



Universidad Científica del Perú - UCP
*Registrado en el Asiento N° A00010 de la Partida N° 11000318, Personas Jurídicas de Iquitos,
Superintendencia de los Registros Públicos - SUNARP*

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**“ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y
SU RELACIÓN CON LA MEJORA DEL DISEÑO
GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA TRES UNIDOS –
PALTAICO, PROVINCIA DE PICOTA, DEPARTAMENTO DE
SAN MARTÍN”**

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

ASESOR:

M.Sc. Ing. Víctor Eduardo Samamé Zatta

AUTORES:

GARCIA SALVADOR, César Luis

GÓMEZ BORBOR, Carlos Hipólito

TARAPOTO – PERÚ

2024

DEDICATORIA

Dedico de manera especial a mis padres y hermanos quienes fueron el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, sentó en mi la base de responsabilidad y deseo de superación, en ellos tengo el espejo en el cual me quiero reflejar pues sus virtudes infinitas y su gran corazón me llevan a la admiración cada día más.

Gracias dios por concederme la mejor familia.

Cesar Luis García Salvador

A Dios todo poderoso por amarme y bendecir mi camino siempre, a mis padres por sus consejos sabios que me ayudaron a mantenerme firme en mi proyecto, a mis hijos Carlos Mauricio Gómez Saavedra y Olinda Shaiel Gómez Saavedra, quienes con su infinita ternura y amor me dan fuerza para trabajar y estudiar, ustedes han hecho posible que pueda cumplir mis sueños.

Carlos Hipólito Gómez Borbor

AGRADECIMIENTO

Al concluir una etapa maravillo de mi vida quiero extender un profundo agradecimiento, a quienes hicieron posible este sueño, aquellos que junto a mi caminaron en todo momento y siempre fueron inspiración, apoyo y fortaleza. A Dios, mis padres, hermanos, muchas gracias a ustedes por demostrarme que el verdadero amor de familia no es otra cosa más que el deseo inevitable de ayuda al otro para que este se supere.

Mi gratitud también, también a la Universidad Científica del Perú por acogerme en su casa de estudios y a sus excelentes docentes quienes me brindaron los conocimientos necesarios para la Carrera Profesional de Ingeniería Civil.

Y sincera gratitud al Ing. Caleb Ríos Vargas y a cada uno de los docentes quienes con orientación y enseñanzas forjaron la base de mi vida profesional.

Cesar Luis García Salvador

En primer lugar, a Dios por tenerme con vida, luego a mis padres por el alimento, salud, educación. Por estar día a día sembrando en mí consejos de superación siempre induciéndome, dándome ánimos para seguir siempre adelante y no claudicar desde mi formación escolar, colegial y universitaria.

A los docentes idóneos de enseñanza, sin mezquindad alguna transmitiéndome sus conocimientos y experiencias de existo; en las aulas universitarias para ser un buen profesional.

Carlos Hipólito Gómez Borbor

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP

El presidente del Comité de Ética de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

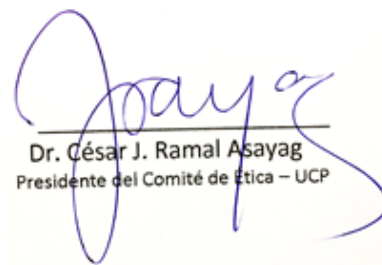
La Tesis titulada:

**“ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y SU RELACIÓN CON LA
MEJORA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA TRES UNIDOS –
PALTAICO, PROVINCIA DE PICOTA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN”**

De los alumnos: **GARCIA SALVADOR CÉSAR LUIS Y GÓMEZ BORBOR CARLOS
HIPÓLITO**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó satisfactoriamente la
revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **14% de plagio**.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que
estime conveniente.

San Juan, 18 de Noviembre del 2021.



