

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM Y LAST PLANNER SYSTEM EN LA
EJECUCIÓN DE UN PROYECTO DE CARRETERAS: ANÁLISIS COMPARATIVO
CON EL MÉTODO TRADICIONAL PARA LA MEJORA DE LOS COSTOS Y
TIEMPOS DE EJECUCIÓN**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera Civil

AUTORA:

Castro Rafael, Pamela Roxana

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR:

Achulli Valderrama, Max Jercy

ASESOR:

Zapata Carreño, Jaime Francisco


Lima, 2025

Informe de Similitud

Yo, **Jaime Francisco Zapata Carreño**, docente de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor de la tesis de investigación titulada **“APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM Y LAST PLANNER SYSTEM EN LA EJECUCIÓN DE UN PROYECTO DE CARRETERAS: ANÁLISIS COMPARATIVO CON EL MÉTODO TRADICIONAL PARA LA MEJORA DE LOS COSTOS Y TIEMPOS DE EJECUCIÓN”**, tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil de los autores **Castro Rafael, Pamela Roxana y Achulli Valderrama, Max Jercy**, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 18%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 19/01/2026.
- He revisado con detalle dicho reporte y confirmo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio alguno.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lima, 19 de enero de 2026

Apellidos y nombres del asesor: <u>Zapata Carreño, Jaime Francisco</u>	
DNI: 08271914	
ORCID: 0000-0001-7662-8329	
Firma:	

Agradecimientos

A Dios por guiar nuestro camino y darnos el impulso para concluir con éxito esta etapa.

A Max, por ser el complemento ideal para culminar este proyecto y tener la fortaleza para apoyarnos mutuamente durante toda esta etapa universitaria.

A Pamela, por brindarme su amistad, apoyo y alegría, y por compartir conmigo cada desafío y logro a lo largo de esta etapa universitaria.

A nuestros padres y hermanos, por ser nuestra motivación, acompañarnos durante toda nuestra etapa universitaria y aconsejarnos con sabiduría.

Este logro es de ustedes.

A Mario Calle, por ser mi compañero desde el inicio de este proceso, por creer en mí cuando yo misma dudaba, por caminar a mi lado con amor y paciencia, gracias por nunca soltar mi mano.

A mi abuela Brígida y Estephany por cuidarme desde lo más alto, este logro es un paso más hacia la promesa que les hice.

Gracias.

Resumen

En el contexto peruano, la aplicación del BIM en proyectos de infraestructura vial aún se encuentra en una etapa inicial, concentrándose principalmente en la fase de diseño y con escasa integración en la ejecución y operación. Asimismo, el uso del Last Planner System (LPS) en este tipo de proyectos es limitado, pese a que ambos enfoques pueden contribuir significativamente a reducir la alta variabilidad característica del sector. BIM permite integrar modelos y datos para obtener metrados precisos, identificar interferencias y simular la secuencia constructiva del proyecto mediante modelos 4D. Esta simulación facilita la visualización del proceso y la verificación del cumplimiento del cronograma, aportando información valiosa para los compromisos semanales según lo planificado. De esta forma, el uso combinado de BIM y LPS favorece una planificación colaborativa y una ejecución más eficiente.

La presente investigación tiene como objetivo aplicar la metodología BIM y el sistema LPS en la fase de ejecución del proyecto de acceso vial en el tramo Accu–Wischachany, en Apurímac, con el fin de optimizar los costos y tiempos de construcción. Por su carácter aplicativo, adopta un enfoque cuantitativo orientado a evaluar el impacto de ambas metodologías mediante la comparación de costos y plazos frente al método convencional. El desarrollo de la investigación se estructura en dos etapas complementarias. La primera corresponde a la creación y federación de los modelos BIM, a partir de los cuales se realiza la extracción de metrados con mayor precisión, lo que permite sustentar los nuevos costos. La segunda etapa comprende la propuesta de planificación por niveles basada en el sistema LPS, que se apoya en una sectorización propuesta y definida en el modelado. Finalmente, se lleva a cabo la simulación del cronograma planificado con el propósito de evaluar la eficiencia y coherencia de la planificación propuesta.

Los resultados obtenidos evidencian una mejora significativa en la capacidad de control y seguimiento del proyecto durante la fase de ejecución, superando las limitaciones de coordinación y planificación propias del enfoque tradicional. La simulación basada en la metodología LPS permitió estimar que el proyecto podría ejecutarse en un plazo de aproximadamente cuatro meses, logrando el cumplimiento del 100 % de las partidas previstas, incluidas las actividades críticas, lo que representa una reducción frente al cronograma convencional. Asimismo, la aplicación de la metodología BIM permitió optimizar los costos asociados al movimiento de tierra, la partida más influyente en el costo directo del proyecto, logrando una reducción aproximada del 12 % en comparación con el método tradicional.

Tabla de contenido

CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1 Descripción del problema.....	1
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivos generales	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 Justificación.....	3
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	6
2.1 Antecedentes	6
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	6
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	9
2.2 Bases teóricas	12
2.2.1 Metodología BIM.....	12
2.2.1.1 Simulación BIM	16
2.2.1.2 Marco legal peruano sobre BIM.....	17
2.2.1.3. Dimensiones BIM	18
2.2.1.4 Ventajas y barreras de incorporar BIM en proyectos de infraestructura	19
2.2.1.5 BIM en proyectos de infraestructura vial	20
2.2.2. Metodología convencional	21
2.2.3. Herramientas de modelado BIM para proyectos viales.....	21
2.2.4. Clasificación de carreteras	23
2.2.4.1. Clasificación por demanda	23
2.2.4.2. Clasificación por orografía.....	24
2.2.6. Last Planner System	24
2.2.6.1 Niveles del Last Planner System (LPS)	25
2.2.6.2 Herramientas del Last Planner System (LPS)	30
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA.....	32
3.1. Modelación y coordinación	32
3.2. Planificación y simulación 4D	33
CAPÍTULO 4: CASO DE ESTUDIO	35
4.1. Presentación del caso de estudio	35
4.2. Aspectos técnicos del diseño geométrico del proyecto	36
4.3. Descripción de obras de arte y drenaje.....	37
4.4. Diseño de pavimento	38
4.5. Obtención de metrados y costos del proyecto	39
4.6. Planificación empleada en la ejecución del proyecto.....	41
CAPÍTULO 5: APLICACIÓN DE BIM Y LPS EN CASO DE ESTUDIO.....	44
5.1. Consideraciones para la implementación BIM	44
5.1.1. Requisitos del cliente y plan de ejecución BIM	44
5.1.2. Softwares utilizados e interoperabilidad	45

5.1.3. Estandarización de modelos	46
5.1.4. Etapas de modelado BIM del proyecto	47
5.1.4.1. Etapa 01 – Procesamiento topográfico en civil 3D.	47
5.1.4.2. Etapa 02 – Modelado del alineamiento y secciones transversales	47
5.1.4.3. Etapa 03 – Modelado de drenaje y estructuras menores	48
5.1.4.4. Etapa 04 – Federación de modelos BIM	48
5.1.4.5. Etapa 05 – Validación conjunta de modelos BIM en sesiones ICE	49
5.1.4.6. Etapa 06 – Planificación 4D	50
5.2. Aplicación de Last Planner System.....	50
5.2.1. Master Plan del Proyecto.....	50
5.2.2. Plan de fases	52
5.2.2.1. Factores Clave de Éxito.....	59
5.2.2.2. Identificación de Restricciones Críticas	59
5.2.3. Planificación a corto plazo (Lookahead Planning).....	61
5.2.3.1 Análisis de restricciones	62
5.2.4. Planificación Semanal	63
5.3. Sinergia BIM y Last Planner System	64
5.3.1. Simulación 4D.....	64
5.3.2 Metrados y Costos sincerados	66
5.3.2.1 Comparación de metrados y costos entre partidas planificadas mediante la metodología tradicional y las partidas realmente ejecutadas en obra	66
5.3.2.2 Comparación de metrados: enfoque tradicional y BIM	70
5.3.2.3 Comparación de costos: metodología tradicional vs. metodología BIM ...	72
5.3.2.4 Propuesta de valorización mensual con base en metrados BIM	75
CAPÍTULO 6: DISCUSIÓN DE RESULTADOS	76
6.1. Modelamiento y coordinación BIM	76
6.2. Planificación mediante LPS y simulación 4D.....	77
6.3. Costos del proyecto BIM vs Metodología Tradicional	80
6.3.1. Comparación entre partidas planificadas y las realmente ejecutadas.....	80
6.3.2. Cuadro comparativo entre la metodología tradicional vs BIM	81
6.3.3. Propuesta de valorización mensual con base en metrados BIM	83
CONCLUSIONES	85
RECOMENDACIONES	87
BIBLIOGRAFÍA:.....	89

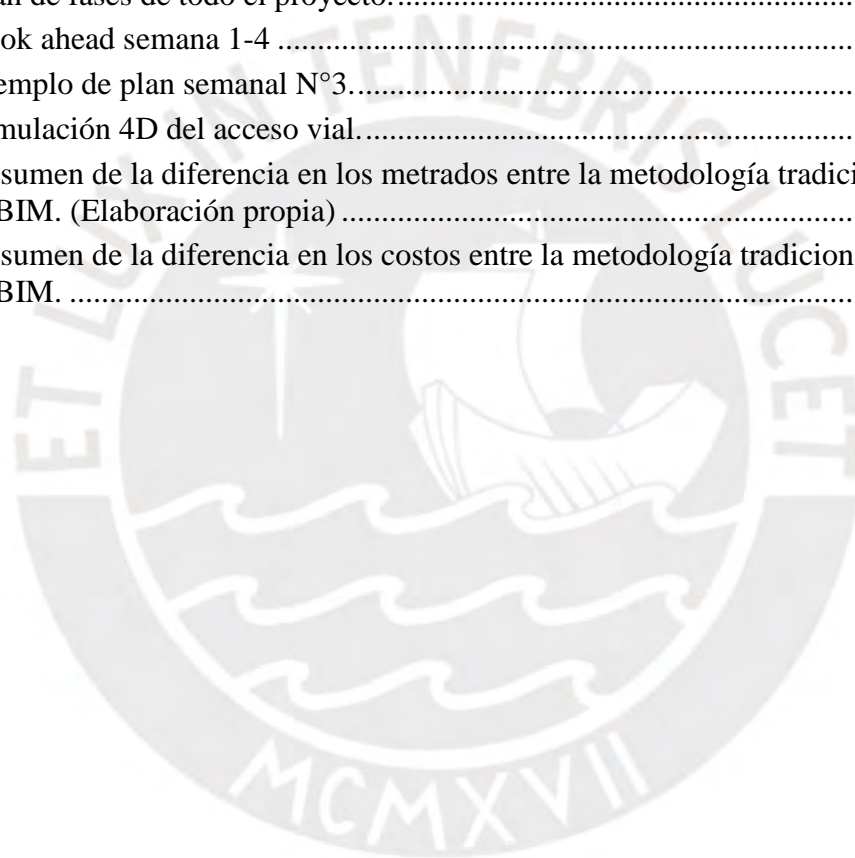
Índice de tablas

Tabla N°1. Descripción de las dimensiones BIM.....	18
Tabla N°2. Descripción de las ventajas y barreras que se presentan al momento de incorporar BIM en proyectos.	19
Tabla N°3. Presupuesto físico mensual programado en el expediente técnico	40
Tabla N°4 Presupuesto físico mensual realmente ejecutado	41
Tabla N°5. Fechas importantes en la ejecución del proyecto.....	43
Tabla N°6. Secciones del Requisito de Información del Empleador (EIR)	44
Tabla N°7. Secciones del Plan de Ejecución BIM (PEB)	45
Tabla N°8. Tipo de material para cada tramo de carretera.	53
Tabla N°9. Cuantificación de las cantidades de obra: partidas planificadas vs partidas realmente ejecutadas.	67
Tabla N°10. Cuantificación de costos de obra: partidas planificadas vs partidas realmente ejecutadas.	69
Tabla N°11. Comparación de metrados: metodología tradicional vs metodología BIM	71
Tabla N°12. Comparación de costos : metodología tradicional vs metodología BIM.....	73
Tabla N°14. Aportes de la asistencia BIM en la planificación.....	79
Tabla N°15. Comparación entre costos planificados y ejecutados.....	81
Tabla N°16. Resumen de las valorizaciones mensuales planteadas inicialmente y planteadas mediante la metodología BIM.....	84
Tabla N°17. Resumen de los avances mensuales de obra de la metodología tradicional vs metodología BIM.	84

Índice de figuras

Figura 1. Partes involucradas en la gestión de la información.....	13
Figura 2. Roles y responsabilidades en la gestión de la información.....	14
Figura 3. Nivel de Desarrollo.....	15
Figura 4. Esquema debe-se hará-puede.....	25
Figura 5. Calendario visual de la herramienta Pull Planning aplicado por fases.	26
Figura 6. Lookahead Planning para un horizonte de 4 semanas.	27
Figura 7. Listado de restricciones	28
Figura 8. Plan semanal.	29
Figura 9. Tren de trabajo para construcción de vías.....	31
Figura 10. Trazo del tramo de carretera a ejecutar	35
Figura 11. División de la carretera según tipo de material del terreno.....	36
Figura 12. Secciones típicas de la vía.....	37
Figura 13. Ubicación de alcantarillas TMC.	37
Figura 14. Detalle de cuneta lateral.....	38
Figura 15. Pavimento a nivel de afirmado e=20cm.	38
Figura 16. Cronograma inicial del proyecto.....	42
Figura 17. Modelado de la alcantarilla en Revit.	48

Figura 18. Federación del modelo Civil 3D y modelo Revit.	49
Figura 19. Federación del modelo Civil 3D y modelo Infracore.	49
Figura 20. Plan maestro del proyecto.	51
Figura 21. Pasos para definir una fase.	52
Figura 22. Sectorización del proyecto de carreteras.	53
Figura 23. Nivel de productividad según dificultad.	54
Figura 24. Ritmo de producción para corte de material suelto.	55
Figura 25. Ritmo de producción para corte de roca fija y suelta.	56
Figura 26. Ritmo de producción de pavimento a nivel de afirmado.	57
Figura 27. Ritmo de producción de pavimento a nivel de afirmado.	58
Figura 28. Ritmo de producción fase de señalización y manejo ambiental.	58
Figura 29. Plan de fases de todo el proyecto.	60
Figura 30. Look ahead semana 1-4	61
Figura 31. Ejemplo de plan semanal N°3.	63
Figura 32. Simulación 4D del acceso vial.	65
Figura 33. Resumen de la diferencia en los metrados entre la metodología tradicional y la metodología BIM. (Elaboración propia)	82
Figura 34. Resumen de la diferencia en los costos entre la metodología tradicional y la metodología BIM.	82



CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

Actualmente, en el contexto peruano, la aplicación BIM se ha desarrollado principalmente en proyectos de edificaciones, mientras que su implementación en proyectos de infraestructura vial ha sido limitada y no homogénea, concentrándose mayormente en proyectos de envergadura y, en muchos casos, solo en etapas específicas del ciclo de vida del proyecto. En particular, en los proyectos viales pequeños y medianos, se evidencia una clara carencia en el empleo de BIM durante las fases de diseño definitivo, ejecución, puesta en marcha y operación. Gran parte de estos proyectos continúan elaborándose bajo una metodología tradicional, basada en diseños geométricos en 2D mediante planos en planta, perfil y sección transversal, así como en instrumentos de control y transferencia de información que suelen desarrollarse de manera manual y fragmentada.

La falta de herramientas integradas y modelos precisos conduce a la generación de metrados sobreestimados. Esto, a su vez, deriva en sobrecostos, ampliaciones de plazos contractuales, solicitudes de adiciones presupuestales e incluso en la paralización parcial de las obras, producto de estimaciones inadecuadas tanto en costos como en plazos de ejecución. Reconociendo estos desafíos, el Organismo Supervisor de las Contrataciones del Estado (OSCE) ha aprobado la Directiva N.º 003-2022-OSCE/CD, que establece las bases estándar para los procedimientos de selección en proyectos piloto que utilicen BIM, con el objetivo de mejorar la eficiencia y precisión en la ejecución de obras públicas.

Así mismo, gran parte del sector de infraestructura vial limita el uso de Civil 3D al diseño geométrico vial operado bajo un enfoque tradicional, demostrando desinformación sobre las capacidades de este software como herramienta BIM, ya que permite modelar objetos inteligentes (como corredores o superficies), extraer datos técnicos e interoperar con plataformas como Infracore, Navisworks y Revit para trabajar en un entorno colaborativo. Por ello, es clave aprovechar todas sus capacidades y comprender que un verdadero modelo BIM surge al integrar múltiples disciplinas y datos dentro de un entorno común de datos (CDE). Por lo tanto, debido a que son muy pocas las empresas de construcción vial que incorporan la metodología BIM en sus diseños y ejecución, se abre una amplia gama de oportunidades para implementar dicha herramienta en distintas especialidades del rubro vial, considerando aspectos como: topografía, movimiento de tierras, obras de arte y drenaje, estructuras, pavimentación y señalética en entornos colaborativos.

En las últimas décadas, el sector de la construcción ha experimentado un incremento significativo en la complejidad de los proyectos, debido al aumento en su escala, alcance técnico y número de actores involucrados. Esta situación exige una gestión más eficiente de los recursos, la información y la coordinación interdisciplinaria, aspectos que resultan difíciles de abordar adecuadamente mediante metodologías convencionales. No obstante, en la práctica, muchas empresas continúan desarrollando proyectos bajo enfoques tradicionales, caracterizados por una planificación limitada, escasa integración entre especialidades y un bajo nivel de adopción de nuevas metodologías de gestión. A ello se suma la falta de capacitación técnica y de herramientas modernas de planificación, lo que impide alcanzar los resultados esperados en términos de costos, plazos y calidad. En este contexto, los lineamientos convencionales empleados durante la ejecución de obras resultan insuficientes para la gestión de la construcción, siendo frecuente que las deficiencias originadas en las fases de diseño definitivo se manifiesten durante la etapa de construcción.

Por otro lado, se cuenta hoy en día con un proceso de construcción con altos factores de variabilidad e incertidumbre en el flujo del trabajo diario realizado por los operarios y maquinarias. Esto conduce a no alcanzar las metas establecidas en la planificación inicial de la obra, lo que se traduce en un impacto en cuanto costo y en el incumplimiento de los plazos de entrega del proyecto. En este contexto, el uso de métodos de planificación estáticos y rígidos para buscar la ejecución puntual de partidas, el soporte logístico inmediato y una productividad constante de maquinaria y personal resultan ineficaces en los proyectos viales. Esto se debe a que este tipo de obras demanda un enfoque más flexible y colaborativo, dado que cada proyecto posee características particulares y enfrenta restricciones específicas que deben ser identificadas y gestionadas de manera anticipada para garantizar su correcta ejecución.

La presente tesis presenta como caso de estudio el proyecto de acceso vial Accu-Wiscachany, ubicado en la provincia de Antabamba, departamento de Apurímac. Este proyecto cuenta con una extensión de 3+108.00 km y se había planificado para ejecutarse en 03 meses, tiempo que no fue cumplido debido a diversos factores y se dejaron partidas inconclusas. El diseño se realizó de acuerdo a los lineamientos de metodología convencional basado en planos 2D lo que generó problemas como duplicación de trabajo y costos adicionales como consecuencia. Además, la planificación de la obra se realizó mediante diagramas gantt tradicionales que suelen requerir una constante reprogramación debido a la poca claridad en la secuencia constructiva.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivos generales

- Aplicar la metodología BIM y Last Planner System en la fase de ejecución del proyecto del acceso vial en el tramo Accu-Wiscachany, Antabamba, Apurímac para la mejora de los costos y tiempos de ejecución.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar el modelamiento BIM mediante softwares especializados para el proyecto vial propuesto.
- Emplear modelos BIM y la herramienta Last Planner System para la planificación efectiva en la fase de ejecución del proyecto.
- Emplear modelos BIM para generar metrados sincerados que faciliten el control de costos y seguimiento presupuestario del proyecto.
- Validar las propuestas mediante entrevistas y encuestas a profesionales especialistas en el rubro.
- Comparar el uso de la metodología BIM y Last Planner System versus el enfoque tradicional para la ejecución del proyecto de infraestructura vial.

1.3 Justificación

En los últimos años, la metodología BIM ha comenzado a incorporarse progresivamente en el sector de la construcción, especialmente en proyectos desarrollados por el ámbito privado. Sin embargo, en el sector público su adopción aún presenta importantes limitaciones, tanto en términos de implementación como de estandarización. Asimismo, el uso de BIM se ha concentrado principalmente en proyectos de edificación, mientras que su aplicación en obras lineales sigue siendo limitada y poco documentada en la literatura especializada. Diversos estudios señalan que, pese a ello, la implementación de BIM en proyectos de infraestructura representa una oportunidad significativa para generar valor durante todas las etapas del ciclo de vida del proyecto (Fanning et al., 2015).

En este contexto, si bien lo ideal es que la implementación de la metodología BIM se inicie desde la fase de diseño con el fin de facilitar la compatibilización de especialidades y optimizar la transición hacia la ejecución, la presente investigación busca demostrar que su aplicación en la fase de construcción, incluso cuando se parte de un expediente técnico desarrollado bajo un enfoque tradicional, puede generar ventajas significativas en el control de tiempos y costos del proyecto. En el ámbito de la infraestructura, numerosos proyectos suelen estar asociados a sobrecostos, incumplimientos de plazos y modificaciones de especificaciones durante la ejecución, situaciones que afectan negativamente su desempeño y gestión (Arce, 2009); asimismo, diversos estudios han señalado la relación de este tipo de proyectos con prácticas de corrupción, lo que incrementa los riesgos técnicos y económicos involucrados (Gómez, Herrera, & Henao, 2017).

De acuerdo con información oficial del año 2022, se registraron aproximadamente 16000 obras públicas en ejecución a nivel nacional, de las cuales cerca del 24 % corresponden al sector Transporte y Comunicaciones. No obstante, en el mismo periodo se reportaron alrededor de 3000 obras paralizadas, situación atribuida principalmente a deficiencias durante la ejecución y al incumplimiento de los plazos contractuales (Contraloría General de la República, 2022). En este contexto, Castilla (2023) señala que históricamente en el país persisten limitaciones en la capacidad de gestión de los proyectos públicos, evidenciadas en debilidades en la planificación, el presupuesto y la ejecución, asociadas a la limitada formación en metodología modernas, así como a deficiencias en los procesos de supervisión, control de calidad y coordinación entre los actores involucrados.

Por lo tanto, aquí recae la importancia de no solo tener un modelo espacial con información valiosa en sus elementos, sino también que se complemente con la implementación de herramientas de Lean Construction como Last Planner System que consiste en una planificación colaborativa y cíclica, permite realizar un plan maestro con hitos clave, la planificación por fases, la planificación a mediano plazo (Lookahead), la planificación semanal y el seguimiento diario para optimizar el cronograma de ejecución e incrementar la productividad, este proceso asistido por un modelo BIM facilita una programación con más probabilidad de cumplimiento. Además, la sinergia de esta herramienta con BIM permitiría entrar al campo de la simulación del proceso constructivo y ajustar el plan de ejecución en base a los resultados obtenidos.

La aplicación del sistema Last Planner en proyectos de carreteras podría mejorar significativamente el cumplimiento de los plazos establecidos, minimizando retrasos y optimizando la coordinación entre las distintas fases de la obra. Esto se lograría a través de una planificación por niveles, la identificación temprana de restricciones, el monitoreo continuo de indicadores como el Porcentaje de Plan Cumplido (PPC), y el análisis sistemático de las causas de no cumplimiento. Además, el LPS incorpora herramientas colaborativas que fortalecen la toma de decisiones y la gestión de compromisos en campo. Adicionalmente, la visualización del proyecto georreferenciado permitiría lograr un mayor entendimiento de los operarios en campo sobre la actividad en la que están involucrados y quede claro las tareas a cumplir por sector.

En lo referente a la elaboración del presupuesto, específicamente en la definición de cantidades y partidas, el enfoque tradicional suele presentar una simplificación excesiva de los ítems y un incremento de los metrados durante la etapa de construcción, debido al limitado nivel de detalle entre actividades y a la estimación de precios basada en referencias generales, como revistas especializadas (Junqui et al., 2022). En contraste, la metodología BIM permite complementar el presupuesto mediante la obtención de metrados más precisos, la definición de partidas con mayor nivel de detalle y la implementación de un control presupuestario en tiempo casi real, aspectos fundamentales para prevenir sobrecostos y asegurar una adecuada valorización de cada etapa del proyecto. Estas ventajas se sustentan en la vinculación directa del presupuesto con los elementos paramétricos del modelo digital, generados a partir del modelamiento en software especializado.

Esta investigación permitirá validar y documentar el impacto de BIM en la optimización de los recursos en proyectos viales y los beneficios del Last Planner System en el control de la ejecución del proyecto, lo que podría convertirse en una referencia para futuras obras de infraestructura en la región, promoviendo un uso más amplio y efectivo de esta metodología en beneficio de la sostenibilidad y eficiencia de los proyectos.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Internacionales.

La autora de Paz (2019) en su máster universitario “Aplicación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en el diseño de una glorieta en la carretera CV-310 PK 15+750 en la provincia de Valencia” , Universidad Politécnica de Valencia -España. Se plantea un modelo digital 4D de una glorieta de carretera convencional, optimizando el diseño mediante la detección de interferencias e integración de información en un entorno común. Es una investigación aplicada de desarrollo que incluye el modelamiento de la infraestructura en el terreno destinado para su construcción. Posteriormente, se realizará el modelado digital de la infraestructura rediseñada en base a la propuesta de mejora. Finalmente, se realizará la ejecución de un modelo 4D, conjunto a una maquetación del modelo que permita mayor interacción y mejor visualización de la infraestructura para los agentes involucrados en el proceso de diseño, construcción y conservación; así como la simulación del grado de integración de la infraestructura con el entorno.

Entre las conclusiones más importantes se encuentra que BIM implica la integración de otras dimensiones (tiempo, costo, sostenibilidad, gestión del ciclo de vida , etc.). Así mismo, la integración de un entorno BIM permite observar detalles realizados en la concepción inicial del diseño; visualizar la cronología de actividades para tener un mayor control; comprender los posibles requerimientos en obra e integrar la planificación de la obra realmente ejecutada (Autodesk Navisworks).

Esta tesis es relevante pues permite corroborar que con la metodología BIM se puede obtener un mejor control de la obra, mayor integración de la planificación real, mayor acercamiento a la cronología del proyecto y la posibilidad de reducir los tiempos asignados. Asimismo, demuestra las distintas dimensiones del BIM en costos y sostenibilidad a largo de la metodología planteada por lo cual se podrá tomar como referencia para analizar estas dimensiones en el caso de estudio planteado.

La autora Costa (2020) en su tesis de Ingeniería en Construcción “ Implementación de la Metodología BIM en el Diseño de Proyectos de Infraestructura Vial de la Organización INTRA Consultores”, plantea implementar la metodología BIM en el proceso de diseño de la organización INTRA Consultores. La autora inicia el proyecto con la investigación y

evaluación de la matriz de implementación BIM para verificar el grado de madurez y determinar las acciones en desarrollo y por implementar de la organización, con el fin de mejorar su competitividad en el mercado de la Ingeniería Vial del país. Inicialmente, se debe realizar una revisión de literatura exhaustiva (investigación cualitativa). Luego, se realizará un tipo de investigación observacional, con el fin de analizar variables y extraer conclusiones.

La organización utiliza los softwares Istram y Civil 3D para el diseño geométrico, permitiendo modelado en 3D, control de elementos y optimización de proyectos. Sin embargo, enfrenta desafíos como la falta de una plataforma colaborativa en la nube para compartir información actualizada y aprovechar al máximo las herramientas BIM. Se han definido estrategias iniciales en planificación, implementación y mantenimiento para cada pilar del BIM: Personas, Procesos y Tecnología, identificando brechas y oportunidades de mejora. Aunque se han logrado avances en la documentación de procesos y la incorporación de tecnología, aún faltan metodologías formalizadas para medir el impacto y mejorar continuamente. Finalmente, el Plan de Acción busca guiar la elaboración de Planes de Ejecución BIM para garantizar calidad en proyectos clave, como los Centros de Control Fronterizos, integrando un modelo BIM 5D relacional.

Este artículo es importante para la presente investigación porque define las estrategias iniciales para la implementación de la metodología BIM en cada pilar. A pesar que se enfoca en otra fase, en la de diseño, contribuye notoriamente en la revisión literaria y uso de los software para el modelamiento.

Los autores Vignali; Acerra; Lantieri; Di Vincenzo; Piacentini & Pancaldi (2021) en su artículo “Building information Modelling (BIM) application for an existing road infrastructure”, proponen como objetivo la implementación del enfoque BIM para la rehabilitación y optimización de un tramo de carretera existente. El estudio se centra en un segmento de la carretera SS 245, ubicada en el norte de Italia donde intersecta la línea ferroviaria Castelfranco-Bassano. Es una investigación aplicada ya que se usa BIM para el diseño y obtener información valiosa para el proyecto.

Los autores para el diseño funcional y geométrico usaron “Autodesk Civil 3D”, “Revit Structure” y “STR Vision CPM”. Las estimaciones de costo obtenidos considerando los carriles de carreteras y bicicletas, rotonda y túnel fueron 14%, 18% y 68% del costo total del proyecto respectivamente. Asimismo, destacan que las etapas desarrolladas en este estudio

incluyeron: a) la elaboración del modelo digital tridimensional del terreno basado en la nube de puntos; b) el diseño del trazado horizontal, los perfiles verticales y la modificación de secciones transversales; c) el modelado del túnel mediante hincado; d) la creación de la rotonda; e) la generación del modelo paramétrico en 3D de la vía; y f) la visualización de la infraestructura integrada en su contexto real.

Este artículo es importante para la presente investigación porque demuestra que con la metodología BIM se puede obtener un presupuesto correcto que permita asegurar la ejecución del proyecto sin mayores contratiempos por falta de recursos. Asimismo, el flujo de trabajo que se presenta es una guía bien planteada que se puede tomar como referencia para formular el plan de ejecución BIM en el caso de estudio planteado.

Santos (2021), en su tesis titulada “Aplicación de la metodología Building Information Modeling (BIM) para el rediseño de la intersección localizada en el PK 3+477 de la carretera TF-652 en la provincia de Santa Cruz de Tenerife”, plantea realizar un modelo virtual que represente la solución adoptada en base a un rediseño y permita planificar la obra identificando los procesos constructivos y los plazos de ejecución mediante Naviswork. Es una investigación aplicada con enfoque cuantitativo porque se usa el software Istram para el modelado y obtención de datos como volúmenes de terreno y de materiales para pavimentación. Asimismo, realiza un estudio de tráfico mediante la obtención de datos en campo.

El autor destaca que la metodología BIM aporta numerosos beneficios tanto en la fase de diseño como en la etapa de construcción. Durante el diseño, permite tomar decisiones tempranas, mejorar la calidad del proyecto y detectar interferencias de diseño. En la construcción, facilita un control más eficiente de la documentación, optimiza la gestión de costos, reduce errores en la planificación, mejora el seguimiento de los trabajos y aumenta la seguridad y salud en obra identificando la matriz de riesgo. Además, mediante el uso de BIM, se determinó un presupuesto de 149,227.07 euros y un plazo de ejecución estimado en tres meses o 70 días laborables.

Este trabajo de máster resulta relevante para la investigación al integrar en el modelo digital aspectos relacionados con la planificación y los costos a través de diferentes herramientas digitales. Por ello, se considera una referencia importante, ya que incluye un plan de ejecución BIM bien estructurado y aborda variables clave que son de nuestro interés.

2.1.2. Antecedentes Nacionales.

Ulloa (2019), en su tesis titulada “Herramientas virtuales (BIM) para el diseño y modelado de obras de infraestructura vial-paso a desnivel”, analiza los beneficios del uso de herramientas virtuales BIM de Autodesk, como InfraWorks 2020 y AutoCAD Civil 3D, en las etapas de diseño y modelado de proyectos de infraestructura vial. El trabajo incluye como caso de estudio un paso a desnivel en el campus UNI-CISMID y emplea herramientas de la familia Autodesk, específicamente InfraWorks 2020. Se trata de un estudio aplicativo que desarrolla el modelado y compara los resultados obtenidos mediante esta metodología BIM, destacando su potencial para la gestión de información virtual en proyectos de infraestructura vial.

Los principales hallazgos se centran en la comparación de perfiles y secciones, los diagramas de masas y la verificación de la precisión en planta y elevación, aplicados al alineamiento seleccionado en superficies obtenidas tanto por métodos tradicionales (estación total) como por fotogrametría con dron. Asimismo, se presentan los planos correspondientes a la etapa final del proyecto. Por otro lado, entre las conclusiones más relevantes se resalta que el flujo de trabajo BIM propuesto elimina ambigüedades, así como la necesidad de utilizar fotografías terrestres y dibujos a mano alzada. Además, se concluye que la fotogrametría mediante dron simplifica el levantamiento topográfico en áreas previamente inaccesibles con métodos convencionales.

Esta tesis es relevante dado que aporta conocimientos técnicos para la realización del levantamiento topográfico, comparación del método tradicional versus fotogrametría, clasificación vial y diseño geométrico. Nos permite observar el criterio del autor y flujo de trabajo para realizar el modelamiento de las secciones de infraestructura respecto al levantamiento de los perfiles y puntos; así como, el análisis y diseño de la infraestructura vial con Autocad Civil 3D.

Según Maquera (2022), en su tesis “Comparación de volúmenes de movimiento de tierras obtenidos por el método tradicional y BIM en el diseño geométrico de la carretera Huaquina – Chucasuyo km 5+000 al km 12+500 Juli, Chucuito, Puno”, analiza las diferencias en los volúmenes de corte y relleno calculados mediante la metodología tradicional y la metodología BIM. Su investigación toma como caso de estudio la carretera Huaquina-Chucasuyo, en el tramo comprendido entre el Km 5+000.00 y el Km 12+500.00,

perteneciente a la red vial departamental de Puno. Se trata de un estudio con enfoque cuantitativo, ya que se comparan valores numéricos con el fin de realizar una comparación de los resultados.

El autor obtuvo, mediante el método tradicional, un volumen de corte de 36,563.20 m³ y un volumen de relleno de 18,364.60 m³, calculados en intervalos de 10 metros. Con la metodología BIM, los volúmenes obtenidos fueron de 36,506.53 m³ para corte y 18,293.79 m³ para relleno. Maquera destaca que en los proyectos nacionales de infraestructura vial se suele trabajar con intervalos de 10 metros o más, por lo que recomienda la metodología BIM, ya que permite obtener volúmenes de corte y relleno con mayor precisión.

Esta tesis es relevante para la presente investigación, pues evidencia una variación en la medición de volúmenes de movimiento de tierras al emplear el método tradicional frente a la metodología BIM en proyectos de carreteras. En este sentido, se plantea seguir un flujo de trabajo similar, ya que una medición precisa tiene una implicancia directa en el presupuesto, la cual es una variable de interés para esta investigación.

Tunque (2021) aplicación directa de una metodología y se va recabando información en el proceso. El autor concluye que esta metodología permite precisar la cuantificación de metros para movimiento de tierras, ya que por el método tradicional obtuvo un volumen de 117419.87 m³ y mediante BIM resultó en 587404.64m³. Una gran diferencia que sin lugar a duda afectó en los plazos y presupuesto del proyecto. También, resalta que con la aplicación de esta metodología la gestión de la información se da con mayor precisión en el análisis de costos unitarios, ya que al contar con un modelo virtual se puede planificar mejor los recursos destinados y ahorrar durante la ejecución. Finalmente, afirma que debido a una incorrecta cuantificación de volúmenes de corte y relleno, el plazo de ejecución cambió de 85 días calendario a 135 días calendario.

Esta tesis es relevante para la investigación, ya que aborda dos aspectos fundamentales: el cronograma y el presupuesto de un proyecto de carreteras. Su conclusión resulta especialmente interesante, ya que destaca que la metodología BIM no necesariamente reduce costos y tiempos; por el contrario, puede llevar a ajustar el presupuesto y los plazos para garantizar una ejecución adecuada, en conformidad con los estándares de calidad exigidos por la normativa.

Huacallo (2022), en su tesis “Estudio comparativo entre la metodología convencional y BIM 4D en la optimización del tiempo programado para la ejecución de una obra de infraestructura vial en etapa de diseño, Arequipa 2021, Perú”, plantea una comparación entre la metodología convencional y la metodología BIM enfocándose en la optimización de los procesos y el tiempo empleado en la etapa de diseño, teniendo como caso de estudio la vía que une el anexo de Uyupampa con la carretera 34 A, Yura, Arequipa. Es un estudio que incluye datos del expediente técnico realizado previamente de manera tradicional y la creación de un entorno colaborativo de diseño mediante software de modelamiento 3D como: Civil 3D, InfraWorks y Revit. Además, incluye la dimensión 4D para gestionar la programación de la obra a través de softwares como: Navisworks y Project. Es una investigación de enfoque cuantitativo y descriptivo, donde se compararon los resultados respecto a los lineamientos BIM 4D.

El autor resalta que la relación de los elementos 3D y el tiempo asignado para cada actividad, permitieron una mayor visualización del proyecto y una estimación más precisa de tiempos por partidas. Una de las conclusiones más relevantes se centra en la variación de metrados entre las metodologías convencional y BIM, esto ocurrió principalmente en dos actividades: movimiento de tierras y pavimentos flexible, siendo el porcentaje de variación de -81.82% y 103.39% respectivamente, para el caso de movimiento de tierras se obtuvo con la metodología BIM un valor menor con respecto a la metodología convencional porque se consideró en el metrado una duplicidad en el volumen de relleno. Gracias a la utilización de la metodología BIM y la implementación de softwares como Civil 3D e Infracworks, se logró calcular un metrado más preciso en la partida de pavimento flexible pues se permitió contemplar los sobreanchos de vías en las curvas a diferencia de la metodología tradicional que asigna un metrado sobreestimado sin considerar ciertas partidas.

Esta tesis es relevante dado que aporta significativamente en la presente investigación, desde el punto de vista que identifica las partidas de metrados con mayor posibilidad de incompatibilidades, maneja un adecuado flujo de trabajo que brinda un alcance sobre la posibilidad de concluir correctamente el presente trabajo, muestra resultados que evidencian una mejora en el etapa de diseño del proyecto respecto a la metodología tradicional reduciendo los días de ejecución del caso de estudio con una variación del 32.56% respecto a lo calculado tradicionalmente.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Metodología BIM

La literatura es muy amplia y tiene distintos conceptos sobre BIM, Coloma (2010) conceptualiza la metodología BIM como un enfoque integral que combina procesos de trabajo y herramientas digitales orientadas a la gestión de la información del proyecto de manera integrada, coherente y continua, mediante el uso de uno o varios modelos compatibles que concentran la información necesaria para las etapas de diseño, construcción y operación. El Building Information Modeling (BIM) se concibe como una metodología de trabajo colaborativa orientada a la creación, gestión y actualización de modelos digitales que integran la información del proyecto a lo largo de todo su ciclo de vida. Dichos modelos permiten incorporar información geométrica y no geométrica, incluyendo aspectos ambientales, costos, cronogramas, mantenimiento y operación, lo que favorece una gestión integral del proyecto (Almeida, 2019).

Según Succar (2013), especialista en la implementación de la metodología BIM, este enfoque se configura a partir de la interacción de tres campos fundamentales que, en conjunto, permiten una gestión integral de la información del proyecto. El primer campo corresponde a la tecnología, y está relacionado con el desarrollo de software, hardware y sistemas de red orientados a mejorar la conectividad y promover la integración interdisciplinaria entre los distintos actores de la industria de la construcción. El segundo campo es el de los procesos, el cual comprende a los profesionales responsables del diseño, gestión y mantenimiento de los proyectos constructivos. Finalmente, el campo de políticas abarca a los agentes encargados de formular investigaciones, difundir los resultados obtenidos e identificar riesgos, así como a las organizaciones que cumplen funciones preparatorias, regulatorias y contractuales durante las etapas de diseño, construcción y operación del proyecto.

El propósito principal de la metodología BIM, según la mayoría de marcos conceptuales, es integrar y coordinar de forma colaborativa toda la información del proyecto en un modelo de información único mediante un entorno común de datos, para que pueda ser usada de forma colaborativa por todas las disciplinas a lo largo de las fases del proyecto en las que se implementó la metodología. De esta manera, se optimiza la toma de decisiones y la eficiencia del proyecto.

Partes y equipos involucrados en la gestión de la información.

En BIM, la Parte que Designa (A) define los requisitos de información y supervisa su cumplimiento. La Parte Designada Principal (B) coordina la gestión de la información para cumplir con los requisitos solicitados por el cliente y las Partes Designadas (C) desarrollan el contenido según su especialidad. Este flujo se articula entre equipos de proyecto, ejecución y trabajo, asegurando intercambio y coordinación continua de datos. Una correcta definición de responsabilidades optimiza la colaboración, garantizando la calidad y coherencia de la información del proyecto.

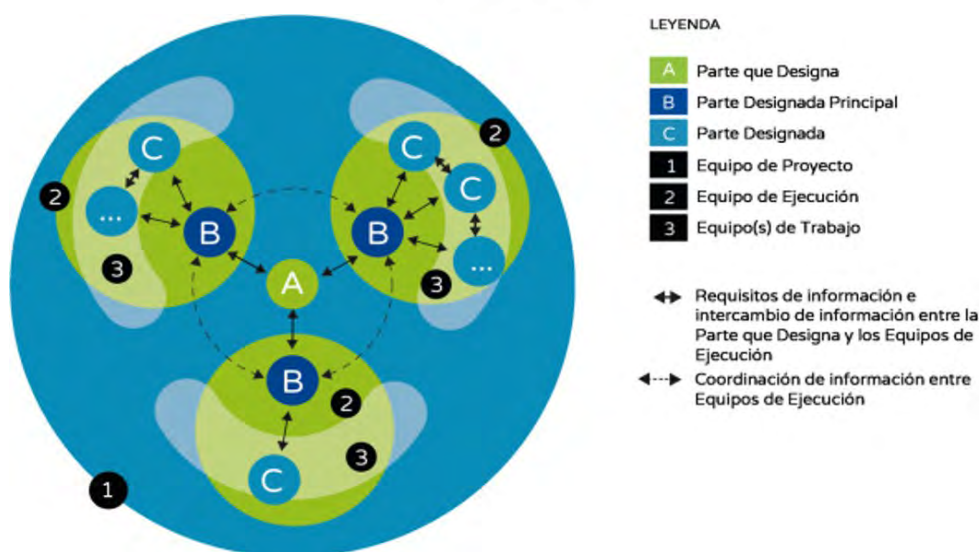


Figura 1. Partes involucradas en la gestión de la información.

Tomado de Guía Nacional BIM Perú adaptado de la NTP ISO 19650-2:2021.

Requisitos de Información del Empleador (EIR).

En el marco de la metodología BIM, los Requisitos de Información del Empleador (EIR, *Employer Information Requirements*) constituyen el documento mediante el cual el cliente especifica de forma clara y estructurada la información requerida, el formato y el nivel de desarrollo necesario, considerando todas las etapas del proyecto. Este documento es clave para alinear expectativas, establecer estándares y garantizar que los modelos y datos generados cumplan con los objetivos estratégicos y operativos. Según el Ministerio de Economía y Finanzas [MEF] (2020), los EIR deben incluir aspectos técnicos (niveles de desarrollo, formatos, codificación, software), comerciales (entregables, plazos, criterios de evaluación) y de gestión (procesos de revisión, validación y entrega de información).

Plan de Ejecución BIM (PEB / BEP).

El Plan de Ejecución BIM (PEB, o BEP por sus siglas en inglés *BIM Execution Plan*) es el documento mediante el cual la parte designada principal organiza cómo se producirá y gestionará la información BIM solicitada en el EIR. De acuerdo con el MEF (2021), este plan detalla la metodología de trabajo, los procesos, los flujos de información, las herramientas y estándares a emplear, así como los roles y responsabilidades asignadas a cada integrante del equipo. Puede presentarse de forma inicial o “previa” (antes de la adjudicación) y de forma definitiva (tras la adjudicación, ajustado a las condiciones reales del contrato), y es un documento que puede actualizarse a lo largo del diseño y la construcción, siempre con aprobación del cliente.

Roles y Responsabilidades en BIM.

La correcta implementación de BIM exige la definición de roles bien delimitados y responsabilidades precisas dentro del equipo de trabajo. El Ministerio de Economía y Finanzas (MEF, 2023) resalta que la asignación clara de estos roles en el Plan de Ejecución BIM (PEB) es esencial para fomentar la colaboración, prevenir duplicidades y asegurar la calidad de la información entregada al cliente.



