

UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE
FACULTAD DE INGENIERÍA



Evaluación del Diseño Geométrico de la Vía SM-653
Empalme PE-5N (Moyochapana) hasta el Puente Rio Mayo (Betania),
Región San Martín, 2023

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

AUTOR

Yerson Racho Julon

REVISOR

Alcibíades Bances Meza

Rioja, Perú

2023

METADATOS COMPLEMENTARIOS**Datos del autor**

Nombres	YERSON
Apellidos	RACHO JULON
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	71514338
Número de Orcid (opcional)	

Datos del asesor

Nombres	ALCIBIADES
Apellidos	BANCES MEZA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	44127737
Número de Orcid (obligatorio)	0000-0003-0158-3407

Datos del Jurado**Datos del presidente del jurado**

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	

Datos del segundo miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	

Datos del tercer miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	

Datos de la obra

Materia*	Diseño geométrico, geometría, secciones, evaluación
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado: enlace	https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.05
Idioma (Normal ISO 639-3)	SPA - español
Tipo de trabajo de investigación	Trabajo de Suficiencia Profesional
País de publicación	PE - PERÚ
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	Ingeniero Civil
Grado académico o título profesional	Título Profesional
Nombre del programa	Ingeniería Civil
Código del programa Consultar el listado: enlace	732016

*Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesoro).

FACULTAD DE INGENIERÍA

ACTA N° 029-2023-UCSS-FI/TPICIV

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Los Olivos, 26 de mayo de 2023

Siendo el día viernes 19 de mayo de 2023, en la Universidad Católica Sedes Sapientiae, se realizó la evaluación y calificación del siguiente informe de Trabajo de Suficiencia Profesional.

“Evaluación del Diseño Geométrico de la Vía SM-653 Empalme PE-5N (Moyochapana) hasta el Puente Río Mayo (Betania), Región San Martín, 2023”

Presentado por el bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil de la Filial Rioja: Nueva Cajamarca:

RACHO JULON, YERSON

Ante la comisión evaluadora de especialistas conformado por:

Ing. LABAN VARGAS, JOSE LUIS

Ing. LAURENCIO LUNA, VILMA MONICA

Luego de haber realizado las evaluaciones y calificaciones correspondientes la comisión lo declara:

APROBADO

En mérito al resultado obtenido se expide la presente acta con la finalidad que el Consejo de Facultad considere se le otorgue al Bachiller RACHO JULON, YERSON el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

En señal de conformidad firmamos,



LABAN VARGAS, JOSE LUIS
Evaluador especialista 1



LAURENCIO LUNA, VILMA MONICA
Evaluador especialista 2

Anexo 2**CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR(A) DE TESIS / INFORME ACADÉMICO/ TRABAJO DE INVESTIGACIÓN/ TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL CON INFORME DE EVALUACIÓN DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO**

Los Olivos, 14 de agosto de 2023

Señor

Manuel Ismael Laurencio Luna

Coordinador del Programa de Estudios de Ingeniería Civil

Facultad de Ingeniería

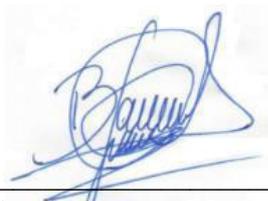
Universidad Católica Sedes Sapientiae

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que informe de Trabajo de Suficiencia Profesional, bajo mi asesoría, con título: **“Evaluación del Diseño Geométrico de la Vía SM-653 Empalme PE-5N (Moyochapana) hasta el Puente Rio Mayo (Betania), Región San Martín, 2023 ”**, presentado por RACHO JULON, YERSON con código 2014101754 y DNI 71514338 para optar el título profesional de Ingeniero Civil, ha sido revisado en su totalidad por mi persona y **CONSIDERO** que el mismo se encuentra **APTO** para ser publicado.

Asimismo, para garantizar la originalidad del documento en mención, se le ha sometido a los mecanismos de control y procedimientos antiplagio previstos en la normativa interna de la Universidad, **cuyo resultado alcanzó un porcentaje de similitud de 7%**. * Por tanto, en mi condición de asesor, firmo la presente carta en señal de conformidad y adjunto el informe de similitud del Sistema Antiplagio Turnitin, como evidencia de lo informado.

Sin otro particular, me despido de usted. Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Bances', is positioned above a horizontal line.

Alcibiades Bances Meza
Docente Revisor
DNI N° 44127737
ORCID: 0000-0003-0158-3407
Facultad de Ingeniería - UCSS

* De conformidad con el artículo 8°, del Capítulo 3 del Reglamento de Control Antiplagio e Integridad Académica para trabajos para optar grados y títulos, aplicación del software antiplagio en la UCSS, se establece lo siguiente:

Artículo 8°. Criterios de evaluación de originalidad de los trabajos y aplicación de filtros

El porcentaje de similitud aceptado en el informe del software antiplagio para trabajos para optar grados académicos y títulos profesionales, será máximo de veinte por ciento (20%) de su contenido, siempre y cuando no implique copia o indicio de copia.

Resumen

El principal objetivo del presente trabajo de investigación es determinar la evaluación del diseño geométrico de la vía SM-653 empalme PE-5N (Moyochapana) hasta el Puente Rio Mayo (Betania), región San Martín, 2023. Por ello, este estudio forma parte de una investigación correlacional, con diseño no experimental, ya que, a través del análisis y evaluación, se pretende determinar la relación de las variables del tema en estudio. Además, se ha considerado como muestra el camino vecinal del tramo que comprende vía SM-653 del empalme PE-5N (Moyochapana) hasta el centro poblado de Betania con una longitud de 1,22 km. Asimismo, para la recolección de datos se empleó la metodología de observación directa y como también el análisis de documentación, tomando como guía la norma de carreteras DG-2018. Por consiguiente, los resultados obtenidos para el diseño fueron un IMDA de 123 Veh/día, calzada de 6,00 m con 0,50 m de bermas, capa de rodadura bicapa, Además, 16 curvas horizontales que comprende radios de 25 m hasta 600 m. Por lo tanto, se concluye el camino vecinal necesitara de muchas actualizaciones en su diseño geométrico y así pueda cumplir al 100 % con las medidas mínimas de diseño geométrico determinados por la norma vigente para carreteras.

Palabras claves: Diseño geométrico, geometría, secciones, evaluación

Abstract

The main objective of this research work is to determine the evaluation of the geometric design of the SM-653 PE-5N (Moyochapana) junction to the Rio Mayo Bridge (Betania), San Martín region, 2023. Therefore, this study is part of the of a correlational investigation, with a non-experimental design, since, through analysis and evaluation, it is intended to determine the relationship of the variables of the subject under study. In addition, the neighborhood road of the section that includes via SM-653 from the PE-5N (Moyochapana) junction to the town of Betania with a length of 1,22 km has been considered as a sample. Likewise, for data collection, the direct observation methodology was used, as well as the analysis of documentation, taking the DG-2018 road standard as a guide. Consequently, the results obtained for the design were an IMDA of 123 Veh/day, a road of 6,00 m with 0,50 m of shoulders, a bilayer surface layer, in addition, 16 horizontal curves that include radii of 25 m up to 600 m. Therefore, the neighborhood road is concluded, it will need many updates in its geometric design and thus it can comply 100 % with the minimum geometric design measurements determined by the current standard for highways.

Keywords: Geometric design, geometry, sections, evaluation

Índice General

Palabras Clave.....	1
Resumen.....	2
Abstract.....	3
Índice General.....	4
Índice de Figuras.....	6
Índice de Tablas.....	8
1. Introducción.....	10
2. Trayectoria del Autor.....	13
2.1. Descripción de la Institución.....	13
2.1.1. Misión.....	15
2.1.2. Visión.....	15
2.2. Organigrama de la Empresa.....	16
2.3. Áreas y Funciones Desempeñadas.....	17
2.4. Experiencia profesional realizada en la organización.....	18
3. Problemática.....	21
3.1. Planteamiento del Problema.....	21
3.2. Determinación del Problema.....	23
3.2.1. Problema Principal.....	23
3.2.2. Problemas Secundarios.....	23
3.3. Objetivo General.....	23
3.4. Objetivos Específicos.....	23

3.5. Justificación.....	24
3.6. Alcances y Limitaciones.....	25
4. Marco teórico.....	27
4.1. Antecedentes Bibliográficos.....	27
4.2. Bases Teóricas	32
4.3. Definición de términos básicos	36
5. Propuesta de solución	39
5.1. Metodología de la solución	39
5.1.1. Diseño geométrico.....	39
5.2. Desarrollo de la solución	59
5.3. Factibilidad Técnica – Operativa.....	73
5.4. Cuadro de inversión.....	74
6. Análisis de Resultados.....	75
6.1. Análisis Costos – Beneficio.....	75
7. Aportes más Destacables a la Institución	76
8. Conclusiones.....	77
9. Recomendaciones	80
10. Referencias	82
11. Anexos.....	85

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación de la institución pública	14
Figura 2. Esquema organizativo de la institución.....	16
Figura 3. Formato para conteo de vehículos.....	43
Figura 4. Número calicatas por tipo carreteras	47
Figura 5. Categorías de sub rasante	48
Figura 6. Curvas circulares con sus elementos	51
Figura 7. Fórmula para el cálculo del sobreancho	53
Figura 8. Sección típica en zonas rurales.....	58
Figura 9. Mapa del Perú y Región de San Martín	60
Figura 10. Ubicación del proyecto.....	60
Figura 11. Conteo vehicular y determinación del IMDA	64
Figura 12. Distribución porcentual por tipos de vehículos.....	64
Figura 13. Trazo horizontal del camino.....	66
Figura 14. Vista en planta	68
Figura 15. Elementos de las curvas	68
Figura 16. Perfiles longitudinales de vía	71
Figura 17. Resumen del diseño vertical y horizontal.....	72
Figura 18. Dimensiones de la sección transversal	73
Figura 19. Punto de inicio del proyecto.....	85
Figura 20. Plano de ubicación.....	86
Figura 21. Plano de ubicación de canteras, fuentes de aguas y DME.	87

Figura 22. Plano topográfico	88
Figura 23. Plano de secciones típicas	89
Figura 24. Plano de señalización	90
Figura 25. Porcentaje CBR al 95 %.....	91
Figura 26. Certificado de calibración de la estación.....	92

Índice de Tablas

Tabla 1. Tipo de superficie en función a las pendientes	41
Tabla 2. Clasificación de la vía.....	42
Tabla 3. Velocidad de diseño para tramos homogéneos.....	44
Tabla 4. Longitud de visibilidad de parada.....	45
Tabla 5. Distancia mínima de visibilidad de paso para vías	46
Tabla 6. Dimensiones mínimas de cuentas	48
Tabla 7. Ángulos de deflexión máximos para curvas horizontales.....	49
Tabla 8. Distancias de tramos en tangentes	50
Tabla 9. Valores de radios mínimo y peraltes máximos	52
Tabla 10. Pendientes máximas.....	54
Tabla 11. Valores de K para curvas verticales convexa	55
Tabla 12. Valores de K para curvas verticales cóncava.....	55
Tabla 13. Dimensiones mínimas de calzadas.....	56
Tabla 14. Dimensión de berma	57
Tabla 15. Valores de taludes en zonas de corte	57
Tabla 16. Valores de taludes en zonas de relleno	58
Tabla 17. Ubicación política del proyecto	59
Tabla 18. Puntos geodésicos del proyecto	61
Tabla 19. Puntos de apoyo del proyecto	62
Tabla 20. Datos generales del terreno	62
Tabla 21. Velocidad para el diseño geométrico.....	65

Tabla 22. Selección de radio mínimo y peralte máximo.....	67
Tabla 23. Valor K para curvas convexas	69
Tabla 24. Valor de K para curvas cóncavas.....	70
Tabla 25. Análisis económico financiero del estudio	74
Tabla 26. Cuadro análisis de costo – beneficios	75
Tabla 27. Operacionalización de variables del proyecto	85
Tabla 28. Tipo de señales de tránsito.....	91

1. Introducción

En nuestro país a través de los regímenes regionales y locales buscan velar el bienestar de la población. Por lo que planifican, formulan y evalúan proyectos de inversiones públicas, con el propósito de que estos proyectos sean ejecutados y alcance un producto satisfactorio, según el tipo de proyecto que requiera la parte beneficiaria. No obstante, el gobierno está interviniendo de manera dinámica un sector de la construcción en proyectos viales. Las cuales son el crecimiento económico y sostenible del territorio peruano. Además, según el reportaje del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2022); en su plataforma presentó información sobre el Producto Bruto Interno (PBI), dando a conocer el valor estadístico correspondiente al tercer trimestre del año 2022, que fue de 1,7 % promovido por la demanda interna (3,7 %). En tal sentido, este aumento se debe parte del sector transporte, almacenamiento, correo y mensajería; la cual mostró un crecimiento de 8,7 % por las constantes actividades del subsector transporte. Asimismo, cabe señalar que el sector transporte es uno de los componentes dinámicos igual que el sector minero, construcción y manufactura.

El gran interés del gobierno central a través de los gobiernos descentralizados en el sector transporte y en sus organismos competentes, es de buscar salvaguardar estos temas de ingeniería con relación a proyectos viales. Están en constante actividad en el desarrollo de proyecto viales en todas las regiones del Perú. Por esta razón, el propósito es mejorar las carreteras asfálticas o afirmadas, caminos vecinales y la creación de trochas carrozables. Por ello, para lograr el objetivo requerido se debe tener en cuenta en primer lugar, la fase del bosquejo geométrico de la vía. La cual nos permite definir las características geométricas de la carretera, de modo que resulte viable, seguro, satisfactorio, transitable y amigable con el entorno.

El Gobierno Regional de San Martín (GRSM), tiene su sede principal en la ciudad de Moyobamba. Mediante la Gerencia Regional de Infraestructura, se han realizado y se vienen ejecutando hasta la actualidad proyectos viales, proyectos de infraestructuras de instituciones educativas, centros de salud, IOARR, entre otros proyectos, con el fin de alcanzar el progreso sostenible de la región. Es por ello, que la entidad tiene mayor interés en invertir en las infraestructuras viales, con la finalidad de tener mayor eficiencia en las intercomunicaciones terrestres viales en toda la región sanmartinense y logrando así su crecimiento económico. Además, con estas inversiones mejorarán vías deterioradas en su capa de rodadura y otras que se encuentran en pésimo estado de transitabilidad.

El camino vecinal en estudio comprende la Ruta número SM-653 desde el empalme PE-5N (Moyochapana) hasta el centro poblado Betania. La cual, según la clasificación de carreteras por demanda es categorizada como “trocha carrozable”, en la que se encuentra en un estado deficiente. Por lo tanto, la transitabilidad es inadecuada debido a las constantes lluvias que existen en la zona, provocando mayores retrasos en transporte de pasajeros o productos de la localidad, así mismo, cuenta con curvas cerradas, las cuales no permiten una visibilidad adecuada. Además, tiene una longitud aproximadamente de 1,22 km, con una superficie accidentada.

Por tal motivo, la entidad a través del área de infraestructura, con sus respectivos especialistas colaboradores se elaboró el expediente técnico con código unificado de inversiones, siendo el número 2524121. Esto permitiendo obtener y verificar el nombre correcto de dicho proyecto en la plataforma de banco de inversiones. Dicho documento técnico tiene la finalidad de subsanar la problemática del diseño geométrico del tramo en estudio, tomándose como guía las normas vigentes de carreteras.

Se tiene como objetivo principal evaluar el diseño geométrico de la vía SM-653 empalme PE-5N (Moyochapana) hasta el Puente Rio Mayo (Betania), Región San Martín, 2023.

2. Trayectoria del Autor

2.1. Descripción de la Institución

El Gobierno Regional de San Martín (GRSM), tiene su creación bajo la ley N° 201 el 04 de setiembre de 1906 y fue proclamado por el presidente José Pardo, teniendo una antigüedad de 116 años. Es una institución pública descentralizada, que tiene la finalidad de garantizar el progreso exhaustivo sostenible del territorio competente, así como también garantizar el trabajo eficientemente y la modernización con relación a la gestión pública.

La entidad cuenta con sedes en toda la región San Martín, las cuales cumple un rol importante para salvaguardar las deficiencias que se presente durante el proceso del desarrollo del territorio sanmartinense. A continuación, se detallará las sedes del gobierno las cuales son:

- Aldea Infantil Virgen del Pilar
- Autoridad Regional Ambiental (ARA)
- Archivo Regional San Martín
- Consejo Regional de San Martín
- Dirección Regional de Agricultura, Comercio Exterior y Turismo, Educación San Martín, Energía y Minas, Inclusión Social e Igualdad de Oportunidades, Producción, Salud de San Martín, Trabajo y Producción del Empleo, Transportes y Comunicaciones, Vivienda Construcción y Saneamiento
- Gerencia Territorial (Bajo Mayo – Tarapoto, Huallaga Central – Juanjuí)
- Oficina de Gestión de Servicios de Salud (Alto Huallaga, Alto Mayo -OOGESS Alto Mayo, Bajo Mayo -OOGESS Alto Mayo, Huallaga central -OOSHC).
- Proyectos Especial Alto Mayo – PEAM.

- Proyecto Especial Huallaga Central y Bajo Mayo – PEHCBM y Sede Central - GORESAM.

La institución pública tiene su sede principal ubicada en la Calle Aeropuerto N° 150 Barrio Lluyllucucha, de la ciudad de Moyobamba.

Figura 1.

Ubicación de la Institución Pública



Nota. Se observa la imagen satelital de la sede principal del GRSM, en la se realizó los trabajos profesionales. Google Earth, 2023.

2.1.1. Misión

“Institucionalizar una región modelo de desarrollo humano con un enfoque de revolución productiva y sostenible, con principios rectores de equidad, resiliencia y universalidad” (GRSM, 2022).