Dr. César J. Ramal Asayag
Presidente del Comité de Ética – UCP

Document Information

Analyzed document	UCP_INGENIERÍACIVIL_2021_TESIS_CÉSARGARCÍA_CARLOSGÓMEZ_V1.pdf (D118815751)
Submitted	2021-11-16 17:05:00
Submitted by	Comisión Antiplagio
Submitter email	revision.antiplagio@ucp.edu.pe
Similarity	14%
Analysis address	revision.antiplagio.ucp@analysis.urkund.com

Sources included in the report

W	URL: http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1654/1/T026_46984330_T.pdf Fetched: 2021-03-01 07:16:16		14
W	URL: http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/11458/3388/3/CIVIL%20-%20Jhon%20Franklin%20Torres%20Abanto%20%20%26%20Elmer%20Medina%20Saucedo%20.pdf.txt Fetched: 2021-08-12 04:13:30		1
W	URL: https://1library.co/document/zkxmrney-propuesta-geometrico-mejoramiento-caserio-ricardo-distrito-provincia-departamento.html Fetched: 2021-07-16 21:53:13		1
SA	UNC_CIVIL_2021_T_CARLOS A llanos.pdf Document UNC_CIVIL_2021_T_CARLOS A llanos.pdf (D101651539)		4
SA	1480623424_533__DISE%2525C3%252591O%252BGEOMETRICO%252BDE%252BCARRETERA S%252B%252528DG-2013%252529.pdf Document 1480623424_533__DISE%2525C3%252591O%252BGEOMETRICO%252BDE%252BCARRETERAS%252B%252528DG-2013%252529.pdf (D24001139)		4
W	URL: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf Fetched: 2021-11-16 17:07:00		5
SA	UPN_CIVIL_2021_TS_ KAREN CUEVAS_V1.pdf Document UPN_CIVIL_2021_TS_ KAREN CUEVAS_V1.pdf (D114079658)		3
W	URL: https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/3777/TESIS%20BACH.%20BILL%20JORDAN%20FRANZ%20ARAUJO%20CACHAY.pdf?sequence=1&isAllowed=y Fetched: 2021-06-05 03:15:35		6
W	URL: http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/3743/TESIS%20FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y Fetched: 2021-05-24 23:47:28		2
SA	UNC_CIVIL_2021_T_HENRY_ BURGOS.pdf Document UNC_CIVIL_2021_T_HENRY_ BURGOS.pdf (D108920636)		1

*"Año del Bicentenario de la Consolidación de Nuestra Independencia y de
la Conmemoración de las Heroicas Batallas de Junín y Ayacucho"*

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Con Resolución Decanal N° 753-2021-UCP-FCI del 02 de noviembre del 2021, la FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP designa como Jurado Evaluador de la sustentación de tesis a los señores:

- | | |
|--|------------|
| • Ing. Caleb Ríos Vargas, Dr. | Presidente |
| • Ing. Luis Armando Ouzco Triguero, M. Sc. | Miembro |
| • Ing. Isaac Duhamel Castillo Chalco, | Miembro |

Como Asesor: Ing. Víctor Eduardo Samamé Zatta, M. Sc.

En la ciudad de Tarapoto, siendo las 19:00 horas del día jueves 27 de junio del 2024, modo virtual con la plataforma del ZOOM, supervisado en línea por la Secretaría Académica de la Facultad y el Director de Gestión Universitaria de la Filial Tarapoto de la Universidad, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa de la Tesis: **"ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y SU RELACIÓN CON LA MEJORA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA TRES UNIDOS - PALTACO, PROVINCIA DE PICOTA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN"**.

Presentado por los sustentantes:

CÉSAR LUIS GARCÍA SALVADOR y CARLOS HIPÓLITO GÓMEZ BORBOR

Como requisito para optar el título profesional de: **INGENIERO CIVIL**

Luego de escuchar la sustentación y formuladas las preguntas las que fueron: **ABSUELTAS**.

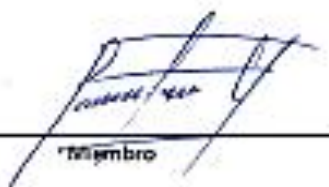
El Jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

La sustentación es: **APROBADA POR MAYORÍA CON LA NOTA DE DIECISÉIS (16)**.

En fe de lo cual los miembros del Jurado firman el acta.



