UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM PARA EL MEJORAMIENTO DEL DISEÑO VIAL DEL TRAMO NUEVA REQUENA – SAN JOSÉ, PUCALLPA 2024

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO CIVIL

CLAUDIA VALERIA GRAJEDA HERRERA

Pucallpa, Perú

2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 031-2026

GRADUANDO : **Bach. GRAJEDA HERRERA CLAUDIA VALERIA**

TEMA : **"APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM PARA EL MEJORAMIENTO DEL DISEÑO VIAL DEL TRAMO NUEVA REQUENA - SAN JOSÉ, PUCALLPA 2024".**

ASESOR : **Dr.RAFAEL LEAN FERNANDO**

CRITERIOS	PUNTAJE			
	3	2	1	0
I- PRESENTACIÓN				
* MOTIVACIÓN		X		
* TONO DE VOZ		X		
* CALIDAD DE MATERIAL AUDIOVISUAL		X		
II- DESARROLLO DE CONTENIDO				
* SECUENCIA			X	
* DOMINIO DE VOZ		X		
* USO ADECUADO DEL MATERIAL		X		
* VALIDEZ DE LOS HALLAZGOS			X	
III- ABSOLUCIÓN DE PREGUNTAS				
* RESPONDE A LAS PREGUNTAS FORMULADAS POR EL JURADO			X	
IV- APORTE CIENTIFICO Y TECNOLOGICO				
* AL DESARROLLO DE LA COMUNIDAD	X			
* A LA PROFESIÓN		X		

EVALUACIÓN

- EXCELENCIA 26 A 30 PUNTOS
- UNANIMIDAD 21 A 25 PUNTOS
- MAYORIA 16 A 20 PUNTOS
- DESAPROBADO 15 A MENOS

CALIFICACIÓN FINAL :
PUNTAJE : 18 / 30

CONCLUSIONES:
APROBADO POR : MAYORIA
DESAPROBADO POR :

JURADO EVALUADOR

Dr.ROMAN CLAROS, WALTER GILBERTO
PRESIDENTE

Mg.MERCADO ROJAS, MIJAEL GABRIEL
PRIMER MIEMBRO

Mg.QUISPE AUCCASI, JOEL VICTOR
SEGUNDO MIEMBRO

Dra. RIOS HIDALGO DE CERNA, CLOTILDE
SECRETARIA ACADÉMICA

PUCALLPA, 17 DE AGOSTO DEL 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
Carretera Federico Basadre Km 6200 - Pucallpa - Ucayali

ACTA DE APROBACIÓN DE INFORME FINAL DE TESIS

En la Ciudad Universitaria, a los 23 días del mes de FEBRERO del 2026 siendo horas 11:00:00 horas. Los miembros del Jurado declaran APROBADO POR UNANIMIDAD el PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE TESIS titulado:

"APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM PARA EL MEJORAMIENTO DEL DISEÑO VIAL DEL TRAMO NUEVA REQUENA - SAN JOSÉ, PUCALLPA 2024"

Presentado por el Bachiller:

GRAJEDA HERRERA, CLAUDIA VALERIA

De la Escuela Profesional de:

INGENIERÍA CIVIL

Siendo el Jurado Dictaminador, conformado por:

Presidente	: MG. HORACIO SORIANO ALAVA
Primer Miembro	: DR. WALTER ROMAN CLAROS
Segundo Miembro	: MG. JOEL VICTOR QUISPE AUCCASI
Asesor	: DR. FERNANDO RAFAEL LEAN

Para dar fe de este proceso, se le asigna la presente acta y a partir de la presente fecha queda expedito para continuar con los trámites de sustentación de la TESIS.

Pucallpa, 23 de febrero del 2026

MG. HORACIO SORIANO ALAVA
PRESIDENTE

DR. WALTER ROMAN CLAROS
PRIMER MIEMBRO

MG. JOEL VICTOR QUISPE AUCCASI
SEGUNDO MIEMBRO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº V/379-2025.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM PARA EL MEJORAMIENTO DEL DISEÑO VIAL DEL TRAMO NUEVA REQUENA – SAN JOSÉ, PUCALLPA 2024**"

Autor(es)	:	**GRAJEDA HERRERA, CLAUDIA VALERIA**
Facultad	:	**INGENIERÍA DE SISTEMAS E INGENIERÍA CIVIL**
Escuela	:	**ING. CIVIL**
Asesor(a)	:	**Dr. RAFAEL LEAN, FERNANDO**

Presenta un **porcentaje de similitud de 7%,** verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO,

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 30/07/2025

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, Claudia Valeria Grajeda Herrera

Autor de la tesis titulada : "APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM PARA EL MEJORAMIENTO DEL DISEÑO VIAL DEL TRAMO NUEVA REQUENA - SAN JOSÉ, PUCALLPA 2024"

Sustentada el año.....

Asesor(a): Dr. Rafael Lean, Fernando

Facultad: INGENIERIA DE SISTEMAS E INGENIERIA CIVIL

Escuela Profesional: INGENIERIA CIVIL

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 30 / 09 / 2026

Email: claudiavaleria1118@gmail.com Firma:

Teléfono: 940 870 530 DNI: 72631533

DEDICATORIA

A Dios, por guiar mis pasos y darme la fortaleza necesaria para llegar hasta aquí. A mis padres, por su amor y apoyo incondicional; a mi hermana, por su compañía y ánimo constante; a mi novio, por su comprensión y motivación; y a toda mi familia, por ser un pilar fundamental en mi vida. A cada uno de ustedes, gracias por acompañarme en este camino.

Claudia Valeria.

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a Dios por darme la fortaleza y la sabiduría para afrontar cada desafío en este camino académico.

A mi madre, Regina Herrera Padilla, cuya fortaleza, amor incondicional y dedicación han sido el pilar fundamental de mi vida. Gracias por enseñarme con tu ejemplo que todo esfuerzo vale la pena y que los sueños pueden alcanzarse con perseverancia.

A mi hermana, Mariel Alesandra Gamarra Herrera, por su compañía constante y su presencia que me brindó serenidad en los momentos más exigentes de este proceso. Espero que este logro también la motive a seguir adelante y a confiar plenamente en las capacidades que posee. Tu apoyo ha sido un refugio invaluable.

A mi novio, Walter Chavez Calizaya, por su paciencia, comprensión y apoyo inquebrantable durante todo este camino. Gracias por creer en mí incluso en los momentos más difíciles y por ser un ejemplo constante de lucha y sacrificio. Tu perseverancia y dedicación han sido una inspiración profunda que me ha impulsado a alcanzar cada uno de mis objetivos y a no rendirme ante los desafíos.

A ustedes, que han sido mi sostén, mi inspiración y mi fuerza.

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo principal Evaluar cómo influye la aplicación de la metodología BIM en el mejoramiento del diseño vial del tramo Nueva Requena – San José, Pucallpa 2024. La investigación responde a la necesidad de optimizar la gestión de costos, reducir errores en la fase de diseño y mejorar el tiempo de programación mediante herramientas digitales avanzadas. Para ello, se utilizó un enfoque cuantitativo y un diseño no experimental, empleando software como Civil 3D, Infraworks y Navisworks para el modelamiento y análisis de datos. Los resultados obtenidos evidencian que la implementación de BIM permitió una mejor planificación del diseño vial, reduciendo incompatibilidades y retrabajos. Asimismo, la gestión de costos se optimizó mediante la automatización de cálculos y la identificación temprana de interferencias, lo que contribuyó a una asignación eficiente de recursos, el cual la aplicación de la metodología BIM mejoro en un 1.12% en la gestión de costos. En cuanto al tiempo de programación del proyecto, la visualización tridimensional facilitó la comprensión y coordinación entre los actores involucrados. Se concluye que la aplicación de la metodología BIM en proyectos viales es una estrategia efectiva para mejorar la eficiencia, reducir costos y el tiempo de programación. Se recomienda su adopción como estándar en la gestión de infraestructura vial en el Perú para garantizar proyectos más sostenibles y optimizados.

PALABRAS CLAVES: *Metodología BIM, Diseño vial, Software.*

ABSTRACT

The main objective of this study is to apply the BIM methodology to improve the road design of the Nueva Requena – San José section in Pucallpa. The research addresses the need to optimize cost management, reduce design phase errors, and enhance 2D and 3D presentation using advanced digital tools. A quantitative approach and a non-experimental design were used, employing software such as Civil 3D, Infraworks, and Navisworks for modeling and data analysis. The results show that BIM implementation allowed for better road design planning, reducing incompatibilities and rework. Additionally, cost management was optimized through automated calculations and early identification of interferences, contributing to an efficient resource allocation. Regarding project presentation, 3D visualization facilitated understanding and coordination among stakeholders. It is concluded that the application of the BIM methodology in road projects is an effective strategy to improve efficiency, reduce costs, and enhance design quality. Its adoption as a standard in road infrastructure management in Peru is recommended to ensure more sustainable and optimized projects.

KEYWORDS: social skills, quality of service, and reliability.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....VI
AGRADECIMIENTO.....VII
RESUMEN.....VIII
ABSTRACT.....IX
INTRODUCCIÓN.....XIV
CAPÍTULO I.....18
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....18
1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....18
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....19
1.2.1. General.....19
1.2.2. Específicos.....19
1.3. OBJETIVOS.....19
1.3.1. Objetivo general.....19
1.3.2. Objetivos específicos.....20
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....20
1.4.1. Justificación.....20
1.4.2. Importancia.....21
1.5. Limitaciones y alcances.....21
1.6. HIPÓTESIS.....22
1.6.1. Hipótesis general.....22
1.6.2. Hipótesis especificas.....22
1.7. Sistema de variables dimensiones e indicadores.....23
CAPÍTULO II.....24
MARCO TEÓRICO.....24
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....24
2.1.1. Antecedentes internacionales.....24
2.1.2. Antecedentes nacionales.....26
2.1.3. Antecedentes locales.....28
2.2. BASES TEÓRICAS.....28
2.2.1. Metodología BIM.....28
2.2.2. Diseño vial.....31

CAPÍTULO III.....34
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....34
3.1. METODO DE INVESTIGACIÓN.....34
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....35
3.2.1. Población.....35
3.2.2. Muestra.....36
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS.....36
3.3.1. Técnicas.....36
3.3.2. Instrumentos.....36
3.4. TRATAMIENTOS DE DATOS.....37
CAPÍTULO IV.....38
PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....38
4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....38
4.1.1. Características físicas.....38
4.1.2. Estado de conservación.....38
4.1.3. Uso y trafico.....39
4.1.4. Medio ambiente y entorno.....39
4.2. Objetivo Especifico 1. Evaluar cómo influye la aplicación de la metodología BIM en el mejoramiento de la gestión de costos del tramo Nueva Requena – San José, Pucallpa 2024.....42
4.3. Objetivo Especifico 2. Evaluar cómo influye la aplicación de la metodología BIM en el mejoramiento del tiempo en la programación del tramo Nueva Requena – San José, Pucallpa 2024.....47
4.3.1. Reconocimiento de la zona de investigación.....47
4.3.2. Toma de datos.....48
4.3.3. Parámetros adoptados para el diseño geométrico.....48
4.3.4. Diseño en el Civil 3D: Procesamiento de la información.....50
4.3.5. Diseño en INFRAWOKS.....52
4.4. DISCUSIONES DE RESULTADOS.....58
CONCLUSIONES.....62
RECOMENDACIONES O SUGERENCIAS.....63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....64
ANEXOS.....67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas UTM 36
Tabla 2. Localidades dentro del tramo de la vía del proyecto 40
Tabla 3. Parámetros adoptados en Tramo I 49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación política del proyecto 40
Figura 2. Mapa de área de influencia directa e indirecta del proyecto 41
Figura 3. Archivo DWG correspondiente al diseño de la carretera 42
Figura 4. Interferencias 43
Figura 5. Programación en Ms Project 43
Figura 6. Resumen de presupuesto 45
Figura 7. Vista fotográfica de vehículos utilizados con más frecuencia en la zona del proyecto 47
Figura 8. Vista fotográfica de la generación de material particulado en la zona del proyecto 47
Figura 9. Puntos geodésicos 48
Figura 10. Punto de inicio 50
Figura 11. Punto final 51
Figura 12. Perfil longitudinal inicio 51
Figura 13. Perfil longitudinal final 51
Figura 14. Cargando archivo DWG para su diseño 52
Figura 15. Diseño de la carretera superpuesto sobre la imagen satelital 53
Figura 16. Verificación de radio de las curvas 53
Figura 17. Vista de diseño 3D 54

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el sector de la construcción ha experimentado un proceso de transformación digital impulsado por la necesidad de optimizar los recursos, reducir los costos y mejorar la calidad de los proyectos. En este contexto, la metodología Building Information Modeling (BIM) ha surgido como una herramienta clave para gestionar de manera integral la información a lo largo del ciclo de vida de una infraestructura, abarcando las etapas de diseño, construcción, operación y mantenimiento (Adel, Cheng y Lei, 2022). Esta metodología, basada en la creación de modelos digitales tridimensionales, permite una coordinación más eficiente entre las distintas disciplinas involucradas en un proyecto, generando una visión global y precisa que favorece la toma de decisiones técnicas y financieras.

En el Perú, el crecimiento urbano y la necesidad de modernizar la infraestructura vial han puesto en evidencia limitaciones en los métodos tradicionales de diseño, que suelen generar incompatibilidades, sobrecostos y ampliaciones de plazo (Sedano, 2023). Estas deficiencias, frecuentes en proyectos viales, se deben principalmente a la falta de integración entre especialidades técnicas y a la escasa adopción de tecnologías digitales en la planificación de las obras. Frente a esta situación, la implementación de la metodología BIM representa una oportunidad para fortalecer la gestión de los proyectos de inversión pública, optimizando la precisión de los diseños y la eficiencia en el uso de los recursos.

La región de Ucayali, caracterizada por un rápido crecimiento económico y urbano, presenta un alto potencial para el desarrollo de infraestructura vial que garantice la conectividad entre sus distritos y centros poblados. Sin embargo, gran parte de su red vial enfrenta deterioro y falta de mantenimiento, factores que limitan la movilidad y el desarrollo socioeconómico regional (Ministerio de Transportes y

Comunicaciones [MTC], 2021). En este marco, la aplicación de la metodología BIM al diseño vial del tramo Nueva Requena – San José se plantea como una alternativa innovadora que permitirá mejorar la planificación geométrica, la gestión de costos y la programación de las actividades constructivas, garantizando la sostenibilidad técnica y económica del proyecto.

Diversos estudios han evidenciado los beneficios del uso de BIM en proyectos de infraestructura. Según Chiroque (2022), la implementación de esta metodología en el diseño vial de la carretera La Arena – C.P. Casagrande promovió un entorno colaborativo entre los equipos técnicos, mejorando la eficiencia y la coordinación en la fase de diseño. De igual manera, Bustamante, Ochoa y González (2021) demostraron que el uso de BIM en la gestión de costos durante la ejecución de proyectos permite un ahorro económico de hasta 1.3 % respecto a los métodos convencionales, gracias a la reducción de incompatibilidades y retrabajos. Estas experiencias internacionales y nacionales validan la relevancia de su aplicación en el contexto peruano, especialmente en obras viales desarrolladas bajo el Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones – Invierte.pe.

La adopción del Plan BIM Perú (Ministerio de Economía y Finanzas [MEF], 2019) ha marcado un hito en la modernización de la gestión pública de proyectos de infraestructura, al establecer lineamientos para incorporar progresivamente la metodología BIM en las inversiones del Estado. Este plan busca mejorar la eficiencia del gasto público, la calidad de los expedientes técnicos y la transparencia en los procesos de contratación. De acuerdo con la normativa ISO 19650 (International Organization for Standardization [ISO], 2018), el BIM proporciona un marco estructurado para la creación, intercambio y control de información digital, promoviendo la interoperabilidad entre los actores del proyecto y garantizando la

trazabilidad de los datos. En consecuencia, la integración de estos estándares internacionales en el diseño vial peruano resulta esencial para elevar los niveles de competitividad y sostenibilidad del sector construcción.

La presente investigación tiene como objetivo general evaluar cómo influye la aplicación de la metodología BIM en el mejoramiento del diseño vial del tramo Nueva Requena – San José, Pucallpa 2024, considerando específicamente su impacto en la gestión de costos y el tiempo de programación. A través de un enfoque cuantitativo y un diseño no experimental, se analizará la efectividad del uso de software especializado como Civil 3D, Infraworks y Navisworks, herramientas que permiten el modelado tridimensional, la cuantificación automática de materiales y la simulación del proceso constructivo.

El estudio adquiere relevancia al contribuir con evidencia técnica sobre la viabilidad del uso de BIM en proyectos de infraestructura vial pública, siendo un referente potencial para futuras iniciativas en la región amazónica y en otras zonas del país. Además, su aplicación permitirá fortalecer las capacidades técnicas de las instituciones locales y regionales, fomentando una cultura de innovación y sostenibilidad en la gestión de obras civiles.

La investigación se estructura en cinco capítulos. En el Capítulo I se presenta el planteamiento del problema, la formulación de los objetivos, las hipótesis y la justificación del estudio. El Capítulo II desarrolla el marco teórico, que incluye los antecedentes, las bases teóricas de la metodología BIM y del diseño vial, y la definición de los términos fundamentales. En el Capítulo III se expone la metodología empleada, detallando el tipo y diseño de la investigación, la población y muestra, así como las técnicas e instrumentos de recolección de datos. El Capítulo IV presenta los resultados obtenidos del modelado y análisis mediante herramientas BIM, mientras

que el Capítulo V discute dichos resultados en relación con los objetivos planteados. Finalmente, se incluyen las conclusiones, recomendaciones y referencias bibliográficas correspondientes.

En suma, la aplicación de la metodología BIM en el diseño vial constituye un avance significativo hacia la modernización de la infraestructura peruana, promoviendo proyectos más eficientes, colaborativos y sostenibles. Esta investigación pretende demostrar que el uso de tecnologías digitales no solo mejora la gestión técnica y económica de los proyectos viales, sino que también fortalece la capacidad del Estado para garantizar inversiones públicas de mayor calidad y durabilidad en beneficio de la población.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

En los últimos años, se han difundido numerosas publicaciones a nivel global sobre la metodología BIM, enfocándose principalmente en los beneficios del uso de herramientas como el software BIM, que permite una gestión eficaz de la información a lo largo del ciclo de vida de los proyectos. Países como Finlandia y Estados Unidos han liderado la investigación, desarrollando especificaciones, requisitos y normativas para la implementación de BIM en proyectos de infraestructura pública.

En Costa Rica, algunos proyectos están adoptando la metodología BIM, lo que está dando lugar a innovaciones significativas como proyectos más precisos con menos conflictos de compatibilidad. Esto, a largo plazo, se traduce en menos costos adicionales y extensiones de plazo, garantizando una ejecución más fluida de los estudios. Sin embargo, actualmente no existe una obligación normativa para presentar proyectos utilizando esta metodología (Leandro et al., 2017).

En Perú, los proyectos de construcción de carreteras enfrentan numerosos errores, incompatibilidades e inconsistencias durante las fases de diseño. Estos problemas conllevan dificultades en los procesos constructivos, resultando en sobrecostos, correcciones urgentes y retrasos en los cronogramas. Estos factores combinados contribuyen a hacer que la industria de la construcción sea poco competitiva en el país (Sedano, J. 2023).

En América Latina, específicamente en Perú, son escasas las empresas que emplean esta metodología, lo cual revela un rezago significativo en los proyectos de infraestructura vial. Este rezago refleja deficiencias en la planificación de varios proyectos, afectando su ejecución desde la fase de diseño (Chiroque, M. 2022).

La infraestructura vial en el tramo Nueva Requena - San José, Pucallpa, enfrenta actualmente desafíos significativos en términos de precisión en el diseño, coordinación efectiva entre disciplinas y gestión eficiente de recursos. La falta de una metodología integrada como BIM limita la capacidad de mejorar estos aspectos críticos, lo que resulta en costos elevados, tiempos prolongados y problemas de calidad en la ejecución de proyectos viales. Por lo tanto, es imperativo explorar cómo la aplicación de la metodología BIM puede resolver estas deficiencias y optimizar el diseño vial para cumplir con estándares de calidad y eficiencia en la región de Ucayali.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. General

- ¿Cómo influye la aplicación de la Metodología BIM en el mejoramiento del diseño vial del tramo Nueva Requena – ¿San José, Pucallpa 2024?

1.2.2. Específicos

- ¿Cómo influye la aplicación de la Metodología BIM en el mejoramiento de la gestión de costos del tramo Nueva Requena – ¿San José, Pucallpa 2024?

- ¿Cómo influye la aplicación de la Metodología BIM en el mejoramiento del tiempo en la programación del tramo Nueva Requena – ¿San José, Pucallpa 2024?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar cómo influye la aplicación de la metodología BIM en el mejoramiento del diseño vial del tramo Nueva Requena – San José, Pucallpa 2024.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar cómo influye la aplicación de la metodología BIM en el mejoramiento de la gestión de costos del tramo Nueva Requena – San José, Pucallpa 2024.
- Evaluar cómo influye la aplicación de la metodología BIM en el mejoramiento del tiempo en la programación del tramo Nueva Requena – San José, Pucallpa 2024.

1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

1.4.1. Justificación

Pucallpa, al igual que muchas ciudades en expansión, enfrenta desafíos significativos en cuanto a su infraestructura vial. La mejora del diseño del tramo Nueva Requena – San José es crucial para facilitar un transporte seguro y eficiente de personas y mercancías, fomentando así el desarrollo económico y social de la región.

Actualmente, el diseño vial puede verse afectado por errores de coordinación, falta de precisión en cálculos y estimaciones, así como dificultades en la gestión de cambios durante la ejecución del proyecto. Estos problemas pueden resultar en costos adicionales, retrasos en la construcción y una infraestructura final que no cumple con los estándares esperados de calidad y seguridad.

La metodología BIM ofrece una solución integral para el diseño, construcción y gestión de infraestructura vial. Permite una coordinación más efectiva entre los diversos equipos y disciplinas involucradas, mejora la precisión de los diseños, facilita la detección temprana de conflictos y errores, y optimiza el uso de recursos a lo largo de todas las etapas del proyecto.

1.4.2. Importancia

En el contexto específico de Pucallpa, la implementación de BIM no solo mejorará la eficiencia operativa y la calidad del diseño vial, sino que también podría establecerse como un modelo replicable para futuros proyectos de infraestructura en la región amazónica del Perú.

Se espera que mediante la aplicación de BIM se mejore significativamente la calidad del diseño vial, asegurando geometrías adecuadas, visibilidad adecuada y capacidad para la fluidez del tráfico, aspectos esenciales para garantizar la seguridad vial.

El uso de BIM está alineado con las tendencias internacionales en ingeniería y construcción, asegurando que los diseños cumplan con los estándares técnicos y normativos vigentes tanto a nivel nacional como internacional.

Un diseño vial mejorado y eficiente no solo mejora la movilidad, sino que también puede contribuir a reducir la huella ambiental y promover prácticas sostenibles en la construcción y mantenimiento de infraestructuras.

1.5. Limitaciones y alcances

1.5.1. Limitaciones

Las limitaciones de este proyecto de investigación incluyen el acceso limitado a datos precisos y completos relacionados con el tramo vial de Nueva Requena – San José, así como la interoperabilidad entre diferentes softwares BIM y otras herramientas de diseño y análisis. Además, las condiciones ambientales y geográficas específicas de la región amazónica donde se ubica Pucallpa podrían plantear desafíos adicionales para la implementación de tecnologías como BIM, especialmente en lo que respecta a la captura precisa de datos y al modelado.

1.5.2. Alcances

El alcance del estudio incluirá el modelado detallado del diseño vial para el tramo Nueva Requena – San José utilizando la metodología BIM, asegurando la precisión geométrica, funcional y constructiva. Basado en los resultados obtenidos, se formularán propuestas de mejora y recomendaciones para futuros proyectos de infraestructura vial en Pucallpa y otras regiones similares, destacando las mejores prácticas y lecciones aprendidas.

1.5.3. Viabilidad

Consiste en verificar la precisión y fiabilidad de los modelos BIM creados para el tramo vial Nueva Requena – San José, asegurando que reflejen de manera exacta las condiciones físicas, además de analizar los potenciales ahorros y beneficios económicos derivados de la aplicación de BIM, tales como reducción de costos operativos, optimización de recursos, y minimización de errores y retrabajos durante la ejecución del proyecto vial.

1.6. HIPÓTESIS

1.6.1. Hipótesis general

- La aplicación de la metodología BIM influye en la mejora del diseño vial del tramo Nueva Requena – San José, Pucallpa 2024.

1.6.2. Hipótesis especificas

- La aplicación de la metodología BIM influye en la mejora de la gestión de costos del tramo Nueva Requena – San José, Pucallpa 2024.

- La aplicación de la metodología BIM influye en la mejora del tiempo de programación del tramo Nueva Requena – San José, Pucallpa 2024.

1.7. Sistema de variables dimensiones e indicadores

1.7.1. Variable 1 Metodología BIM

- Definición conceptual

La metodología BIM facilita un trabajo integrado, optimizando la colaboración e integración de información para visualizar un modelo completo que se utilizará a lo largo de la ejecución del proyecto.

- Definición operacional

El método BIM integra diversas tecnologías para mejorar la gestión de proyectos, asegurando eficiencia al prevenir eventos imprevistos y generar informes actualizados en cada etapa.

1.7.2. Variable 2 Diseño vial

- Definición conceptual

El diseño vial consiste en trazar una vía integrando diversos elementos geométricos que la conforman. Al construirse, acondicionarse o mejorar una vía nueva o existente, se deben considerar diferentes condiciones como la topografía, hidrología y geología para iniciar su trazado.

- Definición operacional

Para el diseño vial es necesario estudiar detalladamente el terreno, lo cual implica llevar a cabo diversos procesos como estudios de topografía, hidrología, geología, medio ambiente, entre otros.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes internacionales

Chavarría (2018) en la tesis se propone como objetivo de investigación la metodología BIM para optimizar el diseño de la carretera Luricocha Pacchancca, con la corrección oportuna de incompatibilidades, presentes en la fase de diseño de todo proyecto. En el estudio se obtuvo las siguientes conclusiones: En la programación de obra, se evidenció un retraso de 30 días durante la fase de ejecución del proyecto al utilizar la metodología convencional, atribuible a un mayor metrado identificado gracias a la aplicación de la tecnología BIM. Esta situación generó una ampliación del plazo inicialmente previsto de 240 días, extendiéndose a 270 días. Este resultado conllevó un aumento en el costo directo, reflejado en un incremento del 7% en los Gastos Generales por Residencia de obra y un 3% en los Gastos por Supervisión. Asimismo, se detectaron e identificaron 320 incompatibilidades en la etapa de diseño, 38 de las cuales corresponden a tramos en tangentes, lo que representa un promedio del 11.88% de variación en el diseño de 6 km de carretera, correspondiente a la muestra representativa.

Moya et al. (2017), en su proyecto de investigación, tuvieron como objetivo mejorar el diseño y gestión de infraestructuras de carreteras con la introducción de técnicas BIM y formatos estandarizados, que originalmente se diseñaron para la arquitectura, tuvieron como resultados, este estudio sirve como punto de partida para la definición del nuevo formato de intercambio para carreteras que permita abordar una verificación de su diseño geométrico.

Novo (2025) en su investigación, tuvo como objetivo evaluar la interoperabilidad de los formatos de intercambio utilizados y la eficacia de la metodología BIM aplicada en obras lineales de ingeniería civil, llego a la conclusión que la metodología BIM promueve la comunicación y colaboración entre todas las partes interesadas en un proyecto, incluyendo arquitectos, ingenieros, contratistas, propietarios y más. Esto reduce errores, dificultades y repetir procesos al permitir que todos trabajen en un modelo centralizado y compartido.

Se tiene a Bustamante, Ochoa y González (2021) en su artículo mencionó que su principal objetivo fue la gestión de la información para prevenir errores y obtener la adecuada ejecución del proyecto donde propone una estrategia para poder implementar la metodología BIM en la dimensión de 5D o la gestión de información económica del tiempo y costo, la metodología usada fue diseño no experimental, dando como resultado que al comparar los costos de las planificaciones del proyecto hay una diferencia de ahorro económico de un 1.3% al emplear la metodología en la fase de ejecución, donde se concluyó esta investigación que con la implementación de esta metodología en fase de ejecución se muestra económicamente un ahorro satisfactorio habiendo establecido la metodología BIM que significa mayor organización creando nuevos estándares respecto a esta nueva metodología de trabajo.

Yu Yingxia, et al. (2023), se plantearon como objetivo principal, desarrollar tres soluciones de diseño para diferentes vidas de un proyecto (30 años, 50 años, 100 años) y se utiliza tecnología BIM para modelar los costos del ciclo de vida y el desempeño del proyecto basándose en el supuesto actualizado; el método utilizado es el diseño no experimental transversal; la exposición consta de un diseño

de proyecto abierto que incluye disciplinas arquitectónicas y estructurales; los resultados y conclusiones finales fueron evidencia de la viabilidad de utilizar herramientas BIM para modelar los beneficios de la futura modernización en las fases de uso y mantenimiento del edificio; Sin embargo, todavía hay algunas sugerencias importantes para futuras investigaciones.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Según Chiroque (2022), en su investigación tuvo como objetivo aplicar la Metodología BIM para el Diseño Vial de la carretera, la Arena a C.P Casagrande del Distrito de la Arena, Prov. de Piura, Dpto. Piura, con un enfoque cuantitativo, el tipo de investigación es aplicada, con un diseño no experimental, con un nivel descriptivo, el estudio concluyó que la implementación de la metodología BIM en el diseño de la carretera La Arena – C.P. Casagrande tuvo un impacto favorable, al promover un entorno de trabajo colaborativo e integral entre los distintos equipos técnicos, mejorando la eficiencia y la coordinación en la fase de diseño.

De acuerdo con Sedano (2023), en su investigación plantea como objetivo, determinar el efecto que tiene la aplicación del modelamiento de la información en la construcción de carreteras dentro del proyecto de la carretera Imperial – Pampas, se trató de un estudio de tipo aplicado, con un nivel descriptivo-explicativo y un diseño de investigación cuasiexperimental, a través del cual se concluyó que la productividad aumentó en un 32.54% en las actividades de corte y en un 37.76% en las actividades de relleno. Asimismo, se observó una disminución de costos del 29.23% tanto en las actividades de corte como en las de relleno. En cuanto al plazo de ejecución, se determinó una reducción del 24.54% en las actividades de corte y del 26% en las actividades de relleno.