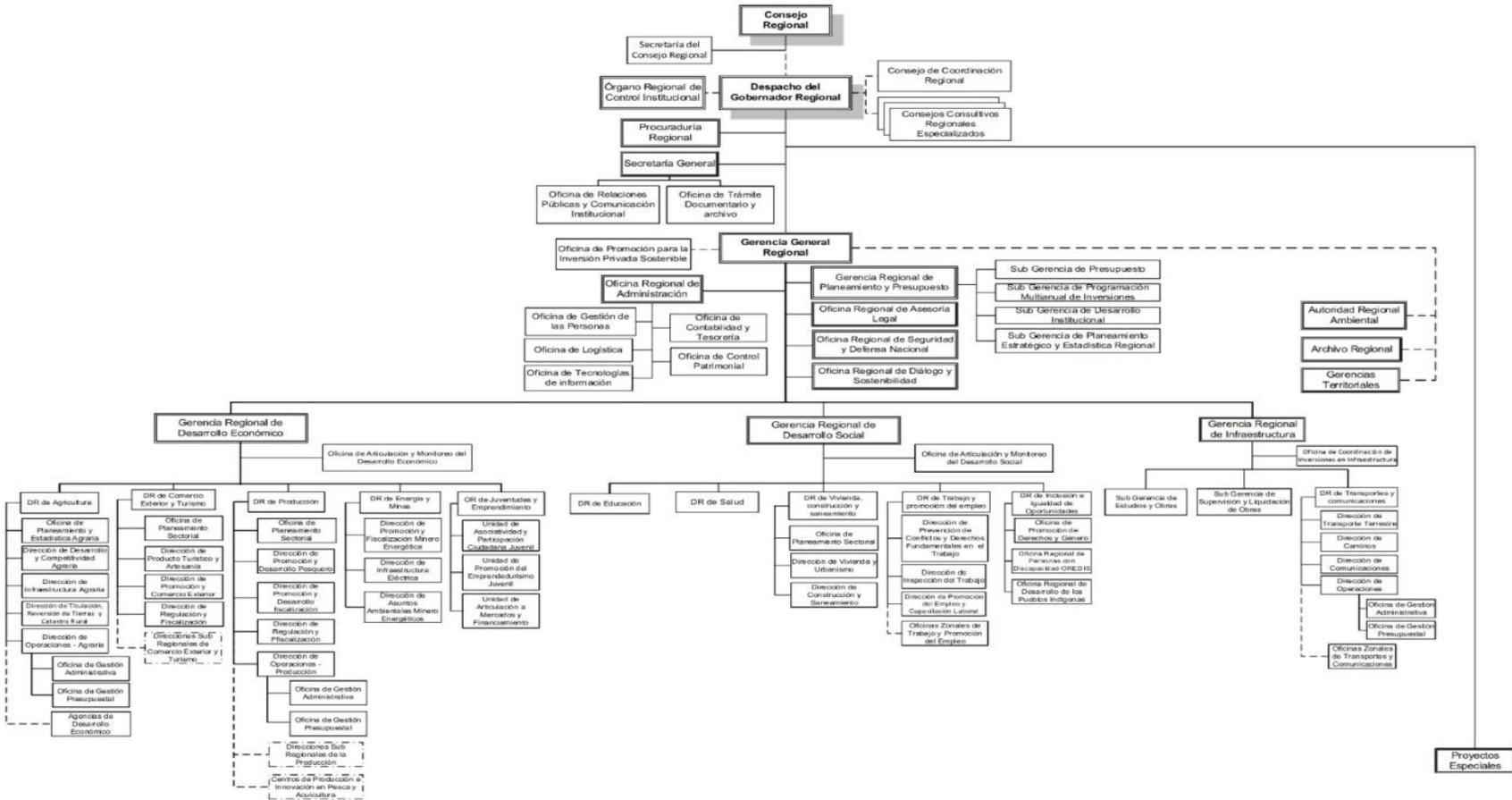
2.1.2. Visión

“A la actualidad somos modelo de región en bienestar social, competitividad y valoración de nuestros recursos naturales y diversidad”, GRSM (2022)

2.2. Organigrama de la Empresa

Figura 2.

Esquema organizativo de la institución



Nota. La figura muestra la organización de la institución con sus respectivas áreas competentes. GRSM (2022).

2.3. Áreas y Funciones Desempeñadas

Durante la experiencia profesional en la sede principal del GRSM, por medio del órgano de la Gerencia Regional de Infraestructura, la cual tiene la responsabilidad de organizar el crecimiento de la infraestructura en relación al ordenamiento territorial. Esta a su vez para cumplir con sus funciones se subdivide en órganos de asesoramiento y de líneas. En la parte de líneas se encuentran la Subgerencia de Estudios y Obras, Subgerencia de Supervisión y Liquidación de Obras; Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones. Por lo consiguiente, el área destinada para las actividades profesionales, fue en la Subgerencia de Estudios y Obras (SgEO). Órgano que tiene la responsabilidad de intervenir en funciones especialmente en la evaluación, formulación y como también llevar a cabo la realización de proyectos por modalidad de administración directa. Además, las funciones que ejerce son en temas de infraestructura.

En la Subgerencia de Estudios y Obras, se me encomendó apoyar como asistente de estructuras en el desarrollo de expedientes técnicos, y otras actividades destinadas, como se detalla a continuación:

- Apoyar como asistente de estructuras en el desarrollo de documentos técnicos de proyectos viales.
- Apoyar como asistente de estructuras del desarrollo de un expediente técnico de instituciones educativas.
- Apoyar como asistente de estructuras en la elaboración de expedientes técnicos de centro de salud.
- Verificación en campo sobre estado actual de una vía a mejorar.
- Apoyar en el desarrollo de los documentos técnicos pertenecientes a IOARR.

- Apoyar en la elaboración de informes técnicos de consultas.

2.4. Experiencia Profesional Realizada en la Organización

La destreza que he realizado en la Sub Gerencia de Estudios y Obras perteneciente a unas de las áreas de infraestructura del GRSM, fue en la elaboración de expedientes técnicos como asistente de estructuras durante el año 2022. Además, apoye en absolver consultas de obras viales en ejecución a través de informes técnicos. Estas experiencias que he adquirido en su gran parte han sido gabinete, como también visitas de campo según el tipo de actividad realizada.

Con respecto, a las experiencias obtenidas en dicha área laboral en el desarrollo de expedientes técnicos de proyectos viales; en primer lugar, para la elaboración del documento técnico, se recolectó la información de los estudios básicos, dentro de ellos estudios topográficos, suelos, hidrológicos, tráfico, entre otros. Posteriormente, junto con el personal técnico responsable, se realizó la actividad del reconocimiento in situ del proyecto. En la que consistió hacer un recorrido minucioso por toda el área influyente. En el cual, mi persona fue responsable de recopilar la información como las existencias de las obras de artes, superficie de rodadura, como también el sistema de evacuación de aguas de lluvias, en qué estado se encontraba de la carretera o camino vecinal a mejorar, además, se lograba ver la ubicación exacta del Depósito de Material Excedente (DME). Para el reconocimiento del terreno, he utilizado herramientas de apoyo como son wincha, GPS, cámara fotográfica, libreta de campo. Esto permitió tener información más cercana a la realidad para luego ser procesada en la oficina.

En gabinete, las actividades a realizar son orientadas a procesar los datos obtenidos en campo, en primera instancia realizaba el inventario vial, con la ayuda del software Excel 2019, lo cual consistió en transcribir datos del cuaderno de campo como son: los elementos hidráulicos en su estado estructural, tipo diseño, material de construcción y sus respectivas dimensiones.

Además, he elaborado un estudio hidrológico que consiste en realizar microcuencas de la subcuenca perteneciente al proyecto en estudio, de las cuales se obtiene información como el cauce para el diseño de cada obra de arte a proyectar, realizándose esto con los softwares ARCGIS y Excel 2019. Luego, con esta información junto a los estudios básicos, se procedieron a diseñar sus elementos estructurales de las obras con fines hidráulicos correspondientes a los pontones, cunetas y alcantarillas. No obstante, una vez obtenida la información se procede a la digitación de planos de ubicación, planos de plan de perfil longitudinal, secciones transversales, señalización y planos de obras artes (alcantarillas, puentes, pontones). Estos planos se realizaron con los softwares Civil 3D 2021, Autocad 2021, como también, se utilizaron softwares complementarios como: Google Earth Pro, Global Mapper. Lo mencionado anteriormente fue realizado siguiendo los parámetros que establecen los siguientes manuales de carreteras en nuestro país, como también el Manual de Inventario Vial. Finalmente, obtenidos los planos se procedió al metrado en el que ha estado implicado lo correspondiente a señalización, movimientos de tierras, obras y artes. Para posteriormente, esta información ser entregada al especialista en costos y presupuestos y con ello obtener el monto económico del proyecto.

En la elaboración de expediente técnico de instituciones educativas y Centros de Salud, he apoyado en el desarrollo de sus diferentes componentes dentro de ellas actividades encomendadas, que fue la elaboración en planos de movimientos de tierras de la infraestructura con sus respectivos metrados. Consistió en hacer explanaciones teniendo en cuenta el plano arquitectónico general, como también planos topográficos, esto se realizó con los softwares Civil 3D 2021, Autocad 2021. Además, digitalizaciones de planos estructurales de las edificaciones que son parte del proyecto, para realizar esta actividad se tomó en cuenta el diseño estructural, planos del desarrollo arquitectónico, y posteriormente se digitó en el software Revit 2021.

Incluso, una vez tenido los planos se procedió con realizar los metrados con ayuda del software Excel 2019. No obstante, elaboré una memoria descriptiva y especificaciones técnicas respecto a estructuras, en la cual dichos documentos se lograron con las recolecciones de información del especialista de estructural.

Finalmente, indicaré los expedientes técnicos en los que he sido participe, los cuales son el sustento de la experiencia obtenida en una entidad pública. Dichos documentos técnicos elaborados fueron:

- “Mejoramiento y ampliación del servicio educativo del nivel primaria de la I.E. N° 00835 Nuevo Huancabamba del Distrito De Moyobamba - Provincia de Moyobamba - Departamento de San Martín”, con CUI N° 2472690.
- “Mejoramiento del servicio educativo de la I.E. N° 0029 Juan Velasco Alvarado del Centro Poblado Consuelo - Distrito de San Pablo - Provincia de Bellavista – Departamento de San Martín”, con CUI N° 2411025.
- “Adquisición de equipo de Rayos X Digital; construcción de laboratorio y área de desinfección; remodelación de ambiente de dispensación y expendio; además de otros activos en el (LA) EESS Habana - Habana en la localidad Habana, Distrito de Habana, Provincia Moyobamba, Departamento San Martín”, con CUI N°2540767.
- “Mejoramiento y ampliación del servicio de transitabilidad Vial de la ruta N° SM-653 Trayectoria: EMP. PE-5N (Moyochapana)-Puente Rio Mayo-Betania, Localidades de Ramírez y Betania, Distritos de Japelacio y Pinto Recodo, de las Provincias de Lamas y Moyobamba del Departamento de San Martín”. con CUI N°2524121.

3. Problemática

3.1. Planteamiento del Problema

Actualmente en distintos lugares del mundo, el diseño geométrico es importante ya que ayudan a mitigar muchas deficiencias en el desarrollo de proyectos viales, como también, dar mayor eficacia al producto requerido. Por ello, en las vías o caminos vecinales se tiene en cuenta las medidas que se establecen en normas o manuales estandarizados por cada país, con el fin de tener mayor eficiencia un proyecto vial cómodo, transitable, segura y compatible con el ambiente.

En nuestro país, a través de los gobiernos locales y regionales buscan velar por el bienestar de toda la nación. Por lo tanto, el organismo público de la región San Martín, siendo un órgano descentralizado promueve el aumento económico y sostenibilidad del territorio sanmartinense. Ante lo mencionado, la entidad tiene mayor interés en invertir en las infraestructuras viales, con la finalidad de tener mayor eficiencia en las intercomunicaciones terrestres viales en toda región y así lograr mitigar las brechas económicas. Además, estas inversiones nacen a causa de existir la problemática de las vías existentes que presentan muchas imperfecciones como en su capa de rodadura, esto provoca incomodidad en la transitabilidad de las personas para transportarse.

Quiroz (2020), manifiesta que el gran avance tecnológico vehicular, es decir, de proporcionar nuevos vehículos automotrices al mercado. Esto ha generado la actualización constante de diseño geométrico de las normativas técnicas de carreteras, sin embargo, las carreteras con una topografía accidentada se diseñan al límite de los parámetros que establece dicha norma o manual trayendo consigo costos elevados en su ejecución. Es por ello, al diseñar una

infraestructura vial con los parámetros al límite genera incomodidad del usuario, carreteras inseguras para el transporte vehicular. Por otra parte, Rojas y Meca (2021), considera que el diseño geométrico en caminos vecinales, debe estar bien establecidas acorde con la normativa de carreteras, para salvaguardar la problemática que presenta estas vías. Esta incomodidad se debe a la existencia de los caminos en mal estado con las siguientes características: Curvas con radio de giro incómodo, pendientes muy elevadas, visibilidad no apta, cambios de velocidad bruscos y otras deficiencias causantes de poner en riesgo la seguridad del usuario.

Además, según Quiroz y Gutiérrez (2021), manifiestan la importancia de tener en cuenta el diseño geométrico al realizar proyectos de infraestructura vial, nos brinda o alcanza con mayor eficacia características geométricas de la ruta. Así mismo, para determinar un diseño exitoso se debe realizar los estudios preliminares, ya que estos proporcionan información sobre la particularidad tanto química o física de la ruta y estas a su vez inciden directamente en su funcionamiento de la vía.

Por lo mencionado anteriormente, según GRSM (2013), a través “Plan Vial Departamental Participativo – Región de San Martín 2012 – 2021”, manifiesta que las obras viales insuficientes, son la causa o limitación para el desarrollo de la región, esto debido a que muchos lugares están aislados y no se articulan con el mercado interno. Por ende, la comercialización de los productos tendrá mayores gastos, esto debido a la carencia de un camino, por ello el transporte ocasiona el encarecimiento del producto hacia el mercado.

Esta investigación, está enfocada en la problemática que presenta el camino vecinal ruta SM N°653. Que se encuentra según la demanda de carreteras en una trocha carrozable en estado deficiente. Por lo tanto, la transitabilidad es inadecuada debido a las constantes lluvias que existen en la zona esto provocando mayores retrasos, así mismo, cuenta con curvas cerradas,

las cuales no permiten una visibilidad adecuada. Así mismo dicha infraestructura vial tiene una longitud aproximadamente de 1,22 km, de las cuales en los primeros kilómetros presenta una topografía accidentada con pendientes pronunciados en la carretera.

3.2. Determinación del Problema

3.2.1. Problema Principal

¿Cómo determinar la evaluación del diseño geométrico de la vía SM-653 empalme PE-5N (Moyochapana) hasta el Puente Rio Mayo (Betania), región San Martín, 2023?

3.2.2. Problemas Secundarios

¿Cómo evaluar los estudios básicos del diseño geométrico de la vía SM-653 empalme PE-5N (Moyochapana) hasta el Puente Rio Mayo (Betania), región San Martín, 2023?

¿Cómo evaluar la geometría horizontal y vertical del diseño geométrico de la vía SM-653 empalme PE-5N (Moyochapana) hasta el Puente Rio Mayo (Betania), región San Martín, 2023?

¿Cómo evaluar las secciones transversales del diseño geométrico de la vía SM-653 empalme PE-5N (Moyochapana) hasta el Puente Rio Mayo (Betania), región San Martín, 2023?

3.3. Objetivo General

Determinar la evaluación del diseño geométrico de la vía SM-653 empalme PE-5N (Moyochapana) hasta el Puente Rio Mayo (Betania), región San Martín, 2023.

3.4. Objetivos Específicos

Evaluar los estudios básicos del diseño geométrico de la vía SM-653 empalme PE-5N (Moyochapana) hasta el Puente Rio Mayo (Betania), región San Martín, 2023.

Evaluar la geometría horizontal y vertical del diseño geométrico de la vía SM-653 empalme PE-5N (Moyochapana) hasta el Puente Rio Mayo (Betania), región San Martín, 2023.

Evaluar las secciones transversales del diseño geométrico de la vía SM-653 empalme PE-5N (Moyochapana) hasta el Puente Rio Mayo (Betania), región San Martín, 2023.

3.5. Justificación

El diseño geométrico, es la parte fundamental en la infraestructura vial según sea el caso que puede ser una carretera, autopistas, caminos vecinales, ciclovías entre otros. Es por ello, con este diseño se pretende dar los parámetros estandarizados según las normas vigentes en nuestro país. Además, el diseño geométrico es importante por ser una herramienta compuesta por tres elementos que son alineamientos verticales, alineamientos horizontales y secciones transversales, estos elementos tienen un rol fundamental para lograr una vía eficiente.

Por ello, es relevante mencionar que actualmente esta investigación trata de verificar y ver las mejoras que se pueden realizar a futuro y poder realizarlo en el diseño geométrico, en la etapa del desarrollo del proyecto vial tiene mayor relevancia en comparación a otros estudios o diseños que están involucrados, para lograr el producto eficaz.

La idea principal del objeto en estudio es determinar el diseño geométrico de la vía SM-653 empalme PE-5N (Moyochapana) hasta el Puente Rio Mayo (Betania), región San Martín, 2023. Con esto se logra salvaguardar la problemática que presenta la vía existente en estudio.

Las incompatibilidades prácticas de este estudio radican en la provisión de soluciones alternativas a los problemas establecidos, tomando en cuenta a las dimensiones como estudios básicos, secciones transversales, geometría horizontal y vertical. Es decir, los resultados alcanzados con ellos proponer estrategias para mitigar dificultades en la ejecución del proyecto.

El estudio tiene relevancia social porque los principales beneficiarios son las Entidades Públicas, consultores que se dedique a la elaboración de expedientes técnicos, cliente, la

sociedad entre otros. Por consiguiente, el modelo de evaluar las deficiencias expediente técnicos garantiza que dicho instrumento tenga respaldo científico.

3.6. Alcances y Limitaciones

Para Borja (2016), el tipo de investigación que se considera para este informe es cuantitativo, por ser un método estructurado y confiable en temas de recolección y análisis de información adquiridos de la realidad problemática por medio de diversas fuentes. Esta investigación hace uso de la estadística y las matemáticas, con la finalidad de medir el problema en sí.

Borja (2016), considera que este trabajo de acuerdo a su proceso se clasifica en una investigación tipo aplicada. Debido que ya se conoce la esencia del problema y el investigador es portador del conocimiento del origen de dicha hipótesis. Además, está enfocado en su aplicación sobre una problemática en vez del desarrollo de nuevos conocimientos.