Presidente



Miembro



Miembro

Contactos:

Iquitos - Perú
065 - 26 1088 / 065 - 26 2140
Av. Abelardo Quiñones Km. 2,5

Filial Tarapoto - Perú
42 - 58 5638 / 42 - 58 5640
Leoncio Prado 3070 / Martines de Corpeñas 935

Universidad Científica del Perú
www.ucp.edu.pe

APROBACIÓN

Tesis sustentada en acto público el día 27 de junio a las 07.00 pm. del 2021.



Ing. CALEB RÍOS VARGAS, Dr.
PRESIDENTE DEL JURADO



Ing. LUIS ARMANDO CUZCO TRIGOZO, M.Sc.
MIEMBRO DEL JURADO



Ing. ISAAC DUHAMEL CASTILLO CHALCO
MIEMBRO DEL JURADO



Ing. VICTOR EDUARDO SAMAMÉ ZATTA, M.Sc.
ASESOR

ÍNDICE

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
APROBACIÓN	4
ABSTRACT.....	11
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	13
1.1 Introducción.....	13
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	15
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	15
2.1.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS.....	15
2.1.2 ANTECEDENTES INTERNACIONALES	16
2.1.3 ANTECEDENTES NACIONALES	18
2.1.4 ANTECEDENTES LOCALES	22
2.2 BASES TEÓRICAS	23
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	54
CAPÍTULO III: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	57
3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	57
3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	57
3.2.1 PROBLEMA GENERAL	57
3.2.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS	58
3.3 OBJETIVOS	58
3.3.1 OBJETIVO GENERAL	58
3.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	58
3.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	58
3.5 HIPÓTESIS	59
3.6 VARIABLES	59
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA	60
4.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	60
4.1.1 Tipo de Investigación	60
4.1.2 Diseño de Investigación	60
4.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	60

4.2.1 Población.....	60
4.2.2 Muestra.....	60
4.3 TÉCNICAS, INSTRUMENTO Y PROCESAMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	60
4.3.1 Técnicas	60
4.3.2 Instrumentos	60
4.3.3 Procedimientos	60
4.3.4 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	61
CAPÍTULO V: MATERIALES Y MÉTODOS	62
5.1 INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA	62
5.2 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DISEÑO	63
5.3 PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS.....	64
5.4 MATERIALES E INSTRUMENTOS	64
CAPÍTULO VI: RESULTADOS	65
6.1 RESULTADOS	65
CAPÍTULO VII: DISCUSIÓN DE RESULTADOS	80
CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	81
8.1 Conclusiones	81
8.2 Recomendaciones	82
CAPÍTULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Distancia de visibilidad de adelantamiento.....	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 2: Simbología de la curva circular	43
Ilustración 3: Configuraciones recomendables	46
Ilustración 4: Sobreancho en las curvas	49
Ilustración 5: Determinación gráfica de distancias de visibilidad en curvas en planta	50
Ilustración 6: Tipos de curvas verticales convexas y cóncavas	53
Ilustración 7: Tipos de curvas verticales simétricas y asimétricas	53
Ilustración 8: Sección transversal tipo a media ladera rural en tangente	54
Ilustración 9: Sección transversal típica a media ladera vía de dos carriles en curva	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características básicas del ancho de calzada de las carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito	27
Tabla 2: Rangos de la Velocidad de Diseño en función a la Clasificación de la carretera Po demanda y orografía	33
Tabla 3: Distancia de visibilidad de parada (metros), en pendiente 0%.....	36
Tabla 4: Distancia de visibilidad de parada con pendiente (metros)	36
Tabla 5: Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles dos sentidos	38
Tabla 6: Máximas longitudes sin visibilidad de paso o adelantamiento	38
Tabla 7: Porcentaje de la carretera con visibilidad adecuada	39
Tabla 8: Longitudes de tramos en tangente	41
Tabla 9: Radios circulares límites que permiten prescindir de la curva de transición	42
Tabla 10: Radios que permiten prescindir de la curva de transición en carreteras de Tercera Clase	42
Tabla 11: Valor de Peralte	44
Tabla 12: Longitud de transición del peralte según velocidad y posición del eje del peralte.....	44
Tabla 13: Longitud de transición del peralte según velocidad y posición del eje del peralte.....	45
Tabla 14: Holguras teóricas para vehículos comerciales de 2.60 m de ancho .	46
Tabla 15: Factores de reducción del sobreancho para anchos de calzada en tangente de 7.20m	47
Tabla 16: Pendientes máximas	49
Tabla 17: Anchos mínimos de calzada en tangente.....	53
Tabla 18: Ancho de bermas	53
Tabla 19: Resumen de conteo en la estación Tres Unidos	67
Tabla 20: Valores del Factor de Corrección	67
Tabla 21: IMDA Resumen del Tramo.....	68
Tabla 22: IMDA Tres Unidos - Paltaico	68
Tabla 23: Cuadro de radios menores de los establecidos por la norma	69
Tabla 24: Cuadro de deficiencias de diseño geométrico	70
Tabla 25: Diseño de Datos – Parámetros Mínimos	72
Tabla 26: Diseño de Datos – Longitud Mínima.....	73
Tabla 27: Diseño de Datos – Parámetros Mínimos	74
Tabla 28: Datos de Diseño – Longitud Mínima.....	75
Tabla 29: Datos de Diseño – Longitud Mínima.....	76
Tabla 30: Datos de Diseño – Parámetros Mínimos	77
Tabla 31: Datos de Diseño – Parámetros Mínimos	78