Traverso y Romero (2023), en su artículo, “Aplicación de métodos BIM en proyectos públicos y privados de electricidad y telecomunicaciones en el Perú”; tuvieron como objetivo principal, analizar el impacto de los beneficios y ventajas del uso de métodos BIM en la planificación de proyectos de inversión públicos y privados en proyectos relacionados con la industria eléctrica y de telecomunicaciones; el método utilizado es un estudio cuantitativo, descriptivo; la muestra consistió en una subestación de 500kV en Perú. diseñado según el método BIM; Los resultados y conclusiones fueron que, utilizando herramientas BIM, se podían corregir errores en la fase de diseño, pero no en la de ejecución, aumentando la productividad y reduciendo los costos del proyecto y los cronogramas de construcción.

Salinas y Prado (2019), en su artículo, tuvieron como objetivo esencial, determinar los beneficios se logran en la fase de diseño a partir de un proceso colaborativo e integrado donde se involucran todos los stakeholders para comprender el proyecto a través de la visualización del modelo BIM, evitando interrupciones y problemas futuros; el método utilizado es un estudio cuantitativo tomando como muestra tres proyectos de construcción pública peruanos; finalmente los resultados y conclusiones obtenidas fueron que la propuesta para el uso de BIM en proyectos públicos en el Perú tiene en cuenta las posibilidades de construcción y diseño, teniendo en cuenta que siempre se debe intentar la última opción, entendiendo que en el primer caso BIM. Se utilizará "Error encontrado" en el sentido de que la documentación técnica se genera sin BIM, mientras que, en el segundo caso, se utilizará BIM en una etapa temprana para evitar retrabajos y entregar la documentación técnica lista para la construcción sin cambios significativos.

2.1.3. Antecedentes locales

Watanabe (2021), en su tesis tuvo como objetivo implementar metodologías colaborativas u na propuesta para llevar servicios de educación a las comunidades de la región Ucayali, se empleó un método inductivo basado en un análisis recurrente, correspondiente a una investigación de tipo aplicada y de nivel explicativo. diseño de investigación no experimental de tipo exploratorio transversal, obtuvo como resultado, el modelado del proyecto utilizando las herramientas Revit y Navisworks Manage permitió detectar que, en la especialidad de arquitectura, se presentó un 69.57% de errores, en estructuras un 21.74% y en instalaciones sanitarias un 8.70%, los cuales se atribuyen al flujo de trabajo propio de la metodología tradicional. Se concluye que la adopción de metodologías colaborativas optimiza la comunicación entre disciplinas, reduciendo la generación de consultas técnicas en obra y, con ello, las posibles modificaciones durante y después de la ejecución del proyecto.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Metodología BIM

2.2.1.1. Definición de metodología BIM

El Building Information Modeling (BIM) se define como un proceso colaborativo que integra la información multidisciplinaria de un proyecto de construcción dentro de un modelo digital tridimensional. Esta metodología permite gestionar y compartir datos de manera coordinada durante todo el ciclo de vida de una infraestructura, abarcando desde la planificación y el diseño hasta la ejecución, operación y mantenimiento (International Organization for Standardization [ISO], 2018). A diferencia de los métodos tradicionales basados en planos bidimensionales, BIM ofrece una representación virtual del proyecto que posibilita la detección

temprana de interferencias, la simulación de procesos constructivos y el análisis de costos en tiempo real (Aftab et al., 2023).

De acuerdo con Adel, Cheng y Lei (2022), BIM no debe considerarse solo una herramienta tecnológica, sino una metodología integral de gestión que busca optimizar la comunicación entre los actores involucrados, promoviendo la eficiencia y la transparencia. Su aplicación permite tomar decisiones más informadas y reducir significativamente los errores que suelen presentarse en las fases de diseño y construcción. Asimismo, facilita el trabajo colaborativo entre ingenieros, arquitectos, contratistas y entidades públicas, garantizando la trazabilidad de la información técnica.

En el contexto peruano, la metodología BIM se encuentra en proceso de implementación progresiva mediante el Plan BIM Perú, promovido por el Ministerio de Economía y Finanzas (2019). Dicho plan busca estandarizar el uso de modelos digitales en proyectos públicos de infraestructura, con el fin de mejorar la eficiencia del gasto, la calidad de los expedientes técnicos y la interoperabilidad entre entidades estatales. Por tanto, BIM se consolida como un elemento clave en la transición hacia una gestión moderna y sostenible de la inversión pública.

2.2.1.2. Teorías de las metodologia BIM

El desarrollo teórico de la metodología BIM se sustenta en el principio de la integración de la información y la colaboración interdisciplinaria. Según Abdullahi et al. (2023), el BIM se fundamenta en la idea de centralizar todos los datos del proyecto en un entorno virtual compartido denominado Common Data Environment (CDE), lo cual permite que los equipos de trabajo gestionen y actualicen la información en tiempo real, evitando duplicidades y garantizando la coherencia del

modelo. Este entorno digital fomenta la comunicación entre disciplinas y proporciona una base sólida para la toma de decisiones técnicas.

Adel, Cheng y Lei (2022) plantean que el BIM representa la evolución del paradigma tradicional de diseño hacia un modelo digital inteligente, donde cada elemento constructivo contiene atributos y relaciones que permiten analizar su comportamiento a lo largo del tiempo. Esta teoría se alinea con la gestión del ciclo de vida del proyecto (Life Cycle Management), la cual considera la obra como un sistema dinámico sujeto a cambios que pueden preverse y optimizarse mediante simulaciones digitales.

Por su parte, Sheik Noaman et al. (2023) sostienen que la metodología BIM incorpora los principios de la teoría de sistemas, al concebir el proyecto como un conjunto de componentes interdependientes que requieren coordinación continua. De este modo, BIM se convierte en un marco teórico que unifica las dimensiones técnica, económica y temporal del proyecto, impulsando la eficiencia global del proceso constructivo.

2.2.1.3. Dimensiones de metodologia BIM

- Gestión de Costos

La dimensión de Gestion de Costos permite vincular el modelo tridimensional con la información económica del proyecto. A través de esta integración, es posible generar estimaciones automáticas de materiales, presupuestos dinámicos y análisis comparativos de escenarios constructivos (Bustamante, Ochoa y González, 2021). Esta dimensión proporciona una visión más precisa del comportamiento financiero del proyecto, reduciendo errores humanos y sobrecostos asociados a metrados manuales. De igual modo, facilita el control

presupuestal y la actualización constante de los costos a medida que se realizan modificaciones en el modelo.

- Tiempo de programación

La dimensión de Tiempo de Programación integra la variable temporal al modelo tridimensional, permitiendo simular el proceso constructivo a lo largo del tiempo. Esta herramienta facilita la planificación de actividades, la asignación de recursos y la detección de posibles interferencias antes del inicio de la obra (Chavarría, 2018). En consecuencia, se optimiza la coordinación entre las diferentes fases del proyecto y se minimizan las demoras en la ejecución. Según Sedano (2023), el uso de BIM 4D en obras viales permite una reducción significativa en los plazos de ejecución, al prever las secuencias de trabajo y coordinar las especialidades en un entorno virtual.

2.2.2. Diseño vial

2.2.2.1. Definición de diseño vial

El diseño vial se refiere al proceso de planificación y configuración de las características geométricas y funcionales de una carretera, con el propósito de garantizar la seguridad, comodidad y eficiencia del tránsito vehicular y peatonal (American Association of State Highway and Transportation Officials [AASHTO], 2018). Comprende el estudio detallado de factores como la topografía, la geología, la hidrología, el tipo de suelo y las condiciones ambientales, que influyen directamente en la ubicación y el trazado de la vía.

Reyes (2020) indica que el diseño vial moderno se apoya en herramientas digitales que permiten modelar con precisión la geometría de las carreteras, analizar alternativas de trazado y optimizar el rendimiento estructural y

económico del proyecto. Entre los programas más utilizados se encuentra AutoCAD Civil 3D, el cual permite integrar la información topográfica, realizar cálculos de movimiento de tierras y diseñar secciones transversales de manera automatizada.

En este contexto, el diseño vial no solo busca la funcionalidad técnica de la carretera, sino también su sostenibilidad a largo plazo, considerando aspectos sociales, económicos y ambientales que contribuyan al desarrollo equilibrado del territorio.

2.2.2.2. Teorías de diseño vial

Las principales teorías del diseño vial se sustentan en los principios de la ingeniería del transporte, la seguridad vial y la planificación territorial. De acuerdo con AASHTO (2018), el diseño geométrico de una carretera debe basarse en parámetros técnicos que aseguren la interacción adecuada entre la infraestructura, el vehículo y el usuario, estableciendo estándares para la velocidad de diseño, el radio mínimo de curvas, el peralte, la visibilidad y las pendientes máximas permitidas.

Chavarría (2018) propone que el diseño vial debe entenderse como un proceso iterativo y multidisciplinario en el que intervienen diversos factores técnicos y sociales. En este sentido, la aplicación de herramientas BIM en el diseño vial se alinea con la teoría del diseño integrado, la cual promueve la colaboración entre las distintas especialidades desde las fases iniciales del proyecto para optimizar la calidad del resultado final.

Por otro lado, la teoría del Value Engineering sostiene que el diseño debe maximizar la relación costo-beneficio del proyecto, manteniendo los niveles de seguridad y servicio requeridos (Sedano, 2023). Esto implica evaluar

alternativas de trazado, materiales y métodos constructivos con el fin de obtener soluciones más eficientes y sostenibles.

2.2.2.3. Dimensión de diseño vial

- Topografía

La topografía constituye la base del diseño geométrico de carreteras, ya que proporciona la información necesaria sobre la morfología del terreno y las condiciones físicas del entorno (Reyes, 2020). Los levantamientos topográficos permiten determinar las coordenadas, cotas y puntos de control que sirven de referencia para el trazado. El uso de tecnologías modernas como drones, escáneres láser y estaciones totales ha mejorado significativamente la precisión y la eficiencia de estos procesos, reduciendo los márgenes de error en la elaboración de los modelos digitales del terreno.

- Diseño Vial

El diseño geométrico abarca la configuración de los elementos físicos que conforman una carretera: alineamientos horizontales y verticales, secciones transversales, radios de curvatura, peraltes, bermas y anchos de calzada. Según AASHTO (2018), estos parámetros deben definirse considerando la velocidad de diseño, las características del terreno y las condiciones de seguridad del usuario. En la actualidad, el uso de software como Civil 3D e Infraworks facilita el desarrollo de modelos tridimensionales que permiten evaluar visualmente el desempeño del trazado antes de su ejecución, mejorando así la precisión y la calidad del diseño.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. METODO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo de investigación

Esta investigación optó de acuerdo los objetivos formulados por un estudio de tipo aplicada. Según en base a, Xia Wenfeng, et al. (2023), Ellos indican que este tipo de investigaciones se centran en aplicar, implementar o evaluar una situación presente, utilizando los fundamentos teóricos previamente establecidos, con el fin último de emplear los resultados obtenidos de manera significativa.

3.1.2. Nivel de investigación

De acuerdo con su diseño esta fue una investigación explicativa, ya que este no sólo describió, sino que busco establecer las causas que se encuentran detrás de éste.

3.1.3. Diseño de investigación

Fue de diseño no experimental, debido a que no se manipuló ninguna variable. El objetivo fue describir toda la información relevante sobre el tema de estudio, recolectando datos para fundamentar una descripción exhaustiva de la metodología BIM, sus procesos, ventajas y el impacto potencial en la mejora de proyectos de infraestructura vial mediante la aplicación de BIM.

Montano (2021) define la investigación no experimental como aquella que se lleva a cabo mediante la observación, sin intervenir ni manipular el objeto de estudio, ni intentar controlar variables a lo largo de la observación.

Se realizó una profunda recopilación de bibliografía sobre la metodología BIM y el diseño vial. Se realizó un reconocimiento de la ruta para sectorizarla por tramos homogéneos. Se realizó un levantamiento topográfico de todo el tramo. Se

realizó el modelamiento y el diseño vial de acuerdo con la normativa vigente. Conclusiones y recomendaciones.

El diseño geométrico tiene como objeto mejorar las características del trazado y de seguridad vial de la carretera y definir las características geométricas requeridas para el proyecto, teniendo como base los criterios técnicos establecido por las normas respectivas.

La carretera Nueva Requena – San José está categorizada como vía departamental Ruta UC-103. Su ubicación geográfica abarca aproximadamente 46+844.00 km de extensión, y su trazado serpentea a través de un paisaje que va desde zonas urbanas hasta áreas rurales. Esta carretera desempeña un papel crucial en la conectividad de la región, sirviendo como un enlace vital entre los distritos de Yarinacocha y Nueva Requena. El tramo de carretera discurre por terrenos de topografía plana, ondulada y accidentada, con deficiencias en obras de arte y drenaje, la carretera enlaza otras comunidades campesinas dentro de la jurisdicción de los dos distritos.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población

Según Hernández et al. (2014), La población se define como el conjunto total de elementos que forman parte del objetivo de estudio y comparten características comunes relacionados con la investigación.

La población considerada en este proyecto de investigación de la carretera Nueva Requena – San José corresponde al área del terreno donde se ejecutó dicho proyecto la cual presenta 46+844.00 km de longitud, ubicada en el departamento de Ucayali, provincia de Coronel Portillo, Distritos de Nueva Requena y Yarinacocha; las coordenadas UTM y altitud son las siguientes:

Tabla 1. Coordenadas UTM

SECTOR	KM	COORDENADAS UTM		COTA
		ESTE (X)	NORTE (X)	msnm
INICIO TRAMO	00+000	544418.00	9078627.00	152.00
FINAL TRAMO	46+844.00	516355.00	9080247.00	153.00

Fuente: Elaboración propia

3.2.2. Muestra

Arias (2006) define que la muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población. Otzen y Manterola (2017) el tipo de muestreo es no probabilístico, ya que la selección de la muestra dependerá del criterio del investigador, y la técnica es por conveniencia, ya que permite seleccionar dichos casos accesibles y la proximidad para el investigador.

Para la presente investigación se consideró el tramo de comienzo desde la progresiva 00+000 Km a 46+844.00 Km ubicada en el departamento de Ucayali, provincia de Coronel Portillo, Distritos de Yarinacocha y Campo verde.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. Técnicas

La técnica que usó este estudio fue la encuesta, esto permitió recoger información de las variables metodología BIM y diseño vial en la aplicación, para el mejoramiento del tramo Nueva Requena – San José, Pucallpa, 2024.

3.3.2. Instrumentos

El instrumento utilizado para la recolección de datos fue el cuestionario estructurado, elaborado en función de las dimensiones e indicadores de las variables metodología BIM y diseño vial. Este instrumento estuvo conformado por un conjunto de preguntas orientadas a recopilar información relevante sobre la aplicación de la

metodología BIM en el mejoramiento del tramo Nueva Requena – San José, Pucallpa, 2024.

3.4. TRATAMIENTOS DE DATOS

Para el tratamiento de los datos recolectados durante la investigación de campo, se empleó los instrumentos mencionados previamente. La información proceso utilizando software BIM especializado en ingeniería. Este enfoque facilito el análisis de los datos recopilados y la creación del diseño conforme a la metodología BIM, contribuyendo así a alcanzar los objetivos establecidos.

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La carretera Nueva Requena – San José está categorizada como vía departamental Ruta UC-103. Su ubicación geográfica abarca aproximadamente 46+844.00 km de extensión, y su trazado serpentea a través de un paisaje que va desde zonas urbanas hasta áreas rurales. Esta carretera desempeña un papel crucial en la conectividad de la región, sirviendo como un enlace vital entre los distritos de Yarinacocha y Nueva Requena. El tramo de carretera discurre por terrenos de topografía plana, ondulada y accidentada, con deficiencias en obras de arte y drenaje, la carretera enlaza otras comunidades campesinas dentro de la jurisdicción de los dos distritos.

4.1.1. Características físicas

La vía consiste en una superficie afirmada con un ancho promedio de 6 metros, con dos carriles y en ciertos tramos podemos observar cunetas a los costados de la vía que facilita el drenaje de aguas pluviales. El afirmado actual se compone principalmente de tierra roja y hormigón, que ha experimentado un desgaste notable debido a las condiciones climáticas y al tráfico continuo. A lo largo de su recorrido, la carretera presenta curvas pronunciadas, pendientes y áreas de estrechamiento, lo que ha llevado a situaciones de tráfico complicadas y, a veces, a la inaccesibilidad vehicular.

4.1.2. Estado de conservación

En cuanto al estado de conservación, la vía afirmada muestra signos evidentes de deterioro. El afirmado presenta baches y áreas desgastadas, lo que

afecta la comodidad y la seguridad de los usuarios. La señalización vial, aunque aún legible en su mayoría, muestra señales de desgaste y falta de mantenimiento.

4.1.3. Uso y trafico

La carretera es una arteria importante para el transporte regional y local. A lo largo del día, experimenta un tráfico de vehículos de pasajeros, vehículos privados y transporte de carga. Se pueden observar problemas en áreas específicas, lo que aumenta el tiempo de viaje y la inseguridad en la carretera.

4.1.4. Medio ambiente y entorno

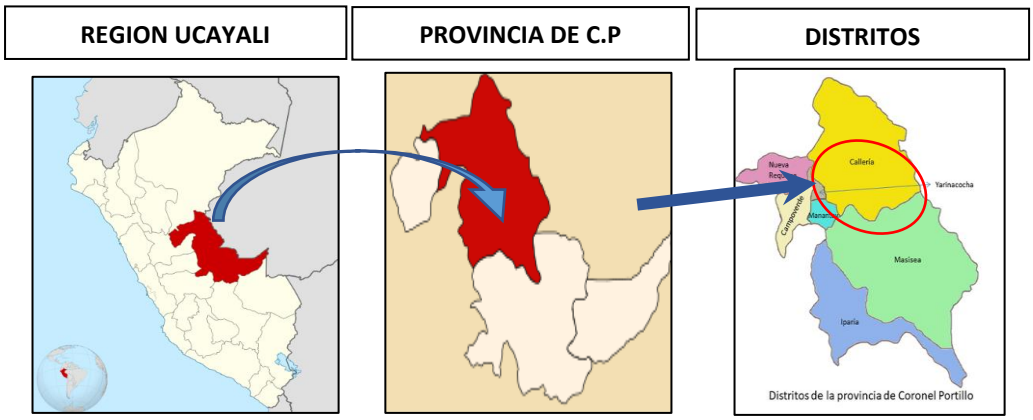
El entorno de la vía afirmada varía, desde áreas urbanas con edificaciones y comercios cercanos hasta tramos que atraviesan zonas rurales con vegetación densa. Algunos tramos de la carretera están cerca de cuerpos de agua, lo que requiere un enfoque especial en la gestión del drenaje y la protección de los recursos hídricos.

UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y POLÍTICA

El proyecto se ubica en:

Distritos	: Yarinacocha y Nueva Requena
Provincia	: Coronel Portillo
Departamento	: Ucayali
Coordenadas UTM	: Zona: 18 S

Figura 1. Ubicación política del proyecto



Fuente: Google Imágenes

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

INICIO:

Progresiva : 0+000.00

Cota : 152.00 m.s.n.m

Coordenada : 9078627.00 N : 544418.00

FIN:

Progresiva : 46+844.00

Cota : 153.00 m.s.n.m.

Coordenada : 9080247.00 N : 516355.00

Clasificación del camino (ruta): UC-103

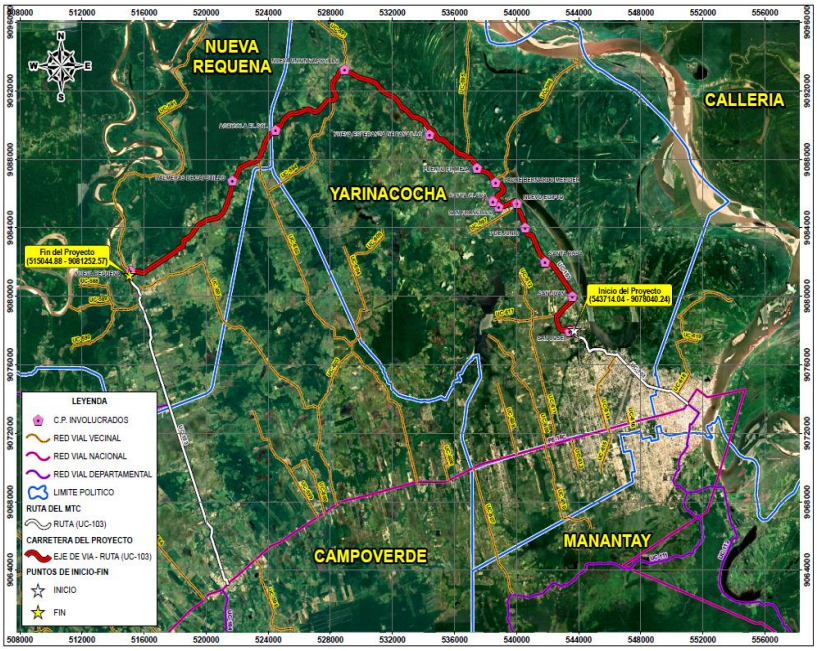
Tabla 2. Localidades dentro del tramo de la vía del proyecto

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	CP / CASERIO	COMUNIDAD NATIVA
Ucayali	Coronel Portillo	Yarinacocha	C.P San José	-
			C.P San Juan	-
			Caserío Santa Rosa	-
			Caserío 7 de Junio	-
			-	San Francisco
			-	Nuevo Egipto

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	CP / CASERIO	COMUNIDAD NATIVA
			-	Santa Clara
			Caserío Padre Bernardo de Mercier	-
			-	Puerto Firmeza
			C.P Esperanza de Panaillo	-
			Caserío Unión Zapotillo	-
			Caserío Agrícola El Sol	-
			Caserío Parleras de Zapotillo	-
		Nueva Requena	C.P Nueva Requena	-

Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Mapa de área de influencia directa e indirecta del proyecto

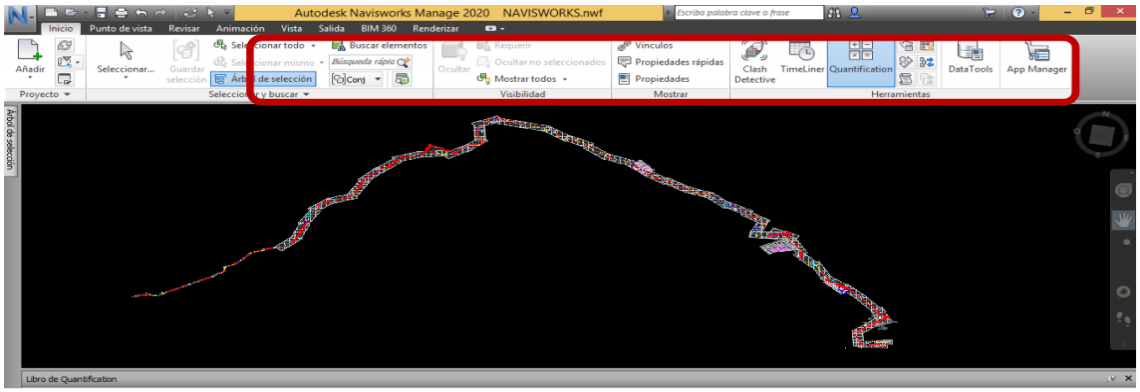


Fuente: Elaboración propia

4.2. Objetivo Especifico 1. Evaluar cómo influye la aplicación de la metodología BIM en el mejoramiento de la gestión de costos del tramo Nueva Requena – San José, Pucallpa 2024.

A continuación, en el programa Navisworks, se elaboró la cuantificación, que sirve para facilitar la extracción automática y actualizada de las cantidades de obra, representando un avance significativo para la industria de la construcción. Además, nos permitieron planificar y simular de manera eficiente el proceso constructivo.

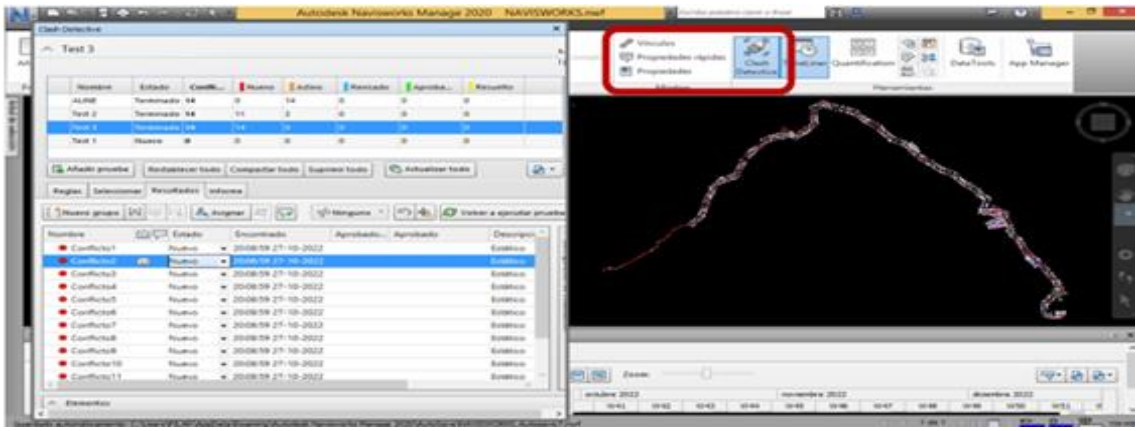
Figura 3. Archivo DWG correspondiente al diseño de la carretera



Fuente: Elaboración propia

El archivo DWG correspondiente al diseño de la carretera, creado en Civil 3D, se abrió en el software Navisworks. Inicialmente, se realizó una prueba de interferencia, que identificó un total de 14 problemas. Esto requiere un análisis detallado del trazado del diseño de la carretera. Cabe destacar que estos hallazgos no implican la existencia de conflictos entre la geometría 3D tradicional (compuesta por triángulos) y las nubes de puntos. Un ejemplo de interferencia detectada es una colisión de vehículos.

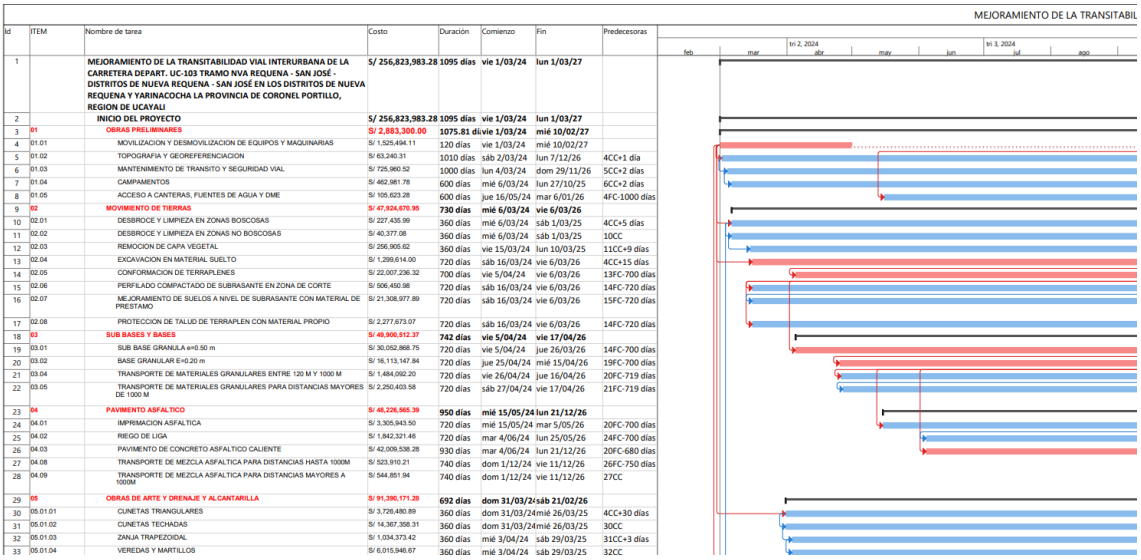
Figura 4. Interferencias



Fuente: Elaboración propia

En consecuencia, se procedió a ingresar las partidas del proyecto en el programa, con el fin de programar todas las actividades realizadas, conforme a lo establecido previamente en el cronograma elaborado en MS Project.