Figura 2. Roles y responsabilidades en la gestión de la información.
Tomado de Guía Nacional BIM Perú.

Nivel de Desarrollo (LOD).

En el Plan BIM Perú, la definición de los niveles de detalle e información de los modelos se alinea con la norma ISO 19650, utilizando el concepto LOIN (Level of Information Need), que especifica de manera integrada el nivel de información geométrica, alfanumérica y documental requerido en cada etapa.

No obstante, otros estándares internacionales como el BIMForum y el American Institute of Architects (AIA) emplean el término LOD (Level of Development) para describir el grado de detalle, precisión y fiabilidad de los elementos modelados. El LOD no sólo caracteriza la geometría, sino también la madurez de los datos asociados, definiendo para qué usos es confiable el modelo en cada fase.

En estos estándares, los rangos LOD 100, 200, 300, 350, 400 y 500 abarcan desde representaciones conceptuales hasta modelos “as built” completamente verificados. El uso de LOD ofrece una manera práctica y ampliamente reconocida de comunicar el nivel de desarrollo esperado, aunque su terminología no forme parte del marco oficial del Plan BIM Perú.

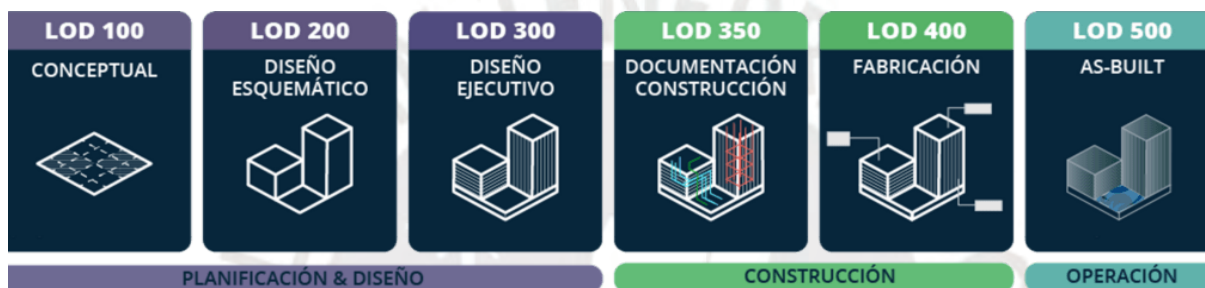


Figura 3. Nivel de Desarrollo.
Tomado del Blog Inesa Tech.

Nivel de información (LOI).

Este componente incluye los datos alfanuméricos que describen las características, atributos y especificaciones técnicas de los elementos modelados. En el Plan BIM Perú, el LOI se vincula directamente con la fase del ciclo de inversión, de manera que la cantidad y detalle de la información evolucionan progresivamente junto con el desarrollo del proyecto. En estándares internacionales como los del BIMForum o el AIA, la definición del nivel de información se integra dentro de la clasificación por LOD (Level of Development), que combina la representación geométrica con el contenido informativo. Aunque el enfoque del Plan BIM Perú no utiliza esta nomenclatura, la equivalencia conceptual permite adoptar rangos como *LOD 350* u otros para expresar, de forma práctica, el grado de desarrollo y confiabilidad del modelo.

Federación de modelos.

La interoperabilidad constituye uno de los aportes fundamentales de la metodología BIM, esta capacidad permite acceder e intercambiar información de distintos programas existentes o futuros y funcionar simultáneamente sin restricciones ni pérdida de información. La interconexión de distintos modelos BIM, creados en diversos programas, en un solo modelo se denomina “modelo federado”. La integración de diversas disciplinas en un solo modelo permite el procesamiento cooperativo entre ellas.

Entorno común de datos.

BIM permite modelar y gestionar la información de un proyecto, por lo general, en un modelo informático tridimensional que incorpora datos relativos a todo su ciclo de vida (Oliver, 2015). Para obtener un máximo rendimiento en la aplicación BIM se debe aplicar un gestión eficiente del espacio virtual donde se almacena toda la información del proyecto.

Según la ISO 19650 (2018), el Entorno Común de Datos (CDE) constituye un repositorio estructurado que alberga la información del proyecto y garantiza la colaboración entre las partes mediante el uso de una fuente única y controlada. Este entorno digital respalda procesos clave como la validación del diseño, la coordinación interdisciplinaria, el control del progreso constructivo y el análisis de conflictos entre especialidades.

2.2.1.1 Simulación BIM

La elaboración del modelo con la intención de brindar la información indispensable para registrar los inconvenientes de los proyectos de la construcción, con la anticipación necesaria para realizar un plan de contingencia o de lo contrario examinar las posibles soluciones, es una de las facultades más importantes que ofrece el BIM.

Implica contar con la documentación del proyecto en 3D y una estructura de descomposición por tareas, incluyendo duraciones y costos, que permita definir la secuencia de ejecución y su programación en MS Project. El objetivo es realizar una simulación del proceso para analizar en detalle su continuidad, identificar fallos de diseño, detectar el origen de problemas graves y generar oportunidades de mejora de manera oportuna. Esto ayuda a prevenir inconvenientes que podrían incrementar los costos y extender los plazos. (Choclán et al., s. f.).

La implementación de modelos digitales integrados representa un avance significativo para superar las deficiencias en la interoperabilidad de la información, ya que la falta de

compatibilidad entre los distintos sistemas suele dificultar el intercambio oportuno y preciso de datos entre los integrantes del equipo de proyecto. No obstante, la sola utilización de un modelo digital resulta insuficiente, por lo que es necesario incorporar nuevos procesos y adecuar los existentes para lograr una gestión eficiente de la información.

2.2.1.2 Marco legal peruano sobre BIM

La implementación del BIM en el Perú empezó en 2005 por las grandes constructoras interesadas en incrementar su productividad en los proyectos. Posteriormente, se crearon el Comité BIM del Perú (2012), el cual pertenece a la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO), y el Comité BIM (2018) del Centro de Innovación y Tecnología para la Industria de la Construcción (CITI).

En relación con el ámbito gubernamental en el Perú, el Comité Técnico de Normalización de Edificaciones y Obras de Ingeniería Civil, en coordinación con el Subcomité de Organización de la Información sobre Obras de Construcción, elaboró las primeras normas técnicas peruanas vinculadas a la metodología BIM, las cuales fueron oficialmente publicadas en el diario *El Peruano*.

-NTP-ISO/TS 12911:2018 Guía marco para el modelado de información de la edificación (BIM).

-NTP-ISO 29481-2:2018 Modelado de la información de los edificios. Manual de entrega de la información. Parte 2: Marco de trabajo para la interacción.

En el año 2018, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento conformó un grupo de trabajo orientado a establecer los requisitos técnicos mínimos para el desarrollo de modelos BIM. De manera paralela, el Ministerio de Economía y Finanzas del Perú presentó el Plan BIM Perú, el cual define los lineamientos técnicos que sustentan la toma de decisiones sobre la aplicación de metodologías colaborativas de modelamiento digital de la información en los proyectos de infraestructura pública, abarcando las etapas de formulación y evaluación, ejecución y operación de la inversión. La implementación de este plan busca sentar las bases para la adopción progresiva y consolidada de la metodología BIM en las obras públicas de infraestructura del país (Almeida, 2019).

2.2.1.3. Dimensiones BIM

En los proyectos desarrollados bajo enfoques tradicionales, la información suele presentarse mediante planos bidimensionales y documentos de especificaciones técnicas. No obstante, en el entorno BIM esta forma de representación evoluciona a través del uso de las denominadas dimensiones BIM, las cuales permiten una gestión más integral de la información del proyecto (Kjartansdóttir et al., 2017).

Tabla N°1. Descripción de las dimensiones BIM

BIM 3D	BIM 4D	BIM 5D	BIM 6D
Modelamiento de información	Programación de tiempos	Costos y Presupuestos	Comportamiento y sustentabilidad
<p>Modelo orientado a objetos.</p> <p>En esta dimensión se comienza a complementar los diseños y cálculos 2D con una visualización donde se representa todo el modelo con su geometría real y posición correcta. (Gonzalez, Rolando & Lesmes, Camilo, 2017)</p>	<p>Según Vera (2017), resulta de incorporar la variable tiempo al modelo BIM 3D, lo cual permite gestionar la dinámica del proyecto, realizar simulaciones de las distintas fases y compartir la información.</p> <p>Los modelos 4D representan una alternativa eficaz para el análisis de la ruta crítica, la elaboración de gráficos y la comprensión del cronograma del proyecto (Candelario-Garrido et al., 2017).</p>	<p>Se refiere a la vinculación de las partidas del presupuesto a través de un modelo 3D.</p> <p>Análisis de recursos como planificación y estimaciones de costos y recursos.</p> <p>Además la programación de gastos y evaluación de distintos métodos de costos más detallados. (Prado, Guillermo; 2018)</p>	<p>Está enfocado en la sostenibilidad y en la eficiencia energética del elemento construido.</p> <p>La aplicación del modelo BIM 3D en la fase de operación y mantenimiento proporciona al administrador del proyecto información utilizada en la etapa final, como las garantías y las especificaciones técnicas del activo (Prado, 2018).</p>

Nota. Elaboración propia con base en información recopilada de diversas fuentes.

2.2.1.4 Ventajas y barreras de incorporar BIM en proyectos de infraestructura

Tabla N°2. Descripción de las ventajas y barreras que se presentan al momento de incorporar BIM en proyectos.

Ventajas	Barreras
<p>-Aumento de productividad: Se traduce en menores costos o menores honorarios.</p> <p>-Facilita la relación con el cliente: Permite mostrar el avance del diseño en 3D, mejorando la comunicación con el cliente.</p> <p>-Detección oportuna de incompatibilidades: Ayuda a identificar problemas en las cadenas especializadas de diseño.</p> <p>-Obtener información en etapas tempranas y finales: Mediante recorridos, maquetas virtuales, animaciones y vistas 3D.</p> <p>-Incremento de la calidad en diseño y la ejecución de proyectos viales.</p> <p>-Visualización del diseño en todas las etapas del proceso.</p> <p>-Ajustes y correcciones automáticas mediante el uso de la parametrización.</p> <p>-Trabajo multidisciplinario colaborativo y simultáneo.</p>	<p>-Dificultad en ajustar procesos existentes: Resistencia al cambio en la organización (Peansupap & Walker, 2005)</p> <p>-Desafío de adaptación a nuevos métodos de trabajo: La transición hacia un entorno colaborativo es compleja (Panuwatwanich & Peansupap, 2013).</p> <p>-Alta inversión inicial: El costo de implementación es elevado, con beneficios a largo plazo (Adriaanse et al., 2010).</p> <p>-Costos asociados a software y capacitación: Involucra altos costos tanto en el programa como en la formación del personal (Martin-Dorta, 2016).</p> <p>-Personal poco calificado para implementar BIM: La falta de experiencia inicial reduce la productividad hasta superar la curva de aprendizaje (Martin-Dorta, 2016).</p> <p>-Falta de estandarización: La ausencia de leyes claras genera implementación inconsistente, sin alinearse con la cadena de suministros (Martin-Dorta, 2016).</p>

Nota. Adaptado de *Estudio de impacto del uso de la metodología BIM en la planificación y control de proyectos de ingeniería y construcción* (Universidad de Chile, 2018) y de la tesis *Determinación de los usos BIM que satisfacen los principios valorados en proyectos públicos de construcción* (Pontificia Universidad Católica del Perú, 2018).

22.15 BIM en proyectos de infraestructura vial

La adopción de la metodología BIM en proyectos de infraestructura vial se estructura en tres etapas del ciclo del proyecto: preconstrucción, construcción y postconstrucción (Bermúdez & Quintero-García, 2022).

Pre-Construcción:

- El modelado BIM que se genera sobre los planos pueden ser usados para el replanteo del terreno y observar con mayor precisión los emplazamientos.
- Entornos visuales podrían simular de mejor manera el diseño y logística del emplazamiento.
- Con el uso de simuladores en 4D se puede visualizar el proceso constructivo mejorando la dotación de recursos (maquinaria) y llevar un mejor control de los movimientos de tierra.
- Mayor análisis de la estabilidad de los taludes adyacentes a la carretera.

Construcción:

- Inspección de la mano de obra en construcción y el consumo de petróleo que solicita cada maquinaria para llevar una mejor regularización de los gastos.
- BIM es capaz de demostrar los posibles riesgos en obra.
- BIM proporciona información sobre la calidad de la construcción a partir de la integración en el modelo.
- BIM ayuda a prever la información sobre el flujo de caja en cualquier fase del proyecto.
- Si existe algún cambio en el proyecto, BIM permite el cambio automático en el modelo.

Post-Construcción:

- BIM proporciona la capacidad de poseer un mantenimiento planificado, esto se debe al sistema centralizado que permite mejorar la visualización y la recuperación de información para un mantenimiento de calidad.
- Esta actividad examina el rendimiento real, lo cual permite a los usuarios de BIM crear una simulación precisa del proyecto dentro de las normas y especificaciones requeridas;
- Durante los eventos de emergencias, BIM permite evaluar la información crítica para las acciones posteriores.

- El uso continuado del BIM ayuda a tomar acción de manera más rápida en caso de emergencias y permitirá tomar decisiones oportunas e informadas.
- BIM es capaz de gestionar grandes volúmenes de tráfico proporcionando un seguimiento del flujo y previsión de las redes de transporte.

2.2.2. Metodología convencional

En la segunda mitad del siglo XX, los ingenieros y arquitectos hicieron una transición significativa, dejando atrás los métodos tradicionales de dibujo y cálculo para adoptar herramientas digitales más precisas y avanzadas. Este cambio facilitó el uso de sistemas de Diseño Asistido por Computadora (CAD), que impulsaron el desarrollo de la infografía y la planimetría en 2D y 3D. Estas herramientas permitieron superar los modelos experimentales que solo ofrecían respuestas parciales, tenían largos tiempos de espera y aumentaban los costos al trabajar exclusivamente con modelos a escala reducida.

En el enfoque tradicional de diseño utilizando CAD, cada profesional se enfoca en crear dibujos 2D de los elementos bajo su responsabilidad, sin integrar a los demás involucrados en el proyecto. Esto limita la comunicación y coordinación entre los miembros del equipo, lo que puede generar interferencias que, aunque inicialmente inevitables, podrían haberse anticipado y resuelto con una comunicación continua y efectiva antes de iniciar la construcción (Sierra, L. 2016).

En conclusión, este enfoque es lineal y anticipado. Es decir, se busca definir correctamente el proyecto al inicio de la ejecución pues de otra forma habría varios problemas al momento de buscar resolver interferencias o mejoras durante la marcha del proyecto. Por este motivo se retrasa el inicio de la ejecución hasta contar con todas las revisiones y aprobaciones de parte de los líderes del proyecto.

2.2.3. Herramientas de modelado BIM para proyectos viales

Autodesk Civil 3D

Es un software de diseño que permite el modelamiento BIM de diferentes proyectos de infraestructura vial de manera sencilla y eficiente, puesto que permite obtener un modelo tridimensional del proyecto en su versión finalizada y con cuantificaciones importantes como el volumen de corte y relleno para un tramo de carretera.

Navisworks

Autodesk Navisworks es una herramienta orientada a la coordinación, análisis y simulación de modelos tridimensionales en proyectos de construcción e infraestructura. Destaca por su capacidad para identificar interferencias entre disciplinas (clash detection) y apoyar la planificación 4D, al permitir la integración de modelos desarrollados en Revit, Civil 3D, AutoCAD y otros formatos compatibles con BIM. Esta herramienta permite consolidar información proveniente de diversas fuentes en un único entorno, lo que facilita la coordinación entre disciplinas y mejora la precisión en la planificación de obra. Con una interfaz robusta y orientada a la gestión, Navisworks permite a los equipos técnicos anticiparse a problemas constructivos antes de que ocurran en campo. Según Autodesk (s. f.), Navisworks permite a los equipos de proyecto anticipar y resolver conflictos antes de la etapa constructiva, lo que contribuye a mejorar la colaboración interdisciplinaria y el control del proyecto, proporcionando una visión integral y coordinada del modelo.

Autodesk Revit

Autodesk Revit es un software BIM utilizado principalmente para modelar y documentar estructuras en proyectos de infraestructura. En proyectos viales, es especialmente útil para diseñar componentes como muros de contención y otras estructuras fundamentales. Su capacidad para generar modelos 3D precisos permite coordinar diferentes disciplinas y garantizar que todos los elementos del diseño estructural se integren correctamente. Revit optimiza la colaboración entre equipos y facilita la creación de documentación detallada para la construcción.

Autodesk Infracore

Autodesk Infracore es una herramienta orientada al diseño conceptual de infraestructuras que permite a los ingenieros desarrollar, analizar y visualizar propuestas de proyectos dentro de un entorno tridimensional realista. La plataforma facilita la integración de información geoespacial, modelos preexistentes y datos GIS, lo que contribuye a una comprensión más integral del proyecto y de su contexto.

2.2.4. Clasificación de carreteras

Según el manual de carreteras para diseño geométrico publicado por la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, la clasificación de las carreteras en el Perú se dan en función de la demanda vehicular, esto se mide por medio del IMDA (Índice Medio Diario Anual) que permite definir el tipo de sistema y la clase de carreteras para el diseño. Asimismo, existe la clasificación por orografía mediante las pendientes longitudinales y transversales del terreno.

2.2.4.1. Clasificación por demanda

Autopistas de Primera Clase (IMDA > 6000 veh./día)

Cuenta con calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6m, con dos o más carriles de 3.60m de ancho mínimo.

Autopistas de Segunda Clase (4001 veh./día<IMDA<6000 veh./día)

Cuenta con calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6 m hasta 1m, cada una de las calzadas con dos o más carriles de 3.60m de ancho mínimo.

Carreteras de Primera Clase (2001 veh./día<IMDA<4000 veh./día)

Debe contar con una calzada de dos carriles de 3.60m de ancho mínimo.

Carreteras de Segunda Clase (400 veh./día<IMDA<2000 veh./día)

Debe contar con una calzada de dos carriles de 3.30m de ancho mínimo.

Carreteras de Tercera Clase (IMDA < 400 veh./día)

Cuenta con calzada de dos carriles de 3m de ancho como mínimo.

Trochas Carrozables (IMDA<200 veh./día)

Las calzadas deben tener un ancho mínimo de 4 m.

2.2.4.2. Clasificación por orografía

Terreno plano (tipo 1)

El terreno presenta pendientes transversales respecto al eje de la vía iguales o menores al 10 %, así como pendientes longitudinales inferiores al 3 %, lo que se traduce en una reducción del movimiento de tierras y en una mayor facilidad para el diseño y trazado de la vía.

Terreno ondulado (tipo 2)

Este tipo de terreno presenta pendientes transversales comprendidas entre el 11 % y el 50 %, así como pendientes longitudinales entre el 3 % y el 6 %, lo que demanda un movimiento de tierras de magnitud moderada y permite el desarrollo del trazado vial sin mayores restricciones técnicas.

Terreno accidentado (tipo 3)

Este tipo de terreno presenta pendientes transversales al eje de la vía comprendidas entre el 51 % y el 100 %, así como pendientes longitudinales entre el 6 % y el 8 %, lo que implica la necesidad de un movimiento de tierras significativo y genera mayores restricciones para el diseño y trazado de la vía.

Terreno escarpado (tipo 4)

Este tipo de terreno se caracteriza por pendientes transversales superiores al 100 % y pendientes longitudinales excepcionales mayores al 8%, lo que demanda un movimiento de tierras de alta magnitud y representa severas limitaciones técnicas para el diseño y trazado de la vía.

2.2.6. Last Planner System

Según Hoyos & Botero (2018), Last Planner System (LPS), fue elaborado por Glenn Ballard y Greg Howell en los años 90, los autores señalan que el LPS es una herramienta característica la filosofía Lean Construction, pues se basa en un mecanismo de planificación colaborativa que se enfoca en controlar la variabilidad del flujo de producción para lograr optimizar los procesos constructivos y trenes de trabajo .

El principal objetivo de la metodología es identificar y eliminar las ineficiencias; mientras se analiza la capacidad de ejecución de los hitos planteados en el plan semanal y se resuelven las restricciones eliminando todas las actividades que no agregan valor. Según Pons & Rubio (2019) se define como el último planificador a quienes conocen íntimamente la dinámica diaria del proceso constructivo y lo que realmente sucede cada semana. Además, son los responsables del monitoreo continuo y brindar una retroalimentación, pues es quien conoce cómo se ejecutan las tareas y cuales son las condiciones necesarias para poder realizarlas.

Antiguamente, la construcción ha seguido un sistema de producción de empuje, avanzando con las tareas de atrás hacia delante y enfocándose en lo que debe hacerse sin saber lo que se puede realizar en realidad, el hecho de no identificar las restricciones causaba retrasos. En este sentido, los autores Pons & Rubio (2019) indican que el LPS resuelve esto mediante la planificación Pull, donde la planificación se realiza del final hacia el principio del hito marcado, se solicitará al responsable las restricciones necesarias para comenzar y finalizar las tareas. Primero se identificara “lo que puede hacerse” y posteriormente acordar “lo que se hará” durante la semana, para entender mejor este proceso se adjunta la figura 4.



Figura 4. Esquema debe-se hará-puede.
Tomado de Consejo General de la Arquitectura Técnica de España

2.2.6.1 Niveles del Last Planner System (LPS)

Planificación Maestra

Es la fase donde se alinean los intereses y el alcance que tendrá la aplicación del Last Planner System. Se definen y analizan los stakeholders, la sectorización del trabajo, los riesgos a los que esté expuesto el proyecto, la vía de obtención de recursos críticos y la estrategia que se emplea para el flujo de trabajo.

En esta etapa se realizan todas las sesiones de Planificación Pull donde participan todos los actores relevantes de las distintas fases del proyecto inclusive los clientes. El propósito es que formulen un plan que precise con mayor detalle los hitos y las estrategias que se realizarán para cumplirlos.

Planificación por fases

El objetivo de esta etapa es definir las tareas a realizar para lograr culminar las distintas fases en las que se divide una obra. Por ello, es fundamental la colaboración de todos los profesionales involucrados en cada actividad y de esta manera alinear objetivos y estrategias orientadas a la fase que se está planificando. Al finalizar esta etapa se elaborará un plan de acción consensuado por todas las especialidades en el que se controlará la entrega de los hitos, se clasificaron las prioridades y se identificarán las restricciones más importantes para su liberación a tiempo.

Como se muestra en la figura 5 el sistema aplica la planificación Pull Planning en el que se inicia la planificación del último hito hacia el primero, empleando un método en reversa para identificar las secuencias y restricciones de actividades que limiten la ejecución de la siguiente fase.




	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
SECTOR 1 	▲	← PULL PLANNING →		
SECTOR 2 		▲		
SECTOR 3 			▲	

Figura 5. Calendario visual de la herramienta Pull Planning aplicado por fases.

Elaboración propia

Planificación a mediano plazo: LookaHead.

Esta etapa abarca intervalos de 3 a 5 semanas. Se exploran con mayor detalle las actividades, esta etapa tiene una visión de mediano plazo llamada lookahead, que permite prever las restricciones que presentarán las actividades al momento de ejecutarlas.

Posteriormente, las actividades atraviesan un proceso de preparación y análisis de restricciones, en donde se eliminan las restricciones, para dejar la actividad lista para ser ejecutada (Botero & Álvarez, 2005).

Según Chacon & Verastegui (2021), consiste en desglosar la programación general para evitar pérdidas de tiempo y material; asimismo se busca enfocar las actividades que se deben realizar lo más pronto posible. Esta etapa prioriza la coordinación y comunicación de las distintas áreas y se enfoca en asignar las tareas. Asimismo, en esta fase se evalúan los prerrequisitos para la correcta distribución de los recursos y la capacidad de suministrar la información necesaria para que el personal pueda alcanzar sus objetivos en obra.

LOOKAHEAD PLANNING																		
NOMBRE DE PROYECTO:				PROPIETARIO:				FECHA:										
CREACION DEL ACCESO VIAL EN EL TRAMO ACCU, PITTY, MARÁS Y WISCACHANY DEL DISTRITO DE ANTABAMBA- PROVINCIA DE ANTABAMBA- DEPARTAMENTO DE APURIMAC.				MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ANTABAMBA				martes, 13 de Mayo de 2025										
ID WBS	Descripción de la Actividad	Und	Metrado Total	JUNIO														
				SEMANA 1			SEMANA 2			SEMANA 3			SEMANA 4					
				L	M	X	L	M	X	L	M	X	L	M	X			
5/6/23	6/6/23	7/6/23	8/6/23	9/6/23	10/6/23	11/6/23	12/6/23	13/6/23	14/6/23	15/6/23	16/6/23	17/6/23	18/6/23	19/6/23	20/6/23	21/6/23	22/6/23	
1.1. PREPARACION DE TERRENO																		
1.1.1	CORTE DE MATERIAL SUELTO	m³																
1.4.2	CORTE DE ROCA SUELTA	m³																
1.4.3	CORTE DE ROCA FLUA	m³																
1.4.4	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m³																
1.4.5	MEJORAMIENTO Y COMPACTACION DE SUBRASANTE EN TRAMOS ESPECIFICOS	m³																
1.2. LAVADO DE CUNETAS																		
1.8.1	EXTENDIDO DE AFIRMADO	m²																
1.8.2	PERFILADO Y COMPACTACION DE LA RASANTE	m²																
1.7. TRABAJO DE CUNETAS Y CUNETAS																		
1.7.1	CONFORMACION DE CUNETAS																	
1.7.1.1	CONSTRUCCION DE CUNETAS EN MATERIAL SUELTO	m																
1.7.1.2	CONSTRUCCION DE CUNETAS EN ROCA FLUA	m																
1.7.1.3	CONSTRUCCION DE CUNETAS EN ROCA SUELTA	m																
1.7.2	ALCANTARILLA TMC (08 und)																	
1.7.2.1	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	m³																
1.7.2.6	TUBERIA METALICA CORRUGADA TMC 36" Y TMC48"	m																ALC1
1.7.2.2	RELLENO PARA ESTRUCTURAS CON MATERIAL PROPIO	m³																ALC1
1.7.2.3	CONCRETO ARMADO PARA ALCANTARILLAS	m³																ALC1
1.7.3	CUNETAS DE CORONACION																	
1.7.3.1	CONFORMACION Y PERFILADO DE CUNETAS DE CORONACION	m³																
1.8. SEÑALIZACION																		
1.8.3	SEÑALES INFORMATIVAS Y REGLAMENTARIAS	und																
1.8.4	HITOS KILOMETRICOS	und																
1.9. MANEJO DE RESERVA																		
1.9.8	PLAN DE REFORESTACION DE AREAS AFECTADAS	ha																

LEYENDA	
Z	Zona
S	Sector
P	Parte
ALC	Alcantarilla

Figura 6. Lookahead Planning para un horizonte de 4 semanas. Elaboración Propia.

Análisis de restricciones

Miranda, Torobisco y Gómez (2020) señalan que, una vez que las restricciones son identificadas e incorporadas en la planificación Lookahead, estas pasan a formar parte del proceso sistemático de análisis de restricciones. Dichos condicionantes pueden estar asociados a prerrequisitos de trabajo, aspectos contractuales, definiciones de diseño, disponibilidad de mano de obra, equipos, entre otros.

Se refiere al analizar las condiciones necesarias para que se pueda ejecutar correctamente una actividad. Esta etapa exige emplear estrategias que permitan resolver a tiempo los inconvenientes y gestionar servicios que admitan tener un mayor control de la producción y proporcionar alertas tempranas. Por ello, se realizan reuniones donde participan los responsables de las cuadrillas que están ejecutando distintas partidas.

Pons & Rubio (2019) plantean el uso de una herramienta visual para administrar un registro de restricciones que facilite el control del estado de las metas definidas. Asimismo, recomiendan elaborar una tabla que incluya la siguiente información:

- Identificación
- Actividad afectada
- Descripción de la restricción
- Compromiso asumido
- Responsable de la liberación
- Fecha en que se identificó
- Fecha de compromiso para ser resuelta la restricción
- Fecha real de liberación

LISTADO DE RESTRICCIONES									
OBRA:					FECHA CONTROL:				
ID	DESCRIPCIÓN DE LA RESTRICCIÓN/PROBLEMA	IMPACTO / ACTIVIDAD QUE SE VE AFECTADA	ACCIÓN	Prioridad	RESPONSABLE DE LIBERARLA		FECHA COMPROMISO	FECHA REAL LIBERACIÓN	ABIERTA / CERRADA
					EMPRESA	PERSONA			
#1	Urbanización zona piscina. Avintia/DF/Beta konkret (P11D)	Invasión de zonas con riesgo de caída de objetos	La dirección facultativa pactará con los vecinos como acometer con la urbanización y se marcará fecha de entrega de su zona.				10-ago.	20-jul.	CERRADA
#2	Barandilla ext. P11D esc.3 Cabezas Disponibilidad/retrada de plataformas de descarga.	Imposibilidad de finalización	Se avanzará todo lo posible a falta de colocar la barandilla donde este la plataforma				22-ago.	22-ago.	CERRADA
#3	No tenemos definido el color de la carpintería de aluminio y por lo tanto no podemos realizar el pedido	Imposibilidad de realizar el pedido del aluminio y de poder planificar esta actividad.	Solicitar a la Dirección Facultativa y al propietario la referencia de color del aluminio.				27-ago.	13-ago.	ABIERTA

Figura 7. Listado de restricciones
Tomado de Universidad de Valencia

La Universidad Politécnica de Valencia (2013) sugiere un proceso que tiene tres pasos para la liberación de las restricciones:

- *Confirmar el “tiempo de respuesta”*: Asignar la persona que será el último involucrado que tenga la responsabilidad de liberar la última restricción faltante de determinada actividad, así mismo se debe acordar el tiempo de respuesta más probable para comenzar la siguiente actividad. Este tiempo de respuesta debe ser corto de lo contrario no será admitido en el Lookahead.

- *Arrastrar*: Implica solicitar al proveedor confirmación precisa de los requerimientos necesarios para ejecutar oportunamente la actividad que se inicia.
- *Apresurar*: Cuando el plazo de respuesta anticipada resulta excesivo, puede ser necesario asignar recursos adicionales con el fin de reducirlo.

Planificación semanal

Se refiere a cumplir metas específicas en general intervalos de 1 a 2 semanas. El plan semanal debe incluir actividades a ejecutar, responsable de la actividad, compromisos asumidos (cantidades) y avances reales. En este marco, con el propósito de controlar de forma cuantitativa el porcentaje del plan efectivamente ejecutado, el cumplimiento de los compromisos se evalúa de manera binaria, clasificándolo únicamente como cumplido o no cumplido, sin considerar la categoría de “casi cumplido”. Con base en esta evaluación se calcula el indicador denominado PPC, porcentaje del Plan Completado.

PLAN SEMANAL																				
ID.	ACTIVIDAD	FECHAS		UD.	RESPONSABLE	META		COMPLETADA	SEMANA	Junio										
		INICIO	TERMINO			Comprometida	Alcanzada			V	L	M	M	J						
		1	4			5	6			7										
	EDIFICIO																			
	Ciclo 1 Muros																			
	Enfierradura	31/05	02/06		JP	100%	100%	1												
	Encofrado	04/06	05/06	m2	IR	100%	95%	0												
	Hormigón	05/06	05/06	m3	MA	100%	0%	0												
	Descimbre y Limpieza	06/06	06/06		IR	100%	0%	0												
	Ciclo 2 Muros																			
	Enfierradura	31/05	04/06		JP	100%	100%	1												
	Moldaje	05/06	06/06	m2	IR	100%	100%	1												
	Hormigón	06/06	06/06	m3	MA	100%	100%	1												
	Descimbre y Limpieza	07/06	07/06		IR	100%	0%	0												
	Ciclo 3 Muros																			
	Enfierradura	31/05	05/06		JP	50%	30%	0												
RESUMEN: Total Cumplidas (4) / Total Actividades (8) = 50%																				

Figura 8. Plan semanal.

Tomado de La Universidad de Valencia

Porcentaje del plan completado (PPC)

Es el porcentaje de compromisos cumplidos que se realiza semanalmente para medir la confiabilidad de la planificación maestra. Para determinar el PPC se debe disponer del total de actividades que fueron efectivamente ejecutables en obra; en consecuencia, es necesario utilizar un formato de registro en el que cada actividad planificada consigne únicamente uno de dos estados posibles: completada o no completada. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$PPC (\%) = \frac{\text{Número de tareas comprometidas completadas}}{\text{Número total de tareas comprometidas planificadas}} \times 100$$

Normalmente, un resultado elevado del PPC va asociado a que la obra va bien en términos de plazos, pero no siempre es así, pues ocurre que muchas veces se planifica de una forma muy conservadora o se omiten actividades que deberían estar realizándose. Asimismo, este gráfico permite analizar que un aumento en el PPC de una semana a otra conduce a un mejor rendimiento en la ejecución de las cuadrillas.

Causas de no cumplimiento

Felipe & Rubio (2019) evalúan el grado de cumplimiento de los compromisos con el fin de registrar las actividades no ejecutadas e identificar las causas raíz asociadas a dichos incumplimientos. Este análisis tiene como propósito comprender las razones por las cuales no se logró ejecutar lo planificado y, a partir de ello, establecer acciones correctivas.

Según Cortés et al. (2020), las causas de incumplimiento se identifican a partir del análisis de los Porcentajes del Plan Completado (PPC), correspondientes a aquellas actividades que no alcanzaron el 100 % de cumplimiento dentro de los planes semanales.

Planificación diaria: Stand-up

Se realiza una reunión diaria o Stand-up que tienen una duración de 5 a 10 minutos. Se basa en informar las actividades del día y actualizar brevemente al personal de los trabajos ejecutados el día anterior. Las diferentes áreas involucradas discuten los procesos, avances y obstáculos que se hayan presentado hasta el momento. Es obligatorio la presencia de los últimos planificadores.

2.2.6.2 Herramientas del Last Planner System (LPS)

Metodología de los 5 porqués

Según Felipe & Rubio (2019), es una técnica de resolución de problemas para descubrir la causa raíz de un problema, no conformidad o desviación de la norma. Es recomendable que cada empresa cuente con un listado de entre 10 y 15 causas de no cumplimiento que permita uniformizar su identificación y clasificar las más recurrentes, de modo que sea posible identificar con claridad los factores que están generando mayor impacto en la obra y orientar los esfuerzos de mejora, considerando que los recursos en los proyectos son limitados y que no se dispone del tiempo ni de los recursos necesarios para abordar todos los problemas detectados.

Medición del desempeño.

El sistema Last Planner requiere la evaluación sistemática del desempeño de la planificación semanal, la cual se efectúa mediante el indicador Porcentaje del Plan Completado (PPC). Este indicador se obtiene a partir de la relación entre el número de tareas comprometidas que fueron efectivamente ejecutadas y el total de asignaciones programadas para una semana determinada. De este modo, el PPC permite contrastar lo planificado en el programa semanal con lo realmente ejecutado, constituyéndose en una medida de la confiabilidad del sistema de programación (Botero & Álvarez, 2005).

Sectorización

Proceso que se realiza para dividir una actividad en porciones manejables de acuerdo al personal, recursos y horas hombre disponibles en el día. El metrado de cada sector debe sumar el metrado total. Además, se debe mantener un flujo constante de trabajo entre sectores y todos tener una similar carga de trabajo para lograr mantener un mismo dimensionamiento de cuadrillas.

Tren de trabajo

Un tren de trabajo se define como una secuencia ordenada de actividades interdependientes, en la cual la finalización de una actividad constituye un requisito indispensable para el inicio de la siguiente. Los trenes de trabajo representan una de las herramientas más empleadas para la optimización de los tiempos de ejecución de las actividades, ya que permiten organizar el flujo de trabajo de manera continua. Estas secuencias se estructuran mediante la sectorización del proyecto, distribuyendo las actividades de forma progresiva. En el caso de proyectos viales, un ejemplo de tren de trabajo se presenta en la Figura 9.



Figura 9. Tren de trabajo para construcción de vías.

Elaboración propia.

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

La presente investigación tiene un carácter aplicado, orientado a resolver una problemática real en la fase de ejecución de proyectos viales, específicamente en la integración de metodologías como BIM y LPS para mejorar la gestión del cronograma y control de costos. Aunque el enfoque principal es cuantitativo, ya que se basa en la medición de variables como las duraciones estimadas, extracción de metrados y costos asociados, también incorpora elementos cualitativos mediante la aplicación de entrevistas estructuradas a especialistas. Estas entrevistas permiten validar la propuesta de planificación y recopilar recomendaciones prácticas para mejorar la propuesta. Por tanto, la investigación combina técnicas cuantitativas con insumos cualitativos, con el objetivo de generar una propuesta viable y contrastable en el contexto profesional.

Para cumplir con este fin se planteó la pregunta de investigación, los objetivos e hipótesis para delimitar el alcance de la tesis. Luego, se recopiló literatura relevante para entender y justificar la investigación. Seguidamente, el desarrollo se realizará en dos partes. La primera comprende la creación del modelo BIM para el acceso vial, obras de arte y drenaje, señalizaciones y pavimento respetando los documentos del diseño definitivo que son importantes para el modelamiento, luego se realiza la coordinación de modelos para obtener la visualización del proyecto en su versión finalizada. La segunda parte abarca la creación de una propuesta de planificación como resultado de la integración entre BIM y Last Planner System, luego se simulará la ejecución del proyecto en base a la programación realizada. Para garantizar su pertinencia y viabilidad técnica, se aplicará la herramienta de juicio de expertos, que permitirá recopilar observaciones, recomendaciones y ajustes necesarios para fortalecer la metodología propuesta. Ahora se presenta el método de ambas partes del desarrollo.

3.1. Modelación y coordinación

De acuerdo a los informes mensuales del proyecto, se identificó que desde el inicio al final de la ejecución el proyecto se mantuvo en el Nivel 0 de madurez BIM. Esto implica el uso predominante de herramientas CAD tradicionales y la ausencia de modelos digitales compartidos, lo que reflejaba un conocimiento limitado o nulo sobre las capacidades que ofrece BIM (Sacks et al., 2018). Por lo tanto, se propone la siguiente secuencia de pasos para la aplicación de BIM en el proyecto.

Paso 1: Adquisición del archivo de puntos levantados mediante estación total para la generación del modelo digital del terreno, planos CAD georreferenciados que contienen el trazo preliminar de la carretera propuesta, estudios básicos de ingeniería, memoria del diseño geométrico de la carretera, entre otros documentos con información valiosa para el modelado.

Paso 2: Desarrollar el modelamiento tridimensional de la carretera utilizando Autodesk Civil 3D , considerando tanto el alineamiento horizontal como el alineamiento vertical (rasante) importantes para el modelado. Se considera un nivel de desarrollo (LOD) 300 , lo cual implica que la forma, atributos y ubicación están definidos.

Por otro lado, las alcantarillas serán modeladas en Revit con un nivel de detalle LOD 300 , sin incluir el acero de reforzamiento ni detalles específicos.

Paso 3: Una vez finalizados los modelos individuales por disciplina, se procede a la creación de modelos integrados en una única plataforma que en este caso será Navisworks. Esta etapa permite visualizar la interacción entre las distintas especialidades del proyecto.

Paso 4: Para asegurar la coherencia y compatibilidad entre los distintos modelos, se lleva a cabo un proceso de coordinación y detección de interferencias usando la herramienta Navisworks. Este análisis se centra en la interacción entre el modelo de la carretera, el sistema de alcantarillado y los elementos de señalización.

Paso 5: Finalmente, una vez compatibilizado se emiten los metrados derivados directamente del modelo BIM para mejorar el control de costos, extraer planos de construcción actualizados y coordinados.

3.2. Planificación y simulación 4D

La propuesta de planificación se hará teniendo en cuenta que BIM participa en el plan maestro, plan de fases, look ahead planning y plan semanal aportando visualizaciones tridimensionales del proyecto, metrados de áreas y volúmenes, secuencia de tareas y la simulación de acuerdo a las fechas y duraciones propuestas para cada actividad. Para esto se proponen los siguientes pasos de desarrollo.

Paso 1: Elaboración del plan maestro identificando los hitos clave del proyecto y teniendo en cuenta el soporte visual que brinda un modelo tridimensional con elementos genéricos.

Paso 2: Se elabora el Phase Scheduling, en este nivel de planificación se identifican las fases más importantes del proyecto y se presentan las propuestas de sectorización mediante el soporte del modelo 3D generado. La asistencia del modelo con metrados y visualizaciones 3D será importante para definir la propuesta de sectorización y posteriormente el ritmo de producción, equipos y mano de obra.

Paso 3: Elaboración del Lookahead Planning y generación de modelos 4D, en este nivel se realiza el tren de actividades con fechas y duraciones que se reflejarán en la simulación mediante el software Navisworks, para esto se creará conjuntos y tipos de tareas a realizar enlazando cada una con una fecha de inicio y fin en base a las actividades programadas.

Además, la visualización del proceso constructivo simulado permitirá identificar con mayor claridad las restricciones.

Paso 4: Elaboración del plan semanal, en este nivel BIM permitirá tener un entorno amigable de visualización para los lastplanners sobre las tareas libre de restricciones que se van a ejecutar durante la semana, además de brindar un control de avance visual una vez cumplida la semana de trabajo e identificar las causas de no cumplimiento.

Paso 5: Finalmente, la propuesta de planificación será sometida a la evaluación de especialistas en el ámbito de la infraestructura vial, con experiencia previa en proyectos similares. Para ello, se realizarán entrevistas estructuradas para su validación o recomendaciones de mejora de la propuesta.

CAPÍTULO 4: CASO DE ESTUDIO

4.1. Presentación del caso de estudio

En la presente tesis se empleó como caso de estudio el proyecto: “Creación del acceso vial en el tramo Accu, Pitty, Maras y Wiscachany del distrito de Antabamba-provincia de Antabamba- Departamento de Apurímac”. El tramo a desarrollar comprende del **Km 0+000** (Accu cassa) hasta el **Km 03+108** (Wiscachany) donde no existía vía y requería una nueva apertura. El principal objetivo de este proyecto es lograr la integración socio-económica de los pobladores del campo con la ciudad y, por ende, a nivel nacional. De esta manera se pretende reducir la brecha económica y de acceso a servicios públicos del estado como educación y salud.

La meta del proyecto fue la construcción de la carretera de 3+108 km con un ancho de calzada mínimo de 4m y de un solo carril. La modalidad de ejecución del proyecto fue mediante administración directa y plantearon un plazo de 90 días calendario. Además, según el acta de entrega de terreno e inicio de actividades la fecha de inicio fue el 07 de junio del 2023 teniendo una finalización estimada el viernes 22 de septiembre del 2023. En la siguiente imagen se muestra la ubicación del tramo descrito en Antabamba-Apurímac. En el **Anexo A** se muestra una vista 2D del acceso vial y aspectos técnicos importantes de su diseño.



Figura 10. Trazo del tramo de carretera a ejecutar.

Elaboración Propia.

De acuerdo a la memoria descriptiva del proyecto , en la visita de campo realizaron las actividades de georreferenciación de puntos geodésicos, definición de BMs, poligonal de precisión, taquimetría y levantamientos especiales. Asimismo, de acuerdo a las calicatas realizadas en diferentes puntos para sustentar el estudio de mecánica de suelos se identificaron tres zonas, una de roca suelta y roca fija y otras dos de material suelto que se disponen en los siguientes tramos:

Tramo de carretera	Inicio de la estación	Fin de la estación	Tipo de material
1	0+000.00	2+100.00	Material Suelto
2	2+100.00	2+390.00	Roca Fija y Roca Suelta
3	2+390.00	3+108.00	Material Suelto

Figura 11. División de la carretera según tipo de material del terreno.
Tomado de expediente técnico de la carretera Maras.

4.2. Aspectos técnicos del diseño geométrico del proyecto

Según el estudio de tráfico se tiene un Índice Medio Diario Anual (IMDA) de 27 veh/día, como el volumen de tráfico es bajo, la calzada fue dimensionada para tener un ancho de 4m y un solo carril con plazoletas de cruce o adelantamiento cada 500 m. Además, se consideró una velocidad de diseño de 30km/h. Esta demanda clasifica al proyecto como una trocha carrozable con una pendiente máxima longitudinal del 10% con una excepción del 1% adicional para este tipo de carreteras, esta pendiente clasifica a la carretera por orografía entre terreno escarpado y accidentado . También, el radio mínimo considerado para la velocidad de diseño es de 25 m.

