en proyectos públicos. Asimismo, se aprobó el reglamento para la inclusión de BIM en las inversiones públicas estatales y privadas en el marco del sistema nacional de planificación y gestión de inversiones plurianual para 2030. Esta propuesta nació con la finalidad de asegurar que los proyectos de infraestructura mejoren su calidad y eficiencia durante todas sus fases (Cari, 2021).

Figura 6

Plan BIM 2030 – Líneas de trabajo



Nota. Tomado de Plan BIM 2030-Líneas de trabajo, por Cari (2021)

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

Pulido (2015) hace de conocimiento que el trabajo aplicado es aquel en el cual su desarrollo se basa en conocimientos y teorías adquiridas previamente. El trabajo de investigación es de tipo aplicado porque las variables de estudio manejadas se tuvo conocimiento previo para su aplicación.

M. Guerrero y M. C. Guerrero (2014) mencionan que un trabajo enfocado de forma cuantitativa es aquel que en su desarrollo la información recolectada es numérica.

Hernández et al. (2014) describe que una investigación no experimental se considera en la cual las variables independientes son trabajadas para analizar su influencia en las variables dependientes. Por tal motivo, se dedujo que el presente estudio tiene este diseño, debido a que se aplicará el método BIM en un trabajo de mejoramiento de servicios de transitabilidad para luego analizar la influencia que trae consigo en la reducción de tiempos y costos.

3.2. Ámbito temporal y espacial

La presente investigación se desarrolló en el año 2022, durante la ejecución del km 0+000 al 6+000 de la carretera Teneria – Chacahuaicco, el cual se encuentra ubicado en el distrito de Huayllati, provincia de Grau, departamento de Apurímac.

3.3. Variables

3.3.1. *Variable independiente*

Herramientas BIM

3.3.2. *Variable dependiente*

Tiempo y costo

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

Popper (2016) menciona que la población en una investigación es el grupo analizado de elementos que se plantea evaluar una problemática. La población de investigación fueron los tramos de carretera de la provincia de Grau, departamento de Apurímac.

3.4.2. Muestra

Cortés e Iglesias (2011) mencionan que la muestra es la fase de una población de estudio analizado en un tiempo dado. La muestra estudiada fueron los tramos de carretera ubicado en el centro poblado de Tenería al centro poblado de Chacahuaycco del distrito de Huayllati - provincia de Grau - departamento de Apurímac, del km 0+000 al km 6+200.

La trocha carrozable pertenece al proyecto mejoramiento del servicio de transitabilidad vehicular del camino vecinal de Tenería -Chacahuaycco del distrito de Huayllati - provincia de Grau -departamento de Apurímac, este proyecto actualmente se encuentra en ejecución financiado por el Gobierno regional de Apurímac y ejecutado por la Dirección regional de Transportes y Comunicaciones de Apurímac.

La participación por parte del investigador se ha basado en estudios de la zona, como levantamiento topográfico, haciendo uso de equipos como son la estación total y GPS, para usos netamente de la investigación, a su vez se cuenta con un levantamiento topográfico preliminar y plano de replanteo, con puntos de control (BM), dicha información perteneciente al proyecto.

- **Muestreo:** Se empleó el muestreo no probabilístico en donde la muestra que se estudió fue elegida al azar.

3.5. Instrumentos

- **Guía de observación:** En este instrumento se recopiló los datos obtenidos en cada parte del trabajo.

- **Guía de análisis documental:** Con este instrumento se recopiló todas las fuentes bibliográficas como artículos, tesis, normas, etc. necesarias para el desarrollo del presente estudio.

- **Excel:** Mediante este instrumento se realizó el procesamiento obtenido en todas las fases del proyecto mostrado en tablas, figuras y gráficos para facilitar su interpretación.

- **Software:** Autocad Civil 3D, Infracore para el diseño y modelamiento de la información.

3.6. Procedimientos

El procedimiento que se llevó a cabo para el desarrollo del presente trabajo de investigación está dividido en dos partes, que son trabajos de gabinete y trabajos de campo, donde se inició con la revisión del expediente técnico del proyecto. Por lo tanto, para llevar a cabo la revisión y posteriormente el diseño de la infraestructura vial debemos tener en cuenta lo siguiente:

3.6.1. Consideraciones técnicas para el diseño de carreteras

Para la revisión y diseño de la trocha carrozable se tendrá en cuenta las siguientes consideraciones técnicas:

a) Clasificación de carreteras

Tabla 1

Clasificación según su función

		IMDA veh/día	Separador central mínimo	Nº de carriles	Ancho de carril mínimo	Plazoletas
AUTOPISTA	CLASE I	>6000	6 m	2 ó más	3.6 m	-
	CLASE II	4000 - 6000	6 m	2	3.6 m	-
CARRETERA	CLASE I	2000 - 4000	-	2	3.6 m	-
	CLASE II	400 - 2000	-	2	3.3 m	-
	CLASE III	< 400	-	2	3.0 m	-
TROCHA CARROZABLE		< 200	-	1	4.0 m	cada 500 m

Nota. Elaboración propia

Tabla 2

Clasificación según su orografía

TERRENO	TIPO	PENDIENTE TRANSVERSAL %	PENDIENTE LONGITUDINA L %	MOVIMIENTO DE TIERRA
Plano	1	≤ 10	< 3	Mínimo
Ondulado	2	11 - 50	3 - 6	Moderado
Accidentado	3	51 - 100	6 - 8	Significativo
Escarpado	4	> 100	> 8	Máximo

Nota. Elaboración propia

b) Clasificación general de los proyectos viales Proyectos de nuevo trazo

Son aquellos que permiten incorporar a la red una nueva obra de infraestructura vial. El caso más claro corresponde al diseño de una carretera no existente, incluyéndose también en esta categoría, aquellos trazos de vías de evitamiento o variantes de longitudes importantes.

c) Ingeniería básica

- Geodesia y topografía

- Hidrología, hidráulica y drenaje
- Geología y Geotecnia

d) Vehículos de diseño

El Diseño Geométrico de Carreteras se efectuará en concordancia con los tipos de vehículos, dimensiones, pesos y demás características, contenidas en el Reglamento Nacional de Vehículos, vigente.

Tabla 3

Vehículos de diseño

Datos básicos de los vehículos de tipo M utilizados para el dimensionamiento de carreteras
Según Reglamento Nacional de Vehículos (D.S. N° 058-2003-MTC o el que se encuentre vigente)

Tipo de vehículo	Alto total	Ancho Total	Vuelo lateral	Ancho ejes	Largo total	Vuelo delantero	Separación ejes	Vuelo trasero	Radio mín. rueda exterior
Vehículo ligero (VL)	1.30	2.10	0.15	1.80	5.80	0.90	3.40	1.50	7.30
Ómnibus de dos ejes (B2)	4.10	2.60	0.00	2.60	13.20	2.30	8.25	2.65	12.80
Ómnibus de tres ejes (B3-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	14.00	2.40	7.55	4.05	13.70
Ómnibus de cuatro ejes (B4-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	15.00	3.20	7.75	4.05	13.70
Ómnibus articulado (BA-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	18.30	2.60	6.70 / 1.90 / 4.00	3.10	12.80
Semirremolque simple (T2S1)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	1.20	6.00 / 12.50	0.80	13.70
Remolque simple (C2R1)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	10.30 / 0.80 / 2.15 / 7.75	0.80	12.80
Semirremolque doble (T3S2S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	5.40 / 6.80 / 1.40 / 6.80	1.40	13.70
Semirremolque remolque (T3S2S1S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	5.45 / 5.70 / 1.40 / 2.15 / 5.70	1.40	13.70
Semirremolque simple (T3S3)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	1.20	5.40 / 11.90	2.00	1

Nota. Tomado de Diseño geométrico de carretera (2018)

e) Velocidad de diseño

Es la velocidad escogida para el diseño, entendiéndose que será la máxima que se podrá mantener con seguridad y comodidad, sobre una sección determinada de la carretera, cuando las circunstancias sean favorables para que prevalezcan las condiciones de diseño. Para identificar los tramos homogéneos y establecer su Velocidad de Diseño, se debe atender a los siguientes criterios:

Tabla 4

Velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera

CLASIFICACIÓN	OROGRAFÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)											
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
Autopista de primera clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Autopista de segunda clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera de primera clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera de segunda clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera de tercera clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												

Nota. Tomado de Diseño geométrico de carretera (2018)

f) Distancia de Visibilidad

Es la longitud continua hacia adelante de la carretera, que es visible al conductor del vehículo para poder ejecutar con seguridad las diversas maniobras a que se vea obligado o que decida efectuar. En los proyectos se consideran tres distancias de visibilidad:

- visibilidad de parada.
- visibilidad de paso o adelantamiento.
- Visibilidad de cruce con otra vía.

g) Tramos en tangente

Dependiendo de la velocidad de diseño, habrá una longitud mínima permitida y una longitud tangencial máxima deseada Tabla 302.01.

Tabla 5

Longitudes de tramos en tangente

V (km/h)	L mín.s (m)	L mín.o (m)	L máx (m)
30	42	84	500
40	56	111	668
50	69	139	835
60	83	167	1002
70	97	194	1169
80	111	222	1336
90	125	250	1503
100	139	278	1670
110	153	306	1837
120	167	333	2004
130	180	362	2171

Nota. Tomado de Diseño geométrico de carretera (2018)

Dónde:

L mín.s : Longitud mínima (m) para trazados en “S” (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura de sentido contrario).

L mín.o: Longitud mínima (m) para el resto de casos (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura del mismo sentido).

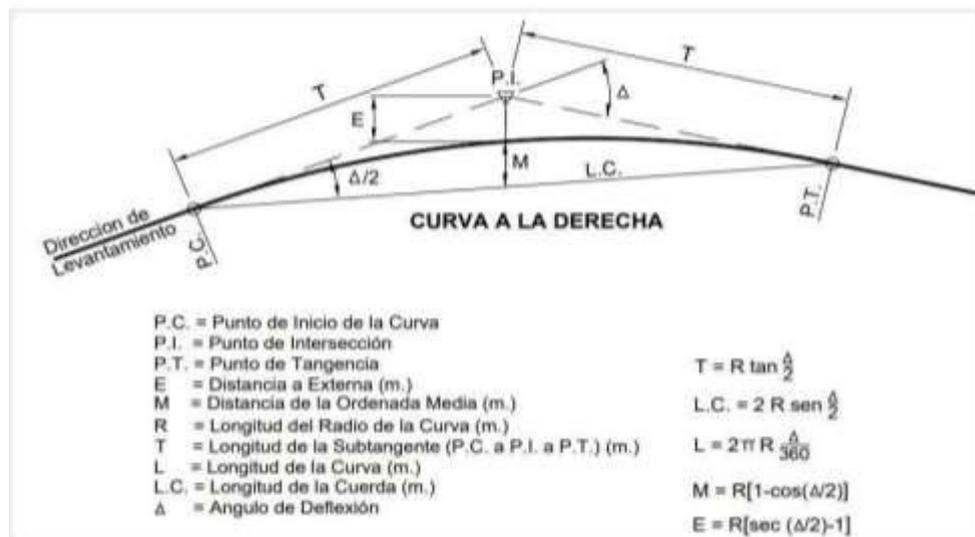
L máx.: Longitud máxima deseable (m). V: Velocidad de diseño (km/h)

h) Curvas circulares

Como sugiere el nombre, una curva circular es un arco de un radio que conecta dos tangentes consecutivas como se muestra a continuación:

Figura 7

Elementos de curva circular



Nota. Tomado de Diseño geométrico de carretera (2018)

i) Radios mínimos

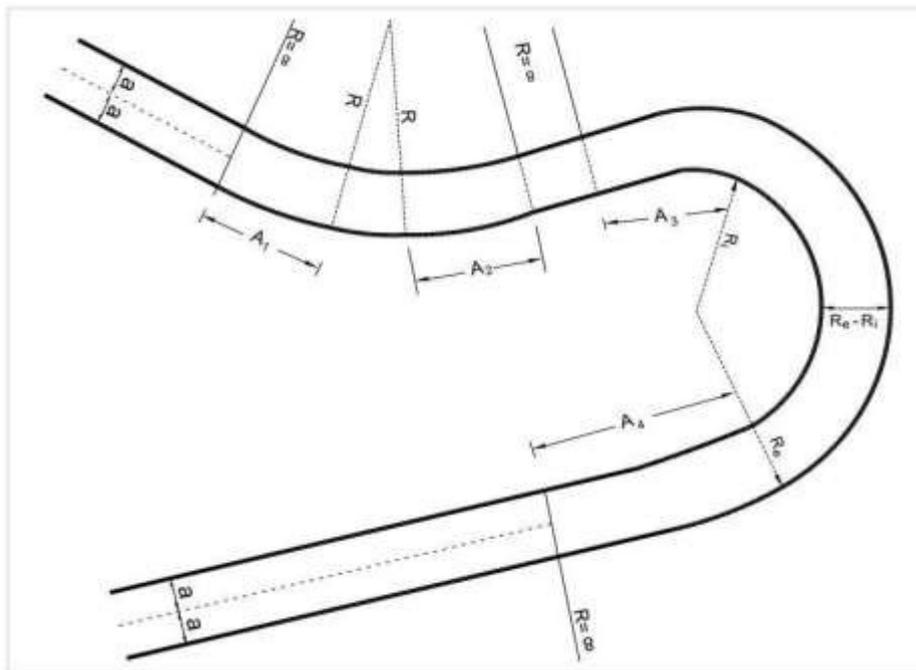
Sobre el radio mínimo, el Diseño geométrico de carreteras (2018) sostiene que “Los radios mínimos de curvatura horizontal son los menores radios que pueden recorrerse con la velocidad de diseño y la tasa máxima de peralte, en condiciones aceptables de seguridad y comodidad, para cuyo cálculo puede utilizarse la fórmula (R_{min})” (p. 128)

j) Curvas de vuelta

Son lugares proyectados en las laderas de montañas con terreno accidentado, donde el objetivo es alcanzar mayores alturas y no se puede llegar por otras rutas. Su radio mínimo debe ser de 20 m. En este sentido, la curva de retorno quedará definida por dos arcos de radio interior " R_i " y radio exterior " R_e ".

Figura 8

Configuración de una curva de vuelta



Nota. Tomado de Diseño geométrico de carretera (2018)

k) Transición de peralte

En carreteras de clase III, con base en los valores de velocidad de diseño y altura libre, 302.13. Los valores de la tabla se utilizarán para determinar las longitudes mínimas de cruce de la bomba y de cruce aéreo.

Tabla 6

Longitudes para la transición de peralte

Velocidad de diseño (Km/h)	Valor del peralte						Longitud mínima de transición de bombeo (m)**
	2%	4%	6%	8%	10 %	12 %	
	Longitud mínima de transición de peralte (m)*						
20	9	18	27	36	45	54	9
30	10	19	29	38	48	58	10
40	10	21	31	41	51	62	10
50	11	22	33	44	55	66	11
60	12	24	36	48	60	72	12
70	13	26	39	52	65	79	13
80	14	29	43	58	72	86	14
90	15	31	46	61	77	92	15

Nota. Tomado de Diseño geométrico de carretera (2018)

* Longitud de transición basada en la rotación de un carril.

** Longitud basada en 2% de bombeo.

l) Pendiente

- **Pendiente mínima:** La pendiente mínima es la diferencia de altura requerida para garantizar el funcionamiento adecuado del conducto. Nuestro proyecto utilizará una pendiente del 0,5%.

- **Pendiente máxima:**

Tabla 7

Pendientes máximas (%)

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera				
Vehiculos/día	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400				
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera clase				
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Velocidad de diseño: 30 km/h																					10.000.00
40 km/h															9.00	8.00	9.00	10.00			
50 km/h											7.00	7.00			8.00	9.00	8.00	8.00	8.00		
60 km/h					6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	7.00	8.00	9.00	8.00	8.00			
70 km/h			5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00		7.00	7.00			
80 km/h	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00		6.00	6.00			7.00	7.00			
90 km/h	4.50	4.50	5.00		5.00	5.00	6.00		5.00	5.00			6.00				6.00	6.00			
100 km/h	4.50	4.50	4.50		5.00	5.00	6.00		5.00				6.00								
110 km/h	4.00	4.00			4.00																
120 km/h	4.00	4.00			4.00																
130 km/h	3.50																				

Notas:

- 1) En caso que se desee pasar de carreteras de Primera o Segunda Clase, a una autopista, las características de éstas se deberán adecuar al orden superior inmediato.
- 2) De presentarse casos no contemplados en la presente tabla, su utilización previo sustento técnico, será autorizada por el órgano competente del MTC.

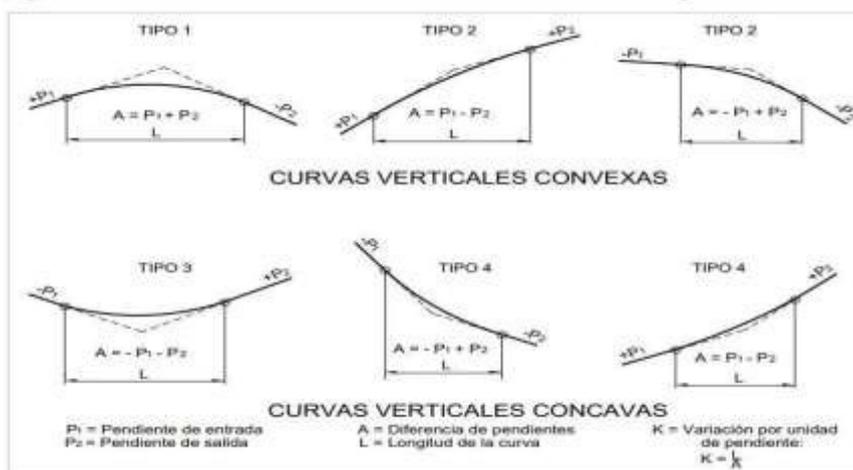
Nota. Tomado de Diseño geométrico de carretera (2018)

m) Curvas verticales

Los tramos consecutivos de rasante, serán enlazados con curvas verticales parabólicas, cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea mayor del 1%, para carreteras pavimentadas y del 2% para las demás.

Figura 9

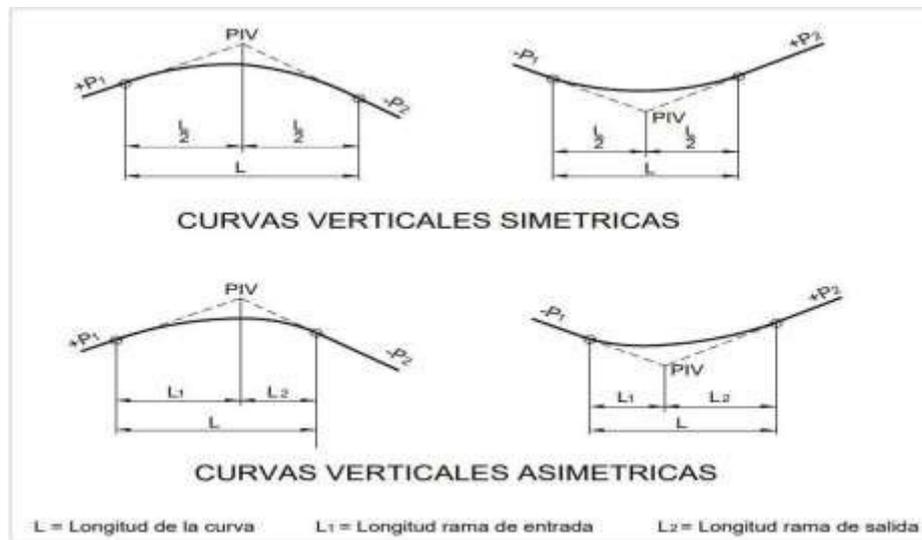
Tipos de curvas verticales convexas y cóncavas



Nota. Tomado de Diseño geométrico de carretera (2018)

Figura 10

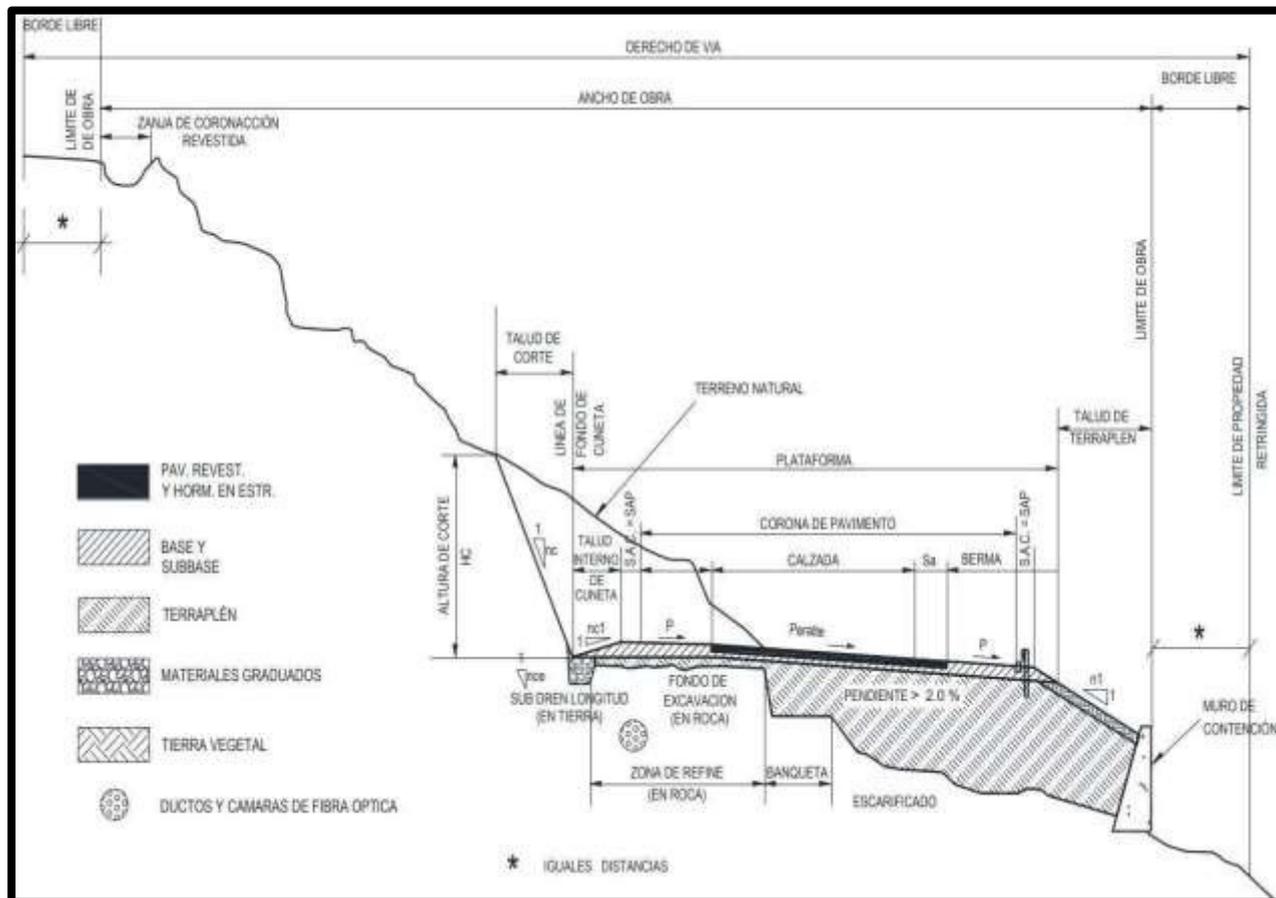
Tipos de curvas verticales simétricas y Asimétricas



Nota. Tomado de Diseño geométrico de carretera (2018)

n) Elementos de la sección transversal

Los elementos que componen la sección transversal de la vía son: carriles, carriles o pistas, arcenes, cunetas, taludes y elementos adicionales (barreras de seguridad, canales y cámaras de fibra óptica, guardas viales, etc.) que ingresan a los proyectos viales. Si la bicicleta es importante, se debe considerar la inclusión de carriles para bicicletas (carriles para bicicletas) y la separación del tráfico vehicular y de los peatones.

Figura 11*Elementos de una sección transversal*

Nota. Tomado de Diseño geométrico de carretera (2018)

o) Taludes

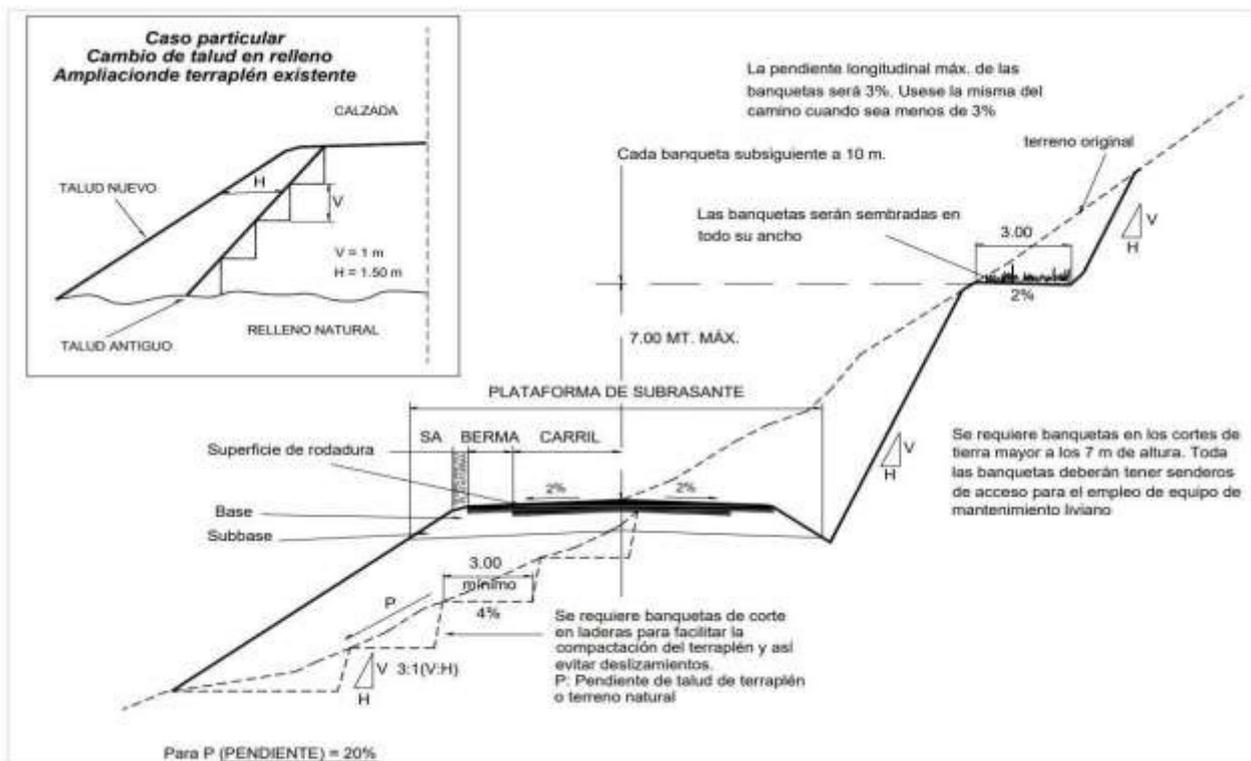
El talud es la inclinación de diseño dada al terreno lateral de la carretera, tanto en zonas de corte como en terraplenes. Dicha inclinación es la tangente del ángulo formado por el plano de la superficie del terreno y la línea teórica horizontal.