Figura 5. Programación en Ms Project



Id	ITEM	Nombre de tarea	Costo	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
1		MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL INTERURBANA DE LA CARRETERA DEPART. UC-103 TRAMO NVA REQUENA - SAN JOSÉ - DISTRITOS DE NUEVA REQUENA - SAN JOSÉ EN LOS DISTRITOS DE NUEVA REQUENA Y YARINACOCHA LA PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO, REGION DE UCAYALI	S/ 256,823,983.28	1095 días	vie 1/03/24	lun 1/03/27	
2		INICIO DEL PROYECTO	S/ 256,823,983.28	1095 días	vie 1/03/24	lun 1/03/27	
3	01	OBRAS PRELIMINARES	S/ 2,883,300.00	1075.81 días	vie 1/03/24	mié 10/02/27	
4	01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	S/ 1,525,494.11	120 días	vie 1/03/24	mié 10/02/27	
5	01.02	TOPOGRAFIA Y GEOREFERENCIACION	S/ 63,240.31	1010 días	sáb 2/03/24	lun 7/12/26	4CC+1 día
6	01.03	MANTENIMIENTO DE TRANSITO Y SEGURIDAD VIAL	S/ 725,960.52	1000 días	lun 4/03/24	dom 29/11/26	5CC+2 días
7	01.04	CAMPAMENTOS	S/ 462,981.78	600 días	mié 6/03/24	lun 27/10/25	6CC+2 días
8	01.05	ACCESO A CANTERAS, FUENTES DE AGUA Y DME	S/ 105,623.28	600 días	jue 16/05/24	mar 6/01/26	4FC-1000 días
9	02	MOVIMIENTO DE TIERRAS	S/ 47,924,670.95	730 días	mié 6/03/24	vie 6/03/26	
10	02.01	DESBROCE Y LIMPIEZA EN ZONAS BOSCOSAS	S/ 227,435.99	360 días	mié 6/03/24	sáb 1/03/25	4CC+5 días
11	02.02	DESBROCE Y LIMPIEZA EN ZONAS NO BOSCOSAS	S/ 40,377.08	360 días	mié 6/03/24	sáb 1/03/25	10CC
12	02.03	REMOCION DE CAPA VEGETAL	S/ 256,905.62	360 días	vie 15/03/24	lun 10/03/25	11CC+9 días
13	02.04	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	S/ 1,299,614.00	720 días	sáb 16/03/24	vie 6/03/26	4CC+15 días
14	02.05	CONFORMACION DE TERRAPLENES	S/ 22,007,236.32	700 días	vie 5/04/24	vie 6/03/26	13FC-700 días
15	02.06	PERFILADO COMPACTADO DE SUBRASANTE EN ZONA DE CORTE	S/ 506,450.98	720 días	sáb 16/03/24	vie 6/03/26	14FC-720 días
16	02.07	MEJORAMIENTO DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE CON MATERIAL DE PRESTAMO	S/ 21,308,977.89	720 días	sáb 16/03/24	vie 6/03/26	15FC-720 días
17	02.08	PROTECCION DE TALUD DE TERRAPLEN CON MATERIAL PROPIO	S/ 2,277,673.07	720 días	sáb 16/03/24	vie 6/03/26	14FC-720 días
18	03	SUB BASES Y BASES	S/ 49,900,512.37	742 días	vie 5/04/24	vie 17/04/26	
19	03.01	SUB BASE GRANULA e=0.50 m	S/ 30,052,868.75	720 días	vie 5/04/24	jue 26/03/26	14FC-700 días
20	03.02	BASE GRANULAR E=0.20 m	S/ 16,113,147.84	720 días	jue 25/04/24	mié 15/04/26	19FC-700 días
21	03.04	TRANSPORTE DE MATERIALES GRANULARES ENTRE 120 M Y 1000 M	S/ 1,484,092.20	720 días	vie 26/04/24	jue 16/04/26	20FC-719 días
22	03.05	TRANSPORTE DE MATERIALES GRANULARES PARA DISTANCIAS MAYORES DE 1000 M	S/ 2,250,403.58	720 días	sáb 27/04/24	vie 17/04/26	21FC-719 días
23	04	PAVIMENTO ASFALTICO	S/ 46,226,565.39	950 días	mié 15/05/24	lun 21/12/26	
24	04.01	IMPRIMACION ASFALTICA	S/ 3,305,943.50	720 días	mié 15/05/24	mar 5/05/26	20FC-700 días
25	04.02	RIEGO DE LIGA	S/ 1,842,321.46	720 días	mar 4/06/24	lun 25/05/26	24FC-700 días
26	04.03	PAVIMENTO DE CONCRETO ASFALTICO CALIENTE	S/ 42,009,538.28	930 días	mar 4/06/24	lun 21/12/26	20FC-680 días
27	04.08	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA PARA DISTANCIAS HASTA 1000M	S/ 523,910.21	740 días	dom 1/12/24	vie 11/12/26	26FC-750 días
28	04.09	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA PARA DISTANCIAS MAYORES A 1000M	S/ 544,851.94	740 días	dom 1/12/24	vie 11/12/26	27CC
29	05	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE Y ALCANTARILLA	S/ 91,390,171.28	692 días	dom 31/03/24	sáb 21/02/26	
30	05.01.01	CUNETAS TRIANGULARES	S/ 3,726,480.89	360 días	dom 31/03/24	mié 26/03/25	4CC+30 días
31	05.01.02	CUNETAS TECHADAS	S/ 14,367,358.31	360 días	dom 31/03/24	mié 26/03/25	30CC
32	05.01.03	ZANJA TRAPEZOIDAL	S/ 1,034,373.42	360 días	mié 3/04/24	sáb 29/03/25	31CC+3 días
33	05.01.04	VEREDAS Y MARTILLOS	S/ 6,015,946.67	360 días	mié 3/04/24	sáb 29/03/25	32CC

Fuente: Elaboración propia

Una de las ventajas de emplear Navisworks en distintos proyectos de infraestructura vial no se limita solo a la visualización del modelo, sino que también brinda la posibilidad de realizar simulaciones tanto en términos de tiempo como de costos. Esto permite desarrollar el proyecto con una planificación logística adecuada y una programación de construcción, minimizando errores y desperdicios. Como

resultado, se optimizan los procesos y se mejora la eficiencia en la gestión de recursos, como el personal y los materiales, entre otros aspectos.

Finalmente se elaboró el presupuesto del proyecto optimizando los recursos, quedando de la siguiente manera:

Figura 6. Resumen de presupuesto

OBRA: **:"MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL INTERURBANA DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL UC- 103 EN EL TRAMO NUEVA REQUENA-SAN JOSÉ EN LOS DISTRITOS DE NUEVA REQUENA Y YARINACOCHA DE LA PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO-DEPARTAMENTO DE UCAYALI" CUI Nº 2555903**

Ubicación : Ucayali - Coronel Portillo - Yaniracocha - Nueva requena

Localidades : Santa Jose. San Juan, San Francisco, Sapotillo, Nueva Requena

Plazo Ejecucion : 36 Meses

ÍTEM	DESCRIPCIÓN		PARCIAL
1.00	OBRAS PRELIMINARES		2,883,300.00
2.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS		47,924,670.95
3.00	SUB BASES Y BASES		49,900,512.37
4.00	PAVIMENTO ASFALTICO		48,226,565.39
5.00	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE Y ALCANTARILLA		91,390,171.28
6.00	INSTALACIONES SANITARIAS Y ELECTRICAS		32,417.38
7.00	SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL		2,529,771.44
8.00	IMPLEMENTACION Y ADMINISTRACION DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO		574,264.90
9.00	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL		1,322,206.54
10.00	CONSTRUCCION DE PUENTES		12,040,103.03
	Costo Directo		**256,823,983.28**
	Gastos Generales	9.760000000000%	25,066,020.77
	Utilidad	10.00000000000%	25,682,398.33
	Valor Referencial sin IGV		**307,572,402.38**
	I.G.V (18%)		55,363,032.43
	Valor Referencial		**362,935,434.81**
1.0	GASTOS DE SUPERVISION		29,584,229.72
2.0	ELABORACION DE EXPEDIENTE TECNICO		2,661,945.60
3.0	SUPERVISION DE ELABORACION DE EXP. TECNICO		313,511.40
4.0	PLAN DE AFECTACIONES Y COMPENSACIONES - PAC		4,398,253.03
5.0	GESTIÓN DEL PROYECTO		1,570,250.55
	Monto de Inversión		**401,463,625.11**
	GASTOS DE CONTROL CONCURRENTE (2.0 %)	2.00%	8,029,272.50
	TOTAL MONTO DE INVERSION		**409,492,897.61**

Fuente: Elaboración propia

Haciendo una comparativa con el costo anterior que es:

OBRA: "MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL INTERURBANA DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL UC - 103 EN EL TRAMO NUEVA REQUENA - SAN JOSE EN LOS DISTRITOS DE NUEVA REQUENA Y YARINACOCHA DE LA PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO - DEPARTAMENTO DE UCAYALI"		
UBICACIÓN: UCAYALI - CORONEL PORTILLO - YARINACOCHA - NUEVA REQUENA		
PLAZO DE EJECUCION: 36 MESES		
ITEM	**DESCRIPCION**	**PARCIAL**
1.00	CONSTRUCCION DE RED DE DISTRIBUCION : INSTALACIONES SANITARIAS Y ELECTRICAS	S/ 46,732.35
2.00	CONSTRUCCION DE INFRAESTRUCTURA DE ALMACENAMIENTO : OBRAS PRELIMINARES,MOVIMIENTO DE TIERRAS,SUB BASES Y BASES, PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	S/ 77,715,347.80
3.00	CONSTRUCCION DE PAVIMENTO : PAVIMENTO	S/ 156,459,184.10
4.00	CONSTRUCCION DE OBRAS DE ARTE : OBRAS DE ARTE Y DRENAJE Y ALCANTARILLA	S/ 115,130,794.24
5.00	CONSTRUCCION DE PUENTE : PUENTES	S/ 18,556,279.75
6.00	IMPLEMENTACION DE SEÑALES DE TRÁFICO : SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL	S/ 3,457,899.17
7.00	CAPACITACION DE TALLER : TALLER - IMPACTO AMBIENTAL	S/ 6,307,773.72
	COSTO DIRECTO	S/ 377,674,011.13
	GESTION DEL PROYECTO:	S/ 1,570,250.55
	EXPEDIENTE TÉCNICO:	S/ 2,661,945.60
	SUPERVISIÓN:	S/ 30,175,572.05
	COSTO TOTAL	S/ 412,081,779.33
	CONTROL CONCURRENTE	S/ 2,060,408.90
	COSTO TOTAL DE INVERSION	S/ 414,142,188.23

Por lo tanto, el costo de la obra se reducción en S/ 4,649,290.62 el cual representa una reducción del 1.12%.

4.3. Objetivo Especifico 2. Evaluar cómo influye la aplicación de la metodología BIM en el mejoramiento del tiempo en la programación del tramo Nueva Requena – San José, Pucallpa 2024.

4.3.1. Reconocimiento de la zona de investigación

Se llevó a cabo un análisis del proyecto de investigación en coordinación con las autoridades competentes, confirmando la fecha de inicio del proyecto. Además, se realizó un estudio y levantamiento del área para la recopilación de la información.

Figura 7. Vista fotográfica de vehículos utilizados con más frecuencia en la zona del proyecto



Fuente: Elaboración propia

Figura 8. Vista fotográfica de la generación de material particulado en la zona del proyecto



Fuente: Elaboración propia

4.3.2. Toma de datos

En este proyecto de investigación, se llevó a cabo un levantamiento topográfico del segmento correspondiente a la vía departamental UC-103, Nueva Requena - San Jose en los Distritos de Nueva Requena y Yarinacocha de la Provincia de Coronel Portillo - Departamento de Ucayali, utilizando GPS de doble frecuencia de marc CHC i50 que cuenta de una base y un rover. El tipo de solución fue fija estática, con intervalo de grabación de 1s.

Figura 9. Puntos geodésicos



Fuente: Elaboración propia

4.3.3. Parámetros adoptados para el diseño geométrico.

Las dimensiones para las secciones típicas consideradas para este proyecto de investigación, según las características técnicas del Diseño geométrico según las normas DG-2018 consideradas en todos los tramos son:

Tabla 3. Parámetros adoptados en Tramo I

DESCRIPCIÓN	PARAMETROS
Clasificación de la vía	Carretera de Segunda Clase
Velocidad Directriz	30 km/h
Radio mínimo	R min = 33.7 m
Ancho de calzada	2 calzadas de a = 7.20 m
Ancho de berma	b = 2.00 m
Peralte máximo	P máx. = 4%
Pendiente Máxima	7.00% (empalme con el tramo2)
Bombeo de calzada	B = 2.50 %
Sobreancho	s/a según normas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Parámetros adoptados en Tramo II

DESCRIPCIÓN	PARAMETROS
Clasificación de la vía	Carretera de Segunda Clase
Velocidad Directriz	60 km/h (4+000 – 5+900)
Radio mínimo	R min = 123.2 m
Ancho de calzada	a = 7.20 m
Ancho de berma	b = 1.20 m
sobreancho de compactación	s.a.c. =0.50
Peralte máximo	P máx. = 8 %
Pendiente Máxima	7.00%
Bombeo de calzada	B = 2.50 %
Sobreancho	s/a según normas

Fuente: Elaboración propia

Se realizó el diseño geométrico, por lo que se estableció los criterios y los diseños de alineamiento horizontal, alineamiento vertical, sección tipo considerado en el diseño y sus condicionantes a lo largo del trazado del diseño. Estos diseños, pretenden solucionar todos los aspectos del trazado junto con el avance de las demás especialidades, como por ejemplo todos los encajes con cada una de las estructuras ya planteadas, los puentes y pontones existentes que se van a mantener, así como también solucionar los problemas por la hidrología de la zona, levantando la rasante en ciertos tramos y ver que posibles soluciones con lleva el estudio de geotecnia de la zona realizado.

Para los diseños se tomaron como referencia los parámetros de la normativa DG-2018 y de la normativa AASHTO. En algunos tramos se hicieron modelamientos de pases vehiculares para definir los sobreanchos excesivos que pudiera tener la norma frente a radios pequeños. De forma que se asegure el paso del vehículo de diseño representativo.

4.3.4. Diseño en el Civil 3D: Procesamiento de la información

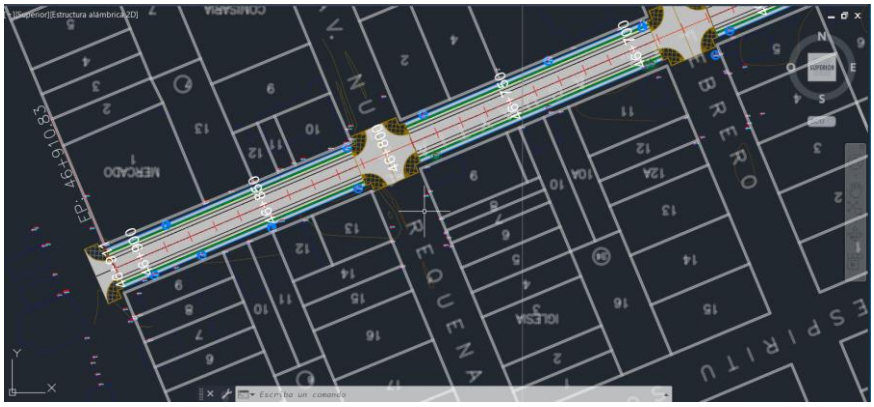
Se procedió a realizar el trabajo en gabinete para el cálculo y procesamiento de datos, de acuerdo con la información obtenida en campo, para pasarlos al programa Civil3D.

Figura 10. Punto de inicio



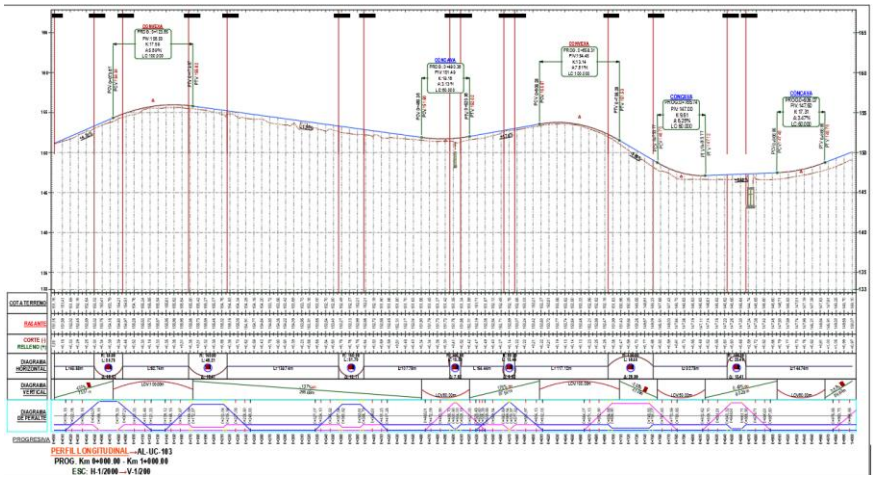
Fuente: Elaboración propia

Figura 11. Punto final



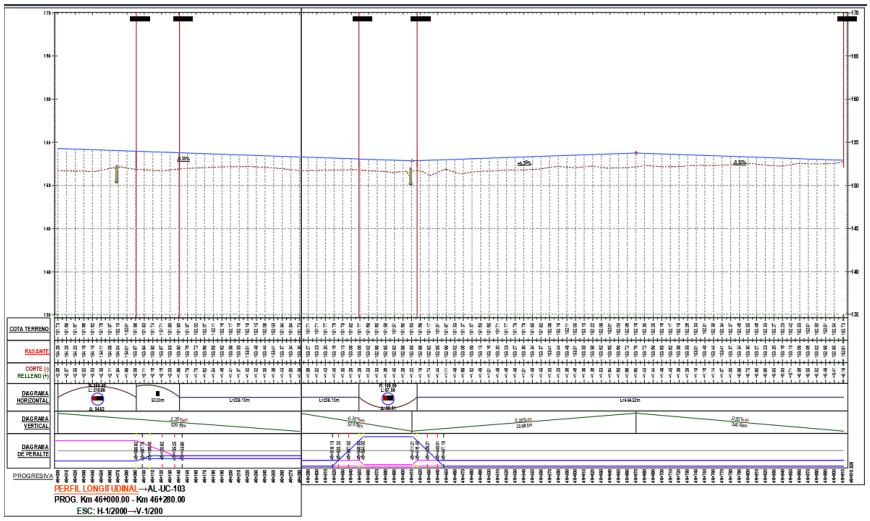
Fuente: Elaboración propia

Figura 12. Perfil longitudinal inicio



Fuente: Elaboración propia

Figura 13. Perfil longitudinal final



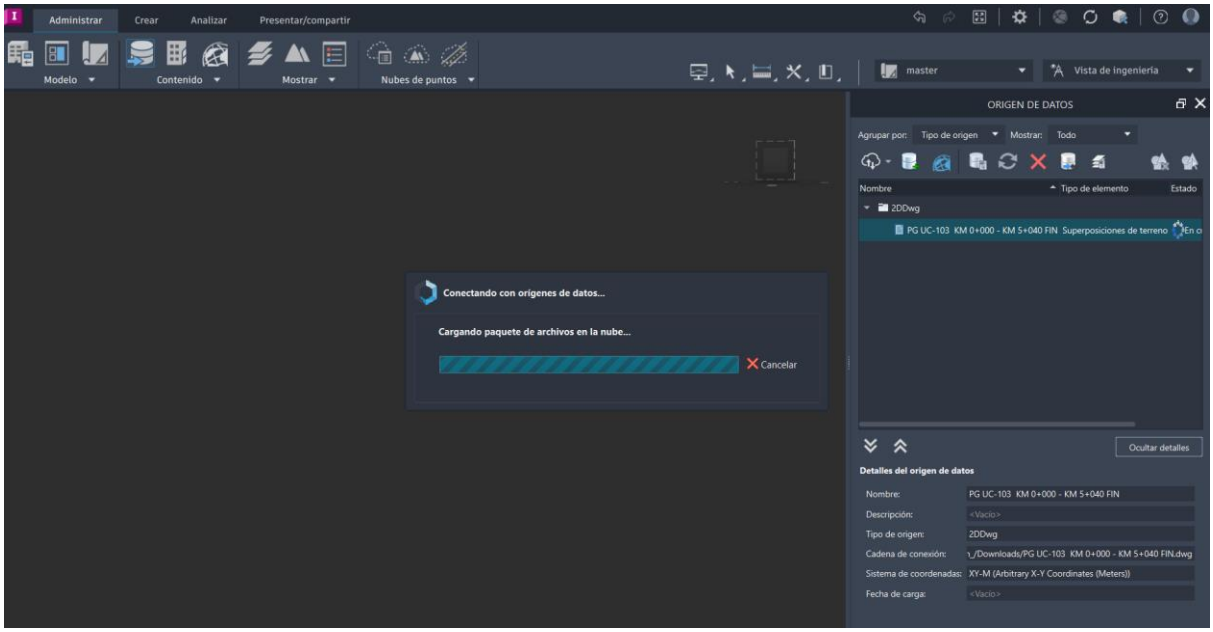
Fuente: Elaboración propia

4.3.5. Diseño en INFRAWOKS

Utilizando Infraworks, se abrió el archivo DWG creado en Civil 3D, donde se había diseñado el segmento vial de la carretera UC-103 que conecta las localidades de Nueva Requena y San José, dentro de los distritos de Nueva Requena y Yarinacocha, provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali, donde fue guardado y abierto en Autodesk Infraworks.

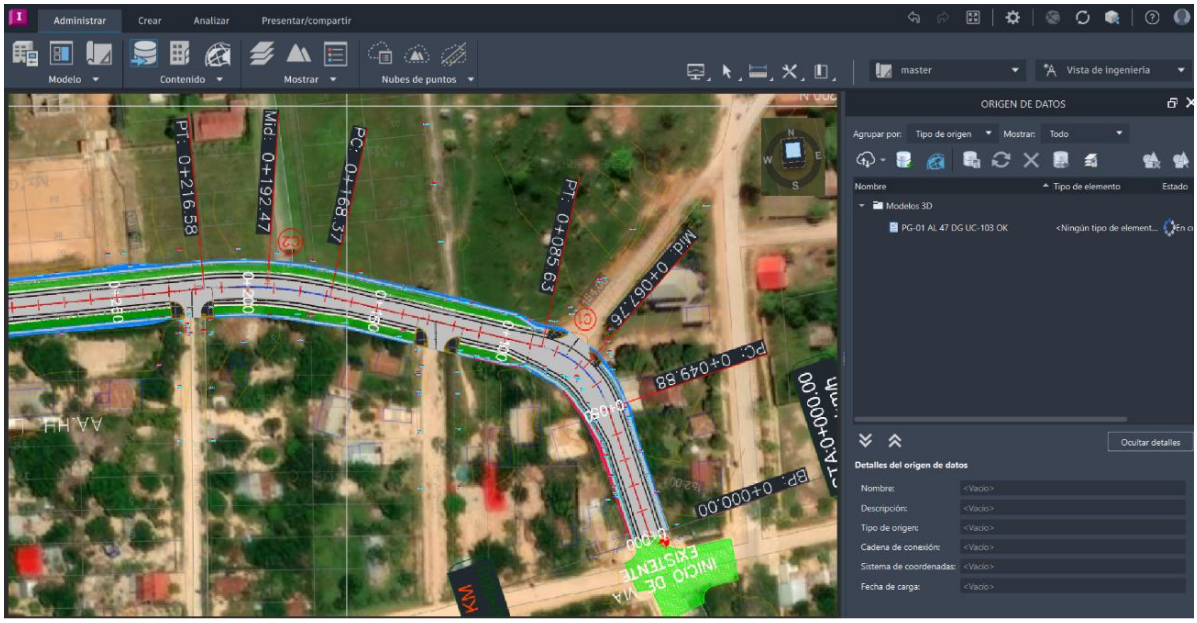
Este software integra el método AASHTO-2011 en su diseño, cumpliendo con la normativa peruana DG 2018. Además, se abrió el archivo DWG georreferenciado en la proyección UTM WGS 84. La georreferenciación también se realizó en Infraworks para dar inicio al diseño del proyecto BIM.

Figura 14. Cargando archivo DWG para su diseño



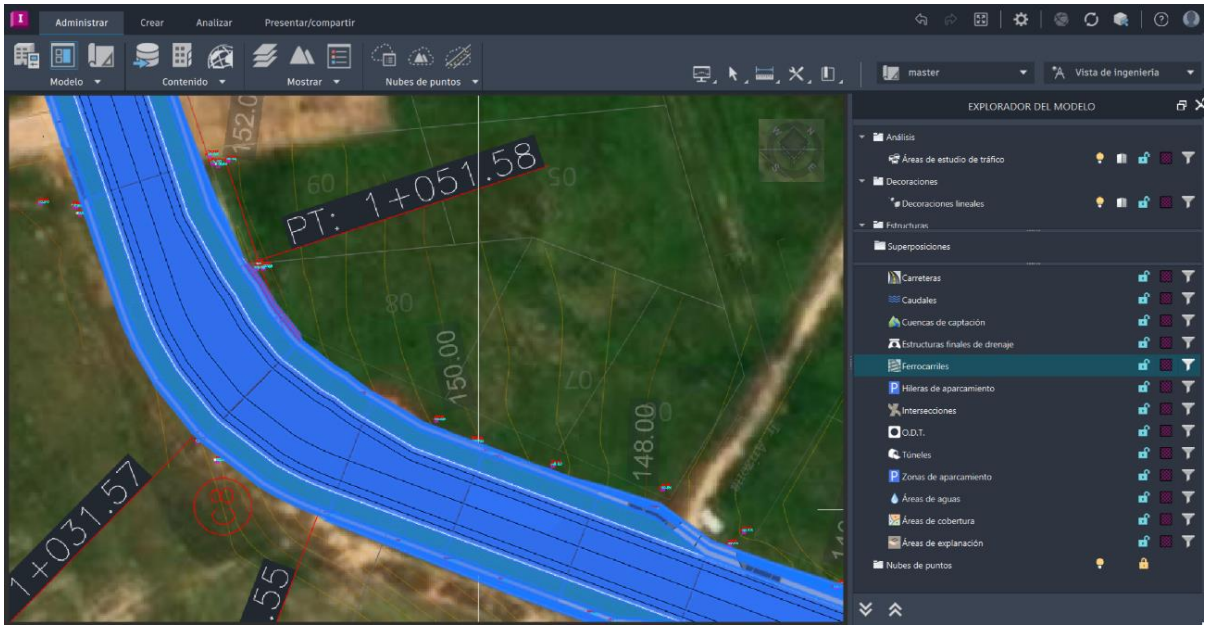
Fuente: Elaboración propia

Figura 15. Diseño de la carretera superpuesto sobre la imagen satelital



Fuente: Elaboración propia

Figura 16. Verificación de radio de las curvas



Fuente: Elaboración propia

Figura 17. Vista de diseño 3D



Fuente: Elaboración propia

Se verificó el diseño de la carretera departamental UC-103 en el tramo Nueva Requena - San Jose en los Distritos de Nueva Requena y Yarinacocha de la Provincia de Coronel Portillo - Departamento de Ucayali.

Por lo tanto, se tiene lo siguiente:

Reducción de Interferencias

La aplicación de la metodología BIM mediante el uso de software como Navisworks permitió la identificación temprana de un total de 14 interferencias durante la fase de diseño del proyecto vial. En contraste, en metodologías tradicionales basadas en planos bidimensionales, estas incompatibilidades suelen detectarse durante la ejecución de obra, generando mayores costos y retrasos. Contemplando la complejidad del proyecto y antecedentes similares en infraestructura vial, se verifico que el número de interferencias no detectadas en fase de diseño bajo un enfoque tradicional son de 50 incidencias.

En este sentido, la implementación de BIM permitió una reducción de interferencias de un 70%, evitando su traslado a etapa constructiva. Este resultado representa una mejora significativa en la calidad del diseño, así como una disminución sustancial de riesgos técnicos, reprocesos y adicionales de obra.

Optimización de Costos

El análisis comparativo del presupuesto del proyecto evidencia que la aplicación de la metodología BIM permitió una reducción total de S/ 4,649,290.62 respecto al costo inicial estimado de S/ 414,142,188.23, lo que representa una disminución del 1.12%. Esta reducción no se produce de manera uniforme en todas las partidas, sino que se concentra principalmente en aquellas directamente relacionadas con la precisión del diseño geométrico, la optimización de metrados y la planificación constructiva.

El uso de herramientas BIM permitió automatizar la cuantificación de materiales, reducir errores en los cálculos manuales y optimizar el uso de recursos, generando una asignación más eficiente del presupuesto. Asimismo, la detección anticipada de incompatibilidades evitó costos adicionales derivados de modificaciones en obra.

Tabla 5. Ahorro por Partidas

Partida	Impacto de BIM	Ahorro (%)	Contribución al ahorro
Movimiento de tierras	Optimización de corte y relleno	2.00%	Alto
Obras de arte y drenaje	Reducción de interferencias	1.00%	Medio
Pavimento	Precisión de metrados	0.50%	Medio
Puentes	Impacto limitado	0%	Bajo
Señalización y otros	Optimización menor	0.50%	Bajo

Fuente: Elaboración propia

Optimización de Metrados

La utilización de la metodología BIM permitió mejorar significativamente la precisión en la estimación de metrados mediante la automatización de cálculos en el modelo tridimensional. A diferencia del método tradicional, donde los metrados se obtienen manualmente a partir de planos bidimensionales, el modelamiento BIM integra directamente la información geométrica y constructiva, reduciendo la probabilidad de errores humanos, duplicidades y omisiones.

En este caso el Proyecto desarrollado bajo metodología convencional, el error del Metrado son del 3.5%. En contraste, la aplicación de BIM permitió reducir este margen de error a un valor del 1%. En el presente estudio, esto se traduce en una mejora en la precisión de metrados del 2.5%, lo cual contribuye directamente a la optimización del presupuesto y a una mejor planificación de recursos.

Reducción de Reprocesos

Uno de los principales beneficios de la metodología BIM es la capacidad de detectar errores e incompatibilidades en la fase de diseño, evitando su corrección en etapas posteriores del proyecto. En el enfoque tradicional, la falta de integración entre disciplinas genera la necesidad de realizar modificaciones durante la ejecución de la obra, lo que implica retrabajos, ampliaciones de plazo y costos adicionales.

En el presente proyecto, la identificación temprana de interferencias permitió evitar estos reprocesos, estimándose una reducción entre el 70% en actividades correctivas durante la fase constructiva. Este resultado evidencia que BIM no solo mejora el diseño, sino que también optimiza la eficiencia global del proyecto.

Optimización Geométrica del Diseño Vial

El uso de software como Civil 3D e Infraworks permitió desarrollar un modelo tridimensional del trazado vial, facilitando la verificación y optimización de

parámetros geométricos conforme a la normativa DG-2018 y AASHTO. A través de este proceso, se logró validar radios de curvatura, pendientes, peraltes y secciones transversales, garantizando un diseño seguro y funcional.

Asimismo, el modelamiento permitió realizar ajustes en el perfil longitudinal y alineamiento horizontal, optimizando el balance de corte y relleno. Como resultado, se obtuvo un diseño geométrico más eficiente, reduciendo inconsistencias y asegurando el cumplimiento del 100% de los parámetros técnicos establecidos.

Optimización del Tiempo de Diseño

La incorporación de la dimensión temporal (BIM 4D) permitió mejorar la planificación del proyecto mediante la simulación del proceso constructivo. A diferencia del método tradicional, donde el diseño y la programación se desarrollan de manera independiente, BIM integra ambas variables en un entorno digital único.

Esto permitió reducir las iteraciones de diseño, mejorar la coordinación entre especialidades y agilizar la toma de decisiones. En consecuencia, se generó una reducción del tiempo de elaboración del expediente técnico del 15%, lo cual representa una mejora significativa en la eficiencia del proceso de diseño.