El bombeo está comprendido entre el 2% y 3%, lo que permitirá el escurrimiento del agua superficial hacia las cunetas laterales, para este proyecto el diseño definitivo indica que se consideró una pendiente transversal de 3%. Asimismo, en las curvas horizontales se tiene considerado un peralte del 8% como valor máximo normal. Otro punto importante es el sobreechanco que se consideró en las curvas para conseguir condiciones de operación vehicular.

Los taludes considerados dependen mucho del tipo de terreno, en el diseño se evidencia que para las zonas con material suelto se tiene 1H : 1V, roca suelta y roca fija 0.5H : 1V tal como se muestra en la imagen de secciones típicas del proyecto.

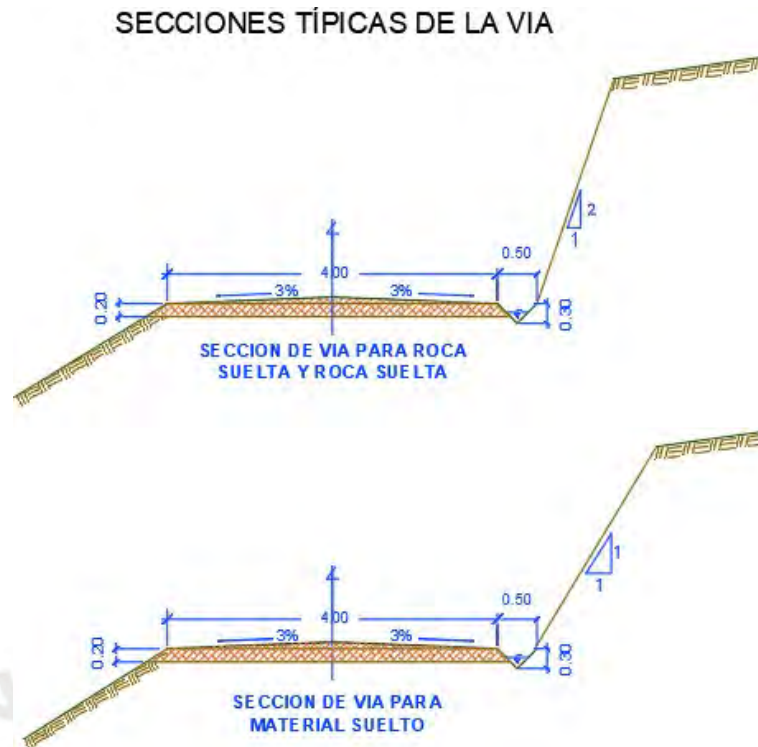


Figura 12. Secciones típicas de la vía.
Tomado del expediente técnico de la carretera Maras.

4.3. Descripción de obras de arte y drenaje

Por otro lado, en cuanto a obras de arte y drenaje se tiene mapeado 8 alcantarillas que se distribuyen a lo largo de la carretera en las siguientes progresivas, fue contemplado en el diseño para derivar el agua recolectada por las cunetas hacia el talud inferior de la vía.

Nº	Progresiva	Estructura proyectada
1	0+870	Alcantarilla TMC 36" n°01
2	0+980	Alcantarilla TMC 36" n°02
3	1+520	Alcantarilla TMC 36" n°03
4	1+900	Alcantarilla TMC 36" n°04
5	2+250	Alcantarilla TMC 36" n°05
6	2+350	Alcantarilla TMC 36" n°06
7	2+580	Alcantarilla TMC 36" n°07
8	2+940	Alcantarilla TMC 36" n°08

Figura 13. Ubicación de alcantarillas TMC.
Adaptado de expediente técnico de la carretera Maras.

Las estructuras de drenaje superficial se proyectan en el diseño con el objetivo de captar aguas de escorrentía superficial tanto en la calzada como en el talud superior. De esta manera toda la recolección del agua será conducida hasta las estructuras de drenaje transversal, la pendiente longitudinal es igual a la pendiente del trazo vial evitando que supere el 5%.

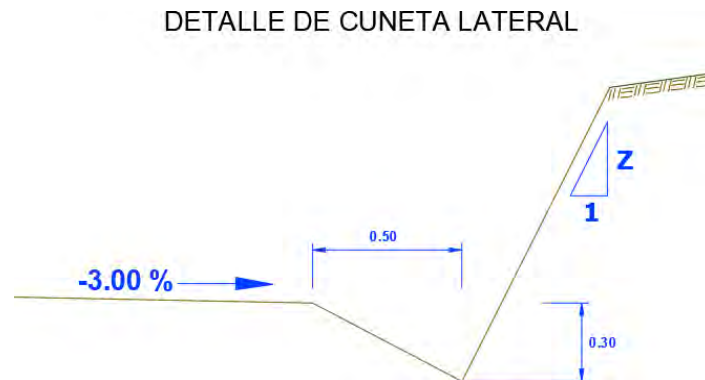


Figura 14. Detalle de cuneta lateral.
Adaptado de expediente técnico de la carretera Maras.

4.4. Diseño de pavimento

De acuerdo al diseño planteado el paquete estructural de la carretera está conformado por la subrasante que necesita mejoramiento por tramos en caso corresponda y una base de afirmado con un espesor de 20 cm a lo largo de toda la carretera.

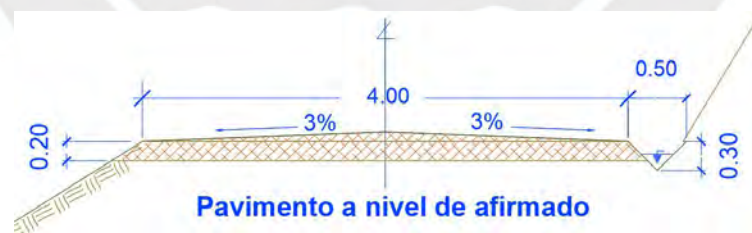


Figura 15. Pavimento a nivel de afirmado $e=20\text{cm}$.
Tomado de expediente técnico de la carretera Maras.

4.5. Obtención de metrados y costos del proyecto

Los precios unitarios de cada partida se basan en un análisis realizado previas cotizaciones. Así mismo, los precios de materiales e insumos fueron extraídos de revistas del año 2023 asumiendo una fórmula polinómica propia de ese año. En caso de las partidas globales como el transporte de material de relleno, material sobrante y fletes de insumos se tomaron en cuenta las distancias hacia el campamento y canteras delimitados previamente a la ejecución del proyecto.

En el caso de los metrados, el proyecto empleó un modelo básico en Civil 3D del cual se extrajeron cada 20 metros secciones transversales que median el volumen de corte y relleno. Entonces, se tomó como referencia estas secciones extrayendo volúmenes no sincerados del proyecto, sobre todo en una de las partidas de mayor interés como el cálculo del movimiento de tierras.

Respecto a la propuesta de planificación presentada por el proyecto, se realizó un diagrama de Gantt que estimó que la obra podría ser ejecutada en 3 meses (Junio, Julio y Agosto). Así mismo, el expediente técnico contiene una propuesta de cronograma valorizado de ejecución del proyecto respecto al avance físico y financiero por mes que debió ser ejecutado respecto al total del costo directo del proyecto.

En el **Anexo B** se muestra a mayor detalle los metrados y costos de cada partida, así como las valorizaciones mensuales que se establecieron previamente a la ejecución, las cuales fueron enviadas junto al expediente técnico para la aprobación y permisos de ejecución del proyecto.

Como se observa en la **Tabla N°3**. Se planificó un metrado y precio unitario inicial por partida. Respecto a lo observado, el costo directo estimado del proyecto presentado es de S/693,311.17. Así mismo, se realiza un resumen de las cantidades estimadas que se realizarán por mes y sus valorizaciones respectivas. Se realiza un resumen de la proyección inicial de valorización mensual antes del inicio del proyecto:

Tabla N°3. *Presupuesto físico mensual programado en el expediente técnico*

Meses	Monto presupuestado inicialmente mensual	Porcentaje de avance por mes
Junio	S/233,298.63	33.44%
Julio	S/347,517.24	49.87%
Agosto	S/112,495.30	16.69%
Total	S/693,311.17	100%

Nota: Elaboración propia.

Continuando con la cronología del proyecto, una vez aprobados los presupuestos mensuales se inició la ejecución durante la cual surgieron diversos inconvenientes como lluvias, desabastecimiento de material, nuevas partidas que se presentaron en el proceso de la ejecución y de igual manera, la eliminación de partidas que no se lograron ejercer.

La pérdida de tiempos de ejecución causaron una reestructuración de los metrados y plazo de entrega de la obra. Para registrar estos cambios durante la marcha se obtuvieron los informes mensuales detallados del residente del proyecto, en los cuales se cambia el plazo del proyecto siendo ahora 5 meses el tiempo estimado para culminar con la totalidad de la obra. Así mismo, se reajustaron los metrados inicialmente proyectados adicionando partidas e incluyendo deducibles, esto debido a que ciertas partidas no lograron ejecutarse por completo aún así se haya adicionando dos meses de tiempo efectivo en obra.

En el **Anexo B** se muestra a mayor detalle los metrados y costos de cada partida, así como las valorizaciones mensuales reales ejercidas durante la ejecución del proyecto con las cantidades y precios unitarios pactados inicialmente, así como la adición de nuevas partidas imprevistas durante la planificación.

Los metrados se han alterado en varias partidas que no cumplen con lo estimado inicialmente, así mismo se han incrementado partidas como : retiro de árboles, corte de roca fija, etc. Por otro lado, se han producido deducibles de las partidas que no han llegado hacer ejecutas, entre las más críticas se encuentra el transporte de material excedente, pavimentos y señalizaciones. Respecto a lo observado, el costo directo estimado del proyecto presentado es de S/564,545.28, menor al costo inicialmente planificado. Así mismo, se realiza un resumen de las cantidades estimadas que se realizarán por mes, sus valorizaciones respectivas y el deducible efectivo.

Tabla N°4 *Presupuesto físico mensual realmente ejecutado*

Meses	Monto financieramente ejecutado contemplando todos los cambios respecto al cronograma inicial	Porcentaje de avance por mes
Junio	S/ 88,669.27	16%
Julio	S/ 144,742.14	26%
Agosto	S/ 182,323.38	33%
Setiembre	S/ 26,373.69	5%
Octubre	S/ 118,084.08	21%
Parcial	S/ 560,192.56	100%

Nota: Elaboración propia

El monto total asignado para el proyecto con las partidas adicionales ascendía a S/717,522.92; sin embargo como se observa en la **Tabla N°4** solo se ejecutó S/560,192.56; por lo tanto, existen un monto de S/157 330.36 soles deducibles de las partidas que no se lograron concretar, específicamente la partida de pavimentos y señalización que no fueron iniciadas. Además, se expresan deducibles de los planes de manejo ambiental que no fueron completados.

Por otro lado, en el caso de la partida crítica de movimiento de tierras se contempla un número mayor de volumen de corte que el realmente ejecutado en el momento de la obra.

4.6. Planificación empleada en la ejecución del proyecto.

De acuerdo con el análisis realizado, la ejecución del proyecto de carreteras se llevó a cabo utilizando métodos tradicionales de gestión y planificación, sin incorporar herramientas basadas en los principios de Lean Construction ni la metodología BIM. Como entrada el ingeniero de producción tenía el cronograma gantt del expediente técnico y según este planeamiento el proyecto debía culminar en 90 días calendario. En este se contemplan muchas actividades enlazadas sin una secuencia clara y sin información de cuánta productividad se debía tener en un día. Asimismo, la forma de ejecutar el proyecto fue planteada según la experiencia del ingeniero de campo en coordinación con los operadores de maquinaria pesada, pero sin el respaldo de una metodología estructurada y visualmente amigable ni del apoyo de tecnologías que optimicen la toma de decisiones técnicas.

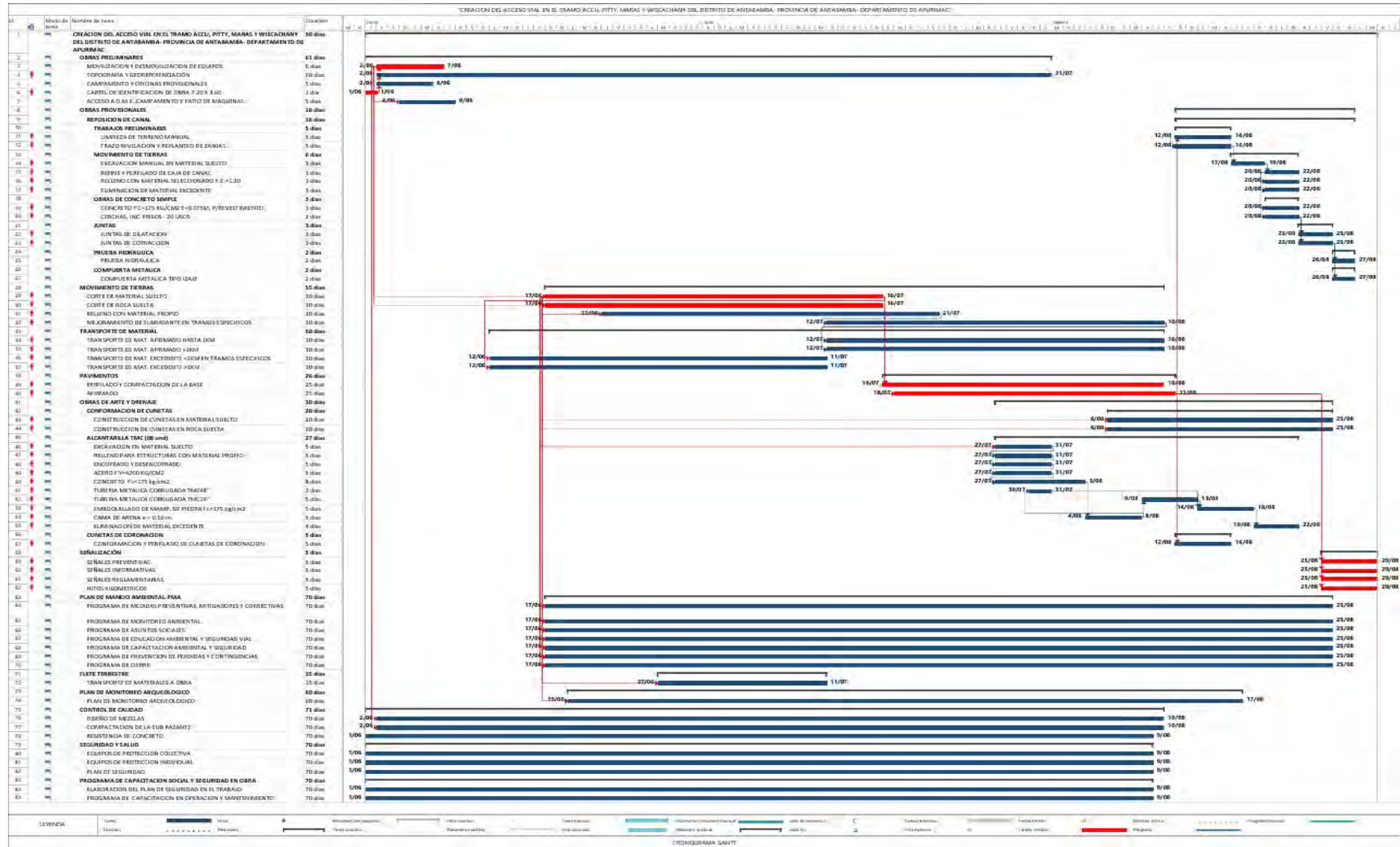


Figura 16. Cronograma inicial del proyecto. Tomado de expediente técnico de la carretera Maras.

La planificación careció de una sectorización clara, dificultando el control de frentes de trabajo y reduciendo la eficiencia operativa. Tampoco se implementaron herramientas de seguimiento visual en tiempo real, lo que limitó el monitoreo y la reacción ante desviaciones, aumentando el riesgo de demoras y retrabajos. Asimismo, no se aplicaron buenas prácticas como el Last Planner System ni BIM 4D, cuya ausencia impidió mejorar la planificación, el control del cronograma y la anticipación de conflictos.

Respecto a las valorizaciones, éstas se realizaban en función del avance físico alcanzado hasta la fecha de corte. Sin embargo, la carencia de una sectorización adecuada, sumada a la falta de un control visual detallado del estado de avance (en cuanto a partes concluidas, en ejecución y pendientes) y la ausencia de metas de producción específicas, dificulta el reporte preciso de los metrados ejecutados. Por ejemplo, en la fase de movimiento de tierras no se contaba con un seguimiento diario o semanal, lo que derivaba en mediciones relativas y con un margen de error considerable. Esta situación generaba incertidumbre tanto para el contratista como para la supervisión al momento de validar los avances reales y asignar el presupuesto mensual. La posibilidad de comparar de manera precisa el avance planificado con el real habría mejorado la exactitud de las valorizaciones y facilitado una toma de decisiones oportuna, basada en información confiable.

Según el informe mensual del mes de septiembre, se solicitó una ampliación de plazo de 45 días debido al incumplimiento en la ejecución de varias partidas y un plazo límite que no pudo cumplirse. Esta solicitud fue aprobada por la Municipalidad Provincial de Antabamba, extendiéndose el plazo total de ejecución de 3 a 5 meses. En la siguiente tabla se registran las fechas que pueden considerarse claves en todo el proyecto.

Tabla N°5. *Fechas importantes en la ejecución del proyecto.*

Fecha de entrega de terreno	Fecha de inicio de obra	Fecha de finalización programada original	Fecha de finalización con plazo adicional
07/06/2023	07/06/2023	04/09/2023	28/10/2023

Nota: Tomado de expediente técnico de la carretera Maras

Sin embargo, a pesar de la prórroga otorgada, no se logró culminar algunas partidas clave, como los trabajos de pavimentación, señalización vial y el plan de reforestación, lo que derivó en que la obra quedará parcialmente inconclusa y con montos asignados que debían devolverse a la gestión municipal. Esta situación evidencia la presencia de problemas relevantes en la gestión y ejecución del proyecto, los cuales serán abordados en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 5: APLICACIÓN DE BIM Y LPS EN CASO DE ESTUDIO

5.1. Consideraciones para la implementación BIM

La implementación de la metodología BIM en este proyecto se planteó específicamente para la fase de ejecución, la cual, según Cooke y Williams (2013), representa la etapa más visible del proyecto, donde los documentos técnicos se convierten en un producto construido, implicando la gestión activa del tiempo, la calidad, la seguridad y los recursos. Esta fase reviste especial importancia, ya que es donde la inversión económica se traduce en resultados tangibles. En ese contexto, se identificó que en el caso de estudio no se aplicó la metodología BIM durante la fase de diseño definitivo, por lo que el objetivo principal fue analizar cómo su implementación en la fase de ejecución podría contribuir a mejorar los costos y tiempos del proyecto. A partir de este enfoque, se diseñó una estrategia específica para su aplicación en dicha etapa.

5.1.1. Requisitos del cliente y plan de ejecución BIM

Para establecer de manera adecuada el alcance de la implementación BIM, es fundamental identificar y documentar de forma precisa los requisitos, objetivos y expectativas del cliente, los cuales se consolidan en el Requisito de Información del Empleador (EIR, por sus siglas en inglés). Este documento constituye la base estratégica sobre la cual se definen los usos BIM, los entregables esperados y los criterios de desempeño de la información a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Para el caso de estudio planteado se consideran las siguientes secciones como parte del EIR para cumplir con el alcance del proyecto.

Tabla N°6. *Secciones del Requisito de Información del Empleador (EIR)*

Sección	Contenido
Requisitos técnicos	Niveles de desarrollo, estándares, formatos, software, codificación.
Requisitos comerciales	Entregables, plazos, responsabilidades, criterios de evaluación.
Requisitos de gestión	Proceso de revisión, validación, entregas intermedias, flujo de información.

Nota: Elaboración propia.

De manera complementaria, el equipo consultor BIM debe elaborar un Plan de Ejecución BIM (PEB), en el que se detalla la propuesta metodológica, los procesos de colaboración, las responsabilidades de los actores involucrados y los mecanismos de control de calidad de la información. El PEB se configura así como la hoja de ruta que asegura la correcta

implementación de la metodología, garantizando que los objetivos definidos en el EIR se cumplan de manera eficaz, transparente y alineada con los lineamientos establecidos por el Plan BIM Perú 2025. En el **Anexo G** se desarrolla el PEB para el proyecto del caso de estudio.

Tabla N°7. *Secciones del Plan de Ejecución BIM (PEB)*

Sección	Contenido
A. Aspectos generales de la inversión y del equipo de ejecución	Características de la inversión Alcance y objetivos de colaboración del equipo de ejecución Responsabilidades de gestión de la información BIM
B. Estrategia de entrega de la información	Objetivos para la producción colaborativa Estructura organizativa y composición del equipo de ejecución Lista de recursos informáticos necesarios Estrategia de federación Plan de movilización Estrategia de entrega de la información
C. Propuesta de modificación o adición de normas de información	
Normas de información	Convenciones de identificación de contenedores de información Propuesta de calidad del modelo de información Propuesta de indicadores de rendimiento
Métodos y procedimientos de producción de información	Estrategia de coordinación entre especialidades Actividades para la detección y resolución de interferencias Tolerancias y evaluación de interferencias Requisitos de seguridad de la información Nivel de seguridad

Nota: Elaboración propia.

5.1.2. Softwares utilizados e interoperabilidad

Para el desarrollo del modelo BIM se utilizaron distintos softwares especializados, aprovechando sus fortalezas particulares:

- Autodesk Civil 3D: Se empleó para modelar la carretera de acuerdo a las especificaciones de diseño. Esta herramienta permitió generar el eje vial, perfiles longitudinales, secciones transversales e incluir información en el ensamblaje y subensamblajes creados para definir las características de diseño de la calzada, cunetas y taludes. Asimismo, se usó para tener una visualización 3D y simular el viaje de un vehículo a lo largo de la trayectoria. Finalmente, realizó la exportación de metrados para movimiento de tierras, y pavimentación a nivel de afirmado.

- Autodesk Revit: Se utilizó para modelar las obras de drenaje transversales y estructuras auxiliares a base de concreto armado. Con este software fue posible modelar el acero y concreto de las alcantarillas según diseño.

●Autodesk Navisworks: Se utilizó como plataforma de federación de modelos, permitiendo integrar los modelos generados en Civil 3D y Revit para lograr una visualización conjunta en 3D, además, permitió detectar las interferencias y verificar la correcta ubicación de cada modelo individual. También, facilitó visualizar la simulación constructiva (BIM 4D) a partir de una planificación propuesta.

En cuanto a la interoperabilidad, se trabajó mediante la exportación en formatos compatibles NWC, cuidando los estándares de modelado y manteniendo la consistencia entre plataformas. Esto garantizó la trazabilidad de los datos y evitó pérdidas de información en el intercambio entre softwares. En primer lugar, se extrajo en formato XML los surfaces del acceso (corridor) y el surface afirmado, luego se importó este formato a un nuevo modelo DWG que solo contuviera la sección a trabajar, aquí se editó los estilos y se nombró la sección. Este último formato (DWG) se exportó en un archivo NWC y se importó al Navisworks donde se logró la compatibilidad. En segundo lugar, se extrajo de Infracore el renderizado de la topografía cortada por tramos que simulara el progreso de excavación y posteriormente relleno, luego se exportó el renderizado en formato NWC y se importó al Naviswork. Finalmente, se importaron los modelos creados en Revit de las alcantarillas georeferenciadas.

5.1.3. Estandarización de modelos

En el desarrollo de proyectos viales, como carreteras, una correcta implementación de la metodología BIM requiere trabajar sobre estándares de modelado. Para ello, es esencial contar con un Plan de Ejecución BIM (PEB), este es un documento estratégico que define claramente los objetivos, los roles y responsabilidades del equipo, estructura de carpetas y archivos, la planificación del flujo de información y la forma en que se coordinarán los modelos en el ciclo de vida del proyecto.

Dentro del PEB se debe establecer la estructura del Entorno Común de Datos (CDE), que permitirá una organización eficiente de los archivos y documentos, asegurando el acceso oportuno a la información por parte de todos los involucrados. También se deben definir roles específicos para la coordinación de los modelos viales, establecer nomenclaturas unificadas para archivos, planos y carpetas, asignar colores a cada especialidad (como drenaje, movimiento de tierras, pavimentación, señalización, etc.), y definir claramente los niveles de desarrollo y de información (LOD/LOI) esperados para cada elemento modelado.

Estas decisiones deben documentarse formalmente, estableciendo tiempos para los ajustes, fechas de entrega de modelos y procedimientos de revisión. Por ello, contar con una estandarización clara desde el inicio del modelado permite evitar reprocesos, retrabajos o entregas fuera de plazo, y garantiza que la información generada sea coherente, verificable y útil para todas las etapas del proyecto, desde el diseño hasta la operación y mantenimiento.

5.1.4. Etapas de modelado BIM del proyecto

5.1.4.1. Etapa 01 – Procesamiento topográfico en civil 3D.

Se utilizó la nube de puntos que se adjunta en el expediente técnico, para el diseño realizaron el levantamiento topográfico con estación total. Esta información fue procesada en Civil 3D para generar una superficie TIN, la cual representa la superficie del terreno natural. Aquí fue importante diferenciar las curvas de nivel y eliminar puntos que contaban con coordenadas incongruentes y desconfiguraron la forma del terreno.

5.1.4.2. Etapa 02 – Modelado del alineamiento y secciones transversales

A partir del terreno definido, se pasó a crear el alineamiento de la carretera según el diseño planteado en plano, para asegurar su ubicación se importó el plano georreferenciado de la vista en planta de la carretera según diseño que estaba en el expediente técnico. Una vez definido el alineamiento horizontal se pasó a crear desfases para cumplir con las dimensiones de la calzada, se plasmó los sobrecanchos en las curvas tal cual se indicaba en el diseño definitivo. Seguidamente, se creó una vista de perfil para crear un alineamiento vertical constatando el cumplimiento de las pendientes según diseño. Finalmente, una vez determinado los alineamientos se pasó a crear el ensamblaje de la carretera en donde se considera la calzada, bermas laterales, y cunetas. Para cada uno de estos subensamblajes se modificó sus características como dimensiones, pendientes, capas de material, bombeo de calzada, taludes de corte y relleno. Esta configuración, se realizó en base a los detalles del diseño que se tiene como información de entrada. También, se añadió el peralte en las curvas que por norma permiten controlar la fuerza centrípeta y ese tipo de detalles se contempló en el modelado.

Una vez creado el ensamblaje, se generó el corredor a lo largo del alineamiento. Una vez configurado se creó líneas de corte transversal cada 10 m para poder obtener secciones a lo largo de toda la carretera, una vez creado es posible visualizar las áreas de corte y relleno

para cada sección, luego extraer metrados con mayor precisión de todo el proyecto como movimiento de tierras y pavimentación a nivel de afirmado. Asimismo, con la opción de visualización 3D fue posible simular el recorrido de la carretera y observar un gemelo virtual del proyecto finalizado.

5.1.4.3. Etapa 03 – Modelado de drenaje y estructuras menores

En Revit se modelaron las estructuras de drenaje como alcantarillas de acuerdo al plano de detalles. Se tomaron en cuenta parámetros como ubicación precisa en una determinada progresiva, y se integraron con el modelo vial mediante puntos de referencia geospaciales comunes.



Figura 17. Modelado de la alcantarilla en Revit.

Elaboración propia.

5.1.4.4. Etapa 04 – Federación de modelos BIM

Los modelos de Civil 3D y Revit fueron integrados en Navisworks. Esto permitió visualizar el proyecto completo en un solo entorno y realizar una detección de interferencias, así como validar la ubicación de los elementos de drenaje respecto al eje vial. Asimismo, se renderiza el modelo para tener una vista más realista del lugar donde se ubica el proyecto. Para una mejor visualización de la integración de modelos se adjunta el **Anexo C**.

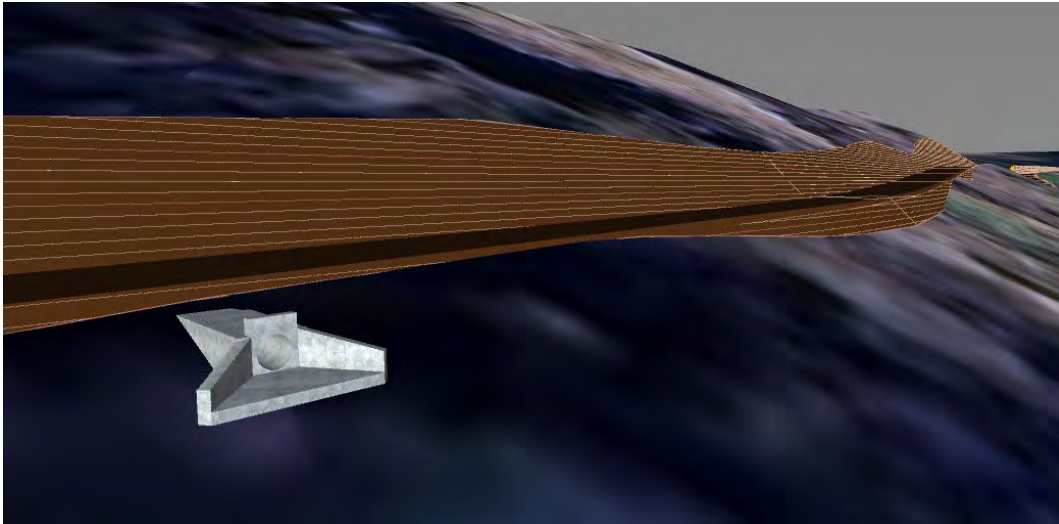


Figura 18. Federación del modelo Civil 3D y modelo Revit.

Elaboración propia.

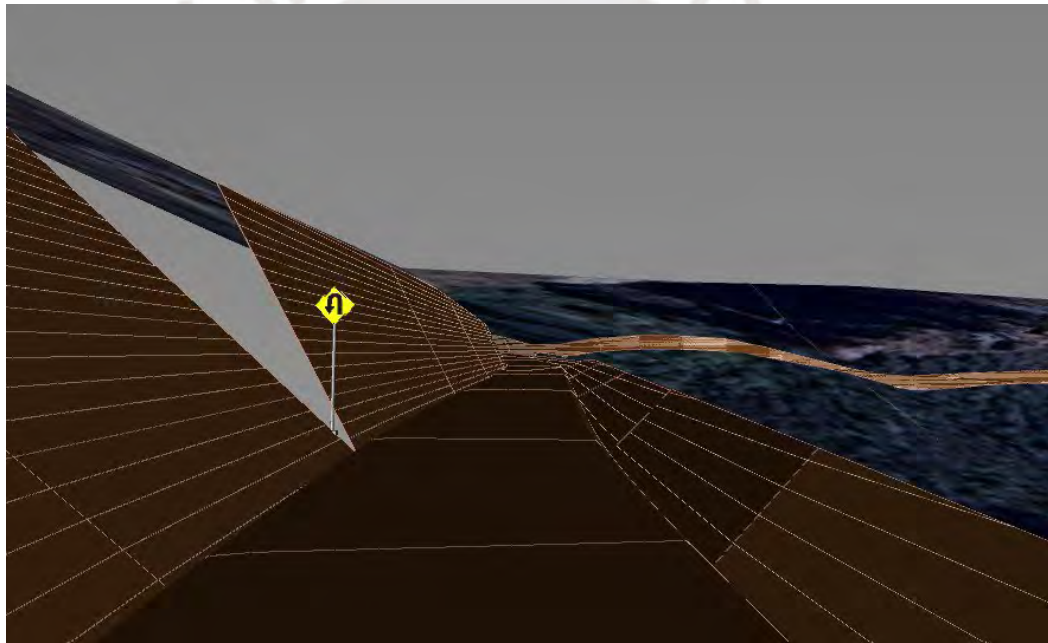


Figura 19. Federación del modelo Civil 3D y modelo Infraworks.

Elaboración propia.

5.1.4.5. Etapa 05 – Validación conjunta de modelos BIM en sesiones ICE

Una vez obtenido el modelo integrado, se procedió a la identificación de incompatibilidades y a la validación de la correcta ubicación del sistema de alcantarillado a lo largo del tramo vial. Posteriormente, se elaboró un reporte de interferencias, el cual debería ser presentado en sesiones ICE, realizadas de forma virtual o presencial, con la participación

de los diferentes especialistas involucrados. Durante estas reuniones, se establecen los plazos para la entrega del diseño actualizado y se definen los ajustes finales a ser incorporados en el modelo BIM.

5.1.4.6. Etapa 06 – Planificación 4D

A partir del modelo federado, se vincularon las actividades programadas en el cronograma con los elementos del modelo, lo que permitió simular la ejecución de las distintas fases del proyecto. Esto facilitó la planificación a corto plazo (lookahead) y la identificación de cuellos de botella que permitió ajustar la programación de obra.

5.2. Aplicación de Last Planner System

5.2.1. Master Plan del Proyecto

En el nivel de planificación del plan maestro, la sinergia entre BIM y el sistema Last Planner (LPS) es fundamental para establecer una visión estratégica del proyecto. En este nivel, resulta clave identificar los hitos más relevantes, que usualmente corresponden a la finalización de una partida o conjunto de partidas que marcan el fin de una fase del proyecto.

Es por ello que contar con un modelo BIM, aunque no necesariamente con un nivel de detalle muy alto (LOD), se vuelve valioso. Lo importante en esta etapa no será modelar los componentes con precisión milimétrica, sino tener una representación general del proyecto que, complementada con los documentos del expediente técnico, faciliten la identificación de los principales hitos del cronograma contractual.

Además, en un proyecto de carreteras, un modelo que integre la topografía real del terreno a lo largo del trazo permite ir mucho más allá de la visualización del proyecto terminado: posibilita identificar zonas óptimas para instalar el campamento, almacenes de materiales, estacionamiento de maquinaria y depósitos de material excedente. Esta información temprana no sólo ordena la logística de obra desde el inicio, sino que permite definir estrategias de ejecución realistas, con esta información se pasa a un plan de fases.

A continuación, se presenta un cronograma Gantt simplificado que incluye todas las partidas del proyecto, pero resume las actividades en una sola línea o en aquellas más representativas dentro de cada partida. El objetivo de esta simplificación es facilitar la comprensión del cronograma. Lo más importante es que se destacan visualmente los hitos

principales, indicando claramente su nombre y fecha prevista, mientras que los hitos intermedios no se resaltan, a fin de evitar la saturación visual y mantener el enfoque en los puntos clave del plan maestro. En el **Anexo D** se muestra el documento completo.

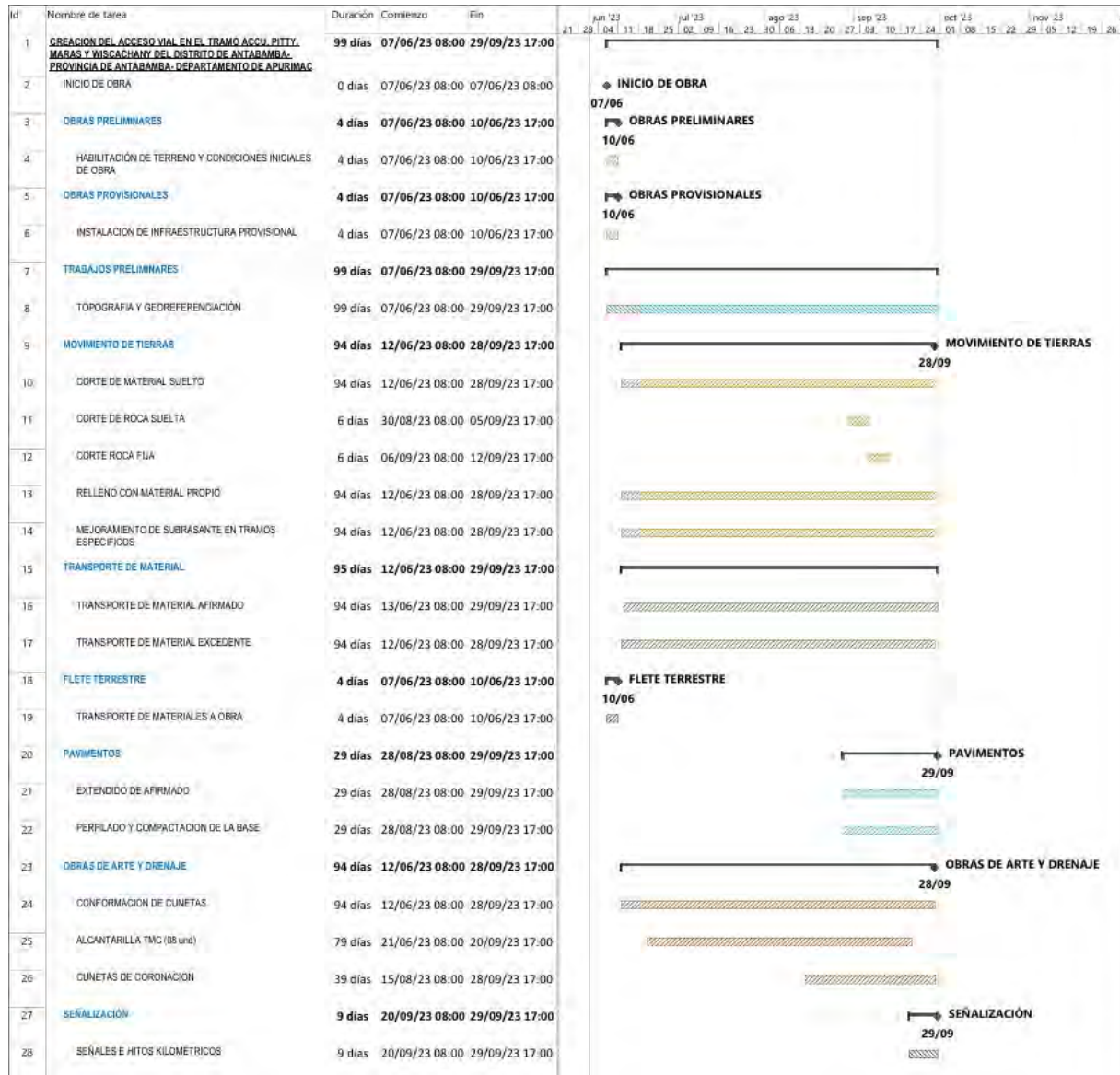


Figura 20. Plan maestro del proyecto.
Elaboración propia.

Para la elaboración del cronograma maestro se tomó inicialmente como base el cronograma incluido en el expediente técnico, asumiendo las fechas y duraciones allí establecidas. No obstante, a medida que se avanza con la planificación bajo la metodología Last Planner System, dichas fechas y duraciones pueden modificarse, lo que requiere actualizar el plan maestro en función de los nuevos ritmos y condiciones. Cabe resaltar que, a

pesar de estos ajustes, los hitos principales del proyecto se mantienen. El plan maestro final se presenta en la siguiente hoja.

5.2.2. Plan de fases

Una vez definidos los hitos, se procede a identificar las fases del proyecto y las actividades que las conforman. En este caso, se establecieron cuatro fases: movimiento de tierras, obras de arte y drenaje, pavimentación, y señalización. Posteriormente, se planteará la sectorización del proyecto y se definirá un ritmo de producción específico para cada fase. En esta etapa, será clave establecer la secuencia de actividades y considerar márgenes de tiempo que permitan proyectar un ritmo de producción realista. Finalmente, identificar los factores clave de éxito y las restricciones críticas en general permitirá anticiparse a posibles interferencias o cuellos de botella, y tomar decisiones a tiempo para mantener la continuidad del trabajo sin interrupciones.

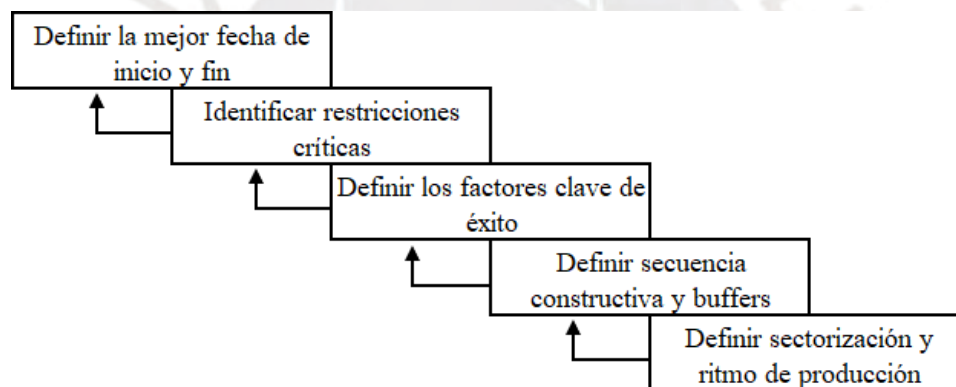
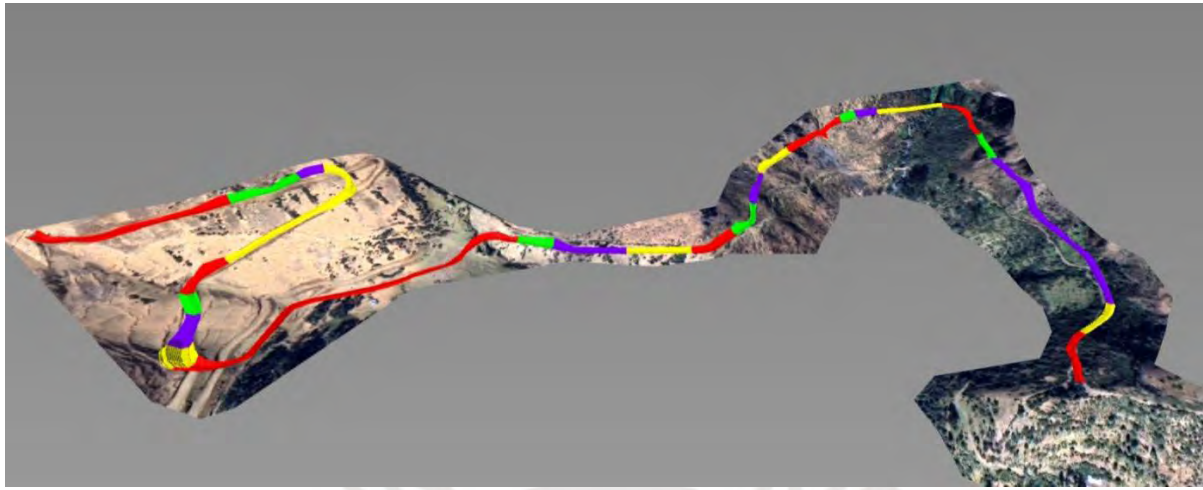


Figura 21. Pasos para definir una fase.
Elaboración propia.

Para la sectorización, fue fundamental contar con el apoyo del modelo 3D, el cual permitió obtener metrados del volumen acumulado de corte cada 10 metros de progresiva. Con estas cuantificaciones se optó por dividir el proyecto en sectores de 2,100 m³ de corte de terreno natural, lo que permitió definir 25 sectores, un número manejable que favorece el control y seguimiento de la productividad. Adicionalmente, el modelo BIM permitió representar visualmente la sectorización, asignando colores distintos a cada sector, lo que facilitó su identificación y paquetes de productividad que debían cumplirse. Para la sectorización se tomó en cuenta solo el volumen de corte y no se consideró el relleno como criterio de sectorización, dado que su volumen es menor y se presenta solo en progresivas

puntuales a lo largo de la carretera. Además, cabe resaltar que, debido a la irregularidad del terreno, no resulta adecuado sectorizar por longitud fija, ya que el volumen de corte variaría significativamente entre tramos generando ritmos de producción muy dispares.



*Figura 22. Sectorización del proyecto de carreteras.
Elaboración propia.*

Por otro lado, de acuerdo a las calicatas realizadas en diferentes puntos para sustentar el estudio de mecánica de suelos se identificaron tres zonas, una de roca suelta y roca fija, otras dos de material suelto que se disponen en los siguientes tramos:

Tabla N°8. Tipo de material para cada tramo de carretera.

Zona	Inicio de la estación	Fin de la estación	Tipo de material
1	0+000.00	2+100.00	Material Suelto
2	2+100.00	2+390.00	Roca Fija y Roca Suelta
3	2+390.00	3+108.00	Material Suelto

Nota: Tomado de expediente técnico de la carretera Maras

En ese sentido, la zona 1 cuenta con 19 sectores, la zona 2 con 2 sectores y la zona 3 con 4 sectores, sumando un total de 25 sectores. Esta diferenciación por zonas es fundamental, ya que el rendimiento de excavación varía según el tipo de material, lo cual resulta clave para definir el ritmo de producción. Además, para evidenciar las diferencias en el terreno, se utilizó una clasificación semafórica de las zonas y así distinguir la variación de rendimientos en el análisis del ritmo de producción.