Los taludes para las secciones en corte, variarán de acuerdo a las características geomecánicas del terreno; su altura, inclinación y otros detalles de diseño o tratamiento, se determinarán en función al estudio de mecánica de suelos o geológicos correspondientes, condiciones de drenaje superficial y subterráneo, según sea el caso, con la finalidad de determinar las condiciones de su estabilidad, aspecto que debe contemplarse en forma prioritaria durante el diseño del proyecto, especialmente en las zonas que presenten fallas

geológicas o materiales inestables, para optar por la solución más conveniente, entre diversas alternativas.

Figura 12

Talud de corte y relleno



Nota. Tomado de Diseño geométrico de carretera (2018)

Tabla 8

Valores referenciales para taludes de corte (Relación H:V)

Clasificación de materiales de corte	Roca fija	Roca suelta	Material		
			Grava	Limo arcilloso o arcilla	Arenas
Altura de corte < 5 m	1:10	1:6-1:4	1:1 - 1:3	1:1	2:1
5-10 m	1:10	1:4-1:2	1:1	1:1	*
>10 m	1:8	1:2	*	*	*

(*) Requerimiento de banquetas y/o estudio de estabilidad.

Nota. Tomado de Diseño geométrico de carretera (2018)

Tabla 9

Valores referenciales para taludes de relleno (terraplenes)

Materiales	Talud (V:H)		
	Altura (m)		
	<5	5-10	>10
Gravas, limo arenoso y arcilla	1:1.5	1:1.75	1:2
Arena	1:2	1:2.25	1:2.5
Enrocado	1:1	1:1.25	1:1.5

Nota. Tomado de Diseño geométrico de carretera (2018)

3.6.2. Datos del proyecto

a) Nombre del proyecto: “mejoramiento del servicio de transitabilidad vehicular del camino vecinal de Teneria -Chacahuaycco del distrito de Huayllati - provincia de Grau - departamento de Apurímac”

b) Ubicación geográfica y accesibilidad: El proyecto está ubicado en la Región Apurímac - Provincia de Grau - Distrito de Huayllati, se ubica en las siguientes geográficas UTM-WGS 1984 DATUM Zona 18 Sur.

Tabla 10

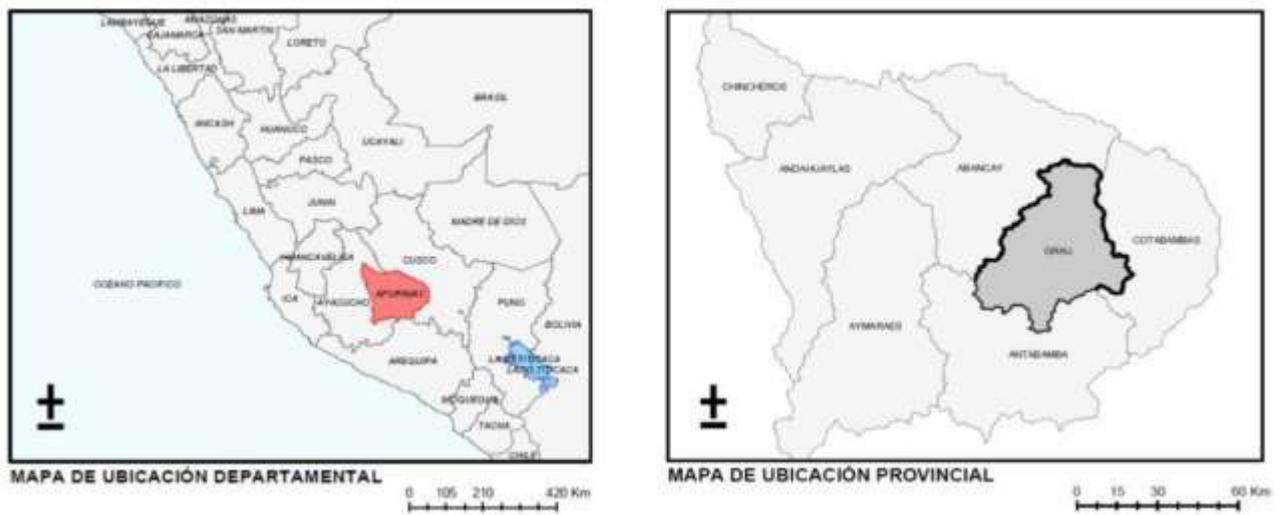
Coordenadas geográficas de la Ubicación del proyecto

Localidades	HOJA	COORDENADAS UTM	
		ESTE	NORTE
Teneria	27 O	769844.02	8458365.24
Chacahuaycco	27 O	767999.88	8453926.07

Nota. Elaboración propia

Figura 13

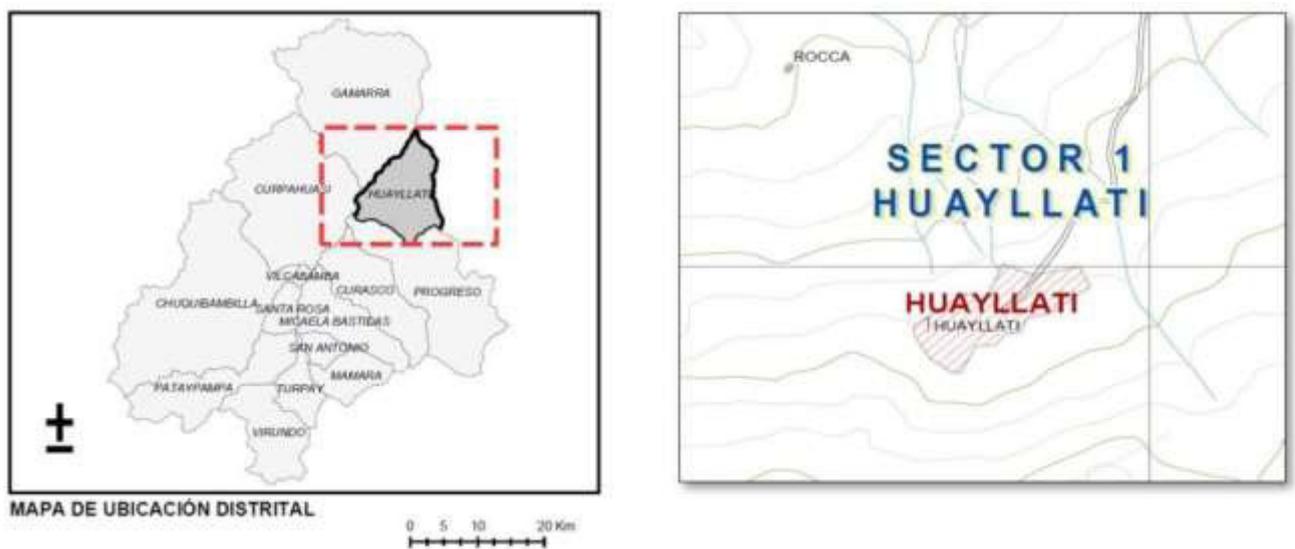
Ubicación geográfica del proyecto de investigación.



Nota. Elaboración propia

Figura 14

Localización del proyecto de investigación



Nota. Elaboración propia

Figura 15

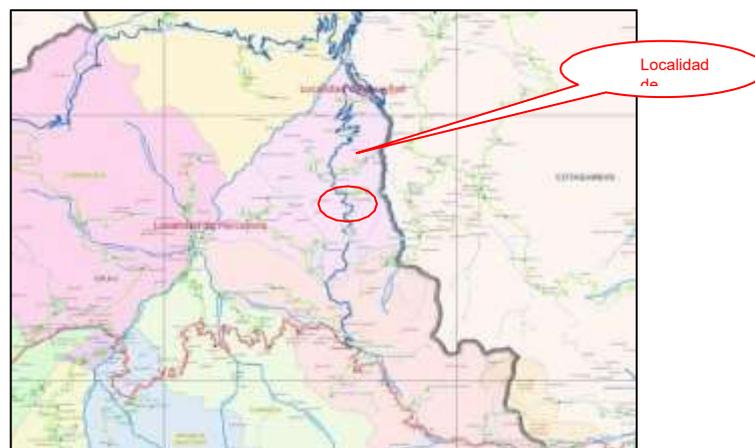
Imagen satelital de ubicación del proyecto



Nota. Tomado de Google Earth pro

Figura 16

Red vial departamental de Apurímac



Nota. Tomado de Carta nacional

- **Ubicación política**

El proyecto se encuentra ubicado en la Región Apurímac – Provincia de Grau – Distrito de Huayllati – Comunidad de Teneria- Chacahuaycco.

Región : **Apurímac**

Provincia : **Grau**

Distrito : **Huayllati**

Comunidad : **Teneria - Chacahuaycco.**

- **Vías de Comunicación y Acceso**

De acuerdo al diagnóstico se pudo apreciar que en el distrito de Huayllati, las vías de comunicación son en su gran mayoría trochas carrozables.

Para llegar a la zona de intervención: se tiene que seguir la ruta:

Tabla 11

Rutas de acceso al proyecto

DESDE	A	TIPO DE VIA	MEDIO DE TRANSPORTE	KM.	TIEMPO (HORAS)	FREC	OBSERV.
Abancay	Chuquibambilla	C. Afirmada	Vehic. motorizado	103	04:00	Diaria	
Chuquibambilla	Huayllati	C. Afirmada	Vehic. motorizado	87	05:30	Interdiario	3 veces a las semanas
Huayllati	Teneria	Trocha C.	Vehic. motorizado	4.3	0:45	Esporádico	

Nota. Elaboración propia

c) Metas físicas del proyecto.

El proyecto según el expediente técnico tiene como metas físicas lo siguiente.

Tabla 12

Metas físicas del proyecto a considerar.

Descripción	Planteamiento	Acción
1. Características de la vía		
Longitud del tramo	13+345 Km	Diseño, mejoramiento y construcción
Pendiente máxima	12.00%	
Pendiente mínima	0.50%	
Ancho máximo de superficie de rodadura inc. cuneta	6.00	
Ancho mínimo de superficie de rodadura	5.5	
Ancho de cunetas en toda la vía vecinal	0.50 x 0.3	
Sobre Ancho	Variable	
Categoría Según Demanda	Trocha carrozable	
Clasificación según condiciones orográficas	Existe dos Tipos: Tipo 2 y Tipo 3	
Peralte	Variable	
Bombeo	3%	
Radios mínimos	9.00 metros en curvas de volteo 25.00 metros curvas horizontales	
Taludes	Roca fija 10:1	
	Roca suelta 6:1	
	suelos consolidados compactos 4:1	
	Conglomerados comunes 3:1	
2. Obras de Arte		
Badenes (Und)	01	Construcción
Alcantarillas tipo TMC	15	
Puentes (Und)	1	
Cunetas tierra adecuadamente diseñados y construido	13+345 Km	
3. Señalización y seguridad Vial		
Señalización (Und)	46	Construcción
4. Impacto ambiental		Mitigación
Campamentos	3	Instalación temporal
Patio de máquinas	3	
Zona de botaderos	3	

Nota. Elaboración propia

3.6.3. Modelamiento preliminar

Se realizará el modelamiento preliminar con el Software Infracore, donde se planteará diferentes alternativas de diseño conceptual del alineamiento de la trocha carrozable en un entorno 3D realista, donde se evaluará con referencia a lo obtenido en el movimiento de tierras, las afecciones a terrenos o parcelas de los beneficiarios, pendientes de la subrasante, ubicación de obras de arte, etc. A diferencia de las metodologías tradicionales que solo nos permitirá una visualización en dos dimensiones, Infracore nos permite tener una mejor visualización en tres dimensiones ya que este programa maneja una interfaz el cual nos permite tener una topografía conceptual el cual se asemeja al del levantamiento topográfico, teniendo esta información se pueden realizar modificaciones al trazo u otros componentes de la carretera y poder tomar mejores decisiones, ya que Infracore nos permite realizar el diseño geométrico siguiendo las normas vigentes, el cual nos permitirá observar el perfil longitudinal del trazo, las áreas de corte y relleno y manejar las pendientes de la carretera.

Con estas herramientas se podrán obtener longitudes de trazo, pendientes a nivel de subrasante, perfiles longitudinales y volúmenes de movimiento de tierras conceptuales, esta información nos permitirá tomar decisiones rápidas y más precisas ahorrando tiempo y dinero.

De esa forma, se compatibilizarán los programas con la metodología BIM automatizando el proceso del diseño y los metrados de las partidas del tramo analizado.

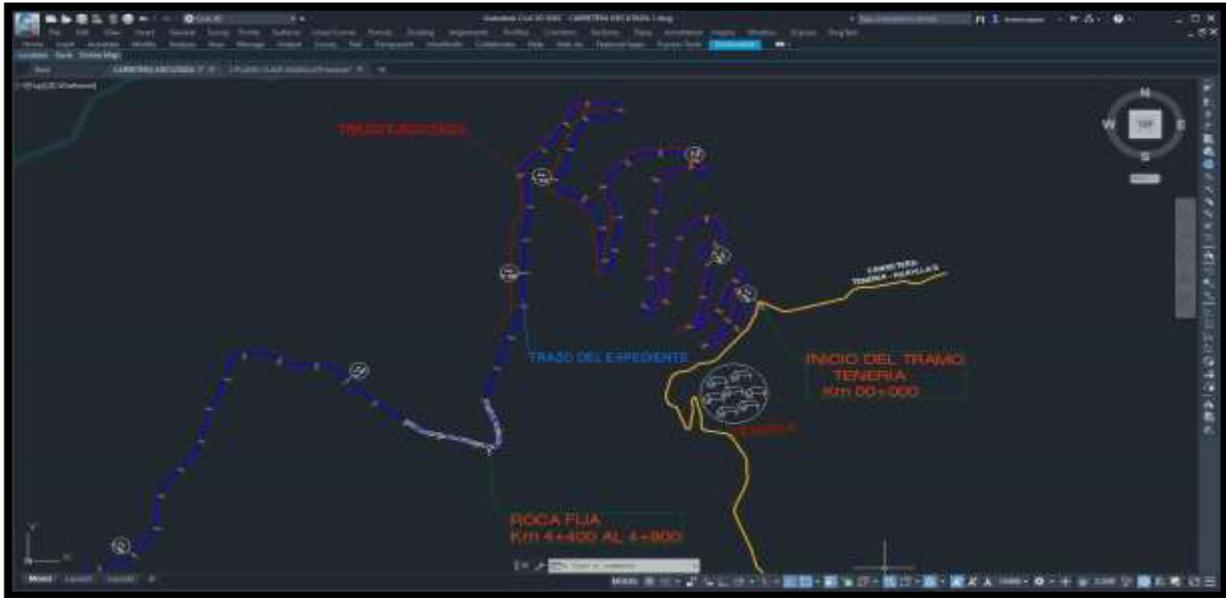
a) Comparación del trazo ejecutado y el trazo del expediente técnico

Se realizará la comparación del trazo ejecutado y el trazo propuesto en el expediente técnico, mediante polilíneas. El trazo ejecutado se obtendrá del levantamiento topográfico que se llevará a cabo durante el desarrollo del proyecto. El replanteo topográfico no indicará la ejecución real de la trocha carrozable y los niveles de relleno y corte que se vienen generando. El trazo propuesto se obtendrá del expediente técnico, por lo tanto, usando estas dos informaciones se procede a realizar la comparación y los desfases existentes.

Estas dos polilíneas deben estar georreferenciadas con coordenadas UTM WGS84, con la finalidad de poder ser exportadas a InfraWorks y poder realizar el modelamiento.

Figura 17

Comparación de trazo existente y trazo del expediente técnico.



Nota. Tomado de Autocad Civil 3D

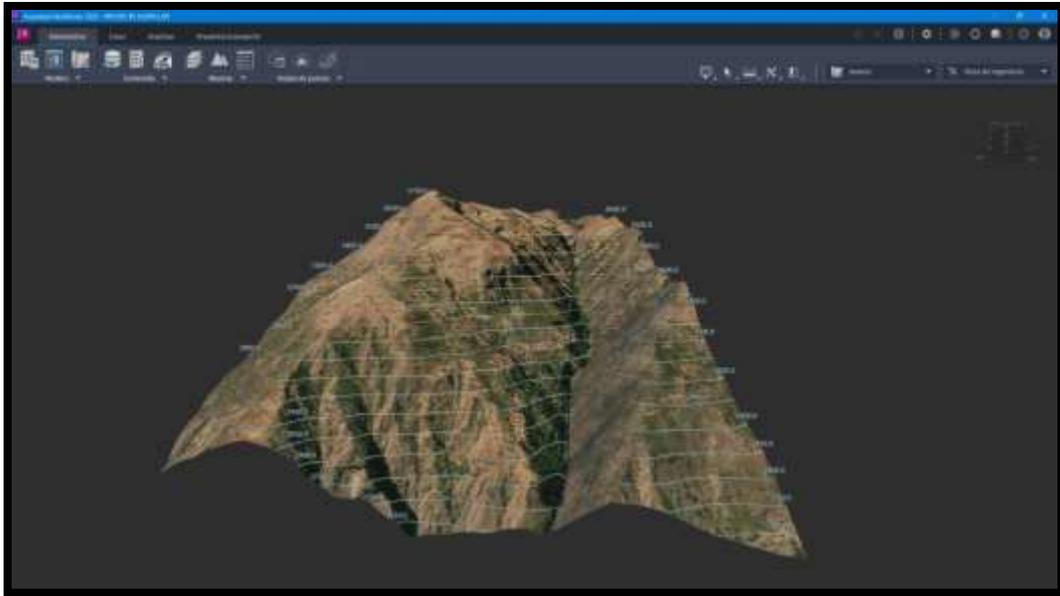
b) Generación de modelo de superficie

Usando el software Infracworks 360, se procede a crear un modelo de superficie, usando la herramienta de Generador de modelos de Infracworks, donde para comenzar se debe seleccionar una vez creado el modelo, el sistema de coordenadas del modelo no se puede cambiar. Puede elegir LL84 como sistema de coordenadas del modelo para comenzar rápidamente. Sin embargo, si va a migrar este modelo de InfraWorks a otra aplicación (como Autodesk Civil 3D o Autodesk Revit), no se recomienda LL84.

Para la elaboración del diseño preliminar se ubicó el lugar del proyecto, posteriormente se georreferenciado con coordenadas UTM WGS84, una vez ubicado y georreferenciado el lugar del proyecto, se selecciona un área mediante las herramientas de Infracworks, el cual nos permite seleccionar un área máxima de 200 km², en la imagen de a continuación se enseña el área seleccionada, y modelo de terreno generado.

Figura 18

Modelo preliminar del terreno del proyecto



Nota. Tomado de Autodesk InfraWorks 360

c) Importación del alineamiento del trazo ejecutado

Importación de eje de carretera ejecutada de Autocad Civil 3D a Infracworks, mediante el comando Map Export, en formato SHP, el cual es reconocido por el programa, una vez importado se procederá a configurar el alineamiento dándole una tipología de carretera.

Figura 19

Modelo del Trazo ejecutado de la trocha carrozable



Nota. Tomado de Autodesk InfraWorks 360

d) Elaboración de trazo nuevo propuesto.

Una vez obtenido el trazo ejecutado, se procederá a realizar el trazo nuevo, adicionarle puntos de intersección al trazo ejecutado, teniendo en cuenta las curvas de nivel que nos muestra la visualización a nivel de ingeniería el programa InfraWorks 360.

Figura 20

Creación del trazo nuevo propuesto



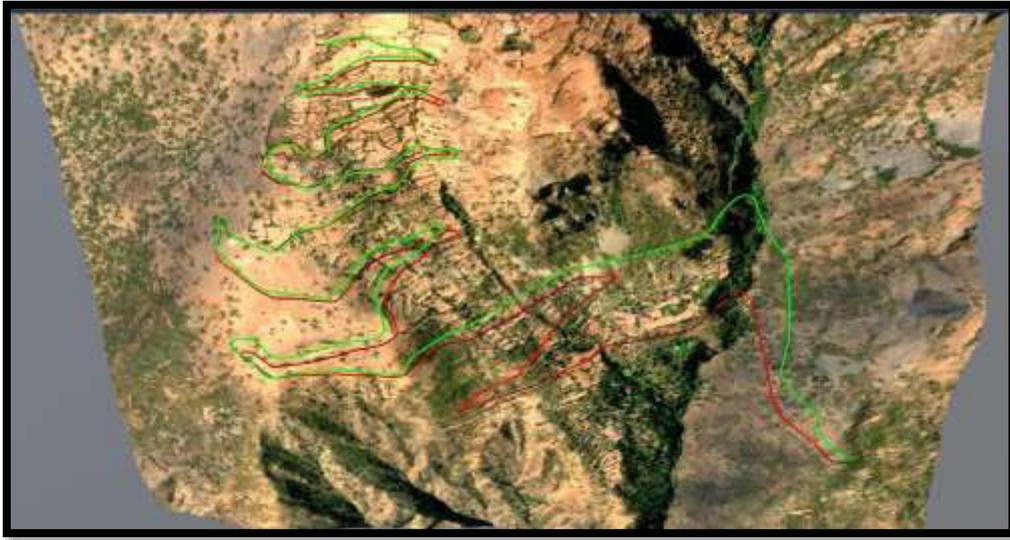
Nota. Tomado de Autodesk InfraWorks 360

e) Comparación con trazo del Expediente técnico

Del mismo modo que el trazo ejecutado, se procederá a importar el trazo propuesto en el expediente técnico para poder realizar la comparación y evaluar de la magnitud y la incidencia que tendrá de la modificación del trazo.

Figura 21

Comparación entre Trazo nuevo y trazo del expediente técnico



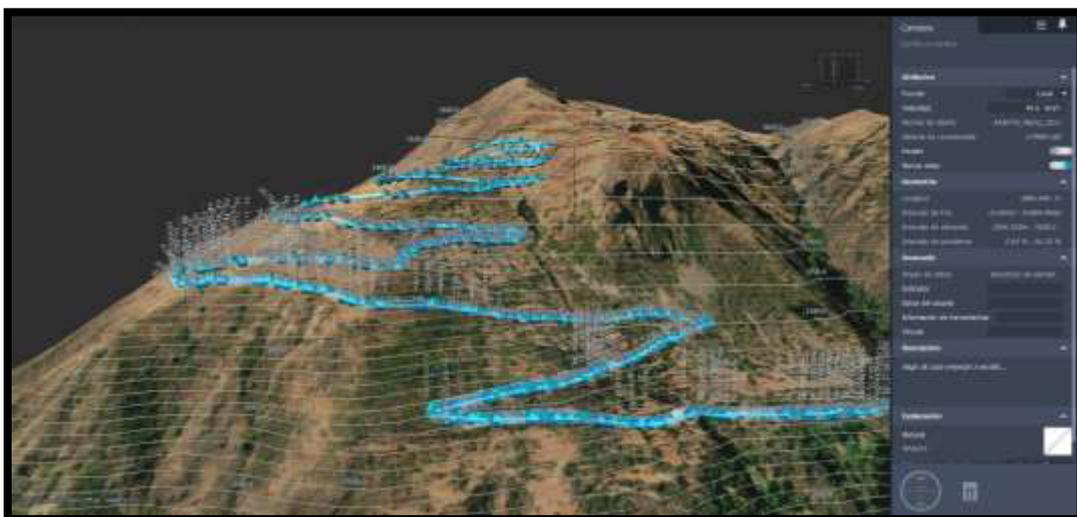
Nota. Tomado de Autodesk InfraWorks 360

f) Conversión de carretera a conceptual a carretera compuesta

Al importar el eje de carretera de civil 3d se creará una carretera conceptual, es decir solo será visual, por lo que si queremos conocer todas las propiedades de la carretera tendremos que convertirla en sintetizar la ruta y seleccionar el conjunto de rutas y el diagrama como se muestra.

Figura 22

Trazo ejecutado como carretera compuesta



Nota. Tomado de Autodesk InfraWorks 360

g) Diseño geométrico en planta

A las vías motorizadas se les asignan parámetros de diseño en fábrica de acuerdo con los estándares de diseño geométrico de carreteras, tomando en cuenta el tipo de vía y la velocidad de diseño, por lo que podemos determinar los parámetros mínimos que deben cumplir nuestras vías.