Tabla 6. Comparación Metodología Tradicional vs BIM

Indicador	Método Tradicional	Metodología BIM	Mejora obtenida
Detección de interferencias	En etapa de obra	En etapa de diseño	70%
Precisión de metrados	3.50%	Error 1%	2.50%
Reprocesos	Altos	Reducidos	70%
Costos	Mayor incertidumbre	Controlados	-1.12%
Tiempo de diseño	Proceso iterativo lento	Integrado y optimizado	15%
Coordinación técnica	Baja integración	Alta integración	Alta mejora
Visualización del proyecto	2D	3D / 4D	Total

Fuente: Elaboración propia

4.4. DISCUSIONES DE RESULTADOS

De acuerdo con el proyecto de investigación aplicación de la metodología BIM mejorara el diseño vial del tramo Nueva Requena – San José, Pucallpa 2024, tenemos lo siguiente:

- Abdullahi, et al. (2023), la tecnología BIM se presenta como una herramienta que facilita la gestión y supervisión de los problemas en un proyecto específico, desde su inicio hasta su finalización. Además, integra la inteligencia BIM y la pone a disposición de todo el equipo del proyecto de forma instantánea y procesable, con respecto al objetivo general de esta investigación de Aplicar la metodología BIM para mejorar el diseño vial del tramo Nueva Requena – San José, Pucallpa 2024, A partir de la información recopilada en tesis, ensayos, libros, sitios web y otras fuentes, se confirma que la implementación de la metodología BIM constituye un avance tecnológico. Esta metodología integra diversas herramientas de software que mejoran la eficiencia en el desarrollo del diseño vial de la carretera en cuestión. De esta manera, se valida de forma positiva y efectiva la hipótesis planteada: La aplicación de la metodología BIM influye en la mejora del diseño vial del tramo Nueva Requena – San José, Pucallpa 2024.

- Se tiene a Bustamante, Ochoa y González (2021) en su artículo obtuvieron como resultado que al comparar los costos de las planificaciones del proyecto hay una diferencia de ahorro económico de un 1.3% al emplear la metodología en la fase de ejecución, donde se concluyó esta investigación que con la implementación de esta metodología en fase de ejecución se muestra económicamente un ahorro satisfactorio habiendo establecido la metodología BIM que significa mayor organización creando nuevos estándares respecto a esta nueva metodología de trabajo, de acuerdo con nuestro objetivo específico 1: Evaluar cómo influye la

aplicación de la metodología BIM en el mejoramiento de la gestión de costos del tramo Nueva Requena – San José, Pucallpa 2024, se demostró que al aplicar la metodología BIM mediante el programa Navisworks, se mejora la gestión de costos, reduciendo desperdicios y mejorando la planificación del proyecto, el costo de la obra se reducción en S/ 4,649,290.62 el cual representa una reducción del 1.12%.

-Según Chiroque, M. (2022), en su investigación, determinó en el proyecto de investigación que al aplicar esta Metodología BIM en el Diseño Vial de la carretera, la Arena a C.P Casagrande del Distrito de la Arena, Prov. de Piura, Dpto. Piura, Tuvo un impacto positivo durante la etapa de diseño, ya que facilitó un trabajo colaborativo e integral con todas las especialidades involucradas, brindando una mejor facilidad, en consecuente con nuestro objetivo específico 2: Evaluar cómo influye la aplicación de la metodología BIM en el mejoramiento del tiempo en la programación del tramo Nueva Requena – San José, Pucallpa 2024, nos permitió reducir el tiempo de elaboración de un expediente técnico, además de que nos ahorra tiempo al momento de realizar el diseño y modelamiento de nuestra carretera en 2D y 3D y se confirma de manera efectiva que es posible realizar modificaciones en el proceso de diseño vial, ya que la visualización tridimensional permite efectuar correcciones durante la etapa de diseño.

- Salinas y Prado (2019), en su artículo, tuvieron como objetivo esencial, determinar los beneficios se logran en la fase de diseño a partir de un proceso colaborativo e integrado donde se involucran todos los stakeholders para comprender el proyecto a través de la visualización del modelo BIM, evitando interrupciones y problemas futuros; el método utilizado es un estudio cuantitativo tomando como muestra tres proyectos de construcción pública peruanos; finalmente los resultados y conclusiones obtenidas fueron que la propuesta para el uso de BIM en proyectos

públicos en el Perú tiene en cuenta las posibilidades de construcción y diseño, teniendo en cuenta que siempre se debe intentar la última opción, entendiendo que en el primer caso BIM. Se utilizará "Error encontrado" en el sentido de que la documentación técnica se genera sin BIM, mientras que, en el segundo caso, se utilizará BIM en una etapa temprana para evitar retrabajos y entregar la documentación técnica lista para la construcción sin cambios significativos, por lo tanto se puede decir que la implementación temprana de BIM en proyectos permite optimizar tanto el diseño como la construcción, reduciendo considerablemente los retrabajos y garantizando la entrega de documentación técnica precisa. Se demuestra de manera empírica la efectividad de BIM en este ámbito, lo que refuerza la necesidad de su adopción generalizada en el sector.

- Además, la distinción que hacen entre la generación de documentación técnica sin BIM y el uso de esta metodología desde las primeras etapas resulta fundamental para comprender la importancia de una planificación adecuada. Consideramos que su investigación no solo aporta evidencia concreta sobre los beneficios de BIM, sino que también respalda la hipótesis de nuestro estudio: la metodología BIM mejora la gestión de costos y optimiza el diseño vial. Esto refuerza la idea de que su implementación no debe percibirse solo como una alternativa, sino como un estándar esencial para la mejora continua en la gestión de proyectos públicos en el Perú.

- Los resultados obtenidos evidencian que la aplicación de la metodología BIM no solo genera mejoras cualitativas en la planificación del diseño vial, sino que también produce impactos cuantificables en variables críticas del proyecto. La reducción de interferencias del 70%, la optimización de costos en 1.12%, la mejora en la precisión de metrados y la disminución significativa de reprocesos demuestran que BIM constituye una herramienta efectiva para incrementar la eficiencia técnica y

económica en proyectos de infraestructura vial, especialmente en contextos complejos como la región amazónica.

- La presente investigación constituye un aporte técnico relevante para la región Ucayali, al proponer y demostrar la viabilidad de un modelo de diseño vial basado en la metodología BIM, aplicable a contextos amazónicos caracterizados por limitaciones en la disponibilidad de información, condiciones geográficas complejas y debilidades en la formulación de expedientes técnicos. En la actualidad, la mayoría de los expedientes técnicos y la ejecución de obras en la región no incorporan la metodología BIM, debido a su escasa implementación y a la limitada exigencia por parte de las entidades públicas, lo que evidencia un rezago en la adopción de tecnologías digitales en la gestión de proyectos de infraestructura. Esta situación conlleva a que, durante la fase de ejecución de obra, se presenten recurrentemente problemas como incompatibilidades entre especialidades, errores en metrados, deficiencias en el diseño geométrico y falta de coordinación técnica, los cuales derivan en adicionales de obra, mayores metrados, ampliaciones de plazo e incluso paralizaciones o resoluciones contractuales. Estas deficiencias no solo afectan la eficiencia del proyecto desde el punto de vista técnico y económico, sino que también generan impactos negativos en la población beneficiaria, al retrasar la disponibilidad de infraestructura vial adecuada y limitar el desarrollo socioeconómico de la región.

- En este contexto, la implementación de la metodología BIM, tal como se demuestra en el presente estudio, permite reducir significativamente estas problemáticas mediante la integración digital del diseño, la detección temprana de interferencias y la optimización de recursos. Por tanto, su aplicación constituye a promover una gestión más eficiente, transparente y sostenible de los proyectos de infraestructura vial en Ucayali.

CONCLUSIONES

- La aplicación de la metodología BIM influye en la mejora del diseño vial del tramo Nueva Requena – San José, permitiendo una planificación más precisa y una mejor coordinación entre disciplinas, reduciendo significativamente los errores e incompatibilidades en la fase de diseño. La modelación tridimensional facilitó la detección temprana de conflictos, evitando retrabajos costosos y optimizando el proceso constructivo.

- La aplicación de la metodología BIM influye en la mejora de la gestión de costos del proyecto, permitiendo la automatización en la cuantificación de materiales y optimizando la planificación del presupuesto. El uso de herramientas como Navisworks facilitó el control de costos y la asignación eficiente de recursos, lo que resultó en una reducción de desperdicios y un mayor aprovechamiento de los materiales.

- La aplicación de la metodología BIM influye en la mejora del tiempo de programación del diseño vial, utilizando softwares especializados como Civil 3D e Infraworks. Esto permitió una mejor visualización y comprensión del proyecto, favoreciendo la toma de decisiones informadas y la comunicación efectiva entre los diferentes actores involucrados.

RECOMENDACIONES O SUGERENCIAS

- Se recomienda que las entidades públicas y privadas adopten la metodología BIM desde las primeras fases del diseño vial, con el fin de optimizar la planificación, reducir errores y controlar los costos de ejecución. Para ello, resulta fundamental establecer normativas y estándares nacionales que regulen su aplicación en el sector construcción, garantizando uniformidad técnica y eficiencia en los proyectos de infraestructura.

- Asimismo, es necesario fortalecer la capacitación de los profesionales involucrados en proyectos viales mediante programas de formación en herramientas BIM como Civil 3D, Infraworks y Navisworks. Una adecuada preparación técnica permitirá mejorar la eficiencia en la gestión de proyectos y asegurar una implementación efectiva de la metodología, potenciando la calidad y sostenibilidad de las obras públicas.

- Finalmente, se recomienda complementar el uso del BIM con tecnologías emergentes como drones, escáneres 3D y software de simulación para optimizar la captura de datos y la toma de decisiones. Además, se deben promover estudios comparativos e investigaciones académicas que evalúen los beneficios del BIM en términos de costo, tiempo y calidad, fomentando la colaboración entre el sector público, privado y académico para consolidar su uso en el Perú.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO. (2018). Manual de carreteras, diseño geométrico.

ABDULLAHI WATTERS, Iliyasu, et al. 2023. Papel de la estrategia digital en la gestión de la complejidad de la planificación de megaproyectos de construcción. Switzerland: Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2023.

ADEL, Mohamed, CHENG, Zhou. y LEI, Zhen. 2022. Integración del modelado de información de construcción (BIM) y el diseño y la construcción virtuales (VDC) con la construcción construida con palos para implementar la construcción digital: la perspectiva de un contratista general canadiense. Switzerland: Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2022.

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). (2018). Manual de carreteras: diseño geométrico de carreteras y calles.

AFTAB, Usman, et al. 2023. Obstrucciones en la implementación de BIM para países en desarrollo, Switzerland: Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2023.

Bustamante, Ochoa y González (2021). Propuesta de implementación de la metodología BIM 5D para obras de cimentaciones industriales en la Planta de Oxígeno de Arauco. Universidad Católica de la Santísima Concepción.

Chavarria, E. (2018). La metodología BIM para optimizar el diseño de la carretera Luricocha Pacchancca, Ayacucho 2018. https://hdl.handle.net/20.500.12692/22807 Universidad Cesar Vallejo.

Chiroque, M. (2022). Aplicación de la metodología BIM para el diseño vial de la carretera, la Arena a C.P Casagrande del Distrito de la Arena, Prov. de Piura, Dpto. Piura. Universidad Cesar Vallejo.

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P., (Sexta Edición). (2014). Metodología de la Investigación, Santa Fe, México: interamericana editores S.A. de C.V.

International Organization for Standardization. (2018). ISO 19650-1:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) - Part 1: Concepts and principles. https://www.iso.org/standard/65036.html

Leandro, A., Rojas, G., Coghi, J., y Sandoval, M., (2017). Aplicación de la metodología BIM (Modelado de la información en la construcción) a un proyecto de interés social. Instituto Tecnológica de Costa Rica, Costa Rica.

Moya, Q. et al. (2017). BIM para infraestructuras de carreteras: verificación de la normativa de diseño geométrico. Universidad Politécnica de Valencia.

Ministerio de Economía y Finanzas del Perú. (2019). Plan BIM Perú: Incorporación progresiva de la metodología BIM en la inversión pública. Dirección General de Programación Multianual de Inversiones. https://www.mef.gob.pe/planbimperu/planbim.html

Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú. (2021). Plan BIM Perú: Guía para su implementación en proyectos de infraestructura vial. https://www.mtc.gob.pe/

Novo, L. (2025). Aplicación de la Metodología BIM a un Proyecto de Construcción de una obra de carretera. Universidad de Sevilla.

Reyes, C. A. (2020). Implementación de la metodología BIM en la etapa de construcción: una revisión de la literatura científica. https://hdl.handle.net/11537/25645

SALINAS, José y PRADO, Guillermo, 2019. Building information modeling (BIM) para gestionar las fases de diseño y construcción de proyectos públicos peruanos (BIM) para la gestión del diseño y construcción de proyectos públicos peruanos. España: Revista, Construcción y gestión, 2019.

Sedano, J. (2023). Efecto de la aplicación del sistema de modelamiento de la información para la construcción de carreteras - BIM aplicado al proyecto de la carretera Imperial – Pampas. Universidad Continental.

TRAVERSO, Angel y ROMERO, Victor, 2023. Aplicación de la Metodología BIM en Proyectos Públicos y Privados de Electricidad y Telecomunicaciones en el Perú. India: Revista internacional de tendencias y tecnología de ingeniería, 2023.

Watanabe, J. (2021). Implementación de metodologías colaborativas en el proyecto: Creación de los servicios de educación inicial N° 674 en la región de Ucayali. Universidad Nacional de Ucayali.

XIA, Wenfeng, et al. 2023. Integración del modelado de información de construcción (BIM) y big data en China: aplicación reciente y perspectiva de futuro. Switzerland: Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2023.

YU, Yingxia, et al. 2023. Optimización dinámica del tiempo-coste de construcción para pozos de cimentación profundos y grandes basados en tecnología BIM y algoritmo genético. Switzerland: Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2023.

Adel, M., Cheng, Z., & Lei, Z. (2022). Integración del modelado de información de construcción (BIM) y el diseño y la construcción virtuales (VDC). Multidisciplinary Digital Publishing Institute.

Bustamante, O., Ochoa, M., & González, C. (2021). Propuesta de implementación de la metodología BIM 5D para obras de cimentaciones industriales. Universidad Católica de la Santísima Concepción.

Chiroque, M. (2022). Aplicación de la metodología BIM para el diseño vial de la carretera La Arena – C.P. Casagrande. Universidad César Vallejo.

International Organization for Standardization (ISO). (2018). ISO 19650-1:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works. https://www.iso.org/standard/68078.html

Ministerio de Economía y Finanzas del Perú. (2019). Plan BIM Perú: Incorporación progresiva de la metodología BIM en la inversión pública. Dirección General de Programación Multianual de Inversiones. https://www.mef.gob.pe/planbimperu/

Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú. (2021). Guía para la implementación de BIM en proyectos de infraestructura vial.

Sedano, J. (2023). Efecto de la aplicación del modelamiento de la información para la construcción de carreteras. Universidad Continental.

ANEXOS

ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título: Aplicación de la metodología BIM para el mejoramiento del diseño vial del tramo nueva requena – San José, Pucallpa 2024

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
Problema general ¿Cómo influye la aplicación de la Metodología BIM en el mejoramiento del diseño vial del tramo Nueva Requena – ¿San José, Pucallpa 2024? **Problema especifico** ¿Cómo influye la aplicación de la Metodología BIM en el mejoramiento de la gestión de costos del tramo Nueva Requena – ¿San José, Pucallpa 2024? ¿Cómo influye la aplicación de la Metodología BIM en el mejoramiento del tiempo en la programación del tramo Nueva Requena – ¿San José, Pucallpa 2024?	**Objetivo general** Evaluar cómo influye la aplicación de la metodología BIM en el mejoramiento del diseño vial del tramo Nueva Requena – San José, Pucallpa 2024. **Objetivos específicos** Evaluar cómo influye la aplicación de la metodología BIM en el mejoramiento de la gestión de costos del tramo Nueva Requena – San José, Pucallpa 2024. Evaluar cómo influye la aplicación de la metodología BIM en el mejoramiento del tiempo en la programación del tramo Nueva Requena – San José, Pucallpa 2024.	**Hipótesis general** La aplicación de la metodología BIM influye en la mejora del diseño vial del tramo Nueva Requena – San José, Pucallpa 2024. **Hipótesis específicas** La aplicación de la metodología BIM influye en la mejora de la gestión de costos del tramo Nueva Requena – San José, Pucallpa 2024. La aplicación de la metodología BIM influye en la mejora del tiempo de programación del tramo Nueva Requena – San José, Pucallpa 2024.	**Variable independiente** (X): Metodología BIM	Gestión de costos	Presupuesto	Cuaderno de Campo Estación Total, Prismas, Flexómetro Decretos Supremos, Normas, Tesis, Libros Computadora, Civil 3D, Infraworks, Revit
				Tiempo de programación	Tiempo de formulación del expediente técnico Tiempo de coordinación y revisión de modelos BIM	
			Variable dependiente(Y): Diseño Vial	Topografía	Puntos topográficos Coordenadas y elevación	
				Diseño Vial	Velocidad de diseño, alineamiento horizontal y vertical Secciones transversales, cálculo de volumen y planos	

ANEXO 2. TÉCNICAS Y TRATAMIENTOS DE RECOLECCIÓN

TIPO	TECNICA	INSTRUMENTOS
CAMPO	Inspección visual	Cuaderno de Campo
	Toma de mediciones	Estación Total, Prismas, Flexómetro, etc.
	Aplicación de tecnología Emergente	Dron
GABINETE	Oficina técnica	Organización y esquematizada de datos (procesamiento de datos).
	Normatividad	Decretos Supremos, Normas, Tesis, Libros.
	Uso de Hardware y Software	Computadora, Civil 3D, Infraworks, Revit, etc.

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Método de análisis de datos



Fuente: Google imágenes

ANEXO 4. RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DE EXPEDIENTE TÉCNICO

GOBIERNO REGIONAL DE UCAYALI 1552786

GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho",

RESOLUCIÓN GERENCIAL REGIONAL N°136-2024-GRU-GRI

Pucallpa, 15 ABR. 2024

VISTO: OFICIO N° 3275-2024-GRU-GGR-GRI, de fecha 15 de abril de 2024, la Gerencia Regional de Infraestructura, en mérito al INFORME N° 2069-2024-GRU-GRI-JABR, de fecha 15 de abril de 2024, INFORME N° 01368-2024-GRU-GRI-SGE, de fecha 15 de abril de 2023, INFORME TECNICO N° 006-2024-CANR, de fecha 15 de abril de 2024, CARTA N° 0518-2024-GRU-GRI-SGE, de fecha 15 de abril de 2024, INFORME N°0126-2023-DMAR, de fecha 15 de abril de 2024, CARTA N° 0514-2024-GRU-GRI-SGE, de fecha 13 de abril de 2024, INFORME N° 009-2024-CSUC-JS-JEI, y demás antecedentes;

CONSIDERANDO:

Que, de conformidad con lo establecido por el Artículo 190° y 191° de la Constitución Política del Estado, en concordancia con el Artículo 2° de la Ley N° 27867 – Ley Orgánica de Gobiernos Regionales, se establece que los gobiernos regionales gozan de autonomía política, económica y administrativa en asuntos de su competencia;

Que, con fecha 06 de junio del 2023 se suscribió el **CONTRATO DE CONSULTORIA DE OBRA N° 003-2023-GRU-GGR** entre la Entidad y el CONSORCIO LAM CONSULTORES, cuyo objeto del contrato era la Elaboración del Expediente Técnico del Proyecto: "MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL INTERURBANA DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL UC-103 EN EL TRAMO NUEVA REQUENA - SAN JOSÉ EN LOS DISTRITOS DE YARINACOCHA Y NUEVA REQUENA DE LA PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO - DEPARTAMENTO DE UCAYALI" – CUI N° 2555903, por el monto de S/. 2,661,945.60 (Dos Millones Seiscientos sesenta y un Mil Novecientos cuarenta y cinco con 60/100 Soles) sin IGV, y un plazo de ejecución de Ciento ochenta (180) días calendarios;

Que, con fecha 11 de octubre del 2023 se suscribió el **CONTRATO DE CONSULTORIA DE OBRA N° 067-2023-GRU-ORA** entre la Entidad y el CONSORCIO SUPERVISOR UC, cuyo objeto del contrato era la Supervisión de la Elaboración del Expediente Técnico del Proyecto: "MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL INTERURBANA DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL UC-103 EN EL TRAMO NUEVA REQUENA - SAN JOSÉ EN LOS DISTRITOS DE YARINACOCHA Y NUEVA REQUENA DE LA PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO - DEPARTAMENTO DE UCAYALI" – CUI N° 2555903, por el monto de S/. 313,511.40 (Trescientos trece Mil Quinientos once con 40/100 Soles) sin IGV, y un plazo de ejecución de Noventa (90) días calendarios;

Que, mediante **OFICIO N° 3275-2024-GRU-GGR-GRI**, de fecha 15 de abril de 2024, la Gerencia Regional de Infraestructura, en mérito al INFORME N° 2069-2024-GRU-GRI-JABR, de fecha 15 de abril de 2024, INFORME N° 01368-2024-GRU-GRI-SGE, de fecha 15 de abril de 2023, INFORME TECNICO N° 006-2024-CANR, de fecha 15 de abril de 2024, CARTA N° 0518-2024-GRU-GRI-SGE, de fecha 15 de abril de 2024, INFORME N°0126-2023-DMAR, de fecha 15 de abril de 2024, CARTA N° 0514-2024-GRU-GRI-SGE, de fecha 13 de abril de 2024, INFORME N° 009-2024-CSUC-JS-JEIA, de fecha 02 de febrero de 2024 del Jefe de Supervisión del CONSORCIO DE SUPERVISIÓN UC Ing. Juan Eutropio Isla Aguirre CIP N° 61550, solicitó la aprobación del Expediente Técnico del Proyecto de Inversión Pública: "MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL INTERURBANA DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL UC-103 EN EL TRAMO NUEVA REQUENA - SAN JOSÉ EN LOS DISTRITOS DE YARINACOCHA Y NUEVA REQUENA DE LA PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO - DEPARTAMENTO DE UCAYALI" – CUI N° 2555903, por el monto total de inversión de ***S/. 409,494,258.84 (Cuatrocientos nueve Millones Cuatrocientos Noventa y cuatro Mil Doscientos cincuenta y ocho con 84/100 Soles), incluido IGV y un plazo de ejecución de Mil ochenta (1080) días calendarios,*** la misma que se encuentra suscrita el mencionado expediente técnico por el Jefe de Proyecto del CONSORCIO LAM CONSULTORES Ing. Cesar H. Ángeles Quiroz CIP N° 89163;

Que, el Artículo 31, numeral 31.2 de la DIRECTIVA N° 001-2019-EF/63.01 - DIRECTIVA GENERAL DEL SISTEMA NACIONAL DE PROGRAMACIÓN MULTIANUAL Y GESTIÓN DE INVERSIONES, establece que: "En el caso de proyectos de inversión, es responsabilidad de la UEI sustentar dichas modificaciones a la UF que declaró la viabilidad del proyecto de inversión, o la que resulte competente al

momento de su sustentación. La UF debe contar con dicha información para su evaluación y registro en el Banco de Inversiones. De corresponder, la UF efectúa el registro respectivo en el Banco de Inversiones mediante el Formato N° 08-A: Registros en la fase de Ejecución para proyectos de inversión". Asimismo, el Artículo 32 numeral 32.2, de la referida directiva establece que: "La elaboración del expediente técnico o documento equivalente con el que se va a ejecutar el proyecto de inversión debe sujetarse a la concepción técnica y el dimensionamiento contenidos en la ficha técnica o estudio de preinversión que sustentó la declaración viabilidad; o a la información registrada en el Banco de Inversiones, para el caso de las IOARR. La UEI debe obtener la clasificación y certificación ambiental, así como las certificaciones sectoriales que correspondan, de acuerdo a la normativa de la materia";

Que, la presente resolución se encuentra conforme al Marco Normativo aplicable y sustentado en los informe técnicos antes referidos, fundamentándose en el Principio de presunción de veracidad; buena fe procedimental, y de predictibilidad o de confianza, previstos en el Artículo IV numerales 1.7), 1.8) y 1.15) del Título Preliminar del Decreto Supremo N° 004-2019-JUS, que aprueba el Texto Único Ordenado de la Ley N° 27444 – Ley del Procedimiento Administrativo General, el cual es generado por los informes técnicos emitidos por la Gerencia Regional de Infraestructura;

Que, con las facultades conferidas por la Ley Nº 27867, Ley Orgánica de Gobiernos Regionales y sus modificatorias, DIRECTIVA N° 001-2019-EF/63.01 - DIRECTIVA GENERAL DEL SISTEMA NACIONAL DE PROGRAMACIÓN MULTIANUAL Y GESTIÓN DE INVERSIONES, con las facultades conferidas mediante RESOLUCIÓN EJECUTIVA REGIONAL N° 581-2023-GRU-GR, de fecha 04 de diciembre de 2024, y con las visaciones de la Sub Gerencia de Estudios, Oficina Regional de Administración y la Oficina Regional de Asesoría Jurídica;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO: APROBAR el Expediente Técnico del Proyecto de Inversión Pública: "MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL INTERURBANA DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL UC-103 EN EL TRAMO NUEVA REQUENA - SAN JOSÉ EN LOS DISTRITOS DE YARINACOCHA Y NUEVA REQUENA DE LA PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO - DEPARTAMENTO DE UCAYALI" – CUI N° 2555903, por el monto total de inversión de ***S/. 409,494,258.84 (Cuatrocientos nueve Millones Cuatrocientos Noventa y cuatro Mil Doscientos cincuenta y ocho con 84/100 Soles), incluido IGV y un plazo de ejecución de Mil ochenta (1080) días calendarios.*** *Y conforme al siguiente detalle presupuestario:*

PROYECTO N° 2555903 "MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL INTERURBANA DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL UC-103 EN EL TRAMO NUEVA REQUENA - SAN JOSÉ EN LOS DISTRITOS DE YARINACOCHA Y NUEVA REQUENA DE LA PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO - DEPARTAMENTO DE UCAYALI"

ITEM	DETALLE		IMPORTE TOTAL
01	VALOR REFERENCIAL	S/	362,937,034.05
02	GASTOS DE GESTION	S/	1,570,250.55
03	EXPEDIENTE TECNICO	S/	2,661,945.60
04	SUPERVISION DE OBRA	S/	29,584,229.72
05	PLAN DE AFECTACIONES Y COMPENSACIONES	S/	4,398,253.03
06	SUPERVISION DE EXPEDIENTE	S/	313,511.40
07	LIQUIDACION	S/	-
	SUB TOTAL	S/	401,465,224.35
06	CONTROL CONCURRENTE	S/	8,029,304.49
07	COSTO TOTAL DE LA INVERSION	S/	409,494,528.84

ARTÍCULO SEGUNDO: COMUNÍQUESE a la Sub Gerencia de Estudios, y la Oficina Regional de Administración, para su conocimiento y fines correspondientes.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE y CUMPLASE

GOBIERNO REGIONAL DE UCAYALI
Gerencia Regional de Infraestructura
Ing. José Rafael Vásquez Lozano
Director del Programa Sectorial IV

ANEXO 5. DISEÑO GEOMÉTRICO

- Puntos críticos

De la evaluación del tramo se ha podido identificar diversos puntos críticos vinculados a inundaciones producidos debido a que algunos tramos se encuentran dentro del área de inundación de los ríos y quebradas. Dentro de los puntos críticos se identificaron los siguientes.

Progresiva 0+000.00 – intransitable por material orgánico



Fuente: Elaboración propia

Progresiva 10+300 – saturación de la superficie por aguas de lluvía, presencia material arcilloso, que impide el transito con normalidad.



Fuente: Elaboración propia

Progresiva 19+850 – saturación de la superficie por aguas de lluvia, presencia material arcilloso, que impide el transito con normalidad.



Fuente: Elaboración propia

Progresiva 22+350– saturación de la superficie por aguas de lluvía, presencia material arcilloso, que impide el transito con normalidad.



Fuente: Elaboración propia

- Por demanda

ZONA 1 (San José)

Según el estudio de tráfico dice:

IMDA: 895 veh/día (actual) y el IMDA: 13594 veh/día (proyección a 20 años). El Manual De Diseño Geométrico De Carreteras Del Perú (DG-2018) indica que se trataría de una Carretera de segunda clase (IMDA entre 2 000 y 400 veh/día).

ZONA 2 (Nueva Requena)

IMDA: 603 veh/día (actual) y el IMDA: 5161 veh/día (proyección a 20 años). El Manual De Diseño Geométrico De Carreteras Del Perú (DG-2018) indica que se trataría de una Carretera de Segunda clase (IMDA entre 2 000 y 400 veh/día).

Velocidad de diseño

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

Fuente. Elaboración propia

Según el manual DG-2018, se establece que para Carretera de segunda clase las velocidades varían entre 60 km/h y 100 km/h para una orografía plana.

Luego en el DECRETO SUPREMO Nº 025-2021-MTC, Artículo 162.- Límites máximos de velocidad:

Cuando no existan los riesgos o circunstancias señaladas en los artículos anteriores, los límites máximos de velocidad son los siguientes:

a) En zona urbana:

1. En Calles y Jirones: 30 km/h

2. En Avenidas: 50 km/h

Artículo 163.- Límites máximos de velocidad en carreteras que cruzan centros poblados y otros:

Las velocidades máximas permitidas en vías que atraviesan áreas urbanas, zonas con presencia continua o dispersa de viviendas, sectores escolares o proximidades de hospitales, están reguladas de la siguiente manera:

a) En zonas comerciales: 30 km/h.

b) En zonas residenciales: 50 km/h.

c) En zonas escolares / hospitales: 30 km/h.

La Autoridad competente, debe señalizar estos cruces".

Artículo 167.- Establecimiento de otros límites de velocidad:

De manera excepcional, la entidad responsable de la administración de la vía podrá determinar límites de velocidad diferentes a los establecidos en este Reglamento, considerando factores como las condiciones geométricas del diseño vial, el clima, el volumen y tipo de tránsito. Esta medida busca priorizar la seguridad vial, especialmente en zonas críticas como cruces a nivel, intersecciones, cercanías a centros educativos, instalaciones deportivas u otras áreas con presencia de usuarios vulnerables. Para ello, será indispensable la colocación de la señalización correspondiente.

En el caso de las zonas urbanas reguladas en el artículo 162 y de los supuestos regulados en el artículo 163, esta excepcionalidad faculta a que las autoridades competentes sólo puedan establecer límites de velocidad inferiores a las establecidas en el presente Reglamento.

Tramo 1 (Km 0+000 – Km 4+000)

Es una vía Colectora, que se ha dividido en dos partes, del Km 0+000 hasta el Km 2+100 es una vía principal y del Km 2+100 hasta el Km 4+000 es una zona urbana. Por ser una avenida se proyecta una velocidad de 50 km/h para todo el tramo.

Tramo 2 (Km 4+000 – Km 5+900)

Es una vía Colectora, se proyecta una velocidad de 60 km/h por ser Carretera de Segunda clase según el DG-2018.

Tramo 3 (Km 5+900 – Km 6+900)

Es una vía principal, se proyectará una velocidad de 50 km/h, por encontrarse en una zona urbana. Por consiguiente, habrá presencia de usuario/as vulnerables.