Color	Dificultad	Nivel de productividad
	Fácil	Producción estándar
	Difícil	Producción baja

Figura 23. Nivel de productividad según dificultad.
Elaboración propia.

Ahora bien, para realizar un análisis adecuado del ritmo de producción, se consideró la misma disponibilidad de equipos y mano de obra que estuvo presente durante la ejecución de la obra. Asimismo, la secuencia constructiva fue definida cuidadosamente, priorizando un proceso ordenado que garantice la calidad en la ejecución.

Para la fase de movimiento de tierras se planteó un ritmo de producción por día y se dedujo para esta misma fase el ritmo de producción por sector. Para la fase de pavimentación se manejó un rendimiento de 96m³/día de extendido de afirmado que equivale a un avance de 100ml/día, entonces, como la sectorización se realizó por volumen de corte, el modelo BIM permitió identificar que la longitud más grande que se consigue al remover 2 100m³ es de 150ml, teniendo en cuenta que los 2 100m³ se realizan en 3 días y el rendimiento del extendido es de 100ml/día entonces no habría problemas y se completaría esta actividad en menos de 3 días. Es decir, esta fase puede iniciar después de la apertura de varios sectores.

En cuanto a las obras de arte y drenaje, se contempló que las cunetas laterales fueran ejecutadas por la excavadora de forma simultánea con la apertura de la vía. En esta fase, las obras de arte se refieren específicamente a las cunetas de coronación, ubicadas en tramos determinados, mientras que el sistema de drenaje incluye estructuras presentes a lo largo del trazado en intervalos definidos.


Por otro lado, en la fase de señalización, se incorporó también la actividad de reforestación, correspondiente a la partida del Plan de Mejoramiento Ambiental. Esta integración se realizó con el objetivo de evitar la creación de una fase adicional. Así, a medida que se avanza con la colocación de señalética, se ejecutan en paralelo las labores de reforestación en los alrededores de la carretera. La duración de esta fase fue la misma que la establecida en el expediente técnico, es decir, cinco días, y no se consideraron rendimientos específicos para su ejecución.

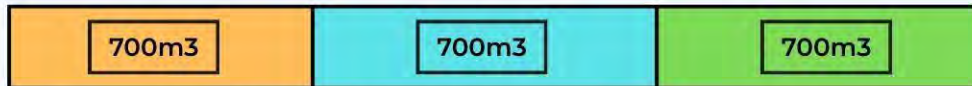
FASE: MOVIMIENTO DE TIERRAS

CORTE DE MATERIAL SUELTO

CRITERIO DE SECTORIZACIÓN DE 2100M3 DE CORTE

CLASIFICACIÓN SEMAFÓRICA

 FÁCIL: PRODUCCIÓN ESTANDAR



Cada sector se realiza en 3 días y por día se avanza 700m3



Rendimiento de la excavadora--> 100.4 m3/h

Trabajo de 7 horas en el día

Ritmo de producción por día: 700m3/día

Hay un total de 48705 m3 de volumen de corte y conforman 23 sectores de 2100m3

Ritmo de producción: sector / 24hrs

Hay 4692 m3 de volumen de relleno

MAQUINARIA:
Excavadora sobre oruga
Cargador frontal
Volquete 15m3

MANO DE OBRA:
1 Ayudante
2 Vigías


Figura 24. Ritmo de producción para corte de material suelto.
Elaboración propia.

FASE: MOVIMIENTO DE TIERRAS

CORTE ENTRE ROCA FIJA Y ROCA SUELTA

CRITERIO DE SECTORIZACIÓN DE 2100M3 DE CORTE

CLASIFICACIÓN SEMAFÓRICA

 DIFÍCIL: PRODUCCIÓN BAJA



Cada sector se realiza en 5 días y por día se avanza 450m3



Rendimiento medio de la excavadora--> 65 m3/h	
Trabajo de 7 horas en el día	
Ritmo de producción por día: 450m3/día	
Hay 4978 m3 de volumen de corte y conforman 2 sectores de 2100m3	
Ritmo de producción por sector: sector / 28hrs	
Hay 188 m3 de volumen de relleno	
Va desde la progresiva 2+100 a 2+390 y equivale 290m	
MAQUINARIA: Excavadora sobre oruga Cargador frontal Volquete 15m3	MANO DE OBRA: 1 Ayudante 2 Vigías

Figura 25. Ritmo de producción para corte de roca fija y suelta.
Elaboración propia.

FASE: PAVIMENTO A NIVEL DE AFIRMADO

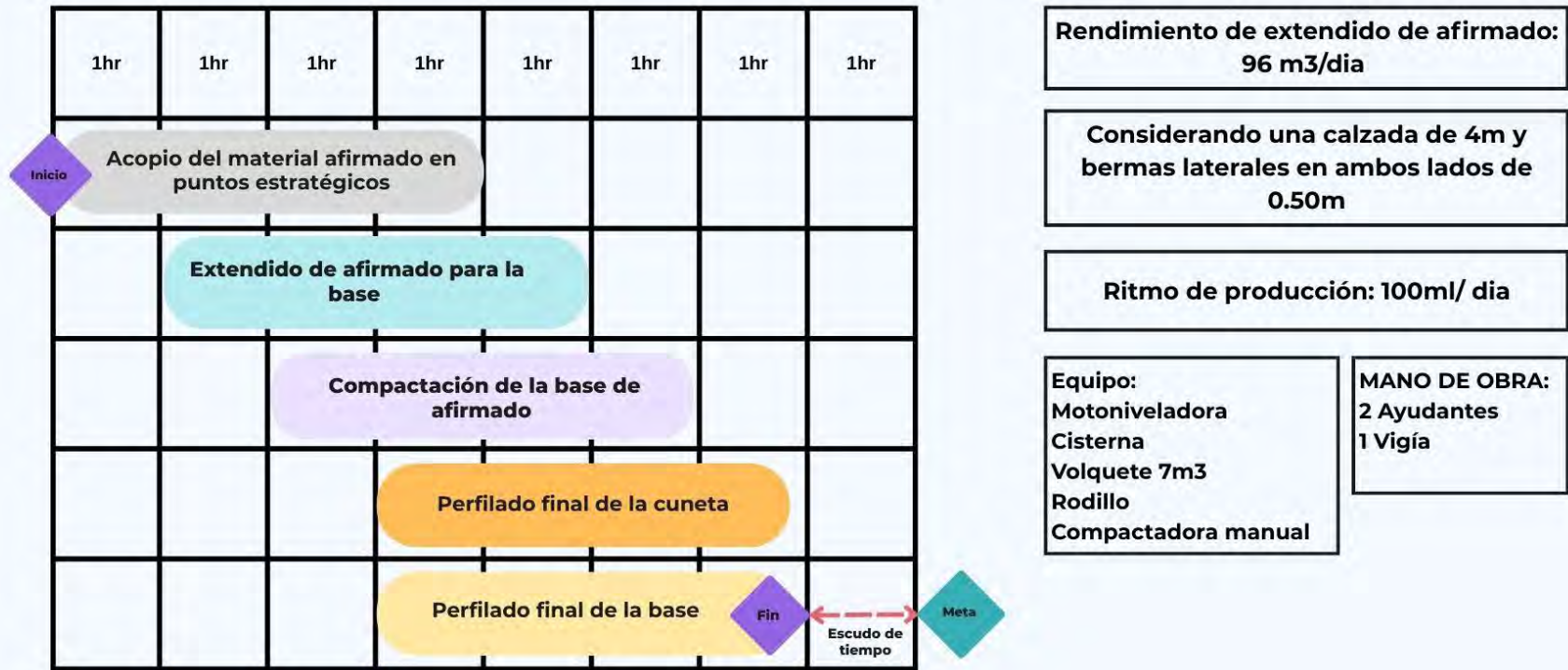


Figura 26. Ritmo de producción de pavimento a nivel de afirmado.
Elaboración propia.



Figura 27. Ritmo de producción de pavimento a nivel de afirmado. Elaboración propia.



Figura 28. Ritmo de producción fase de señalización y manejo ambiental. Elaboración propia.

5.2.2.1. Factores Clave de Éxito

Los siguientes factores se consideran determinantes para garantizar la continuidad y éxito en la ejecución del proyecto:

- Identificación anticipada de zonas de depósito de material excedente mediante el modelo BIM 3D, lo cual permite reducir tiempos de respuesta en obra al contar con información precisa y georreferenciada
- Asegurar la disponibilidad de recursos para el inicio de cada fase, aspecto clave dado que el proyecto se ubica en una zona alejada de la ciudad, lo que exige una logística bien estructurada y planificada.
- Coordinación efectiva entre especialidades técnicas, con el fin de evitar interferencias en la ejecución y asegurar un flujo continuo de trabajo.
- Establecimiento de un canal claro de comunicación entre campo y oficina, que permita atender conflictos de forma oportuna y mantener el ritmo de avance de las actividades programadas.

5.2.2.2. Identificación de Restricciones Críticas

En función del análisis del contexto y del uso de metodología BIM en obra, se identificaron las siguientes restricciones críticas:

- Conectividad limitada a internet en obra, lo cual representa un obstáculo relevante si se busca aplicar BIM 4D o mantener una supervisión digital en tiempo real.
- Demora en la asignación presupuestal, al tratarse de un proyecto bajo administración directa, situación que puede afectar seriamente el ritmo de ejecución.
- Necesidad de establecer un campamento con condiciones básicas de habitabilidad, debido a la lejanía del proyecto respecto a zonas urbanas, lo cual implica considerar la permanencia del personal en sitio.
- Dificultades para el mantenimiento preventivo y correctivo de maquinaria, por la falta de talleres cercanos y repuestos disponibles en la zona.
- Limitaciones en el suministro y almacenamiento adecuado de combustible, necesario para asegurar la continuidad de los trabajos.
- Acceso médico restringido, lo que incrementa el riesgo en materia de seguridad y salud ocupacional del personal en obra.

Definido el ritmo de producción, los factores clave de éxito y las restricciones críticas, fue posible establecer las fechas óptimas de inicio y fin. En la fase de movimiento de tierras, los metrados del modelo BIM identificaron 23 sectores de ejecución fácil y 2 sectores de ejecución difícil. La duración total se calculó multiplicando la cantidad de sectores por el tiempo estimado según su nivel de dificultad.

PLAN DE FASES DEL PROYECTO DE CARRETERAS					
NOMBRE DEL PROYECTO	CREACION DEL ACCESO VIAL EN EL TRAMO ACCU, PITY, MARAS Y WISACHANY DEL DISTRITO DE ANTABAMBA- PROVINCIA DE ANTABAMBA- DEPARTAMENTO DE APURIMAC	MODALIDAD	ADMINISTRACIÓN DIRECTA	FECHA:	13/05/2025
CÓDIGO INVIERTE.PE DEL PROYECTO	2557297	PROPIETARIO:	MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ANTABAMBA	UBICACIÓN:	ANTABAMBA-ANTABAMBA-APURIMAC

Hitos del proyecto	Fecha inicio	Fecha Fin	Duración en número de semanas
Movimiento de tierras	12/06/2023	28/09/2023	16 sem
Pavimento a nivel de afirmado	28/08/2023	29/09/2023	5 sem
Obras de arte y drenaje	21/06/2023	28/09/2023	3.5 sem
Señalización y manejo ambiental	20/09/2023	29/09/2023	1.5 sem

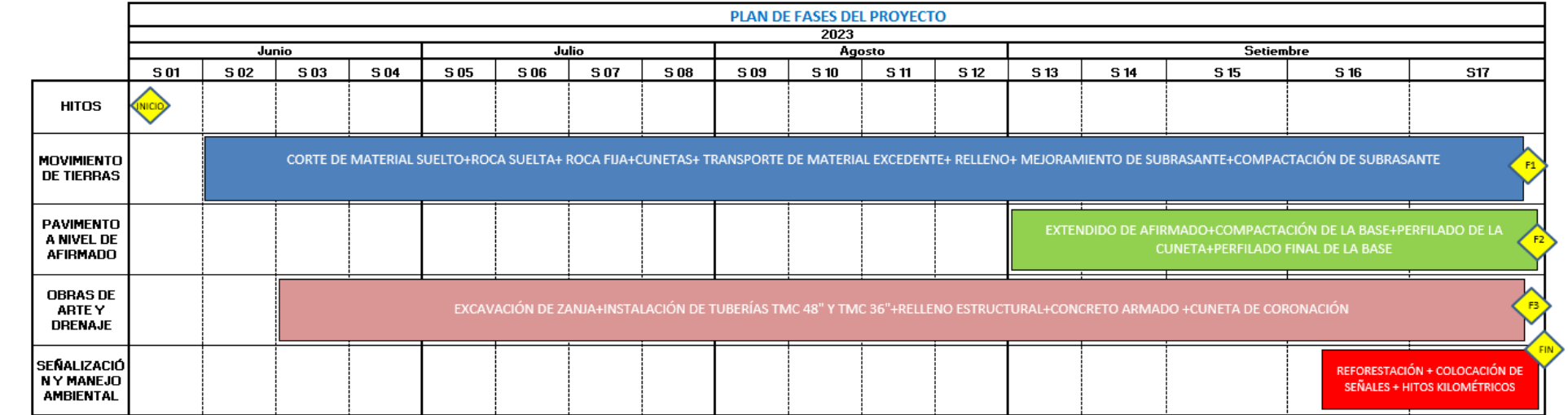


Figura 29. Plan de fases de todo el proyecto. Elaboración propia.

5.2.3. Planificación a corto plazo (Lookahead Planning)

En este nivel de planificación se detallaron las actividades a ejecutar dentro de un horizonte de 4 semanas, visualizando las tareas por cumplir en un día y el sector al que corresponde. Esta planificación se elaboró tomando como referencia las fechas de inicio y finalización definidas en el plan de fases. Asimismo, se consideró los días sábados como buffer de tiempo, con el objetivo de garantizar el cumplimiento de las tareas programadas en la semana. En el **Anexo E** se muestra el desarrollo completo del look ahead para las 17 semanas de trabajo.

LOOKAHEAD PLANNING																															
NOMBRE DE PROYECTO:				PROPIETARIO:					FECHA:					UBICACION:																	
CREACION DEL ACCESO VIAL EN EL TRAMO ACCU, PITY, MARAS Y WISCACHANY DEL DISTRITO DE ANTABAMBA- PROVINCIA DE ANTABAMBA- DEPARTAMENTO DE APURIMAC				MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ANTABAMBA					martes, 13 de Mayo de 2025					ANTABAMBA-ANTABAMBA-APURIMAC																	
ID WBS	Descripción de la Actividad	Und	Metrado Total	JUNIO																											
				SEMANA 1							SEMANA 2							SEMANA 3							SEMANA 4						
				L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D
5/6/23	6/6/23	7/6/23	8/6/23	9/6/23	10/6/23	11	12/6/23	13/6/23	14/6/23	15/6/23	16/6/23	17/6/23	18	19/6/23	20/6/23	21/6/23	22/6/23	23/6/23	24/6/23	25	26/6/23	27/6/23	28/6/23	29/6/23	30/6/23	1/7/23	2				
1.1	TRABAJOS PRELIMINARES																														
1.1.1	CORTE DE MATERIAL SUELTO	m³							Z1S1P1	Z1S1P2	Z1S1P3	Z1S2P1	Z1S2P2		Z1S2P4	Z1S3P1	Z1S3P2	Z1S3P3	Z1S4P1						Z1S4P2	Z1S4P3	Z1S5P1	Z1S5P2	Z1S5P3		
1.1.2	CORTE DE ROCA SUELTA	m³																													
1.1.3	CORTE DE ROCA FIJA	m³																													
1.1.4	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m³							Z1S1P1	Z1S1P2	Z1S1P3	Z1S2P1	Z1S2P2		Z1S2P4	Z1S3P1	Z1S3P2	Z1S3P3	Z1S4P1						Z1S4P2	Z1S4P3	Z1S5P1	Z1S5P2	Z1S5P3		
1.1.5	MEJORAMIENTO Y COMPACTACION DE SUBRASANTE EN TRAMOS ESPECIFICOS	m³							Z1S1P1	Z1S1P2	Z1S1P3	Z1S2P1	Z1S2P2		Z1S2P4	Z1S3P1	Z1S3P2	Z1S3P3	Z1S4P1						Z1S4P2	Z1S4P3	Z1S5P1	Z1S5P2	Z1S5P3		
1.2	TRABAJOS PRELIMINARES																														
1.2.1	EXTENDIDO DE AFIRMADO	m³																													
1.2.2	PERFILADO Y COMPACTACION DE LA RASANTE	m³																													
1.3	TRABAJOS PRELIMINARES																														
1.3.1	CONFORMACION DE CUNETAS																														
1.3.1.1	CONSTRUCCION DE CUNETAS EN MATERIAL SUELTO	m							Z1S1P1	Z1S1P2	Z1S1P3	Z1S2P1	Z1S2P2		Z1S2P4	Z1S3P1	Z1S3P2	Z1S3P3	Z1S4P1						Z1S4P2	Z1S4P3	Z1S5P1	Z1S5P2	Z1S5P3		
1.3.1.2	CONSTRUCCION DE CUNETAS EN ROCA FIJA	m																													
1.3.1.3	CONSTRUCCION DE CUNETAS EN ROCA SUELTA	m																													
1.3.2	ALCANTARILLA TMC (08 und)																														
1.3.2.1	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	m³																													
1.3.2.2	TUBERIA METALICA CORRUGADA TMC 36" Y TMC48"	m																													
1.3.2.3	RELLENO PARA ESTRUCTURAS CON MATERIAL PROPIO	m³																													
1.3.2.4	CONCRETO ARMADO PARA ALCANTARILLAS	m³																													
1.3.3	CUNETAS DE DORONACION																														
1.3.3.1	CONFORMACION Y PERFILADO DE CUNETAS DE DORONACION	m³																													
1.4	SEÑALES INFORMATIVAS																														
1.4.1	SENALES INFORMATIVAS Y REGLAMENTARIAS	und																													
1.4.2	HITOS KILOMETRICOS	und																													
1.5	PLAN DE REFORESTACION																														
1.5.1	PLAN DE REFORESTACION DE AREAS AFECTADAS	ha																													

Figura 30. Look ahead semana 1-4 .
Elaboración propia.

Por otro lado, en lo que respecta a la intervención del modelo BIM en este nivel de planificación, se incluyeron ya las fechas de ejecución y se definió la secuencia lógica de las actividades, tal como se muestra en la imagen anterior. Esto permitió desarrollar un modelo 4D, que posibilita simular visualmente el avance del proyecto conforme al cronograma establecido en el Lookahead Plan. Esta integración entre el modelo BIM y la planificación detallada brinda una herramienta poderosa para el seguimiento, control y detección temprana de desviaciones. A continuación, se abordarán dos aspectos fundamentales que complementan esta planificación a corto plazo: el análisis de restricciones y la planificación semanal antes de pasar al desarrollo de la simulación 4D.

5.2.3.1 Análisis de restricciones

Se identificaron y gestionaron las restricciones que podrían afectar el inicio oportuno de las actividades. Este ejercicio permite anticiparse a posibles contratiempos durante la ejecución del proyecto y garantizar una planificación más confiable para un flujo de trabajo continuo. Para ello, una vez identificadas las restricciones, se registraron su tipo, el responsable asignado, la fecha de detección, la fecha requerida libre de restricciones y la fecha de compromiso para su solución por parte del responsable. Este documento se adjunta en el **Anexo F**.

5.2.4. Planificación Semanal

Se elaboró un plan semanal considerando sólo tareas sin restricciones. En este punto el ingeniero de producción, topógrafos, ayudantes y operadores de maquinaria, asumen compromisos para cumplir las metas de la semana. Si bien es cierto que el análisis de restricciones se hace un nivel antes, suele ser una buena práctica verificar al inicio de la semana si todo está libre de restricciones en cuanto a seguridad, información, espacio, materiales, personas, requisitos previos y equipos.

PROGRAMACION SEMANAL -SEMANA 3																	
NOMBRE DE PROYECTO:				PROPIETARIO:				FECHA:				UBICACION:					
CREACION DEL ACCESO VIAL EN EL TRAMO ACCU, FITTY, MARAS Y WISCACHANY DEL DISTRITO DE ANTABAMBA. PROVINCIA DE ANTABAMBA- DEPARTAMENTO DE APURIMAC				MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ANTABAMBA				13/05/2025				ANTABAMBA-ANTABAMBA-APURIMAC					
Código	Descripción de la Actividad	Und	Programado	MARZO							TODO ESTA LIBRE DE RESTRICCIONES?						
				SEMANA 3							Seguridad	Informacion	Espacio	Materiales	Personas	Requisitos previos	Equipos
				L	M	X	J	V	S	D							
				19/05/23	20/05/2023	21/05/2023	22/05/2023	23/05/2023	24/05/2023	25/05/2023							
1.0. OPERACIONES DE TERRENO																	
1.4.1	CORTE DE MATERIAL SUELTO	m ³		Z153P1	Z153P1	Z153P2	Z153P3	Z154P1			si	si	si	si	si	si	si
1.4.2	CORTE DE ROCA SUELTA	m ³															
1.4.3	CORTE DE ROCA FUA	m ³															
1.4.4	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m ³		Z153P1	Z153P1	Z153P2	Z153P3	Z154P1			si	si	si	si	si	si	si
1.4.5	MEJORAMIENTO Y COMPACTACION DE SUBRASANTE EN TRAMOS ESPECIFICOS	m ³		Z153P1	Z153P1	Z153P2	Z153P3	Z154P1			si	si	si	si	si	si	si
1.5. OPERATIVOS																	
1.5.1	EXTENDIDO DE AFIRMACO	m ³															
1.5.2	PERFILADO Y COMPACTACION DE LA RASANTE	m ²															
1.6. OBRAS DE ARTES Y OBRAS DE																	
1.7. CONFORMACION DE CUNETAS																	
1.7.1.1	CONSTRUCCION DE CUNETAS EN MATERIAL SUELTO	m		Z153P1	Z153P1	Z153P2	Z153P3	Z154P1			si	si	si	si	si	si	si
1.7.1.2	CONSTRUCCION DE CUNETAS EN ROCA FUA	m															
1.7.1.3	CONSTRUCCION DE CUNETAS EN ROCA SUELTA	m															
1.7.2. ALCANTARILLA TMC (30 und)																	
1.7.2.1	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	m ³				ALC1					si	si	si	si	si	si	si
1.7.2.2	TUBERIA METALICA CORRUGADA TMC 30" Y TMC 40"	m				ALC1					si	si	si	si	si	si	si
1.7.2.3	RELLENO PARA ESTRUCTURAS CON MATERIAL PROPIO	m ³				ALC1					si	si	si	si	si	si	si
1.7.2.3	CONCRETO ARMADO PARA ALCANTARILLAS	m ³				ALC1					si	si	si	si	si	si	si
1.7.3. CUNETAS DE CORONACION																	
1.7.3.1	CONFORMACION Y PERFILADO DE CUNETAS DE CORONACION	m ³															
1.8. TRANSECCION																	
1.8.3	SENALES INFORMATIVAS Y REGLAMENTARIAS	und															
1.8.4	HTUS KILOMETRICOS	und															

Figura 31. Ejemplo de plan semanal N°3. Elaboración propia.

5.3. Sinergia BIM y Last Planner System

En la metodología tradicional se cree que la planificación no sugiere cambios y, más bien, esta es considerada perfecta (Ballard, 2020). En respuesta a ello, se ha aplicado la metodología del Last Planner System considerando las restricciones del proyecto y logrando un mayor control en dos aspectos: el flujo de trabajo y el flujo de la unidad de producción, las cuales se refieren a vincular paquetes de producción presentando tareas diarias que puedan ser cumplidas en su totalidad. Estos paquetes de producción son extraídos con relación al modelamiento BIM.

Finalizado el modelamiento BIM y la propuesta de implementación del LPS para la planificación se desarrolló la simulación constructiva 4D del acceso Wishcany de la progresiva 0+000 a 3+107.95.

5.3.1. Simulación 4D

Se inició la simulación con la exportación de los modelos establecidos en el Revit, Civil 3D e Infracworks y se vincularon todos ellos con el Lookahead planteado mediante la metodología tradicional. Se consideró lo siguiente:

1. Se consideró el modelado BIM en Civil 3D para extraer los cortes de accesos que se integran al Naviswork, limitando el corte hasta la progresiva que cumpla con el rendimiento diario de las cuadrillas, operarios y maquinaria.
2. Se integró las topografías empleando el software Infracworks para cargar una topografía renderizada que mostrará el corte en el terreno simulando la excavación realizada por tramos.
3. Se consideró para la simulación de los modelos integrados solo las partidas más críticas: movimiento de tierras, pavimento y obras de drenaje.
4. Se consideró la configuración de “Construcción” para tareas como excavación, relleno y tendido de afirmado.
5. Se consideró la configuración de “Construcción temporal” para tareas con conjuntos asignados de topografía que muestre secuencialmente el terreno natural excavado.
6. Se tomó en cuenta una producción de 700 m³ de corte diarios en la zona 1 de material suelto y 450 m³ en la zona 2 de roca fija/roca suelta.

7. Se tomó en cuenta la programación realizada mediante el Last Planner System para la asignación de fechas de inicio y fin de actividades.
8. Se contempló los días sábados como un buffer en la programación de actividades.
9. Se siguieron los procesos constructivos en base a una obra lineal de un solo frente de trabajo, avanzando dos partidas al mismo tiempo.

Con las consideraciones mencionadas se logró realizar la simulación 4D para el tramo de carretera en su totalidad. En la *Figura 32* se muestra la integración de modelos en el Naviswork, el cual exporta el proceso constructivo de acuerdo a las metodologías empleadas, se puede observar el procedimiento constructivo en los videos adjuntos en el **Anexo H**.

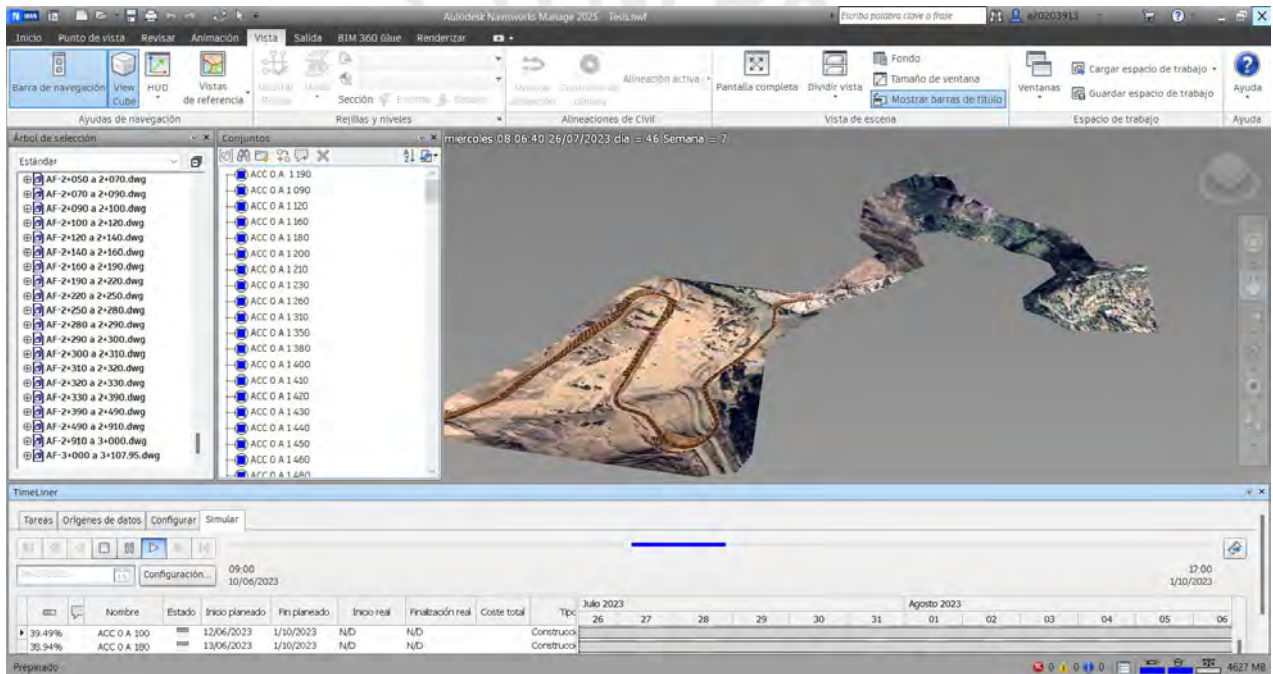


Figura 32. Simulación 4D del acceso vial. Elaboración propia.

5.3.2 Metrados y Costos sincerados

Este capítulo, de acuerdo al alcance de los objetivos, presenta una comparación de metrados y costos entre partidas.

5.3.2.1 Comparación de metrados y costos entre partidas planificadas mediante la metodología tradicional y las partidas realmente ejecutadas en obra

Durante la etapa de ejecución del expediente técnico se realizó un metrado base mediante la metodología tradicional analizando puntos claves como: el alcance del proyecto, los componentes que involucra, las distancias de disposición de los materiales, la cantidad de cuadrillas que se necesitaran y los precios unitarios por partidas extraídos de cotizaciones realizadas en el año 2023. Así mismo, el expediente técnico del proyecto plantea un cronograma valorizado con el avance de obra mensual que se debe realizar mensualmente para cumplir con éxito la culminación del proyecto.

Con el presupuesto y las cantidades definidas y aprobadas, se procede a iniciar la construcción. Durante el proceso constructivo, con la finalidad de contar con un control de los avances mensuales respecto a la base de metrados realizada mediante la metodología tradicional, se recurre a la elaboración de un cuaderno de obra, el cual permite la corroboración de tareas ejecutadas, actualización de tareas adicionales y tareas que no fueron realizadas semanal y mensualmente. Así mismo, permite la valorización mensual del proyecto basada en los avances reportados.

Basándonos en el cuaderno de obra se presenta una tabla resumen de las partidas que realmente fueron ejecutadas en el presente proyecto. Además, se contemplan las partidas adicionales resaltadas en rojo. Por otro lado, se detallan las partidas que fueron sobreestimadas en la etapa de planificación respecto a las cantidades que realmente se ejecutaron en obra y se resalta de amarillo las partidas que quedaron inconclusas.

Tabla N°9. Cuantificación de las cantidades de obra: partidas planificadas vs partidas realmente ejecutadas.

PARTIDAS REALMENTE EJECUTADAS		Und	CANTIDAD PARCIAL POR PARTIDA PLANIFICADA MEDIANTE EL METODO TRADICIONAL	CANTIDAD PARCIAL POR PARTIDA REALMENTE EJECUTADA
Item	Descripción			
1	CREACION DEL ACCESO VIAL EN EL TRAMO ACCU, PITY, MARAS Y WISCACHANY DEL DISTRITO DE ANTABAMBA- PROVINCIA DE ANTABAMBA- DEPARTAMENTO DE APURIMAC			
1.1	OBRAS PRELIMINARES			
1.1.2	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA 7.20 X 3.60	und	1.00	1.00
1.1.3	ACCESO A D.M.E.CAMPAMENTO Y PATIO DE MAQUINAS	km	0.29	0.29
1.2	OBRAS PROVISIONALES			
1.2.1	INFRAESTRUCTURA PROVISIONAL			
1.2.1.1	CAMPAMENTO Y OFICINAS PROVISIONALES	m²	100.00	100.00
1.2.1.2	CERCO PROVISIONAL DE MALLA ARPILLERA	m	0.00	150.00
1.3	TRABAJO PRELIMINAR			
1.3.1	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	gib	1.00	1.00
1.3.2	TOPOGRAFIA Y GEOREFERENCIACION	gib	1.00	1.00
1.3.3	REMOCIONES			
1.3.3.1	RETIRO DE ARBOLES	und	0.00	80.00
1.4	MOVIMIENTO DE TIERRAS			
1.4.1	CORTE DE MATERIAL SUELTO	m³	67456.70	64545.01
1.4.2	CORTE DE ROCA SUELTA	m³	1872.40	1822.40
1.4.3	EXCAVACION MANUAL EN MATERIAL SUELTO	m³	0.00	9.19
1.4.4	CORTE DE ROCA FIJA	m³	0.00	2911.70
1.4.3	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m³	5686.50	5686.50
1.4.4	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN TRAMOS ESPECIFICOS	m³	400.00	400.00
1.5	TRANSPORTE DE MATERIAL			
1.5.1	TRANSPORTE DE MAT. AFIRMADO HASTA 1KM	m3k	3683.95	3683.95
1.5.2	TRANSPORTE DE MAT. AFIRMADO >1KM	m3k	3383.86	3383.86
1.5.3	TRANSPORTE DE MAT. EXCEDENTE <1KM EN TRAMOS ESPECIFICOS	m3k	3251.35	975.40
1.5.4	TRANSPORTE DE MAT. EXCEDENTE >1KM	m3k	13590.64	4077.19
1.6	PAVIMENTOS			
1.6.1	PERFILADO Y COMPACTACION DE LA SUB RAZANTE	m²	15931.38	0.00
1.6.2	AFIRMADO	m³	3186.28	0.00
1.6.3	COMPACTACION DE LA RAZANTE	m²	15931.38	0.00
1.7	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE			
1.7.1	CONFORMACION DE CUNETAS			
1.7.1.1	CONSTRUCCION DE CUNETAS EN MATERIAL SUELTO	m	3300.00	3300.00
1.7.1.2	CONSTRUCCION DE CUNETAS EN ROCA SUELTA	m	200.00	200.00
1.7.1.3	CONSTRUCCION DE CUNETAS EN ROCA FIJA	m	200.00	200.00
1.7.2	ALCANTARILLA TMC (08 und)			
1.7.2.1	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	m³	197.45	197.45
1.7.2.2	RELLENO PARA ESTRUCTURAS CON MATERIAL PROPIO	m³	78.19	78.19
1.7.2.3	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m²	234.38	234.38
1.7.2.4	ACERO F'Y=4200 KG/CM2	kg	1590.78	0.00
1.7.2.5	CONCRETO f'c=175 kg/cm2	m³	44.49	44.49
1.7.2.6	TUBERIA METALICA CORRUGADA TMC48"	m	17.01	17.01
1.7.2.7	TUBERIA METALICA CORRUGADA TMC36"	m	24.30	28.35
1.7.2.8	EMBOQUILLADO DE MAMP. DE PIEDRA f'c=175 kg/cm2	m³	15.48	15.48
1.7.2.9	CAMA DE ARENA e = 0.10 m.	m²	46.73	46.73
1.7.2.10	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m³	144.96	144.96
1.7.3	CUNETAS DE CORONACION			
1.7.3.1	CONFORMACION Y PERFILADO DE CUNETAS DE CORONACION	m	400.00	400.00
1.7	SEÑALIZACION			
1.7.1	SENALES PREVENTIVAS	und	27.00	0.00
1.7.2	SENALES INFORMATIVAS	und	3.00	0.00
1.7.3	SENALES REGLAMENTARIAS	und	2.00	0.00
1.7.4	HITOS KILOMETRICOS	und	4.00	0.00
1.8	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL-PMA			
1.8.1	PROGRAMA DE MEDIDAS PREVENTIVAS, MITIGADORES Y CORRECTIVAS	gib	1.00	1.00
1.8.2	PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL	gib	1.00	0.60
1.8.3	PROGRAMA DE ASUNTOS SOCIALES	gib	1.00	1.00
1.8.4	PROGRAMA DE EDUCACION AMBIENTAL Y SEGURIDAD VIAL	gib	1.00	0.50
1.8.5	PROGRAMA DE CAPACITACION AMBIENTAL Y SEGURIDAD	gib	1.00	1.00
1.8.6	PROGRAMA DE PREVENCION DE PERDIDAS Y CONTINGENCIAS	gib	1.00	1.00
1.8.7	PROGRAMA DE CIERRE	gib	1.00	1.00
1.8.8	PLAN DE REFORESTACION DE AREAS AFECTADAS	ha	9.49	9.49
1.9	FLETE TERRESTRE			
1.9.1	TRANSPORTE DE MATERIALES A OBRA	gib	1.00	1.00
1.10	PLAN DE MONITOREO ARQUEOLOGICO			
1.10.1	PLAN DE MONITOREO ARQUEOLOGICO	gib	1.00	1.00
1.11	CONTROL DE CALIDAD			
1.11.1	DISEÑO DE MEZCLAS	gbl	1.00	1.00
1.11.2	COMPACTACION DE LA SUB RAZANTE	gib	1.00	1.00
1.11.3	RESISTENCIA DE CONCRETO	gib	1.00	1.00
1.12	SEGURIDAD Y SALUD			
1.12.1	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL EN OBRAS PROVISIONALES	und	41.00	41.00
1.12.1	EQUIPOS DE PROTECCION COLECTIVA	gbl	1.40	1.40
1.12.3	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL	gib	1.40	1.40
1.12.4	PLAN DE SEGURIDAD	gib	1.00	1.00
1.13	PROGRAMA DE CAPACITACION SOCIAL Y SEGURIDAD EN OBRA			
1.13.1	ELABORACION DEL PLAN DE SEGURIDAD EN EL TRABAJO	mes	1.00	1.00
1.13.2	PROGRAMA DE CAPACITACION EN OPERACION Y MANTENIMIENTO	mes	1.00	1.00

Partidas inconclusas
Partidas adicionales

Nota: Elaboración Propia.

Se observa que se adicionaron cuatro partidas y no se logró realizar diez partidas inicialmente planificadas. Entre las más importantes se encuentra la partida de señalización y pavimentos que no fueron iniciadas. Así mismo, se resaltan de color rojo los numeros que difieren en cantidad de lo realmente ejecutado; en este caso, partidas como excavación de material suelto y roca dura, transporte de material excedente menor 1km y mayor a 1km tienen metrados menores.

Por otro lado, respecto a los planes de manejo ambiental no se han completado en su totalidad, validando el proyecto con el 60% del programa de monitoreo ambiental y el 50% de la educación vial y ambiental.

Con la finalidad de analizar estas irregularidades entre los metrados proyectados vs los realmente ejecutados se realiza una comparación de costos entre ambos presupuestos. El análisis de la variabilidad de costos entre el proyecto base analizado mediante la metodología tradicional y lo realmente ejecutado nos indica la deficiencia de esta metodología para la planificación y ejecución del proyecto.

A continuación, se presenta la **Tabla N°10** de los costos por partida y presupuesto final en cada caso. Es importante recalcar que durante la etapa de ejecución del proyecto se valorizaron las partidas respecto a los mismos APUs proyectados inicialmente.

Tabla N°10. Cuantificación de costos de obra: partidas planificadas vs partidas realmente ejecutadas.

PARTIDAS REALMENTE EJECUTADAS		PRECIO PARCIAL POR PARTIDA PLANIFICADA	PRECIO PARCIAL POR PARTIDA REALMENTE EJECUTADA METODO TRADICIONAL
Item	Descripción		
1	CREACION DEL ACCESO VIAL EN EL TRAMO ACCU, PITY, MARAS Y WISCACHANY DEL DISTRITO DE ANTABAMBA- PROVINCIA DE ANTABAMBA- DEPARTAMENTO DE APURIMAC		
1.1	OBRAS PRELIMINARES	S/ 2,757.83	S/ 2,757.83
1.1.2	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA 7.20 X 3.60		
1.1.3	ACCESO A D.M.E.,CAMPAMENTO Y PATIO DE MAQUINAS		
1.2	OBRAS PROVISIONALES	S/ 5,300.00	S/ 9,479.00
1.2.1	INFRAESTRUCTURA PROVISIONAL		
1.2.1.1	CAMPAMENTO Y OFICINAS PROVISIONALES		
1.2.1.2	CERCO PROVISIONAL DE MALLA ARPILLERA		
1.3	TRABAJO PRELIMINAR	S/ 29,844.44	S/ 33,410.84
1.3.1	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS		
1.3.2	TOPOGRAFIA Y GEOREFERENCIACION		
1.3.3	REMOCCIONES		
1.3.3.1	RETIRO DE ARBOLES		
1.4	MOVIMIENTO DE TIERRAS	S/ 340,783.40	S/ 332,042.31
1.4.1	CORTE DE MATERIAL SUELTO		
1.4.2	CORTE DE ROCA SUELTA		
1.4.3	EXCAVACION MANUAL EN MATERIAL SUELTO		
1.4.4	CORTE DE ROCA FUA		
1.4.3	RELLENO CON MATERIAL PROPIO		
1.4.4	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN TRAMOS ESPECIFICOS		
1.5	TRANSPORTE DE MATERIAL	S/ 87,569.58	S/ 49,585.67
1.5.1	TRANSPORTE DE MAT. AFIRMADO HASTA 1KM		
1.5.2	TRANSPORTE DE MAT. AFIRMADO >1KM		
1.5.3	TRANSPORTE DE MAT. EXCEDENTE <1KM EN TRAMOS ESPECIFICOS		
1.5.4	TRANSPORTE DE MAT. EXCEDENTE >1KM		
1.6	PAVIMENTOS	S/ 85,424.12	S/ 0.00
1.6.1	PERFILADO Y COMPACTACION DE LA SUB RAZANTE		
1.6.2	AFIRMADO		
1.6.3	COMPACTACION DE LA RAZANTE		
1.7	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE	S/ 79,741.77	S/ 75,750.62
1.7.1	CONFORMACION DE CUNETAS		
1.7.1.1	CONSTRUCCION DE CUNETAS EN MATERIAL SUELTO		
1.7.1.2	CONSTRUCCION DE CUNETAS EN ROCA SUELTA		
1.7.1.3	CONSTRUCCION DE CUNETAS EN ROCA FUA		
1.7.2	ALCANTARILLA TMC (Ø8 und)		
1.7.2.1	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO		
1.7.2.2	RELLENO PARA ESTRUCTURAS CON MATERIAL PROPIO		
1.7.2.3	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO		
1.7.2.4	ACERO F'Y=4200 KG/CM2		
1.7.2.5	CONCRETO fe=175 kg/cm2		
1.7.2.6	TUBERIA METALICA CORRUGADA TMC48"		
1.7.2.7	TUBERIA METALICA CORRUGADA TMC36"		
1.7.2.8	EMBOQUILLADO DE MAMP. DE PIEDRA fe= 175 kg/cm2		
1.7.2.9	CAMA DE ARENA e = 0.10 m.		
1.7.2.10	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE		
1.7.3	CUNETAS DE CORONACION		
1.7.3.1	CONFORMACION Y PERFILADO DE CUNETAS DE CORONACION		
1.7	SEÑALIZACION	S/ 17,057.24	S/ 0.00
1.7.1	SEÑALES PREVENTIVAS		
1.7.2	SEÑALES INFORMATIVAS		
1.7.3	SEÑALES REGLAMENTARIAS		
1.7.4	HITOS KILOMETRICOS		
1.8	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL-PMA	S/ 11,682.80	S/ 16,326.28
1.8.1	PROGRAMA DE MEDIDAS PREVENTIVAS, MITIGADORES Y CORRECTIVAS		
1.8.2	PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL		
1.8.3	PROGRAMA DE ASUNTOS SOCIALES		
1.8.4	PROGRAMA DE EDUCACION AMBIENTAL Y SEGURIDAD VIAL		
1.8.5	PROGRAMA DE CAPACITACION AMBIENTAL Y SEGURIDAD		
1.8.6	PROGRAMA DE PREVENCION DE PERDIDAS Y CONTINGENCIAS		
1.8.7	PROGRAMA DE CIERRE		
1.8.8	PLAN DE REFORESTACION DE AREAS AFECTADAS		
1.9	FLETE TERRESTRE	S/ 10,000.00	S/ 10,000.00
1.9.1	TRANSPORTE DE MATERIALES A OBRA		
1.10	PLAN DE MONITOREO ARQUEOLOGICO	S/ 5,000.00	S/ 5,000.00
1.10.1	PLAN DE MONITOREO ARQUEOLOGICO		
1.11	CONTROL DE CALIDAD	S/ 2,150.00	S/ 2,150.00
1.11.1	DISEÑO DE MEZCLAS		
1.11.2	COMPACTACION DE LA SUB RAZANTE		
1.11.3	RESISTENCIA DE CONCRETO		
1.12	SEGURIDAD Y SALUD	S/ 12,000.00	S/ 19,690.00
1.12.1	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL EN OBRAS PROVISIONALES		
1.12.1	EQUIPOS DE PROTECCION COLECTIVA		
1.12.3	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL		
1.12.4	PLAN DE SEGURIDAD		
1.13	PROGRAMA DE CAPACITACION SOCIAL Y SEGURIDAD EN OBRA	S/ 4,000.00	S/ 4,000.00
1.13.1	ELABORACION DEL PLAN DE SEGURIDAD EN EL TRABAJO		
1.13.2	PROGRAMA DE CAPACTACION EN OPERACION Y MANTENIMIENTO		
COSTO DIRECTO		S/ 693,311.17	S/ 560,192.56

Nota: Elaboración Propia.