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo principal realizar el Análisis del Diseño Geométrico del alineamiento horizontal, vertical y secciones transversales de la carretera Tres Unidos – Paltaico, provincia de Picota, las cuales debido a que esta carretera es una ruta transitable por la población se ve la necesidad de realizar el análisis del tramo representativo de 10km.

Al realizar el análisis del tramo en estudio con las Normas pertinentes (DG2018) se encontró que muchos parámetros del diseño geométrico de la carretera no cumplen con la norma, parámetros como: longitud mínima en tangente, radios mínimos, pendientes máximas, curvas de transición, peraltes, etc.

Dichos parámetros repercuten en el aspecto operativo de los vehículos y en la seguridad vial. Se realizó la evaluación in situ de los puntos de la carretera en la cual se encontraron las observaciones de los parámetros de diseño geométrico, con el fin de poder analizar las causas por la cual dicho diseño geométrico no cumple con la Norma.

Como resultado del análisis de la carretera se pudo encontrar que muchos tramos de la carretera en estudio no cumplen con la Norma, por las limitaciones de la topografía muy accidentada que presenta dicha carretera, similares al que encontramos en gran parte de la geografía peruana.

Si respetamos los parámetros de la norma, involucraría mucho movimiento de tierra, lo cual implica en gran parte la alteración del paisaje y altos presupuestos. A pesar de que algunos parámetros del diseño geométrico de la carretera no cumplen con la norma, no impide el funcionamiento de aquella. Sin embargo, en la tesis se propone como solución económica y aplicable en el corto plazo, optimizar la señalización tanto horizontal como vertical, lo cual permita generar apariencia atractiva, visuales agradables y estructuras bellas en la carretera, además, de despertar el interés y la atención de los conductores. Además de lo

anterior, otra solución que implica mayor inversión en el mediano plazo es optimizar la distancia de visibilidad de parada, para asegurar mejores condiciones operativas y por consiguiente una mejor seguridad vial.

Palabras clave: Diseño geométrico, carretera, características geométricas, evaluación y mitigar accidentes.

ABSTRACT

The main objective of the research was to carry out the Geometric Design Analysis of the horizontal, vertical alignment and cross sections of the Tres Unidos - Paltaico highway, Picota province, which because this highway is a passable route by the population, the need is seen to carry out the analysis of a representative section of 10km.

When carrying out the analysis of the section under study with the pertinent Standards (DG2018) it was found that many parameters of the geometric design of the road do not comply with the standard, parameters such as: minimum tangent length, minimum radii, maximum slopes, transition curves, superelevations, etc.

These parameters have an impact on the operational aspect of the vehicles and on road safety. The insitu evaluation of the points of the road in which the observations of the geometric design parameters were found was carried out, in order to be able to analyze the causes for which said geometric design does not comply with the Standard.