Tramo 4 (Km 6+900 – Km 8+400)

Es una vía Colectora, se proyecta una velocidad de 60 km/h por ser Carretera de Segunda clase según el DG-2018.

Tramo 5 (Km 8+400 – Km 11+800)

Es una vía Colectora, que se ha dividido en tres partes, del km 8+400 hasta el km 9+200 es una vía principal, se proyectará una velocidad de 30km/h, por encontrase en un área de recreación y zona escolar. Del km 9+200 hasta el km 10+200 es una vía principal, se proyectará una velocidad de 50km/h por encontrarse en una zona urbana. Del km 10+200 hasta el km 11+800, por ser una avenida se proyecta una velocidad de 30 km/, por encontrase en un área de recreación y zona escolar.

Tramo 6 (Km 11+800 – Km 18+400)

Es una vía Colectora, se proyecta una velocidad de 60 km/h por ser Carretera de Segunda clase según el DG-2018.

Tramo 7 (Km 18+400 – Km 19+800)

Es una vía principal, se proyectará una velocidad de 50 km/h, por encontrarse en una zona urbana. Por consiguiente, habrá presencia de usuario/as vulnerables.

Tramo 8 (Km 19+800 – Km 25+600)

Es una vía Colectora, se proyecta una velocidad de 60 km/h por ser Carretera de Segunda clase según el DG-2018.

Tramo 9 (Km 25+600 – Km 26+600)

Es una vía principal, se proyectará una velocidad de 50 km/h, por encontrarse en una zona urbana. Por consiguiente, habrá presencia de usuario/as vulnerables.

Tramo 10 (Km 26+600 – Km 46+300)

Es una vía Colectora, se proyecta una velocidad de 60 km/h por ser Carretera de Segunda clase según el DG-2018.

Tramo 11 (Km 46+300 – Km 46+844)

Es una vía principal, se proyectará una velocidad de 50 km/h, por encontrarse en una zona urbana. Por consiguiente, habrá presencia de usuario/as vulnerables.

- Visibilidad

La distancia de visibilidad se define como el tramo continuo del camino que el conductor puede observar hacia adelante mientras circula.

Durante el proceso de diseño vial, se toman en cuenta dos tipos principales de distancias de visibilidad:

- La distancia de detención, que es el espacio necesario para que un vehículo pueda detenerse completamente.
- La distancia de adelantamiento, que corresponde al espacio requerido para que un vehículo supere a otro que se desplaza más lentamente en el mismo sentido.

Ambos tipos de distancia influyen directamente en el diseño de calles y avenidas en zonas no urbanas, bajo condiciones de alineación recta y pendiente constante.

- Distancia de visibilidad de parada

La distancia de detención se refiere al recorrido mínimo necesario para que un vehículo que transita a la velocidad de diseño tenga la capacidad de frenar completamente antes de impactar con un obstáculo que se encuentre en su trayectoria.

Para calcular esta distancia, se considera como obstáculo a cualquier objeto que tenga una altura igual o superior a 0.15 metros, respecto al nivel de los ojos del conductor, los cuales se asumen a 1.07 metros sobre la rasante de la vía. En cuanto a la distancia de visibilidad de cruce, se aplican los mismos parámetros establecidos para la distancia de detención.

Distancia de visibilidad de parada – (Da) (DG-2018)

Tabla 205.01 -A
Distancia de visibilidad de parada con pendiente (metros)

Velocidad de diseño (km/h)	Pendiente nula o en bajada			Pendiente en subida		
	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	19	18	18
30	35	35	35	31	30	29
40	50	50	53	45	44	43
50	66	70	74	61	59	58
60	87	92	97	80	77	75
70	110	116	124	100	97	93
80	136	144	154	123	118	114
90	164	174	187	148	141	136
100	194	207	223	174	167	160
110	227	243	262	203	194	186
120	283	293	304	234	223	214
130	310	338	375	267	252	238

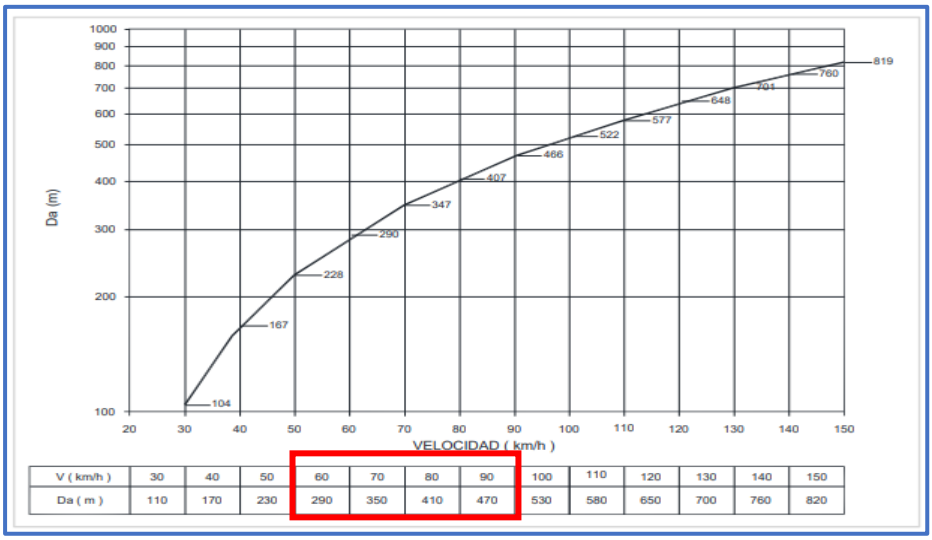
Fuente: DG-2018, tabla 205.01-A

- Distancia de visibilidad de paso

Este parámetro representa la longitud mínima que debe estar libre de obstáculos para permitir que un conductor pueda adelantar a otro vehículo, que circula a menor velocidad, de forma segura y sin generar interferencias en la trayectoria de un tercer vehículo que se aproxima en sentido contrario y se hace visible una vez iniciada la maniobra de adelantamiento.

Las condiciones ideales de seguridad y confort se alcanzan cuando los vehículos que circulan en la misma dirección presentan una diferencia de velocidad de 15 km/h, y el vehículo que se aproxima en sentido contrario lo hace a la velocidad de diseño establecida. Para calcular esta distancia, se considera que la altura del vehículo que se aproxima en dirección contraria es de 1.30 m, mientras que la altura del ojo del conductor que efectúa la maniobra de adelantamiento se asume en 1.07 m sobre la rasante de la vía.

Distancia de visibilidad de paso – (Da) (DG-2018)



V (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Da (m)	110	170	230	290	350	410	470	530	580	650	700	760	820

Fuente: DG-2018, Figura 205.03

La distancia de la visibilidad de paso según la figura oscila entre 290 y 470 metros. Las zonas en donde se cumplan estás distancias, deberán ser señalizadas. De preferencia en los tramos rectos. Pues no en todos los sectores de los tramos se cumplen esta distancia, debido a los límites de propiedad existentes u otros elementos urbanos.

- Sección Transversal

La sección transversal de una vía se define como la representación de un corte vertical perpendicular a su eje perpendicular a su alineación horizontal, que permite

establecer la configuración y dimensiones de los distintos componentes de la vía en un punto determinado, así como su interacción con el terreno natural.

Entre los elementos que conforman la sección transversal se encuentran el ancho del Derecho de Vía, la calzada o superficie de rodadura, las bermas y otros elementos complementarios, que en conjunto definen la estructura funcional de la carretera.

La simbología utilizada en las secciones transversales son las siguientes:

V : Vereda

B : Berma

PP : Pista principal

LP : Limite de propiedad

- Calzada

En la mayoría de los tramos destinados a la circulación vehicular, la vía se divide en dos o más carriles, además de una berma ubicada a la derecha. Estos carriles están diseñados para permitir el paso de una fila de vehículos en la misma dirección.

Según las previsiones del proyecto y el análisis de tráfico, se ha previsto un total de dos carriles, de acuerdo con el IMDA de diseño y el nivel de servicio que se busca alcanzar. El ancho de los carriles se determinará conforme a estos parámetros.

A continuación, se especifica el ancho de la calzada proyectada en los distintos tramos del proyecto. Las secciones transversales han sido diseñadas siguiendo el Plan de Desarrollo Urbano de la ciudad de Pucallpa. No obstante, debido a la configuración de las zonas urbanas, el ancho de la calzada varía entre los 6.00 y 7.20 metros.

Anchos mínimos de calzada en tangente (DG-2018)

Tabla 304.01
Anchos mínimos de calzada en tangente

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera			
Tráfico vehículos/día	> 6,000				6,000 – 4,001				4,000-2.001				2,000-400				< 400			
Tipo	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase			
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30km/h																			6.00	6.00
40 km/h																6.60	6.60	6.60	6.00	
50 km/h											7.20	7.20			6.60	6.60	6.60	6.60	6.00	
60 km/h					7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60		
70 km/h			7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60		6.60	6.60		
80 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			6.60	6.60		
90 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			7.20				6.60	6.60		
100 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20				7.20							
110 km/h	7.20	7,20			7.20															
120 km/h	7.20	7.20			7.20															
130 km/h	7.20																			

Notas:
a) Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4)
b) En carreteras de Tercera Clase, excepcionalmente podrán utilizarse calzadas de hasta 500 m, con el correspondiente sustento técnico y económico

Fuente: DG-2018, tabla 304.01

- Ancho de Bermas

La Tabla 304.02 establece el ancho de las bermas según la clasificación de la vía, la velocidad de diseño y la orografía. No obstante, es importante considerar también la configuración de las secciones establecidas según lo establecido en el instrumento de planificación del desarrollo urbano de la ciudad de Pucallpa, así como los límites de propiedad en las zonas urbanas.

Tabla 304.02
Ancho de bermas

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera			
Tráfico vehículos/día	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera Clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																			0.50	0.50
40 km/h																1.20	1.20	0.90	0.50	
50 km/h											2.60	2.60			1.20	1.20	1.20	0.90	0.90	
60 km/h					3.00	3.00	2.60	2.60	3.00	3.00	2.60	2.60	2.00	2.00	1.20	1.20	1.20	1.20		
70 km/h			3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	1.20		1.20	1.20		
80 km/h	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00		2.00	2.00			1.20	1.20		
90 km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00	3.00			2.00				1.20	1.20		
100 km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00				2.00							
110 km/h	3.00	3.00			3.00															
120 km/h	3.00	3.00			3.00															
130 km/h	3.00																			

Notas:

a) Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4)
b) Los anchos indicados en la tabla son para la berma lateral derecha, para la berma lateral izquierda es de 1,50 m para Autopistas de Primera Clase y 1.20 m para Autopistas de Segunda Clase
c) Para carreteras de Primera, Segunda y Tercera Clase, en casos excepcionales y con la debida justificación técnica, la Entidad Contratante podrá aprobar anchos de berma menores a los establecidos en la presente tabla, en tales casos, se preverá áreas de ensanche de la plataforma a cada lado de la carretera, destinadas al estacionamiento de vehículos en caso de emergencias, de acuerdo a lo previsto en el Tópico 304.12, debiendo reportar al órgano normativo del MTC.

Fuente:DG-2018,tabla304.0

En el contexto de nuestra investigación, se tomará los anchos de berma de 2.00m en la zona Urbana y 1.20 en la zona Rural, por consiguiente, se preverá áreas de ensanche de la plataforma a cada lado de la carretera. Siempre teniendo en cuenta que pueden variar por la configuración de las zonas urbanas.

Ensanche de plataforma

En aquellas carreteras donde el ancho de las bermas sea inferior a 2.60 m, se debe contemplar como medida de seguridad vial, la creación de áreas de ensanche en la plataforma de la carretera a ambos lados (de manera alternada), con el fin de permitir el estacionamiento de vehículos en situaciones de emergencia. Estos ensanches deben ser diseñados considerando las transiciones adecuadas para el ingreso y la salida de los vehículos.

Dimensiones mínimas y separación máximas de ensanches de plataforma (DG-2018)

Tabla 304.12
Dimensiones mínimas y separación máximas de ensanches de plataforma

Orografía	Dimensiones mínimas		Separación máxima a cada lado (m)		
	Ancho (m)	Largo (m)	Carretera de Primera Clase	Carretera de Segunda Clase	Carretera de Tercera Clase
Plano	3.0	30.0	1,000	1,500	2,000
Ondulado	3.0	30.0	1,000	1,500	2,000
Accidentado	3.0	25.0	2,000	2,500	2,500
Escarpado	2.5	25.0	2,000	2,500	2,500

Fuente: DG-2018, tabla 304.12

- Bombeo

Para tramos tangentes de acuerdo con la norma DG-2018 (tabla 304.3), dependiendo de la precipitación pluvial de la zona (>500 mm/año) y del tipo de superficie de rodadura, se expone la siguiente tabla:

Tabla 304.03
Valores del bombeo de la calzada

Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación <500 mm/año	Precipitación >500 mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto Portland	2.0	2.5
Tratamiento superficial	2.5	2.5-3.0
Afirmado	3.0-3.5	3.0-4.0

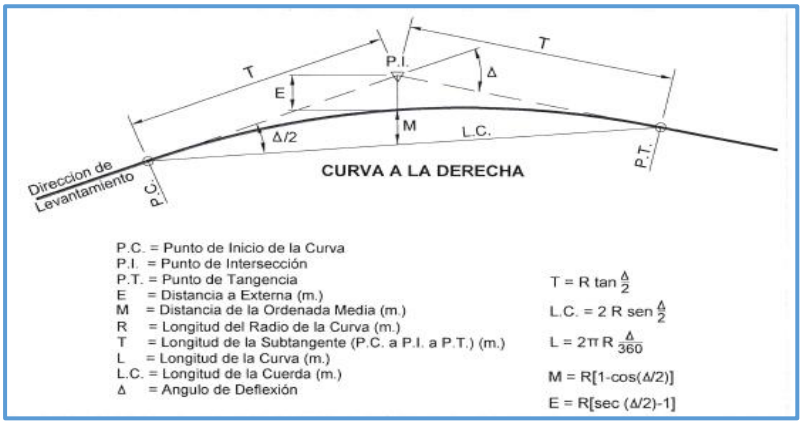
Fuente: DG-2018, tabla 304.03

Por tanto, según se desprende del estudio de hidrología y de acuerdo con el tipo de pavimento de asfalto y/o concreto que se establece en el perfil y en los términos de referencia se adoptará como bombeo 2.5% mínimo de inclinación de los carriles en tramos tangentes.

- Radio mínimo (R mín.) en curvas horizontales

Los radios mínimos en curvas horizontales representan el valor más reducido que puede adoptarse para garantizar un desplazamiento seguro y confortable a la velocidad de diseño, considerando la tasa máxima de peralte permitida. Para su determinación, se emplea la fórmula establecida en el Manual de Carreteras "Diseño Geométrico (DG-2018)".

- Simbología de la curva circular



Fuente: DG-2018, Figura 302.01

$$R_{min} = \frac{V^2}{127(Pmáx + fmáx)}$$

Donde:

Rmín : Radio Mínimo.

V : Velocidad de Diseño.

Pmáx : Máximo peralte asociado a V (en tanto por uno).

$f$máx : Coeficiente de fricción transversal máximo asociado a V.

De aplicar la fórmula con:

Tramo I (Km 0+000 – Km 4+000) : V= 30 km/h Pmáx 4% y Fmax 0.16 el radio mínimo es de 33.7 m para una orografía plano u ondulado – Area Urbana.

Tramo II (Km 4+000 – Km 5+900) : V= 60km/h Pmáx 8% y Fmax 0.15 el radio mínimo es de 123.2 m para una orografía plano u ondulado – Area Rural

Tramo III (Km 5+900 – Km 6+900) : V= 50km/h Pmáx 4% y Fv 0.16 el radio mínimo es de 98.4 m para una orografía plano u ondulado – Area Urbana.

Tramo IV (Km 6+900 – Km 8+400) : V= 60 km/h Pmáx 8% y Fmax 0.15 el radio mínimo es de 123.2 m para una orografía plano u ondulado – Area Rural.

Tramo V (Km 8+400 – Km 11+800): V= 30km/h Pmáx 4% y Fmax 0.17 el radio mínimo es de 33.7 m para una orografía plano u ondulado – Area Urbana.

V= 50km/h Pmáx 4% y Fmax 0.16 el radio mínimo es de 98.4 m para una orografía plano u ondulado – Area Urbana.

Tramo VI (Km 11+800 – Km 18+400) : V= 60km/h Pmáx 8% y Fmax 0.15 el radio mínimo es de 123.2 m para una orografía plano u ondulado – Area Rural.

Tramo VII (Km 18+400 – Km 19+800) : V= 50km/h Pmáx 4% y Fmax 0.16 el radio mínimo es de 98.4 m para una orografía plano u ondulado – Area Urbana.

Tramo VIII (Km 19+800 – Km 25+600) : V= 60km/h Pmáx 8% y Fmax 0.15 el radio mínimo es de 123.2 m para una orografía plano u ondulado – Area Rural.

Tramo IX (Km 25+600 – Km 26+600) : V= 50km/h Pmáx 4% y Fmax 0.16 el radio mínimo es de 98.4 m para una orografía plano u ondulado – Area Urbana.

Tramo X (Km 26+600 – Km 46+300) : V= 60km/h Pmáx 8% y Fmax 0.15 el radio mínimo es de 123.2 m para una orografía plano u ondulado – Area Rural.

Tramo XI (Km 46+300 – Km 46+844) : V= 50km/h Pmáx 4% y Fmax 0.16 el radio mínimo es de 98.4 m para una orografía plano u ondulado – Area Urbana.

Como se puede ver en la tabla siguiente que establece la norma para un tipo de terreno plano u ondulado.

Radios mínimos y peraltes máximos – plano u ondulada (DG-2018)

Tabla 302.02
Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	Þ máx. (%)	ƒ máx.	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
Área urbana	30	4.00	0.17	33.7	35
	40	4.00	0.17	60.0	60
	50	4.00	0.16	98.4	100
	60	4.00	0.15	149.2	150
	70	4.00	0.14	214.3	215
	80	4.00	0.14	280.0	280
	90	4.00	0.13	375.2	375
	100	4.00	0.12	492.10	495
	110	4.00	0.11	635.2	635
	120	4.00	0.09	872.2	875
	130	4.00	0.08	1,108.9	1,110
Área rural (plano u ondulada)	30	8.00	0.17	28.3	30
	40	8.00	0.17	50.4	50
	50	8.00	0.16	82.0	85
	60	8.00	0.15	123.2	125
	70	8.00	0.14	175.4	175
	80	8.00	0.14	229.1	230
	90	8.00	0.13	303.7	305
	100	8.00	0.12	393.7	395
	110	8.00	0.11	501.5	500
	120	8.00	0.09	667.0	670
	130	8.00	0.08	831.7	835

Fuente: DG-2018, tabla 302.02

El radio mínimo considerado en esas zonas especiales en el trazado se ha adoptado un radio menor al mínimo excepcional.

En el caso de las longitudes mínimas de curvas, la normativa DG-2018 establece unos criterios mínimos en función de la categoría de carretera y del ángulo de deflexión Δ.

Cuando los ángulos de deflexión (Δ) son pequeños, es decir, iguales o menores a 5°, los radios de curvatura deben ser lo suficientemente amplios como para asegurar

una longitud mínima de curvatura (L), la cual se determina mediante la siguiente fórmula: $L > 30(10 - \Delta), \Delta < 5°$

En nuestro caso, al tratarse de carretera de tercera clase, con ángulos de deflexión inferiores a 5º, la longitud mínima de curva (L) será:

- Longitud mínima de curva (L)

Carretera red nacional	L (m)
Autopistas	6 V
Carreteras de dos carriles	3 V

V = Velocidad de diseño (km/h)

Fuente: DG-2018, inciso 302.02

Si tenemos en consideración la velocidad directriz de 30 km/h, la longitud mínima de curva será de 90 m para curvas con ángulos de deflexión inferior a 5º.

En los casos puntuales de velocidad de 50 km/h, esta longitud mínima de curva se adopta a 150m para curvas con ángulos de deflexión inferior a 5º.

En los casos puntuales de velocidad de 60 km/h, esta longitud mínima de curva se adopta a 180m para curvas con ángulos de deflexión inferior a 5º.

Sin embargo, si la curva tiene una longitud menor a la estipulada en la norma DG-2018. Se optará por colocar la distancia mínima establecida también por la norma DG-2018, para mantener el peralte máximo de acuerdo con el radio de curva (V/3.6), juntamente con las distancias de transición de peralte.

Para ángulos de deflexión reducidos, no es necesario el diseño de una curva horizontal. En la siguiente tabla se detallan los valores máximos de ángulos de inflexión que no requieren la incorporación de una curva horizontal en el trazado.

Velocidad de diseño Km/h	Deflexión máxima aceptable sin curva circular
30	2º 30´
40	2º 15´
50	1º 50´
60	1º 30´
70	1º 20´
80	1º 10´

Fuente: DG-2018, inciso 302.02

- Tramos en tangente

Las longitudes mínimas permitidas y las máximas recomendadas para los tramos rectos, según la velocidad de diseño, se encuentran especificadas en la Tabla 302.01 del Manual de Carreteras – Diseño Geométrico (DG-2018).

- Longitudes de tramos en tangente

Tabla 302.01
Longitudes de tramos en tangente

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

Fuente: DG-2018, tabla 302.01

Donde:

L min.s corresponden a la longitud mínima (en metros) aplicable a tramos en forma de "S", es decir, segmentos rectos ubicados entre curvas con radios de curvatura en sentidos opuestos.

L min.o representa la longitud mínima (en metros) en los demás casos, es decir, entre curvas consecutivas con el mismo sentido de curvatura.

L máx indica la longitud máxima recomendada (en metros).

V hace referencia a la velocidad de diseño, expresada en kilómetros por hora (km/h).

En cualquier tipo de vía, cuando se conectan curvas circulares sucesivas sin un tramo recto intermedio, o con una tangente cuya longitud sea igual o inferior a 200 metros, la relación entre los radios de dichas curvas no debe exceder los valores establecidos en la Tabla 302.08 del Manual de Carreteras – DG-2018. Esta tabla, Clasificado dentro del grupo 2, que abarca vías de segunda y tercera categoría, presenta los límites admisibles en la relación entre radios consecutivas, considerando tanto la radio de entrada como la de salida dentro de un rango mínimo y máximo permitido.

- Autopistas y carreteras de Primera Clase.

Relación entre radios consecutivos- Grupo 2

Tabla 302.07
Relación entre radios consecutivos – grupo 1

Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)		Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)	
	Máximo	Mínimo		Máximo	Mínimo
250	375	250	820	> 1720	495
260	390	250	840	> 1720	503
270	405	250	880	> 1720	510
280	420	250	880	> 1720	517
290	435	250	900	> 1720	524
300	450	250	920	> 1720	531
310	466	250	940	> 1720	537
320	481	250	960	> 1720	544
330	497	250	980	> 1720	550
340	513	250	1000	> 1720	558

Fuente: DG-2018, tabla 302.07

- Carreteras de Segunda y Tercera Clase.

Relación entre radios consecutivos- Grupo 2

Tabla 302.08
Relación entre radios consecutivos – grupo 2

Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)		Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)	
	Máximo	Mínimo		Máximo	Mínimo
40	60	50	360	> 670	212
50	75	50	370	> 670	216
60	90	50	380	> 670	220
70	105	50	390	> 670	223
80	120	53	400	> 670	227
90	135	60	410	> 670	231
100	151	67	420	> 670	234
110	166	73	430	> 670	238
120	182	80	440	> 670	241
130	198	87	450	> 670	244
140	215	93	460	> 670	247
150	232	100	470	> 670	250
160	250	106	480	> 670	253
170	269	112	490	> 670	256
180	289	119	500	> 670	259
190	309	125	510	> 670	262
200	332	131	520	> 670	265
210	355	137	530	> 670	267
220	381	143	540	> 670	270
230	408	149	550	> 670	273
240	437	154	560	> 670	275
250	469	160	570	> 670	278
260	503	165	580	> 670	280

Fuente: DG-2018, tabla 302.08

- Curvas de transición

Todo vehículo automotor experimenta un recorrido de transición al ingresar o salir de una curva horizontal, ya que el cambio de dirección y la correspondiente variación de las fuerzas laterales no se producen de forma instantánea.

Para facilitar el paso desde la sección transversal con bombeo —propia de los tramos rectos— hacia la configuración correspondiente a curvas horizontales con peralte y sobreancho, se requiere incluir un tramo intermedio que permita una variación progresiva. Este tramo se conoce como longitud de transición.

Cuando el radio de las curvas horizontales se encuentra por debajo del valor mínimo establecido en la tabla correspondiente, se hace necesaria la incorporación de curvas de transición. En estos casos, se recomienda el uso de espirales que se asemejen al desarrollo de una curva de Euler o Clotoide.

En el presente proyecto se han empleado curvas circulares y espirales tipo clotoide, las cuales están detalladas en la relación de Elementos de Curva, tomando como referencia los valores mínimos establecidos en la Tabla 302.10 para las longitudes de transición.

Tabla 302.10
Longitud mínima de curva de transición

Velocidad Km/h	Radio mín. m	J m/s^3	Peralte máx. %	$A_{mín.}$ m^2	Longitud de transición (L)	
					Calculada m	Redondeada m
30	24	0.5	12	26	28	30
30	26	0.5	10	27	28	30
30	28	0.5	8	28	28	30
30	31	0.5	6	29	27	30
30	34	0.5	4	31	28	30
30	37	0.5	2	32	28	30
40	43	0.5	12	40	37	40
40	47	0.5	10	41	36	40
40	50	0.5	8	43	37	40
40	55	0.5	6	45	37	40
40	60	0.5	4	47	37	40
40	66	0.5	2	50	38	40
50	70	0.5	12	55	43	45
50	76	0.5	10	57	43	45
50	82	0.5	8	60	44	45
50	89	0.5	6	62	43	45
50	98	0.5	4	66	44	45
50	109	0.5	2	69	44	45

Fuente: DG-2018, tabla 302.10

En el caso de vías clasificadas como de Tercera Clase, cuando el radio de las curvas horizontales supere los valores indicados en la tabla siguiente, no será necesario incorporar curvas de transición en el diseño.

A continuación, se presenta el cuadro que establece los radios mínimos a partir de los cuales se permite omitir el uso de curvas de transición en este tipo de carreteras.

Velocidad de diseño Km/h	Radio M
20	24
30	55
40	95
50	150
60	210
70	290
80	380
90	480

Fuente: DG-2018, tabla 302.11 B

En los casos donde se requiera un radio menor, se deberá usar curvas de transición cuyas ventajas son:

El incremento gradual de la curvatura en una espiral garantiza una trayectoria continua y confortable para el conductor, ya que la fuerza centrífuga se incrementa o disminuye progresivamente conforme el vehículo entra o sale de la curva horizontal, permitiendo conservar una velocidad constante sin desviarse del eje del carril.

La aceleración lateral no compensada, característica del desplazamiento en curvas, puede ser controlada ajustando su variación de manera que no genere incomodidad a los ocupantes del vehículo.

Del mismo modo, el peralte se introduce de forma progresiva, de modo que la pendiente transversal de la calzada se incrementa paralelamente con la curvatura del trazado.

Gracias a su flexibilidad geométrica, la clotoide se adapta con facilidad a las condiciones del terreno, favoreciendo la continuidad del diseño y mejorando tanto la estética como la integración visual de la vía.

La expresión matemática que define la curva clotoide (también conocida como espiral de Euler) es la siguiente:

$$R * L = A^2$$

R: representa el radio de curvatura en un punto determinado de la espiral.

L: es la longitud medida desde el inicio de la clotoide (donde la radio es infinito) hasta el punto en el que la curva alcanza un radio R.

A: es el parámetro de la clotoide, una constante que define sus propiedades geométricas.

Para la determinación del parámetro A mínimo para una curva de transición:

$$A_{min} = \sqrt{\frac{V * R}{46.656 * J} * (\frac{V^2}{R} - 1.27 * p)}$$

Dónde:

V : Velocidad de diseño (km/h)

R : Radio de curvatura (m)

J : Variación uniforme de la aceleración (m/s3)

P : Peralte correspondiente a V y R. (%)

Para el parámetro J, se utilizarán los valores establecidos en la tabla que se presenta a continuación, la cual muestra la variación de la aceleración lateral por unidad de tiempo.

V (km/h)	V < 80	80 < V < 100	100 < V < 120	V >120
J (m/s^3)	0.5	0.4	0.4	0.4
Jmáx (m/s^3)	0.7	0.8	0.5	0.4

Fuente: DG-2018, tabla 302.09

Además, para la determinación de la longitud mínima de la curva de transición:

$$L_{min} = \frac{V}{46.656} * (\frac{V^2}{R} - 1.27 * p)$$

Dónde:

V : Velocidad de diseño (km/h)

R : Radio de curvatura (m)

J : Variación uniforme de la aceleración (m/s3)

P : Peralte correspondiente a V y R. (%)

- Curvas compuestas

Una curva compuesta se compone de dos o más curvas simples con radios diferentes, dispuestas en la misma dirección, una tras otra.

En términos generales, se desaconseja el uso de curvas compuestas, favoreciendo su reemplazo por una única curva. Esta recomendación se aplica con mayor énfasis en las carreteras de Tercera Clase.

Sin embargo, en casos excepcionales, se podrá utilizar curvas compuestas, siempre y cuando se justifiquen las razones técnicas, económicas o de otro tipo que lo respalden, y se explique la necesidad de emplear dos curvas continuas con radios distintos.

Si se opta por una curva compuesta de tres centros, también conocida como policéntrica, se deberán cumplir las siguientes condiciones:

La radio de una de las curvas no podrá superar 1,5 veces la radio de la otra.

Para armonizar el peralte y sobreancho entre las curvas adyacentes, se deberá incorporar una transición de peralte.

En el caso de una secuencia de curvas con radios decrecientes, cada curva deberá tener una longitud suficiente para permitir una desaceleración progresiva.