Figura 23

Asignación de parámetros de diseño geométrico (radio de curvatura)



Nota. Tomado de Autodesk InfraWorks 360

Figura 24

Asignación de ancho de calzada



Nota. Elaboración propia

Figura 25

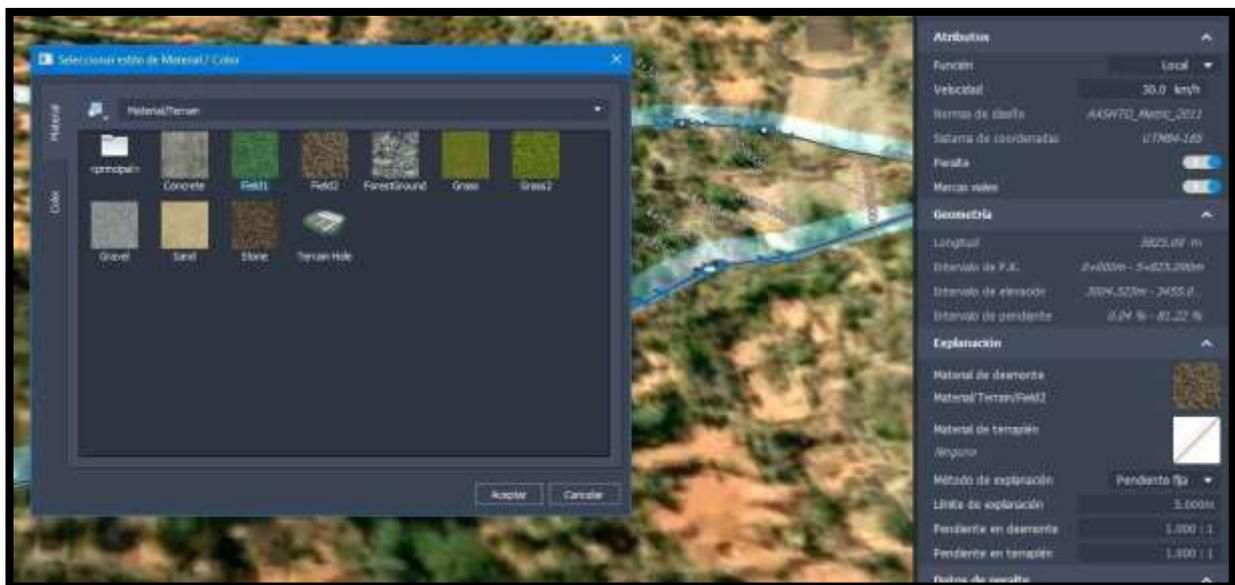
Asignación de peraltes en curvas (P_{max} : 6%)



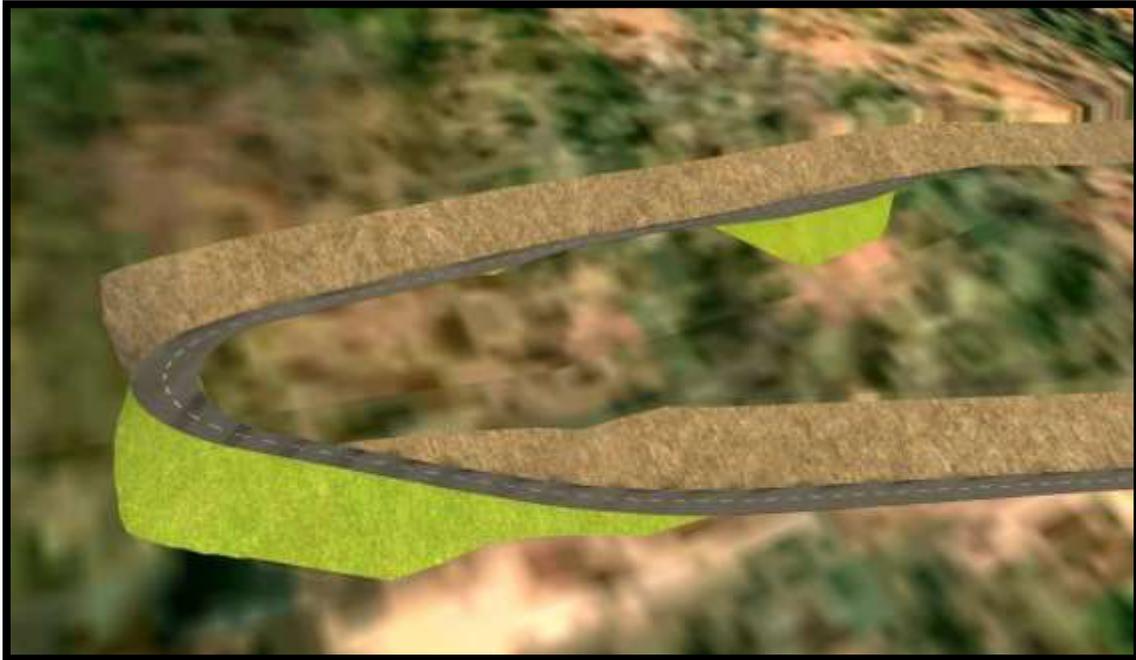
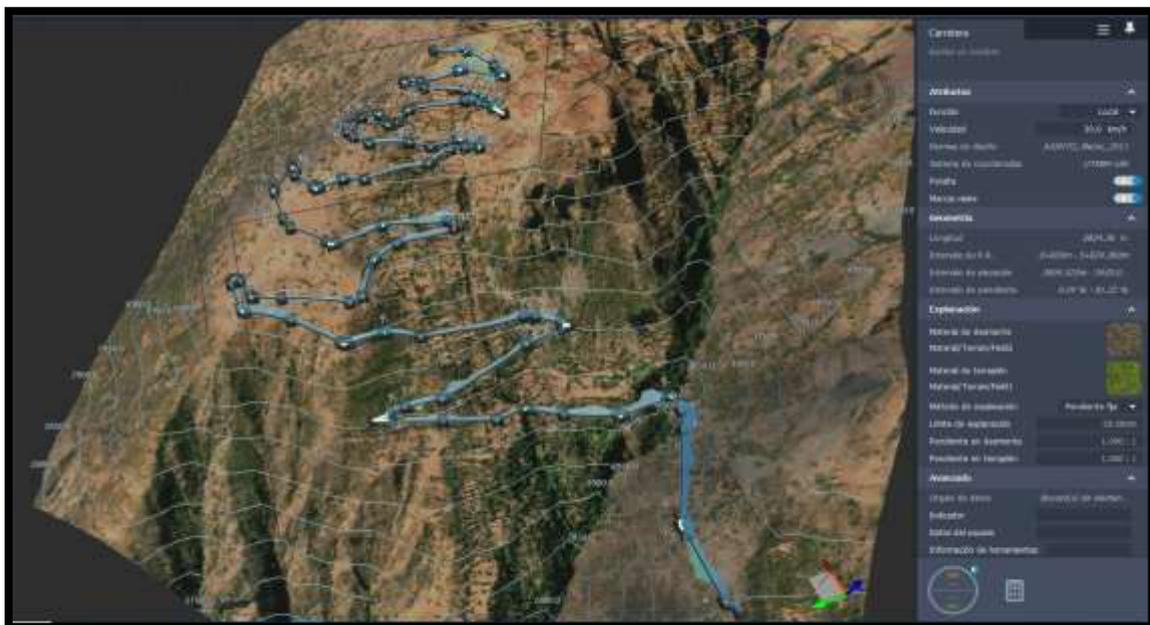
Nota. Tomado de Autodesk InfraWorks 360

Figura 26

Asignación de estilos de talud de corte y relleno



Nota. Elaboración propia

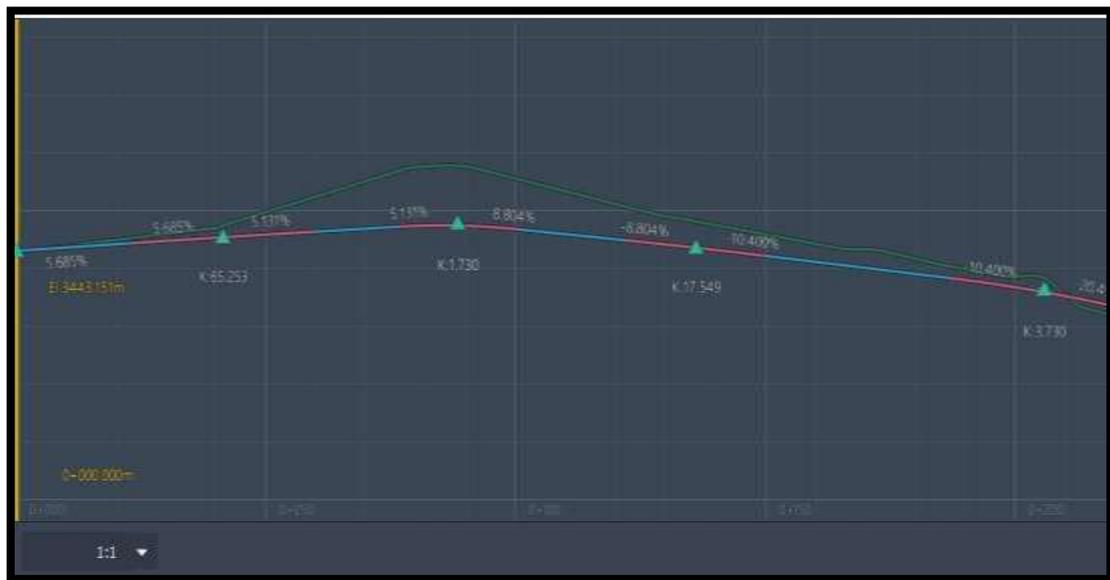
Figura 27*Vista de estilos de taludes de corte y relleno**Nota. Elaboración propia***Figura 28***Diseño preliminar en planta final**Nota. Elaboración propia*

h) Diseño geométrico preliminar de perfil longitudinal

En este paso asignaremos todo el parámetro de diseño geométrico en perfil longitudinal ya mencionado anteriormente según el manual DG-2018.

Figura 29

Definición de curvas verticales



Nota. Elaboración propia

i) Diseño geométrico de (Secciones Transversales)

Figura 30

Sección Transversal con bombeo 2% en línea recata



Nota. Elaboración propia

Figura 31

Sección Transversal con peralte 6% en curvas



Nota. Elaboración propia

j) Asignación de taludes de roca suelta, y roca fija en tramos establecidos.

Se identificaron tramos de material suelto, roca suelta y roca fija, por lo tanto, se debe asignar el talud establecido en la norma de diseño de carreteras para cada tipo de suelo.

Se asignará el talud según el siguiente cuadro de tramos.

Tabla 13

Tramos de variación de taludes.

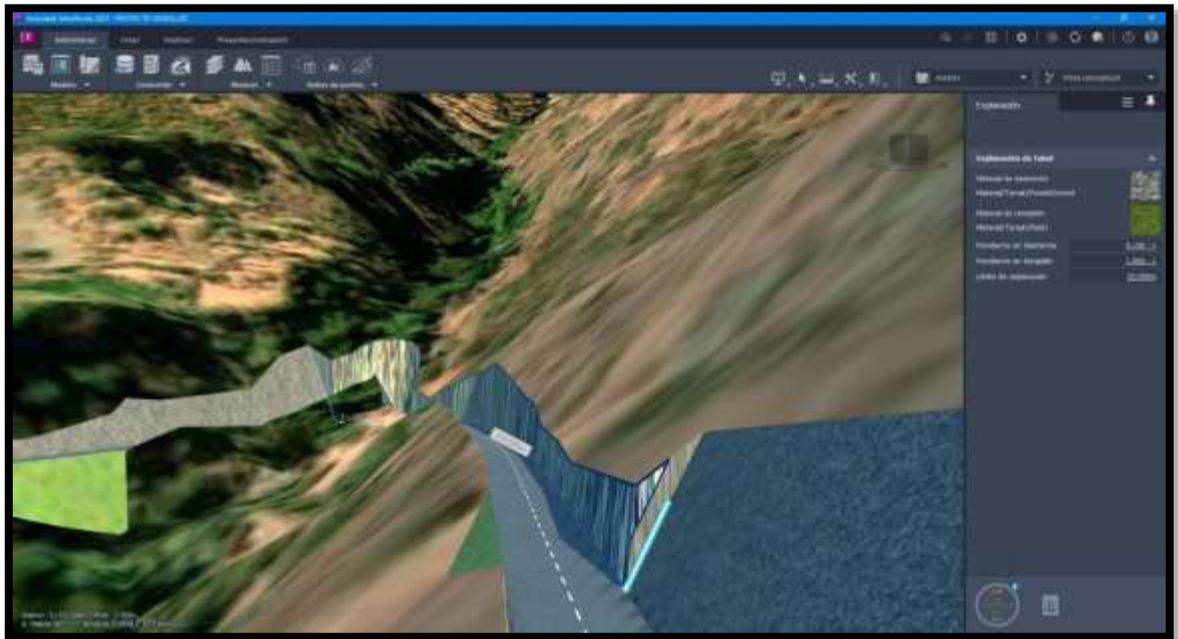
03 MATERIAL SUELTO ...	0+000.00m	-101	5+550.00m	-101
ROCA FIJA	5+550.00m		5+760.00m	
ROCA SUELTA	5+760.00m	-101	5+880.00m	-101
03 MATERIAL SUELTO ...	5+880.00m	-101	5+940.00m	-101
ROCA SUELTA	5+940.00m	-101	6+160.00m	-101
03 MATERIAL SUELTO ...	6+160.00m	-101	7+720.00m	-101

Nota. Elaboración propia

Para la asignación de taludes a un determinado tramo se debe realizar un seccionamiento de talud, para hacer que este tramo tenga diferentes propiedades de acuerdo al tipo de suelo.

Figura 32

Vistas de vía con taludes en Roca Fija



Nota. Elaboración propia

k) Obtención del movimiento de tierras

Una vez definido nuestro diseño geométrico, tanto a nivel de planimetría y perfil longitudinal, se procede a hacer el conteo de movimiento de la tierra, donde obtendremos los volúmenes de relleno y corte.

Figura 33

Cuadro de Movimiento de tierras en Infracworks 360

Cantidades de explanación	
Carretera compuesta 1	
Intervalo de P.K.:	4+200,000... 6+200,371
Desmonte	51174.506 m ³
Terraplén	8473.644 m ³
Desmonte neto	42700.862 m ³

Nota. Elaboración propia

3.6.4. Levantamiento topográfico.

En levantamiento topográfico se realizó utilizando equipos de precisión, como lo es la estación total Topcon OS-105. Para ello, se orienta el taxi a partir de dos puntos con coordenadas UTM y coordenadas absolutas conocidas, uno de los cuales es una estación terrestre, de la que se recogen datos con radiación en todo el eje y mediante nuevas líneas y puntos de relleno. Cada lado del eje no debe tener menos de 30 m para determinar el relieve del terreno (curvas de nivel). La estación total convierte dimensiones angulares, distancias horizontales y distancias verticales medidas en el campo en coordenadas UTM de norte (Y), este (X) y elevación absoluta (Z) para cada punto capturado.

Para realizar estos trabajos de campo se utiliza un equipo topográfico conformado por 03 trabajadores y 01 topógrafo y se utiliza equipo topográfico. La información guardada para los taquígrafos se transfiere a una computadora mediante un archivo Excel con extensión csv. Utilice software especializado para su procesamiento. Las franjas de reconocimiento de artillería cubren un ancho suficiente para permitir la proyección y el diseño individuales de obras y artefactos de alcantarillado. En el estudio se tuvieron en cuenta los siguientes puntos:

- ✓ Nuevo eje de línea.
- ✓ El borde superior e inferior no debe ser inferior a 30 m.

Se realizó un nuevo levantamiento topográfico cubriendo un ancho de 30 metros a ambos lados del eje a través de una grilla de puntos, Midieron franjas enteras de terreno separadas por no más de 20 metros, o incluso menos si el terreno cambiaba. La longitud total de levantamiento para el presente informe es de 6+200 km.

Figura 34

Vista del levantamiento topográfico de la carretera



Nota. Elaboración propia

Figura 35

Vista del levantamiento topográfico de terreno de trazo nuevo



Nota. Elaboración propia

Figura 36

Vista del levantamiento topográfico de terreno de trazo nuevo



Nota. Elaboración propia

Figura 37

Vista del levantamiento topográfico de terreno de trazo nuevo



Nota. Elaboración propia

3.6.5. *Procesamiento del levantamiento topográfico y diseño geométrico en AutoCAD Civil 3d*

a) Trabajos en gabinete

Los trabajos de gabinete se realizarán por mi persona con el fin de analizar toda la información recopilada de campo del levantamiento topográfico realizado con los diferentes equipos descritos anteriormente, esta información se procesa utilizando el siguiente software, AUTOCAD CIVIL 3D 2020, AUTODESK INFRAWORKS 360 y EXCEL 2016.

Exportar los datos del terreno de la estación total OS-105, correspondiente a la transferencia de datos de la estación total al formato Excel mate CSV para luego digitalizar los puntos (X, Y, Z).

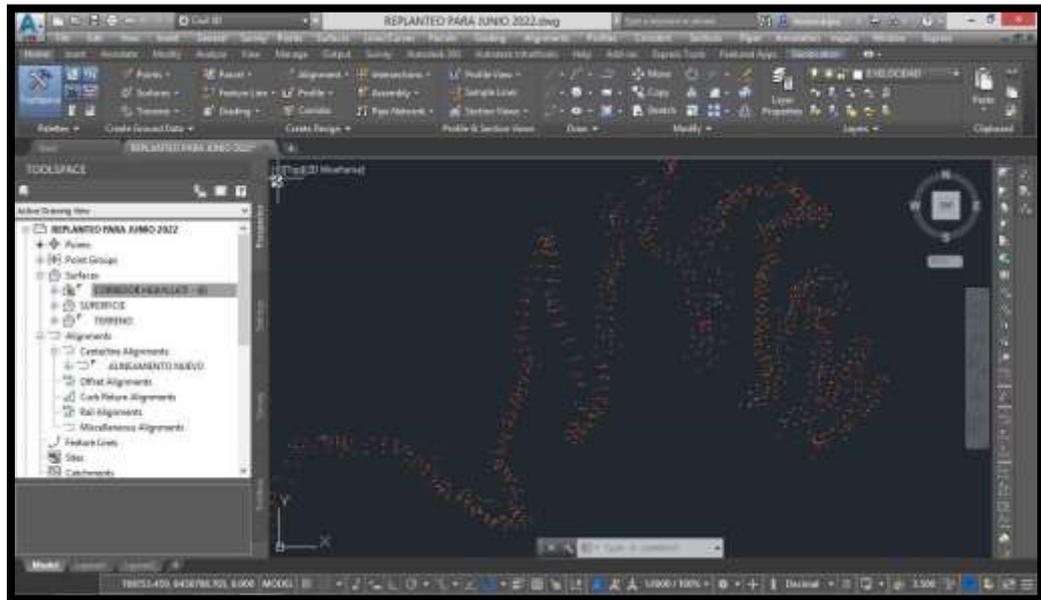
Considerando softwares de análisis BIM como el programa AutoCAD CIVIL 3D, se importan los datos topográficos guardados en un archivo de Excel en formato CSV, posteriormente se realizará la triangulación de puntos, de tal forma se logren formar curvas de nivel que concuerden con el terreno de acuerdo al levantamiento topográfico y se puedan determinar las características de la topografía.

Una vez obtenidas las curvas al grado de la topografía, se realizará el trazado del alineamiento longitudinal de la autopista, considerando las normas vigentes de diseño geométrico.

b) Importación de puntos topográficos

Figura 38

Vista de exportación de puntos topográficos.

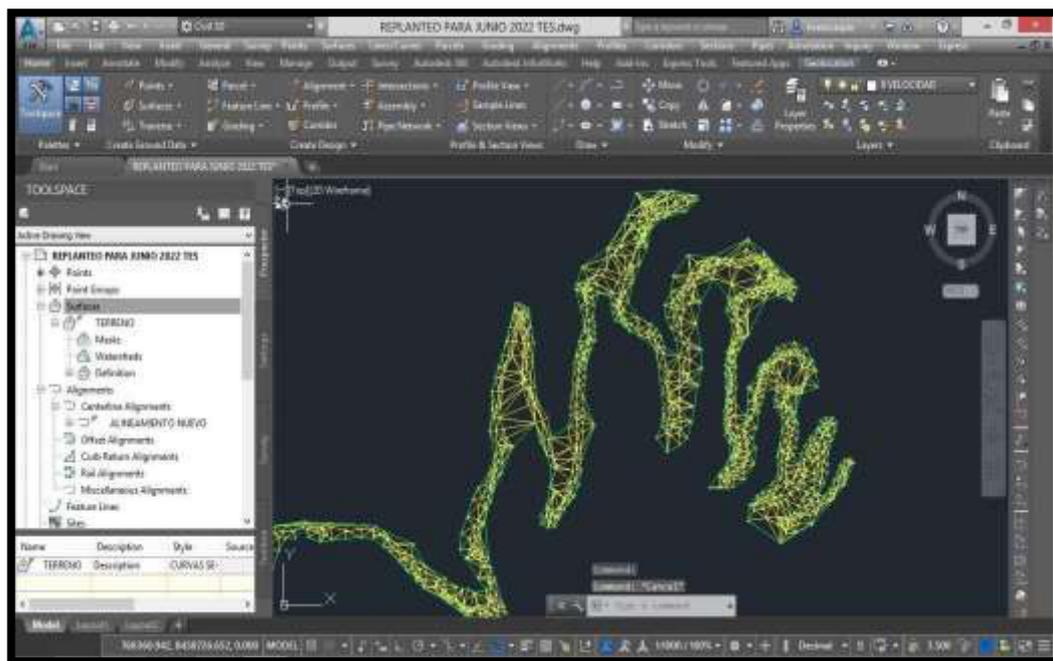


Nota. Elaboración propia

c) Generación de superficie y triangulación de puntos

Figura 39

Vista de triangulación de puntos topográficos.

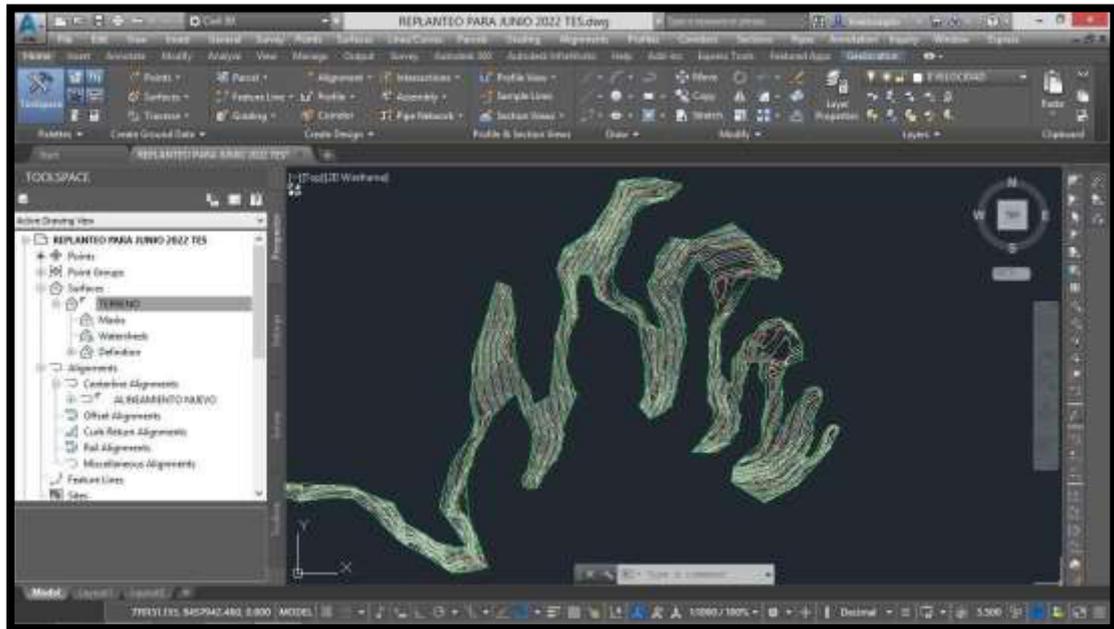


Nota. Elaboración propia

d) **Generación de curvas de nivel**

Figura 40

Vista de obtención de curvas de nivel de terreno.

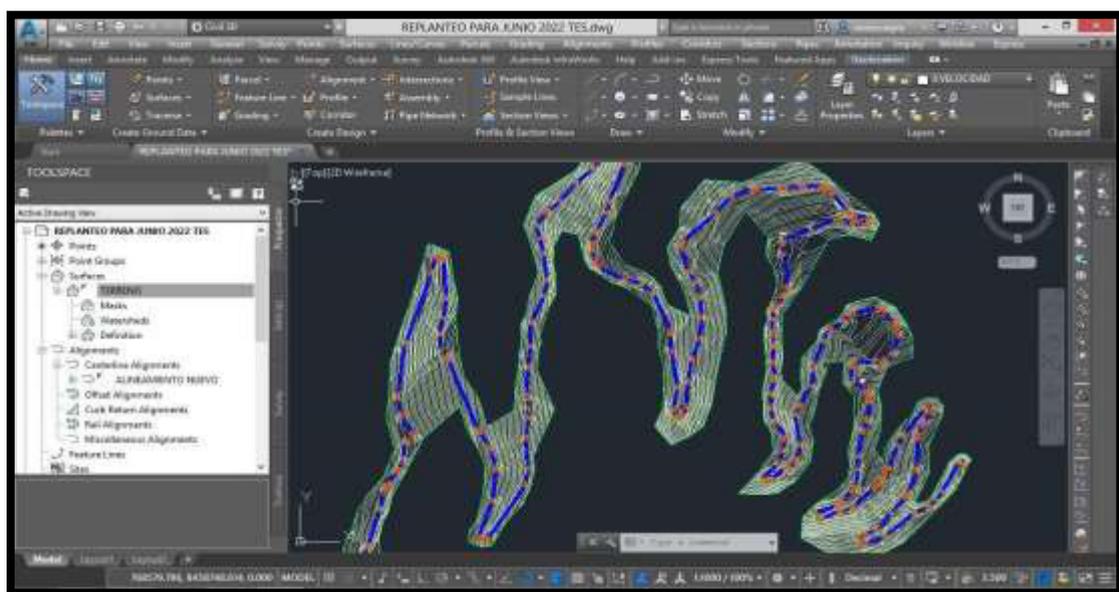


Nota. Elaboración propia

e) **Trazado del alineamiento longitudinal**

Figura 41

Vista de creación de Alineamiento de vía.