La naturaleza que presenta la investigación con respecto de medir la relación del diseño geométrico con la vía en estudio es correlacional. Por qué según Arias (2012), manifiesta que acorde a su desarrollo del trabajo en estudio es considerado no experimental, por lo consiguiente el investigador se encarga de relacionar dos variables y luego, con técnicas estadísticas se estima la correlación. Además, es de tipo transversal según Bernal (2010), argumenta que son aquellas que adquieren información de la población o muestra una sola vez en un momento entregado. Es decir, son como fotografías instantáneas del objeto en estudio.

Para corroborar la hipótesis se utilizó el planteamiento no experimental. Según Borja (2016), confirma que un diseño no experimental, es aquel diseño que consiste en no manipular las variables independientes del objeto en estudio.

En dicho informe de investigación está limitado en estudiar el diseño geométrico. De las cuales comprenderá los estudios de ingeniería como son: estudios del terreno, mecánica de suelos, tránsito vial, hidráulicos e hidrológicos, señalización. Para esta investigación se tomarán tablas según las normas vigentes, como también información del expediente técnico.

4. Marco Teórico

4.1. Antecedentes Bibliográficos

Quiroz y Gutierrez (2021), determinó la evaluación la carretera del tramo empalme PE3SF hasta PE-3SF con respecto al diseño geométrico. El tramo en estudio, está situada en el distrito de Cotabambas, Provincia Cotabambas, Departamento de Apurímac, la cual presentó muchas deficiencias en la calzada como capa de rodadura en mal estado, carril no apto para el tránsito fluido, esto perjudicando básicamente al transportista que circula por dicha vía. Por ello, se utilizó la metodología tipo cuantitativa con investigación no experimental y explicativo. Para la adquisición de información uso la técnica de observación y recolección de información, tomando como referencia documentos normativos y como también fuentes bibliográficas relacionados al tema o problema de estudio, el instrumento fue confiable en dicha investigación teniendo como muestra el tramo de la carretera Calla – Ccochapata en los kilómetros del 3 al 6. Por lo tanto, los resultados fueron: En análisis de tránsito se categorizó como vía de tercera clase y además se obtuvo un relieve accidentado. En los alineamientos horizontales que se refiere a los elementos curvas simples, curvas compuestas, curvas S, no cumple con las exigencias de la normativa vigente. No obstante, en los alineamientos verticales se obtuvieron 25 pendientes longitudinales y 24 eran pendientes de curvas verticales, de las cuales la mayor parte cumple con la norma DG-2018. En cambio, las secciones transversales no cumplen con la normativa obteniendo el 83 % de curvas que no cuenta con peralte mínimo. En donde concluye, que la vía en estudio necesita una reformulación por completo, por lo cual se hará uso del manual DG-2018, material que sirve de guía en diseño geométrico, para que dicha carretera pueda cumplir

con los parámetros mínimos establecidos en la norma, como también, dar mayor seguridad al usuario, comodidad, funcionalidad y durabilidad.

Rojas y Meca (2021), realizó el trazo geométrico del tramo ubicado en las localidades de Naranjos y Lagunas – Ayabaca – región Piura. La vía estudiada presentó características de trocha carrozable con una longitud de 6,82 km, en períodos de lluvias se visualizó el sistema de drenaje con pésimo estado de funcionamiento; como también, curvas horizontales y verticales en mal estado de diseño, presencia de pendientes pronunciadas, visibilidad en malas condiciones, entre otros factores causantes de la inseguridad vial. Por tal razón, se ejecutó una investigación de tipo aplicada, teniendo en cuenta el diseño no experimental y, además, fue de tipo descriptivo. La toma de datos se ejecutó a través de la técnica de observación y recolección de información, tomando como referencia los documentos normativos y fuentes bibliográficas relacionadas al tema o problema de estudio, el instrumento es confiable para la presente investigación teniendo como muestra el camino vecinal que comprende en las localidades Yervas Buenas, Las Lagunas y El Naranjo, región de Piura. Por lo tanto, los resultados fueron: con respecto al diseño horizontal comprende 6 755,55 m longitud total, de las cuales 3 575,85 m corresponde 103 tangentes y 3 179,71 m pertenece a 102 curvas con radio de curvatura que comprende entre 10,00 m y 40,00 m. En el diseño vertical se obtuvieron pendientes mínimas de 0,27 % y pendientes máximas de 11,05 %. No obstante, en las secciones transversales propuestas fue de ancho de calzada 5,00 m con 2 carriles, con bombeo de 3 % con capa de rodadura a nivel afirmado. Así mismo, se obtuvo un peralte mínimo de 3 % y máximo de 11,60 %. En donde concluye, que en la vía estudiada se propuso el diseño geométrico tomando referencias de norma DG-2018, teniendo como diseño horizontal y vertical 102 curvas con radios que comprenden entre 10,00 m y 40,00 m, 11 % de desnivel máximo y pendiente mínimo de 0,27 %. Además,

propuesto una calzada de 5 m con dos carriles con berma de 0,50 m de ancho y pavimento a nivel afirmado.

Bardalez (2019), mejoró la vía que comprende los sectores Cantorcillo y Misho del distrito Habana - Moyobamba - San Martín. El tramo de la carretera estudiada se encontró en mal estado con respecto a la capa de rodadura en deterioro, esto debido a un mal diseño o por causas naturales de las zonas. Esto viene generando un gran problema a la población beneficiaria ya que no podrían transportar sus productos a los mercados aledaños y que solo era transitable por la carretera en épocas de verano. Por tal razón, se utilizó un método de investigación aplicada. Para la obtención de información se empleó la técnica de observación directa y recolección de estudios, tomando como referencia los documentos normativos y fuentes bibliográficas relacionados al objeto de estudio, el instrumento es confiable para la presente investigación teniendo como muestra en los tramos o empalmes (PE-8B, SM-637), con una longitud de estudio de 8,40 km. Los resultados obtenidos fueron: con respecto al levantamiento topográfico del tramo, se definieron 10 Bench Marks (BMs) en toda la poligonal de apoyo. En los estudios de suelos mediante el sistema SUCS, se clasificaron inadecuados de tipo CL y CH, además, se hicieron 18 calicatas y con ello se determinó la capacidad portante referente a la capa de sub rasante. Con relación al Índice Medio Diario Anual (IMDA) del objeto estudiado obtuvo los siguientes resultados: 9 vehículos, de los cuales el 89 % son pertenecientes a automóviles ligeros y 11 % de vehículos de carga pesada. En el diseño del pavimento se aplicó el método NAASRA, alcanzando un grosor de 0,25 m de material afirmado. En donde concluye, que la vía estudiada según su topografía es plana, por lo que provocó grandes movimientos de tierra en relación al relleno y por ende incrementó el costo del proyecto. Se tomó una distancia de 8,40 km. Además, se realizaron estudios topográficos, suelos, tráfico, diseño del pavimento

que se aprovechó la ecuación de NAASRA, logrando obtener un pavimento con espesor de 0,25 m.

Ayovi (2022), elaboró la propuesta estructural, hidráulica y de diseño geométrico para la ruta “El Placer de Toachi” en Santa Rosa Muluat, Santo Domingo de los Tsáchilas, empleando la normativa vigente estipulado por el MTOP. El tramo del camino estudiado se encontró en mal estado y con carencias del sistema de drenaje, por ello el camino fue afectado durante las temporadas de lluvias, lo que dificultó el uso de esta infraestructura vial para los trabajadores e inversionistas de las áreas colindantes, quienes se dedican a las plantaciones de café y cacao y la ganadería. Por tal razón, utilizó un tipo de investigación aplicada. En el desarrollo del objeto estudiado se han basado en dos bloques, el primer bloque sobre trabajos de campo y segundo bloque de datos indirectos o parámetro, el instrumento es confiable para la presente investigación teniendo como muestra el lugar “El Placer del Toachi” que une con el templo de Santa Rosa Mulaute. Los resultados obtenidos fueron: con respecto al flujo de tránsito, se obtuvo un TPDA pronosticada a 20 años un total de 249 vehículos en ambas direcciones. Según la topografía se clasificó un terreno ondulado. Para el diseño geométrico del camino estudiado se tomó velocidad directriz de 50 kilómetros por hora, peralte máximo de 10 %, radio y longitud transición mínimo 75,00 m y 54,00 m respectivamente, visibilidad de parada 35,00 m, pendiente máxima 12 %, calzada de 6,00 m con un bombeo de 2 % en cada carril y una acera de 0,60 m. Se consideró 5 calicatas para determinar el CBR. Además, se realizó el diseño de pavimentos flexibles, utilizando el procedimiento de AASHTO 93, se obtuvo 6 cm de carpeta asfáltica, un espesor de 10,00 cm de base, capa sub base grosor de 20,00 cm y mejoramiento de 25,00 cm. No obstante, se realizó el diseño hidráulico para el cálculo de cunetas y alcantarillas tipo circulares que se proyectarán en vía. En donde concluye, que la vía estudiada se encuentra formada por una capa

superficial de lastre correspondiente a grava arenosa parda (GW), cerca de 0,60 m de espesor y la siguiente capa fueron de arena con arcilla parda (SC) en excavaciones de 0,60 m hasta 2,00 m. Presenta una topografía con pendientes que oscilan entre 10 % y 12 % considerando un terreno ondulado. Además, se diseñó el pavimento flexible, como también en el diseño hidráulico se determinó 24 alcantarillas tipo circulares con diámetro de 1,20 m.

Zúñiga (2020), realizó el análisis del diseño geométrico de la vía que une los distritos de Ubaté y Cucunubá, del departamento de Cundinamarca. En el tramo estudiado de la vía se encontraron muchas deficiencias en su diseño geométrico, esto producto de las constantes lluvias en la zona en los años 2010 al 2011. Por tal razón, es la principal causa para que la vía posteriormente presente problemas hidráulicos en tiempos de lluvias. El inadecuado sistema de drenaje transversal y longitudinal ha provocado el deterioro de la capa de rodadura de la vía estudiada. Por tal razón, se usó un tipo investigación aplicada. El desarrollo del objeto estudiado se realizó en cuatro fases; primera fase de documentación, segunda fase de recopilación de información por medio de normativas, tercera fase de elaboración de análisis y guía teórica y la última fase el análisis y resultados, el instrumento es confiable para la presente investigación teniendo como muestra el tramo que comunica las jurisdicciones del territorio Ubaté con el territorio Cucunubá del régimen Cundinamarca con la longitud 8,00 km. Los resultados obtenidos fueron: teniendo calzada de 7,30 m ancho y relieve plano. Además, en el diseño geométrico horizontal se definió la velocidad directriz 60 km/h, peralte 8 %, radio de curvatura mínimo de 113,00 m. En diseño vertical se determinó una pendiente mínima de 0,30 %, longitud mínima del tangente vertical 170,00 m. Secciones transversales se tomó calzada de 7,30 m con una berma de 1,00 m ambos extremos y un bombeo de 2 %. Estos parámetros fueron tomados del manual de diseño geométrico de INVIAS año 2008. En donde concluye, que la vía estudiada

según el manual vigente, se categorizó como de segundo orden y ante las normativas de los municipios de Ubaté y MDG, esta carretera se refiere a las medidas de diseño de una vía terciaria.

4.2. Bases Teóricas

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2018), aprueba mediante RD N° 03-2018-MTC/14 la norma “Diseño Geométrico DG-2018”, define tres puntos importantes para el diseño de caminos o vías que son: Secciones transversales, diseño horizontal y vertical; asimismo factores para alcanzar su mayor eficacia se deben tener en cuenta la topografía, estudios hidrológicos, estudios de suelos, como también el Índice Medio Diario Anual que se obtiene a través del conteo vehicular en una determinada zona especificada. Además, en el diseño en carreteras se debe considerar el estudio de restos arqueológicos y con ello evitar inconvenientes futuros en el diseño.

Agudelo (2002), indicó que un diseño geométrico, es la parte fundamental de proyectos viales. Proporciona información sobre las propiedades físicas y químicas de la vía en estudio a través de los estudios básicos como: el tránsito, topografía, velocidades. Además, manifiesta que este estudio siempre está compuesto por elementos tridimensionales, estos componentes dependen unos de otros para dar origen a una vía y que son: los alineamientos horizontales y verticales, y el diseño de secciones transversales.

El MTC (2018), define que los estudios básicos de ingeniería son estudios que nos permiten conocer la realidad del objeto en estudio. Además, tienen una gran importancia en el diseño riguroso de una vía y así tener un producto más eficaz. Los estudios más destacados son: estudios de tránsito, estudio de seguridad vial, topografía, estudios de suelos, hidrología e hidráulica, geología y finalmente estudios de canteras y fuentes de agua.

Rojas y Meca (2021), manifiestan que los estudios básicos son aquellas actividades que se deben realizar en gabinete; tales como estudios topográficos, tránsito, mecánica de suelos, hidrología e hidráulica, ambientales. Con la finalidad de proyectar el diseño idóneo para la vía en estudio.

El MTC (2018), manifiesta que los diseños horizontales son proyecciones de líneas y generalmente están formados por curvas tangenciales y horizontales destinadas a proporcionar armonía, sobre todo suavizar los cambios a lo largo de su recorrido. Algunos puntos importantes a tener en cuenta al hacer un diseño horizontal, es que se deben implementar curvas con radios con mayores dimensiones en tramos de tangentes largos. En donde dichos parámetros se tienen mucho en cuenta, la topografía, estudios hidrológicos, suelos, para la selección de pendientes longitudinales, transversales (bombeo) y longitudes de curvas horizontales de las vías todas estas plasmadas en los planos que forman parte del presente proyecto.

Cárdenas (2013), define la geometría horizontal de la vía como la proyección del eje real sobre el plano horizontal. El eje horizontal consta de tramos rectos llamados tangentes, que se conectan entre sí por líneas curvas.

Otros investigadores, como Bautista (2021), define al diseño horizontal como la proyección de sus ejes sobre el plano horizontal. El eje consta de partes rectas (tangentes) conectadas por curvas circulares. Se utilizan curvas caracterizadas por un radio variable, evitando incomodidades del cambio de velocidad que se hace de un tramo recto a una curva.

Según MTC (2018), el diseño vertical consiste en unir en sus tangentes a una serie de líneas rectas y parabólicas verticales; en su desarrollo, el sentido de la pendiente se determina según el recorrido del tramo a estudiar, lo que indica un número positivo aumento en la altura, los números negativos indican una disminución en la altura. Este trazo debe permitir un tráfico

constante y esforzarse por conservar la misma velocidad de diseño en la carretera durante el mayor tiempo posible. En términos generales, el terreno de relieve controla el radio de la curva vertical cóncava o convexa, y la velocidad de diseño es aquella que participa en la visibilidad. Una curva vertical entre dos tangentes continuas proporciona una transición gradual entre ellas, evitando los vértices en el trazado del alineamiento. El perfil longitudinal está prácticamente definido por la topografía, la alineación, el nivel, la distancia visual, la velocidad de trabajo, la seguridad, precio de construcción, categoría vial, el valor estético y el drenaje.

Según el MTC (2018), en el “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, se definen en las secciones transversales la representación de los elementos mediante una sección con respecto al trazo sección horizontal. Esto ayuda a determinar la ubicación y el tamaño de estas características y su interacción con el sitio natural. La sección transversal es diferente para cada punto de la vía, ya que es una combinación de diferentes elementos que lo componen, forma de tamaño, y las colaboraciones dependen de las funciones que desempeña y propiedades del diseño en el terreno. El componente más importante para el diseño de secciones transversales es la capa de circulación de los vehículos, cuyas dimensiones deben corresponder al nivel de servicios que ofrece el proyecto, sin comprometer otros elementos de la sección transversal, como arcenes, importancia, taludes, cunetas, aceras y recursos adicionales. Forman una sola sección transversal, correspondientes a pasos a nivel o en desnivel, puentes de carretera, pasarela vial, túneles, casetas de peaje, básculas puente y prolongaciones de plataforma. En áreas donde hay concentración de residentes, vehículos comerciales y/o pequeños, maquinaria agrícola, animales y otros vehículos, el diseño transversal aporta en dar soluciones integrales a estas situaciones especiales, permitiendo así la continuidad del tráfico sin peligro.

El MTC (2008), en el “Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito” manifiesta que el diseño de vía responde a una necesidad social y económica racional. Estos dos conceptos están interrelacionados y han sido propuestos para lograr los resultados deseados en beneficio de las comunidades necesitadas de servicios en situaciones donde los recursos locales y nacionales están severamente presionados, están relacionados para establecer las características técnicas y físicas de las carreteras en estudio.

Una carretera es un medio de transporte que requiere cierto nivel de estabilidad, velocidad y tranquilidad dentro de un espacio y tiempo determinado, pueden ser uno o más caminos. Cada vía consta de uno o más carriles y tiene uno o dos sentidos de tráfico, según la demanda de tráfico, la composición del vehículo, la clasificación funcional y la asignación de dirección (Agudelo, 2002).

Bautista (2021), manifiesta que la seguridad de una carretera es un mecanismo de gran importancia, que requiere un diseño geométrico eficiente para asegurar la estabilidad del movimiento. Además, debe tener en cuenta la planificación, construcción, diseño y operación de la vía, esto permitirá reducir los accidentes producto del tránsito.

Por ello MCT (2017), a través del “Manual de Seguridad Vial”, describe el conjunto de medidas destinadas a advertir de los riesgos de accidentes a los beneficiarios de la vía, en otras palabras conocido como “seguridad vial”. Además, con este estudio se pretende mitigar las consecuencias negativas de los accidentes. No obstante, la velocidad de diseño en el tema de seguridad cumple un rol importante evitando accidentes en la carretera proyectada.

Por otra parte, el MTC (2008), manifiesta que una buena comodidad en la vía debe tener en cuenta la visibilidad de adelantamiento. Este factor debe tener en cuenta el conductor de un vehículo para que realice maniobras de adelantamientos. Además, el diseño de alineación

vertical es muy bien entendido en términos de seguridad vial, tomando referencia la visibilidad disponible de la ruta.

Atarama (2015), define la transitabilidad como un contexto de disponibilidad de uso, es decir, una carretera está disponible para su uso cuando el tráfico no es interrumpido por factores de emergencias viales en algún tramo del recorrido como: deslizamientos de materiales o rocas producto de lluvias, erosiones, pérdidas de la calzada de la carretera, caídas de algunas obras de artes (puentes, pontones).