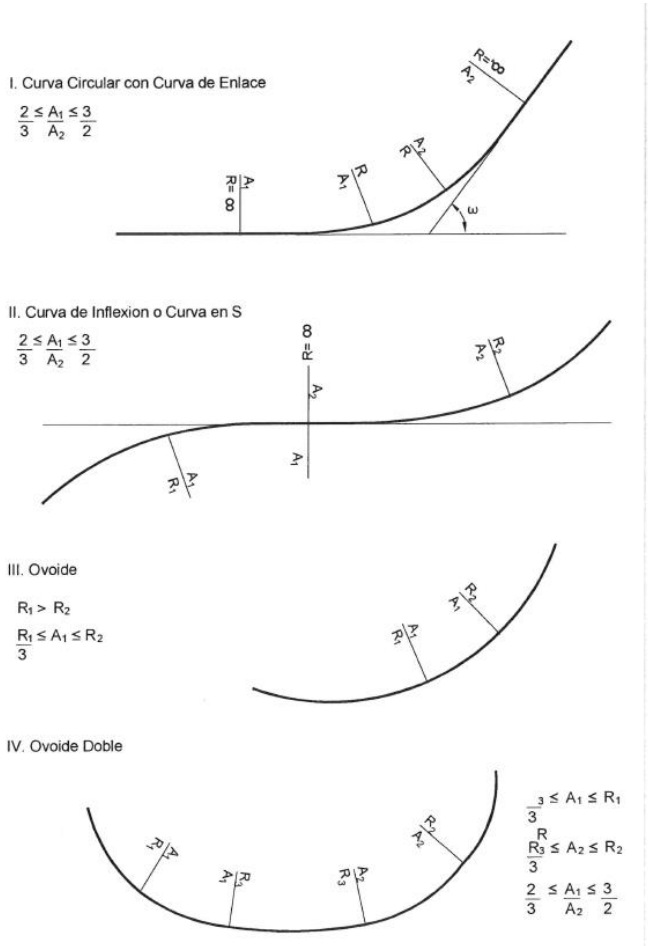
- Curvas vecinas del mismo sentido

En general, se evitará el uso de curvas en el mismo sentido cuando estén separados por un tramo recto cuya longitud sea inferior a 400 metros. En situaciones

excepcionales, en tramos de menor longitud, se podrá recurrir a la utilización de una curva policéntrica.

Se incluyen aquellas configuraciones que facilitan la resolución segura y elegante de situaciones comunes que se presentan durante el trazado de la vía.

- Configuraciones recomendables



Fuente: DG-2018, Figura 302.10

- Curva circular con curva de transición

Los parámetros A1 y A2 generalmente deben ser iguales o lo más similares posibles, sin exceder el rango especificado en la imagen anterior. A medida que aumenta la longitud de la recta asociada y el ancho de la calzada, el valor de este

parámetro debe incrementarse, siempre respetando la condición de que A sea menor que R .

En el caso en que w sea menor que t1 + t2 , no será posible encontrar una solución de transición adecuada entre los clotoides y la radio circular seleccionada. En estos casos, representamos una deflexión moderada asociada a una radio relativamente amplia, lo que generalmente no requiere una curva de transición . No obstante, si se opta por mantener dicha deflexión, será necesario aumentar la radio para lograr una solución viable.

- Curva de inflexión o curva en “S”

Puede existir o no un tramo recto entre los clotoides con parámetros A1 y A2 , los cuales deben cumplir con las normas generales relacionadas con la velocidad de diseño y la radio de enlace. Estos parámetros pueden ser iguales o tener una magnitud similar, siempre respetando la relación indicada en la imagen de configuraciones recomendadas.

En casos donde haya limitaciones de espacio o dificultades para lograr ante la presencia de un punto de radio infinito, podrá tolerarse una leve longitud en sustitución de una tangencia exacta de traslape entre los clotoides o la creación de un tramo recto de ajuste. La longitud de este traslape o ajuste no deberá exceder:

$$\Delta L_{(m)} = 0.05 * \frac{A_1 + A_2}{2}$$

- Ovoide

Esta configuración es la solución apropiada para enlazar dos curvas circulares del mismo sentido que se encuentren muy cerca una de la otra. Para aplicar esta

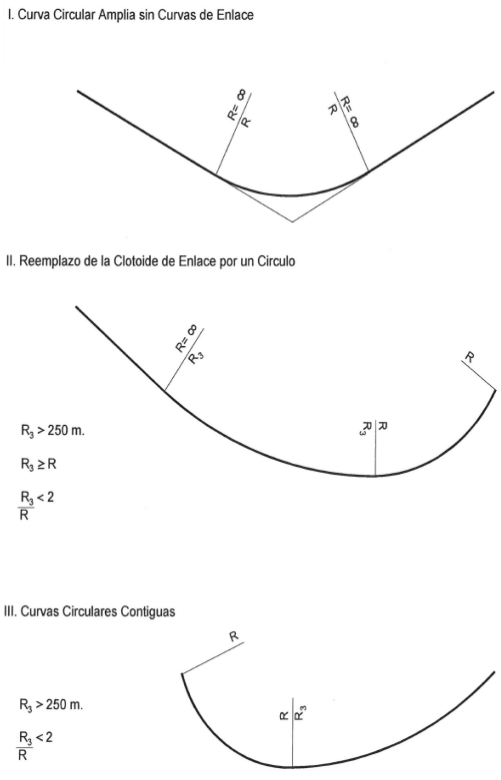
solución, es necesario que uno de los círculos esté dentro del otro, pero sin que sean concéntricos. Deben cumplirse las relaciones entre los parámetros y la radio establecidos en la imagen de configuración recomendada.

- Ovoide Doble

En el caso de que las curvas circulares de igual sentido se crucen o sean exteriores, será necesario recurrir a un círculo auxiliar R3, lo que generará un doble ovoide para obtener la solución adecuada. Las relaciones entre las radios y los parámetros que deben cumplirse están especificadas en la imagen de configuraciones recomendables.

- Configuraciones límite

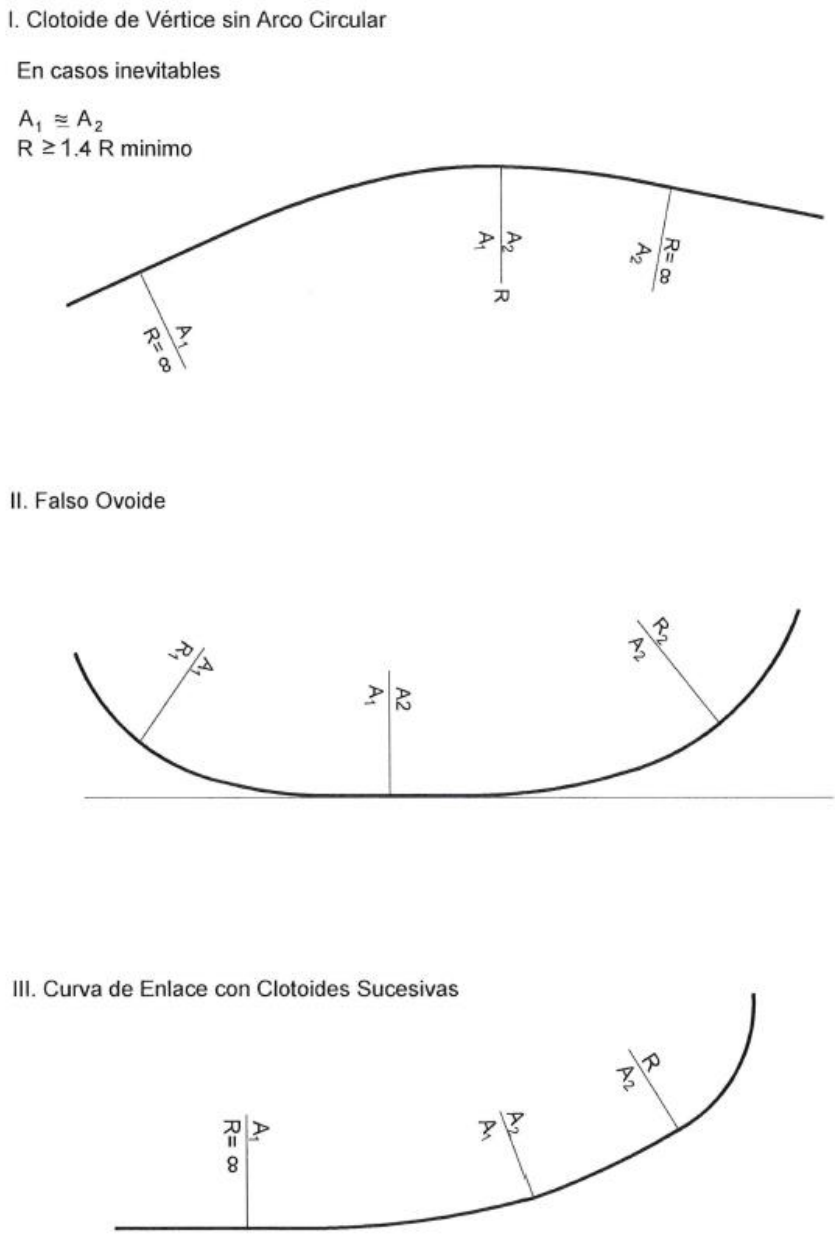
Estas representan situaciones particulares dentro de las soluciones generales previamente mencionadas y están detalladas en la imagen de Configuraciones Límite.



Fuente: DG-2018, Figura 302.11

- Configuraciones no recomendables

Las curvas compuestas mostradas en la imagen de Configuraciones No Recomendables deben evitarse, ya que, en la práctica, se ha demostrado que generan tramos en los que no se definen claramente la curvatura del trazado, o bien, inducen al conductor a realizar maniobras erráticas.



Fuente: DG-2018, Figura 302.12

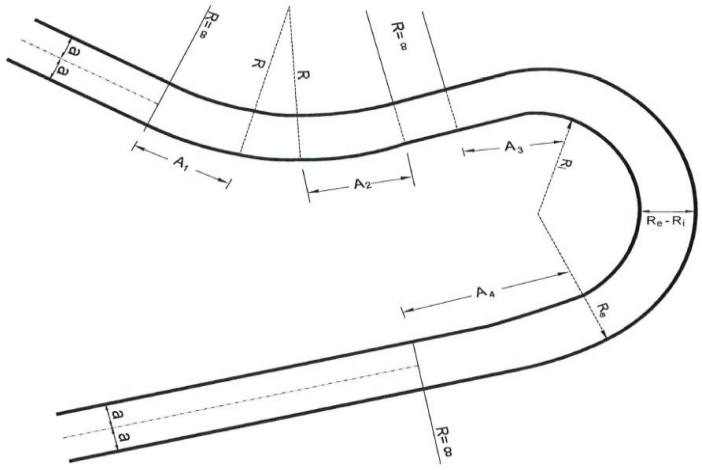
- Curvas de vuelta

Las curvas proyectadas sobre laderas en terrenos accidentados se utilizan para alcanzar una cota mayor sin exceder las pendientes máximas permitidas, cuando no es posible lograrlo mediante trazados alternativos. Este tipo de curvas no se empleará en autopistas, pero en carreteras de Primera Clase podrán ser utilizadas en situaciones excepcionales, siempre que estén justificadas técnica y económicamente, debiendo contar con una radio interior mínima de 20 metros.

En términos generales, las ramas adoptan alineaciones rectas acompañadas de una sola curva de enlace intermedia, y dependiendo del diseño de la curva de vuelta, dichos alineamientos pueden ser paralelos, divergentes, entre otros. En este caso, la curva de vuelta estará definida por dos arcos circulares: uno con radio interior Ri y otro con radio exterior Re.

La imagen siguiente ilustra un ejemplo en el que los alineamientos de entrada y salida de la curva de vuelta siguen una configuración completa.

- Alineamientos de entrada y salida



Fuente: DG-2018, Figura 302.13

- Radio exterior mínimo correspondiente a un radio interior adoptado

Radio interior R_i (m)	Radio Exterior Mínimo R_e (m). según maniobra prevista		
	T2S2	C2	C2+C2
6.0	14.00	15.75	17.50
7.0	14.50	16.50	18.25
8.0	15.25	17.25	19.00
10.0	16.75*	18.75	20.50
12.0	18.25*	20.50	22.25
15.0	21.00*	23.25	24.75
20.0	26.00*	28.00	29.25

Fuente: DG-2018, Tabla 302.12

La tabla 302.12 del DG-2018 establece que el ancho de calzada debe ser de 6 metros en tramos rectos. Si el ancho de la calzada es superior a este valor, el radio exterior (Re) se incrementará de forma proporcional hasta que la distancia entre Re y Ri coincida con el ancho estándar de la calzada.

Un radio interior de 8 metros se considera el mínimo estándar, mientras que una radio interior de 6 metros es el mínimo absoluto, y solo podrá ser utilizada en circunstancias excepcionales.

- Valores de radio a partir de los cuales no es necesario peralte

Tabla 304.04
Valores de radio a partir de los cuales no es necesario peralte

Velocidad (km/h)	40	60	80	≥100
Radio (m)	3,500	3,500	3,500	7,500

Fuente: DG-2018, Tabla 304.04

En la tabla que se muestra a continuación se detallan los valores máximos de peralte según las condiciones previamente descritas:

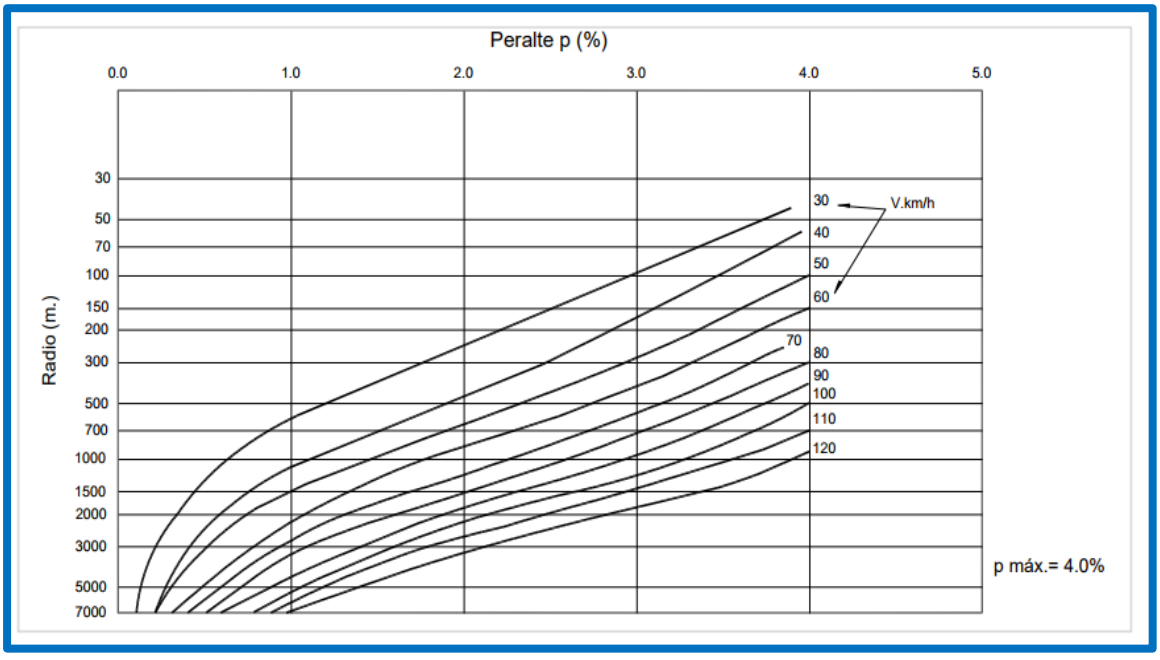
- Valores de peralte máximo

Tabla 304.05
Valores de peralte máximo

Pueblo o ciudad	Peralte Máximo (p)		Ver Figura
	Absoluto	Normal	
Atravesamiento de zonas urbanas	6.0%	4.0%	302.02
Zona rural (T. Plano, Ondulado o Accidentado)	8.0%	6.0%	302.03
Zona rural (T. Accidentado o Escarpado)	12.0	8.0%	302.04
Zona rural con peligro de hielo	8.0	6.0%	302.05

Fuente: DG-2018, tabla 304.05

- Peralte en cruce de área urbanas



Fuente: DG-2018, figura 302.02

Para el cálculo del peralte se usaron las fórmulas de la normativa AASHTO, debido a que nos brinda un peralte para cada radio de curva usado. Y sus valores son iguales o similares al de los ábacos de la DG-2018 (tabla 302.02).

- Transición del bombeo al peralte

En el diseño del alineamiento horizontal, al pasar de un tramo en tangente a otro en curva, es necesario modificar progresivamente la pendiente transversal de la calzada, pasando del bombeo al peralte requerido por la curva. Este ajuste se realiza durante el trayecto de la curva de transición.

En los casos donde no se contempla una curva de transición, el desarrollo del peralte se distribuirá parcialmente en el tramo recto y el resto en la misma curva. La tabla siguiente presenta las proporciones del peralte que deben implementarse sobre la tangente.

- Proporción del peralte (p) a desarrollar en tangente *

Tabla 304.07
Proporción del peralte (p) a desarrollar en tangente *

p < 4.5%	4.5% < p < 7%	p >7%
0.5 p	0.7 p	0.8 p

Fuente: DG-2018, tabla 304.05

Las condiciones mínimas y máximas se permiten únicamente en situaciones donde, debido a la cercanía entre dos curvas, resulta complejo cumplir con ciertos requisitos para el desarrollo adecuado del peralte. La longitud mínima necesaria para implementar el peralte puede calcularse del mismo modo que una espiral de transición, siendo sus valores numéricamente equivalentes.

En carreteras con calzada única, existen tres métodos para realizar el cambio del bombeo al peralte:

Rotación de la sección respecto al eje de la calzada,

Rotación sobre el borde interior, y

Rotación sobre el borde exterior.

El primer método es el más recomendable, ya que requiere una menor longitud

de transición y garantiza uniformidad en los desniveles de ambos bordes. Los otros dos procedimientos se aplican en casos particulares que así lo exijan.

- Transición de peralte

El peralte es la inclinación transversal que se aplica a la calzada en los tramos en curva, con el propósito de compensar la fuerza centrífuga que actúa sobre los vehículos. La transición de peralte se refiere al trazado del borde de la vía donde se implementa de manera progresiva el cambio en la pendiente, desde la inclinación propia de los tramos rectos (bombeo) hasta la correspondiente a la curva peraltada.

Para los fines de esta norma, el valor máximo del peralte se determina mediante la siguiente expresión:

$$ip_{max} = 1.8 – 0.01 * V$$

Donde:

Ipmax : Maxima inclinación de cuialquer borde de la calza:da respecto al eje de la via (%).

V : Velocidad de diseño (km/h).

En consecuencia, la longitud del tramo destinada a la transición del peralte deberá cumplir con una extensión mínima, la cual se determina mediante la siguiente fórmula:

$$L_{min} = \frac{p_f - p_i}{ip_{máx}} * B$$

Donde:

Lmin : Longitud mínima del tramo de transición del peralte (m).

pf : Peralte final con su signo (%).

pf : Peralte inicial con su signo (%).

B : Distancia del borde de la calzada al eje de giro del peralte (m).

Para las carreteras clasificadas como de Tercera Clase, se adoptarán los valores establecidos en la Tabla 302.13 del Manual DG-2018, los cuales especifican las longitudes mínimas requeridas tanto para la transición del bombeo como para la del peralte, en función de la velocidad de diseño y el valor del peralte considerado.

- Longitud mínima de transición de peralte

Tabla 302.13

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

Fuente: DG-2018, tabla 302.13

*Longitud de transición determinada por la rotación de un solo carril.

** Longitud determinada considerando un bombeo del 2%.

La transición del peralte debe realizarse considerando una combinación de los siguientes tres aspectos:

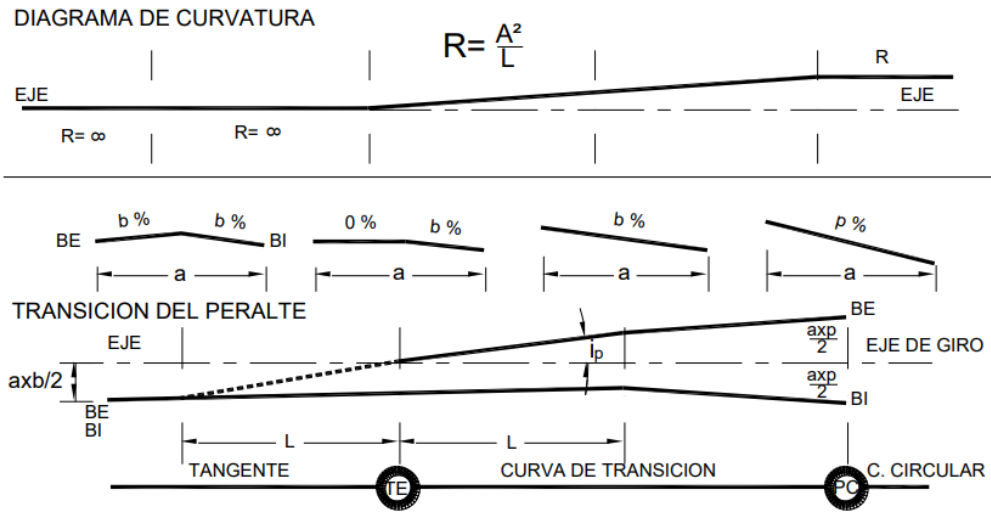
Comportamiento dinámico adecuado del vehículo.

Eficiente drenaje del agua en la superficie de la calzada.

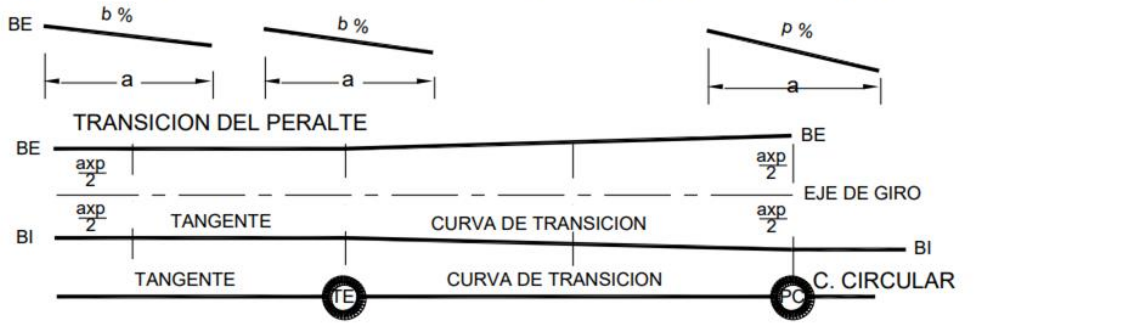
Una apariencia estética armoniosa.

Reducción progresiva del bombeo y ajuste del peralte mediante una curva de transición

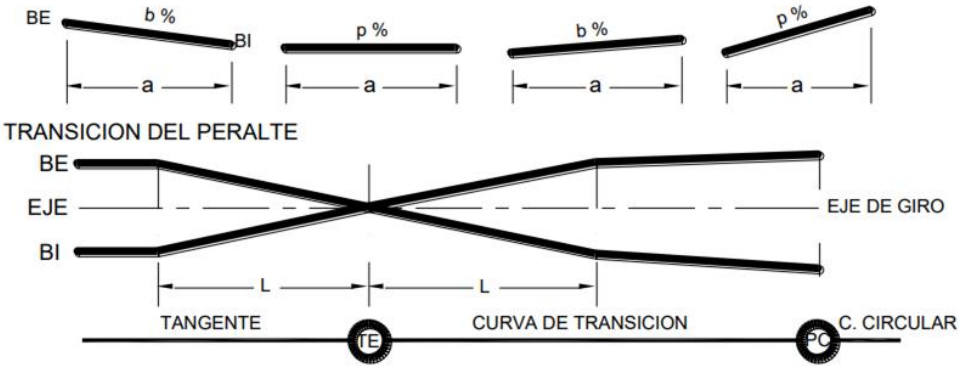
a) BOMBEO CON DOS PENDIENTES SECCIÓN TRANSVERSAL



b) BOMBEO CON PENDIENTE UNICA DEL MISMO SENTIDO QUE EL PERALTE SECCIÓN TRANSVERSAL



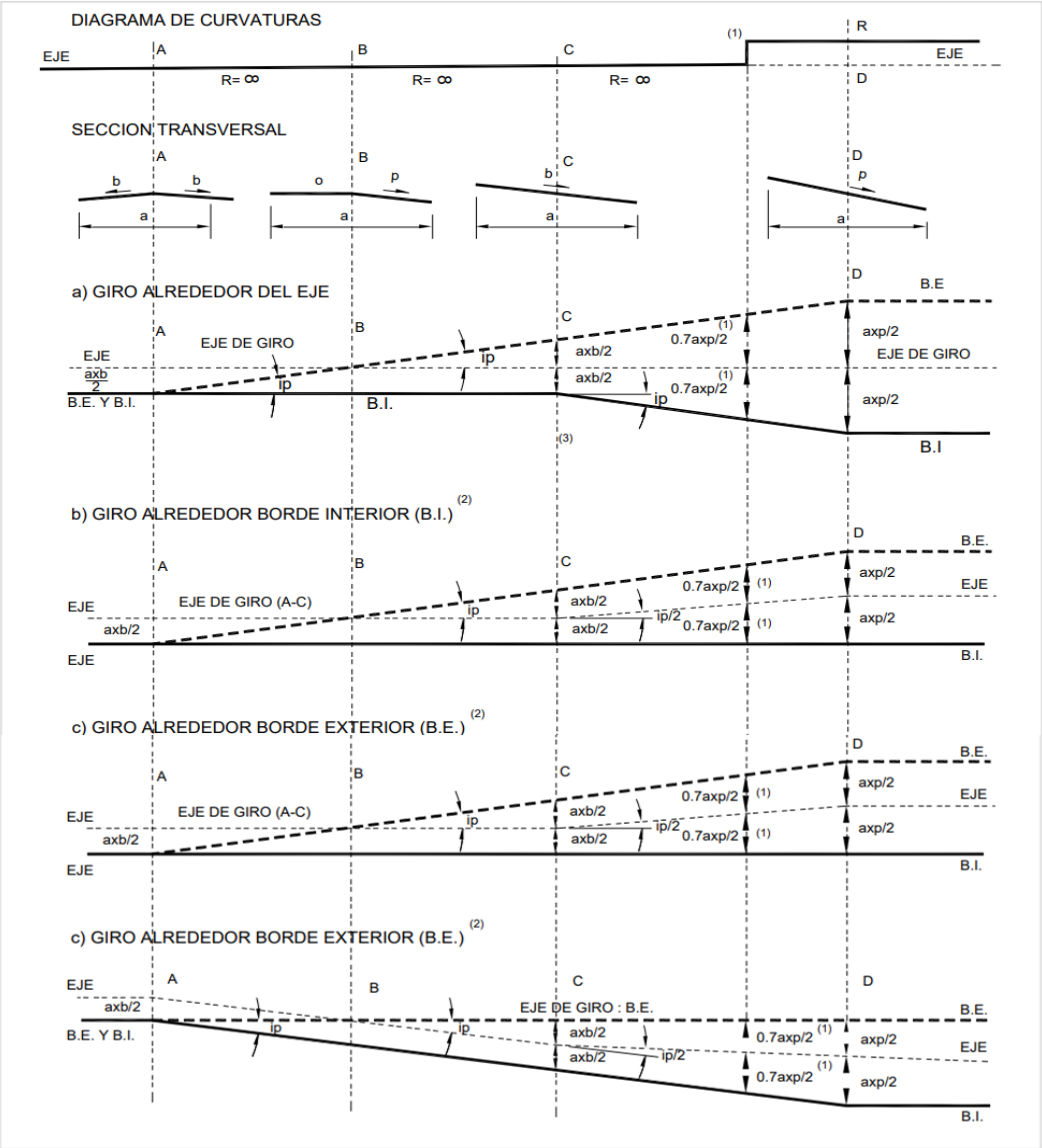
c) BOMBEO CON PENDIENTE UNICA DE SENTIDO CONTRARIO AL PERALTE SECCIÓN TRANSVERSAL



L = 40 m. Máximo en carreteras de calzadas separadas
L = 20 m. Máximo en carreteras de calzada unica
a = Ancho de plataforma

Fuente: DG-2018

Disminución del bombeo y cambio en el peralte efectuado sin emplear una curva de transición

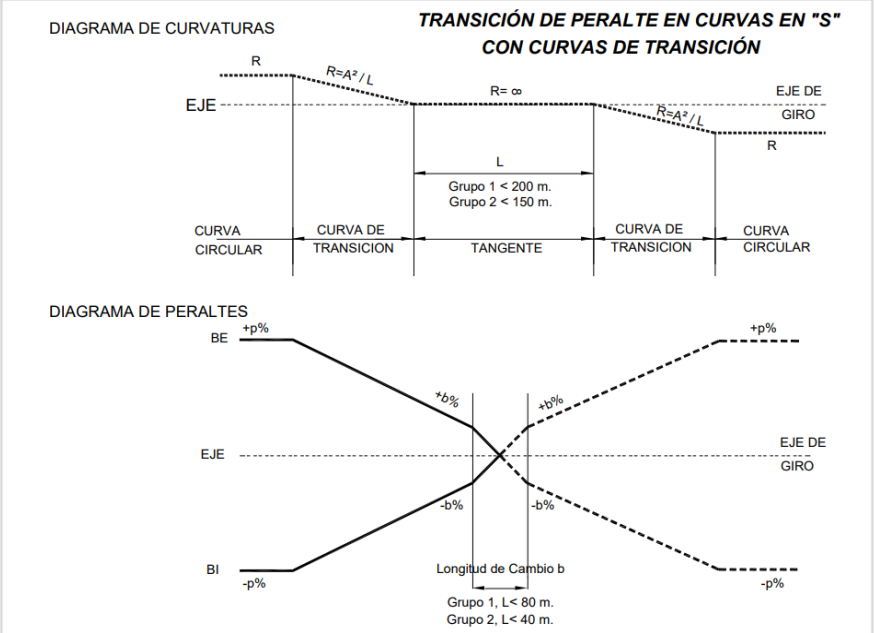


(1) Proporción normal de peralte a desarrollar en tangente : 0.7p
(2) Dados p e ip la longitud necesaria para desarrollar el peralte en los casos (b y c) es mayor que para el caso a

Fuente: DG-2018

Transición de peralte en curvas en “S” con curvas de transición

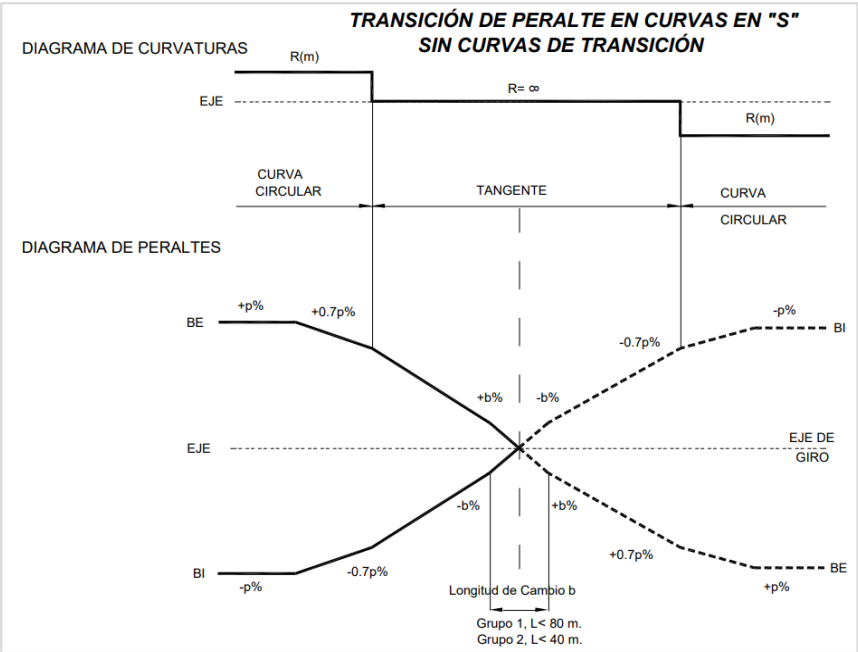
Figura 302.16



Fuente: DG-2018, figura 302.16

Transición de peralte en curvas en “S” sin curvas de transición

Figura 302.17



Fuente: DG-2018, figura 302.17

La eliminación progresiva del bombeo deberá realizarse en el tramo recto, justo antes de la tangente de entrada a la curva. Esta transición se ejecutará en una longitud máxima de 40 metros para carreteras con calzadas separadas, y de hasta 20 metros para vías de calzada única, siguiendo las siguientes consideraciones:

Bombeo con doble pendiente: Se conservará la pendiente del lado de la plataforma cuyo sentido coincidirá con el del peralte que se implementará, mientras que el lado opuesto se irá eliminando gradualmente.