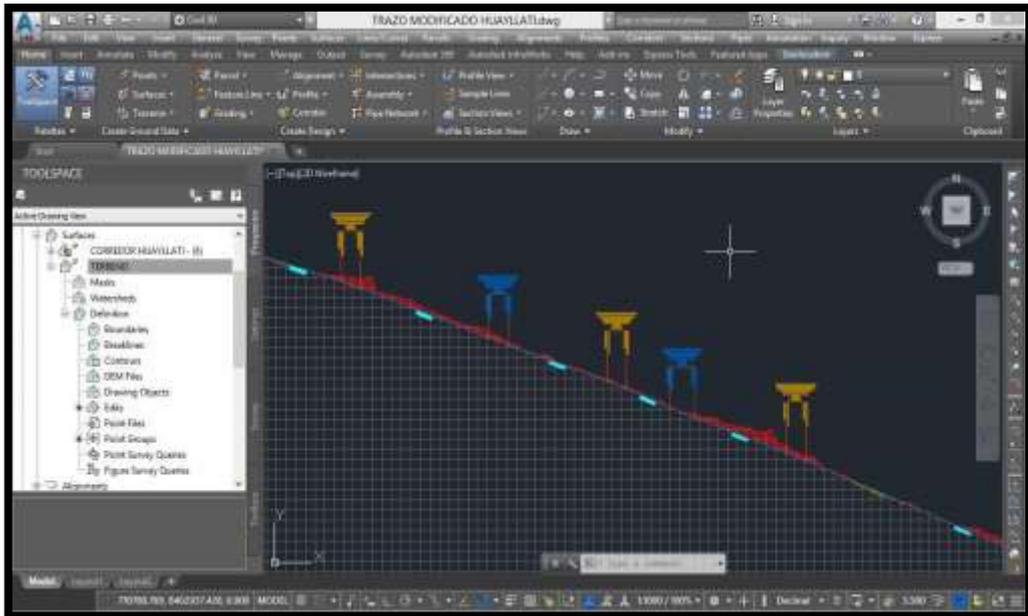


Nota. Elaboración propia

f) Creación del perfil longitudinal y trazado de rasante

Figura 42

Vista de creación de perfil longitudinal y curvas verticales.

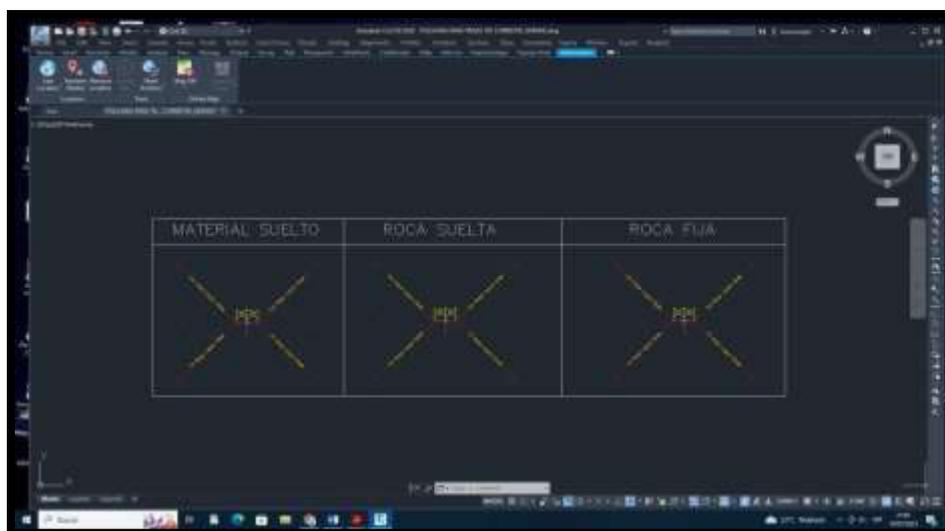


Nota. Elaboración propia

g) Creación de Asemblis para secciones transversales, en terrenos de material suelto, roca suelta y roca fija

Figura 43

Vista de creación de estilos de taludes de corte y relleno

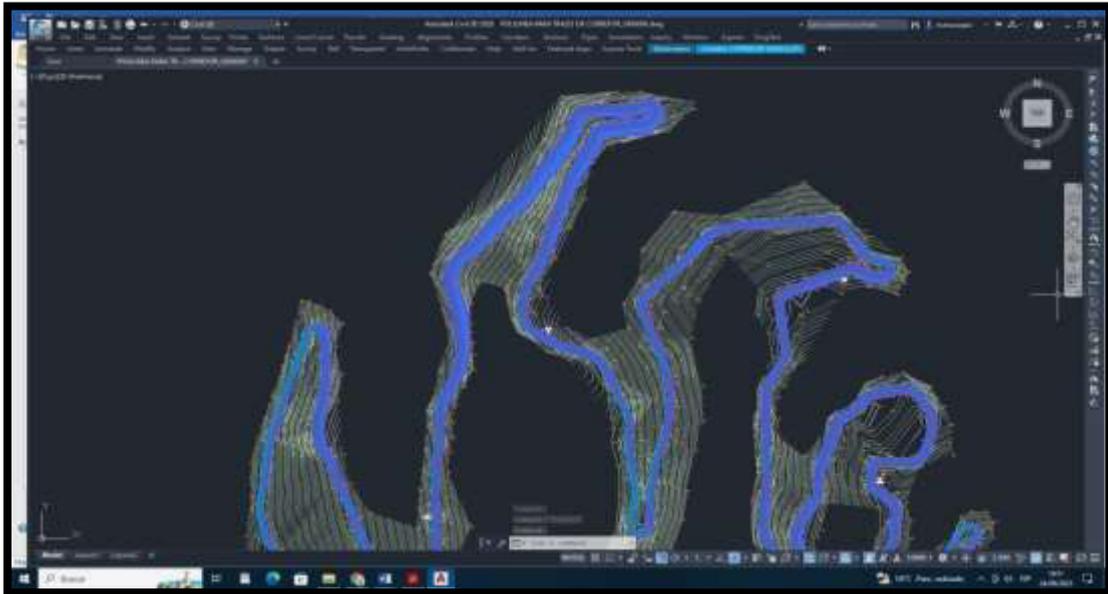


Nota. Elaboración propia

h) Creación de corredor

Figura 44

Vista de creación de corredor de vía.

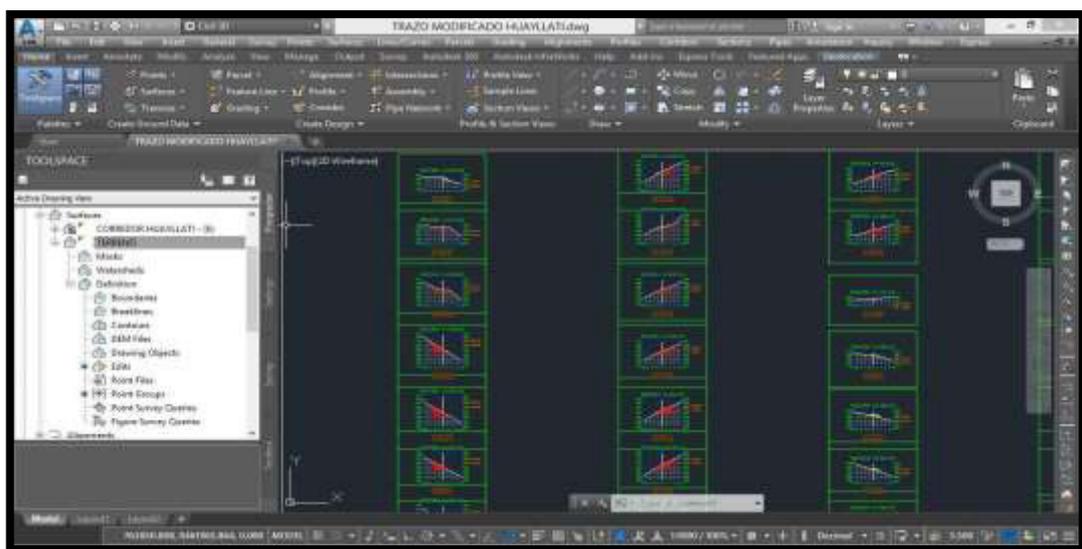


Nota. Elaboración propia

i) Obtención de secciones transversales

Figura 45

Vista de creación de secciones transversales.

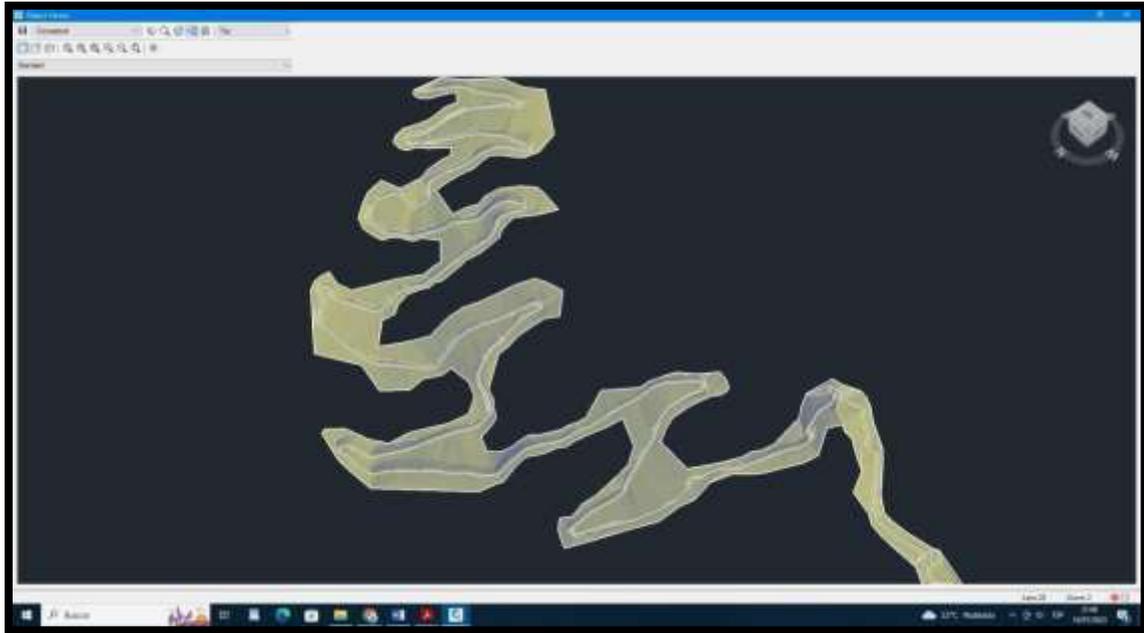


Nota. Elaboración propia

j) **Vista conceptual de la trocha carrozable**

Figura 46

Vista en 3D de la vía.



Nota. Elaboración propia

Figura 47

Vista de Trocha carrozable ejecutada.



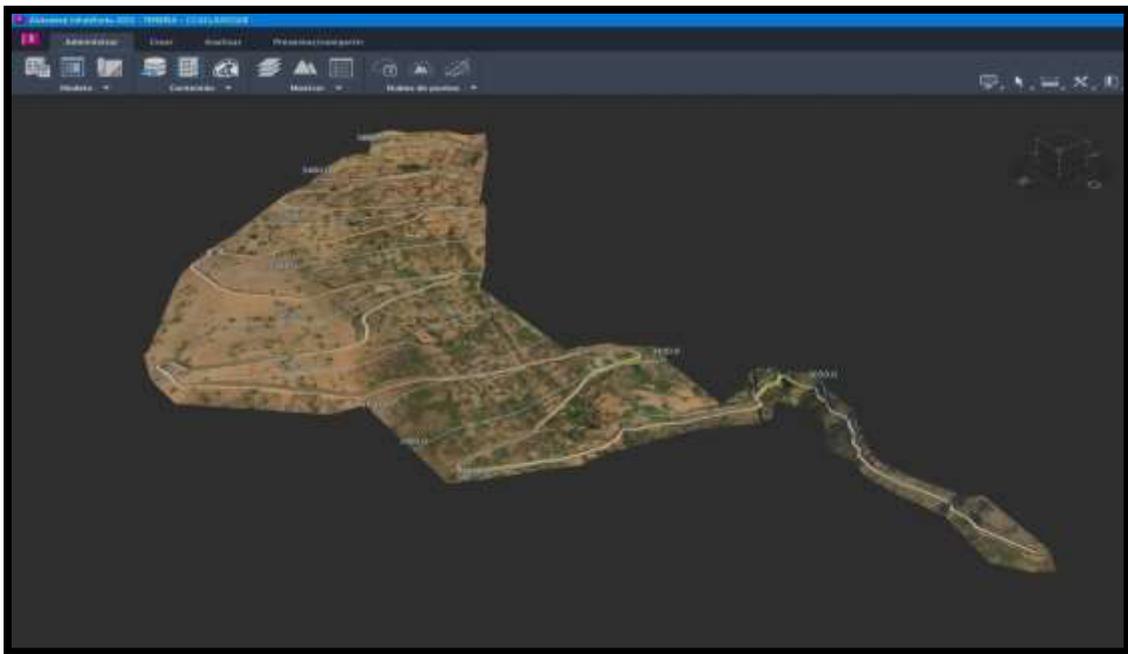
Nota. Elaboración propia

3.6.6. *Visualización del proyecto final en 3d (INFRAWORKS)*

Una vez realizado el modelamiento preliminar, haber definido el nuevo trazo para el proyecto y haber realizado el levantamiento topográfico se procede a importar la información procesada en CIVIL 3D, empezando por la superficie topográfica y el alineamiento proyectado al software INFRAWORKS 360, esto con la finalidad de tener una perspectiva más realista del proyecto ejecutado y poder así realizar una mejor gestión del proyecto, tanto como para realizar futuras modificaciones o mejoramientos a la infraestructura vial, así como también poder controlar el avance físico del proyecto en tiempo real.

Figura 48

Visualización del diseño de la Trocha carrozable progresiva 0+000 al 6+2000



Fuente: Elaboración propia

Figura 49

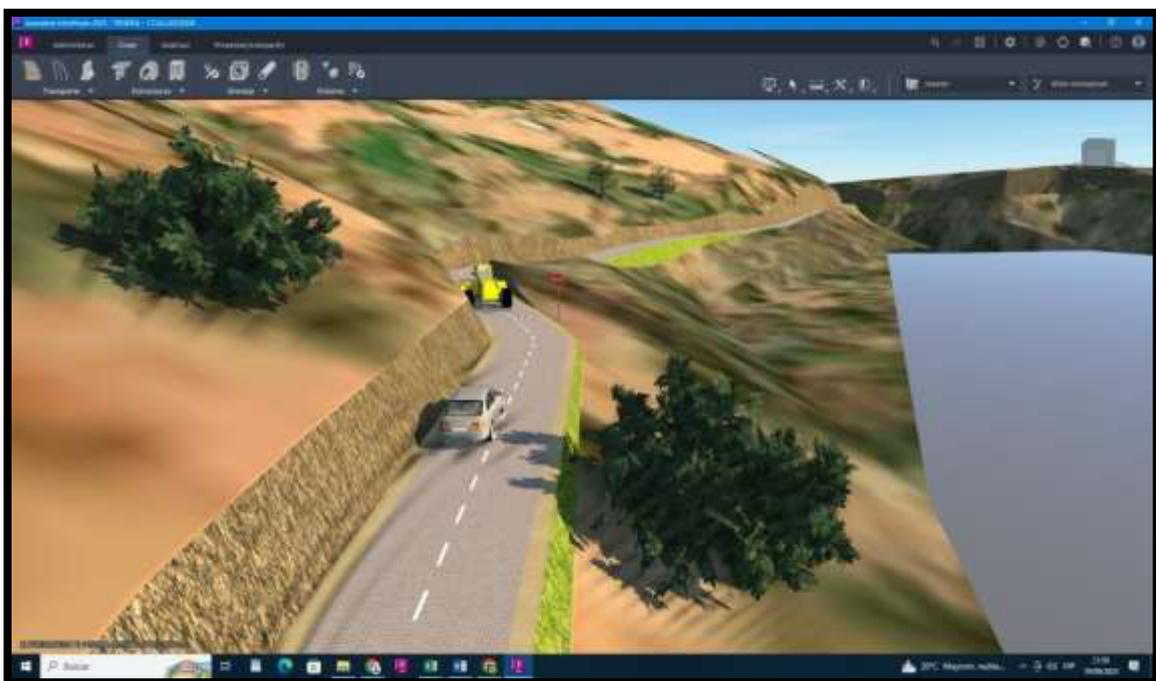
Diseño final de la Trocha carrozable en 3D



Fuente: Elaboración propia

Figura 50

Visualización del diseño final en 3D



Fuente: Elaboración propia

Por consiguiente, se realizará el presupuesto considerando los programas BIM empleados para automatizar los procesos, así como también la planificación final del proyecto.

Así mismo, se realizará la evaluación de la incidencia de la metodología BIM en las etapas de ejecución y planificación al compararlo con lo que se realiza tradicionalmente.

Finalmente, los resultados que se obtendrán del diseño mediante AUTOCAD CIVIL 3D y AUTODESK INFRAWORKS 360, se compararon con los conseguidos por el proyecto original, en busca de un contraste y comparación de las metodologías, como diseño, tiempos, costos, volúmenes de movimientos de tierra entre otros, cabe resaltar que se tiene licencia de los softwares antes mencionados.

3.7. Análisis de datos

Se realizó un consenso con los responsables de la ejecución del proyecto (Residente de obra y Supervisor de Obra), los cuales visualizaron el modelamiento conceptual usando las herramientas BIM y compararon los resultados obtenidos con los del proyecto inicial.

Se realiza el análisis con los siguientes pasos (consenso, visualización, interpretación y conclusión), en base a la información obtenida con la metodología convencional, y se hará un cuadro comparativo de valores obtenidos en base las herramientas BIM, donde se detalla la discordancia de metrados, no considerados con la metodología convencional, siendo mayormente peraltes de curvas, pendientes de subrasante y movimiento de tierras, así como también se comparara cómo afecta esto al plazo de ejecución.

3.7.1. Gestión durante la fase de evaluación de compatibilidad del expediente técnico.

- **Comparación de metrados entre metodología tradicional y metodología BIM**

Se realizó la comparación entre los metrados de movimiento de tierras del expediente técnico y los metrados obtenidos con la metodología BIM.

Tabla 14

Metrado de movimiento de tierras (EXP. TECNICO)



GOBIERNO REGIONAL DE APURIMAC
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES APURIMAC
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"



RESUMEN DE METRADO, MOVIMIENTO DE TIERRAS - ALTERNATIVA 1				
ACTIVIDAD 03.00.00 MOVIMIENTO DE TIERRAS				
FECHA lunes, 25 de Marzo de 2024				
ITEM	PARTIDA	UNIDAD	METRADO	TOTAL
03.01.00	CORTE EN MATERIAL SUELTO R=570m ³ /día	m ³	224,438.37	224,438.37
03.02.00	CORTE EN ROCA SUELTA (PERFORACION Y DISPARO) R=250 m ³ /día	m ³	16,298.34	16,298.34
03.03.00	CORTE EN ROCA FUA(PERFORACION Y DISPARO) R=260 m ³ /día	m ³	2,003.32	2,003.32
03.04.00	EXCAVACION, DESQUINCHE Y PENADO DE TALUDES REND=350 M ³ /DIA	m ³	6,005.33	6,005.33
03.05.00	RELLENO CON MATERIAL PROPIO C/EQUIPO	m ³	74,451.84	74,451.84
03.06.00	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE(CARGUIO) REND.= 700 M ³ /DIA	m ³	168,288.19	168,288.19

Nota. Tomado del expediente técnico.

Tabla 15

Metrado de movimiento de tierras (Metodología BIM)



GOBIERNO REGIONAL DE APURIMAC
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES APURIMAC
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"



RESUMEN DE METRADO, MOVIMIENTO DE TIERRAS - ALTERNATIVA 1				
ACTIVIDAD 03.00.00 MOVIMIENTO DE TIERRAS				
FECHA martes, 26 de Marzo de 2024				
ITEM	PARTIDA	UNIDAD	METRADO	TOTAL
03.01.00	CORTE EN MATERIAL SUELTO R=570m ³ /día	m ³	190,476.24	190,476.24
03.02.00	CORTE EN ROCA SUELTA (PERFORACION Y DISPARO) R=250 m ³ /día	m ³	7,958.06	7,958.06
03.03.00	CORTE EN ROCA FUA(PERFORACION Y DISPARO) R=260 m ³ /día	m ³	2,212.89	2,212.89
03.04.00	EXCAVACION, DESQUINCHE Y PENADO DE TALUDES REND=350 M ³ /DIA	m ³	6,401.33	6,401.33
03.05.00	RELLENO CON MATERIAL PROPIO C/EQUIPO	m ³	60,989.78	60,989.78
03.06.00	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE(CARGUIO) REND.= 700 M ³ /DIA	m ³	139,657.41	139,657.41

Nota. Elaboración propia

Tabla 16

Variación de metrados entre metodología tradicional y BIM

METRADOS DE MOVIMIENTOS DE TIERRA EN (M3)			
TIPO DE MATERIAL	METODOLOGÍA TRADICIONAL	METODOLOGÍA BIM	VARIACIÓN
MATERIAL SUELTO	224438,37	190476,24	33962,13
ROCA SUELTA	16298,34	7958,06	8340,28
ROCA FIJA	2003,32	2212,89	-209,57
RELLENO (TERRAPLÉN)	74451,84	60989,78	13462,06
DESMONTE	168288,19	139657,41	28630,78

Nota. Elaboración propia

Se observa que los metrados de movimiento de tierras se redujeron considerablemente con respecto a los metrados presentados en el expediente técnico.

- **Comparación del presupuesto entre la metodología tradicional y metodología BIM**

Debido a que los metrados se redujeron con la aplicación de la metodología BIM, se puede deducir que el presupuesto general del proyecto debería ser menor, como se puede apreciar en los siguientes cuadros.

Tabla 17

Presupuesto (EXP. TECNICO)

FORMATO FF-05			
PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL CAMINO VECINAL TENERIA-CHACAHUAYCCO, DISTRITO DE HUAYLLATI, PROVINCIA DE GRAU, DEPARTAMENTO DE APURIMAC"			
RESUMEN DE ANÁLISIS DE COSTOS			
DESCRIPCION	%	MONTO PRESUPUESTADO	TOTAL
COSTO DIRECTO		6,136,768.88	6,136,768.88
GASTOS GENERALES	14.35%	880,397.26	880,397.26
GASTOS DE SUPERVISION	4.23%	258,467.02	258,467.02
SUB TOTAL 1		7,276,633.16	7,276,633.16
LIQUIDACION DE OBRA	1.24%	76,157.42	76,157.42
ELABORACION DE EXPEDIENTE TÉCNICO	2.77%	170,063.00	170,063.00
GESTION DE PROYECTO	2.44%	148,699.75	148,699.75
SUB TOTAL 2		395,920.17	395,920.17
COSTO TOTAL DEL PROYECTO			7,672,553.33
SON: Siete Millones Seiscientos Setenta y Dos mil Quinientos Cincuenta y Tres con 33/100 nuevos soles			

Nota. Elaboración propia

Tabla 18*Presupuesto (Metodología BIM)*

FORMATO FF-05			
PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL CAMINO VECINAL TENERIA-CHACAHUAYCCO, DISTRITO DE HUAYLLATI, PROVINCIA DE GRAU, DEPARTAMENTO DE APURIMAC"			
RESUMEN DE ANÁLISIS DE COSTOS			
DESCRIPCION	%	MONTO PRESUPUESTADO	TOTAL
COSTO DIRECTO		5,509,840.97	5,509,840.97
GASTOS GENERALES	15.98%	880,397.26	880,397.26
GASTOS DE SUPERVISION	4.71%	259,467.02	259,467.02
SUB TOTAL 1		6,649,705.25	6,649,705.25
LIQUIDACIÓN DE OBRA	1.38%	76,157.42	76,157.42
ELABORACION DE EXPEDIENTE TÉCNICO	3.09%	170,063.00	170,063.00
GESTION DE PROYECTO	2.72%	149,699.75	149,699.75
SUB TOTAL 2		395,920.17	395,920.17
COSTO TOTAL DEL PROYECTO			7,045,625.42
SON: Siete Millones cuarenta y cinco mil seiscientos veinticinco con 42/100 nuevos soles			

Nota. Elaboración propia

Se observa que se tuvo una reducción de S/ 626,927.91 que representa un 8.17%.