As a result of the analysis of the road, it was found that many sections of the road under study do not comply with the Standard, due to the limitations of the very rugged topography that said road presents, similar to that found in much of the Peruvian geography.

If we respect the parameters of the norm, it would involve a lot of earth movement, which largely implies the alteration of the landscape and high budgets. Although some parameters of the geometric design of the road do not comply with the standard, it does not prevent the operation of the road. However, the thesis proposes as an economical and applicable solution in the short term, to optimize both horizontal and vertical signage, which allows generating attractive appearance, pleasant visuals and beautiful structures on the road, in addition to awakening interest and awareness. drivers attention. In addition to the above, another solution that implies greater investment in the medium term is to optimize the visibility distance of the stop, to ensure better operating conditions and therefore better road safety.

Keywords: Geometric design, road, geometric characteristics, evaluation and mitigating accidents.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

Las vías de comunicación son de vital importancia para el desarrollo de las regiones, uno de los principales problemas en éstas, es el trazo de las mismas debido a que muchas carreteras han sido construidas sin tener en cuenta las normas de diseño geométrico.

El diseño geométrico constituye la etapa de mayor importancia en un proyecto de infraestructura vial, teniendo en cuenta que existen un conjunto de normas que brindan las herramientas necesarias para realizar un buen diseño.

Por ello, en la presente tesis se elabora un estudio que analiza y compara las distintas características del diseño geométrico de la carretera Tres Unidos – Paltaico, provincia de Picota, san Martín (km 00+000 – km 10+000) con el manual de diseño geométrico de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito mediante un levantamiento topográfico para evaluar el estado actual de dicha carretera, aplicando los conocimientos adquiridos durante la formación profesional para la solución de problemas relacionados con la infraestructura vial,

En la actualidad las redes viales son una necesidad fundamental en el mundo moderno, cual es la disponibilidad de una infraestructura de transporte capaz de llegar a todos los rincones de un territorio. El mejoramiento o la ejecución de cualquier vía representan la concreción de varias propuestas largamente en espera, que suponen gastos excesivos y requieren de varios años. Por lo tanto, se admite que todo proyecto vial es un progreso definitivo que se integra para un patrimonio público y como tal repercute en una buena condición por un largo periodo.

La movilidad es uno de los pilares sobre los que se consolida y se fortalece la economía de un país, las vías de comunicación son soporte para el desarrollo de este, puesto que por ellas se movilizan personas y mercancías, logrando una notoria mejora a la calidad de vida de las personas. Del mismo modo el contar con carreteras que garanticen comodidad, seguridad y rapidez en la movilidad de los usuarios, corresponde a uno de los enfoques de la Ingeniería vial; en la medida en la que se logre este objetivo se contará con ciudades sustentables y que propendan por el mejoramiento continuo de la calidad de vida de sus habitantes.

Por estas razones realizar un buen diseño geométrico de las carreteras es muy importante, ya que desde la óptica de un ciudadano común las carreteras correctamente diseñadas permiten desplazarse en menor tiempo, con mayor calidad, seguridad y así mitigar o reducir los accidentes de tránsito.

En este sentido una propuesta alterna de diseño geométrico vehicular permite identificar una nueva vía tipo variante que pueda garantizar la comodidad y seguridad de los usuarios al moverse, por ello esta propuesta tendrá como base la información del Manual de Carreteras Diseño Geométrico DG – 2018.

La importancia de esta investigación radica que en nuestro país no existen criterios de evaluación para la clasificación de una vía de acuerdo con su consistencia de diseño, por ello al utilizar esta evaluación de los parámetros se aportará a la evaluación de nuevos proyectos en carreteras rurales de nuestra zona identificando tramos inseguros y mejorando la seguridad de los que lo transiten.