El MTC (2018), expone que el volumen de tránsito es un elemento fundamental en las características y diseño de una carretera, ya que ayuda en la elaboración de planes viales y de tráfico, en el establecimiento de criterios para la definición geométrica, en el uso de medidas de gestión del tráfico y la evaluación de la eficiencia de los vehículos. Además, este componente nos muestra la necesidad de mejora y tiene un impacto directo en los alineamientos del diseño geométrico tales como son número de carriles, alineamientos verticales y horizontales, anchos, etc. Así mismo, a la hora seleccionar los vehículos del proyecto, es necesario considerar el volumen de tráfico a utilizar en la carretera, que es determinada de acuerdo al estudio de tráfico y sus previsiones, que tienen en cuenta la evolución futura del entorno del camino y el uso que poseerá cada ramal de la vía.

4.3. Definición de Términos Básicos

Diseño Geométrico

Una herramienta básica para determinar las propiedades geométricas de las carreteras en base a factores internos para que los usuarios puedan circular con seguridad y comodidad. Además, consta de tres elementos bidimensionales interdependientes que, al combinarse, revelan el resultado final como un elemento tridimensional correspondiente a un camino.

Estudios Básicos

Son documentos técnicos y ordenados elaborados por personas idóneas de acuerdo a su especialidad. Dentro de los estudios básico para desarrollar un expediente técnico se debe considerar como: la topografía, mecánica de suelos, estudios de hidrología, estudios de canteras, impacto ambiental entre otros.

Geometría Horizontal

Se define como el diseño geométrico en planta, que incluye las líneas rectas, curvas circulares y curvaturas variables que proporciona una transición suave de una línea recta a una curva circular y viceversa, o entre dos círculos lineales de diferentes curvaturas.

Geometría Vertical

Se refiere al diseño de curvas verticales de forma cóncavas como convexas, además, se ve el perfil longitudinal con sus respectivos pendientes.

Sección Transversal

Parte del diseño del vial, siendo un elemento importante ya que determina el tamaño de los elementos de una carretera, que son la calzada, carril, bermas, como también se visualiza las medidas de las cunetas.

Vía Terrestre

Permiten el transporte en carreteras abiertas, autopistas, vías férreas, autopistas, puentes, túneles, autopistas, etc.

Seguridad Vial

Son las acciones y mecanismos que dan eficacia al correcto funcionamiento del flujo de tráfico. Mediante la utilización de conocimientos (reglamento, leyes) y normas de conducta.

Como utilizar adecuadamente las vías públicas como peatón, pasajero y conductor para prevenir accidentes de tránsito.

Comodidad

Se refiere la tranquilidad que expresa el conductor o pasajero al momento de circular por una vía eficaz, esto se logra mediante la reducción de la aceleración y especialmente de sus variantes reductoras del confort de los ocupantes. Todo esto se hace ajustando la curvatura de la geometría y su transición a las velocidades de funcionamiento elegida por el conductor a lo largo de los recorridos.

Transitabilidad

Es el estado actual que presenta una carretera con relación a los vehículos que circulan por dicha infraestructura. Tiene la función de analizar, evaluar y planificar el tipo de vehículo se transportará por la vía.

5. Propuesta de Solución

5.1. Metodología de la Solución

Esta investigación tendrá una metodología explicativa, por lo cual, consiste en explicar el diseño geométrico del objeto en estudio, permitiendo así recolectar la información necesaria para hacer una evaluación eficaz de las características geométricas que presenta la vía estudiada. Para concretar dicha metodología se tomará con referencias estudios básicos sobre tráfico, topografía y suelos. Al mismo tiempo, proceder con los diseños de los alineamientos en planta y verticales, y en secciones transversales.

5.1.1. Diseño Geométrico

Parte de una carretera, para tener mayor eficaz en su diseño se debe tener en cuenta tres puntos importantes las secciones transversales, el diseño horizontal y vertical. Para concretar esto se tomará en cuenta la topografía, estudios hidrológicos, estudios de suelos, como también IMDA que se obtiene del estudio tráfico, entre otros estudios complementarios que se detallaran a continuación.

5.1.1.1. Estudios Básicos

Entre los estudios básicos para la presente investigación se tomarán los estudios topográficos, estudios tráfico, estudios de suelos e hidrológicos.

Estudios Topográficos

Según MTC (2018), manifiesta dentro de estudios incluirán la siguiente información cartográfica georreferenciada, longitud de la poligonal, puntos de control vinculados a la red Geodésica Nacional con el sistema WGS84. Propone colocar BMs (Bench Mark) cada 500 m o según lo estipulado por la entidad contratante.

Los parámetros que se debe tener en cuenta para obtener una topografía eficaz. En primer lugar, se debe contar con puntos geodésicos monumentados de concreto armado con base forma cuadra de 0,40 m cada lado y con altura no menor de 0,60 m. Estos puntos para mayor validez deben estar certificado en el Instituto Geográfico Nacional (IGN), enlazado a la Red Geográfico Nacional. En segundo lugar, se realizará el levantamiento del terreno a intervenir, en lo que comprende los siguientes aspectos:

- **Levantamiento topográfico de la línea del eje**

Se realizará puntos de control, de las cuales en tramos rectos o tangentes con distancia máxima de 20,00 m y se considera una distancia de 10,00 m para tramos curvos con radios menores a 100,00 m.

- **Levantamiento topográfico secciones transversales.**

Las secciones estarán a referencia del eje de vía. El equidistante que se recomienda para dicho levantamiento, es tener en cuenta para tramos rectos o tangentes con distancia máxima de 20 m y curvas distancia de 10 m. Además, se determinarán puntos de control con la suficiente extensión posible y así determinar un mayor detalle del terreno en estudio.

- **Uso de BMs**

Estos puntos de control son muy importantes dentro del levantamiento topográfico del terreno, esto permite tener un control exhaustivo al momento de realizar el replanteo al momento de ejecutar proyectos viales o infraestructuras. No obstante, los BMs se ubicarán a cada 500 m o según lo estipulado por la entidad contratante, ubicados en puntos fijos como son en rocas, veredas, tapa de buzones.

Con todo lo mencionado anteriormente, el investigador con la información adquirida por tendrá la potestad de clasificar la carretera por orografía, de las cuales se podría determinar un

terreno plano, ondulado, accidentado y escarpado según las pendientes que presente el objeto en estudio según la siguiente tabla:

Tabla 1.

Tipo de superficie en función a las pendientes

TIPO DE TERRENO	PENDIENTES TRANSVERSALES	PENDIENTES LONGITUDINALES
Plano	menores o iguales al 10%	menores al 3%
Ondulado	entre 11% y 50%	entre 3% y 6%
Accidentado	entre 51% y 100%	entre 6% y 8%
Escarpado	mayores al 100%	mayores al 8%

Nota. Se muestra la clasificación del relieve que presenta el objeto estudiado. MTC, 2018.

Estudios de tránsito

El estudio de tráfico según MTC (2018), enfatizó que este estudio tiene como finalidad de clasificar, cuantificar y la cantidad de vehículos que transitan por la vía que se analizara. Este conteo vehicular se hará uso de tablas ya estandarizadas establecidos en el manual durante un periodo mínimo de 7 días continuos de 24 horas. Con los datos obtenidos se conocerá el Índice Medio Diario Anual (IMDA), de acuerdo al tipo vehículo con su respectivo total como se muestra en la figura 3. Los estudios de restauración, mejoramiento, construcción y mantenimiento, forman parte de las actividades del estudio de tráfico para determinar el diseño de las carreteras y políticas de mantenimiento de la vía.

El estudio tiene como adecuar las condiciones idóneas para la transitabilidad vehicular en la carretera con el transporte de pasajeros y de carga bruta en las distintas secciones de la carretera y sus principales características como la composición por tipo de vehículo, relación de punto de partida y llega al su destino, periodicidades de viajes, etc.

El conteo vehicular se plasmó en un formato el cual se muestra en la figura 3, clasifica los vehículos en menores que son moto lineal y mototaxi. Además, se consideran auto, Station wagon, caminatas (Pick up, Rural combi, Panel), micros, bus (2 ejes, mayor e Iguala 3 ejes), camión (2 ejes, 3 ejes, 4 ejes), semi trayler y trayler. Permitiendo tener IMDA con la cual se puede clasificar la vía por demanda, según la siguiente tabla.

Tabla 2.

Clasificación de la vía

CLASIFICACIÓN	INDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA)	SEPARADOR CENTRAL	NUMERO DE CARRILES	ANCHO MINIMO DE CARRILES (m)
Autopista de primera clase	> 6000 vehículos por día	6,00 m con mínimo	2 ò mas	3,60
Autopista de segunda clase	entre 6000 y 4001 vehículos por día	entre 6,00 m hasta 1,00 m	2 ò mas	3,60
Carretera de primera clase	entre 4000 y 2001 vehículos por día	-	2	3,60
Carretera de segunda clase	entre 2000 y 400 vehículos por día	-	2	3,30
Carretera de tercera clase	menores de 400 vehículos por día	-	2	3,00 en caso especiales 2,50
Trochas carrozables	menores de 200 vehículos por día	-	2	4,00

Nota. Se muestran tipos de vías de acuerdo al IMDA, con sus respectivas dimensiones. MTC,

2018.

Figura 3.

Formato para conteo de vehículos



MTC
Ministerio de Transportes y Comunicaciones



OPP
FORMATO Nº 1

FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA CARRETERA						ESTACION								
SENTIDO			E ←			S →			CODIGO DE LA ESTACION					
UBICACIÓN						DIA Y FECHA								
DIA 1														

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS				BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi	MICRO	2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
DIAGRA. VEH.																					
00-01	E																				
	S																				
01-02	E																				
	S																				
02-03	E																				
	S																				
03-04	E																				
	S																				
04-05	E																				
	S																				
05-06	E																				
	S																				
06-07	E																				
	S																				
07-08	E																				
	S																				
08-09	E																				
	S																				
09-10	E																				
	S																				
10-11	E																				
	S																				
11-12	E																				
	S																				
12-13	E																				
	S																				
13-14	E																				
	S																				
14-15	E																				
	S																				
15-16	E																				
	S																				
16-17	E																				
	S																				
17-18	E																				
	S																				
18-19	E																				
	S																				
19-20	E																				
	S																				
20-21	E																				
	S																				
21-22	E																				
	S																				
22-23	E																				
	S																				
23-24	E																				
	S																				
PARCIAL:		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ENCUESTADOR :
JEFE DE BRIGADA :
ING.RESPONS:
SUPERV.MTC :

Nota. La figura muestra el formato que se empleara para realizar el conteo vehicular dentro de una semana.

- **Velocidad de diseño**

Se determina en tramos homogéneos en función a los estudios topográficos.

Tabla 3.

Velocidad de diseño para tramos homogéneos

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

Nota. Se muestran las velocidades que se debe tener en cuenta como orografía y demanda de una carretera. MTC, 2018.

Distancia de visibilidad

Según el MTC (2018), es la distancia continua de la vía hacia al frente, que puede ser vista por el conductos para luego realizar las distintas maniobras por la necesidad con absoluta

seguridad. Para tener un diseño eficaz se debe tener en cuenta tres distancias de visibilidades: la de paso, visibilidad de parada y cruce con otra vía

- **Visibilidad de parada**

Es la longitud mínima a considerar para que un vehículo que circula a una determinada velocidad de diseño se detenga antes de alcanzar un objeto en su camino. En la tabla 4 se aprecia las distancias recomendadas por el manual DG-2018 con relación a las pendientes que presenta el terreno.

Tabla 4.

Longitud de visibilidad de parada

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

Nota. Se muestran las distancias de visibilidad de parada, con relación de velocidad directriz y las pendientes del terreno. MTC, 2018.

- Visibilidad de paso

Es la distancia o longitud mínima que debe respetar el conducto con la finalidad de realizar maniobras de adelantamiento a otro transporte de menor velocidad, estabilidad y calma.

Tabla 5.

Distancia mínima de visibilidad de paso para vías

VELOCIDAD ESPECÍFICA EN LA TANGENTE EN LA QUE SE EFECTÚA LA MANIOBRA (km/h)	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO ADELANTADO (km/h)	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO QUE ADELANTA, V (km/h)	MÍNIMA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO D_A (m)	
			CALCULADA	REDONDEADA
20	-	-	130	130
30	29	44	200	200
40	36	51	266	270
50	44	59	341	345
60	51	66	407	410
70	59	74	482	485
80	65	80	538	540
90	73	88	613	615
100	79	94	670	670
110	85	100	727	730
120	90	105	774	775
130	94	109	812	815

Nota. Esta tabla muestra longitudes mínimas, para vías con dos sentidos y dos carriles. MTC, 2018.

Estudios de suelos

El MTC (2014), en el manual de carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos: Sección Suelos y Pavimentos”, Define el estudio de suelos como el más importante para poder realizar un diseño de pavimentos, el cual tiene la peculiaridad de conocer las características

físicas y mecánicas de las canteras y subrasantes las cuales se emplearán en la ejecución de la obra.

En la exploración de suelos en carreteras, se realizarán calicatas a cielo abierto teniendo en cuenta los parámetros que estipula en la figura 4. Además, se realizarán ensayos para determinar el CBR de la capa de la sub rasante, la cual dicha información predomina para el diseño de la capa de rodadura que se empleará en la vía, se categoriza de acuerdo a la figura 5.

Figura 4.

Número calicatas por tipo carreteras

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 4 calicatas x km 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 3 calicatas x km 	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 2 calicatas x km 	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA \leq 200 veh/día, de una calzada.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 1 calicata x km 	

Nota. Esta figura muestra la cantidad calicatas por tipo de carreteras. MTC, 2014.

Figura 5.*Categorías de sub rasante*

Categorías de Sub rasante	CBR
S ₀ : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Sub rasante Excelente	CBR ≥ 30%

Nota. Esta figura muestra el tipo de Sub rasante con relación al CBR. MTC, 2014.

Estudios hidrológicos

El MTC (2014), en el “Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje”, establece la delimitación del área de riesgo hídrico para obra o infraestructura planificadas e implementar medidas estructurales y no estructurales para prevenir y mitigar los efectos de eventos de inundación.

Tabla 6.*Dimensiones mínimas de cunetas*

Región	Profundidad(m)	Ancho(m)
Seca	0,20	0,50
Lluviosa	0,30	0,75
Muy Lluviosa	0,50	1,00

Nota. Se muestran las medidas mínimas de cuneta según la zona. MTC, 2008.

5.1.1.2. Diseño geométrico en horizontal o planta

Este diseño se conoce como también alineamiento en planta, formados por curvas circulares, curvas de transición y tramos rectos, teniendo mucho en cuenta en los radios mínimos que establece el manual de carreteras DG-2018. Para curvas horizontales cuando el ángulo de deflexión son demasiados pequeños no se tiene la necesidad de general dicho elemento de diseño.

Tabla 7.

Ángulos de deflexión máximos para curvas horizontales

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

Nota. Se muestran los ángulos de deflexión en relación con la velocidad de diseño, sin considerar curvas horizontales. MTC, 2018.

Tramos tangentes

Se considera el criterio en diseño para curvas “S” y en tramos continuos del mismo sentido en curvas “O”, en función a la velocidad de diseño o directriz. Las dimensiones mínimas se indican en la tabla.

Tabla 8.*Distancias de tramos en tangentes*

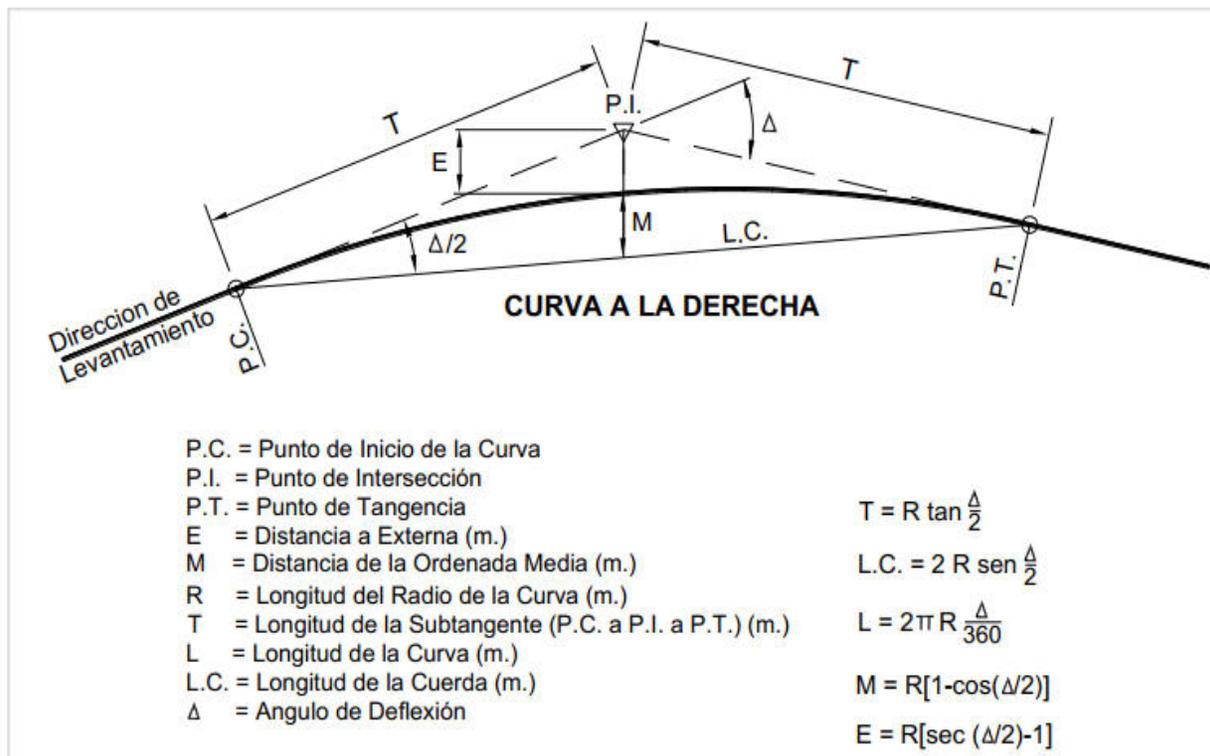
V (km/h)	L mín.s (m)	L mín.o (m)	L máx (m)
30	42	84	500
40	56	111	668
50	69	139	835
60	83	167	1002
70	97	194	1169
80	111	222	1336
90	125	250	1503
100	139	278	1670
110	153	306	1837
120	167	333	2004
130	180	362	2171

Nota. Se muestran las longitudes de los tramos en tangentes. MTC, 2018.