Tabla 19*Variación del presupuesto entre metodología tradicional y BIM*

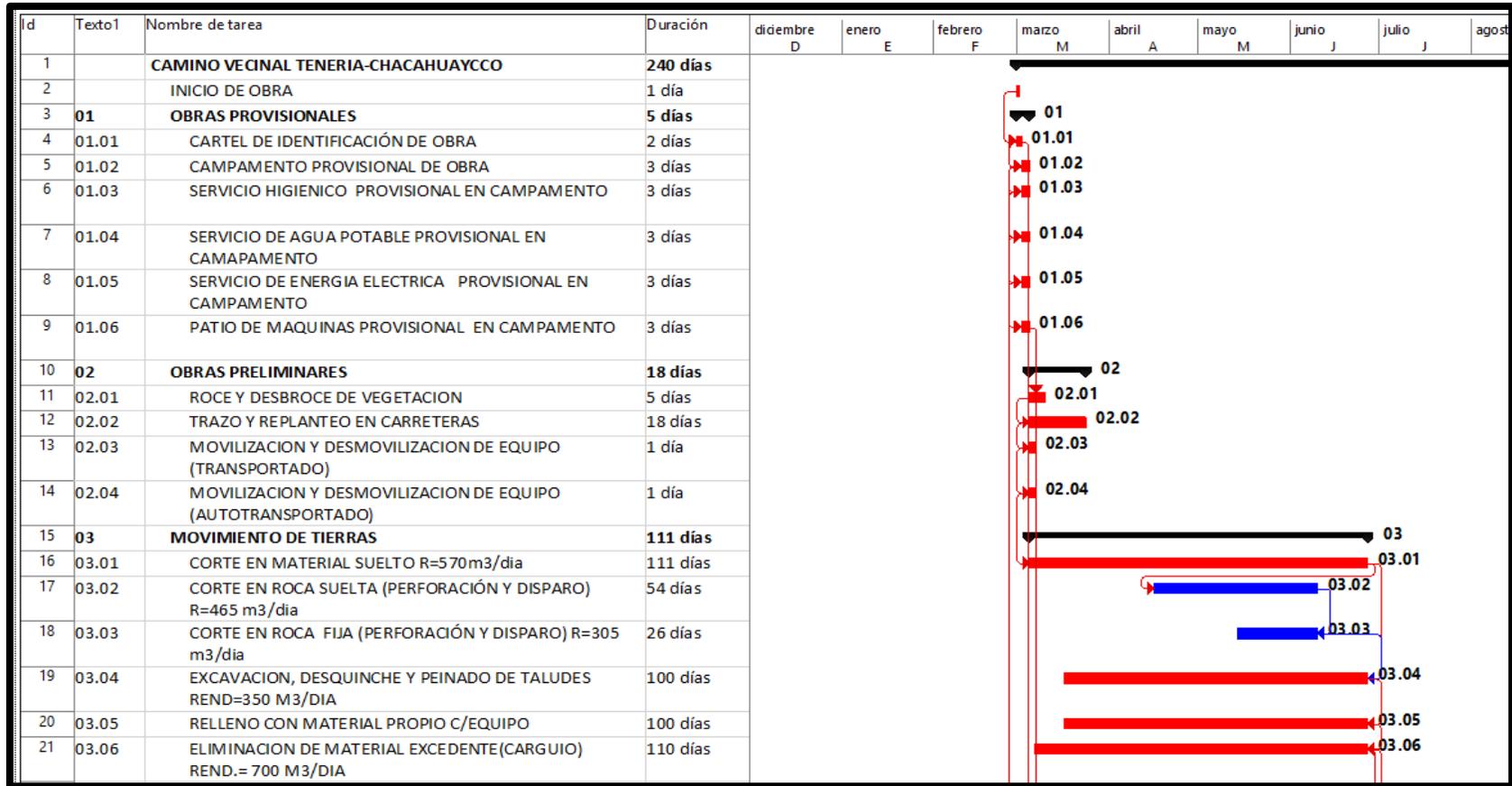
PRESUPUESTO DEL PROYECTO (S/)		
METODOLOGÍA TRADICIONAL	METODOLOGÍA BIM	VARIACIÓN
S/ 7.672.553,33	S/ 7.045.625,42	S/ 626.927,91

Nota. Elaboración propia

- **Comparación del plazo de ejecución del proyecto entre la metodología tradicional y metodología BIM**

Figura 51

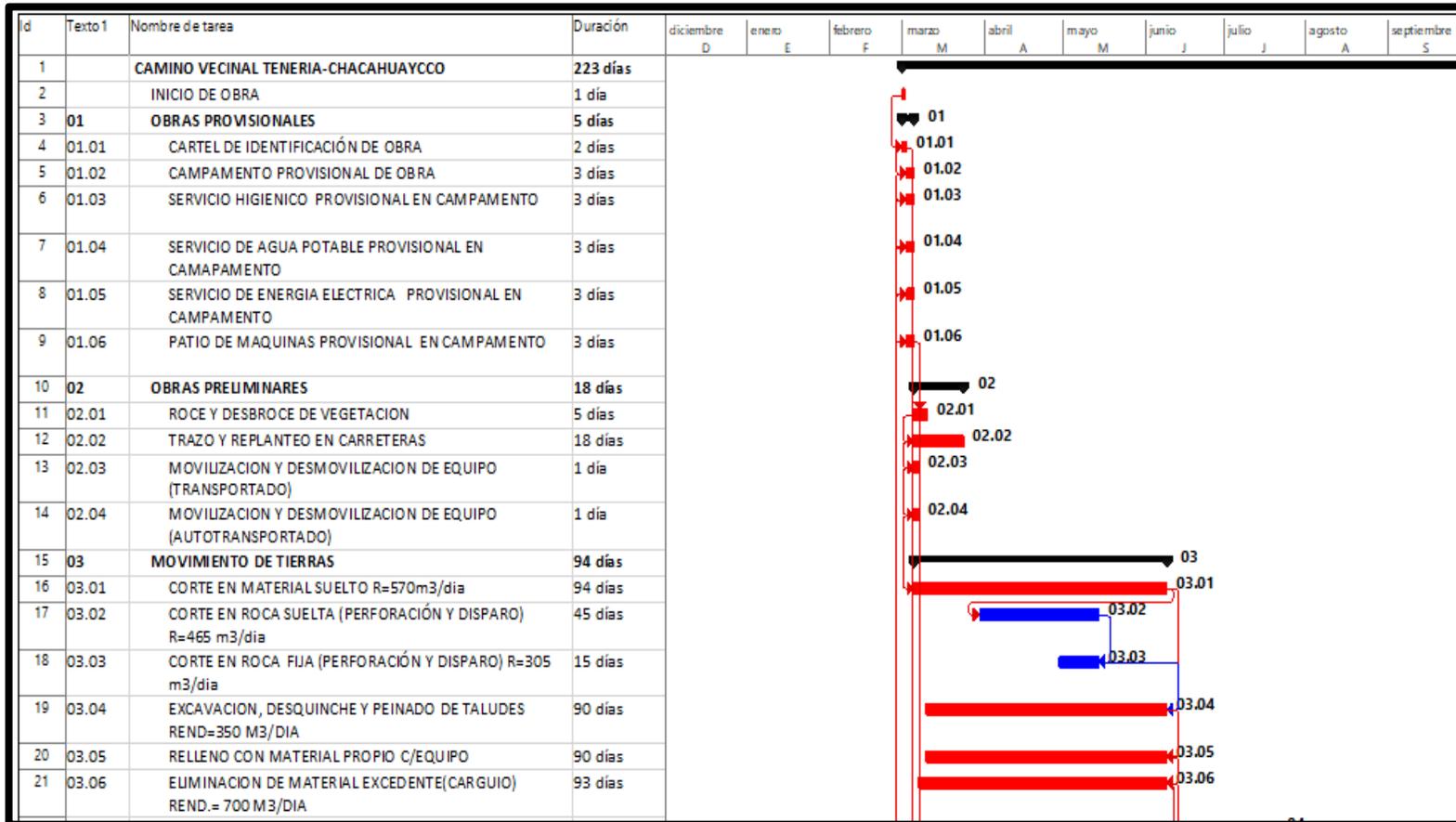
Diagrama de Gantt plazo de ejecución (EXP. TECNICO)



Nota. Elaboración propia

Figura 52

Diagrama de Gantt plazo de ejecución (Metodología BIM)



Nota. Elaboración propia

Como análisis de resultados, se obtendrá el diseño geométrico de la trocha carrozable, plasmado en planos en 2D y 3D, así como sus correspondientes cálculos del diseño geométrico, plasmado en tablas para cada componente de la carretera bajo los parámetros normativos del manual de diseño de carreteras para Perú.

Los resultados se compararon con los obtenidos en el proyecto original.

Tabla 20

Variación del plazo de ejecución entre metodología tradicional y BIM

PLAZO DE EJECUCIÓN (DÍAS)		
METODOLOGÍA TRADICIONAL	METODOLOGÍA BIM	VARIACIÓN
240	223	17

Nota. Elaboración propia

3.7.2. Gestión durante la fase de ejecución del proyecto

Realizando la comparación de las metodologías tradicionales y la metodología BIM para la gestión de la ejecución del proyecto se pudo obtener los siguientes resultados donde se puede observar la optimización de los recursos económicos y de tiempo.

- **Metodología Tradicional**

Siguiendo la metodología tradicional, para la obtención de un planteamiento es necesario lo siguiente:

Tabla 21

Costo de personal método tradicional

PERSONAL	CANTIDAD	P.U.	TIEMPO (DÍAS)	SUBTOTAL
TOPOGRAFO	1	140	2	280.00
PEÓN	2	90	2	360.00
TOTAL (S/)				640.00

Nota. Elaboración propia

Tabla 22*Costo de maquinaria paralizada*

MAQUINARIA	CANTIDAD	P.U. (S/)	TIEMPO (DÍAS)	SUBTOTAL
EXCAVADORA HIDRÁULICA	1	908	2	1816.00
TRACTOR SOBRE ORUGA	1	800	2	1600.00
VOLQUETE 15 M3	2	1200	2	1200.00
TOTAL (S/)				5216.00

Nota. Elaboración propia

El planteamiento de un nuevo trazo genera un gasto de personal y la paralización de maquinarias, causando un costo aproximado de S/ 5256.00 y un retraso de 02 días calendarios en la ejecución del proyecto.

Además, solo se pudo conseguir una alternativa para el trazo nuevo el cual podría ser o no la mejor opción.

- **Metodología BIM**

Siguiendo la metodología BIM, para la obtención de un planteamiento es necesario lo siguiente:

Tabla 23*Costo de personal metodología BIM*

PERSONAL	CANTIDAD	P.U.	TIEMPO (DÍAS)	SUBTOTAL
ESPECIALISTA BIM	1	140	1	140.00
TOTAL (S/)				140.00

Nota. Elaboración propia

El planteamiento de un nuevo trazo usando la metodología solo genera un gasto de personal, según se observa el anterior, ya que usando las herramientas BIM se puede obtener más de una alternativa para el planteamiento de un nuevo trazo, el cual puede tardar entre 1 a 2 horas elaborar dichos planteamientos.

Así mismo los planteamientos propuestos pueden ser compartidos con los responsables de la ejecución del proyecto (Residente y Supervisor de obra), los cuales podrán observar de

manera más didáctica y más realista los planteamientos propuestos, y así aportar sus puntos de vista para la toma de la mejor decisión, de esta manera se evitarían gastos innecesarios y retrasos en la ejecución del proyecto.

3.8. Consideraciones éticas

El investigador ingeniero civil se responsabiliza de la autenticidad de los resultados mostrados en la presente investigación. Asimismo, a cumplir estrictamente lo mencionado en la normatividad peruana. De igual forma, cumplir con los códigos de ética de la Universidad Federico Villareal y Colegio de Ingenieros del Perú.

IV. RESULTADOS

4.1. Resultado del objetivo general

Rg.- El proyecto presenta dos fases en la que se debe comprobar que el uso de la metodología BIM, mejora la gestión de los proyectos de infraestructura vial, iniciando con la fase de revisión documentaria del expediente técnico y realizando la compatibilidad del mismo, se pudo comprobar que el uso de las herramientas BIM, mejora significativamente el diseño, los metrados, el plazo de ejecución y por consecuencia el presupuesto del proyecto.

La segunda fase donde se aplicó las herramientas BIM, fueron durante la ejecución física, debido a la problemática del planteamiento de nuevas alternativas de trazo, esto a raíz de la necesidad de una modificación al expediente técnico, donde se pudo demostrar que el uso de las herramientas BIM, optimizan en gran medida los tiempos de respuesta y las tomas de decisiones, dando mejores y más variadas alternativas de solución, como consecuencia de esto se evitan retraso y gastos innecesarios que perjudicarán al presupuesto del proyecto, por lo tanto se logra comprobar que el uso de las herramientas BIM, mejoran la gestión del proyecto.

4.2. Resultado de los objetivos específicos.

Re1.- Para el primer objetivo específico se verificó que el uso de herramientas BIM, incide de manera positiva en el tiempo de ejecución del proyecto, ya que nos permite manejar una interfaz mucha más dinámica, que facilita las respuesta más oportunas e inmediatas ante la presencia de problemáticas durante la ejecución de la infraestructura vial durante el planteamiento y ejecución de la propuesta de un nuevo trazo en la vía, donde las herramientas BIM nos ayudó a plantear y ejecutar de manera más rápida y eficiente la modificación, lo que genero evitar retrasos innecesarios en la programación de obra reduciendo así el tiempo de ejecución del proyecto.

Re2.- Para el segundo objetivo específico se comprobó que el uso de herramientas incide de manera positiva en el costo de ejecución del proyecto, tal como se muestra en las

tablas N° 21, 22 y 23, al momento de realizar la compatibilización del expediente técnico, el presupuesto general del proyecto se redujo en un 8.17%. También se comprobó que durante la ejecución del proyecto se logró evitar gastos innecesarios tal como se muestra en las tablas N° y N°, donde se aprecia que gracias a las herramientas BIM, se evitaron gastos de más de S/ 2928.00 diarios, los cuales iban a ser a causa de la paralización de maquinarias y trabajos de personal técnico y obrero, generando un gasto total en 02 días de S/ 5856.00, los cuales podrían haberse incrementado de no encontrarse una solución a la brevedad posible.

Re3.- Para el tercer objetivo específico se analizó los resultados al modelar la infraestructura vial de manera conceptual, con visualización 3D en el software Infracore y la topografía y diseño geométrico en el software Autocad civil 3D con datos obtenidos en campo, Dado que las capacidades del enfoque BIM son visibles en la etapa del gabinete, puede resultar muy útil para reducir los errores de diseño basados en la alineación digital de diferentes proyectos con el enfoque BIM, reduciendo así la incompatibilidad entre diferentes planes y componentes del proyecto, para minimizar fallas que causan retrasos, extensiones de tiempo o trabajo extra; Existen muchos desafíos en la visualización de proyectos de infraestructura vial, por lo que todos los datos se pueden utilizar fácilmente para crear modelos digitales realistas de rutas motorizadas, lo que lleva a un mejor diseño y visualización.

Con base en los resultados obtenidos, logramos el objetivo específico de darnos cuenta que el enfoque BIM nos ayudará a minimizar incompatibilidades en el diseño de la vía Tenería – Chacahuaycco, los resultados obtenidos al modelar la infraestructura vial de manera conceptual en el software Infracore fueron los esperados, ya que la información de diseño geométrico tanto vertical como horizontal tuvieron una precisión muy aproximada a la realidad, sin embargo los datos de obtenidos a nivel de metros de movimiento de tierra difieren considerablemente de la realidad, por lo que no es tan recomendable tomar esta información para la toma de decisiones, sin embargo al realizar el modelamiento de la infraestructura vial

tomando en cuenta la topografía al realizar el levantamiento topográfico con Estación Total, se pudo obtener resultados a nivel de metrados y diseño geométrico muy aproximados a la realidad, esto al ser comparados con el diseño geométrico elaborado en el software Autocad Civil 3D, Teniendo similitudes de más de un 90 % en los resultados obtenidos, por lo tanto se puede deducir que las herramientas BIM pueden ser empleadas en diferentes fase del proyecto, recomendando las herramientas del Software Infraworks 360, para una mejor gestión tanto en el diseño como durante la ejecución del proyecto, ya que nos proporciona una mejor visualización en 360° y un aspecto más realista de los componentes del proyecto, complementando esta información es necesario también el uso de las herramientas BIM, del software Autocad Civil 3D, ya que sus herramientas también nos permiten tener una visualización en 2D y en 3D, pero con un nivel de detalle inferior al de Infraworks 360, la ventaja que nos ofrece Autocad Civil 3D es poder documentar los resultados obtenidos, lo cual en la actualidad aún es necesario presentar los proyectos en planos impresos.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Respecto al diseño de infraestructura vial de la Trocha Carrozable en mejoramiento del servicio de transitabilidad vehicular del camino vecinal de Tenería -Chacahuaycco del distrito de Huayllati - provincia de Grau -departamento de Apurímac, comento los siguientes:

El objetivo general de nuestro estudio es determinar cómo la implementación de un enfoque BIM puede mejorar el proyecto de infraestructura vial de la vía Tenería – Chacahuaycco en el distrito de Huayllati del departamento de Apurímac. Esto se define mediante folletos, libros, artículos, estudios, etc. Confirmaron que la implementación de métodos BIM tuvo un impacto positivo en el diseño de carreteras. Así, los datos obtenidos confirman nuestra hipótesis general, que muestra que la implementación de métodos BIM mejora el proyecto vial Tenería - Chacahuaycco en el distrito de Huayllati, provincia de Grau. Dado que se ha demostrado que la implementación de métodos BIM durante toda la fase de diseño de carreteras puede reducir el tiempo, optimizar el proceso y mejorar los resultados del diseño de carreteras, su tasa de aceptación es alta a nivel internacional y ahora nacional. Reconocer el impacto sobresaliente de los métodos BIM en el diseño de carreteras. Con base en los resultados obtenidos, fue posible alcanzar nuestro objetivo general mencionado anteriormente y así predecir las condiciones finales de nuestro proyecto desde la simulación e identificación de conflictos potenciales. Asimismo, los cambios o ajustes que se puedan hacer a un modelo BIM ya no supondrán trabajo, ya que tiene un vínculo dinámico paramétrico entre el modelo que se está creando y el dibujo, permitiendo realizar cambios y así actualizarlos simultáneamente. En este sentido, con base en lo anterior y analizando estos resultados, confirmamos que el método es adecuado. BIM incidió en el proyecto de infraestructura vial de la vía Tenería – Chacahuaycco en el distrito de Huayllati del departamento de Apurímac.

5.1. Validación de las hipótesis

Una vez que se completa la presentación, el análisis y la discusión de nuestros hallazgos, confirmamos la exactitud de nuestras hipótesis generales y específicas, que incluyen:

a) Hipótesis general: la introducción de métodos BIM mejora la gestión del proyecto de infraestructura vial a nivel de apertura de trocha carrozable de la vía Tenería - Chacahuaycco.

✓ $H_0 = \text{No}$, la implementación de métodos BIM no mejoró la gestión del proyecto en la vía Tenería – Chacahuaycco.

✓ $H_1 = \text{Sí}$, la introducción de métodos BIM mejora la gestión del proyecto en la ruta Tenería – Chacahuaycco.

b) Hipótesis específica 1: La implementación de métodos BIM reduce el tiempo de ejecución del proyecto de la vía Tenería - Chacahuaycco.

✓ $H_0 = \text{No}$, la implementación del enfoque BIM no redujo el tiempo de ejecución del proyecto de la vía Tenería – Chacahuaycco.

✓ $H_1 = \text{Sí}$, la implementación de métodos BIM reduce incompatibilidades el tiempo de ejecución del proyecto de la vía Tenería - Chacahuaycco.

c) Hipótesis específica 2: La implementación de métodos BIM reduce el costo de ejecución del proyecto.

✓ $H_0 = \text{No}$, la implementación del enfoque BIM no redujo el costo de ejecución del proyecto de la vía Tenería – Chacahuaycco.

✓ $H_1 = \text{Sí}$, la implementación de métodos BIM reduce incompatibilidades el costo de ejecución del proyecto de la vía Tenería - Chacahuaycco.

Una vez que se complete la presentación, el análisis y la discusión de los resultados, probaremos la exactitud de nuestros supuestos generales y específicos afirmando:

Dónde:

H_0 = hipótesis nula

H_1 = hipótesis alternativa

Por tanto, confirmamos la exactitud de la hipótesis general y rechazamos la hipótesis nula (H_0).

VI. CONCLUSIONES

- Se concluye que, durante el proceso de diseño de todo el trazado de la carretera, el trabajo se ve facilitado por la cooperación, la sinergia y el trabajo integrado entre todos los componentes de la ejecución del proyecto, lo que demuestra que el enfoque BIM nos brinda grandes ventajas, ya que el uso de las herramientas BIM puede ayudarnos a reducir incompatibilidades. Una de las ventajas es la presentación 3D que muestra el diseño geométrico del diseño vial, el cual es eficiente y fácil de usar en la fase de diseño, permitiendo así una mejor visualización de los trabajos a ejecutar y la toma de mejores decisiones que eviten incurrir en gastos y pérdidas de tiempo innecesarios, teniendo así una mejor gestión del proyecto.
- Se concluye que el uso del software del método BIM puede ayudarnos a optimizar los plazos de ejecución, ya que no brindara información con una considerable reducción de incompatibilidades en el diseño, también no permitirá reducir los retrasos debido a la demora en la toma de decisiones, ya que nos proporciona un mayor abanico de opciones de solución a diversos problemas, ya sea relacionados con el diseño geométrico o demás componentes de la infraestructura vial.
- Se puede concluir que el uso de la herramientas BIM puede ayudarnos a optimizar los costos del proyecto, ya que al brindarnos una mejor información a nivel de diseño y metrados podremos obtener el costo del proyecto optimizado, también nos permitirá reducir los gastos de personal técnico y obrero o gastos que se puedan presentar debido a retrasos o paralizaciones de obra innecesarias, como consecuencia de las demoras en la toma de decisiones de modificaciones que se puedan presentar durante la ejecución del proyecto.
- Se concluye que al analizar los resultados al modelar la infraestructura vial de manera conceptual, con visualización 3D en el software Infracore y la topografía y diseño

geométrico en el software Autocad civil 3D con datos obtenidos en campo, podemos darnos cuenta que el enfoque BIM nos ayudará a minimizar incompatibilidades en el diseño de la vía Tenería – Chacahuaycco, los resultados obtenidos al modelar la infraestructura vial de manera conceptual en el software Infracore fueron los esperados, ya que la información de diseño geométrico tanto vertical como horizontal tuvieron una precisión muy aproximada a la realidad, sin embargo los datos de obtenidos a nivel de metros de movimiento de tierra difieren considerablemente de la realidad, por lo que no es tan recomendable tomar esta información para la toma de decisiones, sin embargo al realizar el modelamiento de la infraestructura vial tomando en cuenta la topografía al realizar el levantamiento topográfico con Estación Total, se pudo obtener resultados a nivel de metros y diseño geométrico muy aproximados a la realidad, esto al ser comparados con el diseño geométrico elaborado en el software Autocad Civil 3D, Teniendo similitudes de más de un 90 % en los resultados obtenidos.

VII. RECOMENDACIONES

- La industria de Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC) en el Perú aún se encuentra poco desarrollada en términos de métodos BIM, y dado que BIM es una nueva tecnología que necesita un proceso de crecimiento, se recomienda que aborde sus propios desafíos. tanto públicas como privadas Impulsar la implementación de BIM en todas las áreas de ingeniería de la organización.
- Los métodos BIM en el diseño de infraestructura vial nos ayudarán a establecer mejores estándares durante toda la fase de diseño e implementación del proyecto, pero también depende de un buen equipo de trabajo con comunicación constante para la mejora continua. Desarrollo y gestión de procesos de modelado para mejorar los métodos BIM durante toda la fase de diseño.
- Le recomiendo conocer más sobre las regulaciones actualmente emitidas por el gobierno sobre métodos BIM y la implementación de códigos y estándares BIM en el Perú para guiar los proyectos viales, así como todos los proyectos de la industria de la construcción. Por las ventajas y beneficios que nos aporta durante la fase de diseño o ejecución del proyecto.
- Se recomienda utilizar el enfoque BIM en las universidades a nivel nacional, porque como podemos ver tiene gran utilidad e influencia en futuros trabajos de ingeniería.
- Se recomienda a todos los ingenieros que se adapten a BIM ya que se mencionó que en unos años este nuevo enfoque será obligatorio en todas las fases de los proyectos según la normativa.

VIII. REFERENCIAS

- Akob, Z., Abang Hipni, M. Z., y Rosly, M. R. (2019). *Leveraging on building information modelling (BIM) for infrastructure project: Pan Borneo Highway Sarawak Phase 1*. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 512(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/512/1/012060>.
- Artus, M., Alabassy, M. S. H., y Koch, C. (2022). *A BIM Based Framework for Damage Segmentation, Modeling, and Visualization Using IFC*. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/app12062772>.
- Biancardo, S. A., Capano, A., de Oliveira, S. G., y Tibaut, A. (2020). *Integration of BIM and procedural modeling tools for road design*. *Infrastructures*, 5(4), 1-14. <https://doi.org/10.3390/infrastructures5040037>.
- Biancardo, S. A., Viscione, N., Cerbone, A., y Dessì, E. (2020). *BIM-Based Design for Road Infrastructure: A Critical Focus on Modeling Guardrails and Retaining Walls*. *Infrastructures*, 5(7). <https://doi.org/10.3390/infrastructures5070059>.
- Botte, M., Zampi, A., Oreto, C., y D'Acierno, L. (2021). *The Use of Road Microsimulation Software within BIM Environments: A Preliminary Assessment*. *Journal of Advanced Transportation*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/8871288>.
- Brenes, N. (2020). *Implementación de la Metodología BIM en el diseño de proyectos de infraestructura vial de la Organización INTRA Consultores* [Tesis de grado, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/12397>.
- Cari, J. A. (2021). *Análisis Y Propuesta De Implementación De La Metodología Virtual Design And Construction (Vdc) Para La Optimización De La Productividad En La Fase De Diseño En Obras Viales En La Región De Arequipa* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12773/12336/MDzutoma.pdf?s>

equence=1&isAllowed=y.