Bombeo con pendiente única coincidente con el sentido del peralte: Este se mantendrá hasta el inicio de la curva de transición (clotoide).

Bombeo con pendiente único en sentido opuesto al peralte: Se eliminará completamente a lo largo de toda la plataforma.

La transición del peralte como tal se efectuará en las siguientes etapas:

Desde el punto de inicio de la clotoide (donde el peralte es cero) hasta alcanzar un 2% de peralte, a lo largo de una distancia máxima de 20 metros.

A partir del punto en que se alcanza el 2% de peralte, este se incrementará de manera lineal hasta llegar al valor requerido por la curva circular (en el punto de tangencia).

Si la longitud de la curva circular es inferior a 30 metros, las zonas de transición del peralte deberán ajustarse de tal manera que se garantice un tramo continuo de 30 metros con pendiente transversal constante, igual al valor del peralte requerido según el radio de curvatura.

- Sobreancho

El sobreancho corresponde al incremento del ancho de la calzada en los tramos con curvatura, con el fin de compensar el mayor espacio que los vehículos requieren

al desplazarse en estas condiciones.

La incorporación de sobreancho en una vía responde principalmente a la trayectoria ampliada que adoptan los vehículos al circular por curvas, así como a la dificultad que implica mantener el vehículo dentro de su carril en estos sectores. En curvas de radios pequeños o intermedios, y dependiendo del tipo de vehículos que transiten con mayor frecuencia por la carretera, es necesario considerar este aumento de ancho para garantizar distancias laterales de seguridad adecuadas (holguras) entre vehículos que se cruzan en calzadas con doble sentido o que efectúan maniobras de avance en vías unidireccionales, así como entre estos y los límites de la calzada.

El valor del sobreancho requerido equivale al espacio adicional que el vehículo ocupa transversalmente al seguir una trayectoria curva, sumado a las holguras laterales teóricas establecidas (valores promedio). Cabe precisar que este aumento en la calzada no debe realizarse a costa de reducir el ancho de las bermas.

Las holguras teóricas, tanto en tramos rectos como en curvas con sobreancho, para vehículos comerciales de 2.6 metros de ancho, en función del ancho de calzada, se encuentran especificadas en la Tabla 302.19 del Manual de Carreteras DG-2018.

Holguras teóricas para vehículos comerciales de 2.60 m de ancho

Tabla 302.19
Holguras teóricas para vehículos comerciales de 2.60 m de ancho

Calzada de 7.20 m		Calzada de 6.00 m	
En recta	**En curva ensanchada**	**En recta**	**En curva ensanchada**
h_1 0.5 m	0.6 m	0.3 m	0.45 m
h_2 0.4 m	0.4 m	0.1 m	0.05 m
$h_{2\ ext}$ 0.4m	0.0 m	0.1 m	0.0 m

Fuente: DG-2018, tabla 302.19

Donde:

h_1: corresponde al espacio libre entre cada vehículo y la línea central demarcada.

h_2: representa la distancia lateral entre el borde exterior de los neumáticos del vehículo y el límite externo del carril (en tramos rectos) o la separación entre la rueda más externa del vehículo —ya sea simple o articulado— y el borde interior de la calzada (en curvas).

h_2 ext: se refiere a la separación entre la parte más sobresaliente del parachoques delantero y el borde exterior de la calzada. Este valor es aproximadamente igual a h_2 en secciones rectas, pero se considera nulo en curvas con sobreancho.

Para asegurar la continuidad visual y funcional del borde de la calzada, el sobreancho debe ser incorporado de forma progresiva al inicio y al final de cada curva.

En curvas circulares simples, con el objetivo de mantener una geometría armoniosa, se recomienda que el sobreancho se aplique de manera lineal sobre el borde interior de la calzada, utilizando la misma longitud asignada para la transición del peralte. En el caso de curvas que incluyen espirales, el sobreancho también se distribuye linealmente a lo largo de la espiral.

Por lo general, la longitud considerada adecuada para aplicar este ensanchamiento progresivo es de 40 metros. En caso de que la curva de transición tenga una longitud igual o superior a 40 m, el sobreancho debe comenzar a desarrollarse desde un punto situado 40 m antes del inicio de la curva circular. Si la longitud de la transición es menor a 40 m, se adoptará la longitud efectiva de dicha transición para implementar el sobreancho.

La fórmula correspondiente para calcular el desarrollo del sobreancho será utilizada de acuerdo con las especificaciones técnicas del Manual de Carreteras.

$$Sa_n = \frac{Sa}{L} * l_n$$

Donde:

San : Es el valor del sobreancho correspondiente a un punto específico situado a una distancia yonortel_nyonorte metros desde el inicio de la curva.

L : Representa la longitud total asignada para desarrollar el sobreancho a lo largo de la curva de transición.

yonortel_nyonorte: Longitud parcial, medida desde el origen hasta cualquier punto dentro de la curva (en metros).

La magnitud San se debe medir perpendicularmente al eje central de la calzada, en el punto cuya abscisa corresponde ayonortel_nyonorte. En ese punto, la distancia total entre el eje de la vía y el borde exterior de la calzada ensanchada será igual a:

a2+Sanorte\frac{a}{2} + San2a+S un

donde "a" es el ancho estándar de la calzada en tramos rectos.

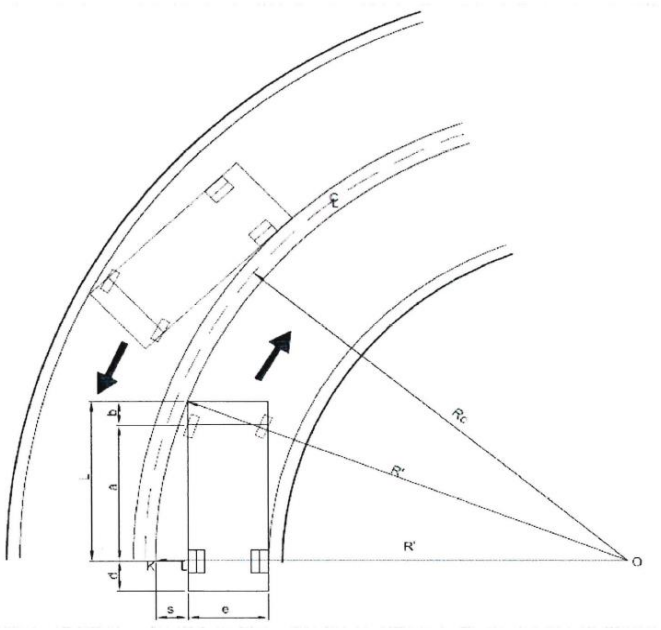
Durante el proceso de demarcación de la vía, la línea correspondiente al borde se definirá mediante una ordenada deSanorte2\frac{San}{2}2S un, tomada desde el eje de la calzada, en el punto con abscisa igual ayonorte.

Determinación del valor del sobreancho

El valor del sobreancho requerido dependerá principalmente de tres factores: el tipo de vehículo que transita por la vía, el radio de curvatura de la curva horizontal y la velocidad de diseño establecida para el tramo en análisis.

Tanto los valores de diseño como las fórmulas utilizadas se encuentran respaldados por la normativa vigente, y se acompañan de esquemas gráficos —como los presentados en las figuras del Manual DG-2018 que sirven como referencia visual para una correcta aplicación de los conceptos geométricos.

- Sobreancho en Curvas



Fuente: DG-2018, figura 302.18ª

Donde:

R^1 : Radio hasta el externo del parachoques delantero.

S : Sobreancho requerido por un carril.

: Longitud en cualquier punto de la curva, medido desde su origen (m).

L: Distancia entre el parachoques delantero y el eje trasero del vehículo.

Si se asume R^1 es sensiblemente igual a RC, se tiene que para una calzada de n carriles:

$$sa = n(R - \sqrt{R^2 - L^2} + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

Donde:

Sa : Sobreancho (m).

n : Número de carriles.

R : Radio de curvatur circula (m).

L : Distancia entre eje posterior y parte frontal (m).

V : Velocidad de diseño (km/h).

El primer componente del cálculo del sobreancho está vinculado directamente a la geometría del trazado, mientras que el segundo responde a criterios empíricos. Este factor adicional se incorpora para compensar las dificultades que enfrentan los conductores al juzgar las distancias laterales en curvas. Cabe resaltar que su aplicación debe ser analizada con cautela por el proyectista, particularmente en secciones donde la velocidad de operación es reducida y la situación lo justifique.

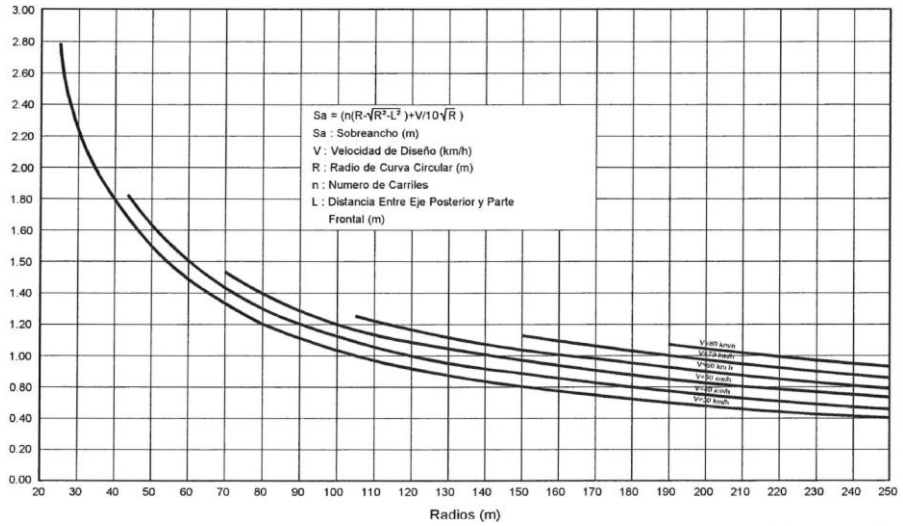
Durante la fase de diseño y construcción, la incorporación del sobreancho representa un incremento tanto en el costo como en la complejidad de ejecución de la obra. Por esta razón, dicho aumento en el ancho de la calzada solo se justifica si genera un beneficio efectivo en términos de seguridad y operatividad vial. En consecuencia, no se recomienda considerar valores de sobreancho demasiado reducidos, ya que no aportarían ventajas funcionales relevantes.

Se establece como valor mínimo razonable un sobreancho de 0.40 metros, a partir del cual puede considerarse su implementación justificada desde el punto de vista técnico.

Además, el valor del sobreancho también puede determinarse de forma gráfica,

haciendo uso de la Figura 302.18B del DG-2018, la cual presenta una relación entre la longitud del sobreancho (L) y el tipo de vehículo de diseño empleado para el proyecto.

Valores de sobreancho en función a “L” del tipo de vehículo de diseño



Fuente: DG-2018, figura 302.18B

El valor del sobreancho estará restringido para aquellas curvas cuya radio sea inferior al especificado en la Tabla 302.20 del DGdel DG-2018, correspondiente a velocidades de diseño menores a 80 km/h . En estos casos, el sobreancho deberá aplicarse exclusivamente en el borde interior de la curva.

Los sobreanchos también fueron calculados con las fórmulas de la Normativa AASHTO, debido a que los tramos contemplan el paso de vehículos, no solamente rígidos, sino también articulados.

Nota: El valor mínimo del sobreancho a aplicar es de 0,40 m (DG-2018).

Longitud de transición y desarrollo del sobreancho

La Figura 302.19 (a), (b) y (c) del DG-2018 ilustra cómo se distribuye el sobreancho en los sectores de transición y curva circular.

En la Figura 302.19 (a) del DG-2018, el sobreancho se distribuye de manera lineal, utilizando la longitud de transición del peralte. De esta manera, se puede calcular el sobreancho deseado en cualquier punto mediante la siguiente fórmula.

$$S_{a_n} = \frac{S_a}{L} L_n$$

Donde:

San : Sobreancho deseado en cualquier punto (m).

Sa : Sobreancho calculado para la curva (m).

Ln : Longitud a la cual se desea determinar el sobreancho (m).

L : Longitud de transición de peralte (m).

Cuando un arco espiral conecta dos curvas circulares de distinto radio pero con la misma dirección, la distribución del sobreancho debe realizarse utilizando la fórmula correspondiente, derivada de una distribución lineal. Los componentes empleados en este cálculo se ilustran en la figura 302.19 (c) del DG-2018

$$Sa_n = Sa_1 + (Sa_2 - Sa_1)\frac{L_n}{L}$$

Donde:

San : Sobreancho deseado en cualquier punto (m).

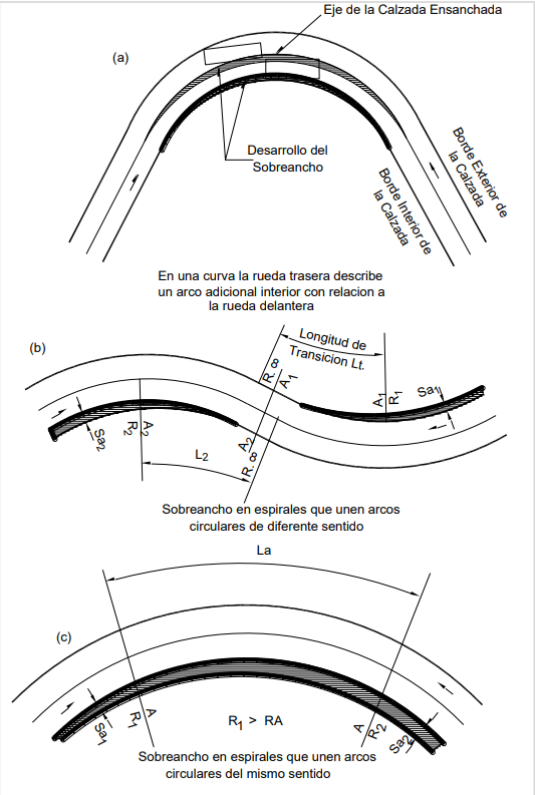
Sa1 : Sobreancho calculado para el arco circular de menor curvatura (m).

Sa2 : Sobreancho calculado para el arco circular de mayor curvatura (m).

Ln : Longitud a la cual se desea determinar el sobreancho (m).

L : Longitud del arco de transición (m).

Distribución del sobreancho en los sectores de transición y circular



Fuente: DG-2018, figura 302.19

- Alineam iento vertical

Generalidades

En el caso de un arco espiral que conecta dos curvas circulares con radios diferentes, pero con igual sentido de giro, el sobreancho debe calcularse usando una fórmula que considera una transición lineal. Esta ecuación, junto con sus componentes, está ilustrada en la figura 302.19 (c) del DG-2018.

El perfil vertical de una carretera se diseña mediante tramos rectos unidos entre sí mediante curvas parabólicas verticales, las cuales son tangentes entre sí. Las pendientes se determinan respecto al sentido del kilometraje: son positivas cuando elevan la cota y negativas cuando la disminuyen.

El trazado vertical debe permitir la circulación continua de los vehículos manteniendo, en la medida de lo posible, la velocidad de diseño. La topografía del terreno influye directamente en el tipo de curva vertical (cóncava o convexa), en la velocidad posible de circulación y en la distancia de visibilidad disponible.

- Pendiente mínima

Para asegurar un adecuado drenaje superficial, se sugiere que la pendiente longitudinal mínima de una vía sea del orden del 0,5%. No obstante, se contemplan algunas excepciones, según las condiciones específicas del diseño:

- Si la vía presenta un bombeo del 2% y carece de bermas o cunetas, se pueden admitir pendientes mínimas de hasta 0,2%.
- Con un bombeo del 2,5%, es aceptable, en casos excepcionales, una pendiente igual a cero.
- En carreteras con bermas, la pendiente recomendada sigue siendo 0,5%, aunque se podría reducir a 0,35% en situaciones especiales.
- En zonas de transición del peralte, donde se anula la pendiente transversal, debe mantenerse una pendiente longitudinal mínima de 0,5%.

- Pendiente máxima

Los valores máximos de pendiente a considerar se encuentran definidos en la Tabla 303.01 del DG-2018. Sin embargo, existen ciertas excepciones:

- En zonas ubicadas a más de 3.000 m s.n.m., se deberá reducir en 1% los valores establecidos para terrenos de topografía escarpada o accidentada.
- En el caso de autopistas, se permite que las pendientes descendentes superen en hasta 2% los límites establecidos en dicha tabla.

Tabla 303.01
Pendientes máximas (%)

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

Fuente: DG-2018, tabla 303.01.

- Pendientes máximas excepcionales

En situaciones particulares, es posible autorizar un incremento de hasta un 1% sobre el valor límite permitido para la pendiente longitudinal de la vía. No obstante, esta excepción deberá estar justificada con argumentos sólidos de tipo técnico y económico.

- Curvas Verticales

Aspectos Generales

Cuando en el diseño de rasante de una carretera se presenta una variación entre pendientes consecutivas superior al 1% en vías pavimentadas, o superior al 2% en otras superficies, se deberá introducir una curva vertical parabólica que conecte ambos tramos. Este tipo de curva se define mediante el parámetro K, que indica cuántos metros de longitud horizontal se requieren por cada 1% de cambio en la pendiente.

$$K = L/A$$

Donde:

K : Parámetro de curvatura.

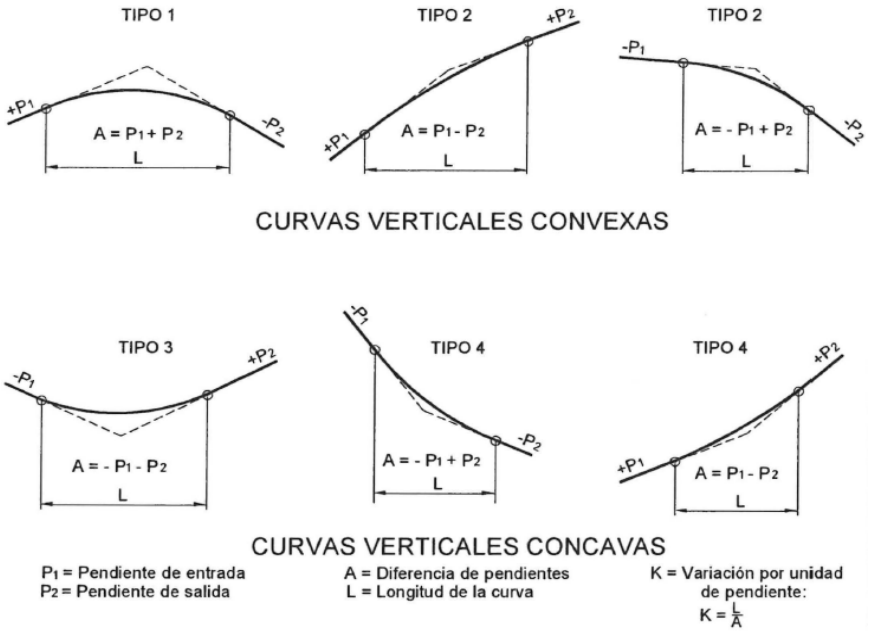
L : Sobreancho calculado para el arco circular de menor curvatura (m).

A : Sobreancho calculado

- Clasificación de las Curvas Verticales

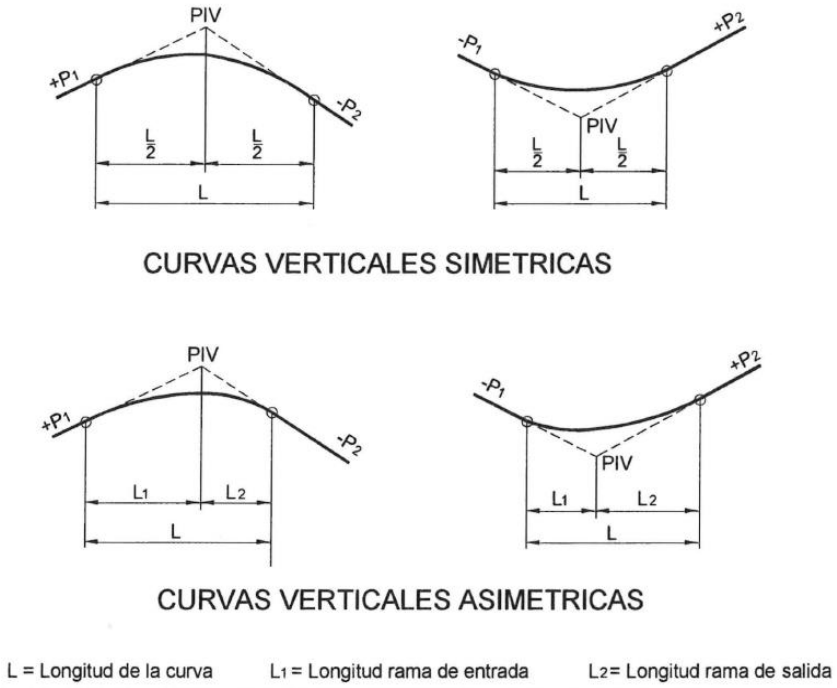
Las curvas verticales se dividen, según su forma, en convexas y cóncavas. Además, dependiendo de la proporción entre los tramos que las componen, pueden ser simétricas o asimétricas. En la Figura 303.02 del DG-2018 se ilustran los tipos convexos y cóncavos, mientras que en la Figura 303.03 del mismo documento se muestran los ejemplos de curvas simétricas y asimétricas.

Tipos de curvas verticales convexas y cóncavas



Fuente: DG-2018, figura 303.02

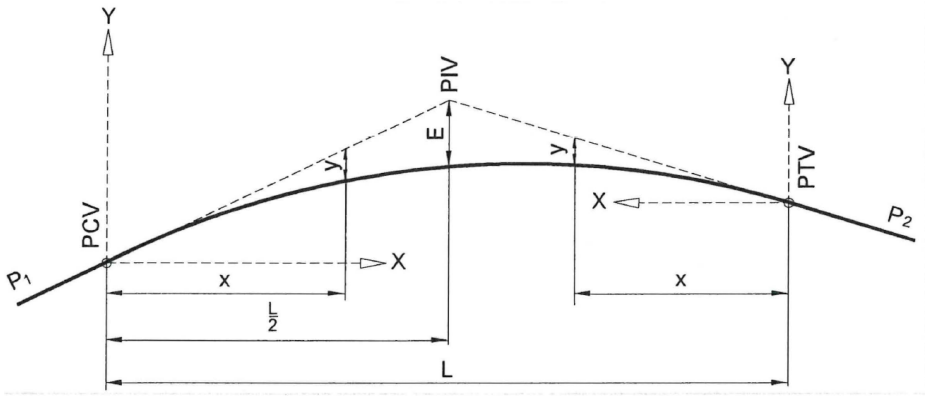
Tipos de curvas verticales simétricas y asimétricas



Fuente: DG-2018, figura 303.03

La curva vertical simétrica está conformada por dos parábolas de igual longitud, que se unen en la proyección vertical del PIV. La curva vertical recomendada es la parábola cuadrática, cuyos elementos principales y expresiones matemáticas se incluyen a continuación, tal como se aprecia en la figura 303.04 del DG-2018.

- Elementos de la curva vertical simétrica



Fuente: DG-2018, figura 303.04

Donde:

PCV : Principio de la curva vertical.

PIV : Punto de intersección de las tangentes verticales.

PTV : Término de la curva vertical.

L : Longitud de la curva vertical, medida por su proyección horizontal, en metros (m).

S1 : Pendiente de la tangente de entrada, en porcentaje (%).

S2 : Pendiente de la tangente de salida, en porcentaje (%).

A : Diferencia algebraica de pendientes, en porcentaje (%).

$$A = |S_1 - S_2|$$

E : Externa. Ordenada vertical desde el PIV a la curva, en metros (m), determina con la siguiente fórmula:

$$E = \frac{A * L}{800}$$

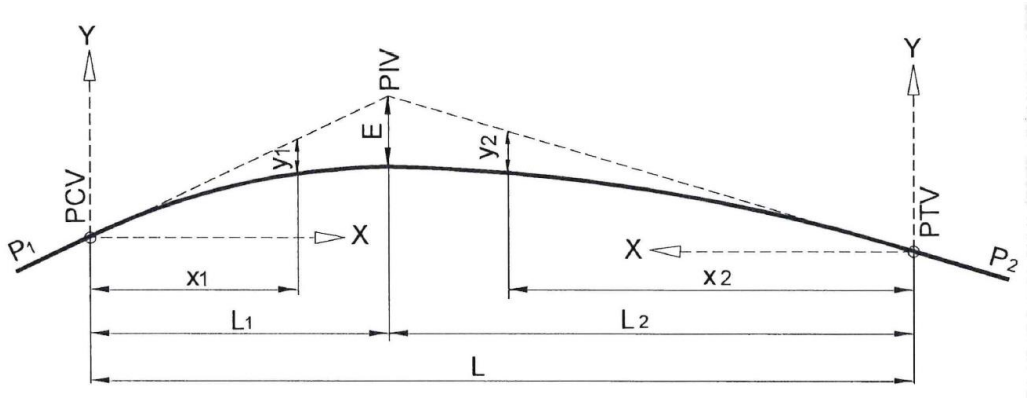
X : Distancia horizontal a cualquier punto de la curva desde PCV o desde el PTV.

Y : Ordenada vertical en cualquier punto, también llamada corrección de la curva vertical, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$y = x^2(\frac{A}{200 * L})$$

La curva vertical asimétrica está conformada por dos parábolas de diferente longitud (L1, L2) que se unen en la proyección vertical del PIV. Ver Figura 303.05 del DG-2018.

Elementos de la curva vertical asimétrica



Fuente: DG-2018, figura 303.05

Donde:

PCV : Principio de la curva vertical.

PIV : Punto de intersección de las tangentes verticales.

PTV : Término de la curva vertical.

L : Longitud de la curva vertical, medida por su proyección horizontal, en metros (m), se cumple: L = L1 + L2 y L1 ≠ L2.

S1 : Pendiente de la tangente de entrada, en porcentaje (%).

S2 : Pendiente de la tangente de salida, en porcentaje (%).

L1 : Longitud de la primera rama, medida por su proyección horizontal, en metros (m).

L2 : Longitud de la segunda rama, medida por su proyección horizontal, en metros (m).

A : Diferencia algebraica de pendientes, en porcentaje (%).

$$\boldsymbol{A = |S_1 - S_2|}$$

E : Externa. Ordenada vertical desde el PIV a la curva, en metros

(m), se determina con la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{E = \frac{A * L_1 * L_2}{200(L_1 + L_2)}}$$

X1 : Distancia horizontal a cualquier punto de la primera rama de la curva medida desde el PCV.

X2 : Distancia horizontal a cualquier punto de la segunda rama de la curva medida desde el PTV.

Y1 : Ordenada vertical en cualquier punto de la primera rama medida desde el PCV, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{y_1 = E(\frac{X_1}{L_1})^2}$$

Y2 : Ordenada vertical en cualquier punto de la primera rama medida desde el PTV, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{y_2 = E(\frac{X_2}{L_2})^2}$$

Longitud de las curvas convexas

Tabla 9: Valores del índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa en carreteras de Tercera Clase.

Tabla 303.02
Valores del índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa en carreteras de Tercera Clase

Velocidad de diseño km/h	Longitud controlada por visibilidad de parada		Longitud controlada por visibilidad de paso	
	Distancia de visibilidad de parada	Índice de curvatura K	Distancia de visibilidad de paso	Índice de curvatura K
20	20	0.6		
30	35	1.9	200	46
40	50	3.8	270	84
50	65	6.4	345	138
60	85	11	410	195
70	105	17	485	272
80	130	26	540	338
90	160	39	615	438

Fuente: DG-2018, tabla 303.02.

Para contar con la visibilidad de parada (Dp)

Cuando Dp < L;

$$L = \frac{A * D_p^2}{100(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2}$$

Cuando Dp > L;

$$L = 2D_p - \frac{200(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{A}$$

Donde:

L : Longitud de la curva vertical (m).

Dp : Punto de intersección de las tangentes verticales.