Según la tabla 8, muestra la longitud mínima (“L mín. s”, “L mín. o” y “L máx.”) en relación a la velocidad directriz (MTC, 2018).

Curvas horizontales circulares

Son las curvas que están unidas por dos tangentes consecutivas, teniendo en su estructura un solo radio, además, está compuesto por elementos como punto de unión de las tangentes es conocido “PI”, punto de inicio y termina de una curvatura se determina como PC y PT respectivamente. Para más detalle de los elementos que forman parte del tipo de curva horizontal se muestra en la figura 6.

Figura 6.*Curvas circulares con sus elementos*

Nota. La figura muestra los elementos de curvas con su respectiva simbología. MTC, 2018.

Radios y peraltes

El en diseño de curvas horizontales, los radios y peraltes cumple una función importante, porque dan a conocer la inclinación máxima y longitud mínima, para obtener una curva eficaz.

Tabla 9.*Valores de radios mínimo y peraltes máximos*

Velocidad específica Km/h	Peralte máximo e (%)	Valor límite de fricción $f_{\text{máx.}}$	Calculado radio mínimo (m)	Redondeo radio mínimo (m)
30	4.0	0.17	33.7	35
40	4.0	0.17	60.0	60
50	4.0	0.16	98.4	100
60	4.0	0.15	149.1	150
30	6.0	0.17	30.8	30
40	6.0	0.17	54.7	55
50	6.0	0.16	89.4	90
60	6.0	0.15	134.9	135
30	8.0	0.17	28.3	30
40	8.0	0.17	50.4	50
50	8.0	0.16	82.0	80
60	8.0	0.15	123.2	125
30	10.0	0.17	26.2	25
40	10.0	0.17	46.6	45
50	10.0	0.16	75.7	75
60	10.0	0.15	113.3	115
30	12.0	0.17	24.4	25
40	12.0	0.17	43.4	45
50	12.0	0.16	70.3	70
60	12.0	0.15	104.9	105

Nota. Se muestran los radios y peraltes para carretera de tercera clase. MTC, 2018.

Sobreancho

Es aquella longitud añadida en las curvas con el propósito tener el área adecuado para la circulación de los vehículos. Para obtener, un sobreancho ideal se utilizará la fórmula de la figura 7, la cual está en función al tipo de vehículo dando mayor eficaz a la distancia añadida a la capa de rodadura.

Figura 7.

Fórmula para el cálculo del sobreebanco

$$S_a = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

Dónde:

S_a : Sobreebanco (m)
 n : Número de carriles
 R_c : Radio de curvatura circular (m)
 L : Distancia entre eje posterior y parte frontal (m)
 V : Velocidad de diseño (km/h)

Nota. La figura muestra para tener un valor más exacto sobre el sobreebanco en función al vehículo y velocidad directriz. MTC, 2018.

5.1.1.3. Diseño geométrico vertical

Conocido también como diseño geométrico en perfil siendo parte del diseño de una vía. Se encarga ver las elevaciones máximas y mínimas, con el fin de mantener la velocidad en la vía. Además, el diseño de curvas verticales que a su vez se subdividen en curvas convexas y cóncavas.

Pendiente de diseño

Elemento de diseño para el perfil longitudinal, que debe ser considerado. Tomando valores según el manual de carreteras DG-2018, el valor mínimo 0,50 por ciento y en casos específicos cuando la capa de rodadura presenta un bombeo de 2 % y cunetas se tendrá una pendiente 0,2 por ciento. Además, las pendientes máximas serán de acuerdo a la tabla 10 y en casos extremos se tomará una pendiente de 12 por ciento debidamente justificado.

Tabla 10.*Pendientes máximas*

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera				
	> 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																				

Nota. Se muestran las variaciones máximas en función a la velocidad directriz de la carretera.

MTC, 2018.

Curvas verticales

El MTC (2018), las curvas verticales son componentes parabólicos, que están unidas por dos rasantes en tangentes. Dichos elementos por una cuantificación de curvatura K , la cual es igual a la distancia de curva dividida por la diferencia de alturas.

Tabla 11.*Valores de K para curvas verticales convexa*

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

Nota. Se visualizan valores del índice de K de una vía en estudio. MTC, 2018.

Tabla 12.*Valores de K para curvas verticales cóncava*

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

Nota. Se muestran datos del coeficiente K para el diseño de una curva vertical. MTC, 2018.

5.1.1.4. Secciones transversales

Determina las partes de una de vía como la calzada, carril, capa de superficie, tipo de talud para corte y relleno, bombeo de acuerdo a la rasante o pavimento.

Calzada

Parte que forma la carretera, que está formado por carriles y estas se determina sus dimensiones de acuerdo a la clasificación de carreteras.

Tabla 13.

Dimensiones mínimas de calzadas

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera			
	> 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																			5.00	6.00
40 km/h															6.60	6.60	6.60	6.60	5.00	
50 km/h										7.20	7.20			6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	5.00	
60 km/h				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	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																			

Nota. Se muestran los anchos mínimos de calzadas con relación a la velocidad directriz. MTC, 2018.

Berma

Parte de la plataforma de una carretera, que se ubica paralela a la capa de rodadura. Cumple la función de seguridad en caso de estacionamientos de emergencia de vehículos. Además, el ancho o dimensión se tomará en cuenta según la tabla 14.

Tabla 14.*Dimensión de berma*

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera							
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400							
	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																							

Nota. Se muestran los anchos mínimos de bermas con relación a la velocidad establecida. MTC, 2018.

Taludes

El MTC (2018), es la pendiente admisible que permite la estabilidad de las zonas ubicada a los costados de la calzada. Esta pendiente se define por el ángulo formado por la línea que define el terreno y la línea de base horizontal.

Tabla 15.*Valores de taludes en zonas de corte*

Clasificación de material 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	*	*	*

Nota. Se muestran los factores corte del talud. MTC, 2018.

Tabla 16.

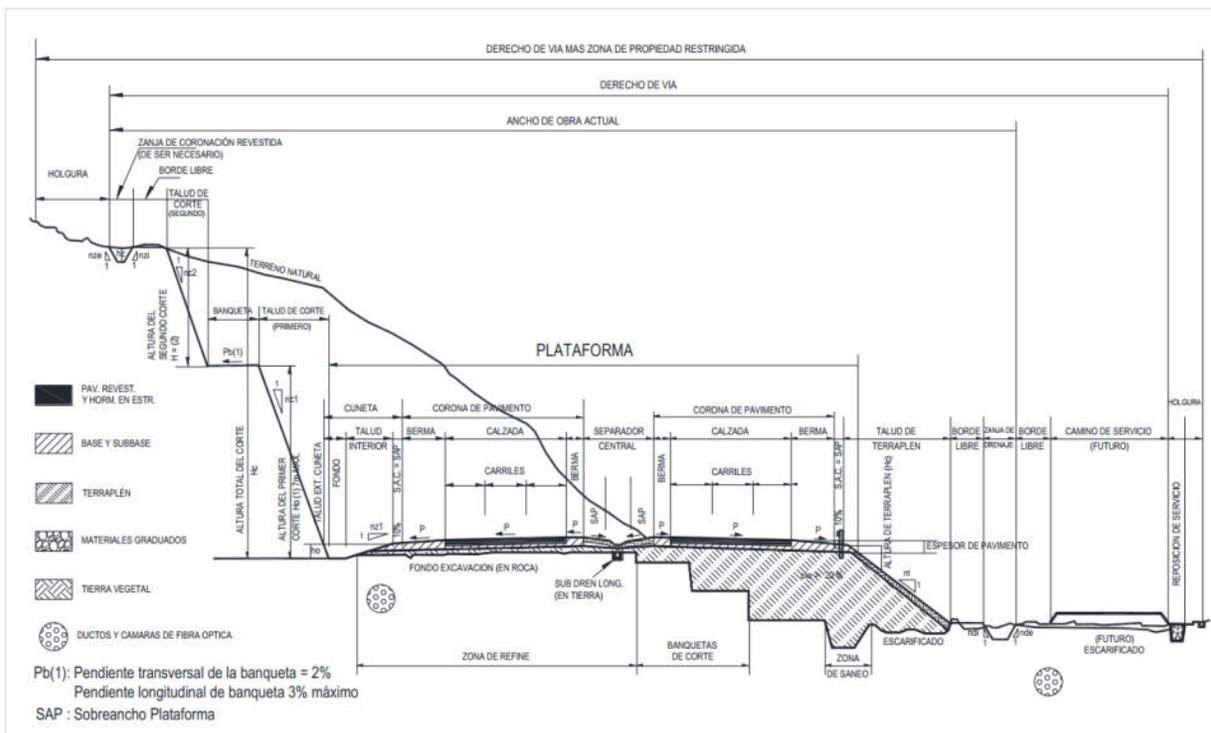
Valores de taludes en zonas de relleno

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	1:2.25	1:1.5

Nota. Pendientes a considerar en taludes de relleno. MTC, 2018.

Figura 8.

Sección típica en zonas rurales



Nota. La tabla muestra una sección que debe tener una vía en zonas rurales. MTC, 2018.

5.2. Desarrollo de la solución

Ubicación del proyecto

El objeto en estudio tiene como referencia la ruta SM-653, el lugar de partida se inicia en el empalme. PE-5N (Moyochapana) hasta la localidad de Betania. Se ubica geográficamente en los distritos de Jepelacio - Pinto Recodo, provincias de Lamas y Moyobamba, una extensión aproximada de 1 223,81 km.

Tabla 17.

Ubicación política del proyecto

UBICACIÓN GEOGRAFICA DEL PROYECTO	
Región	San Martín
Provincias	Lamas y Moyobamba
Distritos	Jepelacio y Pinto Recodo
Localidades	Betania y Ramírez
Coordenadas UTM	Norte: 9318085,584 / Este: 296933,125
Altitud	780 m s.n.m.

Nota. Esta tabla muestra la ubicación geográfica del proyecto.

Figura 9.

Mapa del Perú y Región de San Martín



Nota. La figura muestra ubicación de la región de San Martín acuerdo los mapas estipulados.

Figura 10.

Ubicación del proyecto



Nota. La figura observa la línea roja, la cual es el recorrido de la vía a intervenir.

Estudios topográficos

Para la presente investigación con relación la topografía del camino vecinal. Siendo uno de los estudios básicos importantes para la evaluación de la vía con respecto al diseño geométrico. Por lo cual se realizó el levantamiento topográfico, tenido como personal de trabajo a un topógrafo, dos asistentes de topografía y un ingeniero proyectista, como también, equipos de apoyos como son 01 estación total (marca SOKKIA, modelo SET 530 RK), un GPS, Trípode de aluminio, 03 prismas o jalones, una cámara digital, Winchas, entre otros. Además, uso una camioneta siendo el vehículo de transporte. Con ello se procedió hacer las observaciones que se realizan directamente sobre el relieve realizando el levantamiento puntos asignados.

Se tomó como punto de inicio la progresiva 0+000 km norte: 9318085,584 y este: 296933,125 y punto el final en la progresiva 1+223,81 km norte: 9317657,008 y por el este: 297737,306. En dicho tramo se obtuvo un levantamiento de 888 puntos de las cuales tres fueron BMs y el resto de las características geográficas del terreno. También se plasmó dos puntos geotécnicos que son monumentos de concretos de acuerdo la normativa vigente.

Tabla 18.

Puntos geodésicos del proyecto

PUNTOS GEODESICOS						
Puntos	Progresiva	Cota	Lado	Distancia	Coordenadas	
					este	norte
PG-1	km 0+660.47	737,122 m.s.n.m	derecho	48,03 m	297544,453	9317831,60
PG-2	km 0+681.82	728,433 m.s.n.m	derecho	53,95 m	297586,043	931787,14

Nota. Esta tabla muestra los puntos geodésicos certificados con sus respectivas coordenadas UTM.

Tabla 19.*Puntos de apoyo del proyecto*

Cantidad	Cota	BMs	
		Coordenadas	
		este	norte
BM-01	789,838 m.s.n.m	296908,573	9318076,82
BM-02	789,000 m.s.n.m	296934,009	9318087,61
BM-03	728,433 m.s.n.m	297737,277	9317700,00

Nota. Esta tabla muestra los BMs que será puntos de guía para el replanteo del proyecto.

En gabinete se realizó el procesamiento de datos con ayuda de los softwares Civil 3D 2021 y Excel 2019. Utilizando una data de 888 puntos obtenidos en campo. Con la información adquirida se procedió a desarrollar o elaborar planos topográficos, determinado las siguientes características del terreno específicas en tabla 20.

Tabla 20.*Datos generales del terreno*

Características del terreno	
Elevación Mínima	785,48 m.s.n.m
Elevación Máxima	749,00 m.s.n.m
Elevación Media	712,51 m.s.n.m
Área de Superficie 2D	52708,682 m ²
Pendiente Mínima	0,05 %
Pendiente Máxima	11,80 %
Pendiente Media	8,00 %

Nota. Esta tabla muestra la información general del terreno en estudio.

Según el tipo de topografía que presentó la ruta en estudio, se determinó una clasificación de carretera por orografía siendo terreno accidentado en la cual las pendientes que predominan transversal en los rangos 6 % y 8 %.

Estudios de tráfico

El tramo en estudio correspondiente al flujo vehicular. Se tomó una estación ubicada en la progresiva 0+770.00 km, la cual permitió determinar el conteo de los vehículos por una semana, en donde se observó que el tráfico que predomina fue las combis rurales, autos, camionetas y camiones de cargas de 2 y 3 ejes.

La cuadrilla o personal técnico encargado de realizar dicho estudio, utilizó un formato de clasificación vehicular, obtenido un conteo de 773 vehículos por semana. En gabinete con la información del formato se procesó dicha data, para determinar el IMDA siendo un dato muy importante para dar inicio los posteriores elementos que forma parte del diseño geométrico de una vía. En procesamiento de datos se consiguió IMDA de 123 veh/día, el 57 % combis rurales, 19 % camionetas, 19 % autos, 4 % camiones de 3 ejes y 1 % camiones de 2 ejes. Además, se observó en esta estación las principales actividades de transportes por la vía son por factores de agricultura con 40,12 %, actividades de comercio con un 52,28 % y otros con un 7,60 %. Los productos transportados son arroz, frejol, maíz, plátano, café, cacao y algodón.

Figura 11.

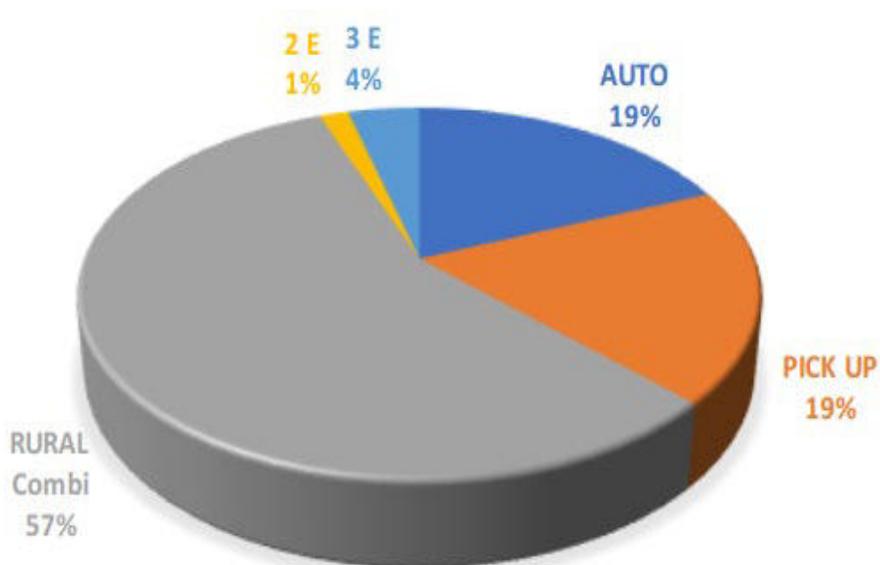
Conteo vehicular y determinación del IMDA

DÍA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMIÓN			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTALES DIARIOS	
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	Veh*Dia	%
LUNES	14	0	22	0	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	102	13.20%
MARTES	21	0	21	0	66	0	0	0	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	115	14.88%
MIÉRCOLES	26	0	18	0	59	0	0	0	2	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	112	14.49%
JUEVES	14	0	22	0	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	102	13.20%
VIERNES	21	0	21	0	66	0	0	0	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	115	14.88%
SÁBADO	26	0	18	0	59	0	0	0	2	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	112	14.49%
DOMINGO	21	0	21	0	66	0	0	0	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	115	14.88%
TOTAL	143	0	143	0	448	0	0	0	7	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	773	100%
IMDs	20	0	20	0	64	0	0	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
FC	1.081	1.081	1.081	1.081	1.081	1.081	1.081	1.081	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002		
IMDa	23	0	23	0	70	0	0	0	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	123	
DISTRIBUCIÓN	18.7	0.0	18.7	0.0	56.9	0.0	0.0	0.0	1.6	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100	

Nota. La figura muestra el flujo vehicular por semana como también el IMDa.

Figura 12.

Distribución porcentual por tipos de vehículos



Nota. La figura muestra los porcentajes de las cantidades vehiculares que circulan por la ruta.

Según el volumen de tránsito, el IMDA que presentó la ruta en estudio, se determinó una clasificación de carretera por demanda siendo un camino de tercera clase. Tenido un IMDA menores de 400 vehículos por día.

Velocidad de diseño

La data de estudios de tráfico y topográfico, se consideró velocidad directriz 30 km/h en todo el recorrido, por tener un relieve accidentado y carretera de tercera clase. La tabla siguiente presenta datos según los mencionados anteriormente.

Tabla 21.