Se observa que en partidas como obras provisionales y trabajo preliminar al agregarse partidas se han incrementado los costos significativamente. Además, se observan partidas como movimiento de tierras y transporte de material que en realidad contaban con un presupuesto menor a lo proyectado.

5.3.2.2 Comparación de metrados: enfoque tradicional y BIM

En base a los planos 2D del expediente técnico previamente desarrollado se organizó la información para adoptar la implementación BIM y un modelo federado, en este sentido, se elaboró un modelo geométrico de la carretera utilizando el software de Civil 3D. Este modelo integral permite realizar una cuantificación de las cantidades pertenecientes a la partida de movimiento de tierras, para una mayor precisión se ha realizado cortes cada 10 metros para tomar datos más precisos de corte y relleno. Estos datos se han comparado con las cantidades obtenidas previamente con la metodología tradicional que se basa en un cálculo general que asume las mismas secciones cada 20 metros.

En la **Tabla N°11** , se han extraído los metrados sincerados del modelo BIM con la misma estructuración de partidas para realizar una mejor comparación.

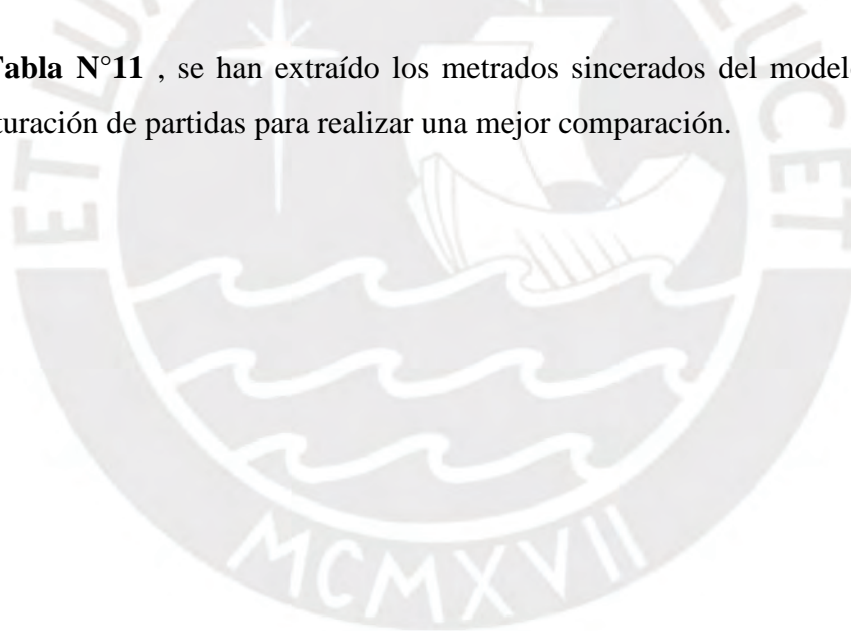


Tabla N°11. Comparación de metrados: metodología tradicional vs metodología BIM

PARTIDAS REALMENTE EJECUTADAS		Und	METRADOS PLANIFICADOS MEDIANTE LA METODOLOGÍA TRADICIONAL	METRADOS PLANIFICADOS MEDIANTE LA METODOLOGÍA BIM
Item	Descripción			
1	CREACION DEL ACCESO VIAL EN EL TRAMO ACCU, PITY, MARAS Y WISCACHANY DEL DISTRITO DE ANTABAMBA- PROVINCIA DE ANTABAMBA- DEPARTAMENTO DE APURIMAC			
1.1	OBRAS PRELIMINARES			
1.1.2	CARTEL DE IDENTIFICACIÓN DE OBRA 7.20 X 3.60	und	1.00	1.00
1.1.3	ACCESO A D.M.E.,CAMPAMENTO Y PATIO DE MAQUINAS	km	0.29	0.29
1.2	OBRAS PROVISIONALES			
1.2.1	INFRAESTRUCTURA PROVISIONAL			
1.2.1.1	CAMPAMENTO Y OFICINAS PROVISIONALES	m²	100.00	100.00
1.2.1.2	CERCO PROVISIONAL DE MALLA ARPILLERA	m	0.00	150.00
1.3	TRABAJO PRELIMINAR			
1.3.1	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	glb	1.00	1.00
1.3.2	TOPOGRAFIA Y GEOREFERENCIACIÓN	glb	1.00	1.00
1.3.3	REMOCIONES			
1.3.3.1	RETIRO DE ARBOLES	und	0.00	80.00
1.4	MOVIMIENTO DE TIERRAS			
1.4.1	CORTE DE MATERIAL SUELTO	m³	67 456.7	48 300
1.4.2	CORTE DE ROCA SUELTA	m³	1 872.4	2 250
1.4.3	EXCAVACION MANUAL EN MATERIAL SUELTO	m³	0.00	0.00
1.4.4	CORTE DE ROCA FUA	m³	0.00	2250.00
1.4.3	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m³	5 686.5	4 880.26
1.4.4	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN TRAMOS ESPECIFICOS	m²	400.00	400.00
1.5	TRANSPORTE DE MATERIAL			
1.5.1	TRANSPORTE DE MAT. AFIRMADO HASTA 1KM	m3k	3 683.95	3 640
1.5.2	TRANSPORTE DE MAT. AFIRMADO >1KM	m3k	3 383.86	2 690
1.5.3	TRANSPORTE DE MAT. EXCEDENTE <1KM EN TRAMOS ESPECIFICOS	m3k	3 251.35	1 500
1.5.4	TRANSPORTE DE MAT. EXCEDENTE >1KM	m3k	13 590.64	2 400
1.6	PAVIMENTOS			
1.6.1	PERFILADO Y COMPACTACION DE LA SUB RAZANTE	m²	15 931.38	13 985.775
1.6.2	AFIRMADO	m²	3186.28	4 862.65
1.6.3	COMPACTACION DE LA RAZANTE	m²	15 931.38	13 985.775
1.7	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE			
1.7.1	CONFORMACION DE CUNETAS			
1.7.1.1	CONSTRUCCION DE CUNETAS EN MATERIAL SUELTO	m	3 300	3 300
1.7.1.2	CONSTRUCCION DE CUNETAS EN ROCA SUELTA	m	200.00	200.00
1.7.1.3	CONSTRUCCION DE CUNETAS EN ROCA FUA	m	200.00	200.00
1.7.2	ALCANTARILLA TMC (08 und)			
1.7.2.1	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	m³	197.45	197.45
1.7.2.2	RELLENO PARA ESTRUCTURAS CON MATERIAL PROPIO	m³	78.19	78.19
1.7.2.3	ENCOFRADO Y DESECOFRADO	m²	234.38	234.38
1.7.2.4	ACERO F"Y=4200 KG/CM2	kg	1 590.78	0.00
1.7.2.5	CONCRETO Fc=175 kg/cm2	m³	44.49	44.49
1.7.2.6	TUBERIA METALICA CORRUGADA TMC48"	m	17.01	17.01
1.7.2.7	TUBERIA METALICA CORRUGADA TMC36"	m	24.30	28.35
1.7.2.8	EMBOQUILLADO DE MAMP. DE PIEDRA Fc=175 kg/cm2	m²	15.48	15.48
1.7.2.9	CAMA DE ARENA e = 0.10 m.	m²	46.73	46.73
1.7.2.10	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m²	144.96	144.96
1.7.3	CUNETAS DE CORONACION			
1.7.3.1	CONFORMACION Y PERFILADO DE CUNETAS DE CORONACION	m	400.00	400.00
1.7	SEÑALIZACIÓN			
1.7.1	SEÑALES PREVENTIVAS	und	27.00	15.00
1.7.2	SEÑALES INFORMATIVAS	und	3.00	2.00
1.7.3	SEÑALES REGLAMENTARIAS	und	2.00	2.00
1.7.4	HITOS KILOMETRICOS	und	4.00	4.00
1.8	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL-PMA			
1.8.1	PROGRAMA DE MEDIDAS PREVENTIVAS, MITIGADORES Y CORRECTIVAS	glb	1.00	1.00
1.8.2	PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL	glb	1.00	1.00
1.8.3	PROGRAMA DE ASUNTOS SOCIALES	glb	1.00	1.00
1.8.4	PROGRAMA DE EDUCACION AMBIENTAL Y SEGURIDAD VIAL	glb	1.00	1.00
1.8.5	PROGRAMA DE CAPACITACION AMBIENTAL Y SEGURIDAD	glb	1.00	1.00
1.8.6	PROGRAMA DE PREVENCION DE PERDIDAS Y CONTINGENCIAS	glb	1.00	1.00
1.8.7	PROGRAMA DE CIERRE	glb	1.00	1.00
1.8.8	PLAN DE REFORESTACION DE AREAS AFECTADAS	ha	9.49	9.49
1.9	FLETE TERRESTRE			
1.9.1	TRANSPORTE DE MATERIALES A OBRA	glb	1.00	1.00
1.10	PLAN DE MONITOREO ARQUEOLOGICO			
1.10.1	PLAN DE MONITOREO ARQUEOLOGICO	glb	1.00	1.00
1.11	CONTROL DE CALIDAD			
1.11.1	DISEÑO DE MEZCLAS	glb	1.00	1.00
1.11.2	COMPACTACION DE LA SUB RAZANTE	glb	1.00	1.00
1.11.3	RESISTENCIA DE CONCRETO	glb	1.00	1.00
1.12	SEGURIDAD Y SALUD			
1.12.1	EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL EN OBRAS PROVISIONALES	und	41.00	41.00
1.12.1	EQUIPOS DE PROTECCION COLECTIVA	glb	1.40	1.40
1.12.3	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL	glb	1.40	1.40
1.12.4	PLAN DE SEGURIDAD	glb	1.00	1.00
1.13	PROGRAMA DE CAPACITACION SOCIAL Y SEGURIDAD EN OBRA			
1.13.1	ELABORACION DEL PLAN DE SEGURIDAD EN EL TRABAJO	mes	1.00	1.00
1.13.2	PROGRAMA DE CAPACITACION EN OPERACION Y MANTENIMIENTO	mes	1.00	1.00

Partidas adicionales

Partidas optimizadas

Nota: Elaboración Propia.

Se puede observar que las partidas de movimiento de tierra y transporte de material se optimizan respecto a lo inicialmente planificado, se evidencia que los valores se encuentran sobreestimados en la metodología tradicional. Además, se resalta la injerencia de la actividad de corte de roca fija como una partida adicional contemplada por la metodología BIM y omitida por la metodología tradicional. Esta omisión puede tratarse de una deficiencia en la coordinación de la información interdisciplinaria y podría incurrir en un desbalance de los costos inicialmente proyectados.

Junto a la metodología BIM se realizó un análisis del tránsito y de acuerdo al manual de señalizaciones del MTC se colocaron las señalizaciones correspondientes optimizando la instalación a tan solo 23 señalizaciones entre preventivas, informativas y reglamentarias. Por otro lado, en el caso de la partida de pavimentos se optimizan ligeramente los metrados inicialmente proyectados.

Cabe señalar que se adicionaron partidas en las obras provisionales y trabajo preliminar que inicialmente no fueron contempladas.

5.3.2.3 Comparación de costos: metodología tradicional vs. metodología BIM

Una vez extraídos los metrados sincerados en el acápite 5.3.2.2 se realiza una estructuración de costos distinta a la planteada inicialmente. A continuación se presenta un cuadro comparativo que evidencia las diferencias económicas entre las partidas críticas evaluadas; con el objetivo de lograr una comparación directa entre los costos proyectados mediante la planificación inicial y los costos basados en los metrados sincerados mediante la metodología BIM se han asignado los mismos APUs a ambos presupuestos.

Tabla N°12. Comparación de costos : metodología tradicional vs metodología BIM

PARTIDAS REALMENTE EJECUTADAS		METODOLOGIA TRADICIONAL	METODOLOGIA BIM
Item	Descripción		
1	CREACION DEL ACCESO VIAL EN EL TRAMO ACCU, PITY, MARAS Y WISCACHANY DEL DISTRITO DE ANTABAMBA- PROVINCIA DE ANTABAMBA- DEPARTAMENTO DE APURIMAC	PRECIO PARCIAL	PRECIO PARCIAL
1.1	OBRAS PRELIMINARES	S/ 2,757.83	S/ 2,757.83
1.1.2	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA 7.20 X 3.60		
1.1.3	ACCESO A D.M.E.,CAMPAMENTO Y PATIO DE MAQUINAS		
1.2	OBRAS PROVISIONALES	S/ 5,300.00	S/ 9,479.00
1.2.1	INFRAESTRUCTURA PROVICIONAL		
1.2.1.1	CAMPAMENTO Y OFICINAS PROVISIONALES		
1.2.1.2	CERCO PROVISIONAL DE MALLA ARPILLERA		
1.3	TRABAJO PRELIMINAR	S/ 29,844.44	S/ 33,410.84
1.3.1	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS		
1.3.2	TOPOGRAFIA Y GEOREFERENCIACION		
1.3.3	REMOCCIONES		
1.3.3.1	RETIRO DE ARBOLES		
1.4	MOVIMIENTO DE TIERRAS	S/ 340,783.40	S/ 298,606.10
1.4.1	CORTE DE MATERIAL SUELTO		
1.4.2	CORTE DE ROCA SUELTA		
1.4.3	EXCAVACION MANUAL EN MATERIAL SUELTO		
1.4.4	CORTE DE ROCA FIJA		
1.4.3	RELLENO CON MATERIAL PROPIO		
1.4.4	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN TRAMOS ESPECIFICOS		
1.5	TRANSPORTE DE MATERIAL	S/ 87,569.58	S/ 44,301.10
1.5.1	TRANSPORTE DE MAT. AFIRMADO HASTA 1KM		
1.5.2	TRANSPORTE DE MAT. AFIRMADO >1KM		
1.5.3	TRANSPORTE DE MAT. EXCEDENTE <1KM EN TRAMOS ESPECIFICOS		
1.5.4	TRANSPORTE DE MAT. EXCEDENTE >1KM		
1.6	PAVIMENTOS	S/ 85,424.12	S/ 139,220.73
1.6.1	PERFILADO Y COMPACTACION DE LA SUB RAZANTE		
1.6.2	AFIRMADO		
1.6.3	COMPACTACION DE LA RAZANTE		
1.7	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE	S/ 79,741.77	S/ 75,751.14
1.7.1	CONFORMACION DE CUNETAS		
1.7.1.1	CONSTRUCCION DE CUNETAS EN MATERIAL SUELTO		
1.7.1.2	CONSTRUCCION DE CUNETAS EN ROCA SUELTA		
1.7.1.3	CONSTRUCCION DE CUNETAS EN ROCA FIJA		
1.7.2	ALCANTARILLA TMC (08 umf)		
1.7.2.1	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO		
1.7.2.2	RELLENO PARA ESTRUCTURAS CON MATERIAL PROPIO		
1.7.2.3	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO		
1.7.2.4	ACERO F"Y=4200 KG/CM2		
1.7.2.5	CONCRETO f _c =175 kg/cm2		
1.7.2.6	TUBERIA METALICA CORRUGADA TMC48"		
1.7.2.7	TUBERIA METALICA CORRUGADA TMC36"		
1.7.2.8	EMBOQUILLADO DE MAMP. DE PIEDRA f _c =175 kg/cm2		
1.7.2.9	CAMA DE ARENA e = 0.10 m.		
1.7.2.10	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE		
1.7.3	CUNETAS DE CORONACION		
1.7.3.1	CONFORMACION Y PERFILADO DE CUNETAS DE CORONACION		
1.7	SEÑALIZACIÓN	S/ 17,057.24	S/ 10,614.83
1.7.1	SEÑALES PREVENTIVAS		
1.7.2	SEÑALES INFORMATIVAS		
1.7.3	SEÑALES REGLAMENTARIAS		
1.7.4	HITOS KILOMETRICOS		
1.8	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL-PMA	S/ 11,682.80	S/ 17,870.28
1.8.1	PROGRAMA DE MEDIDAS PREVENTIVAS, MITIGADORES Y CORRECTIVAS		
1.8.2	PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL		
1.8.3	PROGRAMA DE ASUNTOS SOCIALES		
1.8.4	PROGRAMA DE EDUCACION AMBIENTAL Y SEGURIDAD VIAL		
1.8.5	PROGRAMA DE CAPACITACION AMBIENTAL Y SEGURIDAD		
1.8.6	PROGRAMA DE PREVENCION DE PERDIDAS Y CONTINGENCIAS		
1.8.7	PROGRAMA DE CIERRE		
1.8.8	PLAN DE REFORESTACION DE AREAS AFECTADAS		
1.9	FLETE TERRESTRE	S/ 10,000.00	S/ 10,000.00
1.9.1	TRANSPORTE DE MATERIALES A OBRA		
1.10	PLAN DE MONITOREO ARQUEOLOGICO	S/ 5,000.00	S/ 5,000.00
1.10.1	PLAN DE MONITOREO ARQUEOLOGICO		
1.11	CONTROL DE CALIDAD	S/ 2,150.00	S/ 2,150.00
1.11.1	DISEÑO DE MEZCLAS		
1.11.2	COMPACTACION DE LA SUB RAZANTE		
1.11.3	RESISTENCIA DE CONCRETO		
1.12	SEGURIDAD Y SALUD	S/ 12,000.00	S/ 19,690.00
1.12.1	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL EN OBRAS PROVICIONALES		
1.12.1	EQUIPOS DE PROTECCION COLECTIVA		
1.12.3	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL		
1.12.4	PLAN DE SEGURIDAD		
1.13	PROGRAMA DE CAPACITACION SOCIAL Y SEGURIDAD EN OBRA	S/ 4,000.00	S/ 4,000.00
1.13.1	ELABORACION DEL PLAN DE SEGURIDAD EN EL TRABAJO		
1.13.2	PROGRAMA DE CAPACITACION EN OPERACION Y MANTENIMIENTO		
	COSTO DIRECTO	S/ 693,311.17	S/ 672,851.86

Nota: Elaboración Propia.

Se observa una variación en los costos sobre todo en partidas como: movimiento de tierra, transporte de material, pavimento y obras de arte y drenaje, se encuentran sobreestimadas respecto a lo que realmente se logró ejecutar.

A parte de los costos mostrados en la **Tabla N°12** se evalúan los gastos correspondientes a la inversión que debe realizar para realizar el plan de implementación.

El proyecto del acceso vial en el tramo Accu, Pitty, Maras y Wiscachany del distrito de Antabamba, provincia de Antabamba, departamento de Apurímac es asignado para que lo ejecute el gobierno local. En este sentido, en esta propuesta se considera que la implementación BIM en proyectos viales requiere la subcontratación de una empresa especialista en esta metodología, esto se debe a que en estos niveles de gobierno no se cuentan con el personal especializado en implementar la metodología BIM para las fases de diseño y ejecución de proyectos.

Con el objetivo de cuantificar la inversión que implicaría incorporar la metodología BIM en el proyecto, se toma en cuenta los costos de la elaboración de modelos, capacitación de especialistas, la asesoría continua, la licencia de software y hardware necesario. Así como de las herramientas de trabajo necesarias en el entorno de trabajo para realizar las reuniones de coordinación y brindar el soporte tecnológico que permita almacenar, monitorear y compartir información. En la **Tabla N°13** se muestra un resumen de los costos de implementación BIM.

Tabla N°13. *Costo de implementación BIM*

ITEM	Descripción	Especialista	Cantidad	Costo mensual	Meses de ejecución del proyecto	Precio total
1	ELABORACIÓN DE MODELOS BIM					
1.1	Modelo BIM - Civil 3D - Corte y relleno	Coordinador BIM	1	S/ 6,000.00	4 meses	S/ 24,000.00
1.2	Modelo BIM - Revit - Alcantarillado	Modelador BIM	1	S/ 4,000.00	4 meses	S/ 16,000.00
1.3	Modelo BIM - Infracore - Topografía del acceso					
3	EQUIPO Y MOBILIARIO					
3.1	Gastos generales y soporte para las reuniones en obra		4/ mes	S/ 500.00	4 meses	S/ 2,000.00
3.2	Entorno de trabajo y talleres		2/mes	S/ 250.00	4 meses	S/ 1,000.00
4	OTROS					
4.1	Compatibilidad de documento técnicos, reportes de omisiones y corrección de planos CAD			S/ 50.00	4 meses	S/ 200.00
4.2	Soporte tecnológico, almacenamiento y monitoreo		1/mes	S/ 150.00	4 meses	S/ 600.00
ITEM	Descripción	Vida útil	Precio general	Meses de ejecución del proyecto	Precio desglosado por mes	Precio total
2	HERRAMIENTAS BIM					
2.1	Licencias de Softwares	1 año	S/ 10,000.00	4 meses	S/ 833.33	S/ 3,333.33
2.2	Laptop	5 años	S/ 6,000.00	4 meses	S/ 100.00	S/ 400.00
2.3	Proyector	3 años	S/ 2,000.00	4 meses	S/ 55.56	S/ 222.22
TOTAL						S/ 47,755.56

Nota: Elaboración Propia.

Se evidencia que, además del costo directo del proyecto, es necesario contemplar el costo total asociado a la implementación de la metodología BIM, con el propósito de determinar si los beneficios que esta ofrece en términos de eficiencia, control y optimización de procesos asociados al proyecto justifican su inversión.

5.3.2.4 Propuesta de valorización mensual con base en metrados BIM

En sinergia de la metodología BIM y la aplicación del Last Planner System se han integrado los metrados sincerados extraídos del modelamiento BIM con el lookahead elaborado en el acápite 5.2.3. para realizar una nueva propuesta de valorizaciones acorde al avance de obra mensual proyectado. Se propone un porcentaje de avance de manera equitativa durante todo el tiempo de vida del proyecto. La propuesta de valorización optimizada mediante la metodología BIM se encuentra en el **Anexo B**.



CAPÍTULO 6: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Modelamiento y coordinación BIM

A partir de la información base como los planos en 2D y luego de plantear un plan de implementación BIM se obtuvo los modelos de información para la carretera a nivel de afirmado y estructuras menores. Luego de la federación de modelos y la compatibilización de modelos, finalmente se obtuvo un gemelo virtual del proyecto en su versión finalizada que cuenta con información valiosa y agiliza la coordinación, la toma de decisiones y reduce errores de manera anticipada.

En principio, contar con un modelo de información del proyecto permite tener un mejor entendimiento del diseño mediante la visualización en 3D del proyecto permitiendo tener una referencia de cómo debe quedar el proyecto. En cambio, al seguir un método tradicional se cuenta con planos 2D dispersos que no permiten un entendimiento claro y puede interpretarse de otra manera en la obra.

El modelo integrado por su parte permite crear un solo entorno de las diferentes especialidades e identificar incompatibilidades a tiempo antes de construir, en este caso se detectó que la ubicación de algunas alcantarillas no eran las adecuadas respecto al eje vial de la carretera. También, se detectó que en algunos casos la tubería no fue colocada a una profundidad suficiente requerida estructuralmente para evitar el colapso por carga vehicular. Sin embargo, el método tradicional no permite anticiparse a este tipo de contratiempos y se detecta tarde las incompatibilidades en campo generando paralizaciones y retrabajos.

Por otro lado, en el expediente técnico original se observó que el metrado de movimiento de tierras se realizó estableciendo secciones transversales cada 20 metros a lo largo del eje vial, considerando que la sección típica es uniforme en el tramo. Este enfoque, si bien es común en metodologías tradicionales, presenta limitaciones importantes en términos de precisión, ya que asume que la topografía es constante entre cada estación, desestimando las variaciones del relieve natural del terreno. Esto puede conducir a subestimaciones o sobreestimaciones significativas en los volúmenes de corte y relleno. En contraste, el uso de softwares de modelamiento BIM permitió generar secciones transversales reales en intervalos más cortos y adaptadas al modelo digital del terreno (MDT), lo que ofrece un análisis mucho más detallado y preciso de los volúmenes involucrados, además se puede diferenciar el tipo de

material en cada tramo. Esta diferencia en la metodología incide directamente en la planificación de recursos, tiempos y costos durante la ejecución del proyecto. Además, tiene la ventaja de brindar estos valores de manera automática y rápida.

Contar con un metrado preciso es fundamental para contar con un presupuesto ajustado a la realidad, lo que a su vez permite anticipar la necesidad de adicionales económicos en caso suceda y gestionarlas con tiempo, evitando así paralizaciones innecesarias durante la ejecución. Además, permite elaborar una planificación más fundamentada, con cronogramas realistas basados en volúmenes precisos, optimizando la asignación de recursos y la programación de maquinaria y personal. En consecuencia, se reduce la incertidumbre técnica y económica del proyecto, y se facilita la toma de decisiones informadas por parte de la supervisión y la entidad ejecutora.

Adicionalmente, la gestión visual del proyecto mediante la metodología BIM permitió contar con una representación integral y precisa del proyecto finalizado, lo que facilitó una sectorización clara y bien definida, así como la determinación de metas semanales de avance físico con mayor fundamento. Esta visualización tridimensional también permitió identificar y comunicar de manera eficiente el estado real de la obra, al diferenciar claramente entre lo planificado y lo ejecutado, utilizando herramientas visuales como el modelado por frentes de trabajo y la codificación por colores. Adicionalmente, se identificó que la gestión visual del proyecto, tal como se llevó a cabo mediante la metodología tradicional, se basó principalmente en informes fotográficos y reportes escritos de avance. Si bien estos documentos permiten registrar el progreso, presentan limitaciones importantes para representar de manera clara y comprensible lo que debía ejecutarse, lo que efectivamente se realizó y lo que aún quedaba pendiente. Esta forma de comunicación resulta poco eficaz, especialmente en obra, donde intervienen diversos actores con diferentes niveles de especialización técnica.

6.2. Planificación mediante LPS y simulación 4D

En primer lugar, de acuerdo con el informe mensual correspondiente al mes de junio, emitido por el residente de obra, el plazo límite originalmente programado fue el 04/09/2023. No obstante, debido al incumplimiento de varias partidas, se otorgó una ampliación de plazo de 45 días, estableciendo como nueva fecha de término el 28/10/2023, con lo cual el plazo

total de ejecución pasó de 3 a 5 meses. Sin embargo, a pesar de esta ampliación, el proyecto no logró completarse al 100 %, quedando pendientes partidas clave como la pavimentación, la señalización vial y el plan de reforestación. Cabe señalar que, al tratarse de un proyecto ubicado en una zona alejada de la ciudad, era fundamental prever con anticipación una logística adecuada para el suministro de materiales y equipos, con el fin de evitar retrasos innecesarios. Asimismo, resultaba crítico contar con una planificación inicial sólida que estableciera metas semanales claras, libres de restricciones, para asegurar su cumplimiento. Aunque se cumplió con la movilización de recursos a la obra, la planificación careció de estructura y soporte visual, lo cual limitó el control efectivo del avance. En su lugar se siguió un cronograma tipo Gantt y el criterio del ingeniero residente, sin considerar rendimientos diarios ni herramientas de visualización que facilitarían la asignación de metas o el seguimiento eficiente del progreso del proyecto.

En ese sentido, Last Planner System fue la herramienta de planificación seleccionada para estructurar una propuesta metodológica que permitiera replantear la programación del proyecto. Se elaboró un plan maestro ajustado de forma iterativa a medida que se definían con mayor precisión los ritmos de producción y las duraciones reales de las actividades. A partir de este, se generó un plan de fases general, un plan intermedio (*lookahead*) con un horizonte de cuatro semanas, acorde con la asignación presupuestal por parte de la municipalidad que se daba cada mes, y finalmente un plan semanal, que detalló un tren de actividades distribuidas por semana y día. En cada uno de estos niveles de planificación, el modelo BIM fue clave como soporte visual y como fuente para la extracción de información técnica, como volúmenes, áreas y propuestas de sectorización. Esta integración permitió estimar las duraciones de forma más realista, considerando la disponibilidad real de mano de obra y equipos utilizados durante la ejecución del proyecto. Cabe resaltar que, durante el periodo considerado, no se presentaron retrasos por causas externas, ya que la asignación presupuestal se cumplió oportunamente y no se registraron condiciones climáticas adversas. En este escenario, se hace posible realizar una comparación objetiva entre el tiempo de ejecución proyectado mediante la metodología LPS apoyada en BIM y el tiempo real empleado en la obra, manteniendo constantes variables críticas que podrían distorsionar el análisis. A partir de la aplicación del Last Planner System con el soporte del modelo BIM, fue posible identificar con mayor claridad los beneficios que esta metodología colaborativa obtiene al integrarse con herramientas digitales.

Tabla N°14. *Aportes de la asistencia BIM en la planificación*

Nivel de planificación	Asistencia BIM
Plan de maestro	Mejorar la visualización del proyecto
Plan de fases	Visualización de la propuesta de sectorización y asistencia de metrados
Lookahead planning	Visualizar las fechas tentativas de lotes de producción y simulación
Planificación semanal	Distribuir visualmente la programación semanal

Nota: Elaboración propia.

Por lo tanto, se obtuvo como resultado que la ejecución del proyecto, cumpliendo con la totalidad de las partidas, podía desarrollarse en un plazo estimado de cuatro meses, considerando como buffer operativo los días sábados para asegurar el cumplimiento de las tareas semanales sin restricciones. Esta planificación evidencia una mejora significativa en los tiempos, ya que permitiría finalizar el proyecto en su totalidad aproximadamente 30 días antes del plazo que finalmente se empleó en la ejecución real, donde incluso algunas partidas quedaron inconclusas. Adicionalmente, la metodología aplicada brinda un soporte visual claro y comprensible, que permite identificar con facilidad la secuencia de actividades a ejecutarse en un horizonte de corto plazo, bajo la lógica de un tren de trabajo definido según la sectorización propuesta. Asimismo, esta herramienta posibilita un mayor control del avance mediante el uso del indicador de porcentaje del Plan Cumplido (PPC), lo cual fortalece la gestión y seguimiento continuo del proyecto.

Asimismo, según lo establecido en el acta de inicio de obra, el plazo contractual original para la ejecución del proyecto fue de tres meses. No obstante, a partir del análisis desarrollado en esta investigación, considerando los mismos recursos de mano de obra, materiales y equipos contemplados en el expediente técnico, se determinó que cumplir con todas las partidas dentro de dicho plazo resulta poco factible desde el punto de vista operativo. En particular, se identificó una sobreestimación en los rendimientos reales de los equipos, especialmente en las actividades de apertura de la vía, cuya ejecución está sujeta a factores determinantes como la topografía accidentada del terreno y las limitaciones logísticas en la

Un aspecto crítico observado fue que, al momento de elaborar el presupuesto y cronograma inicial, no se consideró adecuadamente la presencia de roca fija ni la necesidad de materiales e insumos para trabajos de voladura, lo cual representa una omisión relevante. Esta condición geotécnica, al no haber sido contemplada, reduce drásticamente los rendimientos esperados y aumenta el tiempo necesario para completar dicha actividad. Este tipo de omisiones refuerza la importancia de contar con una planificación más detallada y realista, sustentada en levantamientos topográficos precisos e informes técnicos como estudio de suelos desde la etapa de formulación.

Este hallazgo sugiere que la planificación inicial no reflejó con fidelidad las condiciones reales de ejecución, lo cual pudo haber influido directamente en los retrasos observados. En este punto, se consideró fundamental mantener un equilibrio entre el tiempo de ejecución y la calidad del proyecto, ya que un cronograma ajustado sin una base técnica sólida puede comprometer no sólo los plazos, sino también la seguridad, la durabilidad de la infraestructura y la eficiencia en el uso de recursos

6.3. Costos del proyecto BIM vs Metodología Tradicional

6.3.1. Comparación entre partidas planificadas y las realmente ejecutadas

Partiendo de la **Tabla N° 9** presentada en el **Acápito 5.3.2.1**, se genera un análisis de las partidas de obras preliminares, obras provisionales y trabajos preliminares. Se observa que se ejecutan dos nuevas actividades que causa un incremento en los costos parciales de las partidas. Por otro lado, las partidas que conservan la misma cantidad de metrados que lo inicialmente planificado si mantuvieron sus costos.

En el caso de las partidas de movimiento de tierras y transporte de material se realiza la **Tabla N°15** para mostrar una comparación directa de los costos.

Tabla N°15. Comparación entre costos planificados y ejecutados

<i>Item</i>	<i>Partidas analizadas</i>	<i>Costo planificado</i>		<i>Costo realmente ejecutado</i>	
		<i>Metodología tradicional</i>			
1.4	MOVIMIENTO DE TIERRAS	S/	340,783.40	S/	332,042.31
1.5	TRANSPORTE DE MATERIAL	S/	87,569.58	S/	49,585.67
1.7	SEÑALIZACIÓN	S/	17,057.24	S/	-

Nota : Elaboración propia

Se observa que los precios iniciales se encuentran sobreestimados respecto a lo que realmente fue ejecutado, el costo total ejecutado inclusive contempla partidas adicionales como corte de roca fija que no había sido contemplada en los planos geológicos por la falta de un modelo más detallado. Así mismo, se realizan dos deducibles: la partida de transporte de material, porque no se logró culminar el transporte de material excedente; y la partida de señalizaciones, porque no fue ejecutada.

Se concluye que la metodología tradicional empleada en la planificación de costos no es la correcta para determinar los metrados y asignar las valorizaciones; pues del presupuesto solo se ha empleado realmente el 57% de lo que se solicitó por lo cual se generó deducibles.

Es importante recalcar que variaron algunas cantidades debido a que se agregaron partidas de roca fija y excavación manual en material suelto. Así mismo, en campo no se logró finalizar el transporte de material excedente aun así los costos son menores a los proyectados inicialmente.

6.3.2. Cuadro comparativo entre la metodología tradicional vs BIM

Según la Tabla N°10 presentada en el acápite 5.3.2.2, se observa que las principales variaciones en cuanto cantidades se presentan en las partidas de movimiento de tierras, transporte de material y señalizaciones. A continuación, se presenta un figura resumen que evidencia las diferencias en los metrados y la gran optimización de estos al emplear BIM.

Item	Partidas	Cant.	Metrados planificados	Metrados ejecutados	Metrados optimizados	Estado
<i>CREACION DEL ACCESO VIAL EN EL TRAMO ACCU, PITY, MARAS Y WISCACHANY DEL DISTRITO DE ANTABAMBA- PROVINCIA DE ANTABAMBA- DEPARTAMENTO DE APURIMAC</i>			<i>Metodologia tradicional</i>		<i>Metodologia BIM</i>	
1.4 MOVIMIENTO DE TIERRAS						
1.4.1	CORTE DE MATERIAL SUELTO	m ²	67456.70	67456.70	48300.00	Optimizado
1.4.2	CORTE DE ROCA SUELTA	m ³	1872.40	1872.40	2250.00	Sincerado
1.4.3	EXCAVACION MANUAL EN MATERIAL SUELTO	m ³	0.00	9.19	0.00	No contemplado
1.4.4	CORTE DE ROCA FIJA	m ³	0.00	2911.70	2250.00	Optimizado
1.4.3	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m ³	5686.50	5686.50	4880.26	Optimizado
1.4.4	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN TRAMOS ESPECIFICOS	m ³	400.00	400.00	400.00	No contemplado
1.5 TRANSPORTE DE MATERIAL						
1.5.1	TRANSPORTE DE MAT. AFIRMADO HASTA 1KM	m3k	3683.95	3683.95	3640.00	Optimizado
1.5.2	TRANSPORTE DE MAT. AFIRMADO >1KM	m3k	3383.86	3383.86	2690.00	Optimizado
1.5.3	TRANSPORTE DE MAT. EXCEDENTE <1KM EN TRAMOS ESPECIFICOS	m3k	3251.35	975.40	1500.00	Optimizado
1.5.4	TRANSPORTE DE MAT. EXCEDENTE >1KM	m3k	13590.64	4077.19	2400.00	Optimizado
1.7 SEÑALIZACIÓN						
1.7.1	SEÑALES PREVENTIVAS	und	27.00	0.00	15.00	Optimizado
1.7.2	SEÑALES INFORMATIVAS	und	3.00	0.00	2.00	Optimizado
1.7.3	SEÑALES REGLAMENTARIAS	und	2.00	0.00	2.00	Optimizado
1.7.4	HITOS KILOMETRICOS	und	4.00	0.00	4.00	Optimizado

Figura 33. Resumen de la diferencia en los metrados entre la metodología tradicional y la metodología BIM. (Elaboración propia)

El efecto de esta variación en las cantidades se refleja en los costos finales de las partidas. Se observa que se sinceran las cantidades en material suelto se disminuye en un 28% respecto a lo realmente ejecutado y la cantidad de roca suelta aumenta un 20% generando un menor corte en roca fija. Finalmente, en el caso de las señalizaciones se observa que se sinceran las cantidades, disminuyendo las cantidades en un 36%.

El efecto de esta variación en las cantidades se refleja en los costos finales de las partidas. A continuación se presenta la Figura 34 que evidencia las diferencias en los costos.

Item	Partidas analizadas	Costo planificado		Costo realmente ejecutado		Costos optimizados basados en metrados BIM	
1.4	MOVIMIENTO DE TIERRAS	S/	340,783.40	S/	332,042.31	S/	298,606.10
1.5	TRANSPORTE DE MATERIAL	S/	87,569.58	S/	49,585.67	S/	44,301.10
1.7	SEÑALIZACIÓN	S/	17,057.24	S/	-	S/	10,614.83

Figura 34. Resumen de la diferencia en los costos entre la metodología tradicional y la metodología BIM.

Elaboración propia.

Se observa que la partida de movimiento de tierra disminuye en un 10% respecto a lo realmente ejecutado y se optimiza en un 12% respecto a lo planificado inicialmente con los

metrados no sincerados. Esto demuestra que la aplicación del BIM logra optimizar los costos de una de las partidas más significativas de proyectos de obra vial.

Otra partida que genera variabilidad en los costos es el Transporte de Material. Se observa que los costos disminuyen en 3% respecto a lo realmente transportado según el cuaderno de obra y se optimiza en un 45% respecto a lo inicialmente planificado .

Cabe señalar que el transporte de material excedente > 1 km fue una partida no ejecutada que quedó pendiente; sin embargo, la metodología BIM contempla terminar la partida optimizando las cantidades a transportar. Así mismo, se observa que incluso considerando la partida inconclusa en obra los costos totales son menores de lo que realmente se cuantifica como ejecutado.

Por otro lado, se observa que la partida de señalizaciones reduce sus costos en un 38% respecto a lo inicialmente proyectado. Además , se evidencia que esta partida no fue realmente ejecutada, incumpliendo los tiempos y el presupuesto asignado a esta partida.

Respecto a los datos presentados se observa que la metodología BIM optimiza los costos del proyecto contemplando la culminación de todas las partidas involucradas y permitiendo obtener metrados más precisos. En diferencia a la metodología tradicional que contiene cantidades sobreestimadas.

6.3.3. Propuesta de valorización mensual con base en metrados BIM

La metodología BIM permite sincerar los costos y cantidades del proyecto, evitando partidas inconclusas y sobreestimaciones. Adicionalmente, permite un mejor control de gastos mensuales, flujo de caja y avance valorizado de un proyecto. En la Tabla N°16 se presenta el monto total valorizado por mes al inicio de la ejecución del proyecto, el monto total valorizado por mes realmente ejecutado y una propuesta de valorización mensual optimizada con la metodología BIM.

Tabla N°16. Resumen de las valorizaciones mensuales planteadas inicialmente y planteadas mediante la metodología BIM

VALORIZACION MENSUAL		Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Deducibles	Precio total
Metodología tradicional	Valorización planificada	S/233,298.63	S/347,517.24	S/112,495.30				S/693,311.17
	Valorización realmente ejecutada	S/ 88,669.27	S/144,742.14	S/182,323.38	S/ 26,373.69	S/118,084.08	-S/ 157,330.36	S/560,192.56
Metodología BIM	Valorización optimizada	S/125,879.56	S/142,823.26	S/206,596.10	S/197,552.94			S/672,851.86

Nota : Elaboración propia

Se observa que las valorizaciones mensuales optimizadas mediante la metodología BIM y LPS se asemejan a lo realmente invertido mensualmente en el avance del proyecto. Así mismo, se realizará un tabla de las valorizaciones reflejadas en porcentaje de avance de obra para poder tener un mayor análisis.

Tabla N°17. Resumen de los avances mensuales de obra de la metodología tradicional vs metodología BIM.

AVANCE MENSUAL DE OBRA		Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
Metodología tradicional	Avance según lo planificado	34%	50%	16%		
	Avance real en obra	16%	26%	33%	5%	21%
Metodología BIM	Programación de avances	19%	21%	30%	30%	

Nota : Elaboración propia

Como se observa en la **Tabla N°17** , se proyectó un avance mensual irreal al momento de asignar un rendimiento del 50% del desarrollo total del proyecto en un solo mes. Por lo tanto, se puede evidenciar que los porcentajes de avance no concuerdan con los avances realmente ejecutados; esto puede deberse a un mal manejo de los recursos en obra, bajo rendimiento de las cuadrillas o problemas externos. Se ha puesto mayor énfasis en el mes de septiembre donde solo se realizó un avance del 5% de la obra, esto debido a que hubo una paralización de la obra por lluvias y mal flujo de caja mensual.

Finalmente, se observa que la programación de avances optimizados mediante la metodología BIM proyecta metas mensuales realistas y posiblemente ejecutables en relación a los rendimientos de las cuadrillas. Una verificación de esta afirmación es que los porcentajes del avance de obra realmente ejecutados se asemejan a la programación de avances mediante BIM a diferencia de lo planificado con la metodología tradicional.

CONCLUSIONES

En primer lugar, de acuerdo al desarrollo de la presente tesis se considera que se han cumplido con los objetivos específicos planteados en este estudio y, en consecuencia, se concluye que se cumplió el objetivo general, que demuestra cómo la implementación del modelado, la coordinación y la planificación de un proyecto de carretera de trocha carrozable puede mejorar mediante la aplicación de la metodología BIM y la herramienta Last Planner System durante la fase de ejecución.

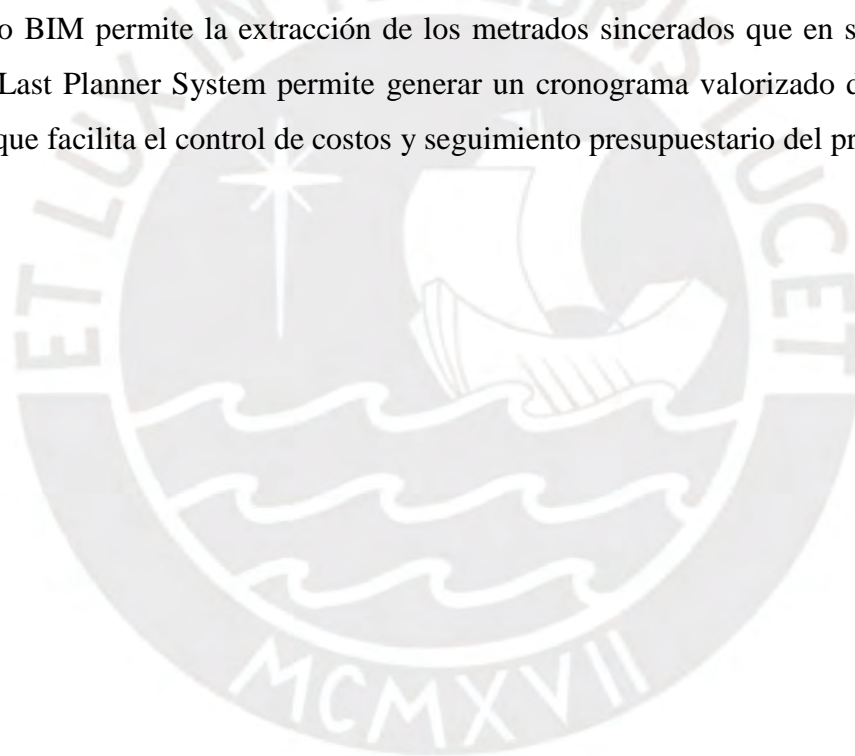
Con base en la información proporcionada en el expediente técnico, que incluyó planos 2D, memoria descriptiva, informe topográfico, estudio geotécnico del material de subrasante y el paquete completo de diseños, se llevó a cabo el modelado georreferenciado utilizando los softwares Civil 3D y Revit. Se aprovechó el potencial de cada herramienta para desarrollar modelos individuales de la carretera y del sistema de drenaje. Posteriormente, gracias a la interoperabilidad entre estos programas y Navisworks, fue posible integrar los modelos en un entorno federado que permitió realizar recorridos virtuales para detectar posibles incompatibilidades y generar un gemelo digital del proyecto en su versión final construida.