Finalmente, son expuestas las conclusiones a las que esta investigación ha llegado, siendo relevante el que se haya logrado identificar y determinar aquellos factores que influyen en la posible generación de accidentes de tránsito; así mismo se expone si las propuestas de mejora tienen un impacto positivo en la Seguridad Vial.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

- ❖ Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2001). Oficializa el primer manual de diseño geométrico de carreteras, el cual recoge los métodos y procedimientos necesarios para proyectar el trazado de una carretera. Todos los aspectos contenidos en el manual son recomendaciones de carácter geométrico derivados de estándares internacionales como la norma AASHTO. La importancia de este manual en relación a los caminos de bajo volumen de tránsito se centra en los parámetros generales y comunes para toda la red vial que tenemos en el Perú; tal como la clasificación vial, la orografía y los conceptos teóricos que norman el diseño geométrico. Se observa que el manual DG-2001 no incluye dentro de las clasificaciones de carreteras a los caminos cuyo IMD sea menor a 200 Veh/día, por lo que años más tarde se elabora el Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de

Tránsito (versiones 2005 y 2008) como complemento a este problema. (p. 5).

- ❖ Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2005). Presenta la primera versión del manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito, el cual contiene y recopila técnicas de Diseño Vial desde el punto de vista de su concepción, considerando aspectos de conservación ambiental y de seguridad vial. Este manual sirve como un complemento de la norma DG-2001, teniendo como justificación que la categoría de caminos a la que va dirigido es más del 85% de la vialidad a nivel nacional, por lo que era necesarios parámetros de diseño geométrico. (p. 7).

- ❖ Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008). Presenta una actualización de la primera versión del manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito, el cual no difiere mucho de la primera, tan solo reajustes de algunos valores necesarios para el diseño geométrico. Al igual que las normas de diseño de carreteras anteriores, este manual ya no se encuentra en vigencia, por lo que en la actualidad no existen normas nacionales oficiales que proporcionen criterios y parámetros de diseño geométrico en carreteras con bajo volumen de tránsito. (p.11).
- ❖ “Las carreteras convencionales, atendiendo a las cifras de accidentalidad, son menos seguras que las vías desdobladas, pese a que la densidad de tráfico que soportan es menor. Las intersecciones, accesos e incorporaciones, que suelen estar al mismo nivel, los trazados, que son en general antiguos, la multitud de tramos montañosos, las curvas de pequeño radio, un solo carril de circulación por sentido que obliga a invadir el sentido contrario al adelantar, o la ausencia de separación física de sentidos de circulación son algunas de las características que definen a las carreteras convencionales y que aumentan el riesgo de sufrir un accidente al circular por ellas.” (Asociación Española de la Carretera, 2017, p.11).
- ❖ El Manual de Carreteras “Diseño Geométrico”, es un documento normativo que organiza y recopila las técnicas y procedimientos para el diseño de la infraestructura vial, en función a su concepción y desarrollo, y acorde a determinados parámetros. Contiene la información necesaria para diferentes procedimientos, en la elaboración del diseño geométrico de los proyectos, de acuerdo a su categoría y nivel de servicio, en concordancia con las demás normativas vigente sobre la gestión de la infraestructura vial. (MTC, 2018) (p.8).

2.1.2 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

❖ LIZ MAYDOLLY BARRERA ARDILA – “Parámetros de Seguridad

Vial Para el Diseño Geométrico de Carreteras” Universidad Pontificia Bolivariana – Bucaramanga, Colombia.

Esta investigación presenta parámetros a tener en consideración para el diseño geométrico de carreteras, obteniéndose un grado de seguridad vial óptimo. Los mismos son analizados y explicados con detenimiento, mostrando su importancia en la infraestructura vial. Para ello, es relevante describir las posibles causas de riesgo y accidentalidad que se pueden presentar ante la omisión de estos, con lo que también resulta importante exponer la responsabilidad ingenieril ante la consideración de estos elementos, haciendo clara la necesidad de considerar una verdadera gestión de seguridad.