Velocidad para el diseño geométrico

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

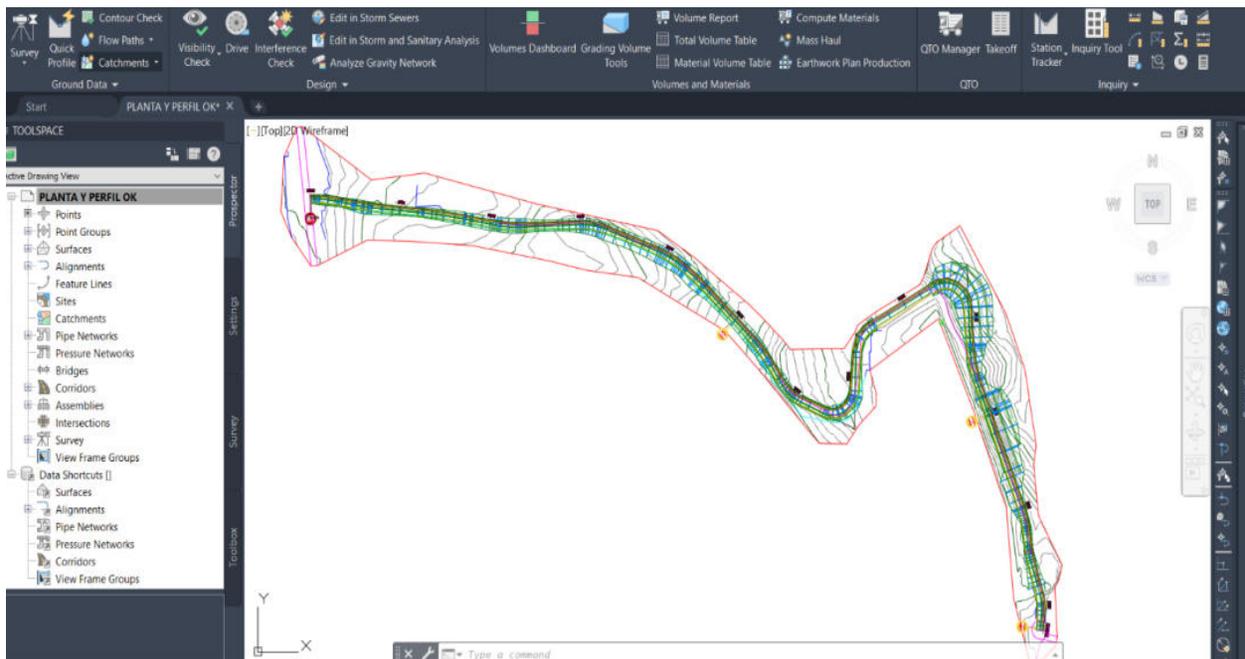
Nota. Esta tabla muestra la velocidad con la que se diseñara la vía. MTC, 2018.

Diseño horizontal y vertical

Para estos diseños se utilizó los softwares Civil 3D 2021, Excel 2019, Autocad 2021, Google Earth Pro. En primer lugar, se procedió con la elaboración de la superficie del terreno con los data obtenidos de la topografía de 888 puntos. Posteriormente se realizó el trazo o alineamiento horizontal.

Figura 13

Trazo horizontal del camino



Nota. La figura se visualiza trazo vial en la superficie del terreno en Civil 3D 2021.

Luego de realizar el alineamiento de la vía, se procedió la actividad de diseñar la geometría horizontal de acuerdo a los parámetros DG-2018 y con la ayuda de los softwares Civil 3D 2021, Excel 2019.

Para el diseño en planta se consideró bajo los términos de una vía de tercera clase, con radios mínimos en función a la velocidad elegida, para este caso se tomó radio mínimo de 25 m e inclinación máximo de 10 m, como se especifica en la tabla siguiente:

Tabla 22.

Selección de radio mínimo y peralte máximo

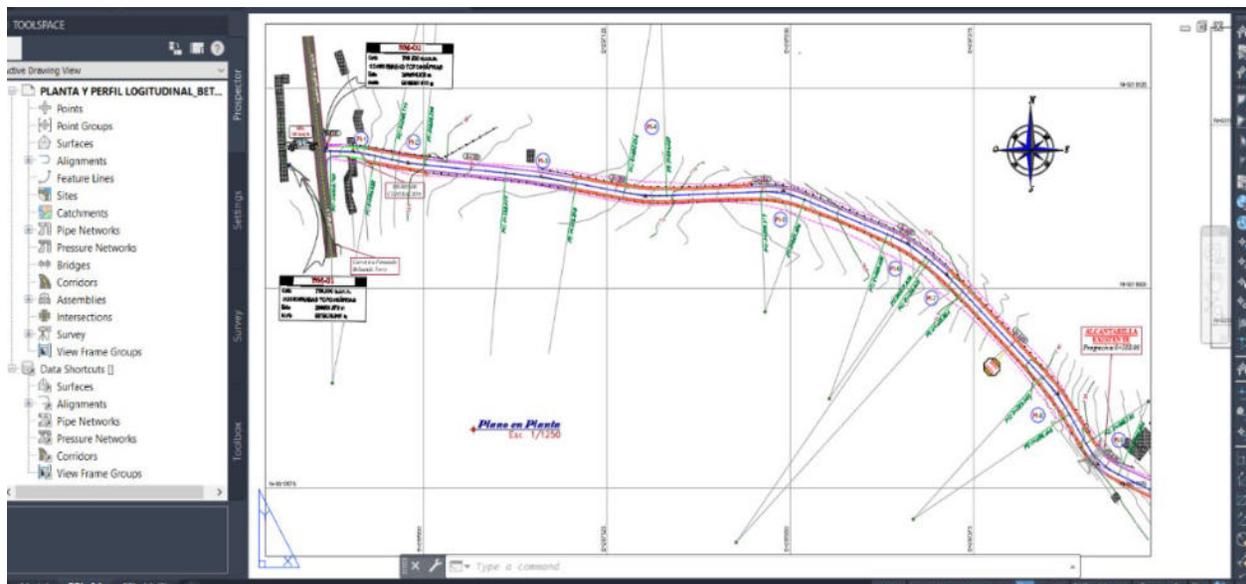
Velocidad específica Km/h	Peralte máximo e (%)	Valor límite de fricción $f_{\text{máx}}$	Calculado radio mínimo (m)	Redondeo radio mínimo (m)
30	4.0	0.17	33.7	35
40	4.0	0.17	60.0	60
50	4.0	0.16	98.4	100
60	4.0	0.15	149.1	150
30	6.0	0.17	30.8	30
40	6.0	0.17	54.7	55
50	6.0	0.16	89.4	90
60	6.0	0.15	134.9	135
30	8.0	0.17	28.3	30
40	8.0	0.17	50.4	50
50	8.0	0.16	82.0	80
60	8.0	0.15	123.2	125
30	10.0	0.17	26.2	25
40	10.0	0.17	46.6	45
50	10.0	0.16	75.7	75
60	10.0	0.15	113.3	115
30	12.0	0.17	24.4	25
40	12.0	0.17	43.4	45
50	12.0	0.16	70.3	70
60	12.0	0.15	104.9	105

Nota. La tabla muestra la velocidad con la que se diseñara la vía. MTC, 2018.

Los resultados obtenidos fueron longitud total del tramo 1 223,81 m, de lo cual se obtuvo 16 curvas circulares teniendo radios que varían entre 25 m y el máximo 600 m. Además, se tiene ángulos de deflexión con mínimos 4 grados y máximo 117 grados.

Figura 14.

Vista en planta



Nota. La figura muestra las curvas en planta como también el sentido de la vía en Civil 3D 2021.

Figura 15.

Elementos de las curvas

TABLA ELEMENTOS DE CURVA CIRCULAR															
N°Curva	Sentido	PC – EC	PI	PT – CE	Direccion	Delta	Radio	Tangete	L	LC	Ext.	Med.	So	P%	Velocidad
PI-1	D	0+003.78	0+019.11	0+034.33	S84° 25' 11"E	12°04'21"	145.00	15.33	30.55	30.50	0.81	0.80	0.700	4.356	30 km/h
PI-2	I	0+046.12	0+057.22	0+068.30	S81° 33' 38"E	6°21'15"	200.00	11.10	22.18	22.17	0.31	0.31	0.500	3.800	30 km/h
PI-3	D	0+123.97	0+148.20	0+172.39	S82° 25' 33"E	4°37'26"	600.00	24.22	48.42	48.41	0.49	0.49	0.300	1.898	30 km/h
PI-4	I	0+205.69	0+220.36	0+234.92	S86° 05' 42"E	11°57'45"	140.00	14.67	29.23	29.18	0.77	0.76	0.700	4.417	30 km/h
PI-5	D	0+299.11	0+314.42	0+329.31	S80° 32' 34"E	23°04'02"	75.00	15.30	30.19	29.99	1.55	1.51	1.100	5.497	30 km/h
PI-6	D	0+389.66	0+404.85	0+419.85	S61° 08' 43"E	15°43'39"	110.00	15.19	30.19	30.10	1.04	1.03	0.800	4.834	30 km/h
PI-7	D	0+422.67	0+437.76	0+452.80	S49° 21' 27"E	7°50'54"	220.00	15.09	30.13	30.11	0.52	0.52	0.500	3.635	30 km/h
PI-8	D	0+528.60	0+543.60	0+558.46	S38° 35' 25"E	13°41'10"	125.00	15.00	29.86	29.79	0.90	0.89	0.700	4.613	30 km/h
PI-9	I	0+580.18	0+595.59	0+610.07	S48° 52' 10"E	34°14'41"	50.00	15.40	29.88	29.44	2.32	2.22	1.500	6.199	30 km/h
PI-10	I	0+637.22	0+674.58	0+686.27	N57° 48' 01"E	112°24'57"	25.00	37.36	49.05	41.55	19.95	11.10	2.800	7.399	30 km/h
PI-11	D	0+725.32	0+742.28	0+756.19	N31° 04' 28"E	58°57'51"	30.00	16.96	30.87	29.53	4.46	3.88	2.400	7.084	30 km/h
PI-12	D	0+838.06	0+878.94	0+889.16	S60° 53' 14"E	117°06'45"	25.00	40.89	51.10	42.66	22.92	11.96	2.800	7.399	30 km/h
PI-13	I	0+926.68	0+945.88	0+964.72	S11° 48' 28"E	18°57'14"	115.00	19.20	38.04	37.87	1.59	1.57	0.800	4.758	30 km/h
PI-14	D	1+098.74	1+112.70	1+126.49	S13° 20' 08"E	15°53'55"	100.00	13.96	27.75	27.66	0.97	0.96	0.900	4.999	30 km/h
PI-15	I	1+134.72	1+145.10	1+155.40	S11° 18' 39"E	11°50'57"	100.00	10.38	20.68	20.64	0.54	0.53	0.900	4.999	30 km/h
PI-16	D	1+187.80	1+198.78	1+209.41	S4° 51' 23"E	24°45'28"	50.00	10.97	21.61	21.44	1.19	1.16	1.500	6.199	30 km/h

Nota. La figura muestra las curvas con sus respectivos elementos.

Por otra parte, en el diseño vertical del tramo en estudio. En primer lugar, se consideró la pendiente máxima de 12 % por ser un caso excepcional. Esto debido a que el terreno presenta pendientes muy pronunciados y factores económicos en movimientos de tierras se tomó este criterio para el diseño en vertical.

En la longitud de curvas se determinó el valor de K, es decir el índice de curvatura tanto para curvas convexas y cóncavas. Los valores tomados en relación a la velocidad directriz se estipulan en las siguientes tablas. los mismos, que se verán plasmados en los planos de plan y perfil respectivos.

Tabla 23.

Valor K para curvas convexas

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

Nota. Esta tabla muestra la elección del valor k. MTC, 2018.

Tabla 24.*Valor de K para curvas cóncavas*

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

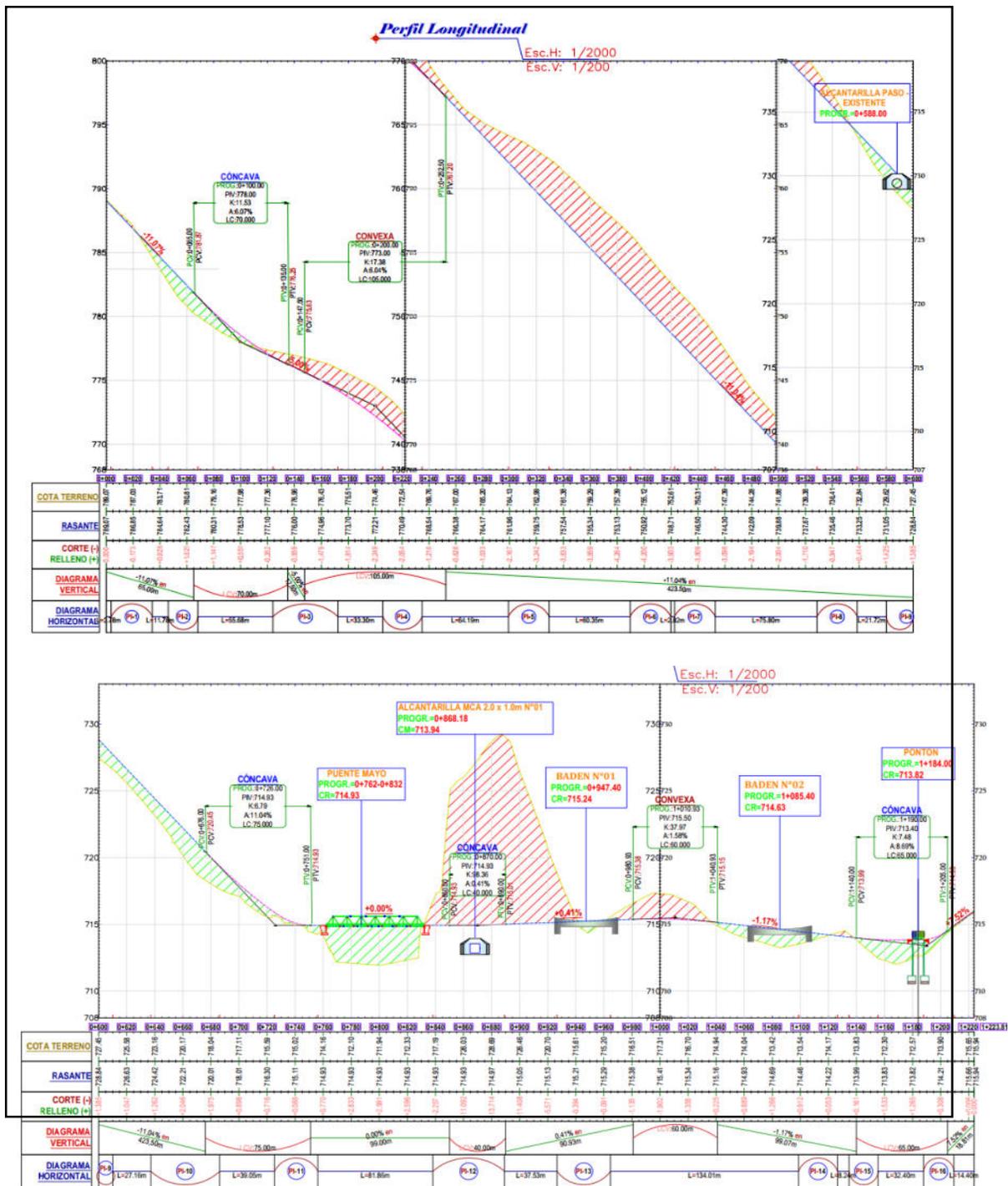
Nota. Esta tabla muestra el valor que tendrá K en función a la velocidad. MTC, 2018.

Los resultados obtenidos en el alineamiento vertical fueron: la progresiva 0+000 km hasta 0+600 km está compuesta por una curva cóncava con longitud de 70 m, curva convexa con longitud de curva 105 m y pendientes que varían de 5 % a 11,07 %. En la progresiva 0+600 km hasta 1+223,81 km, está compuesta por tres curvas convocas con longitudes de curvas 75 m, 40 m y 65 m respectivamente, y curva convexa con longitud de 60 m y pendientes entre 0,41 % 7,52 %.

A continuación, se muestra el desarrollo de planos en perfil digitados en los softwares Civil 3D 2021 y AutoCAD 2021.

Figura 16.

Perfiles longitudinales de vía



Nota. La figura muestra los perfiles longitudinales del proyecto a intervenir.

Figura 17.*Resumen del diseño vertical y horizontal*

PARÁMETROS DE DISEÑO	
Clasificación de la Vía	Carretera de Tercera Clase
Características	Carretera de 02 Carriles.
Derecho de Vía	8.00 m a cada lado del Eje.
Velocidad Directriz en la Vía	30 km/h
Radio Mínimo con Velocidad 30 km/h	25 m
Radio Máximo con Velocidad 30 km/h	600 m
Pendiente Longitudinal Mínima Normal	0.41 %
Pendiente Longitudinal Máxima Normal	11.07 %

Nota. Los parámetros de diseño que se utilizó en la vía.

Secciones verticales

El presente trabajo en gabinete con la información adquirida, se procedió al análisis y cálculo. Teniendo resultados plasmados en la sección típica de la carretera en todo el tramo intervenido dichos resultados se visualizan a continuación:

Figura 18.*Dimensiones de la sección transversal*

SECCIÓN TRANSVERSAL TIPO	
Derecho de Vía	8.00 m a cada lado del Eje.
Ancho de Calzada	6.00 m
Ancho de Berma a cada lado	0.50 m
Ancho de Plataforma	7.00 m
Bombeo de la Calzada	2.50 %
Peralte Máximo	12 %
Espesor de Sub-base granular	0.15 m.
Espesor de Base granular	0.15 m
Tratamiento Superficial Bicapa (TSB)	2.5cm
Talud Interior de Cuneta	V/H : 1.00 / 1.5
Ancho Interior de Cuneta	0.80 m.
Talud Exterior de Cuneta	V/H : 1.00 / 1.00
Ancho Exterior de Cuneta	0.20 m.
Profundidad de Cuneta	0.60 m.
Talud de Corte	V/H : 1.00 / 1.00
Talud de Relleno	V/H : 1.00 / 1.50
Ensanches de vía (p/estacionamiento)	Si (c/2.5 km)

Nota. La figura muestra las dimensiones que tiene la sección típica.

5.3. Factibilidad Técnica – Operativa

Para determinar la posibilidad técnica del objeto en estudio, se tiene en cuenta los equipos, softwares y materiales, para la evaluación geométrica de la vía. Es por ello que se requiere la disponibilidad de una laptop. La laptop debe tener las características como un procesador Intel(R) “Core (TM) i7-10870H CPU @ 2.20GHz y 2.21 GHz”, sistema operativo de 64 bits, memoria RAM 12 GB a 16 GB que pueda abrir los softwares, ya con ello se evaluará las peculiaridades geométricas de la vía.