Mediante la aplicación del Last Planner System se estructuró una programación por niveles para la ejecución de la infraestructura vial. En primera instancia, se definió un plan maestro que identificó los hitos clave del proyecto. A continuación, se elaboró un plan de fases con fechas de inicio y fin fundamentadas en un análisis detallado de los ritmos de producción en cada etapa. Sobre esta base, se diseñó un plan intermedio (Lookahead) que asignó diariamente las tareas a ejecutar en cada sector. Finalmente, se redactó un plan semanal centrado en actividades libres de restricciones, definiendo metas claras para cada semana. A lo largo de todo este proceso, el respaldo del modelo BIM, mediante metrados precisos y visualizaciones 3D, resultó esencial para ajustar la planificación a condiciones reales de obra y garantizar un cronograma más fiable.

Considerar la propuesta de planificación planteada permitiría ejecutar el proyecto en un plazo de cuatro meses, logrando completar el 100 % de las partidas previstas, incluyendo las actividades críticas como la pavimentación. En contraste, la ejecución real bajo el enfoque tradicional se extendió a cinco meses y no logró culminar todas las partidas, dejando inconclusa, por ejemplo, la etapa de pavimentación. Este escenario evidencia limitaciones

significativas en la planificación original. Asimismo, el plazo contractual de tres meses establecido en el acta de inicio de obra resulta inviable desde el punto de vista técnico y operativo, ya que no contempló actividades de alta complejidad como el corte de roca fija, cuya presencia incide directamente en los rendimientos y los tiempos de ejecución. Esta omisión refleja una sobreestimación en la capacidad de producción y una subvaloración de las condiciones reales del terreno, lo cual refuerza la necesidad de emplear metodologías de planificación con respaldo técnico y visual, como las que se propone en este estudio.

Respecto a los costos del proyecto se concluye que la metodología BIM si logra la mejora de cantidades y costos de partidas cruciales en la ejecución de proyectos viales como el movimiento de tierras y el transporte de material. Se logró optimizar la partida de movimiento de tierras en un 12% respecto a lo realmente ejecutado. Asimismo, se comprueba que el modelo BIM permite la extracción de los metrados sincerados que en sinergia con la metodología Last Planner System permite generar un cronograma valorizado de avance real del proyecto que facilita el control de costos y seguimiento presupuestario del proyecto.



RECOMENDACIONES

Se recomienda que la metodología BIM y la herramienta Last Planner System no se limiten únicamente a proyectos de edificación, sino que también se apliquen en proyectos de infraestructura vial, complejos deportivos, obras de defensa ribereña, entre otros. La integración de ambos enfoques en la ejecución del proyecto, resulta más efectiva que su uso por separado. Esto se debe a que una planificación estructurada respaldada por un modelo de información, tanto en la visualización como en el soporte de metrados, permite una mayor precisión en la programación y facilita el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

Se sugiere que la implementación de la metodología BIM se inicie desde la fase de diseño definitivo del proyecto, ya que permite detectar interferencias tempranas y lograr una mejor coordinación entre especialidades. Esto facilita la creación de un entorno común de datos y el inicio de la ejecución con un modelo federado con información confiable, minimizando errores en los planos exportados, evitando retrabajos y sobrecostos. Además, mejora significativamente la trazabilidad de las decisiones técnicas, entendida como la capacidad de registrar, seguir y justificar cada cambio o elección realizada durante el desarrollo del proyecto, lo que aporta mayor transparencia, control y respaldo ante posibles controversias.

En el sector público, la implementación de la metodología BIM aún no se encuentra ampliamente difundida. Los esfuerzos por establecer su uso obligatorio se proyectan para el año 2030, abarcando los niveles nacional, regional y local. Por ello, resulta fundamental capacitar al personal técnico para que se tenga claro las aplicaciones y beneficios que ofrece este método, a fin de preparar a todo el equipo para una transición efectiva y eficiente hacia esta nueva forma de gestionar proyectos.

Respecto a la implementación BIM en los reportes financieros de un proyecto de obra vial se sugiere desarrollar las valorizaciones correspondientes una vez culminada la planificación LPS para evitar interferencias en los paquetes de trabajo diarios. Asimismo, se recomienda registrar un porcentaje de avance físico real similar distribuido eficientemente entre todos los meses de ejecución del proyecto.

Asimismo, se recomienda gestionar la documentación de un proyecto mediante un entorno común de datos, ya que permite unificar la información y favorecer el trabajo colaborativo multidisciplinario con actualizaciones en tiempo real para todos los involucrados. Además, facilita la gestión de permisos de acceso por roles y el seguimiento de quién modificó o consultó la información. De esta manera, la toma de decisiones basadas en datos se facilita, al disponer en un solo lugar de acceso ágil a modelos 3D, planos, presupuestos y demás documentación. Esta práctica, aún poco difundida, debería promoverse con mayor impulso.



BIBLIOGRAFÍA:

- Almeida, A. (2019). *BIM en el Perú*. [Archivo PDF].
https://www.researchgate.net/profile/Alexandre-Del-Savio/publication/338412631_BIM_en_el_Peru/links/5e13adca6fdcc28375daf6d/BIM-en-el-Peru.pdf
- Alsina Saltarén, S. (2017). *Implementación de BIM en infraestructura :la necesidad de abordarlo desde el sector público*. [Tesis de pregrado, Universidad de los Andes].
 Repositorio institucional Séneca.
<https://repositorio.uniandes.edu.co/entities/publication/c95b2cfe-1afa-41d3-88cb-b904b719d27e>
- Anahui Mamani, A. (2019). *Herramientas virtuales (BIM) para el diseño y modelado de obras de infraestructura vial - paso a desnivel*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Universidad Nacional de Ingeniería.
<https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/20244>
- Arotoma, J. (2024). Implementación de Last Planner System para la Optimización de la Construcción de la Carretera Canta Huayllay tramo 2B.
<https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/11893>
- Bermúdez-Sarmiento, C. A., & Quintero-García, J. (2022). Beneficios de la adopción BIM en proyectos de infraestructura vial: una revisión sistemática. Repositorio Institucional Universidad Católica de Colombia - RIUCaC.
<https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/98687eff-19f1-4eec-bb1d-6b8b1fb96bb>
- Berrocal, J. (2022). Aplicación de la metodología Building Information Modeling (BIM), en los procesos de diseño geométrico y construcción de un proyecto vial-Huánuco-2021 [Tesis para optar al título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
<https://repositorio.unsch.edu.pe/items/bdb7cade-10c8-4d8a-8261-1f91f016c419>

- Birna Kjartansdóttir, I., Mordue, S., Nowak, P., Philp, D., & Thór Snæbjörnsson, J. (2017). BUILDING INFORMATION MODELLING BIM. Varsovia: Civil Engineering Faculty of Warsaw University of Technology.
- Brenes Moya, N. (2020). Implementación de la Metodología BIM en el Diseño de Proyectos de Infraestructura Vial de la Organización INTRA Consultores. [Tesis de pregrado, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. Repositorio TEC. https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/12397/TFG_Nathalie_Brenes_Moya.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Caamaño Muñoz, F. K. (2024). Propuesta de aplicación del sistema “Last Planner” en la construcción de carreteras. <https://doi.org/10.58011/0ht1-bc39>
- Cooke, B., & Williams, P. (2013). Construction planning, programming and control (4th ed.). Wiley-Blackwell. https://books.google.com.pe/books?id=nn3C98xIUQC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q=phase&f=false
- Del Savio, A. A. (2018). Beneficios del BIM en ingeniería. *El ingeniero de Lima*, (86), 40. <https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/6981>
- Dominguez, W. M., & Segura, L. M. (2020). Optimización de costos y tiempos mediante metodología BIM y drones en carreteras: una revisión de la literatura científica de los últimos 10 años [Trabajo de investigación, Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/26034>
- Gonzales, W., & Lesmes, C. (2017). Siete Dimensiones de un Proyecto de Construcción con la Metodología Building Information Modeling. *L’Esprit Ingénieux*, 8, 68–87. <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/lingenieux/article/view/1659/1510>
- González Villamil, W. R., & Lesmes Fabian, C. A. (2017). Siete dimensiones de un proyecto de construcción con la metodología Building Information Modeling. *L’esprit Ingénieux*, 8(1). <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/lingenieux/article/view/1659>

- Guerreros, L. (2020). Mejora de la productividad en los trabajos de conformación y compactación de relleno de carretera, con la aplicación de la metodología Lean Construction en Mina Bayóvar - Perú.
https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8242?locale=pt_BR
- Hoyos, M. F., & Botero, L. F. (2018). Evolution and global impact of the Last Planner System: a literature review. *Ingeniería y Desarrollo*, 36(1), 187-214.
<https://doi.org/10.14482/inde.36.1.10946>
- Huancallo Limpe, F. A. (2022). Estudio comparativo entre las metodologías convencional y BIM 4D en la optimización del tiempo programado para la ejecución de una obra de infraestructura vial en etapa de diseño, Arequipa 2021. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santa María].
<https://repositorio.ucsm.edu.pe/bitstreams/289f3cf7-27d2-4c9d-98e1-de41672e3152/download>
- Junqui, A., Cedeño, H., Santana, M., & Villamar, A. (2022). Análisis del sistema BIM en construcción de viviendas respecto al método tradicional en Manabí-Ecuador. *FIPCAEC*, 7(4).
<https://www.fipcaec.com/index.php/fipcaec/article/view/732>
- Maquera, J. (2022). Comparación de volúmenes de movimiento de tierras obtenidos por el método tradicional y BIM en el diseño geométrico de la carretera Huaquina – Chucasuyo km 5+000 al km 12+500 Juli, Chucuito, Puno [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano].
<https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/18348>
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2020). Plan BIM Perú: Aplicación de BIM en el contexto de la inversión pública.
<https://www.mef.gob.pe/planbimperu/docs/planBIMpE.pdf>
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2021). Guía técnica BIM para edificaciones e infraestructura.
https://www.investinperu.pe/RepositorioAPS/0/0/JER/GUIAS_INVERSION/Guia-tecnica-BIM-para-edificaciones-e-infraestructura.pdf

Ministerio de Economía y Finanzas. (2023). Roles BIM en la inversión pública.

https://www.mef.gob.pe/planbimperu/docs/recursos/info_rolsBIMact.pdf

Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú. (2018). Manual de carreteras: Diseño geométrico (MC-02-18 DG-2018).

https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-02-18%20Dise%C3%B1o%20Geométrico%20DG-2018.pdf

Navarro, M. (2023). Implementación de la metodología BIM en un proyecto de mejoramiento vial, para la optimización del cronograma en la construcción [Tesis para optar al título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Privada del Norte].

<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/35616/Navarro%20Vasquez%20Marlon%20Richard.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Orbegoso, Y. (2023). Planificación con last planner system en el proyecto de la carretera viscachani–callalli, Arequipa.

<https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/10779>

Paz García, M. G. (2019). Aplicación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en el diseño de una glorieta en la carretera CV-310 PK 15+750 en la provincia de Valencia. [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Valencia].

<https://riunet.upv.es/handle/10251/130864>

Pons, J., & Rubio, I. (2019b). Lean Construction y la planificación colaborativa. Metodología del Last Planner® System. Consejo General de la Arquitectura Técnica de España.

<https://www.riarte.es/handle/20.500.12251/1064>

Porras Díaz, H., Sánchez Rivera, O. G., & Galvis Guerra, J. A. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. *Avances*, 11(1), 32-53.

Prado Luján, G. A. (2018). Determinación de los usos BIM que satisfacen los principios valorados en proyectos públicos de construcción. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú].

<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/13009>

- Robert, M. (2018). *Implementación de la metodología BIM en la elaboración de un proyecto de carretera*. [Archivo PDF].
<https://repositorio.unifsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/2927/MINAYA%20PABLO%20ROBERT.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sacks, R., Eastman, C., Lee, G., & Teicholz, P. (2018). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors* (3rd ed.). Wiley.
- Santos, J. (2021). Aplicación de la metodología Building Information Modeling (BIM) para el rediseño de la intersección localizada en el PK 3+477 de la carretera TF-652 en la provincia de Santa Cruz de Tenerife [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Valencia].
<https://riunet.upv.es/handle/10251/175655>
- Sierra Aporte, L. X. (2016). Artículo presentado como Trabajo Final de Especialización en Gerencia Integral de Proyectos. [Tesis de pregrado, Universidad Santo Tomás].
<https://core.ac.uk/download/pdf/143452268.pdf>
- Succar, B. (2013). Building Information Modelling: conceptual constructs and performance improvement tools. School of Architecture and Built Environment Faculty of Engineering and Built Environmental University of Newcastle.
- Trejo Carvajal, N. A. (2018). Estudio de impacto del uso de la metodología BIM en la planificación y control de proyectos de ingeniería y construcción. [Tesis de pregrado, Universidad de Chile].
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/168599>
- Tunque, Bach. (2022). Aplicación de la metodología BIM en la elaboración del presupuesto de la carretera Collpa-Seiruro del Distrito de Tintay Puncu [Tesis para optar a un título profesional, Universidad Peruana de los Andes].
<https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/5129>

Vera Galindo, C. (2018). Aplicación de la metodología BIM a un proyecto de construcción de un corredor de transporte para un complejo industrial. Modelo BIM 5D Costes. [Tesis de maestría, Universidad de Sevilla].

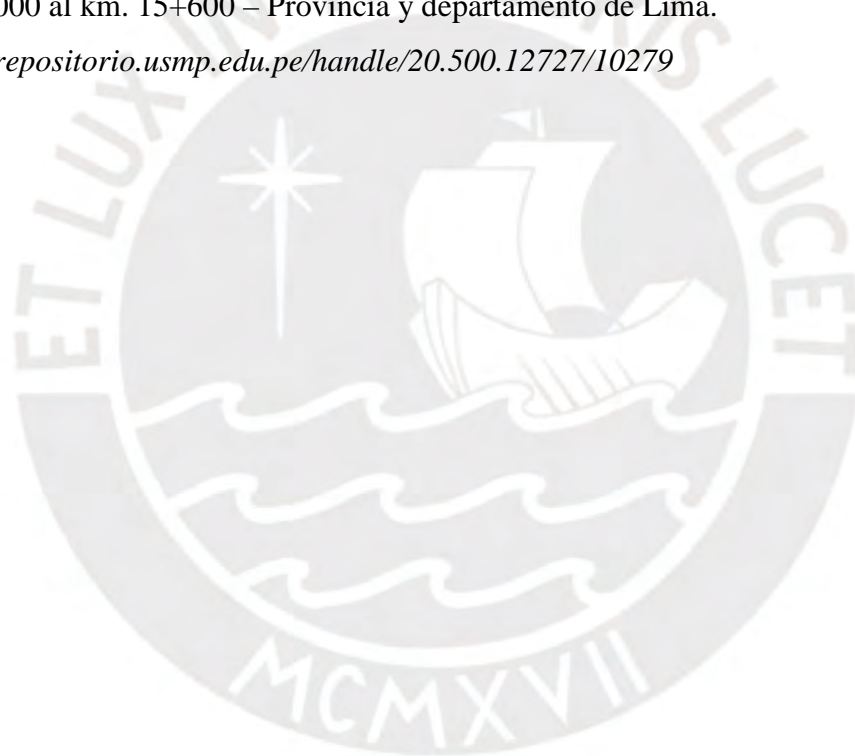
<https://idus.us.es/items/5b48afee-62f2-4034-8468-0de9b34c618b>

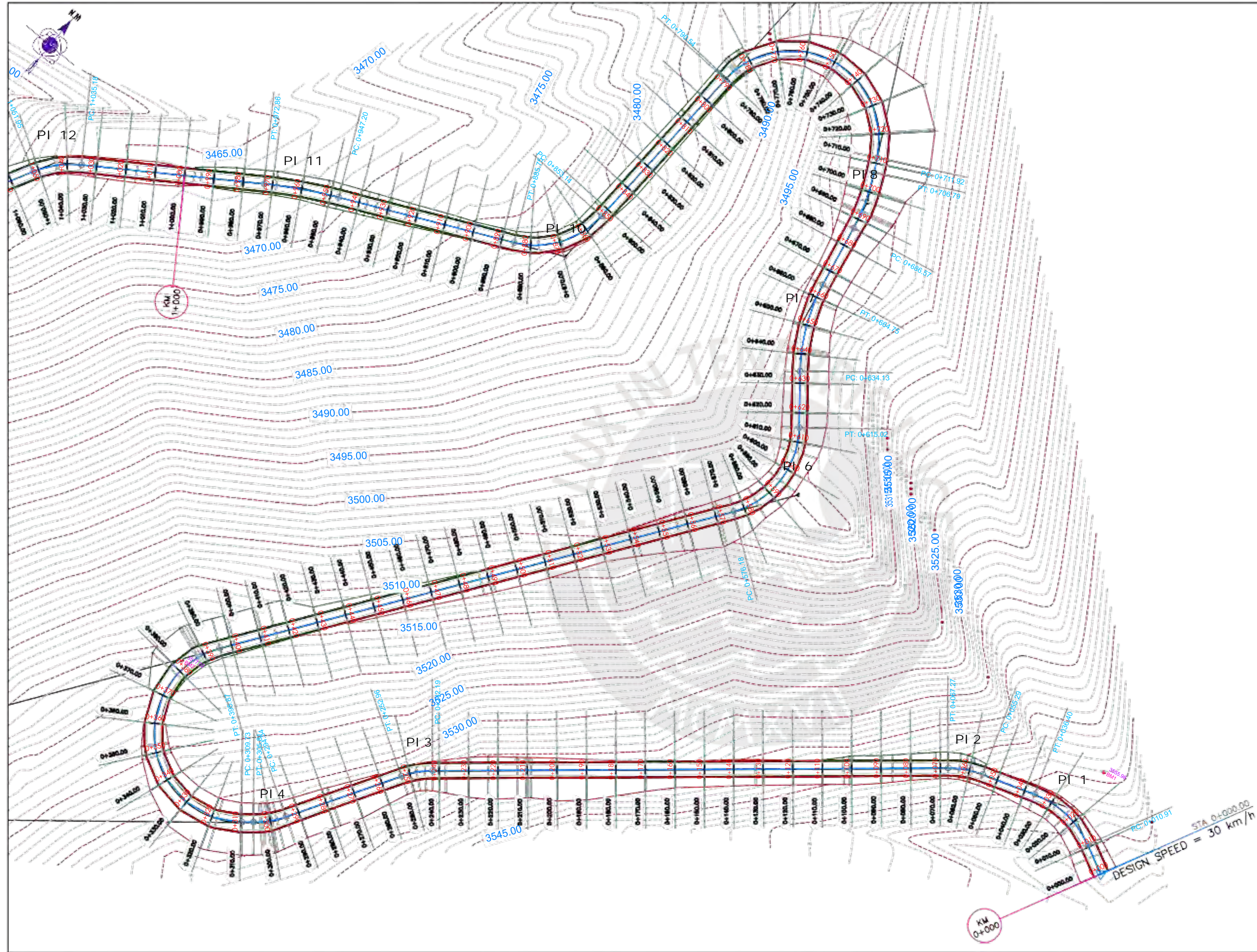
Vignali, V., Acerra, E., Lantieri, C., Di Vincenzo, F., Piacentini, G., & Pancaldi, S. (2021). Building Information Modelling (BIM) application for an existing road infrastructure. *Automation in Construction*, (128).

<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103752>

Villar, E., & Oblitas, J. (2021). Last Planner System con herramientas de gestión visual para la planificación y control de la producción del Proyecto Vía Antigua Panamericana Sur km. 0+000 al km. 15+600 – Provincia y departamento de Lima.

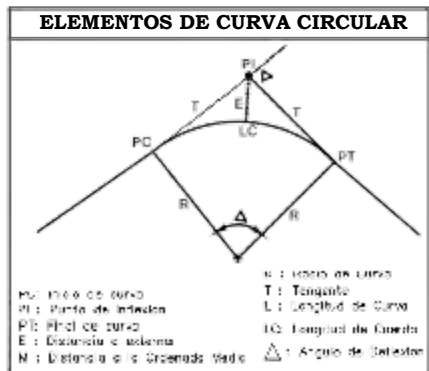
<https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/10279>





DATOS DE DISEÑO	
carretera	: Tronco carrozable
Indice medio diario	: Menor a 200 V/dia.
Velocidad directriz	: 30 Km/h
Pendiente máxima	: 11.00 %
Radio mínimo	: 25.00 m
Radio mínimo excepcional	: 30.00 m
Ancho bermas	: 0.500m
Bombeo %	: 3.00 %
Carpeta asfáltica	: 0.00 m
Base	: 0.20 m
Sub-base	: 0.00 m
Mejoramiento terreno	: 0.00 m
Talud de corte	: 1:00:2
Talud de relleno	: 1:00:1

LEYENDA	
	NORTE MAGNETICO
	EJE DE VIA DE ALINEAMIENTO H.
	CURVAS HORIZONTALES
	ESTACIONES
	BANCO DE NIVEL
	KILOMETRAJE
	CURVAS DE NIVEL MAYORES



Anexo A. Plano en planta del proyecto de carreteras

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ANTABAMBA

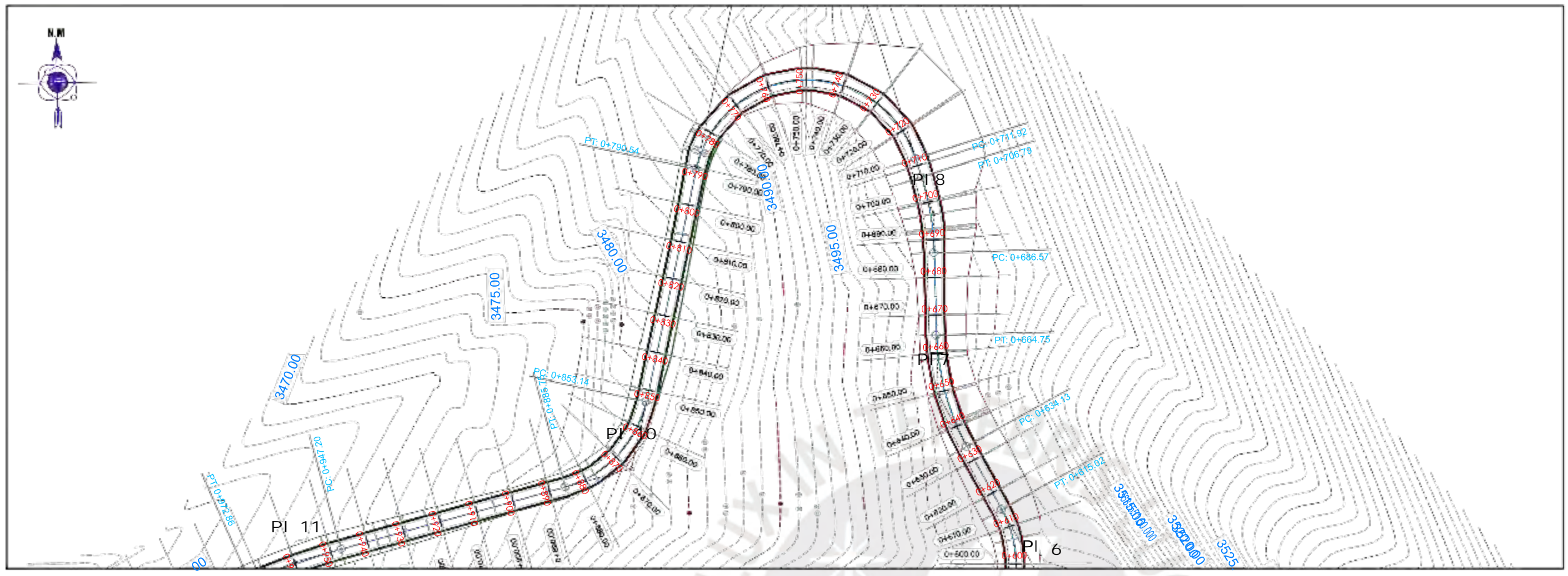
"CREACION DEL ACCESO VIAL EN EL TRAMO ACCU, PITY, MARAS Y WISCACHANY DEL DISTRITO DE ANTABAMBA - PROVINCIA DE ANTABAMBA - DEPARTAMENTO DE APURIMAC"

RESPONSABLE:	APROBADO POR:	REGION : <u> </u>	SISTEMA DE PROYECCIÓN GEOGRAFICA: <u> </u>
		PROVINCIA: <u>ANTABAMBA</u>	DATUM: <u> </u>
		SECTOR : <u>ACCU, PITY, MARAS Y WISCACHANY</u>	WGS84
			UTM

PLANO PLANTA
 KM. +000.00 - 3+000.00

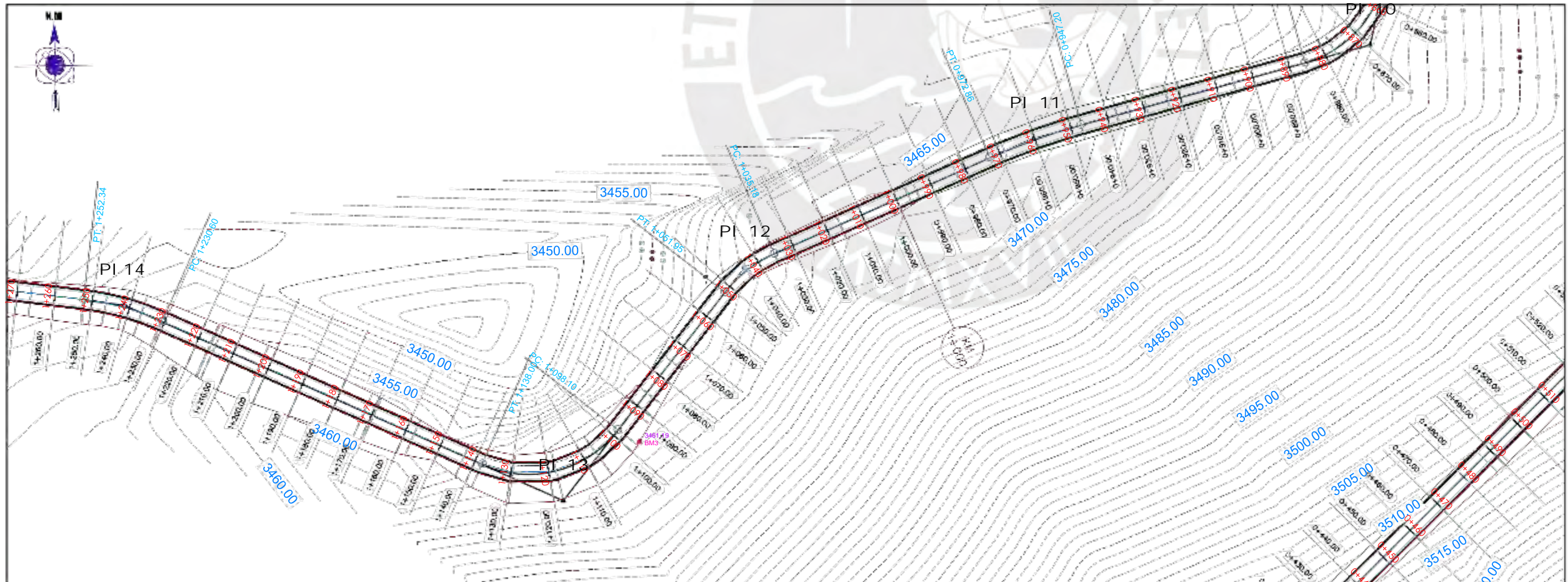
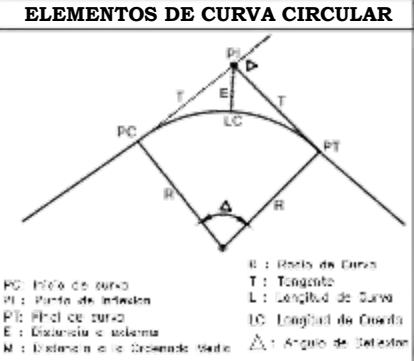
LAMINA: **PP-01**

ZONA: <u> </u>	ESCALA: <u>INDICADA</u>
FECHA: <u>ABRIL 2023</u>	



DATOS DE DISEÑO	
carretera	: Tramo carrozable
Indice medio diario	: Menor a 200 V/dia.
Velocidad directriz	: 30 Km/H
Pendiente máxima	: 11.00 %
Radio mínimo	: 25.00 m
Radio mínimo excepcional	: 30.00 m
Ancho berma	: 0.500m
Bombeo %	: 3.00 %
Carpetas asfáltica	: 0.00 m
Base	: 0.20 m
Sub-base	: 0.00 m
Mejoramiento terreno	: 0.00 m
Talud de corte	: 1.00:2
Talud de relleno	: 1.00:1

LEYENDA	
	NORTE MAGNETICO
	EJE DE VIA DE ALINEAMIENTO H.
	CURVAS HORIZONTALES
	ESTACIONES
	BANCO DE NIVEL
	KILOMETRAJE
	CURVAS DE NIVEL MAYORES



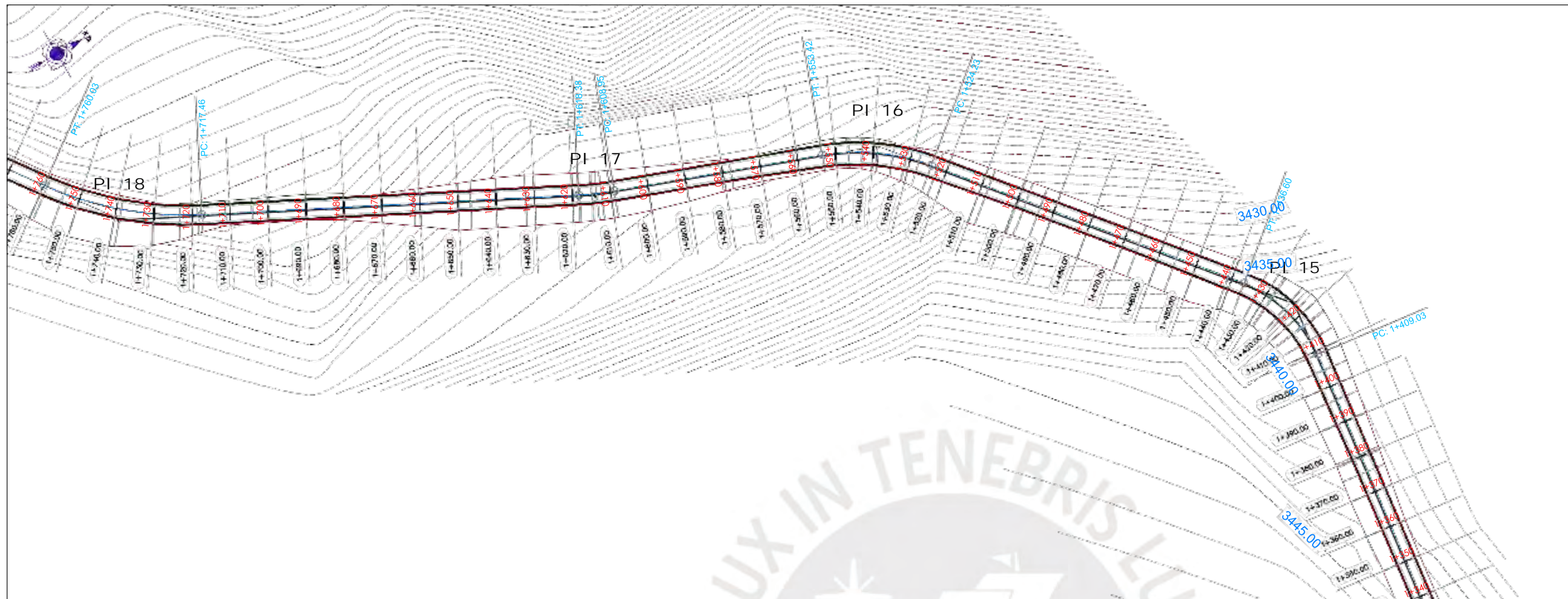
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ANTABAMBA

"CREACION DEL ACCESO VIAL EN EL TRAMO ACCU, PITY, MARAS Y WISCACHANY DEL DISTRITO DE ANTABAMBA - PROVINCIA DE ANTABAMBA - DEPARTAMENTO DE APURIMAC"

PLANO PLANTA
 KM. +000.00 - 3+000.00

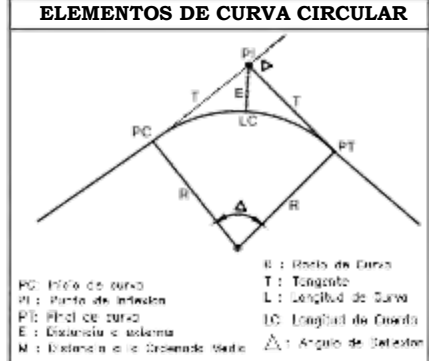
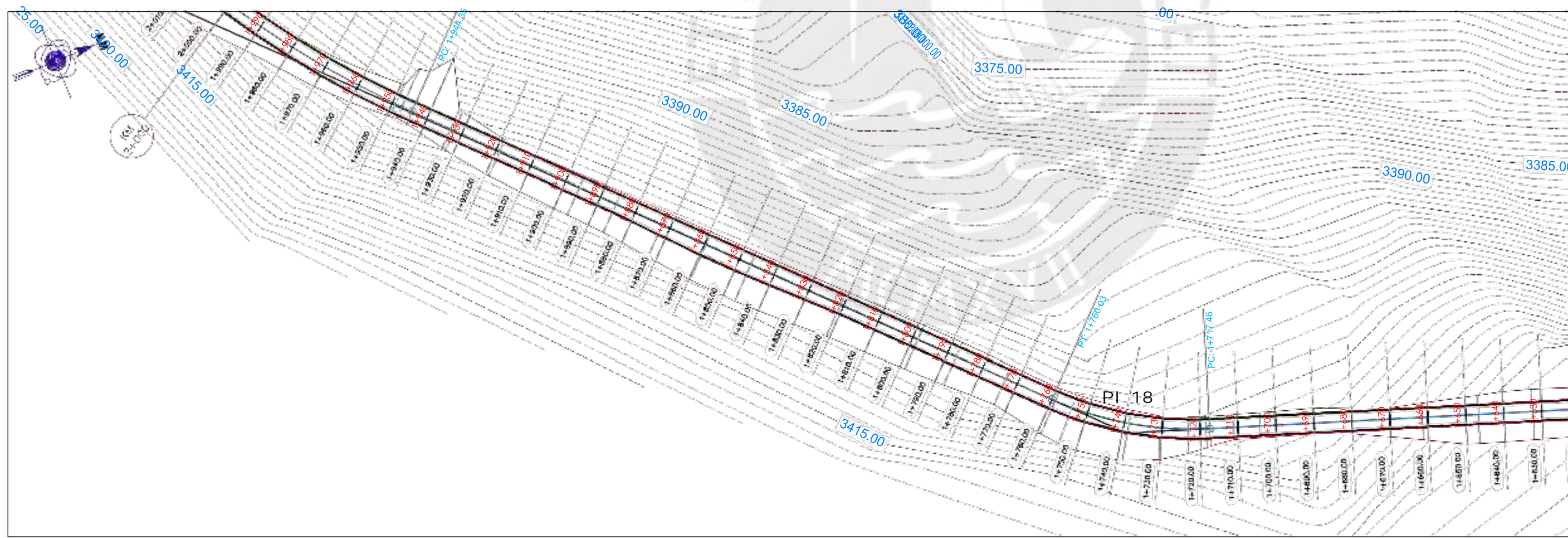
LAMINA:
PP-02

RESPONSABLE:	APROBADO POR:	REGION : <u> </u>	SISTEMA DE PROYECCIÓN GEOGRAFICA: <u>UTM</u>	DATUM: <u> </u>	ZONA: <u> </u>	ESCALA: <u>INDICADA</u>
		PROVINCIA: <u>ANTABAMBA</u>		WGS84	13 SUR	FECHA: <u>ABRIL 2023</u>
		SECTOR: <u>ACCU, PITY, MARAS Y WISCACHANY</u>				



DATOS DE DISEÑO	
carretera	: Tramo carrozable
Índice medio diario	: Menor a 200 V/día
Velocidad directriz	: 30 Km/H
Pendiente máxima	: 11.00 %
Radio mínimo	: 25.00 m
Radio mínimo excepcional	: 30.00 m
Ancho berma	: 0.500m
Bombeo %	: 3.00 %
Carpetas asfáltica	: 0.00 m
Base	: 0.20 m
Sub-base	: 0.00 m
Mejoramiento terreno	: 0.00 m
Talud de corte	: 1.00:2
Talud de relleno	: 1.00:1

LEYENDA	
	NORTE MAGNETICO
	EJE DE VIA DE ALINEAMIENTO H.
	CURVAS HORIZONTALES
	ESTACIONES
	BANCO DE NIVEL
	KILOMETRAJE
	CURVAS DE NIVEL MAYORES

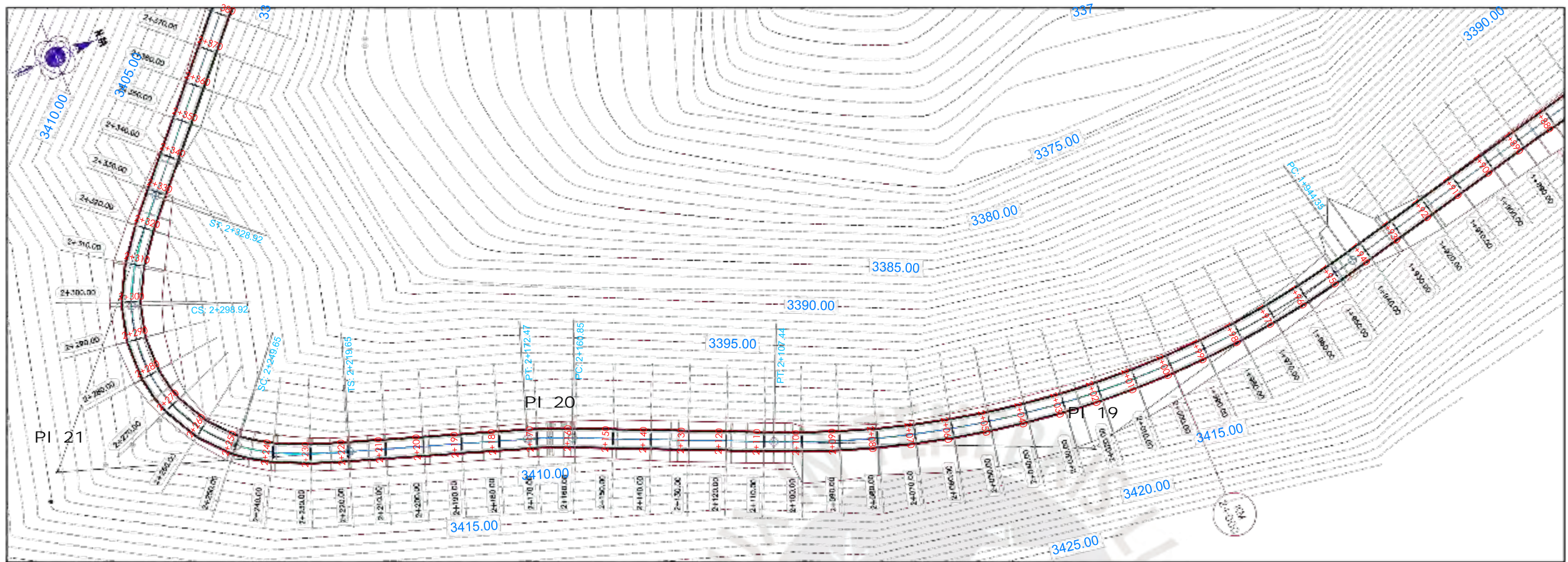


"CREACION DEL ACCESO VIAL EN EL TRAMO ACCU, PITY, MARAS Y WISCACHANY DEL DISTRITO DE ANTABAMBA - PROVINCIA DE ANTABAMBA - DEPARTAMENTO DE APURIMAC"

RESPONSABLE:	APROBADO POR:	REGION : MUNICIPAL	SISTEMA DE PROYECCIÓN GEOGRAFICA: UTM	DATUM: WGS84	ZONA: 18 SUR	ESCALA: INDICADA
		PROVINCIA: ANTABAMBA				FECHA: ABRIL 2023
		SECTOR : ACCU, PITY, MARAS Y WISCACHANY				

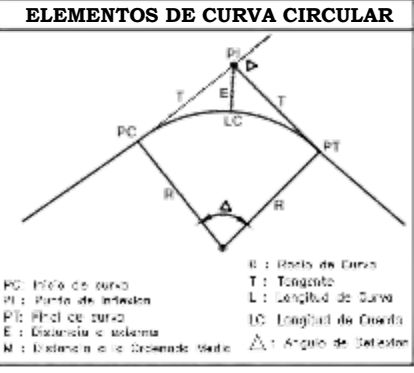
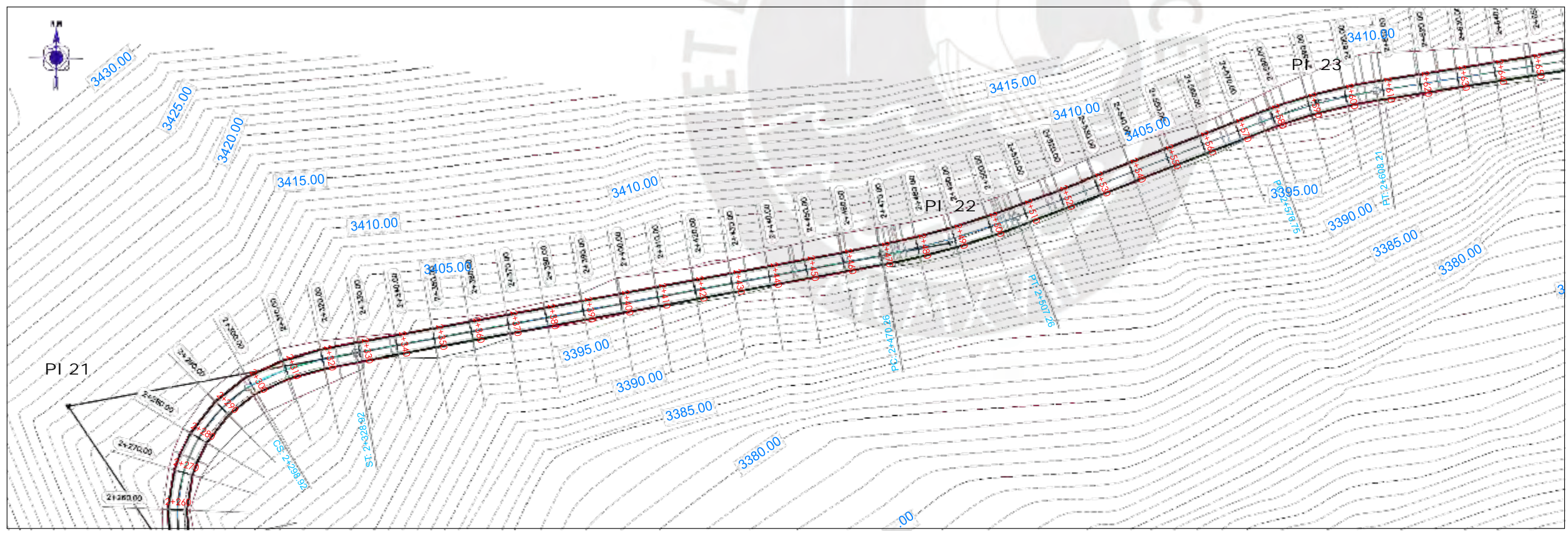
PLANO PLANTA
 KM. +000.00 - 3+000.00

LAMINA:
PP-03



DATOS DE DISEÑO	
carretera	: Tramo carrozable
Indice medio diario	: Menor a 200 V/día.
Velocidad directriz	: 30 Km/H
Pendiente máxima	: 11.00 %
Radio mínimo	: 25.00 m
Radio mínimo excepcional	: 30.00 m
Ancho berma	: 0.500m
Bomba %	: 3.00 %
Carpeta asfáltica	: 0.00 m
Base	: 0.20 m
Sub-base	: 0.00 m
Mejoramiento terreno	: 0.00 m
Talud de corte	: 1.00:2
Talud de relleno	: 1.00:1

LEYENDA	
	NORTE MAGNETICO
	EJE DE VIA DE ALINEAMIENTO H.
	CURVAS HORIZONTALES
	ESTACIONES
	BANCO DE NIVEL
	KILOMETRAJE
	CURVAS DE NIVEL MAYORES



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ANTABAMBA

"CREACION DEL ACCESO VIAL EN EL TRAMO ACCU, PITY, MARAS Y WISCACHANY DEL DISTRITO DE ANTABAMBA - PROVINCIA DE ANTABAMBA - DEPARTAMENTO DE APURIMAC"