- Chavarria, E. O. (2018). *La Metodología Bim Para Optimizar El Diseño De La Carretera Luricocha-Pacchancca, Ayacucho 2018* [Tesis de grado, Universidad César Vallejo].
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/22807>.
- Cortés, M., e Iglesias, M. (2011). *Diseño y Desarrollo del Porceso de Investigación*.
http://www.unacar.mx/contenido/gaceta/ediciones/metodologia_investigacion.pdf.
- D'amico, F., Ciampoli, L. B., Di Benedetto, A., Bertolini, L., y Napolitano, A. (2022).
Integrating Non-Destructive Surveys into a Preliminary BIM-Oriented Digital Model for Possible Future Application in Road Pavements Management. Infrastructures, 7(1).
<https://doi.org/10.3390/INFRASTRUCTURES7010010>.
- Díaz, J. A. (2019). *Gestión de proyectos utilizando las herramientas BIM en la fase de diseño de proyectos de infraestructura vial* [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Martín].
[http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3024/ADMINISTRACION - Pamela Jhosymar Valles Vásquez %26 Martha Ruth Guerra Pinedo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3024/ADMINISTRACION_Pamela_Jhosymar_Valles_Vásquez_%26_Martha_Ruth_Guerra_Pinedo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Filho, M., Da Costa, B., Najjar, M., Figueiredo, K., Mendoca, M., y Haddad, A. (2022).
Sustainability Assessment of a Low-Income Building: A BIM-LCSA-FAHP-Based Analysis. Buildings, 12, 1-19.
- García, M., y Moreno, A. (2019). *Posibilidades de la metodología BIM en la ingeniería civil* [Trabajo final de Máster, Universidad Politécnica de Madrid]. Retrieved from
https://oa.upm.es/54370/2/TFM_LUIS_AUGUSTO_PEREZ_GONZALEZ.pdf.
- Guerrero, G., y Guerrero, M. C. (2014). *Metodología de la investigación*.
- Gulin, V. N., Neretin, A. A., y Paudyal, S. P. (2020). *BIM of transport infrastructure - Practical aspects of data collection for DTM creation. IOP Conference Series: Materials Science*

and Engineering, 832(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/832/1/012048>

- Hernández, A. (2020). *Construcción Digital de una conexión viaria de la Red de Carreteras de Andalucía con Modelos BIM* [Tesis de Maestría, Universidad de Sevilla]. <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/71928/fichero/TFM1928+HERNANDEZ+BRITO%2C+ADRIAN.pdf>.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación. En McGraw - Hill (Sexta)*.
- Hinostroza, P., y Granados, J. (2022). *Propuesta de lineamientos para la aplicación de la metodología BIM en las etapas de diseño y planificación de la carretera vecinal Totorá - San Miguel - Mollepata sector II en el distrito Jesús de Nazareno, departamento de Ayacucho*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicada]. Obtenido de Repositorio academico UPC: <http://hdl.handle.net/10757/660490>.
- Kaewunruen, S., Sresakoolchai, J., y Zhou, Z. (2020). *Sustainability-based lifecycle management for bridge infrastructure using 6D BIM. Sustainability (Switzerland)*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/su12062436>.
- Limas, D. F. (2019). *Metodología Bim aplicada a la fase de prefactibilidad de un proyecto vial de tercer orden en Colombia* [Tesis de maestría, Universidad Santo Tomás]. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/21185/2020davidlimas.pdf?sequence=7>
- Ministerio de Transportes y comunicaciones (2018). *Manual de carreteras: Diseño geométrico*. https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf
- Mautino, H., y Miraval, L. (2021). *Aplicación de la metodología BIM para optimizar el diseño y ejecución de las vías vehiculares del distrito de Pillco Marca-2020* [Tesis de grado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán].

- <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/6652>.
- Moya, Q., García, A., Camacho-Torregrosa, F. J., y Campoy, J. M. (2017). *Bim Para Infraestructuras De Carreteras: Verificación De La Normativa De Diseño Geométrico*. *Spanish Journal of Building Information Modeling*, ISSN-e 2386-5784, No. 15, 1, 2015, págs. 40-56, 15, 40-56. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5496892>.
- Neves, J., Sampaio, Z., y Vilela, M. (2019). *A case study of BIM implementation in rail track rehabilitation*. *Infrastructures*, 4(1). <https://doi.org/10.3390/infrastructures4010008>.
- Onososen, A., y Musonda, I. (2022). *Barriers to BIM-Based Life Cycle Sustainability Assessment for Buildings: An Interpretive Structural Modelling Approach*. *Buildings*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/buildings12030324>.
- Oreto, C., Biancardo, S. A., Veropalumbo, R., Viscione, N., Russo, F., Abbondati, F., y Dell'acqua, G. (2022). *Bim-Lca Integration Framework for Sustainable Road Pavement Maintenance Practices*. *International Journal of Transport Development and Integration*, 6(1), 1-11. <https://doi.org/10.2495/TDI-V6-N1-1-11>.
- Popper, K. R. (2016). *La lógica en la investigación científica*. En *Editorial Tecnos (Vol. 86, Número 2)*. <https://doi.org/10.1016/j.acmx.2016.01.006>.
- Pulido, M. (2015). *Ceremonial y protocolo: métodos y técnicas de investigación científica*. <https://www.gestiopolis.com/metodos-y-tecnicas-de-investigacion-cientifica/>.
- Shamraeva, V., y Savinov, E. (2021). *Infra-bim for business processes' management in road Construction and operation*. *Architecture and Engineering*, 6(3), 19-28. <https://doi.org/10.23968/2500-0055-2021-6-3-19-28>.
- Shatalov, P., Eremin, A., Sharapova, E., y Vorotyntseva, A. (2021). *Coordination between participants in the BIM-based renovation of street engineering networks*. *E3S Web of Conferences*, 244. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202124405001>.
- Slobodchikov, R., Lohne Bakke, K., Ragnar Svennevig, P., y O'Born, R. (2019). *Implementing*

climate impacts in road infrastructure in the design phase by combining BIM with LCA. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 323(1).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/323/1/012089>.

Valdepeñas, P., Pérez, M. D. E., Henche, C., Rodríguez-Escribano, R., Fernández, G., y López-Gutiérrez, J. S. (2020). *Application of the BIM method in the management of the maintenance in port infrastructures. Journal of Marine Science and Engineering, 8(12), 1-22.* <https://doi.org/10.3390/jmse8120981>.

Vilutienė, T., Šarkienė, E., Šarka, V., y Kiaulakis, A. (2020). *Bim application in infrastructure projects. Baltic Journal of Road and Bridge Engineering, 15(3 Special Issue), 74-92.*
<https://doi.org/10.7250/bjrbe.2020-15.485>.

Zhao, L., Liu, Z., y Mbachu, J. (2019). *Highway alignment optimization: An integrated BIM and GIS approach. ISPRS International Journal of Geo-Information, 8(4).*
<https://doi.org/10.3390/ijgi8040172>.

Znobishchev, S., y Shamraeva, V. (2019). *Practical use of bim modeling for road infrastructure facilities. Architecture and Engineering, 4(3), 49-54.* <https://doi.org/10.23968/2500-0055-2019-4-3-49-54>.

IX. ANEXOS

Anexo A. Matriz de operacionalización de variables

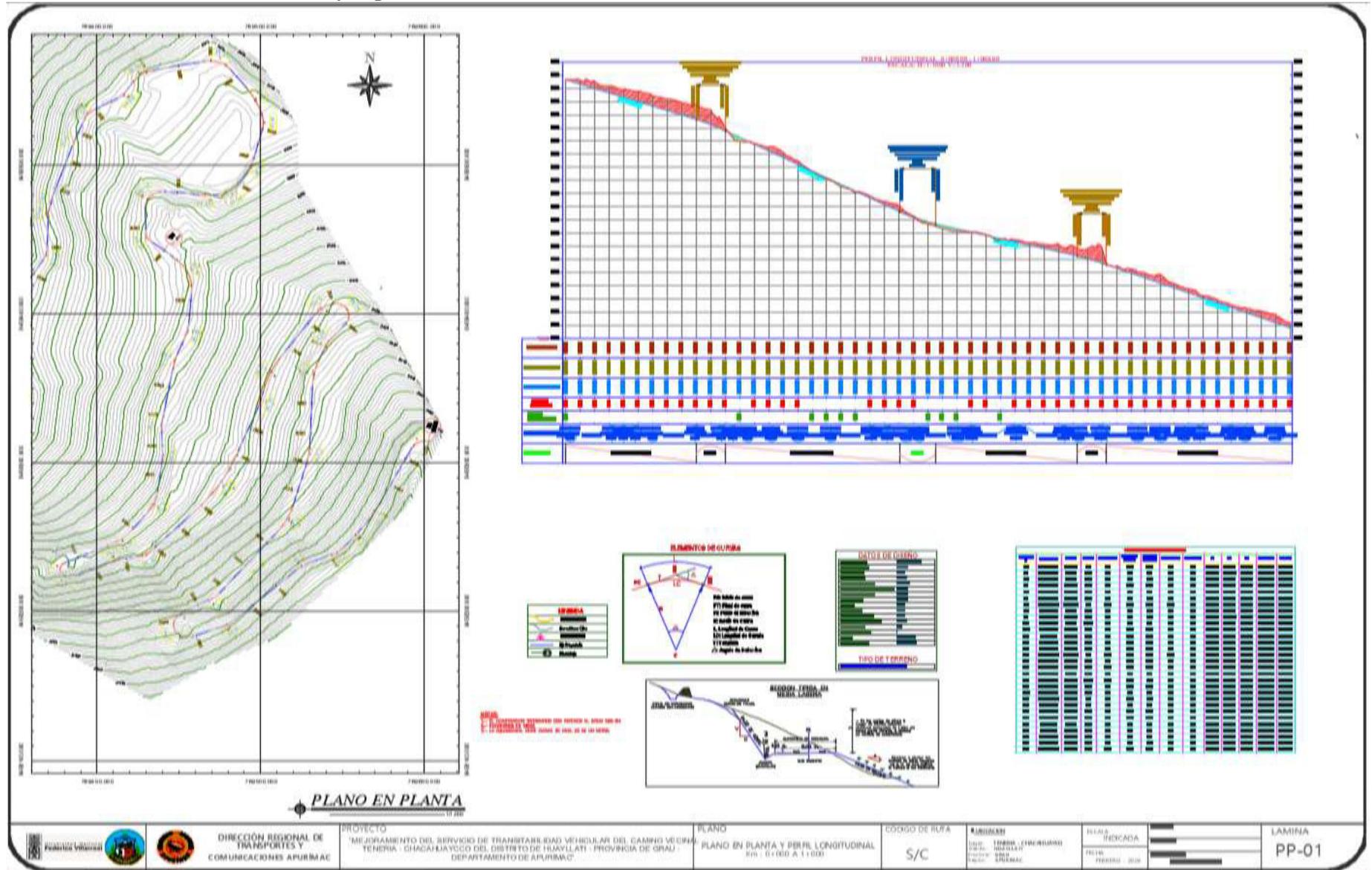
Variables	Nombre de la Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores
Variable independiente	HERRAMIENTAS BIM	Es un método para la optimización de costo, tiempo y alcance de los proyectos en las fases de diseño, planificación y ejecución de las obras de inversión (Shatalov et al., 2021).	En primer lugar, se definió las herramientas de aplicación BIM en la etapa previa del proyecto, como la recolección de información referente a la topografía; asimismo, se realizó su aplicación en la etapa de diseño a partir de la compatibilización de la información técnica recopilada de los estudios previos. Por último, se aplicó las herramientas BIM en la etapa de planificación y finalización del proyecto (Slobodchikov et al., 2019).	Modelamiento tridimensional	Visualización del proyecto
					Información geométrica
					Documentación técnica y grafica
				Gestión de procesos	Compatibilización de diseño
Compatibilización de planificación					
Variable Dependiente	TIEMPO Y COSTO	El tiempo es una magnitud física, empleada en la medición de duración, simultaneidad y separación de sucesos (García, 2017) El costo es un precio pagado o compensación entregada para recibir un bien, activo o servicio y es el elemento principal para identificar el resultado de sus operaciones en una empresa (Govea, 2017)	A partir de las herramientas BIM se realizó la gestión del proyecto a nivel de costo, tiempo y alcance. En lo referente a costos se redujeron los costos de procesos no automatizados y operativos. Asimismo, se optimizaron los tiempos y alcance del proyectos a partir de la reducción de incompatibilidades y tiempos de diseño y planificación (D'amico et al., 2022).	Costos	Optimización de gastos
					Costos operativos
				Tiempo	Simulación de procesos del proyecto
					Reducción de tiempos de diseño y planificación
				Alcance	Reducción de incompatibilidades
					Conformidad técnica

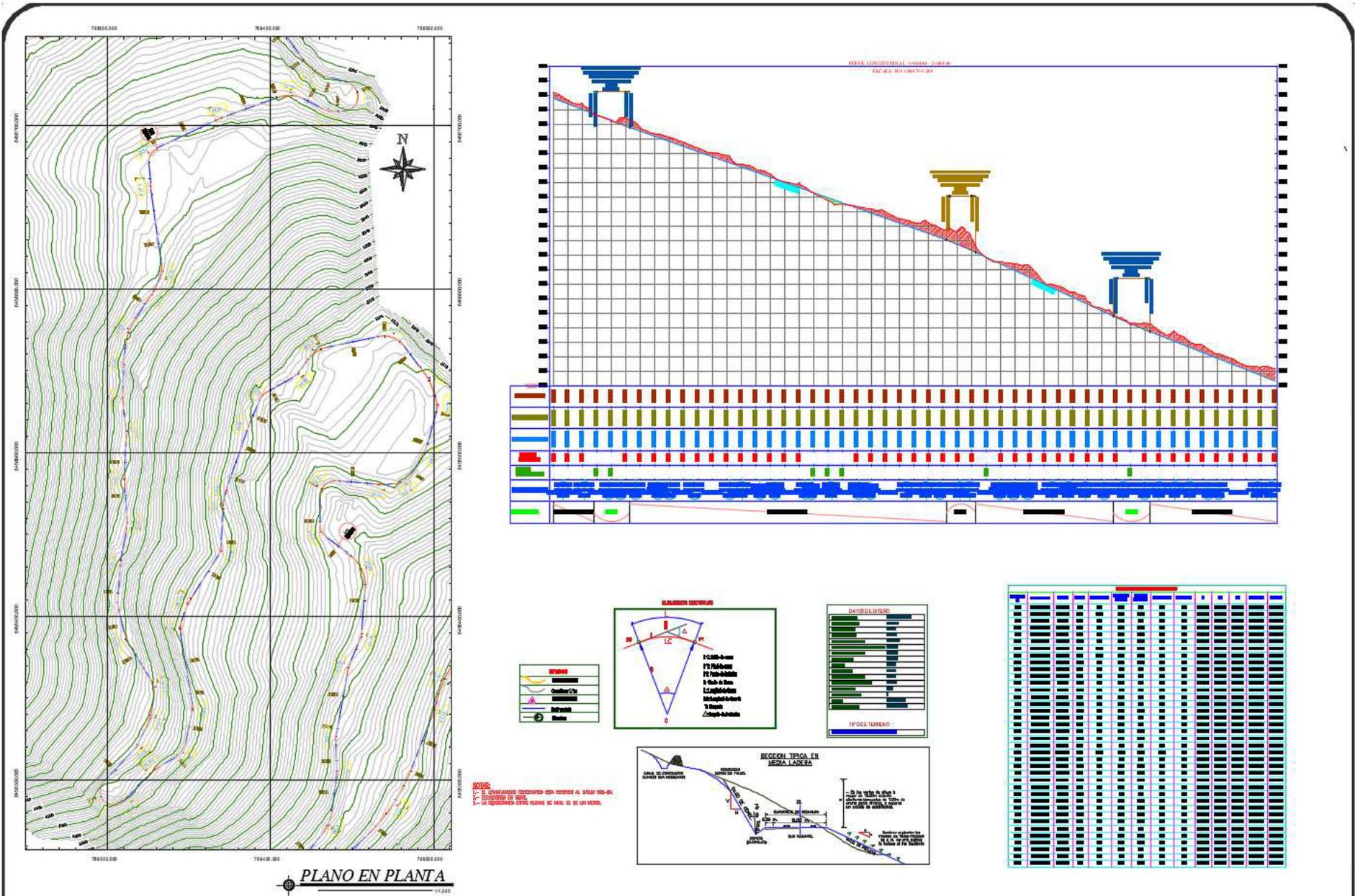
Anexo B. Matriz de consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
GENERAL: ¿De qué manera mejorará la implementación de herramientas BIM en la gestión de proyectos de infraestructura Vial a nivel de apertura de trocha carrozable?	GENERAL: Determinar de qué manera la implementación de herramientas BIM mejorará la gestión de proyectos de Infraestructura Vial a nivel de apertura de trocha carrozable.	GENERAL: La implementación de herramientas BIM mejora en gran medida la gestión de proyectos de infraestructura vial a nivel de apertura de trocha carrozable, en la reducción de costo y tiempo del proyecto.	VARIABLE INDEPENDIENTE: HERRAMIENTAS BIM	Modelamiento tridimensional	Visualización del proyecto	Diseño: No experimental Descriptivo
					Información geométrica	Tipo: Aplicada Enfoque: Cuantitativo
					Documentación técnica y gráfica	
ESPECÍFICO: ¿Cómo optimizará el tiempo de ejecución del proyecto la implementación de herramientas BIM en la apertura de trocha carrozable?	ESPECÍFICO: Evaluar la incidencia que tiene en el tiempo de ejecución del proyecto el uso de herramientas BIM	ESPECÍFICO: La implementación de herramientas BIM en la apertura de trocha carrozable optimizará el tiempo de ejecución del proyecto.		Gestión de procesos	Compatibilización de diseño	Población: La población de investigación fueron los tramos de carretera de la provincia de Grau, departamento de Apurímac.

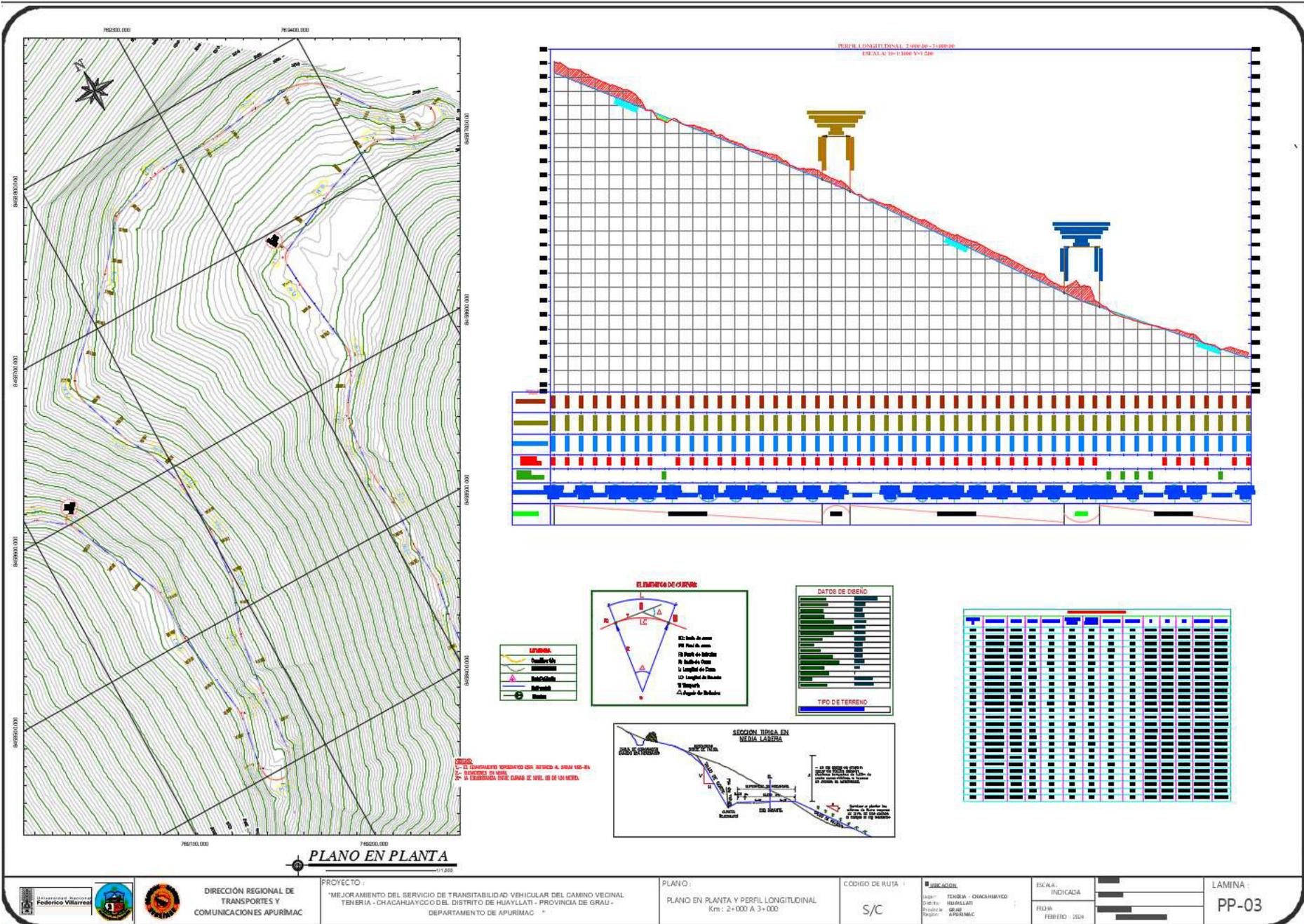
implementación de herramientas BIM en la apertura de trocha carrozable?	uso de herramientas BIM.	carrozable optimizará el costo de ejecución del proyecto.				
Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
ESPECÍFICO: ¿De qué manera influenciará el modelamiento de la infraestructura vial de manera conceptual, con visualización 3D en el software Infracad y la topografía y diseño geométrico en el software Autocad civil 3D con datos obtenidos en campo en la gestión de proyectos de apertura de trocha carrozable?	ESPECÍFICO: Modelar la infraestructura vial de manera conceptual, con visualización 3D en el software Infracad y la topografía y diseño geométrico en el software Autocad civil 3D con datos obtenidos en campo	ESPECÍFICO: El modelamiento de topografía y la infraestructura vial usando los softwares Infracad y Autocad Civil 3D mejorará la gestión de proyectos de apertura de trocha carrozable.	VARIABLE DEPENDIENTE: TIEMPO Y COSTO	Costos	Optimización de gastos	Muestra: Los tramos de carretera ubicado en el centro poblado de Tenería al centro poblado de Chacahuaycco del distrito de Huayllati - provincia de Grau - departamento de Apurímac, del km 0+000 al km 6+200.
					Costos operativos	
Tiempo	Simulación de procesos del proyecto	Técnica: Observación, análisis documental, análisis de datos.				
	Reducción de tiempos de diseño y planificación	Instrumentos: Guía de observación, guía de análisis documental, Excel.				
Alcance	Reducción de incompatibilidades			Conformidad técnica		
ESPECÍFICO: ¿Cómo influirá la realización de videos tutoriales en la implementación de las herramientas BIM en proyectos de apertura de trocha carrozable?	ESPECÍFICO: Elaborar videos tutoriales ejemplificando la implementación de las herramientas BIM en proyectos de apertura de trocha carrozable.	ESPECÍFICO: Los videos tutoriales influyen de manera positiva en la implementación de las herramientas de BIM en proyectos de apertura de trocha carrozable.				

Anexo C. Planos definitivos y reporte de movimiento de tierras.