Además, en el desarrollo etapa de recolección de información se requiere de libreta de campo, papel bond (formatos), fólder, winchas, cámara fotográfica, GPS, estación total; siendo herramientas importantes en la adquisición de data del proyecto. Los softwares empleados en el proceso del diseño geométrico de una vía; se quieren en primer lugar el Civil 3D y Excel, siendo

programas necesarios para procesar la data topográfica y diseñar los alineamientos verticales y horizontales, y secciones transversales. Otros softwares como el AutoCAD y Word, donde generalmente sirve para la digitación de planos y elaboración de memorias de cálculos o descriptivas. Dichas herramientas de procesamiento de datos sirven para dar una eficaz a la evaluación del proyecto.

La factibilidad operativa del proyecto es viable, por el hecho de aplicarlo de manera constante se obtiene beneficios económicos y ambientales. Además, es factible técnicamente ya que es viable la contratación de un personal técnico especializado en ingeniería vial. No obstante, la investigación desarrollada favorezca a la viabilidad del proyecto que incluye los procesos técnicos y estratégicos para contribuir el eficaz de un camino. También, las vistas al In situ y los diagnósticos de los problemas ayudan a obtener un control más eficaz de la vía en estudio y así tener características geográficas óptimas del terreno.

5.4. Cuadro de inversión

Tabla 25.

Análisis económico financiero del estudio

Inversión en Personal		Inversión en Servicios	
		Servicio de electricidad	S/ 40,00
Personal asesoría	S/ 1 500,00	Servicio de internet	S/ 140,00
Ayudantes de topografía	S/ 500,00	Movilidad	S/ 300,00
Topógrafo	S/ 700,00	Viáticos	S/ 400,00
Subtotal	S/ 2 700,00	Otros	S/ 500,00
		Subtotal	S/ 1 380,00
Costo total del presupuesto:		S/ 4 080,00	

Nota. La inversión por parte del bachiller para la elaboración de la presente investigación.

6. Análisis de Resultados

6.1. Análisis Costos – Beneficio

La evaluación del objeto en estudio se realizó con la metodología de costos-beneficios, utilizando la tasa descuento de 8 % y factor de corrección para precios, siendo los indicadores de rentabilidad calculado los siguientes:

Tabla 26.

Cuadro análisis de costo – beneficios

FLUJO DE CAJA			
PERIDO	INVERSION	INGRESOS	EGRESOS
0	S/ 5000,00	S/ 0,00	S/ 0,00
1		S/ 20,000,00	S/ 18000,00
2		S/ 43700,00	S/ 42,000.00
3		S/ 44,000.00	S/ 42,000.00
4		S/ 70,000.00	S/ 60,000.00
VNA Ingresos	S/ 142,364.93		
VNA Egresos	S/ 130,117.64		
VNA Egresos + Inversión	S/ 135,117.64		
Costo-Beneficio	1,05		

Nota. La tabla muestra el análisis del proyecto para ver si es viable.

El análisis costos beneficios para el proyecto en estudio. Se tiene un resultado favorable, ya que dicho estudio presenta un valor mayor que 1, es decir este proyecto es viable y que implica que la inversión debe ser ejecutada.

7. Aportes más Destacables a la Institución

El aporte brindado al GRSM, en las oficinas de Sub Gerencia Estudio y obras. Fue el intercambio de conocimiento con los involucrados de dicha área de trabajo. Con ellos se logra subsanar muchos obstáculos en el ámbito del desarrollo de expedientes técnico de infraestructura vial, como también la resolución de consultas que se regían día a día dicha área de trabajo.

Por consiguiente, es de conocimiento que todos los ambientes de trabajo en temas de proyectos viales están constantemente actualizándose con relación a la evolución de la tecnología, por el mismo hecho que la tecnología hoy en día se está implementando y por ello uno como profesional se tiene que adaptar a estos cambios. Por lo tanto, en la institución se ha tenido un gran aporte en conocimientos nuevos, con temas de utilización softwares para dar soluciones eficaces en menor tiempo posible en temas de desarrollo proyectos viales.

En la oficina que, elaborado existió la confianza brindada, motivación y desarrollo capacidad de toma de decisiones, que permitió el crecimiento personal y profesional. Se logró aportar con mucha voluntad conocimientos adquiridos durante la etapa de estudios, disposición y voluntad a realizar las actividades, iniciativa propia y compromiso al cumplimiento de las actividades previstas, influir de manera positiva y liderar grupos de trabajo bajo un ambiente de respeto, confianza, compromiso y leal.

Asimismo, otro aporte importante hacia a la empresa es el compromiso para la realización de cada trabajo. Este compromiso se ve reflejado en la elaboración de proyectos de construcción viales con estrategias para la mitigación de problemas viales que presenta las vías en su diseño geométrico que presenta las infraestructuras viales.

8. Conclusiones

En el objeto en estudio determinó la evaluación del diseño geométrico de la vía SM-653 empalme PE-5N (Moyochapana) hasta el Puente Rio Mayo (Betania), región San Martín, 2023. Según el MTC (2018), define el diseño geométrico en vías se fundamenta en tres puntos importantes que son: Secciones transversales, diseño horizontal y vertical. Además, Quiroz y Gutierrez (2021), Determino la evaluación la carretera del tramo empalme PE3SF hasta PE-3SF con respecto al diseño geométrico. En donde concluye, que la vía en estudio necesita una reformulación por completo tomando como guía el Manuel Diseño Geométrico DG-2018, para que dicha carretera pueda cumplir con los parámetros mínimos establecido en la norma, como también, dar mayor seguridad al usuario, comodidad, funcionalidad y durabilidad. Por lo tanto, se concluyó que el bosquejo geométrico de la vía en estudio es fator importante para disminuir las incomodidades que presenta, esto se logró con la ayuda del manual de carreteras 2018.

En esta investigación se evaluó los estudios básicos del diseño geométrico de la vía SM-653 empalme PE-5N (Moyochapana) hasta el Puente Rio Mayo (Betania), región San Martín, 2023. Según MTC (2018), determinó los estudios básicos nos permiten conocer la realidad del objeto en estudio, y se debe considerar la topografía, mecánica de suelos, estudios de hidrología, estudios de canteras, impacto ambiental entre otros. Además, Rojas y Meca (2021), Realizó el trazo geométrico del tramo ubicado en las localidades de Naranjos y Lagunas, distrito Yervas Buena -Ayabaca - Piura. En donde concluye, que la vía estudiada se obtuvo como diseño horizontal y vertical 102 curvas con radios que comprenden entre 10 m y 40 m, rasante con desniveles máxima de 11 % y mínima de 0,27 %. Además, propuesto una calzada de 5,00 m con dos carriles con berma de 0,50 m de ancho y pavimento a nivel afirmado. Por lo tanto, se concluyó que contar

con los estudios básicos, permite realizar un diseño geométrico eficaz, por ser elementos muy importantes al momento de diseñar la vía. Por lo consiguiente, para la presente investigación se tomó estudios de holográficos y de tránsito, de la cuales se determinó una topografía accidentada, incluso con el volumen de tránsito se obtuvo el valor de IMDA siendo 123 Veh/día, con ello clasifíco como vía de tercera clase.

En el presente estudio se evaluó la geometría horizontal y vertical del diseño geométrico de la vía SM-653 empalme PE-5N (Moyochapana) hasta el Puente Rio Mayo (Betania), región San Martín, 2023. Según MTC (2018), definió diseño en planta es la que incluye las líneas rectas, curvas circulares y curvaturas variables, lo que permite una transición suave de una línea recta a una curva circular y viceversa, o entre dos círculos de línea con diferentes curvaturas. Diseño vertical está formada curvas cóncavas y convexas, además, se ve el perfil longitudinal con sus respectivos pendientes. Además, Zúñiga (2020), realizó el análisis del diseño geométrico del tramo que une los cascos urbanos del municipios de Ubaté y Cucunubá, departamento de Cundinamarca, bajo la normativa vigente, en donde concluye que la vía estudiada según el manual de diseño geométrico (MDG), se categorizo como de segundo orden y antelas normativas de los municipios de Ubaté y MDG, esta carretera se refiere a los parámetros de diseño de una carretera terciaria. Por lo tanto, se concluyó en diseño geométrico de alineamientos verticales y horizontales se utilizó como material de apoyo al Manual DG-2018, de lo cual se diseñó estos parámetros en base una vía categorizado tercera clase con velocidad directriz de 30 Km/h. Obtenido los siguientes resultados un alineamiento de 1 223,81 m, curvas horizontales un total de 16 con radios que varían entre 25 m y 600 m con ángulos de deflexión de 4 grados hasta 117 grados. Con respecto al diseño vertical se determinó 2 curvas convexas con longitud de curva 60 m y 105 m, 4 curvas cóncavas con longitud de curva que varían entre 40 m hasta 75 m.

En el presente estudio se evaluó las secciones transversales del diseño geométrico de la vía SM-653 empalme PE-5N (Moyochapana) hasta el Puente Rio Mayo (Betania), región San Martín, 2023. Según MTC (2018), conceptualiza como la representación de los elementos mediante una sección con respecto al trazo sección horizontal que consta en su estructura dimensiones de la capa de rodadura, calzada, carriles, berma. Además Bardalez (2019), mejoró el camino vecinal que comprende los sectores cantorcillo y Misho del distrito habana - Moyobamba - San Martín. En donde concluye, que la vía estudiada según su topografía es plana, por lo que provocó grandes movimientos de tierras en relación al relleno y por ende incrementó el costo del proyecto. Se tomó en la progresiva 0+000 km hasta 8+400 km, teniendo una distancia de 8,40 Km. Por lo tanto, se concluyó para el diseño de este elemento se tomó como referencia la norma DG-2018, obteniendo los resultados como: calzada de 6,00 m, acera 0,50 m a cada lado, bombeo con pendiente de 2,50 %, peralte máximo con porcentaje de 12 %, espesores base y sub granular de 0,15 m, TBS con espesor de 2,50 cm, talud de corte con pendiente 1 en 1, talud de relleno se considera la relación 1 en 1,50. Además, en dichas secciones transversales se determinan las cunetas con dimensiones 0,60 m de profundidad, ancho 0,80 m, tenido la forma de un triángulo.

9. Recomendaciones

Se recomienda para la evaluación de diseño geométrico de una vía, Se debe tener en cuenta la Norma DG-2018 como también otras normativas relacionadas al tema. Además, se recomienda a la entidad competente a realizar los trámites correspondientes para que propuesta sea ejecutada lo antes posibles, con fin de salvaguardar las deficiencias que presenta el tramo en estudio y así la vía pueda contar con todos los factores de diseños que requiere una vía eficaz como la seguridad y comodidad.

Se recomienda con respecto a los estudios básicos, que la entidad o contratista encargados de realizar los levantamientos topográficos se debe usar equipos calibrados, así evitar la obtención de data errónea y esto perjudique los análisis correspondientes del relieve. Así mismo, al momento de realizar el conteo vehicular se debe tener en cuenta las brigadas con cantidad considerable de personas en cada estación que se requiera, con la finalidad adquirir información con más precisión sobre tansitabilidad vehicular del tramo en estudio. También es conveniente conocer un laboratorio con anteceden positivos, con el propósito de tener una mecánica de suelos idóneo y así se pueda determinar el suelo que prevalece del proyecto.

Se recomienda a los proyectistas adecuarse al manual DG-2018; con relación al diseño horizontal en curvas circulares, se debe considerar valores superiores que están establecidos en la norma vigente, para obtener un diseño eficaz y el transporte vehicular fluido por el tramo en estudio. Por otra parte, en el diseño vertical, se recomienda tener mucho criterio siendo un factor importante para el cálculo de movimientos de tierras, por lo cual si no se realiza un análisis idóneo puede elevar el costo del proyecto esto generando la no viabilidad del proyecto vial.

Se recomienda para diseño de las secciones transversales, se debe tener en cuenta los proyectistas respetar las dimensiones de vía que se especifican en la norma DG-2018 antes de desarrollar dicho diseño. Además, se recomienda detallar al cadista en sus planos las secciones típicas de acuerdo al tramo esto permitiendo al momento de ejecutar el proyecto no se encuentre dificultades para desarrollar dichas actividades que se requiera en su momento. Para los contratistas, se recomienda que trabajen en conjunto entre las distintas especialidades apoyando con el especialista del diseño geométrico, siendo la especialidad más dependiente que otras disciplinas.

10. Referencias

- Agudelo, J. J. (2002). *Diseño Geométrico de Vías* [Tesis pregrado, Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín]. <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/diseo3b1o-geom3a9trico-de-vc3adas-john-jairo-agudelo.pdf>
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación* (6ta ed.). EPISTEME, C.A. https://www.academia.edu/23573985/El_proyecto_de_investigaci%C3%B3n_6ta_Edici%C3%B3n_Fidias_G_Arias_FREELIBROS_ORG
- Atarama Mondragón, E. A. (2015). *Evaluación de la transitabilidad para caminos de bajo tránsito estabilizados con aditivo PROES* [Tesis pregrado, Universidad de Piura]. <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/2262>
- Ayovi Párraga, J. B. (2022). *Diseño del camino el placer del Toachi—Santa Rosa Mulaute en Santo Domingo de los Tsáchilas* [Tesis pregrado, Universidad de Guayaquil]. Archivo digital. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/60892>
- Bardalez Cachay, J. (2019). *Diseño de pavimentos a nivel de afirmado del mejoramiento del camino vecinal Empalme PE-8B (Habana)—Sector Cantorcillo – Empalme SM-637 (Calzada) Emp. PE.8B sector Misho, distrito Habana, provincia de Moyobamba—San Martín* [Tesis pregrado, Universidad Nacional de San Martín]. Archivo digital. <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3331>
- Bautista Paico, J. O. (2021). *Análisis de la seguridad vial desde el diseño geométrico de la carretera Canchaque – Huancabamba* [Tesis pregrado, Universidad de Piura]. <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/5083>
- Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la investigación* (3rd ed.). PEARSON EDUCACIÓN.

Borja Suarez, M. (2016). *Metodología de Investigación Científica para ingeniería Civil*.

https://www.academia.edu/33692697/Metodolog%C3%ADa_de_Investigaci%C3%B3n_Cient%C3%ADfica_para_ingenier%C3%ADa_Civil

Cárdenas, J. (2013). *Diseño Goemétrico de Carreteras* (2nd ed.). ECOE EDICIONES.

https://www.academia.edu/41350934/Dise%C3%B1o_Goem%C3%A9trico_de_Carreteras_James_C%C3%A1rdenas_Grisales

Gobierno Regional San Martín. (2013). *Plan vial departamental paticipativo—Región de San*

Martín 2012—2021. <https://www.regionsanmartin.gob.pe/OriArc.pdf?id=67514>

Gobierno Regional San Martín. (2022). *Información institucional*.

<https://www.regionsanmartin.gob.pe/DatosGenerales?url=institucion>

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2022). *Producto Bruto Interno creció 1,7% en el*

III trimestre del 2022. <https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/producto-bruto-interno-crecio-17-en-el-iii-trimestre-del-2022-14020/>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2008). *Manual de Diseño de Carreteras no*

Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito. <http://www.sutran.gob.pe/wp-content/uploads/2015/08/manualdedisenodecarreterasnopavimentadasdebajovolumendetransito.pdf>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos:*

Sección Suelos y Pavimentos.

https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2017). *Manual de Seguridad Vial*.

https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018*.

https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html

MTC. (2014). https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html

Quiroz Goveya, P. M., & Gutierrez Capcha, M. (2021). *Evaluación del diseño geométrico para el trazo de la carretera Calla—Cochapata en Cotabambas – Apurímac, 2020*. [Tesis pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Archivo digital. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/59614>

Quiroz Marquez, J. W. (2020). *Evaluación de las características geométricas de la carretera Cajabamba-Ponte (km 52 300 – km 48 050) de acuerdo con el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018*. [Tesis pregrado, Universidad Privada del Norte]. Archivo digital. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/24743>

Rojas Salas, F. L., & Meca Rosales, J. O. (2021). *Propuesta de diseño geométrico para el Camino Vecinal Lagunas – El Naranjo – Yervas Buenas, Provincia de Ayabaca—Piura* [Tesis pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Archivo digital. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/80362>

Zúñiga-Velásquez, J. S. (2020). *Diagnóstico para el mejoramiento del diseño geométrico de la vía Ubaté – Cucunubá (K0+000.000 al K7+975.799) Cundinamarca* [Universidad Católica de Colombia]. <https://repository.ucatolica.edu.co/items/fab614f0-07d5-48cb-bd78-82bf80633c37>

11. Anexos

Tabla 27.

Operacionalización de variables del proyecto

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
Diseño geométrico	estudios básicos	- estudio de tráfico - topografía - estudio de suelos
	geometría horizontal y vertical	- radio de curvatura - tramo en tangente - pendiente - longitud de curva vertical
Vía SM-653	diseño transversal	- ancho de calzada - peralte - talud
	seguridad vial	- velocidad de diseño
	comodidad	- curvaturas de la geometría
	flujo tránsito	- volumen de tráfico

Nota. Esta tabla muestra las variables con sus respectivas dimensiones que son utilizados en el proyecto.

Figura 19.