RESPONSABLE: _____ APROBADO POR: _____
 REGION : REGIONAL
 PROVINCIA : ANTABAMBA
 SECTOR : ACCU, PITY, MARAS Y WISCACHANY

PLANO PLANTA
KM.+000.00 - 3+000.00

SISTEMA DE PROYECCIÓN GEOGRAFICA: DATUM: ZONA: ESCALA: INDICADA
 UTM WGS84 18 SUR FECHA: ABRIL 2023

LAMINA: PP-04

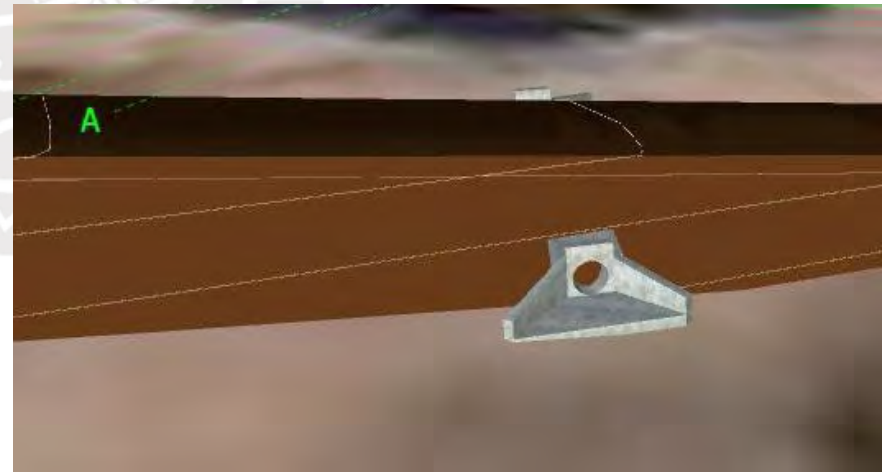
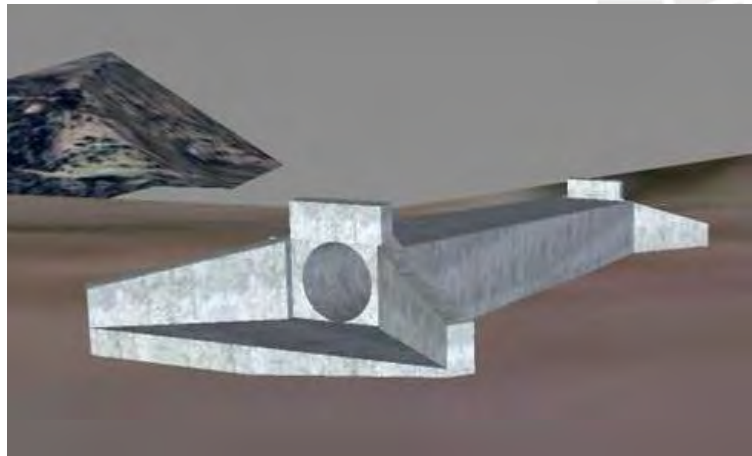
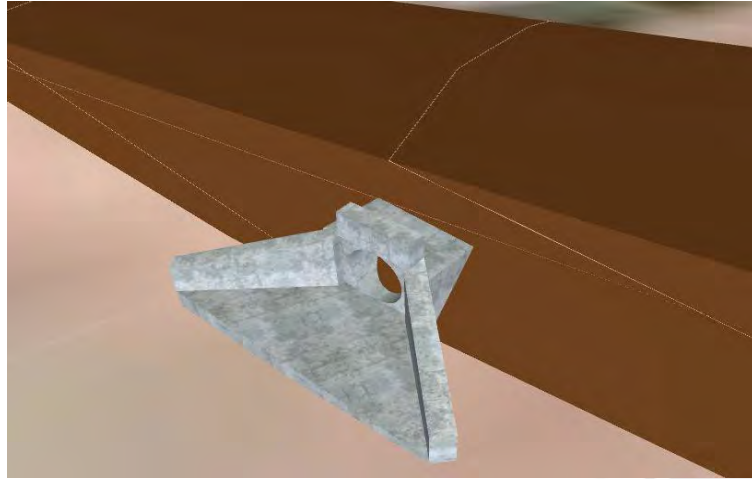
Anexo B. Valorizaciones y metrados del proyecto

METRADOS SEGUN EXPEDIENTE				P.UNITARIO	METRADOS PLANIFICADOS PREVIA EJECUCIÓN CON METODOLOGIA TRADICIONAL			VALORIZACION MENSUAL PLANIFICADA PREVIA EJECUCIÓN CON METODOLOGIA TRADICIONAL			PRECIO PARCIAL POR PARTIDA
Item	Descripción	Unid.	Cant.		Cant.	Cant.	Cant.	Precio parcial	Precio parcial	Precio parcial	
1	CREACION DEL ACCESO VIAL EN EL TRAMO ACCU, PITY, MARAS Y WISCACHANY DEL DISTRITO DE ANTABAMBA- PROVINCIA DE ANTABAMBA- DEPARTAMENTO DE APURIMAC				JUNIO	JULIO	AGOSTO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	
1.1 OBRAS PRELIMINARES											S/2,757.83
1.1.1	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA 7.20 X 3.60	und	1.00	S/979.96	1.00	0.00	0.00	S/ 979.96	-	-	
1.1.3	ACCESO A D.M.E., CAMPAMENTO Y PATIO DE MAQUINAS	km	0.29	S/6,130.60	0.29	0.00	0.00	S/ 1,777.87	-	-	
1.2 OBRAS PROVISIONALES											S/5,300.00
1.2.1 INFRAESTRUCTURA PROVISIONAL											
1.2.1.1	CAMPAMENTO Y OFICINAS PROVISIONALES	m²	100.00	S/53.00	100	0.00	0.00	S/ 5,300.00	-	-	
1.3 TRABAJO PRELIMNAR											S/29,844.44
1.3.1	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	glb	1.00	S/25,905.60	1.00	0.00	0.00	S/ 25,905.60	-	-	
1.3.2	TOPOGRAFIA Y GEOREFERENCIACION	glb	1.00	S/3,938.84	0.48	0.52	0.00	S/ 1,890.64	S/ 2,048.20	-	
1.4 MOVIMIENTO DE TIERRAS											S/340,783.40
1.4.1	CORTE DE MATERIAL SUELTO	m³	67456.70	S/3.83	31479.80	35976.90	0.00	S/ 120,567.63	S/ 137,791.53	-	
1.4.2	CORTE DE ROCA SUELTA	m³	1872.40	S/12.86	873.79	998.61	0.00	S/ 11,236.94	S/ 12,842.12	-	
1.4.3	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m³	5686.50	S/6.58	1705.95	3980.55	0.00	S/ 11,225.15	S/ 26,192.02	-	
1.4.4	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN TRAMOS ESPECIFICOS	m³	400.00	S/52.32	0.00	266.67	133.33	-	S/ 13,952.17	S/ 6,975.83	
1.5 TRANSPORTE DE MATERIAL											S/87,569.58
1.5.1	TRANSPORTE DE MAT. AFIRMADO HASTA 1KM	m3k	3683.95	S/4.66	0.00	1712.42	856.21	-	S/ 7,979.88	S/ 3,989.94	
1.5.2	TRANSPORTE DE MAT. AFIRMADO >1KM	m3k	3383.86	S/3.63	0.00	1557.91	778.95	-	S/ 5,655.21	S/ 2,827.59	
1.5.3	TRANSPORTE DE MAT. EXCEDENTE <1KM EN TRAMOS ESPECIFICOS	m3k	3251.35	S/6.18	2059.19	1192.16	0.00	S/ 12,725.79	S/ 7,367.55	-	
1.5.4	TRANSPORTE DE MAT. EXCEDENTE >1KM	m3k	13590.64	S/3.46	8607.40	4983.24	0.00	S/ 29,781.60	S/ 17,242.01	-	
1.6 PAVIMENTOS											S/85,424.12
1.6.1	PERFILADO Y COMPACTACION DE LA SUB RAZANTE	m²	15931.38	S/2.42	0.00	9558.83	6372.55	-	S/ 23,132.37	S/ 15,421.57	
1.6.2	AFIRMADO	m²	3186.28	S/14.71	0.00	1784.32	1401.96	-	S/ 26,247.35	S/ 20,622.83	
1.7 OBRAS DE ARTE Y DRENAJE											S/79,741.77
1.7.1 CONFORMACION DE CUNETAS											
1.7.1.1	CONSTRUCCION DE CUNETAS EN MATERIAL SUELTO	m	3300.00	S/1.77	0.00	0.00	3300	-	-	S/ 5,841.00	
1.7.1.2	CONSTRUCCION DE CUNETAS EN ROCA SUELTA	m	200.00	S/2.79	0.00	0.00	200	-	-	S/ 558.00	
1.7.2 ALCANTARILLA TMC (08 und)											
1.7.2.1	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	m³	197.45	S/15.73	0.00	197.45	0	-	S/ 3,105.89	-	
1.7.2.2	RELLENO PARA ESTRUCTURAS CON MATERIAL PROPIO	m³	78.19	S/17.22	0.00	78.19	0	-	S/ 1,346.43	-	
1.7.2.3	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m²	234.38	S/66.54	0.00	234.38	0	-	S/ 15,595.65	-	
1.7.2.4	ACERO F Y=4200 KG/CM2	kg	1590.78	S/8.52	0.00	1590.78	0	-	S/ 13,553.45	-	
1.7.2.5	CONCRETO f'c=175 kg/cm2	m³	44.49	S/214.44	0.00	27.81	16.68	-	S/ 5,963.58	S/ 3,576.86	
1.7.2.6	TUBERIA METALICA CORRUGADA TMC48"	m	8.10	S/820.42	0.00	8.1	0	-	S/ 6,645.40	-	
1.7.2.7	TUBERIA METALICA CORRUGADA TMC36"	m	24.30	S/556.34	0.00	0.00	24.3	-	-	S/ 13,519.06	
1.7.2.8	EMBOQUILLADO DE MAMP. DE PIEDRA f'c=175 kg/cm2	m³	15.48	S/203.08	0.00	0.00	15.48	-	-	S/ 3,143.68	
1.7.2.9	CAMA DE ARENA e = 0.10 m.	m²	46.73	S/12.56	0.00	0.00	46.73	-	-	S/ 586.93	
1.7.2.10	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m³	144.96	S/24.93	0.00	0.00	144.96	-	-	S/ 3,613.85	
1.7.3 CUNETAS DE CORONACION											
1.7.3.1	CONFORMACION Y PERFILADO DE CUNETAS DE CORONACION	m	400.00	S/5.23	0.00	0.00	400.00	-	-	S/ 2,092.00	
1.7 SEÑALIZACION											S/17,057.24
1.7.1	SEÑALES PREVENTIVAS	und	27.00	S/488.47	0.00	0.00	27	-	-	S/ 13,188.69	
1.7.2	SEÑALES INFORMATIVAS	und	3.00	S/580.77	0.00	0.00	3	-	-	S/ 1,742.31	
1.7.3	SEÑALES REGLAMENTARIAS	und	2.00	S/560.88	0.00	0.00	2	-	-	S/ 1,121.76	
1.7.4	HITOS KILOMETRICOS	und	4.00	S/251.12	0.00	0.00	4	-	-	S/ 1,004.48	
1.8 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PMA											S/11,682.80
1.8.1	PROGRAMA DE MEDIDAS PREVENTIVAS, MITIGADORES Y CORRECTIVAS	glb	1.00	S/2,000.00	0.19	0.41	0.4	S/ 380.00	S/ 820.00	S/ 800.00	
1.8.2	PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL	glb	1.00	S/2,000.00	0.19	0.41	0.4	S/ 380.00	S/ 820.00	S/ 800.00	
1.8.3	PROGRAMA DE ASUNTOS SOCIALES	glb	1.00	S/1,702.80	0.19	0.41	0.4	S/ 323.53	S/ 698.15	S/ 681.12	
1.8.4	PROGRAMA DE EDUCACION AMBIENTAL Y SEGURIDAD VIAL	glb	1.00	S/1,488.00	0.19	0.41	0.4	S/ 282.72	S/ 610.08	S/ 595.20	
1.8.5	PROGRAMA DE CAPACITACION AMBIENTAL Y SEGURIDAD	glb	1.00	S/992.00	0.19	0.41	0.4	S/ 188.48	S/ 406.72	S/ 396.80	
1.8.6	PROGRAMA DE PREVENCION DE PERDIDAS Y CONTINGENCIAS	glb	1.00	S/2,000.00	0.19	0.41	0.4	S/ 380.00	S/ 820.00	S/ 800.00	
1.8.7	PROGRAMA DE CIERRE	glb	1.00	S/1,500.00	0.19	0.41	0.4	S/ 285.00	S/ 615.00	S/ 600.00	
1.9 FLETE TERRESTRE											S/10,000.00
1.9.1	TRANSPORTE DE MATERIALES A OBRA	glb	1.00	S/10,000.00	0.27	0.73	0	S/ 2,700.00	S/ 7,300.00	-	
1.10 PLAN DE MONITOREO ARQUEOLOGICO											S/5,000.00
1.10.1	PLAN DE MONITOREO ARQUEOLOGICO	glb	1.00	S/5,000.00	0.2	0.52	0.28	S/ 1,000.00	S/ 2,600.00	S/ 1,400.00	
1.11 CONTROL DE CALIDAD											S/2,150.00
1.11.1	DISEÑO DE MEZCLAS	glb	1.00	S/450.00	0.33	0.33	0.34	S/ 148.50	S/ 148.50	S/ 153.00	
1.11.2	COMPACTACION DE LA SUB RAZANTE	glb	1.00	S/1,520.00	0.33	0.34	0.33	S/ 501.60	S/ 516.80	S/ 501.60	
1.11.3	RESISTENCIA DE CONCRETO	glb	1.00	S/180.00	0.32	0.34	0.34	S/ 57.60	S/ 61.20	S/ 61.20	
1.12 SEGURIDAD Y SALUD											S/12,000.00
1.12.1	EQUIPOS DE PROTECCION COLECTIVA	glb	1.40	S/6,000.00	0.33	0.34	0.33	S/ 1,980.00	S/ 2,040.00	S/ 1,980.00	
1.12.3	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL	glb	1.40	S/4,000.00	0.33	0.34	0.33	S/ 1,320.00	S/ 1,360.00	S/ 1,320.00	
1.12.4	PLAN DE SEGURIDAD	glb	1.00	S/2,000.00	0.33	0.34	0.33	S/ 660.00	S/ 680.00	S/ 660.00	
1.13 PROGRAMA DE CAPACITACION SOCIAL Y SEGURIDAD EN OBRA											S/4,000.00
1.13.1	ELABORACION DEL PLAN DE SEGURIDAD EN EL TRABAJO	mes	1.00	S/2,000.00	0.33	0.34	0.33	S/ 660.00	S/ 680.00	S/ 660.00	
1.13.2	PROGRAMA DE CAPACITACION EN OPERACION Y MANTENIMIENTO	mes	1.00	S/2,000.00	0.33	0.34	0.33	S/ 660.00	S/ 680.00	S/ 660.00	
COSTO DIRECTO MENSUAL							S/233,298.63	S/347,517.24	S/112,495.30	S/693,311.17	

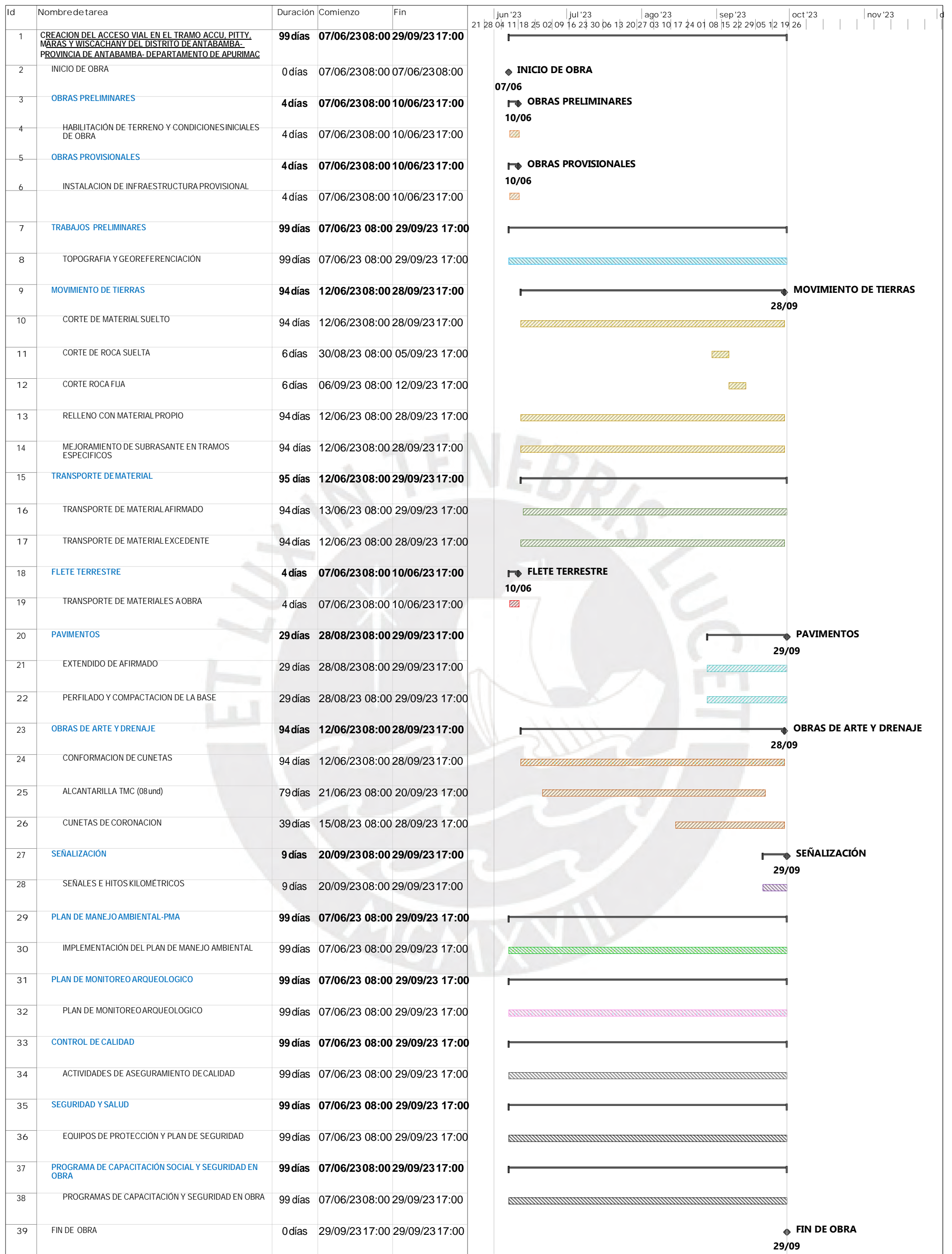
METRADOS SEGUN EXPEDIENTE				METRADOS REALMENTE EJECUTADOS CON METODOLOGIA TRADICIONAL					VALORIZACION MENSUAL REALMENTE EJECUTADA CON METODOLOGIA TRADICIONAL					DEDUCIBLES	PRECIO PARCIAL POR PARTIDA
Item	Descripción	Unid.	Cant.	Cant.	Cant.	Cant.	Cant.	Precio parcial	Precio parcial	Precio parcial	Precio parcial	Precio parcial			
1	CREACION DEL ACCESO VIAL EN EL TRAMO ACCU, PITY, MARAS Y WISCACHANY DEL DISTRITO DE ANTABAMBA- PROVINCIA DE ANTABAMBA- DEPARTAMENTO DE APURIMAC			JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE		
1.1 OBRAS PRELIMINARES															S/2,757.8
1.1.2	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA 7.20 X 3.60	und	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	S/979.96	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	
1.1.3	ACCESO A D.M.E. CAMPAMENTO Y PATIO DE MAQUINAS	km	0.29	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	S/1,777.87	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	
1.2 OBRAS PROVISIONALES															S/9,479.00
1.2.1 INFRAESTRUCTURA PROVISIONAL															
1.2.1.1	CAMPAMENTO Y OFICINAS PROVISIONALES	m²	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	S/5,300.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	
1.2.1.2	CERCO PROVISIONAL DE MALLA ARPILLERA	m	150.00	150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	S/4,179.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	
1.3 TRABAJO PRELIMINAR															S/33,410.8
1.3.1	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	gb	1.00	0.30	0.20	0.20	0.00	0.30	S/7,771.68	S/5,181.12	S/5,181.12	S/0.00	S/7,771.68	S/0.00	
1.3.2	TOPOGRAFIA Y GEOREFERENCIACION	gb	1.00	0.30	0.30	0.10	0.30	0.00	S/1,181.65	S/1,181.65	S/393.88	S/1,181.65	S/0.00	S/0.00	
1.3.3 REMOCIONES															
1.3.3.1	RETIRO DE ARBOLES	und	80.00	80.00	0.00	0.00	0.00	0.00	S/3,566.40	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	
1.4 MOVIMIENTO DE TIERRAS															S/332,042.3
1.4.1	CORTE DE MATERIAL SUELTO	m³	67456.70	11770.00	28609.81	24165.20	0.00	0.00	S/45,079.10	S/109,575.56	S/92,552.73	S/0.00	S/0.00	-S/2,911.69	
1.4.2	CORTE DE ROCA SUELTA	m³	1872.40	0.00	1240.00	582.40	0.00	0.00	S/0.00	S/15,946.40	S/7,489.66	S/0.00	S/0.00	-S/50.00	
1.4.3	EXCAVACION MANUAL EN MATERIAL SUELTO	m³	9.19	0.00	0.00	0.00	9.19	0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/141.99	S/0.00	S/0.00	
1.4.4	CORTE DE ROCA FIJA	m³	2911.70	0.00	0.00	0.00	0.00	2911.70	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/2,911.70	S/0.00	
1.4.3	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m³	5686.50	1920.00	0.00	3766.50	0.00	0.00	S/12,633.60	S/0.00	S/24,783.57	S/0.00	S/0.00	S/0.00	
1.4.4	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN TRAMOS ESPECIFICOS	m²	400.00	0.00	0.00	400.00	0.00	0.00	S/0.00	S/0.00	S/20,928.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	
1.5 TRANSPORTE DE MATERIAL															S/49,585.6
1.5.1	TRANSPORTE DE MAT. AFIRMADO HASTA 1KM	m³k	3683.95	0.00	0.00	0.00	0.00	3683.95	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/17,167.21	S/0.00	
1.5.2	TRANSPORTE DE MAT. AFIRMADO >1KM	m³k	3383.86	0.00	0.00	0.00	0.00	3383.86	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/12,283.41	S/0.00	
1.5.3	TRANSPORTE DE MAT. EXCEDENTE <1KM EN TRAMOS ESPECIFICOS	m³k	975.40	0.00	0.00	0.00	0.00	975.40	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/6,027.97	-S/2,275.95	
1.5.4	TRANSPORTE DE MAT. EXCEDENTE >1KM	m³k	4077.19	0.00	0.00	0.00	0.00	4077.19	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/14,107.08	-S/9,513.45	
1.6 PAVIMENTOS															S/0.00
1.6.1	PERFILADO Y COMPACTACION DE LA SUB RAZANTE	m²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	-S/38,553.94	
1.6.2	AFIRMADO	m²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	-S/46,870.18	
1.6.3	COMPACTACION DE LA RAZANTE	m²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	-S/38,553.94	
1.7 OBRAS DE ARTE Y OBRAS DE															S/75,750.4
1.7.1 CONFORMACION DE CUNETAS															
1.7.1.1	CONSTRUCCION DE CUNETAS EN MATERIAL SUELTO	m	3300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3300.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/5,841.00	S/ 0.00	
1.7.1.2	CONSTRUCCION DE CUNETAS EN ROCA SUELTA	m	200.00	0.00	0.00	0.00	0.00	200.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/558.00	S/ 0.00	
1.7.1.3	CONSTRUCCION DE CUNETAS EN ROCA FIJA	m	200.00	0.00	0.00	0.00	0.00	200.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/600.00	S/ 0.00	
1.7.2 ALCANTARILLA TMC (08 und)															
1.7.2.1	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	m³	197.45	0.00	0.00	49.36	98.73	49.36	S/0.00	S/0.00	S/776.47	S/1,552.94	S/776.43	S/ 0.00	
1.7.2.2	RELLENO PARA ESTRUCTURAS CON MATERIAL PROPIO	m³	78.19	0.00	0.00	19.55	39.10	19.55	S/0.00	S/0.00	S/336.61	S/673.22	S/336.65	-S/ 0.00	
1.7.2.3	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m²	234.38	0.00	0.00	58.60	58.60	117.19	S/0.00	S/0.00	S/3,898.91	S/3,898.91	S/7,797.82	S/ 0.00	
1.7.2.4	ACERO F Y-4200 KG/CM2	kg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	S/0.00	S/0.00	S/-	S/-	S/-	S/ 0.00	
1.7.2.5	CONCRETO f _c =175 kg/cm²	m³	44.49	0.00	0.00	11.12	11.12	22.24	S/0.00	S/0.00	S/2,385.11	S/2,385.11	S/4,769.41	S/ 0.00	
1.7.2.6	TUBERIA METALICA CORRUGADA TMC48"	m	17.01	0.00	0.00	0.00	11.34	5.67	S/0.00	S/0.00	S/-	S/9,303.56	S/4,651.78	S/ 0.00	
1.7.2.7	TUBERIA METALICA CORRUGADA TMC36"	m	28.35	0.00	0.00	22.68	0.00	5.67	S/0.00	S/0.00	S/12,617.79	S/-	S/3,154.45	S/ 0.00	
1.7.2.8	EMBOQUILLADO DE MAMP. DE PIEDRA f _c =175 kg/cm²	m³	15.48	0.00	0.00	3.87	3.87	7.74	S/0.00	S/0.00	S/785.92	S/785.92	S/1,571.84	-S/ 0.00	
1.7.2.9	CAMA DE ARENA e = 0.10 m.	m³	46.73	0.00	0.00	11.68	23.37	11.68	S/0.00	S/0.00	S/146.73	S/293.46	S/146.70	S/ 0.00	
1.7.2.10	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m³	144.96	0.00	0.00	36.24	72.48	36.24	S/0.00	S/0.00	S/903.46	S/1,806.93	S/903.46	S/ 0.00	
1.7.3 CUNETAS DE CORONACION															
1.7.3.1	CONFORMACION Y PERFILADO DE CUNETAS DE CORONACION	m	400.00	0.00	0.00	400.00	0.00	0.00	S/0.00	S/0.00	S/2,092.00	S/0.00	S/0.00	S/ 0.00	
1.7 SEÑALIZACION															S/0.00
1.7.1	SENALES PREVENTIVAS	und	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	-S/ 13,188.69	
1.7.2	SENALES INFORMATIVAS	und	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	-S/ 1,742.31	
1.7.3	SENALES REGLAMENTARIAS	und	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	-S/ 1,121.76	
1.7.4	HITOS KILOMETRICOS	und	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	-S/ 1,004.48	
1.8 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (PMA)															S/16,326.2
1.8.1	PROGRAMA DE MEDIDAS PREVENTIVAS, MITIGADORES Y CORRECTIVAS	gb	1.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.50	S/0.00	S/1,000.00	S/-	S/-	S/1,000.00	S/ 0.00	
1.8.2	PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL	gb	0.60	0.00	0.50	0.10	0.00	0.00	S/0.00	S/1,000.00	S/200.00	S/-	S/-	-S/ 800.00	
1.8.3	PROGRAMA DE ASUNTOS SOCIALES	gb	1.00	0.00	0.50	0.50	0.00	0.00	S/0.00	S/851.40	S/851.40	S/-	S/0.00	S/ 0.00	
1.8.4	PROGRAMA DE EDUCACION AMBIENTAL Y SEGURIDAD VIAL	gb	0.50	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	S/0.00	S/744.00	S/-	S/-	S/0.00	-S/ 744.00	
1.8.5	PROGRAMA DE CAPACITACION AMBIENTAL Y SEGURIDAD	gb	1.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.50	S/0.00	S/496.00	S/-	S/-	S/496.00	S/ 0.00	
1.8.6	PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE PERDIDAS Y CONTINGENCIAS	gb	1.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.50	S/0.00	S/1,000.00	S/-	S/-	S/1,000.00	S/ 0.00	
1.8.7	PROGRAMA DE CIERRE	gb	1.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.50	S/0.00	S/750.00	S/-	S/-	S/750.00	S/ 0.00	
1.8.8	PLAN DE REFORESTACION DE AREAS AFECTADAS	ha	9.49	0.00	0.50	0.00	0.00	8.99	S/0.00	S/326.00	S/-	S/-	S/5,861.48	S/ 0.00	
1.9 BIETE TERRESTRE															S/10,000.0
1.9.1	TRANSPORTE DE MATERIALES A OBRA	gb	1.00	0.00	0.30	0.40	0.00	0.30	S/0.00	S/3,000.00	S/4,000.00	S/0.00	S/3,000.00	S/ 0.00	
1.10 PLAN DE MONITOREO ARQUEOLOGICO															S/5,000.00
1.10.1	PLAN DE MONITOREO ARQUEOLOGICO	gb	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/5,000.00	S/ 0.00	
1.11 CONTROL DE CALIDAD															S/2,150.00
1.11.1	DISEÑO DE MEZCLAS	gbl	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/450.00	S/0.00	S/ 0.00	
1.11.2	COMPACTACION DE LA SUB RAZANTE	gb	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/1,520.00	S/ 0.00	
1.11.3	RESISTENCIA DE CONCRETO	gb	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/180.00	S/ 0.00	
1.12 SEGURIDAD Y SALUD															S/19,690.00
1.12.1	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL EN OBRAS PROVISIONALES	und	41.00	0.00	41.00	0.00	0.00	0.00	S/0.00	S/3,690.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/ 0.00	
1.12.1	EQUIPOS DE PROTECCION COLECTIVA	gbl	1.40	0.50	0.00	0.00	0.25	0.65	S/3,000.00	S/0.00	S/0.00	S/1,500.00	S/3,900.00	S/ 0.00	
1.12.3	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL	gb	1.40	0.50	0.00	0.00	0.25	0.65	S/2,000.00	S/0.00	S/0.00	S/1,000.00	S/2,600.00	S/ 0.00	
1.12.4	PLAN DE SEGURIDAD	gb	1.00	0.30	0.00	0.30	0.20	0.20	S/600.00	S/0.00	S/600.00	S/400.00	S/400.00	S/ 0.00	
1.13 PROGRAMA DE CAPACITACION SOCIAL Y SEGURIDAD EN OBRA															S/4,000.00
1.13.1	ELABORACION DEL PLAN DE SEGURIDAD EN EL TRABAJO	mes	1.00	0.30	0.00	0.70	0.00	0.00	S/600.00	S/0.00	S/1,400.00	S/0.00	S/0.00	S/ 0.00	
1.13.2	PROGRAMA DE CAPACITACION EN OPERACION Y MANTENIMIENTO	mes	1.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/1,000.00	S/1,000.00	S/ 0.00	
COSTO DIRECTO MENSUAL									S/88,669.27	S/144,742.14	S/182,323.38	S/26,373.69	S/118,084.08	-S/157,330.36	S/560,192.56

METRADOS SEGUN EXPEDIENTE				METRADO BIM				VALORIZACION MENSUAL BIM DE ACUERDO AL LPS				PRECIO PARCIAL POR PARTIDA BIM
Item	Descripción	Unid.	Cant.	Cant.	Cant.	Cant.	Precio parcial	Precio parcial	Precio parcial	Precio parcial		
1	CREACION DEL ACCESO VIAL EN EL TRAMO ACCU, PITY, MARAS Y WISCACHANY DEL DISTRITO DE ANTAMBAMBA- PROVINCIA DE ANTAMBAMBA- DEPARTAMENTO DE APURIMAC			JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	
1.1 OBRAS PRELIMINARES												S/2,757.83
1.1.2	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA 7.20 X 3.60	und	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	S/ 979.96	S/ -	S/ -	S/ -	
1.1.3	ACCESO A D.M.E. CAMPAMENTO Y PATIO DE MAQUINAS	km	0.29	0.29	0.00	0.00	0.00	S/ 1,777.87	S/ -	S/ -	S/ -	
1.2 OBRAS PROVISIONALES												S/9,479.00
1.2.1 INFRAESTRUCTURA PROVISIONAL												
1.2.1.1	CAMPAMENTO Y OFICINAS PROVISIONALES	m²	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00	S/ 5,300.00	S/ -	S/ -	S/ -	
1.2.1.2	CERCO PROVISIONAL DE MALLA ARPILLERA	m	150.00	150.00	0.00	0.00	0.00	S/ 4,179.00	S/ -	S/ -	S/ -	
1.3 TRABAJO PRELIMINAR												S/33,410.84
1.3.1	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	glb	1.00	0.30	0.30	0.20	0.20	S/ 7,771.68	S/ 7,771.68	S/ 5,181.12	S/ 5,181.12	
1.3.2	TOPOGRAFIA Y GEOREFERENCIACION	glb	1.00	0.30	0.30	0.30	0.10	S/ 1,181.65	S/ 1,181.65	S/ 1,181.65	S/ 393.88	
1.3.3 REMOCIONES												
1.3.3.1	RETIRO DE ARBOLES	und	80.00	80.00	0.00	0.00	0.00	S/ 3,566.40	S/ -	S/ -	S/ -	
1.4 MOVIMIENTO DE TIERRAS												S/298,606.10
1.4.1	CORTE DE MATERIAL SUELTO	m³	48300.00	10500.00	14700.00	14700.00	8400.00	S/ 40,215.00	S/ 56,301.00	S/ 56,301.00	S/ 32,172.00	
1.4.2	CORTE DE ROCA SUELTA	m³	2250.00	0.00	0.00	900.00	1350.00	S/ -	S/ -	S/ 11,574.00	S/ 17,361.00	
1.4.3	EXCAVACION MANUAL EN MATERIAL SUELTO	m³	9.19	0.00	0.00	0.00	9.19	S/ -	S/ -	S/ -	S/ 141.99	
1.4.4	CORTE DE ROCA FIJA	m³	2250.00	0.00	0.00	0.00	2250.00	S/ -	S/ -	S/ -	S/ 31,500.00	
1.4.3	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m³	4880.26	1400.00	2124.00	734.20	622.06	S/ 9,212.00	S/ 13,975.92	S/ 4,831.04	S/ 4,093.15	
1.4.4	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN TRAMOS ESPECIFICOS	m³	400.00	0.00	0.00	400.00	0.00	S/ -	S/ -	S/ 20,928.00	S/ -	
1.5 TRANSPORTE DE MATERIAL												S/44,301.10
1.5.1	TRANSPORTE DE MAT. AFIRMADO HASTA 1KM	m3k	3640.00	910.00	910.00	910.00	910.00	S/ 4,240.60	S/ 4,240.60	S/ 4,240.60	S/ 4,240.60	
1.5.2	TRANSPORTE DE MAT. AFIRMADO >1KM	m3k	2690.00	0.00	845.00	845.00	1000.00	S/ -	S/ 3,067.35	S/ 3,067.35	S/ 3,630.00	
1.5.3	TRANSPORTE DE MAT. EXCEDENTE <1KM EN TRAMOS ESPECIFICOS	m3k	1500.00	0.00	0.00	750.00	750.00	S/ -	S/ -	S/ 4,635.00	S/ 4,635.00	
1.5.4	TRANSPORTE DE MAT. EXCEDENTE >1KM	m3k	2400.00	200.00	200.00	1000.00	1000.00	S/ 692.00	S/ 692.00	S/ 3,460.00	S/ 3,460.00	
1.6 PAVIMENTOS												S/139,220.73
1.6.1	PERFILADO Y COMPACTACION DE LA SUB RAZANTE	m²	13985.78	4300.00	3200.00	3200.00	3285.78	S/10,406.00	S/7,744.00	S/7,744.00	S/7,951.58	
1.6.2	AFIRMADO	m³	4862.65	865.00	1292.55	1418.85	1286.25	S/12,724.15	S/19,013.41	S/20,871.28	S/18,920.74	
1.6.3	COMPACTACION DE LA RAZANTE	m²	13985.78	4300.00	3200.00	3200.00	3285.78	S/10,406.00	S/7,744.00	S/7,744.00	S/7,951.58	
1.7 OBRAS DE ARTE Y DRENAJE												S/75,751.14
1.7.1 CONFORMACION DE CUNETAS												
1.7.1.1	CONSTRUCCION DE CUNETAS EN MATERIAL SUELTO	m	3300.30	868.50	1215.90	1215.90	0.00	S/1,537.25	S/2,152.14	S/2,152.14	S/ -	
1.7.1.2	CONSTRUCCION DE CUNETAS EN ROCA SUELTA	m	200.00	0.00	0.00	80.00	120.00	S/ -	S/ -	S/223.20	S/334.80	
1.7.1.3	CONSTRUCCION DE CUNETAS EN ROCA FIJA	m	200.00	0.00	0.00	0.00	200.00	S/ -	S/ -	S/ -	S/600.00	
1.7.2 ALCANTARILLA TMC (08 und)												
1.7.2.1	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	m³	197.45	0.00	49.36	98.73	49.36	S/ -	S/776.47	S/1,552.94	S/776.43	
1.7.2.2	RELLENO PARA ESTRUCTURAS CON MATERIAL PROPIO	m²	78.19	0.00	19.55	39.10	19.55	S/ -	S/336.61	S/673.22	S/336.65	
1.7.2.3	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m²	234.38	0.00	58.60	58.60	117.19	S/ -	S/3,898.91	S/3,898.91	S/7,797.82	
1.7.2.4	ACERO F Y=4200 KG/CM2	kg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	
1.7.2.5	CONCRETO Fc=175 kg/cm2	m²	44.49	0.00	0.00	22.25	22.24	S/ -	S/ -	S/4,770.22	S/4,769.41	
1.7.2.6	TUBERIA METALICA CORRUGADA TMC48"	m	17.01	0.00	0.00	11.34	5.67	S/ -	S/ -	S/9,303.56	S/4,651.78	
1.7.2.7	TUBERIA METALICA CORRUGADA TMC36"	m	28.35	0.00	0.00	22.68	5.67	S/ -	S/ -	S/12,617.79	S/3,154.45	
1.7.2.8	EMBOQUILLADO DE MAMP. DE PIEDRA Fc=175 kg/cm2	m²	15.48	0.00	3.87	3.87	7.74	S/ -	S/785.92	S/785.92	S/1,571.84	
1.7.2.9	CAMA DE ARENA e = 0.10 m.	m²	46.73	0.00	11.68	23.37	11.68	S/ -	S/146.73	S/293.46	S/146.70	
1.7.2.10	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m³	144.96	0.00	36.24	72.48	36.24	S/ -	S/903.46	S/1,806.93	S/903.46	
1.7.3 CUNETAS DE CORONACION												
1.7.3.1	CONFORMACION Y PERFILADO DE CUNETAS DE CORONACION	m	400.00	0.00	0.00	232.00	168.00	S/ -	S/ -	S/1,213.36	S/878.64	
1.7 SEÑALIZACION												S/10,614.83
1.7.1	SEÑALES PREVENTIVAS	und	15.00	0.00	0.00	0.00	15.00	S/ -	S/ -	S/ -	S/ 7,327.05	
1.7.2	SEÑALES INFORMATIVAS	und	2.00	0.00	0.00	0.00	2.00	S/ -	S/ -	S/ -	S/ 1,161.54	
1.7.3	SEÑALES REGLAMENTARIAS	und	2.00	0.00	0.00	0.00	2.00	S/ -	S/ -	S/ -	S/ 1,121.76	
1.7.4	HITOS KILOMETRICOS	und	4.00	0.00	0.00	0.00	4.00	S/ -	S/ -	S/ -	S/ 1,004.48	
1.8 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PMA												S/17,870.28
1.8.1	PROGRAMA DE MEDIDAS PREVENTIVAS, MITIGADORES Y CORRECTIVAS	glb	1.00	0.00	0.50	0.00	0.50	S/ -	S/ 1,000.00	S/ -	S/ 1,000.00	
1.8.2	PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL	glb	1.00	0.00	0.50	0.50	0.00	S/ -	S/ 1,000.00	S/ 1,000.00	S/ -	
1.8.3	PROGRAMA DE ASUNTOS SOCIALES	glb	1.00	0.00	0.50	0.50	0.00	S/ -	S/ 851.40	S/ 851.40	S/ -	
1.8.4	PROGRAMA DE EDUCACION AMBIENTAL Y SEGURIDAD VIAL	glb	1.00	0.00	0.50	0.50	0.00	S/ -	S/ 744.00	S/ 744.00	S/ -	
1.8.5	PROGRAMA DE CAPACITACION AMBIENTAL Y SEGURIDAD	glb	1.00	0.00	0.50	0.00	0.50	S/ -	S/ 496.00	S/ -	S/ 496.00	
1.8.6	PROGRAMA DE PREVENION DE PERDIDAS Y CONTINGENCIAS	glb	1.00	0.00	0.50	0.00	0.50	S/ -	S/ 1,000.00	S/ -	S/ 1,000.00	
1.8.7	PROGRAMA DE CIERRE	glb	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	S/ -	S/ -	S/ -	S/ 1,500.00	
1.8.8	PLAN DE REFORESTACION DE AREAS AFECTADAS	ha	9.49	0.00	0.00	0.00	9.49	S/ -	S/ -	S/ -	S/ 6,187.48	
1.9 FLUJO TURBISTRA												S/10,000.00
1.9.1	TRANSPORTE DE MATERIALES A OBRA	glb	1.00	0.00	0.00	0.50	0.50	S/ -	S/ -	S/ 5,000.00	S/ 5,000.00	
1.10 PLAN DE MONITOREO ARQUEOLOGICO												S/5,000.00
1.10.1	PLAN DE MONITOREO ARQUEOLOGICO	glb	1.00	0.00	0.00	0.50	0.50	S/ -	S/ -	S/ 2,500.00	S/ 2,500.00	
1.11 CONTROL DE CALIDAD												S/2,150.00
1.11.1	DISEÑO DE MEZCLAS	glb	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	S/ -	S/ -	S/ 450.00	S/ -	
1.11.2	COMPACTACION DE LA SUB RAZANTE	glb	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	S/ -	S/ -	S/ -	S/ 1,520.00	
1.11.3	RESISTENCIA DE CONCRETO	glb	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	S/ -	S/ -	S/ -	S/ 180.00	
1.12 SEGURIDAD Y SALUD												S/19,690.00
1.12.1	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL EN OBRAS PROVISIONALES	und	41.00	41.00	0.00	0.00	0.00	S/ 3,690.00	S/ -	S/ -	S/ -	
1.12.1	EQUIPOS DE PROTECCION COLECTIVA	glb	1.40	0.50	0.50	0.40	0.00	S/ 3,000.00	S/ 3,000.00	S/ 2,400.00	S/ -	
1.12.3	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL	glb	1.40	0.50	0.50	0.40	0.00	S/ 2,000.00	S/ 2,000.00	S/ 1,600.00	S/ -	
1.12.4	PLAN DE SEGURIDAD	glb	1.00	0.50	0.50	0.00	0.00	S/ 1,000.00	S/ 1,000.00	S/ -	S/ -	
1.13 PROGRAMA DE CAPACITACION SOCIAL Y SEGURIDAD EN OBRA												S/4,000.00
1.13.1	ELABORACION DEL PLAN DE SEGURIDAD EN EL TRABAJO	mes	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	S/ 2,000.00	S/ -	S/ -	S/ -	
1.13.2	PROGRAMA DE CAPACITACION EN OPERACION Y MANTENIMIENTO	mes	1.00	0.00	0.50	0.50	0.00	S/ -	S/ 1,000.00	S/ 1,000.00	S/ -	
								S/125,879.56	S/142,823.26	S/206,596.10	S/197,552.94	S/672,851.86

Anexo C. Integración de modelos BIM mediante Navisworks.