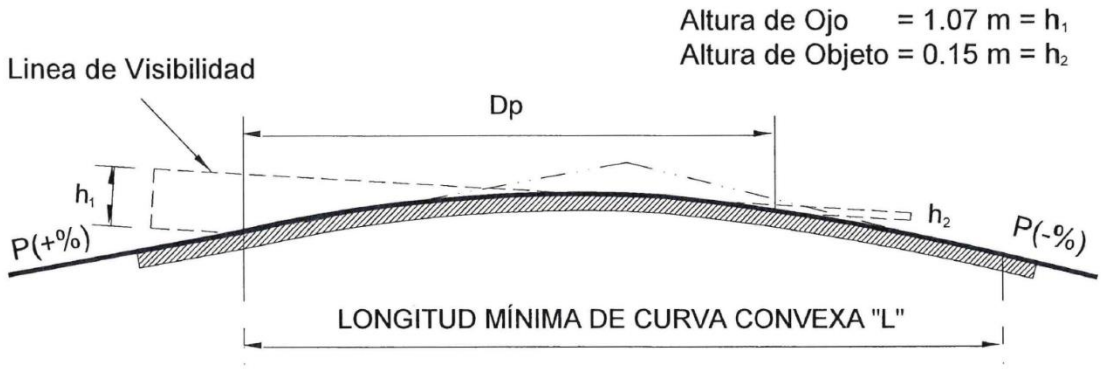
A : Término de la curva vertical.

h1 : Longitud de la curva vertical, medida por su proyección horizontal, en metros (m), se cumple

h2 : Longitud de la curva vertical, medida por su proyección horizontal, en metros (m).

La Figura 303.06 del DG-2018, presenta los gráficos para resolver las ecuaciones planteadas, para el caso más común con h1 = 1.07 m y h2 = 0.15 m.

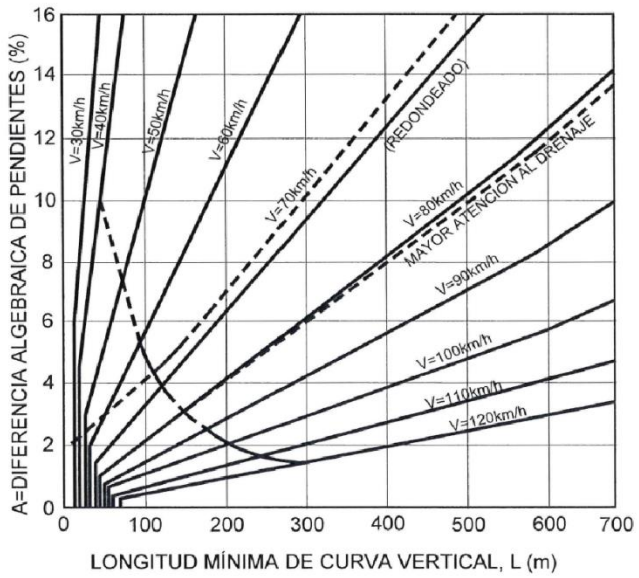
Longitud mínima de curva vertical convexa con distancias de visibilidad de parada



L = Longitud de la curva vertical (m)
Dp = Distancia de Visibilidad de Frenado (m)
V = Velocidad de Diseño (Km/h)
A = Diferencia Algebraica de Pendientes (%)

Para Dp > L $L = 2Dp - \frac{404}{A}$

Para Dp < L $L = \frac{ADp^2}{404}$



Fuente: DG-2018, figura 303.06

Para contar con la visibilidad de adelantamiento o paso (Da)

Cuando Da< L;

$$\boldsymbol{L = \frac{A * D_a^2}{946}}$$

Cuando Da> L;

$$\boldsymbol{L = 2D_a - \frac{946}{A}}$$

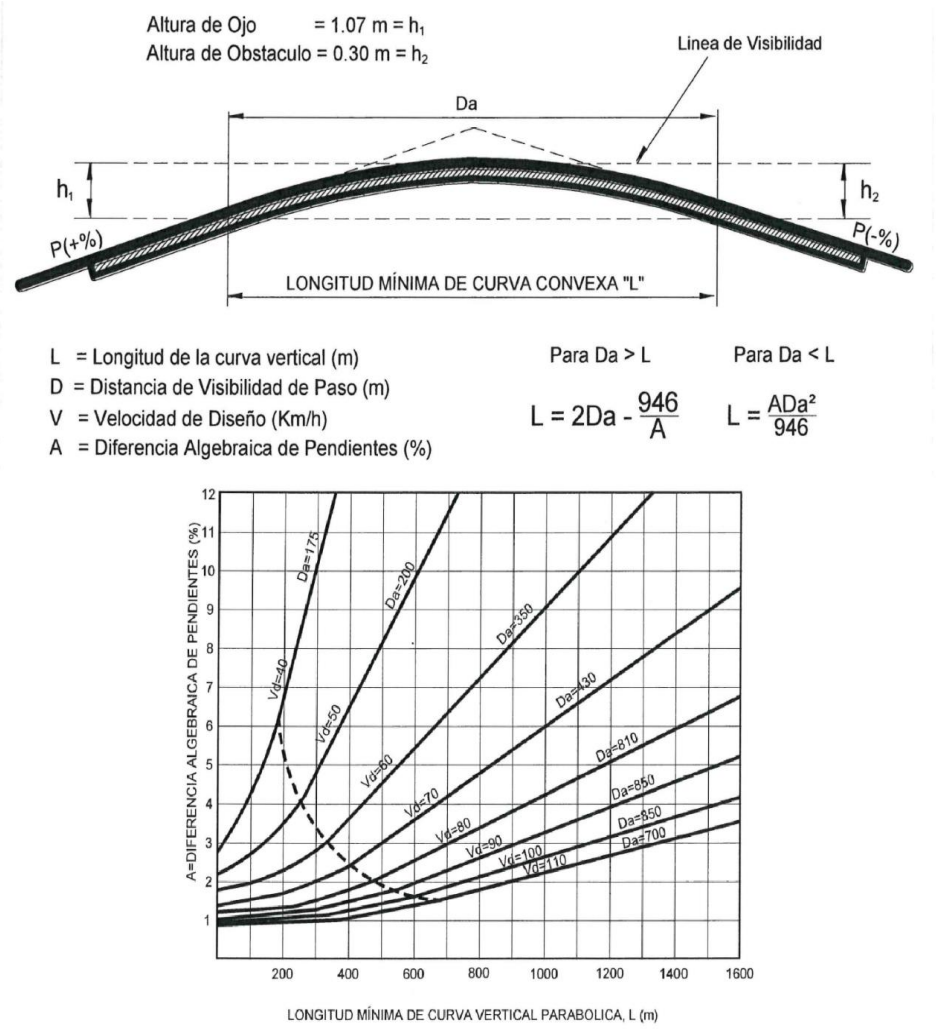
Donde:

Da : Distancia de visibiidad de adelantamiento o Paso (m).

L y A : Idem (a).

Se utilizará los valores de longitud de Curva Vertical de la Figura 303.07 del DG-2018 para esta condición, asimismo se aplicarán las mismas fórmulas que en (a); utilizándose como h2 = 1.30 m, considerando h1 = 1.07 m.

Longitud mínima de curvas verticales convexas con distancias de visibilidad de paso



Fuente: DG-2018, figura 303.07

- Longitud de las curvas cóncavas

Valores del índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava en carreteras de Tercera Clase.

Tabla 303.03
Valores del índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava en carreteras de Tercera Clase

Velocidad de diseño (km/h)	Distancia de visibilidad de parada (m)	Índice de curvatura K
20	20	3
30	35	6
40	50	9
50	65	13
60	85	18
70	105	23
80	130	30
90	160	38

Fuente: DG-2018, tabla 303.03.

La longitud de las curvas verticales cóncavas se determina con las siguientes fórmulas:

Cuando D < L;

$$L = \frac{A * D^2}{120 + 3.5D}$$

Cuando D > L;

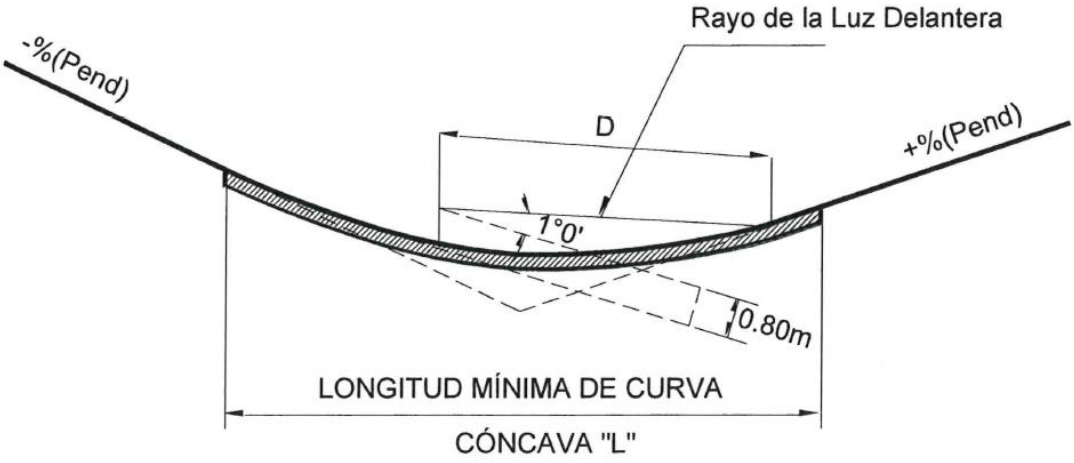
$$L = 2D - (\frac{120 + 3.5D}{A})$$

Donde:

D : Distancia entre el vehículo y el punto dónde con un ángulo de 1°, los rayos de luz de los faros, interseca a la rasante.

Del lado de la seguridad se toma D = Dp, cuyos resultados se aprecian en la Figura 303.08 del DG-2018.

Longitudes mínimas de curvas verticales cóncavas



L = Longitud de la curva vertical (m)
D = Distancia desde los Faros a la rasante (m)
V = Velocidad de Diseño (Km/h)
A = Diferencia Algebraica de Pendientes (%)

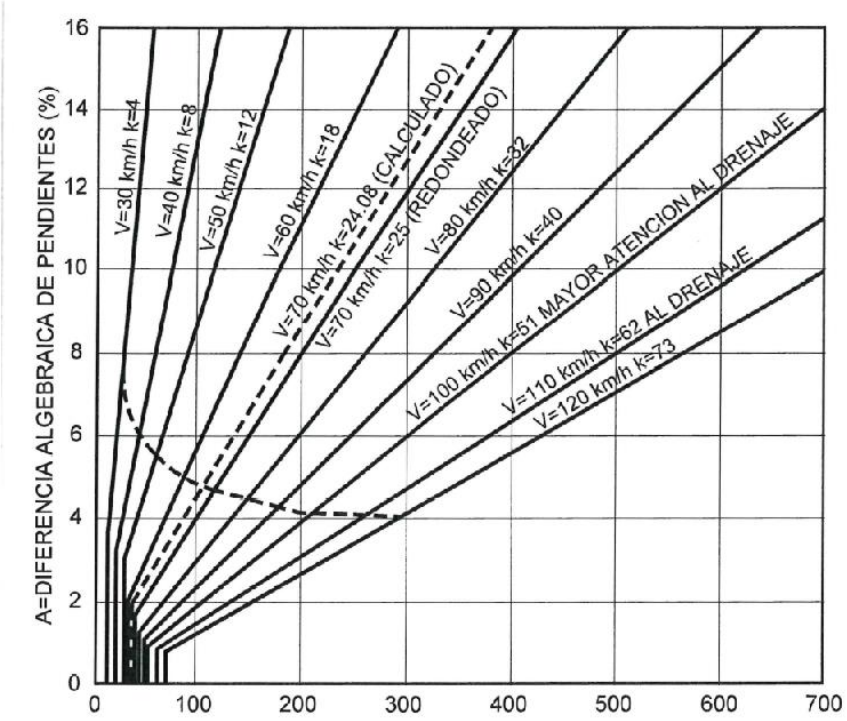
D = Dp

Dp > L

$$L = 2Dp - \left(\frac{120+3{,}50\ Dp}{A}\right)$$

Dp < L

$$L = \frac{A\ Dp^2}{120+3.5\ Dp}$$



Fuente: DG-2018, figura 303.08

Adicionalmente, considerando que los efectos gravitacionales y de fuerzas centrífugas afectan en mayor proporción a las curvas cóncavas, se aplicará la siguiente fórmula:

$$L = \frac{A * V^2}{395}$$

Donde:

V : Velocidad de proyecto (km/h).

L : Longitud de la curva vertical (m).

A : Diferencia algebraica de pendientes (%).

- Diseño geométrico de la sección transversal

El diseño geométrico de la sección transversal se refiere a la representación de los distintos componentes de una vía en un plano vertical perpendicular al eje horizontal del trazado. Este diseño permite establecer la ubicación, forma y dimensiones de cada elemento vial en su relación directa con el terreno natural en cada punto del recorrido.

Las características de la sección transversal no son constantes a lo largo de la vía, ya que dependen de la combinación de múltiples elementos cuyo tamaño, forma y disposición varían según las funciones que desempeñan, así como según la topografía y el diseño del trazado.

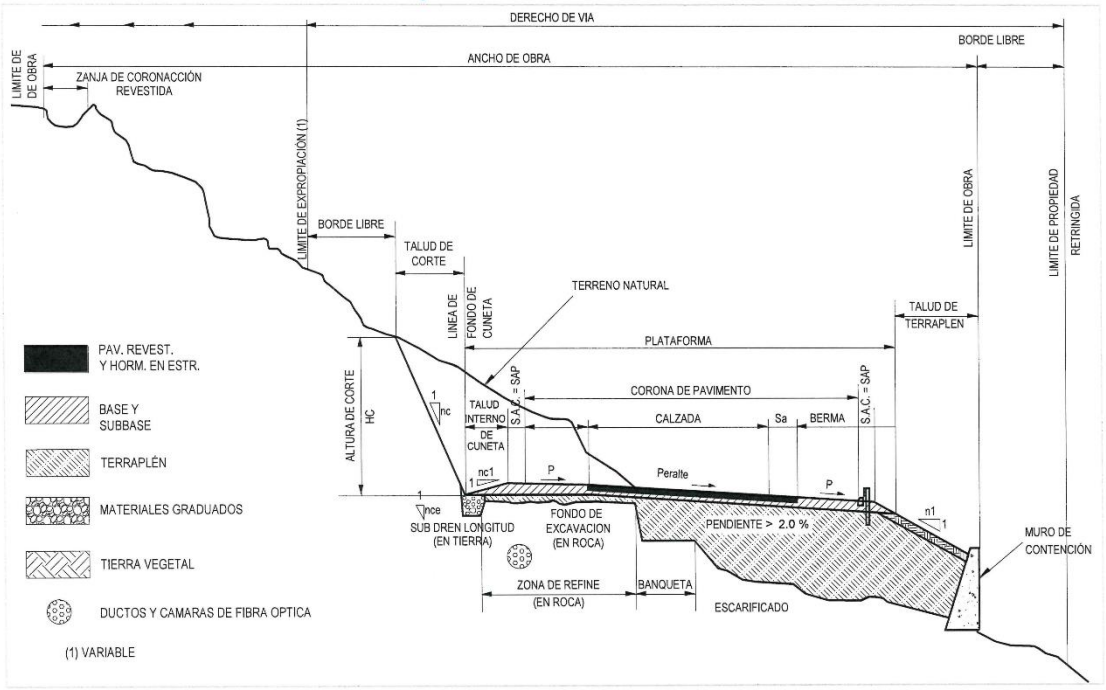
El componente principal de esta sección es la calzada o superficie de rodadura, cuyas dimensiones deben estar alineadas con el nivel de servicio previsto para el proyecto. Sin embargo, también revisten importancia otros elementos como las bermas, aceras, cunetas, taludes y componentes adicionales, que contribuyen a la seguridad y funcionalidad de la carretera.

Asimismo, se consideran secciones transversales especiales aquellas que corresponden a intersecciones vehiculares ya sean a nivel o a desnivel , estructuras como puentes, y zonas donde se requiera ampliación de plataforma, entre otros casos particulares.

- Elementos de la sección transversal

Dentro del Derecho de Vía, la sección transversal está formada por varios elementos que garantizan la funcionalidad y seguridad de la carretera. Estos incluyen: los carriles de circulación, la calzada, bermas laterales, cunetas para drenaje, taludes de corte o relleno, así como elementos complementarios como barreras de seguridad, ductos, cámaras de fibra óptica y defensas viales, entre otros.

Sección transversal típica a media ladera vía de dos carriles en curva



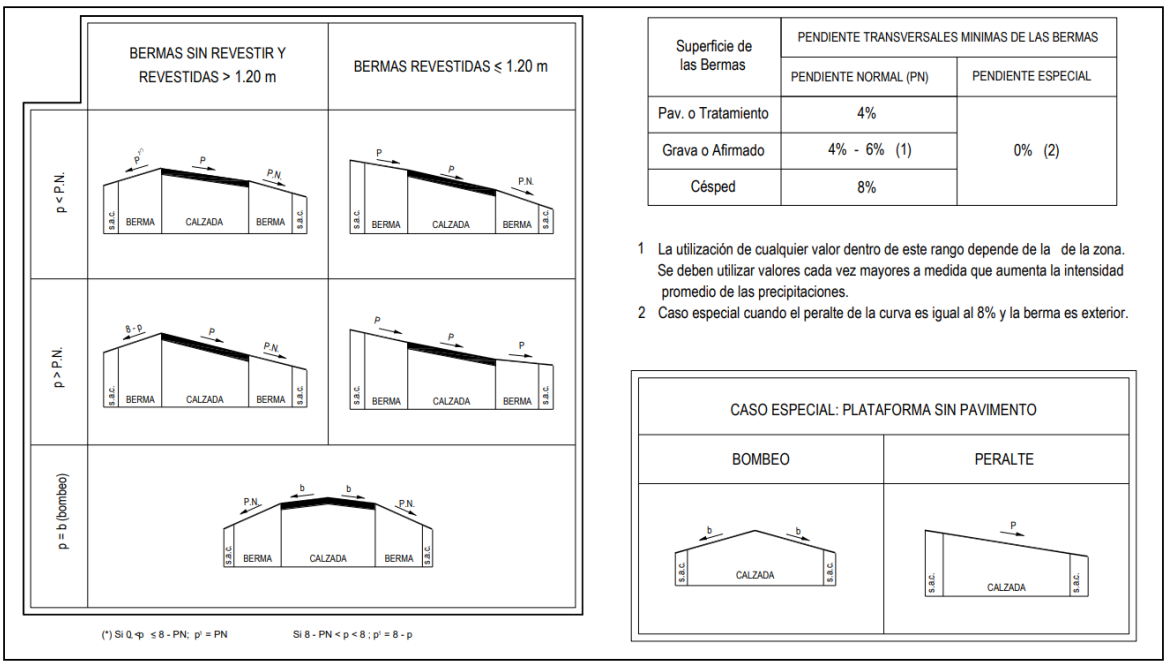
Fuente: DG-2018, figura 304.02

- Inclinación de las bermas

En vías con pavimento, la pendiente de las bermas deberá ajustarse conforme

a las especificaciones que aparecen en la Figura 304.03, correspondiente a caminos con afirmado. En tramos rectos, las bermas tendrán la misma inclinación que la calzada, mientras que en curvas, deberán seguir la inclinación del peralte, conforme a lo indicado en la normativa que regula su diseño.

Pendiente transversal de bermas.



Superficie de las Bermas	PENDIENTE TRANSVERSALES MINIMAS DE LAS BERMAS	
	PENDIENTE NORMAL (PN)	PENDIENTE ESPECIAL
Pav. o Tratamiento	4%	0% (2)
Grava o Afirmado	4% - 6% (1)	
Césped	8%	

1 La utilización de cualquier valor dentro de este rango depende de la de la zona. Se deben utilizar valores cada vez mayores a medida que aumenta la intensidad promedio de las precipitaciones.
2 Caso especial cuando el peralte de la curva es igual al 8% y la berma es exterior.

Fuente: DG-2018, figura 304.03

- Ancho y aprobación del Derecho de Vía

Según lo estipulado en el artículo 4 del Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, corresponde a cada entidad competente definir y aprobar el ancho del Derecho de Vía para las carreteras dentro de su jurisdicción, lo cual debe formalizarse mediante una resolución del titular de la entidad, y en concordancia con las disposiciones establecidas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

Al establecer el ancho del Derecho de Vía, no solo se debe considerar la sección

transversal de la carretera proyectada, sino también la ubicación de dispositivos auxiliares y las infraestructuras necesarias para el funcionamiento eficiente de la vía. Los anchos mínimos permitidos están establecidos en la Tabla 304.09 del DG-2018, de acuerdo con el tipo de carretera según su clasificación por demanda vehicular y características topográficas.

Anchos mínimos de Derecho de Vía

Tabla 304.09
Anchos mínimos de Derecho de Vía

Clasificación	Anchos mínimos (m)
Autopistas Primera Clase	40
Autopistas Segunda Clase	30
Carretera Primera Clase	25
Carretera Segunda Clase	20
Carretera Tercera Clase	16

Fuente: DG-2018, tabla 304.09.

De manera general, el ancho del Derecho de Vía (o faja de dominio), establecido por la autoridad competente, deberá aumentarse en 5.00 metros cuando se presenten los siguientes escenarios:

- Desde el punto más alto y externo de los taludes de corte.
- A partir de la base del terraplén de mayor altura.
- Desde el límite exterior de las estructuras de drenaje.
- Desde el borde exterior de los caminos de servicio.

En sectores urbanos, el ancho del Derecho de Vía será determinado según los requerimientos del diseño vial y deberá estar respaldado por el respectivo saneamiento físico-legal, conforme a los valores mínimos señalados en la Tabla 304.09 del DG-2018. Excepcionalmente, se podría aprobar un ancho menor si existen edificaciones o instalaciones permanentes cerca de la vía.

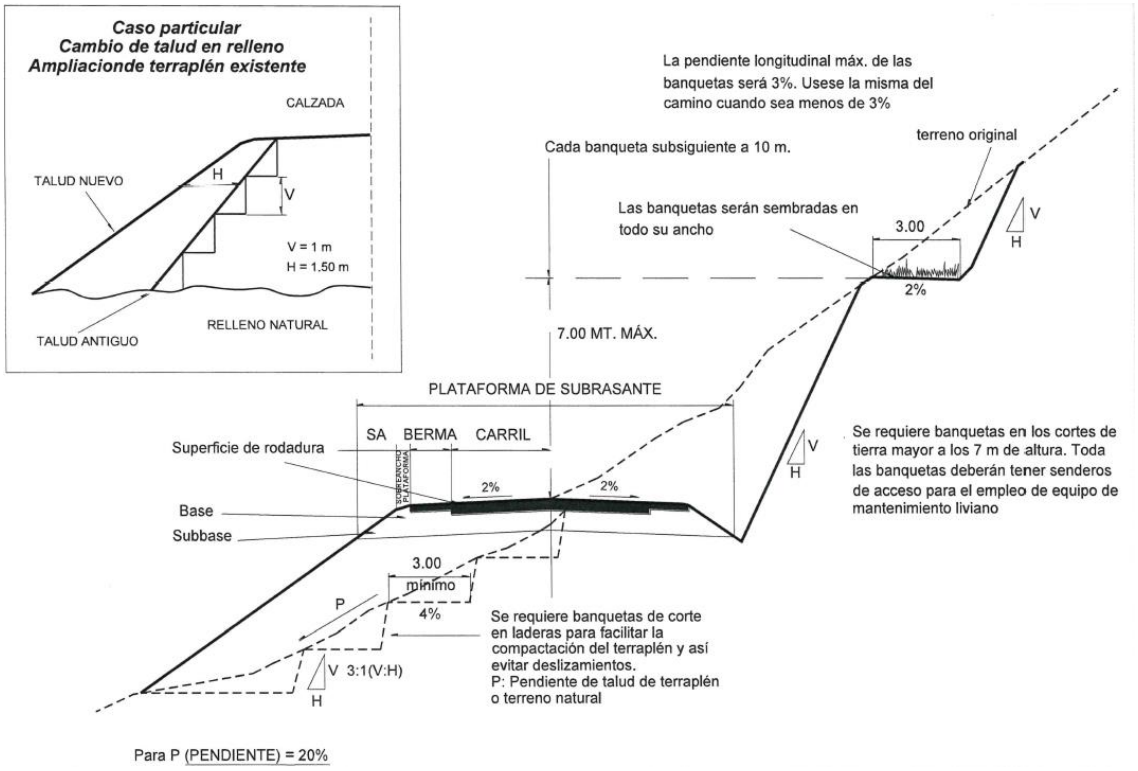
- Faja de Propiedad Restringida

Adyacente al Derecho de Vía, se puede establecer una faja de terreno denominada Propiedad Restringida, la cual tiene como propósito impedir la construcción de edificaciones permanentes que puedan afectar la seguridad de la vía, reducir la visibilidad o dificultar futuras ampliaciones. Esta franja tendrá un ancho de 5.00 metros por cada lado, y su implementación dependerá de una resolución emitida por la entidad competente. No obstante, su establecimiento no es obligatorio y queda sujeto a los requerimientos específicos del proyecto. En caso justificado técnicamente, el ancho de la faja puede ser mayor, previa aprobación de la autoridad correspondiente, pero no será aplicable en zonas urbanas.

- Taludes

pendientes laterales diseñadas para las vías, tanto en zonas de corte como en relleno. Su inclinación se calcula como la tangente del ángulo entre la superficie del terreno y una línea horizontal ideal. En los cortes, la forma y pendiente del talud varían de acuerdo con las propiedades geotécnicas del suelo. Elementos como la altura, la pendiente y los tratamientos complementarios se determinan mediante estudios especializados en geología o mecánica de suelos, así como análisis del sistema de drenaje superficial y subterráneo. Estos factores son fundamentales para mantener la estabilidad de los taludes, sobre todo en terrenos con riesgos geológicos o suelos poco estables, lo que hace imprescindible seleccionar cuidadosamente la solución técnica más adecuada.

Sección transversal típica en tangente.



Fuente: DG-2018, figura 304.07

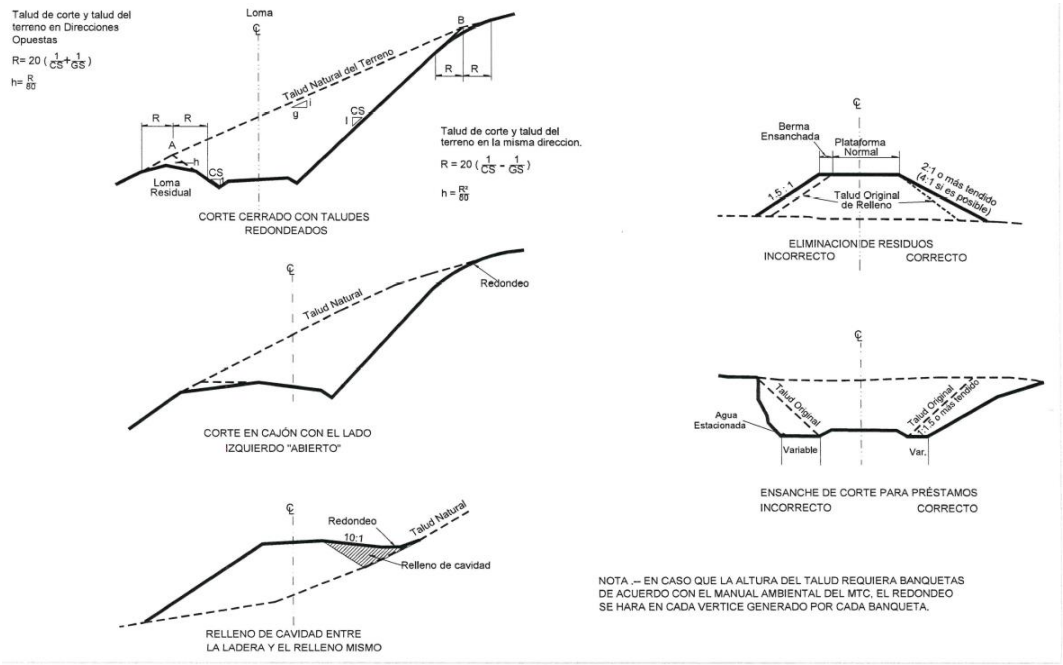
Valores referenciales para taludes en corte (Relación H : V)

Tabla 304.10
Valores referenciales para taludes en corte (Relación H: V)

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

Fuente: DG-2018, tabla 304.10.

Tratamiento de taludes tipo



Fuente: DG-2018, figura 304.08

La pendiente de los taludes en áreas de relleno dependerá directamente de las propiedades del material utilizado para su conformación. La normativa contenida en la Tabla 304.11 del DG-2018 ofrece parámetros orientativos para definir la configuración adecuada de estos taludes en terraplenes.

Tabla 304.11
Taludes referenciales en zonas de relleno (terraplenes)

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

Fuente: DG-2018, tabla 304.11.

Para pasar de un tipo de talud a otro, es necesario implementar una zona de transición, comúnmente conocida como alabeo. Cuando esta transición se da entre

un corte de más de 4.00 metros de altura y un terraplén, o viceversa, es indispensable suavizar las pendientes de ambos lados hasta alcanzar una altura de 2.00 metros. Además, la longitud mínima de este alabeo debe ser de 10.00 metros.

En situaciones donde se conectan taludes similares pero con diferentes pendientes, también se requiere un alabeo con una longitud mínima de 10.00 metros. Asimismo, se recomienda redondear las partes superiores de los taludes en corte para mejorar el aspecto visual del entorno vial.

- Descripción del trazo

El tramo 1 tiene una longitud de 4,896.626m metros, desde la plaza Huaura (Balcón de Huaura) y un ancho de calzada de 7.00 metros hasta la progresiva 0+550 (Av. San Matín). Luego, desde la progresiva 0+550 hasta la progresiva 2+100, la vía tiene dos calzadas de 3.5 metros con un separador central de 1.00 metros (Avenida Cincuentenario). Después, desde la progresiva 2+100 hasta el empalme con la Av. José Olaya, la vía tiene una calzada de 7.00 metros. Por último, en la progresiva 4+897 se produce la conexión con el eje del Tramo 2 (Av. Costanera).

El tramo 2 tiene una longitud de 2446.305 metros. Desde el empalme de la calle Miramar (0+000) con un ancho de calzada de 7.00 metros hasta la progresiva 0+630. De la progresiva 0+630 hasta la progresiva 0+705, se encuentra la intersección entre la Av. Costanera y la Av. Pedro Herrera. De la progresiva 0+705 hasta la 2+320, se proyectará una vía de doble calzada y separador central. Cada calzada tendrá un ancho de 6 metros. Posteriormente, en la progresiva 2+320, habrá una transición en el ancho de calzada, en dirección a la Av. Malecón Roca, donde la calzada de dos carriles pasará a reducirse a un carril. Esto se produce para canalizar el flujo vehicular en la intersección con el tramo 3 (Av. Malecón Roca), progresiva 2+446.3.