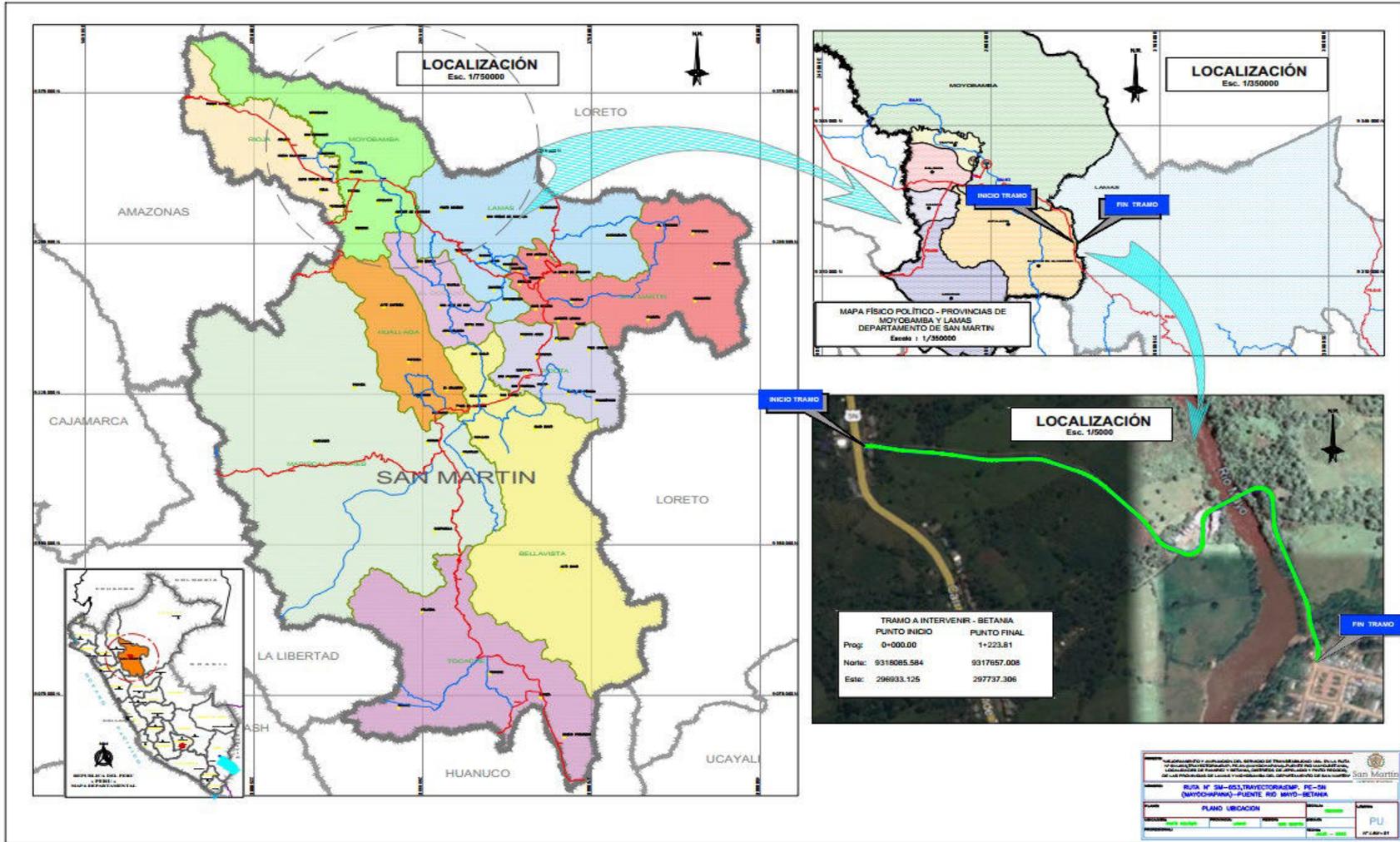
Punto de inicio del proyecto



Nota. Esta figura muestra la intersección con la carretera Fernando Belaunde Terry, siendo el punto de inicio del proyecto.

Figura 20.

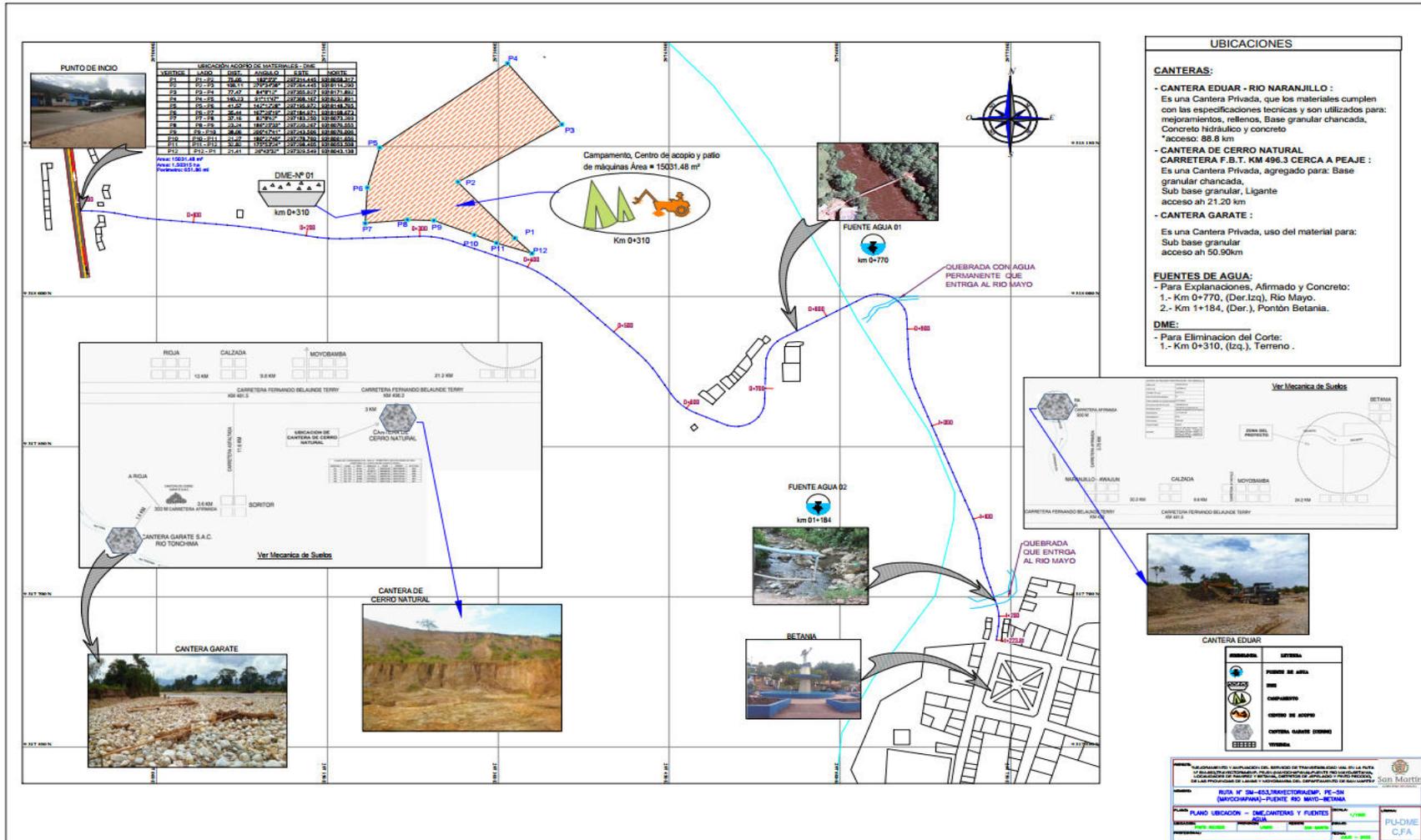
Plano de ubicación



Nota. Esta figura muestra la ubicación del proyecto con sus respectivas coordenadas UTM.

Figura 21.

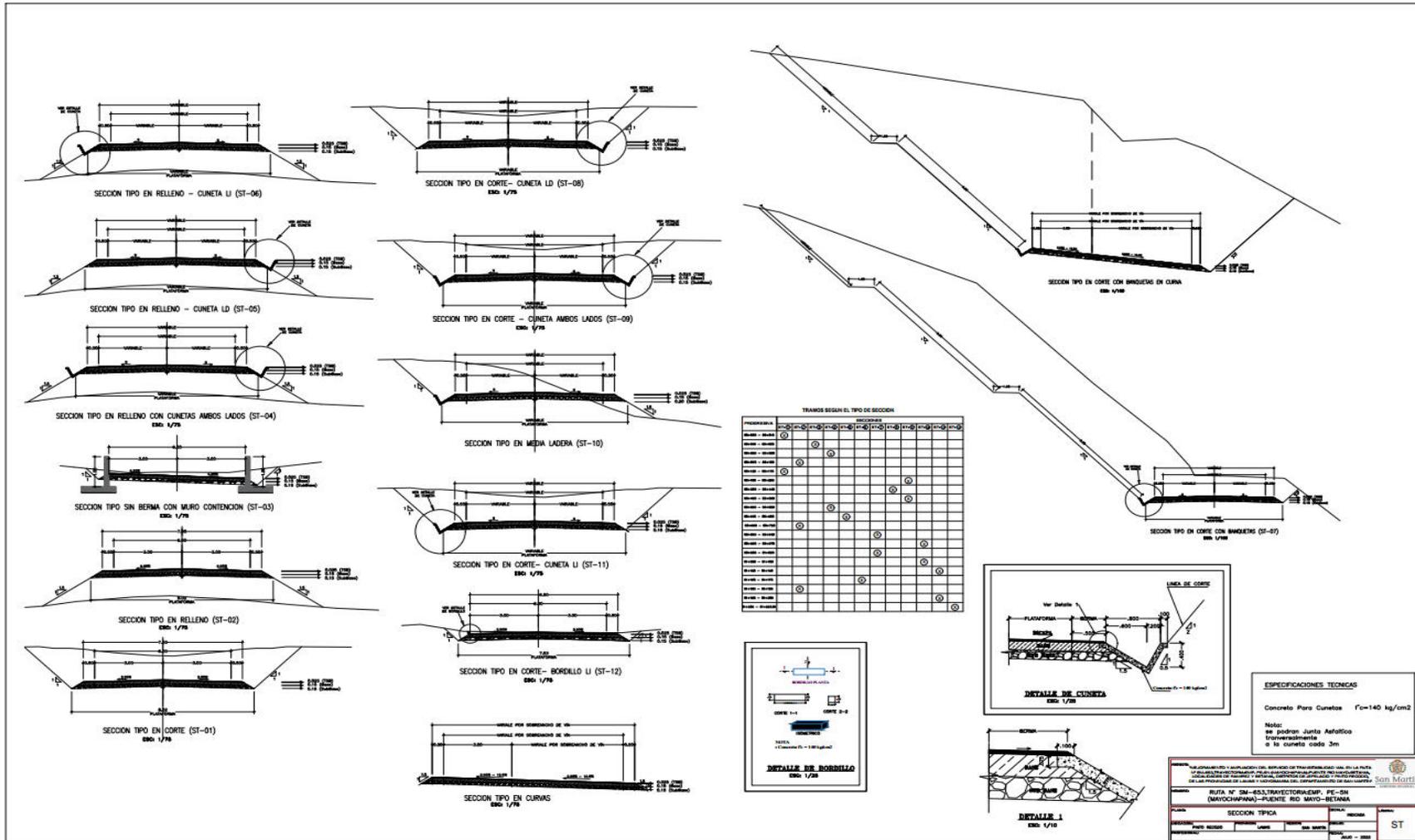
Plano de ubicación de canteras, fuentes de aguas y DME.



Nota. Esta figura muestra plano de las ubicaciones de canteras, fuentes y DME de aguas que serán utilizadas en la ejecución del proyecto.

Figura 23.

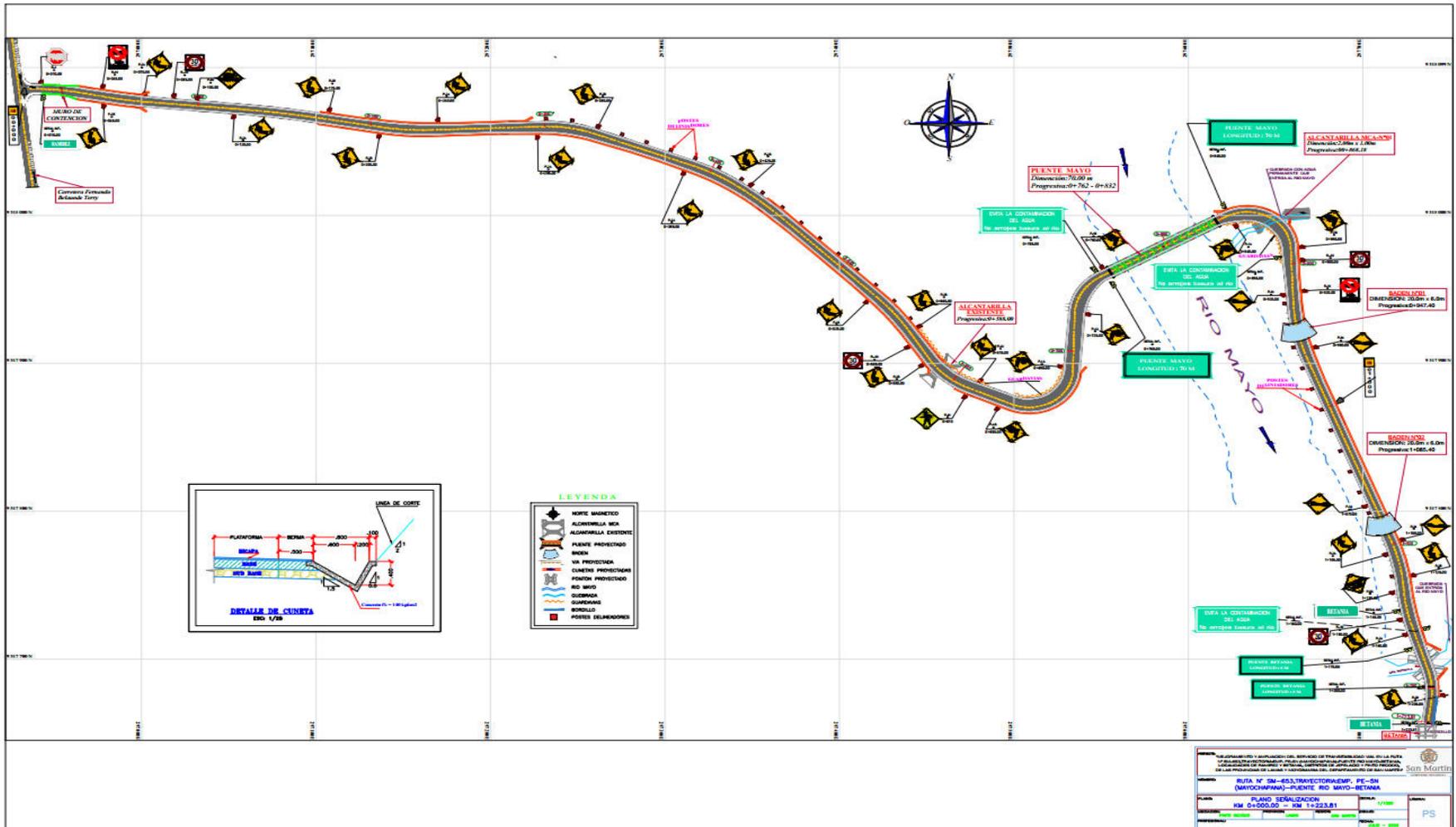
Plano de secciones típicas



Nota. Esta figura muestra plano secciones típicas en todo el tramo de desarrollo.

Figura 24.

Plano de señalización



Nota. Esta figura muestra plano de señales reglamentarias, informáticas y preventivas del proyecto.

Tabla 28.*Tipo de señales de tránsito*

SEÑALES VERTICALES		
SEÑALES PREVENTIVAS	und	31
SEÑALES REGLAMENTARIAS	und	07
SEÑALES INFORMATIVAS	und	10
POSTES DE KILOMETRAJE	und	02

Nota. Muestra las señales según su tipo de funcionamiento del proyecto.

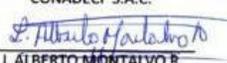
Figura 25.*Porcentaje CBR al 95 %*

PROYECTO	"Mejoramiento y Ampliación del Servicio de Transitabilidad Vial en la Ruta N° SM-653 - Trayectoria: EMP.PE-5N (Mayochapana) - Puente Rio Mayo - Betania, Localidades de Ramírez y Betania, Distritos de Jepelacio y Pinto Recodo de las Provincias de Lamas y Moyobamba del Departamento San Martín" - Código SNIP: 2524121				
	Calicata N° 01 - Muestra N° 02	Calicata N° 02 - Muestra N° 02	Calicata N° 03 - Muestra N° 02	Calicata N° 04 - Muestra N° 02	Calicata N° 05 - Muestra N° 02
Clasificación SUCS	CL	SC	CL	CL	CL
Clasificación ASHHTO	A-4(5)	A-4(1)	A-4(5)	A-6(14)	A-7-6(19)
Max. Dens. Seca (gr/cm ³)	1.96	2.00	2.02	1.92	1.95
Humedad óptima (%)	13.50	10.65	10.20	15.45	12.65
CBR al 95 % de MDS	8.30	12.64	8.45	7.47	7.92
CBR al 100 % de MDS	12.27	18.71	12.27	11.44	11.52

Nota. Esta figura muestra la cantidad de calicatas y sus respectivas caracterizas físicas de suelos e incluso los CBR.

Figura 26.

Certificado de calibración de la estación

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN		N° 21010
INSTRUMENTO	: ESTACIÓN TOTAL	
MARCA	: TOPCON	
MODELO	: GPT3107W	
NÚMERO	: 850350	
RAZÓN SOCIAL	: ING. MIGUEL VALLES RENTERÍA	
DATOS DEL ENSAYO		
TIPO	: POR COLIMACIÓN	
PATRÓN DE REFERENCIA	: COLIMADOR	
MARCA	: LEICA	
MODELO	: N3 No. de serie 226062	
CONDICIÓN AMBIENTAL	: 17° C	
PRUEBAS REALIZADAS		
COLIMACIÓN HORIZONTAL	PRECISIÓN DEL INSTRUMENTO	ERROR
MEDIDO		
PRIMERA POSICIÓN	00°00'00" 7"	0.00
SEGUNDA POSICIÓN	180°00'00"	
COLIMACIÓN VERTICAL		
PRIMERA POSICIÓN	90°00'00" 7"	0.00
SEGUNDA POSICIÓN	270°00'00"	
FECHA DE EMISIÓN	: 08-01-2021	
FECHA DE CADUCIDAD	: 08-08-2021	
<p>CERTIFICAMOS QUE EL EQUIPO EN MENCIÓN, SE ENCUENTRA TOTALMENTE REVISADO, CONTROLADO, CALIBRADO Y AJUSTADO, SEGÚN NORMA DIN 18723 CON UNA PRECISIÓN DE 7" UTILIZADO POR EL FABRICANTE EN EL 100% DE SU OPERATIVIDAD. SE UTILIZÓ EL SET DE COLIMADORES SEGÚN EL PROCEDIMIENTO DEL ÁNGULO DE INCLINACIÓN DEL COLIMADOR AUTOMÁTICO ENFOCADO AL INFINITO RESPECTO AL RETÍCULO DEL COLIMADOR.</p>		
Lima, 08 de enero del 2021		
<p>CONADECI S.A.C.  L. ALBERTO MONTALVO R. Jefe del Dpto. Técnico</p>		
Servicio respaldado y garantizado por experimentados técnicos		WILD HEERBRUCC

Nota. Esta figura muestra el documento que acredita la utilización del equipo para realizar el levantamiento topográfico.