PLANO EN PLANTA



PLANO EN PLANTA

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES APURÍMAC

PROYECTO:
 *MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSIBILIDAD VEHICULAR DEL CAMINO RECINAL TENBRIA - CHACAHUAYCOO DEL DISTRITO DE HUAYLLATI - PROVINCIA DE GRAU - DEPARTAMENTO DE APURÍMAC *

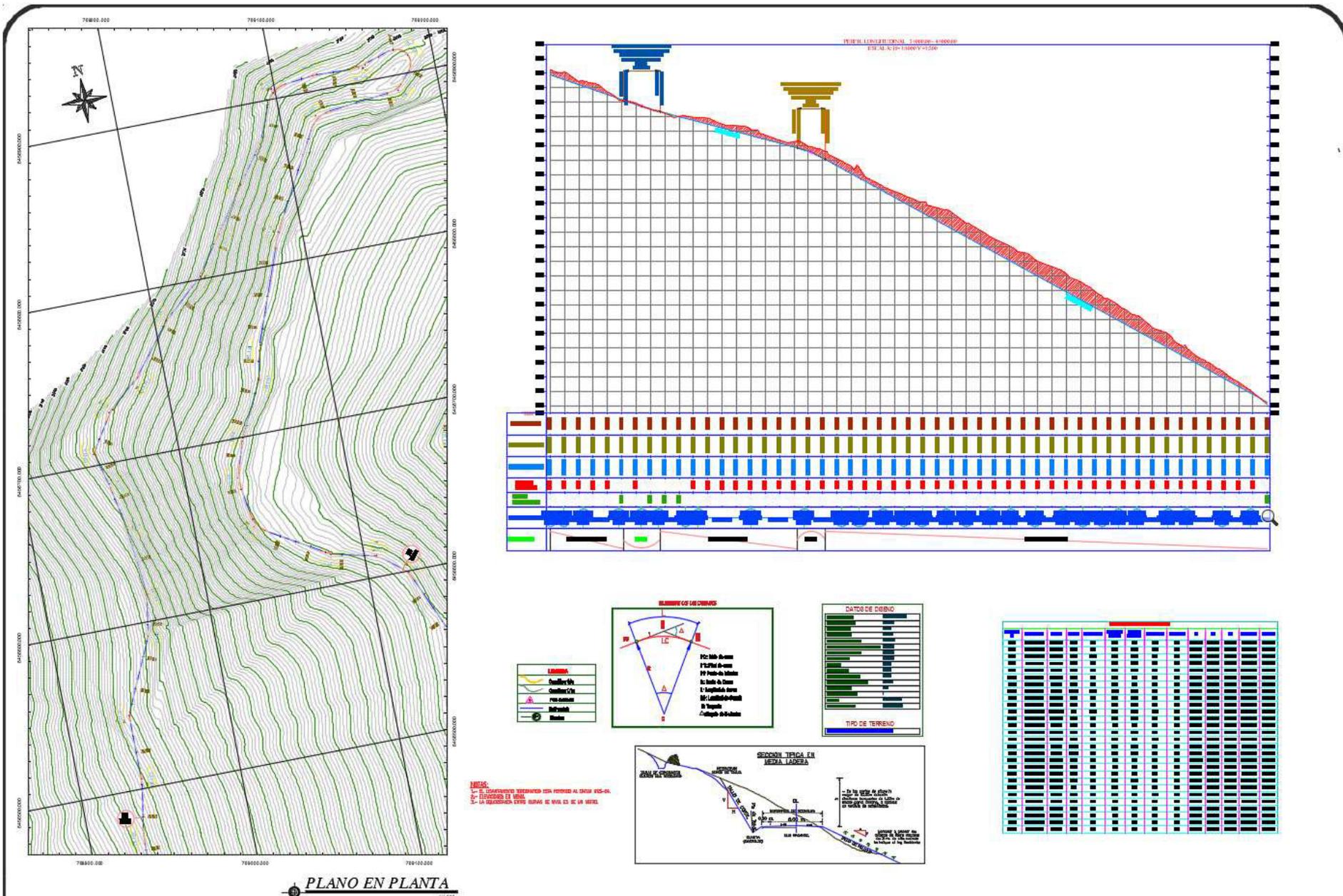
PLAN O:
 PLANO EN PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL
 Km: 2+000 A 3+000

CODIGO DE RUTA:
 S/C

UBICACION:
 DISTRITO: TENBRIA - CHACAHUAYCO
 DISTRITO: HUAYLLATI
 PROVINCIA: GRAU
 DEPARTAMENTO: APURÍMAC

ESCALA:
 INDICADA
 FECHA:
 FEBRERO - 2024

LAMINA:
 PP-03



PLANO EN PLANTA



DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES APURIMAC

PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL CAMINO VECINAL TENERIA - CHACAHUYCO DEL DISTRITO DE HUAYLLATI - PROVINCIA DE GRAJ - DEPARTAMENTO DE APURIMAC

PLANO: PLANO EN PLANTA Y PERIF LONGITUDINAL
Km : 3+000 A 4+000

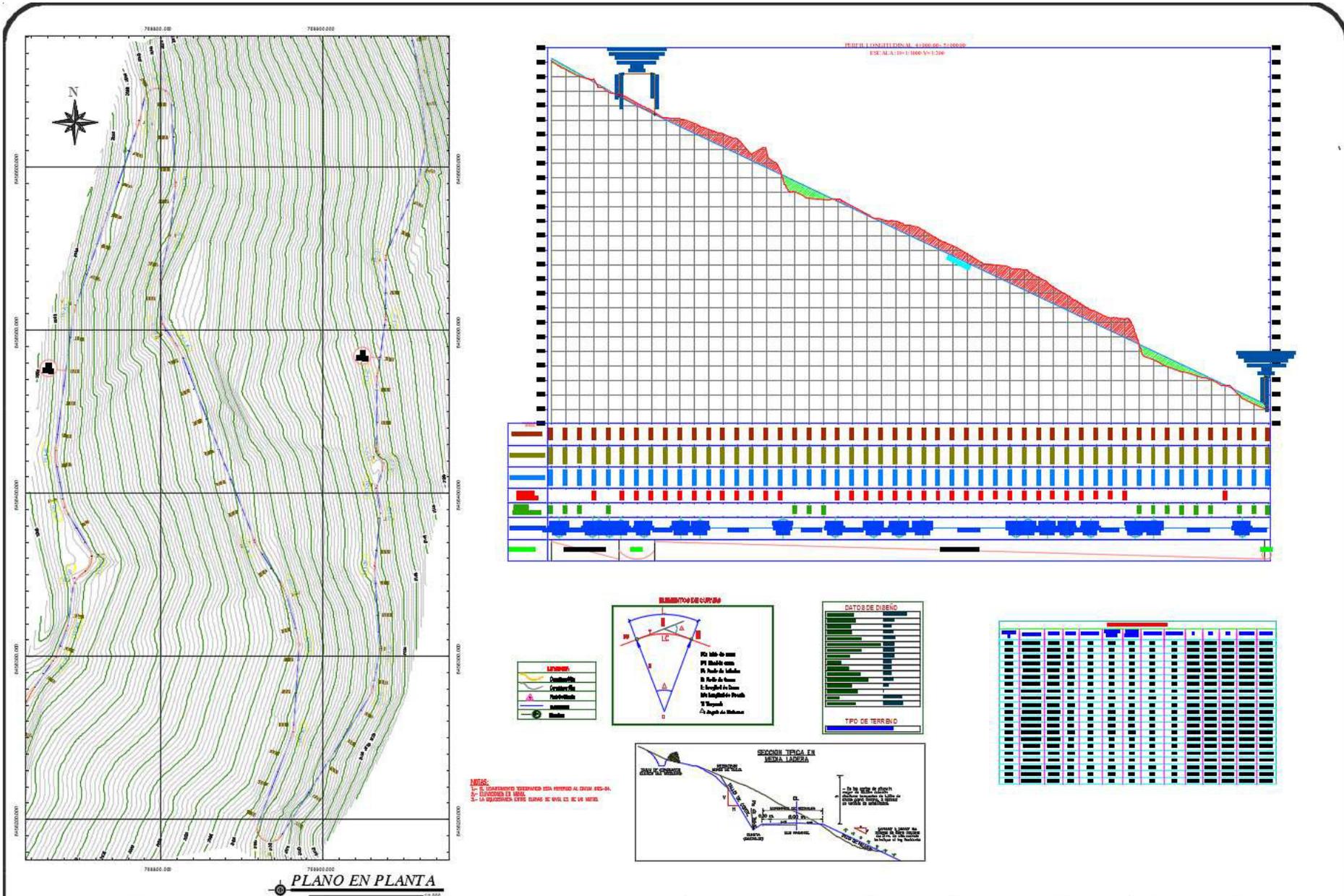
COCHERO DE RUTA: S/C

ELABORADOR: TENERIA - CHACAHUYCO
DISTRITO: HUAYLLATI
PROVINCIA: GRAJ
DEPARTAMENTO: APURIMAC

SCALA: FIDEADA

FECHA: 10/02/20 - 2020

LAMINA: PP-04



PLANO EN PLANTA

NOTAS:
 1- EL DISEÑO SE REALIZÓ CON DATOS DE NIVEL 45-00-00.
 2- EL DISEÑO SE REALIZÓ EN EL AÑO 2010.
 3- LA SEPARACIÓN ENTRE CARRILES ES DE 3.00 METROS.

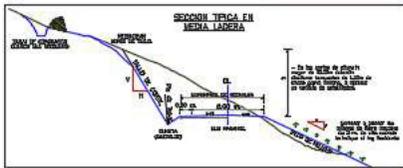
LEYENDA

	Contorno
	Carretera
	Propuesta
	Estructura
	Muro



DATOS DE TIPO DE TERRENO

TIPO DE TERRENO	DESCRIPCIÓN	VALOR
1	TIPO DE TERRENO	VALOR
2	TIPO DE TERRENO	VALOR
3	TIPO DE TERRENO	VALOR
4	TIPO DE TERRENO	VALOR
5	TIPO DE TERRENO	VALOR
6	TIPO DE TERRENO	VALOR
7	TIPO DE TERRENO	VALOR
8	TIPO DE TERRENO	VALOR
9	TIPO DE TERRENO	VALOR
10	TIPO DE TERRENO	VALOR
11	TIPO DE TERRENO	VALOR
12	TIPO DE TERRENO	VALOR
13	TIPO DE TERRENO	VALOR
14	TIPO DE TERRENO	VALOR
15	TIPO DE TERRENO	VALOR
16	TIPO DE TERRENO	VALOR
17	TIPO DE TERRENO	VALOR
18	TIPO DE TERRENO	VALOR
19	TIPO DE TERRENO	VALOR
20	TIPO DE TERRENO	VALOR
21	TIPO DE TERRENO	VALOR
22	TIPO DE TERRENO	VALOR
23	TIPO DE TERRENO	VALOR
24	TIPO DE TERRENO	VALOR
25	TIPO DE TERRENO	VALOR
26	TIPO DE TERRENO	VALOR
27	TIPO DE TERRENO	VALOR
28	TIPO DE TERRENO	VALOR
29	TIPO DE TERRENO	VALOR
30	TIPO DE TERRENO	VALOR
31	TIPO DE TERRENO	VALOR
32	TIPO DE TERRENO	VALOR
33	TIPO DE TERRENO	VALOR
34	TIPO DE TERRENO	VALOR
35	TIPO DE TERRENO	VALOR
36	TIPO DE TERRENO	VALOR
37	TIPO DE TERRENO	VALOR
38	TIPO DE TERRENO	VALOR
39	TIPO DE TERRENO	VALOR
40	TIPO DE TERRENO	VALOR
41	TIPO DE TERRENO	VALOR
42	TIPO DE TERRENO	VALOR
43	TIPO DE TERRENO	VALOR
44	TIPO DE TERRENO	VALOR
45	TIPO DE TERRENO	VALOR
46	TIPO DE TERRENO	VALOR
47	TIPO DE TERRENO	VALOR
48	TIPO DE TERRENO	VALOR
49	TIPO DE TERRENO	VALOR
50	TIPO DE TERRENO	VALOR



DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES APURÍMAC

PROYECTO : MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL CAMINO VECINAL TENBRIA - CHACHAUYCCO DEL DISTRITO DE HUAYLLATI - PROVINCIA DE GRAU - DEPARTAMENTO DE APURÍMAC

PLANO : PLANO EN PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL Km. 4+000 A 5+000

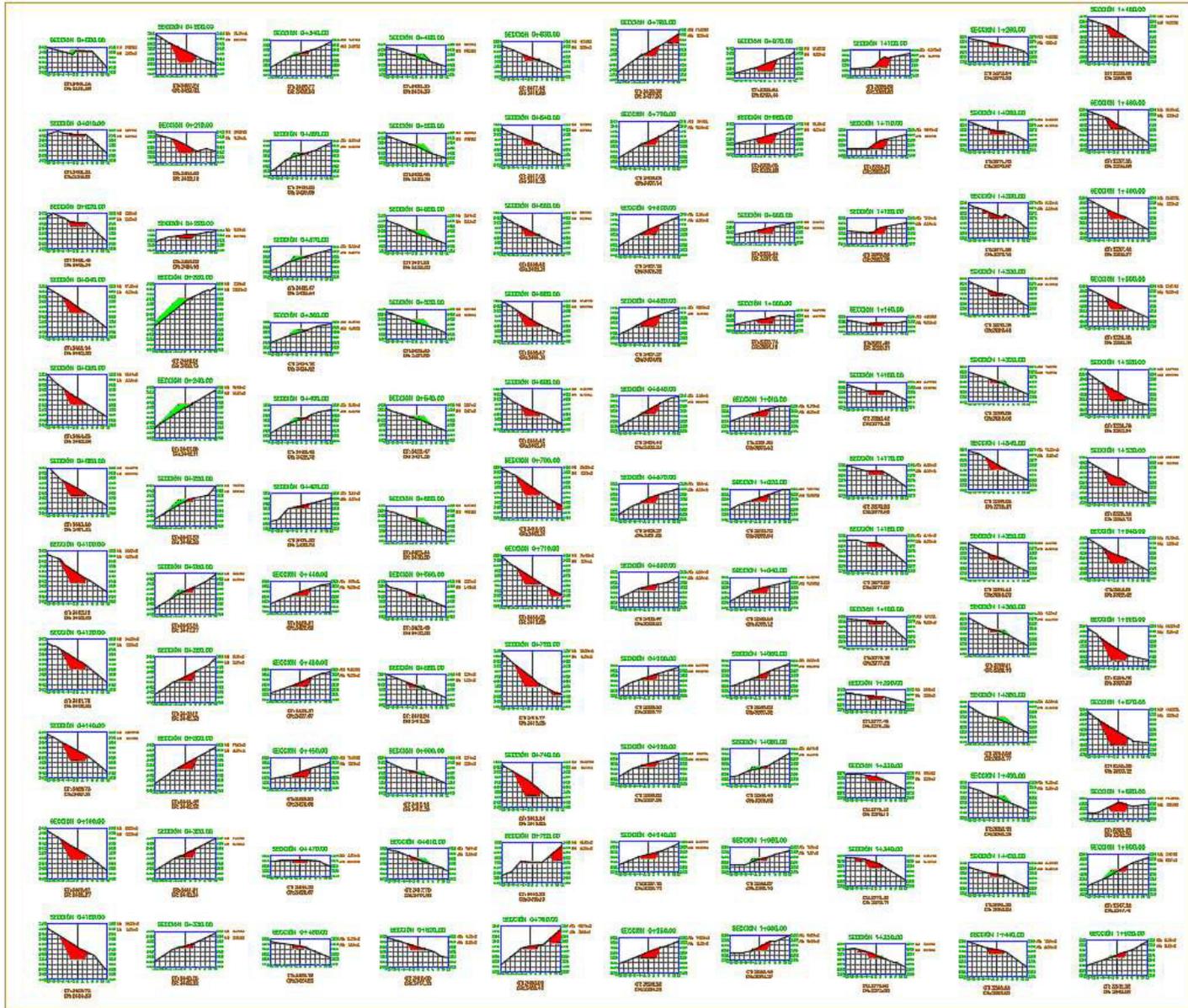
CÓDIGO DE RUTA : S/C

UBICACIÓN : TENBRIA - CHACHAUYCCO
 Distrito : HUAYLLATI
 Provincia : GRAU
 Región : APURÍMAC

ESCALA : INDICADA
 FECHA : FEBRERO - 2010



LAMINA : PP-05



ESTACION	AREA DE SECCION	AREA DE TENDIDO	VELOCIDAD	RAZAS DE V. MAX.	VAL. ADICIONALES	VAL. ADICIONALES	VAL. ADICIONALES	VAL. ADICIONALES
0+000.00	1.00	1.00	100	100				
0+050.00	1.00	1.00	100	100				
0+100.00	1.00	1.00	100	100				
0+150.00	1.00	1.00	100	100				
0+200.00	1.00	1.00	100	100				
0+250.00	1.00	1.00	100	100				
0+300.00	1.00	1.00	100	100				
0+350.00	1.00	1.00	100	100				
0+400.00	1.00	1.00	100	100				
0+450.00	1.00	1.00	100	100				
0+500.00	1.00	1.00	100	100				
0+550.00	1.00	1.00	100	100				
0+600.00	1.00	1.00	100	100				
0+650.00	1.00	1.00	100	100				
0+700.00	1.00	1.00	100	100				
0+750.00	1.00	1.00	100	100				
0+800.00	1.00	1.00	100	100				
0+850.00	1.00	1.00	100	100				
0+900.00	1.00	1.00	100	100				
0+950.00	1.00	1.00	100	100				
1+000.00	1.00	1.00	100	100				



DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACION CAJALINIC

PROYECTO : "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSporte VEHICULAR DEL CAMINO VECINAL TENDRA - CHACALINIC DEL D. DE Tarma - PROVINCIA DE GRAJALES - DEPARTAMENTO DE AREQUIBA"

PLANO : SECCIONES TRANSVERSALES EN: 0+000 - 1+000

CODIGO DE RIFA : S/C

ESCALA : 1/50
FECHA : 2014

LAMINA : ST-01

REPORTE DE MOVIMIENTO DE TIERRAS							
PROGRESIVA	AREA DE RELLENO(m2)	AREA DE CORTE(m2)	VOLUMEN DE RELLENO(m3)	VOLUMEN DE CORTE(m3)	VOL. ACOMULABLE DE RELLENO(m3)	VOL. ACOMULABLE DE CORTE(m3)	VOLUMEN NETO(m3)
0+000.00	2.40	0.03	0.00	0	0	0	0
0+010.00	0.00	3.87	9.34	19.29	9.34	19.29	9.95
0+020.00	0.00	7.93	0.00	58.35	9.34	77.64	68.3
0+040.00	0.00	17.82	0.00	257.54	9.34	335.18	325.83
0+060.00	0.00	18.41	0.00	362.29	9.34	697.47	688.13
0+080.00	0.00	19.73	0.00	387.7	9.34	1085.17	1075.82
0+100.00	0.00	30.12	0.00	516.33	9.34	1601.49	1592.15
0+120.00	0.00	26.92	0.00	565.29	9.34	2166.79	2157.44
0+140.00	0.00	28.86	0.01	551.11	9.35	2717.9	2708.54
0+160.00	0.00	32.21	0.01	610.7	9.37	3328.6	3319.23
0+180.00	0.00	38.05	0.00	714.23	9.37	4042.83	4033.46
0+200.00	0.00	35.38	0.00	742.97	9.37	4785.8	4776.43
0+210.00	0.00	18.99	0.00	299.87	9.37	5085.67	5076.3
0+220.00	0.00	5.97	0.00	138.3	9.37	5223.96	5214.6
0+230.00	28.93	0.33	210.58	30.32	219.94	5254.29	5034.34
0+240.00	18.61	0.43	255.67	3.78	475.61	5258.07	4782.45
0+250.00	5.76	1.12	116.68	7.8	592.3	5265.87	4673.57
0+260.00	2.26	2.82	36.75	20.81	629.05	5286.68	4657.63
0+280.00	0.08	8.26	23.39	110.85	652.44	5397.53	4745.09
0+300.00	0.00	11.63	0.79	198.96	653.23	5596.49	4943.26
0+320.00	0.16	7.3	1.59	192.32	654.83	5788.81	5133.98
0+330.00	0.56	2.91	3.44	52.89	658.27	5841.7	5183.43
0+340.00	2.28	1.21	14.20	20.61	672.48	5862.32	5189.84
0+360.00	3.03	0.67	53.09	18.79	725.57	5881.1	5155.53
0+370.00	3.25	0.54	30.07	6.35	755.64	5887.45	5131.81
0+380.00	4.76	0.08	39.78	3.12	795.42	5890.58	5095.16
0+400.00	3.54	0.89	83.02	9.67	878.45	5900.24	5021.8
0+420.00	0.07	3.14	36.71	39.82	915.16	5940.06	5024.91
0+440.00	0.00	6.19	0.73	91.43	915.88	6031.5	5115.61
0+450.00	0.00	9.52	0.00	76.53	915.88	6108.02	5192.14
0+460.00	0.00	11.31	0.00	104.42	915.88	6212.44	5296.56
0+470.00	0.00	3.85	0.00	82	915.88	6294.44	5378.56
0+480.00	0.19	2	1.24	27.24	917.12	6321.68	5404.56
0+490.00	5.62	0.15	32.25	9.97	949.37	6331.65	5382.28
0+500.00	7.83	0.25	70.10	1.92	1019.47	6333.57	5314.1
0+520.00	8.04	0.14	158.70	3.88	1178.16	6337.46	5159.29
0+530.00	7.88	0	79.98	0.7	1258.15	6338.15	5080.01
0+540.00	7.47	0.07	79.04	0.34	1337.19	6338.5	5001.31
0+550.00	4.86	0.45	63.64	2.49	1400.83	6340.99	4940.15
0+560.00	1.48	2	31.71	12.26	1432.54	6353.24	4920.7
0+580.00	1.20	2.71	26.55	47.55	1459.09	6400.79	4941.7
0+600.00	2.06	0.74	32.49	34.61	1491.58	6435.4	4943.82
0+610.00	2.68	1.64	23.27	12.11	1514.85	6447.52	4932.67
0+620.00	0.03	4.79	13.31	32.58	1528.16	6480.1	4951.93
0+630.00	0.05	4.7	0.39	47.98	1528.55	6528.08	4999.52
0+640.00	0.33	5.79	1.84	53.14	1530.39	6581.22	5050.83
0+660.00	0.06	8.67	3.79	145.31	1534.19	6726.53	5192.34

0+680.00	0.00	17.47	0.55	261.44	1534.74	6987.96	5453.23
0+690.00	0.00	11.52	0.00	152.92	1534.74	7140.88	5606.14
0+700.00	0.00	28.23	0.00	199.27	1534.74	7340.15	5805.42
0+710.00	0.11	26.42	0.47	278.5	1535.21	7618.65	6083.45
0+720.00	0.00	30.28	0.55	283.61	1535.75	7902.26	6366.51
0+740.00	0.00	39.32	0.01	741.14	1535.76	8643.41	7107.65
0+750.00	0.06	16.49	0.23	184.83	1535.99	8828.23	7292.24
0+760.00	0.00	16.76	0.31	122.23	1536.3	8950.46	7414.16
0+780.00	0.26	17.13	2.60	338.92	1538.9	9289.38	7750.48
0+790.00	0.24	7.14	2.32	134.84	1541.22	9424.23	7883.01
0+800.00	0.00	9.95	1.12	88.49	1542.33	9512.71	7970.38
0+820.00	0.16	18.06	1.49	284.38	1543.82	9797.09	8253.27
0+840.00	0.34	9.36	4.75	279.97	1548.57	10077.06	8528.49
0+870.00	0.00	8.61	5.07	271.85	1553.63	10348.91	8795.27
0+890.00	0.00	5.99	0.00	144.41	1553.63	10493.32	8939.68
0+900.00	0.08	5.29	0.38	56.44	1554.01	10549.76	8995.75
0+920.00	0.00	5.12	0.77	102.96	1554.79	10652.72	9097.93
0+940.00	0.00	9.32	0.00	145.43	1554.79	10798.16	9243.37
0+960.00	0.00	14.93	0.00	243.65	1554.79	11041.8	9487.02
0+970.00	0.00	15.82	0.00	156.34	1554.79	11198.14	9643.35
0+980.00	0.00	16.99	0.00	169.28	1554.79	11367.42	9812.63
0+990.00	0.00	9.31	0.00	134.95	1554.79	11502.37	9947.58
1+000.00	0.00	10.47	0.00	99.56	1554.79	11601.92	10047.14
1+010.00	0.00	9.7	0.00	100.49	1554.79	11702.42	10147.63
1+020.00	0.00	7.37	0.00	77.99	1554.79	11780.4	10225.62
1+040.00	0.00	9.76	0.00	166.62	1554.79	11947.02	10392.23
1+050.00	0.22	5.34	1.34	67.64	1556.12	12014.66	10458.53
1+060.00	2.14	0.71	12.24	29.2	1568.36	12043.85	10475.49
1+080.00	1.27	1.06	33.67	17.95	1602.03	12061.8	10459.77
1+090.00	0.42	8.67	7.86	51.42	1609.89	12113.22	10503.33
1+100.00	0.07	14.8	2.02	129.7	1611.91	12242.93	10631.01
1+110.00	0.00	13.46	0.35	142.25	1612.27	12385.17	10772.91
1+120.00	0.00	7.42	0.00	107.91	1612.27	12493.08	10880.81
1+140.00	0.00	3.9	0.00	113.42	1612.27	12606.5	10994.24
1+160.00	0.00	6.77	0.00	106.92	1612.27	12713.43	11101.16
1+170.00	0.00	6.82	0.00	67.82	1612.27	12781.24	11168.98
1+180.00	0.00	6.44	0.02	66.24	1612.29	12847.49	11235.2
1+190.00	0.00	5.71	0.03	60.27	1612.32	12907.76	11295.44
1+200.00	0.00	5.68	0.00	55.8	1612.32	12963.55	11351.24
1+220.00	0.00	7.53	0.00	130.97	1612.32	13094.53	11482.21
1+240.00	0.00	13.64	0.00	208.3	1612.32	13302.83	11690.52
1+250.00	0.28	5.94	1.57	86.89	1613.89	13389.73	11775.84
1+260.00	0.13	4.82	1.99	54.5	1615.88	13444.23	11828.35
1+280.00	0.00	5.78	1.20	107.59	1617.07	13551.82	11934.75
1+290.00	0.00	8.95	0.00	67.21	1617.07	13619.03	12001.96
1+300.00	0.00	6.06	0.00	74.35	1617.07	13693.38	12076.31
1+320.00	1.66	1.42	16.75	74.57	1633.82	13767.94	12134.13
1+340.00	0.03	11.23	16.93	126.55	1650.75	13894.5	12243.75
1+350.00	0.85	4.1	4.54	75.45	1655.28	13969.95	12314.67
1+360.00	2.23	1.07	16.21	24.94	1671.49	13994.89	12323.4
1+380.00	6.43	0	86.56	10.75	1758.05	14005.63	12247.58
1+400.00	3.86	0.29	96.88	3.1	1854.93	14008.74	12153.81