Anexo D. Plan maestro



Proyecto: HITOS IMPORTANTES
Fecha: 26/05/25 23:24

Tarea		Tarea inactiva		Informe de resumen manual		Hito externo	
División		Hito inactivo		Resumen manual		Fecha límite	
Hito		Resumen inactivo		solo el comienzo		Progreso	
Resumen		Tarea manual		solo fin		Progreso manual	
Resumen del proyecto		solo duración		Tareas externas			

LOOKAHEAD PLANNING

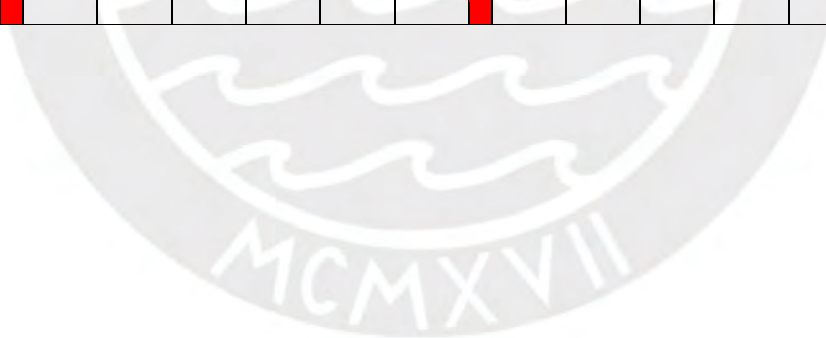
NOMBRE DE PROYECTO:
 CREACION DEL ACCESO VIAL EN EL TRAMO ACCU, PITY, MARAS Y WISCACHANY DEL DISTRITO DE ANTABAMBA- PROVINCIA DE ANTABAMBA- DEPARTAMENTO DE APURIMAC

ID WBS	Descripción de la Actividad	Und	Metrado Total	AGOSTO																																		
				JULIO							SEMANA 9							SEMANA 10							SEMANA 11							SEMANA 12						
				L	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D						
31/7/23	31/7/23	1/8/23	2/8/23	3/8/23	4/8/23	5/8/23	6/8/23	7/8/23	8/8/23	9/8/23	10/8/23	11/8/23	12/8/23	13/8/23	14/8/23	15/8/23	16/8/23	17/8/23	18/8/23	19/8/23	20/8/23	21/8/23	22/8/23	23/8/23	24/8/23	25/8/23	26/8/23	27/8/23										
1.4 MOVIMIENTO DE TIERRAS																																						
1.4.1	CORTE DE MATERIAL SUELTO	m³		Z1S6P1	Z1S12P3	Z1S13P1	Z1S13P2	Z1S13P3	Z1S14P1		Z1S14P2	Z1S14P3	Z1S15P1	Z1S15P2	Z1S15P3		Z1S16P1	Z1S16P2	Z1S16P3	Z1S17P1	Z1S17P2		Z1S17P3	Z1S18P1	Z1S18P2	Z1S18P3	Z1S19P1											
1.4.2	CORTE DE ROCA SUELTA	m³																																				
1.4.3	CORTE DE ROCA FIJA	m³																																				
1.4.4	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m³		Z1S6P1	Z1S12P3	Z1S13P1	Z1S13P2	Z1S13P3	Z1S14P1		Z1S14P2	Z1S14P3	Z1S15P1	Z1S15P2	Z1S15P3		Z1S16P1	Z1S16P2	Z1S16P3	Z1S17P1	Z1S17P2		Z1S17P3	Z1S18P1	Z1S18P2	Z1S18P3	Z1S19P1											
1.4.5	MEJORAMIENTO Y COMPACTACION DE SUBRASANTE EN TRAMOS ESPECIFICOS	m³		Z1S6P1	Z1S12P3	Z1S13P1	Z1S13P2	Z1S13P3	Z1S14P1		Z1S14P2	Z1S14P3	Z1S15P1	Z1S15P2	Z1S15P3		Z1S16P1	Z1S16P2	Z1S16P3	Z1S17P1	Z1S17P2		Z1S17P3	Z1S18P1	Z1S18P2	Z1S18P3	Z1S19P1											
1.6 PAVIMENTOS																																						
1.6.1	EXTENDIDO DE AFIRMADO	m³																																				
1.6.2	PERFILADO Y COMPACTACION DE LA RASANTE	m³																																				
1.7 OBRAS DE ARTE Y DRENAJE																																						
1.7.1 CONFORMACION DE CUNETAS																																						
1.7.1.1	CONSTRUCCION DE CUNETAS EN MATERIAL SUELTO	m		Z1S6P1	Z1S12P3	Z1S13P1	Z1S13P2	Z1S13P3	Z1S14P1		Z1S14P2	Z1S14P3	Z1S15P1	Z1S15P2	Z1S15P3		Z1S16P1	Z1S16P2	Z1S16P3	Z1S17P1	Z1S17P2		Z1S17P3	Z1S18P1	Z1S18P2	Z1S18P3	Z1S19P1											
1.7.1.2	CONSTRUCCION DE CUNETAS EN ROCA FIJA	m																																				
1.7.1.3	CONSTRUCCION DE CUNETAS EN ROCA SUELTA	m																																				
1.7.2 ALCANTARILLA TMC (08 und)																																						
1.7.2.1	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	m³																																				
1.7.2.6	TUBERIA METALICA CORRUGADA TMC 36" Y TMC48"	m																																				
1.7.2.2	RELLENO PARA ESTRUCTURAS CON MATERIAL PROPIO	m³																																				
1.7.2.3	CONCRETO ARMADO PARA ALCANTARILLAS	m³																																				
1.7.3 CUNETAS DE CORONACION																																						
1.7.3.1	CONFORMACION Y PERFILADO DE CUNETAS DE CORONACION	m³															Z1	Z1	Z1	Z1																		
1.8 SEÑALIZACION																																						
1.8.3	SEÑALES INFORMATIVAS Y REGLAMENTARIAS	und																																				
1.8.4	HITOS KILOMETRICOS	und																																				
1.9 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL																																						
1.9.8	PLAN DE REFORESTACION DE AREAS AFECTADAS	ha																																				

LOOKAHEAD PLANNING

NOMBRE DE PROYECTO:
 CREACION DEL ACCESO VIAL EN EL TRAMO ACCU, PITY, MARAS Y WISCACHANY DEL DISTRITO DE ANTABAMBA- PROVINCIA DE ANTABAMBA- DEPARTAMENTO DE APURIMAC

IDWBS	Descripción de la Actividad	Und	Metrado total	JULIO							AGOSTO							SEPTIEMBRE																											
				SEMANA 5							SEMANA 13							SEMANA 14							SEMANA 15							SEMANA 16							SEMANA 17						
				L	M	A	J	V	S	D	L	M	A	J	V	S	D	L	M	A	J	V	S	D	L	M	A	J	V	S	D	L	M	A	J	V	S	D							
				3/7/23	28/8/23	29/8/23	30/8/23	31/8/23	1/9/23	2/9/23	03/9/23	4/9/23	5/9/23	6/9/23	7/9/23	8/9/23	9/9/23	10/9/23	11/9/23	12/9/23	13/9/23	14/9/23	15/9/23	16/9/23	17/9/23	18/9/23	19/9/23	20/9/23	21/9/23	22/9/23	23/9/23	24/9/23	25/9/23	26/9/23	27/9/23	28/9/23	29/9/23	30/9/23	01/10/23						
1.4	MEJORAMIENTO DE TERMINOS																																												
1.4.1	CORTE DE MATERIAL SUELTO	m³		Z1S6P1	Z1S19P2	Z1S19P3														Z3S20P1	Z3S20P2	Z3S20P3		Z3S21P1	Z3S21P2	Z3S21P3	Z3S22P1	Z3S22P2			Z3S22P3	Z3S23P1	Z3S23P2	Z3S23P3											
1.4.2	CORTE DE ROCA SUELTA	m³					Z2S1P1	Z2S1P2	Z2S1P3			Z2S1P4	Z2S1P5																																
1.4.3	CORTE DE ROCA FUA	m³												Z2S2P1	Z2S2P2	Z2S2P3				Z2S2P4	Z2S2P5																								
1.4.4	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m³		Z1S6P1	Z1S19P2	Z1S19P3	Z2S1P1	Z2S1P2	Z2S1P3			Z2S1P4	Z2S1P5	Z2S2P1	Z2S2P2	Z2S2P3				Z2S2P4	Z2S2P5	Z3S20P1	Z3S20P2	Z3S20P3		Z3S21P1	Z3S21P2	Z3S21P3	Z3S22P1	Z3S22P2			Z3S22P3	Z3S23P1	Z3S23P2	Z3S23P3									
1.4.5	MEJORAMIENTO Y COMPACTACION DE SUBRASANTE EN TRAMOS ESPECIFICOS	m³		Z1S6P1	Z1S19P2	Z1S19P3	Z2S1P1	Z2S1P2	Z2S1P3			Z2S1P4	Z2S1P5	Z2S2P1	Z2S2P2	Z2S2P3				Z2S2P4	Z2S2P5	Z3S20P1	Z3S20P2	Z3S20P3		Z3S21P1	Z3S21P2	Z3S21P3	Z3S22P1	Z3S22P2			Z3S22P3	Z3S23P1	Z3S23P2	Z3S23P3									
1.6	PAVIMENTOS																																												
1.6.1	EXTENDIDO DE AFIRMADO	m²			Z1S1	Z1S2	Z1S3	Z1S4	Z1S5			Z1S6	Z1S7	Z1S8	Z1S9	Z1S10				Z1S11	Z1S12	Z1S13	Z1S14	Z1S15		Z1S16	Z1S17	Z1S18	Z1S19	Z2S1			Z2S2	Z3S20	Z3S21	Z3S22	Z3S23								
1.6.2	PERFILADO Y COMPACTACION DE LA RASANTE	m²			Z1S1	Z1S2	Z1S3	Z1S4	Z1S5			Z1S6	Z1S7	Z1S8	Z1S9	Z1S10				Z1S11	Z1S12	Z1S13	Z1S14	Z1S15		Z1S16	Z1S17	Z1S18	Z1S19	Z2S1			Z2S2	Z3S20	Z3S21	Z3S22	Z3S23								
1.7	CUNETAS DE BORDO Y CORONACION																																												
1.7.1	CONFORMACION DE CUNETAS																																												
1.7.1.1	CONSTRUCCION DE CUNETAS EN MATERIAL SUELTO	m		Z1S6P1	Z1S19P2	Z1S19P3															Z3S20P1	Z3S20P2	Z3S20P3		Z3S21P1	Z3S21P2	Z3S21P3	Z3S22P1	Z3S22P2			Z3S22P3	Z3S23P1	Z3S23P2	Z3S23P3										
1.7.1.2	CONSTRUCCION DE CUNETAS EN ROCA FUJA	m					Z2S1P1	Z2S1P2	Z2S1P3			Z2S1P4	Z2S1P5																																
1.7.1.3	CONSTRUCCION DE CUNETAS EN ROCA SUELTA	m												Z2S2P1	Z2S2P2	Z2S2P3				Z2S2P4	Z2S2P5																								
1.7.2	ALCANTARILLA TMC Ø80 und																																												
1.7.2.1	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	m³																																											
1.7.2.2	TUBERIA METALICA CORRUGADA TMC 36" Y TMC48"	m																																											
1.7.2.2	RELLENO PARA ESTRUCTURAS CON MATERIAL PROPIO	m³																																											
1.7.2.3	CONCRETO ARMADO PARA ALCANTARILLAS	m³																																											
1.7.3	CUNETAS DE CORONACION																																												
1.7.3.1	CONFORMACION Y PERFILADO DE CUNETAS DE CORONACION	m²																			Z2	Z2	Z2														Z3	Z3	Z3						
1.8	SEÑALIZACION																																												
1.8.3	SEÑALES INFORMATIVAS Y REGLAMENTARIAS	und																																											
1.8.4	HITOS KILOMETRICOS	und																																											
1.9	PLAN DE ZONAS DE IMPACTO																																												
1.9.8	PLAN DE REFORESTACION DE AREAS AFECTADAS	ha																																											



Anexo F. Análisis de restricciones

ANÁLISIS DE RESTRICCIONES DE ACUERDO AL LOOKAHEAD PLANNING					
NOMBRE DEL PROYECTO	CREACION DEL ACCESO VIAL EN EL TRAMO ACCU, PITY, MARAS Y WISCACHANY DEL DISTRITO DE ANTABAMBA- PROVINCIA DE ANTABAMBA- DEPARTAMENTO DE APURIMAC	MODALIDAD	ADMINISTRACIÓN DIRECTA	FECHA:	13/05/2025
CÓDIGO INVIERTE.PE DEL PROYECTO	2557297	PROPIETARIO:	MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ANTABAMBA	UBICACIÓN:	ANTABAMBA-ANTABAMBA-APURIMAC

ID	ID WBS	Descripción de la restricción	Tipo	Responsable	Fecha de indentificación	Fecha requerida	Fecha compromiso
1	1.1	ACTA DE ENTREGA DEL TERRENO	Requisitos	Residente	lunes, 5 de Junio de 2023	miércoles, 7 de Junio de 2023	miércoles, 7 de Junio de 2023
2	1.1	CUADRILLA DE OBREROS COMPLETA EN CAMPO	Personas	Jefe de producción	lunes, 5 de Junio de 2023	miércoles, 7 de Junio de 2023	miércoles, 7 de Junio de 2023
3	1.1	ACTA DE INICIO DE OBRA	Requisitos	Residente	lunes, 5 de Junio de 2023	miércoles, 7 de Junio de 2023	miércoles, 7 de Junio de 2023
4	1.1.1	DISPONIBILIDAD MATERIALES PARA CARTEL DE IDENTIFICACIÓN DE OBRA	Materiales	Jefe de producción	lunes, 5 de Junio de 2023	viernes, 9 de Junio de 2023	miércoles, 7 de Junio de 2023
5	1.1.2	FLOTA DE RETROEXCAVADORA, CARGADOR FRONTAL, CAMION 15"	Equipos	Residente	lunes, 5 de Junio de 2023	miércoles, 7 de Junio de 2023	miércoles, 7 de Junio de 2023
6	1.2.1.1	PATIO DE MAQUINARIA Y ZONA DE CAMPAMENTO ASIGNADO	Espacio	Jefe de producción	lunes, 5 de Junio de 2023	miércoles, 7 de Junio de 2023	miércoles, 7 de Junio de 2023
7	1.4	FLOTA DE MOTONIVELADORA, RODILLO Y CAMIÓN 7"	Equipos	Residente	lunes, 21 de Agosto de 2023	lunes, 28 de Agosto de 2023	viernes, 25 de Agosto de 2023
8	1.4.4	MATERIALES EXPLOSIVOS PARA VOLADURA	Materiales	Jefe de producción	lunes, 21 de Agosto de 2023	miércoles, 6 de Setiembre de 2023	lunes, 4 de Setiembre de 2023
9	1.6.2	DISPONIBILIDAD DE AFIRMADO EN LA OBRA	Materiales	Jefe de producción	lunes, 21 de Agosto de 2023	lunes, 28 de Agosto de 2023	viernes, 25 de Agosto de 2023
10	1.4	DISPONIBILIDAD DE OPERADORES DE MAQUINARIA PARA MOVIMIENTO DE TIERRAS EN OBRA	Personas	Jefe de producción	lunes, 5 de Junio de 2023	miércoles, 7 de Junio de 2023	miércoles, 7 de Junio de 2023
11	1.4	COMBUSTIBLE PARA MAQUINARIA	Materiales	Jefe de producción	lunes, 5 de Junio de 2023	miércoles, 7 de Junio de 2023	miércoles, 7 de Junio de 2023
12	1.4-1.6-1.7-1.8	EQUIPOS MANUALES Y HERRAMIENTAS MANUALES	Equipos	Jefe de producción	lunes, 5 de Junio de 2023	miércoles, 7 de Junio de 2023	miércoles, 7 de Junio de 2023
13	1.7	TRANSPORTE DE MATERIALES A OBRA PARA DRENAJE	Materiales	Jefe de producción	lunes, 5 de Junio de 2023	miércoles, 21 de Junio de 2023	lunes, 12 de Junio de 2023
14	1.8	REALIZAR REQUERIMIENTOS DE SEÑALES DE TRÁNSITO	Materiales	Residente	lunes, 28 de Agosto de 2023	miércoles, 20 de Setiembre de 2023	lunes, 18 de Setiembre de 2023
15	1.9	DISPONIBILIDAD DE PLANTONES	Materiales	Jefe de producción	lunes, 28 de Agosto de 2023	miércoles, 20 de Setiembre de 2023	lunes, 18 de Setiembre de 2023
16		ASIGNACIÓN PRESUPUESTAL	Requisitos	Gerencia	lunes, 5 de Junio de 2023	miércoles, 7 de Junio de 2023	miércoles, 7 de Junio de 2023
17	1.4-1.6-1.7-1.8	ACCESO SEGURO A LA ZONA DE TRABAJO PARA LAS 4 SEMANAS	Seguridad	Especialista en seguridad	miércoles, 7 de Junio de 2023	lunes, 12 de Junio de 2023	lunes, 12 de Junio de 2023
18	1.4-1.6-1.7-1.8	COMUNICACIONES INTERNAS Y EXTERNAS SIN RESOLVER	Información	Residente	lunes, 5 de Junio de 2023	miércoles, 7 de Junio de 2023	miércoles, 7 de Junio de 2023



Anexo G. Plan de Implementación BIM

FORMATO N° 05: REGISTRO DEL PLAN DE EJECUCIÓN BIM - BEP

(La información registrada en este formato tiene carácter de Declaración Jurada - D.S. N° 284-2018-EF)

Nombre de la organización:	Consultoría y Construcción Filadelfia	
Nombre de la inversión:	CREACION DEL ACCESO VIAL EN EL TRAMO ACCU, PITY, MARAS Y WISCACHANY DEL DISTRITO DE ANTABAMBA- PROVINCIA DE ANTABAMBA- DEPARTAMENTO DE APURIMAC	
Fase o etapa de la inversión:	EJECUCIÓN	
Código de la inversión: (Asignado por el Aplicativo Informático)	2598895	
Tipo de inversión:	Infraestructura Vial	
Localización geográfica de la unidad productora de la inversión:	DISTRITO DE ANTABAMBA- PROVINCIA DE ANTABAMBA- DEPARTAMENTO DE APURIMAC	-72.833139, -14.386255
Entidad responsable de la inversión:	Municipalidad Provincial de Antabamba	

A. Aspectos generales de la inversión y del equipo de ejecución

1. Características de la inversión

<p>Este proyecto consiste en la ejecución del acceso vial en el Tramo Accu, Pitty, Maras y Wiscachany del distrito de Antabamba- provincia de Antabamba- departamento de Apurímac. A continuación, se describen algunas de las características más relevantes del proyecto:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El proyecto se encuentra ubicado en el Tramo Accu, Pitty, Maras y Wiscachany del distrito de Antabamba- provincia de Antabamba- departamento de Apurímac, en la República del Perú. El tramo a ejecutar comprende del Km 0+000 (Accu cassa) hasta el Km 03+108 (Wiscachany) donde no existía vía y requería una nueva apertura. - El principal objetivo de este proyecto es lograr la integración socio-económica de los pobladores del campo con la ciudad y, por ende, a nivel nacional. - El objetivo específico es la ejecución a nivel de afirmado con espesor de 20.00cm del proyecto denominado proyecto "CREACIÓN DEL ACCESO VIAL EN EL TRAMO ACCU, PITY, MARAS Y WISCACHANY DEL DISTRITO DE ANTABAMBA- PROVINCIA DE ANTABAMBA- DEPARTAMENTO DE APURIMAC", en base a las consideraciones del expediente técnico establecidas.

2. Alcance y objetivos de colaboración del equipo de ejecución

Alcance del equipo de ejecución	<p>En la fase de ejecución del proyecto se priorizará la implementación de un Entorno Común de Datos (CDE), el cual permitirá la recolección, gestión y distribución de la información relevante del proyecto "CREACIÓN DEL ACCESO VIAL EN EL TRAMO ACCU, PITY, MARAS Y WISCACHANY DEL DISTRITO DE ANTABAMBA – PROVINCIA DE ANTABAMBA – DEPARTAMENTO DE APURIMAC".</p> <p>El CDE constituirá una plataforma centralizada que fomente el trabajo colaborativo, garantizando que la información se actualice en tiempo real y que los permisos de acceso se gestionen de acuerdo con el nivel de responsabilidad de cada participante. Con ello se asegura la trazabilidad de la información y una comunicación más eficiente entre los equipos de obra, supervisión y gestión.</p> <p>De esta manera, se podrá cumplir con los plazos establecidos para cada actividad en el contrato, reduciendo las interferencias entre las distintas partidas y el riesgo de retrasos y/o sobrecostos.</p>
Objetivos del equipo de ejecución	<ul style="list-style-type: none"> -Mejorar la efectividad de ejecución en obra, mediante el uso de modelos BIM y herramientas digitales que permitan ser soporte visual para la planificación de obra, y obtención de metrados. - Gestionar un entorno de datos que asegure el cumplimiento de los requisitos de información establecidos y permita la interconexión de los diversos equipos de trabajo. - Lograr que los procesos y decisiones en la ejecución sean transparentes y comprometan a todas las partes involucradas. - Prevenir sobrecostos y reprocesos en la ejecución física, a través de la anticipada detección de interferencias e incompatibilidades en el modelo de información durante la elaboración del expediente técnico.

3. Responsabilidades de gestión de la información BIM del equipo de ejecución

Proceso	Sus actividades de gestión de la información	Responsable	Organización / Equipo de trabajo	Email
Contratación	Confirmar el Plan de Ejecución BIM (BEP) del equipo de ejecución.	BIM MANAGER	Consultoría y Construcción Philadelfia	binmanagerCCPhiladelfia@gmail.com
	Establecer la matriz de responsabilidad detallada del equipo de ejecución.		Consultoría y Construcción Philadelfia	binmanagerCCPhiladelfia@gmail.com
	Establecer los requisitos de Intercambio de información del proveedor.		Consultoría y Construcción Philadelfia	binmanagerCCPhiladelfia@gmail.com
	Evaluar las aptitudes y capacidades de los equipos de trabajo.		Consultoría y Construcción Philadelfia	binmanagerCCPhiladelfia@gmail.com
	Establecer los requisitos de Intercambio de información del proveedor.		Consultoría y Construcción Philadelfia	binmanagerCCPhiladelfia@gmail.com
Movilización	Movilizar recursos.	SOPORTE TI DEL EQUIPO BIM	Consultoría y Construcción Philadelfia	soporteTIPhiladelfia@gmail.com
	Movilizar la tecnología de información.		Consultoría y Construcción Philadelfia	soporteTIPhiladelfia@gmail.com
	Poner a prueba los métodos y procedimientos de producción de información en la fase o etapa correspondiente.		Consultoría y Construcción Philadelfia	soporteTIPhiladelfia@gmail.com
Producción colaborativa de la información	Comprobar la disponibilidad de la información de referencia y los recursos compartidos.	COORDINADOR BIM/MODELADORES BIM	Consultoría y Construcción Philadelfia	coordinadorCCPhiladelfia@gmail.com mdeladorCCPhiladelfia@gmail.com
	Producir información.		Consultoría y Construcción Philadelfia	coordinadorCCPhiladelfia@gmail.com mdeladorCCPhiladelfia@gmail.com
	Realizar un control de calidad.		Consultoría y Construcción Philadelfia	coordinadorCCPhiladelfia@gmail.com mdeladorCCPhiladelfia@gmail.com
	Revisar y aprobar el intercambio de información.		Consultoría y Construcción Philadelfia	coordinadorCCPhiladelfia@gmail.com mdeladorCCPhiladelfia@gmail.com
	Revisar el modelo de información.		Consultoría y Construcción Philadelfia	coordinadorCCPhiladelfia@gmail.com mdeladorCCPhiladelfia@gmail.com
Entrega del modelo de información	Presentar al proveedor el Modelo de Información para su autorización.	BIM MANAGER/COORDINADOR BIM	Consultoría y Construcción Philadelfia	coordinadorCCPhiladelfia@gmail.com binmanagerCCPhiladelfia@gmail.com
	Revisar y aceptar el modelo de información.		Consultoría y Construcción Philadelfia	coordinadorCCPhiladelfia@gmail.com binmanagerCCPhiladelfia@gmail.com
	Presentar a la entidad pública el Modelo de Información para su aceptación.		Consultoría y Construcción Philadelfia	coordinadorCCPhiladelfia@gmail.com binmanagerCCPhiladelfia@gmail.com
	Revisar y autorizar el modelo de información.		Consultoría y Construcción Philadelfia	coordinadorCCPhiladelfia@gmail.com binmanagerCCPhiladelfia@gmail.com
Fin de la fase de Ejecución	Archivar el Modelo de Información del Proyecto (PIM).	BIM MANAGER/COORDINADOR BIM	Consultoría y Construcción Philadelfia	binmanagerCCPhiladelfia@gmail.com
	Recoger las lecciones aprendidas para futuras inversiones.		Consultoría y Construcción Philadelfia	binmanagerCCPhiladelfia@gmail.com

1. Objetivos para la producción colaborativa del Modelo de Información

Objetivos generales	Garantizar la viabilidad y cumplimiento de los plazos establecidos en el desarrollo del proyecto, mediante la implementación de tecnologías digitales que permitan anticipar y mitigar los problemas recurrentes en la gestión de inversiones en construcción	
Prioridad	Objetivos de gestión de la información BIM	Usos BIM solicitados por la entidad pública
1	Gestionar las diferentes especialidades mediante la utilización de modelos geométricos, con la finalidad de obtener un modelo federado que permita la coordinación y visualización total del proyecto. La información no gráfica necesaria será ingresada a través de parámetros en cada modelo geométrico. Además, el modelo de información contendrá los diferentes documentos que permitan el entendimiento del proyecto.	Coordinación de la Información
1	Utilización del modelo digital para mostrar, comunicar y previsualizar el activo o las intervenciones propuestas mediante imágenes 3D, fotomontajes, recorridos virtuales y otras herramientas gráficas visuales. Para facilitar el mejor entendimiento de la propuesta de diseño, así como la comunicación entre los diferentes miembros del equipo.	Visualización 3D y postproducción
1	Prevenir sobrecostos y contratiempos en la Ejecución Física de la inversión, a través de la anticipada detección de interferencias e incompatibilidades en el modelo de información.	Detección de interferencias e incompatibilidades
2	Obtener los metrados y presupuestos de todas las especialidades, de manera eficiente, rápida y actualizada a partir de los modelos de información.	Estimación de cantidades y costos
2	Obtener y compartir la documentación técnica de las distintas especialidades a partir del modelo de información, como por ejemplo: planimetría, metrados y presupuestos, cronograma, etc. Se deberá respetar los requisitos de información establecidos en lo que refiere a tipo de contenedor, formato, convenio de identificación, nivel de detalle, plazo de entrega, entre otros.	Elaboración de documentación
1	Utilizar el modelo BIM para planificar la secuencia constructiva en la fase de ejecución, vinculando los elementos modelados con el cronograma de obra (4D). Esto permite simular el avance en el tiempo, optimizar la asignación de recursos y anticipar restricciones en campo.	Planificación de la fase de ejecución
1	Emplear el modelo BIM para planificar, coordinar y optimizar la ubicación de instalaciones provisionales (oficinas de obra, almacenes, campamentos, accesos temporales, instalaciones sanitarias y eléctricas) con el fin de garantizar seguridad, eficiencia y continuidad en la ejecución.	Planificación de obras preliminares y provisionales
2	Actualizar el modelo BIM con la información real de la obra ejecutada (As-Built), integrando los cambios respecto al diseño original y dejando un registro digital confiable para la operación, mantenimiento y futuras intervenciones del activo.	Modelado de información As-Built
1	Verificar que el diseño del expediente técnico cumpla el Manual de Carreteras (DG2018), la normativa AASHTO 93, la Norma Técnica OS.060 sobre el "DRENAJE PLUVIAL" y el Manual de dispositivos de control de tránsito.	Revisión del diseño

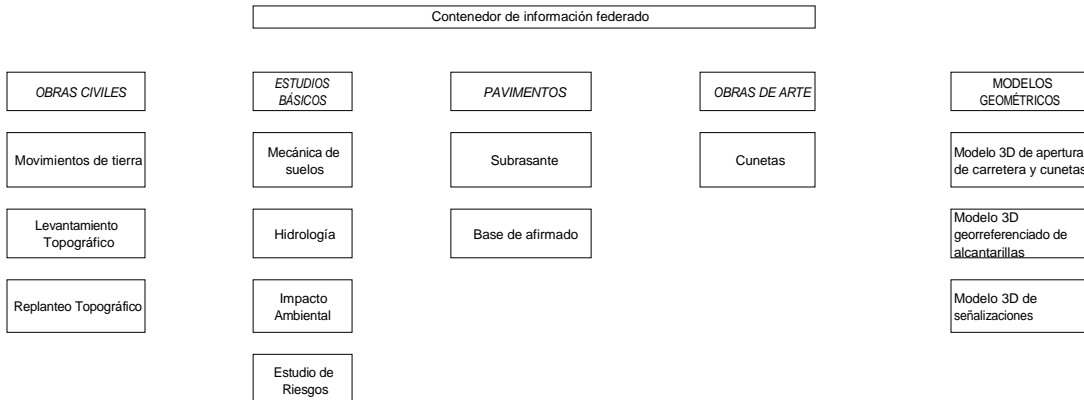
2. Estructura organizativa y composición del equipo de ejecución

Organización / Equipo de trabajo	Nombres y apellidos	Rol BIM del participante	Autorización de seguridad (si es aplicable)	Contacto de la persona
Consultoría y Construcción Philadelfia	Profesional responsable 1	gestor BIM	L1	bimmanagerCCPhiladelfia@gmail.com
Consultoría y Construcción Philadelfia	Profesional responsable 1	Coordinador BIM	L1	coordinadorCCPhiladelfia@gmail.com
Consultoría y Construcción Philadelfia	Profesional responsable 2	Modelador BIM	L1	modeladorCCPhiladelfia@gmail.com

3. Lista de recursos informáticos necesarios

Tipo de información	Nombre del recurso informático	Formato nativo de la información	Versión
Modelo geométrico	INFRAWORKS/CIVIL 3D	MXL/DWG	2024
Diseño y planimetría	CIVIL 3D	DWG	2024
Obras de arte	REVIT	RVT	2024
Ensamblaje	SUBASSEMBLY COMPOSER	PKT	2024
Metrados y estimación de costos	EXCEL	XLS	2024
Coordinación 3D y detección de interferencia	NAVISWORKS	NWF	2024
Entorno Común de Datos	Autodesk Construction Cloud (ACC)		2024

4. Estrategia de Federación



5. Plan de movilización

5.1. Lista de actividades que conforman la movilización

Referencia	Tarea	Responsabilidades	Equipo de trabajo	Plazo de entrega	Otras acciones / comentarios
Entorno de Datos Comunes					
1	Comprobación del flujo de los procesos del CDE	Realizar un testeo entre las partes involucradas para comprobar el correcto funcionamiento del flujo del CDE.	Equipo de TI	Hasta 5 días calendario	Toda la información del proyecto debe ser compartida a través del CDE del proyecto.
2	Testeo y comprobación del marco de seguridad de acceso al CDE de las partes involucradas.	Establecer las restricciones de acceso, asignar capacidades de administración y de edición necesarias de la información a cada una de las partes involucradas.	Equipo de TI	Hasta 5 días calendario	Cada integrante del CDE deberá contar con su propio nombre de usuario y contraseña.
3	Garantizar el funcionamiento de las tecnologías de seguridad contra posibles riesgos cibernéticos	Mapear posibles riesgos cibernéticos. Proponer posibles acciones de prevención antes los riesgos identificados, priorizando la protección de la información contenida en el CDE.	Equipo de TI	Hasta 7 días calendario	-
Recursos informáticos (Software & Hardware)					
4	Comprobación de la cantidad, capacidad y adecuado funcionamiento de los equipos tecnológicos.	Verificar el correcto estado y mantenimiento de los equipos tecnológicos. En lo que refiere a computadoras de escritorio y laptops, se debe comprobar las actualizaciones del sistema operativo, el correcto funcionamiento de la tarjeta gráfica, el procesador, entre otros.	Equipo de TI	Hasta 3 días calendario	Los equipos tecnológicos a utilizarse y que deberán ser comprobados son: computadoras de escritorio, laptops y tablets.
5	Verificación del correcto funcionamiento de los recursos informáticos (softwares).	Verificar que todos los equipos cuenten con la versión requerida de los recursos informáticos, que se hayan instalado correctamente y/o estén actualizados.	Equipo de TI	Hasta 3 días calendario	Ver numeral 3. Lista de recursos informáticos necesarios
Normas, estándares, métodos y procedimientos					
6	Revisión de la NTP-ISO 19650 Parte 1 y 2	Verificar el cumplimiento de la gestión de la información BIM.	Equipo de Gestión y Administración	Hasta 4 días calendario	-
7	Revisión de la Guía Nacional BIM Perú	Verificar el cumplimiento de la gestión de la información BIM articulado con el sistema nacional de inversiones Invierte.pe	Equipo de Gestión y Administración	Hasta 4 días calendario	-
Capacidades y plan auxiliar					
8	Asegurar que todos los equipos de trabajo sean capaces de cumplir sus planes de Capacidad y de	Verificar el cumplimiento de indicadores de cumplimiento de planes de Capacidad y de Competencia.	Equipo de Gestión y Administración	Hasta 7 días calendario	-
9	Contar con los procedimientos auxiliares completos para cada equipo de trabajo.	Establecer y actualizar procedimientos auxiliares para cada equipo de trabajo.	Equipo de Gestión y Administración	Hasta 7 días calendario	-
10	Contar con los miembros adicionales del equipo de ejecución.	Verificar las contrataciones de miembros adicionales que se han incorporado al equipo de ejecución.	Equipo de Gestión y Administración	Hasta 7 días calendario	-
11	Confirmar que cada equipo de trabajo sigue teniendo la capacidad acordada	Establecer y gestionar evaluaciones de capacidad del equipo de trabajo.	Equipo de Gestión y Administración	Hasta 7 días calendario	-
Capacitaciones					
12	Realizar capacitación interna acerca de las actividades y procesos de la Gestión de la información BIM aplicados en el presente proyecto de inversión.	Se informará a todos los equipos sobre los requisitos de información, procesos, actividades de la Gestión de la Información BIM. Además, se explicará la importancia de alinearse a lo establecido en el Plan de Ejecución BIM.	Equipo de Gestión y Administración	Hasta 10 días calendario	-
13	Organizar reunión acerca de la importancia del trabajo colaborativo y el adecuado uso del Entorno Común de Datos (CDE)	Se explicará acerca de la importancia de la coordinación, colaboración, plataformas de comunicación, y el uso del CDE entre todos los colaboradores de los equipos de trabajo.	Equipo de Gestión y Administración	Hasta 10 días calendario	-

6. Estrategia de entrega del Modelo de Información

N° Entregable	Descripción del entregable	Equipo de trabajo a cargo del desarrollo	Contenedor de información	Método de entrega
Entregable 01	1. Modelo digital en 3D de especialidades actualizados a ejecución (topografía, pavimentos y cunetas, alcantarillas, señalizaciones) 2. Modelos federados con detección de interferencias (clash detections) 3. Modelos de construcción con fases (as-built provisional)	EQUIPO BIM DE OBRA	1. Formato .dwg Civil 3D, .rvt. 2. Formato .nwf, .doc y .pdf. 3. Formato .nwf.	Correo empresa: grupoPhiladelphia@gmail.com (Además, la información debe estar actualizada en el CDE)
Entregable 02	1. Modelo 4D con secuencia de construcción (simulación de cronograma). 2. Reportes de control de avance vinculado al modelo. 3. Registro de modificaciones en ejecución que surgen en campo respecto al diseño original.	EQUIPO BIM DE OBRA EQUIPO DE PLANIFICACIÓN	1. Formato .nwf. 2. Formato .nwf y .pdf. 3. Formato .doc, .pdf y .nwf.	Correo empresa: grupoPhiladelphia@gmail.com (Además, la información debe estar actualizada en el CDE)
Entregable 03	1. Extracción de metrados verificados en ejecución desde el modelo. 2. Reporte de control de costos vinculados al modelo.	EQUIPO BIM DE OBRA OFICINA TÉCNICA	1. Formato .xls y .dwg y .rvt. 2. Formato .xls y .pdf	Correo empresa: grupoPhiladelphia@gmail.com (Además, la información debe estar actualizada en el CDE)
Entregable 04	1. Modelo As-Built de cada especialidad con todos los cambios en obra. 2. Modelo federado con georeferenciación y parámetros de operación. 3. Planos generados desde el modelo.	EQUIPO BIM DE OBRA	1. Formato .dwg, .rvt y .nwf. 2. Formato .dwg y .nwf. 3. Formato .pdf.	Correo empresa: grupoPhiladelphia@gmail.com (Además, la información debe estar actualizada en el CDE)

1. Normas de información

	Normas, estándares, métodos o procedimientos	Descripción	Sustento de modificación o adición
Establecidas por la entidad	Guía Nacional BIM Perú	Documento que tiene como objetivo definir y estandarizar los conceptos referidos a la gestión de la información BIM, en el desarrollo de las inversiones.	Adición de datos correspondientes si se considera necesario.
	"Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG2018"	Es un documento normativo que organiza y recopila las técnicas y procedimientos para el diseño de la infraestructura vial, en función a su concepción y desarrollo, y acorde a determinados parámetros.	Adición de datos correspondientes si se considera necesario.
	"Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carretera"	Manual que establece el modo de empleo de los diferentes dispositivos de control del tránsito, en cuanto se refiere a su clasificación, funcionalidad, color, tamaño, formas y otros, a utilizarse en las vías que conforman el Sistema Nacional de Carreteras, así como de las vías urbanas.	Adición de datos correspondientes si se considera necesario.
	AASHTO 93	Manual desarrollado en los Estados Unidos en la década de los 60, basándose en un ensayo a escala real realizado durante 2 años en el estado de Illinois, con el fin de desarrollar tablas, gráficos y fórmulas que representen las relaciones deterioro-solicitación de las distintas secciones ensayadas.	Adición de datos correspondientes si se considera necesario.
	Norma Técnica 05.060 "DRENAJE PLUVIAL "	Norma que establece los criterios generales de diseño que permitan la elaboración de proyectos de Drenaje Pluvial Urbano que comprenden la recolección, transporte y evacuación a un cuerpo receptor de las aguas pluviales que se precipitan sobre un Área urbana.	Adición de datos correspondientes si se considera necesario.

1.1. Convenciones de identificación de contenedores de información

Detalle y propuesta de convenciones de identificación			
Convenios de identificación	Obligación	Código	Nombre / Descripción
Código de Inversión	Requerido	2023001	CREACIÓN DEL ACCESO VIAL EN EL TRAMO ACCU, PITTY, MARAS Y WISCACHANY DEL DISTRITO DE ANTABAMBA- PROVINCIA DE ANTABAMBA- DEPARTAMENTO DE APURIMAC
Autor	Requerido	CCP	Consultoría y Construcción Philadelphia
Volumen o sistema	Requerido	CI	Sistema de Obras Civiles
		ES	Sistema de Obras de Arte
		PAV	Sistema de Pavimentos
		SE	Señalizaciones
Tipo de Documento	Requerido	ET	Especificaciones Técnicas
		MD	Memoria Descriptiva
		PPP	Planos de planta y perfil
		ST	Secciones Transversales
		PUC	Planos Ubicación y plano clave
		P2D	Planos 2D
		M3D	Modelado 3D
Disciplina	Requerido	OC	Obras Civiles
		PA	Obras de Arte
		OC	Pavimentos
		SE	Señalizaciones
Número	Requerido	0001	Modelo 3D (M3)
		0002	Dibujo 2D
Descripción	Opcional	Model.cv	Modelo 3D obras civiles
		Memo.cv	Memoria descriptiva de obras civiles
Código de estado	Opcional	S0	Estado Inicial
		S1	Apto para la coordinación
		S2	Información de ayuda
		S3	Apto para su revisión y comentario
		S4	Apto para la aprobación de la etapa
		S5	Retirado
		S6	Apto para la autorización PIM
		S7	Apto para la autorización PIM
		A1	Autorizado y aceptado
		B1	Aprobación parcial
		Revisión	Opcional
REV02	Versión 2		

1.2. Propuesta de calidad del modelo de información

Aspecto del contenedor de información	Requisitos de calidad
Modelo de información	<p>La información gestionada en el CDE debería ser comprensible por todas las partes, para lo cual, se debe realizar la verificación de los modelos antes de compartirlas, esto debe incluir, pero no se limita a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los modelos de información compartidos deben respetar la convención de identificación de contenedores de información establecida en la sección C, punto 1.1 del presente documento. - El formato de los modelos de información compartidos, deben cumplir con lo establecido en la sección B, punto 3. <i>Lista de recursos informáticos</i> necesarios del presente documento. - Los modelos de información (archivos de modelos nativos en vivo) han sido auditados y purgados, antes de ser compartidos en el CDE. - El modelo 3D y los dibujos 2D están actualizados y que la información 2D ha sido derivada del modelo 3D. - Los archivos modelo se separan del archivo central - La clasificación de objetos debería estar de acuerdo con los principios de la norma ISO 12006-2. La información del objeto debería estar de acuerdo con la norma ISO 12006-3, para admitir el intercambio de objetos.

1.3. Propuesta de indicadores de rendimiento

Nombre del indicador	Método de cálculo	Meta	Frecuencia	Fuente de información	Responsable
% de Interferencias al momento de construir	(Cantidad o número de interferencias detectadas en obra / Metros cuadrados construidos) *100	Reducir interferencias al momento de construir	Mensual	Ejecución del proyecto, control y seguimiento	Consultoría y Construcción Philadelphia

2. Métodos y procedimientos de producción de información

2.1. Estrategia de coordinación entre especialidades

Se propone la metodología para desarrollar la identificación de interferencia manteniendo la interconectividad con las diversas especialidades

1. El equipo de construcción produce información as built que controlan y verifican, tomando en cuenta la información de referencia provista por el equipo de diseño.
2. Cada equipo de trabajo es responsable de la coordinación de su diseño, cualquier problema actual o potencial debe identificarse mediante la función de comentario/visión en el Entorno Común de Datos (CDE) y su resolución debe acordarse durante las reuniones de coordinación de manera colectiva.
3. Los requisitos de información, cambios y/u observaciones serán distribuidos a todas las partes involucradas en el proyecto.
4. Los modelos de información se producirán utilizando tecnologías que permitan el desarrollo de trabajos colaborativos y/o sincrónicos.

2.2. Actividades para la detección y resolución de interferencias

Actividades	Descripción
Revisar la lista de tolerancia a interferencias en todo el proyecto	La entidad será responsable de facilitar la lista de tolerancia a interferencias. Cada Equipo de Ejecución será responsable de aportar sus conjuntos de interferencias y tolerancias requeridas.
Compartir los contenedores de información en el CDE	Cada equipo de trabajo será responsable de cargar una versión actualizada de los modelos de información respetando el formato y los convenios de identificación establecidos en el presente documento.
Federación de los contenedores de información	La Parte Designada Principal federará los modelos de entrega para la detección de interferencias.
Realizar pruebas para la detección de interferencias	La Parte Designada Principal importará y ejecutará la lista de tolerancia acordadas para realizar las pruebas y obtener el reporte de interferencias.
Evaluación y subsanación de interferencias	Durante la sesión de coordinación, la Parte Designada como líder evaluará los resultados de los enfrentamientos y asignará acciones según el propietario del enfrentamiento. Después de la reunión se publicará un informe sobre la resolución de interferencias.
Seguimiento de la acción y compartir	Los asignados de tareas serán responsables de resolver los enfrentamientos registrados.
Reporte de la resolución de interferencias	El modelo con las interferencias resueltas será compartido manteniendo una única fuente de información. Los informes de progreso de las interferencias serán producidos mensualmente por la Parte Designada Principal como una hoja de cálculo separada para su revisión en los talleres de coordinación mensuales.

2.3. Tolerancia y evaluación de interferencias

Elementos del modelo de información	Tipo de interferencia	Tolerancia
Obras Civiles	Dura	. +/- 50mm
Pavimentos y cunetas	Dura	. +/- 10mm
Alcantanillas	Dura	. +/- 10mm
Señalizaciones	Blanda	. +/- 10mm

2.4. Requisitos de seguridad de la información

Requisitos de seguridad de la información
Toda la información generada para este proyecto debe cumplir con los requisitos de seguridad, en términos de protección de cualquier dato/información comercialmente sensible y/o personal, tal y como se requiere en cumplimiento de la NTP ISO 19650.

2.5. Nivel de seguridad

Código del nivel	Visible al Equipo de Ejecución	Protegido por Contraseña	Visible al Equipo de Trabajo	Visible al Equipo de Proyecto	Información Descargable
L01	X				X
L02		X	X		X
L03		X		X	
L04				X	X

Firma y sello del Responsable

Anexo H. Simulación 4D del proceso constructivo.

Secuencia constructiva:

<https://youtu.be/L9Srk7kOYYQ>

Integración de modelos en el Navisworks:

<https://youtu.be/fJNKqBW09Gg>