1+420.00	0.25	2.56	41.25	28.45	1896.18	14037.18	12141
1+440.00	0.00	7.59	2.63	99.42	1898.81	14136.61	12237.8
1+460.00	0.00	14.01	0.00	213.56	1898.81	14350.17	12451.36
1+480.00	0.00	10.86	0.04	248.77	1898.85	14598.94	12700.09
1+490.00	0.00	10.95	0.02	112.68	1898.87	14711.62	12812.76
1+500.00	0.00	12.91	0.00	122.05	1898.87	14833.67	12934.81
1+520.00	0.00	24.11	0.00	388.77	1898.87	15222.44	13323.57
1+530.00	0.00	20.69	0.00	227.48	1898.87	15449.92	13551.06
1+540.00	0.00	19.6	0.00	197.26	1898.87	15647.19	13748.32
1+560.00	0.01	34.29	0.11	536.91	1898.98	16184.1	14285.12
1+570.00	0.00	46.12	0.09	454.5	1899.07	16638.6	14739.53
1+580.00	0.00	17.79	0.00	360.82	1899.07	16999.42	15100.35
1+600.00	5.87	2.46	68.38	196.24	1967.44	17195.66	15228.22
1+620.00	0.63	3.98	63.02	65.77	2030.46	17261.43	15230.97
1+630.00	0.00	8.42	3.07	62.76	2033.53	17324.19	15290.66
1+640.00	0.00	12.79	0.00	108.19	2033.53	17432.38	15398.85
1+660.00	0.00	23.06	0.00	369.95	2033.53	17802.34	15768.8
1+680.00	2.79	4.41	27.09	277.91	2060.63	18080.25	16019.62
1+690.00	0.10	5.16	14.94	46.8	2075.56	18127.05	16051.48
1+700.00	0.00	7.6	0.51	62.18	2076.07	18189.23	16113.15
1+710.00	0.11	8.81	0.58	81.84	2076.65	18271.07	16194.42
1+720.00	0.00	11	0.62	94.8	2077.27	18365.87	16288.6
1+740.00	0.00	7.24	0.00	181.14	2077.27	18547.01	16469.74
1+760.00	0.62	4.65	6.13	119.44	2083.4	18666.45	16583.05
1+780.00	3.06	3.87	35.86	86.61	2119.26	18753.06	16633.8
1+790.00	0.36	3.72	17.41	37.7	2136.66	18790.76	16654.1
1+800.00	3.82	1.45	21.19	25.77	2157.85	18816.53	16658.68
1+820.00	0.01	13.32	37.83	148.94	2195.69	18965.47	16769.78
1+840.00	0.04	10.24	0.46	235.19	2196.15	19200.66	17004.51
1+860.00	0.00	21.19	0.41	311.83	2196.56	19512.49	17315.93
1+880.00	0.00	12.41	0.00	330.4	2196.56	19842.89	17646.33
1+890.00	0.00	10.71	0.00	111.91	2196.56	19954.8	17758.24
1+900.00	0.00	13.6	0.00	121.04	2196.56	20075.84	17879.28
1+910.00	0.00	8.89	0.00	114.03	2196.56	20189.87	17993.32
1+920.00	0.00	9.14	0.00	92.11	2196.56	20281.98	18085.43
1+940.00	0.00	9.46	0.00	190.37	2196.56	20472.36	18275.8
1+960.00	0.00	6.87	0.00	163.21	2196.56	20635.56	18439.01
1+990.00	0.00	22.19	0.00	435.28	2196.56	21070.85	18874.29
2+000.00	0.00	24.49	0.00	222.88	2196.56	21293.73	19097.17
2+020.00	0.00	23.25	0.00	476.44	2196.56	21770.17	19573.61
2+040.00	0.00	29.11	0.00	523.65	2196.56	22293.82	20097.26
2+060.00	0.00	23.65	0.00	525.89	2196.56	22819.71	20623.15
2+080.00	0.00	21.02	0.00	446.76	2196.56	23266.47	21069.91
2+090.00	0.00	25.24	0.00	224.34	2196.56	23490.8	21294.25
2+100.00	0.00	25.2	0.00	244.74	2196.56	23735.55	21538.99
2+110.00	0.00	29.11	0.00	274.26	2196.56	24009.8	21813.25
2+120.00	0.00	22.81	0.00	276.15	2196.56	24285.96	22089.4
2+130.00	0.36	6.52	1.53	162.69	2198.09	24448.64	22250.55
2+140.00	0.02	1.91	1.46	49.62	2199.55	24498.26	22298.71
2+160.00	17.02	0.01	197.59	19.53	2397.14	24517.79	22120.66
2+170.00	5.63	4.31	101.24	23.22	2498.38	24541.02	22042.63
2+180.00	1.81	4.23	33.20	45.91	2531.58	24586.92	22055.34

2+200.00	0.57	5.51	23.82	97.41	2555.4	24684.34	22128.93
2+210.00	0.00	6.72	2.92	60.56	2558.33	24744.9	22186.57
2+220.00	0.00	7.05	0.00	66.48	2558.33	24811.37	22253.05
2+230.00	0.00	7.33	0.00	69.46	2558.33	24880.83	22322.51
2+240.00	0.00	7.39	0.00	71.54	2558.33	24952.37	22394.05
2+260.00	0.24	5.87	2.45	132.28	2560.78	25084.65	22523.88
2+280.00	1.25	5.06	15.06	108.57	2575.84	25193.23	22617.38
2+290.00	0.79	7.17	10.11	61.52	2585.95	25254.74	22668.79
2+300.00	0.30	9.44	5.39	83.9	2591.34	25338.64	22747.3
2+320.00	0.00	10.41	3.03	198.49	2594.37	25537.13	22942.76
2+330.00	0.00	7.16	0.00	87.46	2594.37	25624.58	23030.22
2+340.00	0.24	3.12	1.17	50.51	2595.53	25675.09	23079.56
2+360.00	0.01	7.66	2.52	107.22	2598.06	25782.31	23184.26
2+370.00	0.00	10.58	0.07	90.12	2598.13	25872.43	23274.3
2+380.00	0.00	16.03	0.02	123.77	2598.15	25996.21	23398.06
2+400.00	0.00	11.04	0.03	270.71	2598.18	26266.92	23668.73
2+410.00	0.00	10.37	0.00	107.82	2598.18	26374.73	23776.55
2+420.00	0.44	11.68	2.16	111.11	2600.34	26485.85	23885.51
2+440.00	4.69	4.14	51.27	158.19	2651.61	26644.04	23992.43
2+460.00	0.47	4.26	51.56	84.07	2703.16	26728.11	24024.95
2+480.00	0.00	7.53	4.86	116.3	2708.03	26844.41	24136.39
2+490.00	0.00	10.24	0.00	85.12	2708.03	26929.53	24221.51
2+500.00	0.00	9.21	0.00	94.87	2708.03	27024.4	24316.37
2+520.00	0.00	8.65	0.00	178.56	2708.03	27202.96	24494.94
2+530.00	0.00	10.84	0.02	96.61	2708.05	27299.57	24591.53
2+540.00	0.00	13.03	0.02	117.96	2708.07	27417.53	24709.47
2+550.00	0.01	10.32	0.02	117.82	2708.09	27535.35	24827.26
2+560.00	0.00	9.23	0.02	99.63	2708.12	27634.98	24926.87
2+580.00	0.00	13.99	0.00	234.37	2708.12	27869.35	25161.24
2+600.00	0.00	17.63	0.00	317.08	2708.12	28186.43	25478.32
2+610.00	0.00	18.32	0.00	181.59	2708.12	28368.02	25659.91
2+620.00	0.00	17.02	0.00	178.97	2708.12	28546.99	25838.87
2+640.00	0.00	16.2	0.00	332.24	2708.12	28879.23	26171.11
2+660.00	0.00	16.36	0.00	330.99	2708.12	29210.22	26502.1
2+680.00	0.00	13.56	0.01	297.91	2708.12	29508.13	26800.01
2+700.00	0.00	17.89	0.01	311.56	2708.13	29819.69	27111.56
2+720.00	0.00	10.47	0.00	282.92	2708.13	30102.61	27394.48
2+740.00	0.00	19.36	0.00	297.69	2708.13	30400.3	27692.17
2+760.00	0.00	39.31	0.00	593.96	2708.13	30994.26	28286.13
2+770.00	0.00	47.61	0.00	468.91	2708.13	31463.16	28755.03
2+780.00	0.03	8.47	0.24	337.72	2708.37	31800.88	29092.51
2+790.00	0.15	3.85	1.24	60.97	2709.61	31861.86	29152.25
2+800.00	8.79	1.57	56.06	25.66	2765.67	31887.52	29121.85
2+820.00	10.08	0.81	189.85	23.73	2955.52	31911.25	28955.73
2+850.00	4.69	0.85	214.31	25.63	3169.84	31936.88	28767.04
2+860.00	3.05	1.86	38.72	13.56	3208.56	31950.44	28741.89
2+880.00	0.91	3.52	39.66	53.82	3248.22	32004.26	28756.04
2+910.00	0.30	10.04	18.46	201.21	3266.68	32205.47	28938.79
2+920.00	0.25	12.28	2.73	111.59	3269.41	32317.06	29047.66
2+930.00	1.11	5.55	6.20	95.6	3275.6	32412.66	29137.06
2+940.00	0.74	2.32	9.09	39.9	3284.7	32452.56	29167.87
2+960.00	3.39	1.53	41.28	38.45	3325.97	32491.01	29165.04

2+980.00	0.00	10.57	33.90	120.93	3359.87	32611.94	29252.07
3+000.00	0.00	11.96	0.00	232.85	3359.87	32844.79	29484.92
3+020.00	0.00	15.81	0.00	284.78	3359.87	33129.57	29769.7
3+040.00	0.57	7.32	5.55	233.9	3365.42	33363.46	29998.05
3+050.00	0.00	9.24	3.03	80.03	3368.44	33443.5	30075.05
3+060.00	0.00	12.15	0.00	106.17	3368.44	33549.66	30181.22
3+080.00	0.00	11.93	0.00	240.79	3368.44	33790.45	30422.01
3+090.00	7.07	2.22	38.41	73.49	3406.85	33863.94	30457.09
3+100.00	17.87	1.45	160.04	16.67	3566.89	33880.61	30313.72
3+120.00	2.07	2.48	217.87	38.01	3784.75	33918.62	30133.87
3+130.00	6.68	2.49	47.58	23.62	3832.34	33942.24	30109.9
3+140.00	4.02	2.4	56.12	23.62	3888.46	33965.86	30077.4
3+150.00	4.53	2.82	43.34	25.77	3931.8	33991.63	30059.83
3+160.00	8.17	4.24	65.37	34.48	3997.17	34026.11	30028.94
3+180.00	4.65	2.67	128.22	69.13	4125.39	34095.24	29969.85
3+190.00	0.82	5.75	25.97	43.54	4151.35	34138.78	29987.42
3+200.00	0.04	6.18	4.20	60.68	4155.55	34199.46	30043.91
3+210.00	0.00	8.46	0.21	71.85	4155.76	34271.31	30115.55
3+220.00	0.04	12.03	0.19	102.16	4155.95	34373.47	30217.52
3+240.00	0.02	8.04	0.61	200.74	4156.56	34574.21	30417.65
3+260.00	0.00	12.74	0.22	207.86	4156.78	34782.07	30625.29
3+270.00	0.00	16.31	0.00	145.3	4156.78	34927.37	30770.59
3+280.00	0.00	14.5	0.00	152.24	4156.78	35079.61	30922.83
3+290.00	0.00	14.04	0.00	141.03	4156.78	35220.64	31063.87
3+300.00	0.31	9.67	1.56	118.55	4158.34	35339.19	31180.85
3+320.00	0.48	6.68	7.88	163.51	4166.21	35502.7	31336.49
3+340.00	0.01	11.97	4.87	186.53	4171.08	35689.24	31518.16
3+350.00	0.00	15.06	0.06	130.5	4171.14	35819.73	31648.6
3+360.00	0.00	10.62	0.00	119.68	4171.14	35939.41	31768.27
3+380.00	0.00	16.79	0.02	270.87	4171.15	36210.28	32039.13
3+400.00	0.00	15.42	0.01	322.06	4171.17	36532.34	32361.17
3+410.00	0.00	16.8	0.00	174.14	4171.17	36706.48	32535.31
3+420.00	0.00	19.07	0.00	186.3	4171.17	36892.78	32721.61
3+430.00	0.00	21.06	0.00	211.3	4171.17	37104.08	32932.91
3+440.00	0.03	8.39	0.17	137.21	4171.34	37241.29	33069.95
3+460.00	0.00	10.29	0.27	183.42	4171.61	37424.71	33253.1
3+470.00	0.00	11.15	0.00	111.31	4171.61	37536.01	33364.4
3+480.00	0.00	11.81	0.00	115.19	4171.61	37651.21	33479.6
3+500.00	0.00	15.7	0.00	272.44	4171.61	37923.65	33752.04
3+520.00	0.00	23.5	0.00	378.38	4171.61	38302.03	34130.42
3+540.00	0.00	33.49	0.00	549.9	4171.61	38851.92	34680.32
3+550.00	0.00	43.34	0.00	387.78	4171.61	39239.7	35068.1
3+560.00	0.00	48.13	0.00	480.13	4171.61	39719.83	35548.23
3+580.00	0.00	39.07	0.00	869.92	4171.61	40589.75	36418.14
3+600.00	0.00	44.17	0.00	829.9	4171.61	41419.65	37248.04
3+610.00	0.00	42.31	0.00	432.38	4171.61	41852.03	37680.42
3+620.00	0.00	40.25	0.00	412.77	4171.61	42264.81	38093.2
3+640.00	0.00	40.21	0.00	810.69	4171.61	43075.5	38903.89
3+660.00	0.00	46.2	0.00	879.84	4171.61	43955.34	39783.73
3+690.00	0.00	40.81	0.00	1288.7	4171.61	45244.04	41072.43
3+700.00	0.00	45.06	0.00	429.35	4171.61	45673.39	41501.78
3+730.00	0.21	40.87	3.00	1304.28	4174.61	46977.66	42803.06

3+740.00	0.00	40.93	1.07	403.76	4175.67	47381.43	43205.76
3+760.00	0.00	37.43	0.00	772.21	4175.67	48153.63	43977.96
3+770.00	0.00	33.98	0.00	337.5	4175.67	48491.13	44315.46
3+780.00	0.02	38.23	0.07	342.55	4175.74	48833.69	44657.94
3+790.00	0.00	40.92	0.10	395.75	4175.84	49229.44	45053.6
3+800.00	0.00	36.6	0.00	392.13	4175.84	49621.57	45445.73
3+820.00	0.00	46.91	0.00	841.31	4175.84	50462.88	46287.03
3+840.00	0.00	35.38	0.00	825.29	4175.84	51288.17	47112.33
3+860.00	0.15	37.47	1.52	736.29	4177.36	52024.46	47847.1
3+880.00	0.12	26.19	2.74	649.25	4180.1	52673.71	48493.61
3+890.00	0.06	19.29	0.98	236.42	4181.08	52910.13	48729.05
3+900.00	0.00	15.42	0.31	173.54	4181.39	53083.67	48902.29
3+920.00	0.00	14.52	0.00	299.4	4181.39	53383.07	49201.68
3+940.00	0.01	13.75	0.06	272.78	4181.44	53655.86	49474.41
3+960.00	0.04	8.06	0.46	216.26	4181.91	53872.12	49690.21
3+990.00	1.51	1.63	22.98	146.69	4204.88	54018.8	49813.92
4+010.00	8.54	0.39	101.09	20.05	4305.98	54038.86	49732.88
4+020.00	9.46	0.39	92.19	3.79	4398.17	54042.64	49644.47
4+040.00	6.89	1.27	163.56	16.65	4561.73	54059.29	49497.56
4+060.00	1.76	6.78	91.55	77.28	4653.28	54136.57	49483.29
4+070.00	3.48	2.18	22.74	49.22	4676.02	54185.79	49509.77
4+080.00	5.62	1.84	45.99	19.89	4722.01	54205.69	49483.68
4+100.00	1.06	6.21	67.51	79.73	4789.51	54285.41	49495.9
4+120.00	0.08	5.56	11.29	118.07	4800.8	54403.49	49602.69
4+130.00	0.03	6.2	0.53	57.82	4801.33	54461.31	49659.98
4+140.00	1.73	4.87	8.97	54.62	4810.3	54515.93	49705.63
4+160.00	1.62	5.51	33.55	103.82	4843.85	54619.75	49775.9
4+180.00	0.00	16.81	16.04	224.96	4859.89	54844.71	49984.82
4+200.00	0.00	21.45	0.00	387.63	4859.89	55232.34	50372.45
4+210.00	0.03	20.55	0.14	219.63	4860.03	55451.97	50591.94
4+220.00	0.00	23.23	0.15	221.61	4860.18	55673.58	50813.4
4+240.00	0.00	29.09	0.00	523.25	4860.18	56196.83	51336.65
4+260.00	0.07	32.27	0.69	613.63	4860.87	56810.46	51949.59
4+280.00	1.94	14.36	20.14	466.35	4881.01	57276.82	52395.81
4+300.00	0.00	37.06	19.44	514.21	4900.45	57791.03	52890.58
4+320.00	0.00	3.65	0.00	441.9	4900.45	58232.93	53332.48
4+330.00	33.67	0	206.72	19.02	5107.17	58251.95	53144.78
4+340.00	39.01	0	424.89	0	5532.06	58251.95	52719.89
4+360.00	37.66	0	766.69	0	6298.74	58251.95	51953.2
4+380.00	15.61	0.04	532.70	0.37	6831.44	58252.32	51420.88
4+410.00	0.75	5.54	238.31	84.77	7069.75	58337.1	51267.34
4+420.00	1.16	4.38	9.55	49.6	7079.31	58386.7	51307.39
4+440.00	2.14	3.14	33.00	75.2	7112.31	58461.9	51349.59
4+450.00	3.26	3.24	25.72	33.16	7138.03	58495.06	51357.03
4+460.00	0.81	6.39	19.42	49.82	7157.45	58544.88	51387.43
4+480.00	0.42	16.38	12.33	227.66	7169.79	58772.55	51602.76
4+490.00	0.16	18.54	2.63	181.37	7172.42	58953.92	51781.5
4+500.00	0.00	19.76	0.79	192.09	7173.21	59146	51972.8
4+520.00	0.00	26.32	0.00	457.73	7173.21	59603.73	52430.53
4+540.00	0.00	21.79	0.00	478.84	7173.21	60082.57	52909.36
4+560.00	0.00	21.25	0.00	430.31	7173.21	60512.88	53339.67
4+580.00	0.00	18.53	0.00	397.74	7173.21	60910.62	53737.42

4+600.00	0.00	16.82	0.00	353.5	7173.21	61264.13	54090.92
4+620.00	0.00	25.31	0.00	421.32	7173.21	61685.44	54512.23
4+640.00	0.00	36.54	0.00	618.46	7173.21	62303.91	55130.7
4+650.00	0.00	44.65	0.00	414.43	7173.21	62718.34	55545.13
4+660.00	0.00	50.48	0.00	481.63	7173.21	63199.96	56026.76
4+680.00	0.00	51.74	0.00	981.93	7173.21	64181.9	57008.69
4+690.00	0.00	48.43	0.00	494.75	7173.21	64676.64	57503.43
4+700.00	0.00	45.39	0.00	453.92	7173.21	65130.56	57957.35
4+720.00	0.00	37.65	0.00	835.21	7173.21	65965.77	58792.56
4+740.00	0.00	29.89	0.00	677.53	7173.21	66643.3	59470.09
4+750.00	0.00	25.88	0.00	280.23	7173.21	66923.53	59750.32
4+760.00	0.00	26.92	0.00	268.43	7173.21	67191.96	60018.75
4+780.00	0.02	29.79	0.20	567.17	7173.4	67759.13	60585.72
4+800.00	0.00	52.29	0.20	820.88	7173.6	68580	61406.4
4+810.00	0.00	39.78	0.00	526.27	7173.6	69106.27	61932.67
4+820.00	2.65	0.64	16.21	228.9	7189.81	69335.17	62145.36
4+840.00	21.53	0.11	258.09	7.34	7447.9	69342.52	61894.61
4+860.00	26.31	0	474.99	1.05	7922.89	69343.56	61420.67
4+880.00	26.70	0	530.03	0	8452.92	69343.56	60890.65
4+900.00	15.78	0.11	424.78	1.14	8877.7	69344.7	60467
4+920.00	8.65	0.87	244.37	9.88	9122.07	69354.58	60232.51
4+940.00	4.83	3.63	134.82	45.05	9256.88	69399.63	60142.75
4+960.00	15.30	0.81	201.88	44.29	9458.77	69443.92	59985.15
4+980.00	17.33	0.3	336.70	10.86	9795.47	69454.78	59659.3
5+000.00	11.61	0.52	289.48	8.21	10084.95	69462.99	59378.04
5+020.00	6.54	0.96	181.50	14.79	10266.45	69477.78	59211.33
5+040.00	5.15	1.37	116.85	23.32	10383.3	69501.1	59117.79
5+050.00	4.55	1.71	49.90	15.02	10433.21	69516.11	59082.91
5+060.00	3.48	3.14	42.31	23.21	10475.52	69539.33	59063.81
5+080.00	1.13	4.96	46.16	81.05	10521.68	69620.38	59098.7
5+090.00	0.47	6.58	8.72	54.21	10530.4	69674.59	59144.2
5+100.00	0.00	12.52	2.35	95.14	10532.74	69769.73	59236.99
5+120.00	0.00	8.46	0.00	216.21	10532.74	69985.94	59453.2
5+130.00	0.00	9.61	0.00	101.69	10532.74	70087.63	59554.89
5+140.00	0.00	9.12	0.00	87.69	10532.74	70175.33	59642.58
5+160.00	7.19	3.03	74.88	118.97	10607.62	70294.29	59686.67
5+170.00	4.75	4.67	55.68	40.15	10663.3	70334.44	59671.14
5+180.00	5.21	3.58	49.23	41.52	10712.53	70375.96	59663.43
5+190.00	4.32	2.66	44.77	32.45	10757.31	70408.41	59651.1
5+200.00	2.16	4.09	31.74	34.28	10789.05	70442.69	59653.65
5+210.00	1.01	3.89	15.92	39.68	10804.96	70482.37	59677.41
5+220.00	0.10	4.95	5.75	42.94	10810.72	70525.32	59714.6
5+230.00	0.19	5.35	1.48	50.07	10812.19	70575.39	59763.19
5+240.00	0.00	11.21	0.95	82.09	10813.15	70657.47	59844.33
5+260.00	0.00	10.1	0.00	214.11	10813.15	70871.59	60058.44
5+280.00	0.13	7.41	1.28	175.36	10814.42	71046.94	60232.52
5+300.00	0.01	14.43	1.40	218.4	10815.82	71265.35	60449.53
5+320.00	4.84	11.66	48.01	262.16	10863.82	71527.5	60663.68
5+340.00	12.97	6.55	171.90	184.8	11035.73	71712.3	60676.57
5+350.00	14.33	5.29	151.44	56.45	11187.17	71768.75	60581.58
5+360.00	13.97	8.81	149.49	68.74	11336.66	71837.48	60500.83
5+370.00	11.04	7.46	144.38	75.44	11481.03	71912.92	60431.89

5+380.00	1.34	14.76	71.24	115.63	11552.27	72028.55	60476.28
5+400.00	7.08	15.56	98.26	306	11650.53	72334.55	60684.02
5+410.00	3.49	21.8	36.70	214.77	11687.23	72549.33	60862.1
5+420.00	5.52	10.33	41.73	168.58	11728.96	72717.91	60988.95
5+440.00	18.59	7.8	241.12	181.31	11970.08	72899.22	60929.13
5+460.00	5.56	14.8	237.92	227.72	12208	73126.93	60918.93
5+490.00	37.53	5.38	607.24	310.73	12815.24	73437.66	60622.42
5+500.00	38.83	8.46	513.24	58.17	13328.48	73495.83	60167.35
5+520.00	7.71	29.11	497.96	361.71	13826.44	73857.54	60031.1
5+530.00	29.69	0	138.18	199.56	13964.61	74057.1	60092.48
5+540.00	12.87	0.03	149.13	0.22	14113.74	74057.32	59943.58
5+560.00	2.68	5.48	148.85	55.9	14262.59	74113.23	59850.64
5+580.00	30.30	4.32	368.51	94.74	14631.1	74207.97	59576.86
5+600.00	22.58	3.57	551.59	77.59	15182.69	74285.56	59102.87
5+610.00	20.63	3.33	140.16	41.92	15322.85	74327.48	59004.63
5+620.00	9.10	5.32	135.47	45.47	15458.32	74372.95	58914.63
5+640.00	28.09	6.31	384.56	115.25	15842.89	74488.2	58645.31
5+650.00	4.14	4.24	183.94	50.74	16026.82	74538.94	58512.11
5+660.00	19.84	3.68	142.92	37.05	16169.75	74575.98	58406.24
5+680.00	16.96	6.2	299.32	103.52	16469.07	74679.5	58210.43
5+700.00	1.08	13.58	180.49	197.78	16649.56	74877.28	58227.73
5+710.00	0.49	14.24	8.64	137.22	16658.2	75014.51	58356.31
5+720.00	6.07	11.02	41.79	128.15	16699.99	75142.65	58442.66
5+740.00	17.47	7.87	178.05	193.98	16878.04	75336.64	58458.6
5+760.00	19.68	7.01	349.25	151.34	17227.29	75487.97	58260.68
5+770.00	4.54	7.12	128.02	69.27	17355.31	75557.24	58201.93
5+780.00	13.21	6.29	98.44	63.61	17453.75	75620.85	58167.1
5+790.00	3.58	5.81	78.04	62.32	17531.8	75683.17	58151.37
5+800.00	3.55	5.82	35.18	58.65	17566.98	75741.82	58174.84
5+820.00	5.20	6.68	84.29	127.66	17651.27	75869.48	58218.21
5+850.00	1.28	7.64	104.92	205.59	17756.19	76075.08	58318.89
5+860.00	0.13	9.32	5.83	92.83	17762.02	76167.9	58405.89
5+880.00	0.13	11.05	2.77	198.51	17764.79	76366.41	58601.62
5+900.00	0.20	14.09	3.34	250.04	17768.13	76616.46	58848.32
5+910.00	3.35	11.22	18.82	124.4	17786.96	76740.86	58953.9
5+920.00	1.68	4.14	27.63	74.19	17814.59	76815.05	59000.46
5+940.00	3.04	1.97	47.21	61.07	17861.8	76876.12	59014.32
5+960.00	11.29	1.9	151.93	37.68	18013.73	76913.8	58900.07
5+980.00	4.68	6.61	159.66	85.08	18173.39	76998.87	58825.48
6+000.00	2.37	9.08	70.41	156.83	18243.81	77155.7	58911.9
6+020.00	3.41	8.32	57.74	173.93	18301.55	77329.63	59028.08
6+040.00	10.24	1.84	112.07	110.88	18413.62	77440.51	59026.9
6+050.00	0.67	13.56	51.22	78.11	18464.83	77518.62	59053.79
6+060.00	16.44	2.07	127.65	72.43	18592.49	77591.05	58998.56
6+080.00	20.69	3.07	346.17	52.58	18938.66	77643.63	58704.97
6+100.00	0.00	9.31	209.39	123.44	19148.04	77767.07	58619.03
6+120.00	0.00	8.13	0.00	170.46	19148.04	77937.52	58789.48
6+140.00	0.00	5.94	0.00	140.64	19148.04	78078.16	58930.12
6+160.00	1.43	3.15	14.33	90.84	19162.37	78169.01	59006.64
6+170.00	1.14	2.06	13.08	25.59	19175.45	78194.6	59019.15
6+180.00	1.86	1.65	18.16	14.79	19193.61	78209.38	59015.77
6+200.00	1.56	1.9	1.56	1.17	19195.18	78210.55	59015.38