- ❖ **René A. García Depestre, Domingo E. Delgado Martínez, Eduardo E. Díaz García – “Modelos de Perfil de Velocidad para evaluación de Consistencia del Trazado en Carreteras de la Provincia de Villa Clara, Cuba”.** Las causas de accidentalidad relativas a la carretera en Cuba son superiores a las reportadas en otros países, por razones vinculadas al trazado, condiciones actuales del estado de los elementos que la componen y las características superficiales del pavimento. En esta investigación se evalúa la seguridad vial a partir de la consistencia del trazado. La misma, se define como, la relación entre las características geométricas del trazado de la carretera y las que espera encontrar el conductor de un vehículo que circula por ella.
- ❖ **Bach. (Llanes Ayala, 2016), 2016. México. “Estimación del flujo de saturación en intersecciones semaforizadas seleccionadas de la ciudad de México”.** En este significativo proyecto de investigación realiza estudios locales de Ingeniería de tránsito (incluido el de flujo de saturación), con el objetivo de estimar el flujo de saturación en las diez intersecciones semaforizadas habiéndose encontrado mediante tres variantes, y siendo de 1610, 1599 y 1651 vehículos/hora/carriles. Como consecuencia en el proceso de investigación se tiene que el flujo de saturación en la Ciudad de México es el más alto que otros debido a las

velocidades con que transitan los conductores locales y también a las condiciones geométricas de las vialidades existentes, de este modo el límite de velocidad conduce a un aumento en la tasa de flujo de saturación. El aporte que brinda este proyecto de investigación es poder determinar el flujo de saturación en la intersección de las avenidas Miguel Grau y Gulman para poder estimar un análisis detallado de dicho problema ya mencionado y así reducir las velocidades que se transita por estas avenidas.

- ❖ **Ochoa, E. (2009). Este trabajo fue presentado como requisito para optar al título de especialista en vías de transporte. "Estudio de los criterios de diseño geométrico de las intersecciones a nivel según AASHTO"** realizado en Medellín, Colombia.

Concluye que la topografía es accidentada, la velocidad de 30 km/h, el radio mínimo de 10 m, el peralte de 10%, un ancho de calzada de 6.00 m. (dos carriles), las pendientes longitudinales usadas para el alineamiento vertical son adecuadas en lo posible a la ruta establecida.

- ❖ **Zea, Ortiz y Zamudio, 2009, En esta investigación los autores realizaron el “Diagnóstico de la vía actual y propuesta de diseño geométrico del tramo comprendido entre el k0+000 hasta el k3+000 de la vía municipio de Tena – Los Alpes (Cudimarca);** tuvo como objetivo analizar las condiciones actuales de la carretera en cuanto a su geometría vial y así buscar mejoramientos en las condiciones actuales de la vía. Para el diagnóstico de la vía se basó en el manual de diseño geométrico del Instituto Nacional de Vías (INVIAS). Estos autores concluyeron que la velocidad de diseño fue de 30km/h, los radios mínimos fueron de 30m; la longitud entre tangencia es difícil su cumplimiento por las condiciones de terreno; la calzada fue de 5.50m; inexistencia de bermas; y carencia de cunetas en un 60% del recorrido.

2.1.3 ANTECEDENTES NACIONALES

- ❖ **Correa Saldaña K. (2017) en su tesis EVALUACIÓN DE LAS**

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA CARRETERA CAJAMARCA – GAVILÁN (KM 173 – KM 158) DE ACUERDO CON LAS NORMAS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS DG-

2013 menciona que: “El levantamiento topográfico se realizó de manera muy detallada, y luego de procesar los datos, se determinó una topografía accidentada. La evaluación del tráfico se realizó con el conteo de vehículos por 02 semanas consecutivas, el cual determinó que estábamos frente a una carretera de segunda clase, con esta información y ayudados por el Manual de Diseño DG-2013 se pudo determinar la velocidad directriz de diseño de 40 Km/h. Posteriormente se realizó el análisis de las características geométricas obtenidas tanto en planta (radio mínimo y tramos en tangente), como en perfil (curvas verticales) y secciones transversales, todo ello comparado con el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2013.”

Así mismo Correa Saldaña K. (2017) en una de sus conclusiones indica: “Después de realizar la comparación se determinó que la carretera no garantiza un adecuado tránsito tanto de personas como de mercancía, poniendo en constante riesgo la integridad de quienes hacen uso de ella.”

- ❖ **Merino Yépez, R; Gómez Allende, G. y Quispe Mejía, J. (2017) en su tesis denominada EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL - NOMINAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO DE ACUERDO A LA CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO** menciona que: “Para alcanzar el objetivo de la investigación se realizó previamente un conteo vehicular, el levantamiento topográfico y procesamiento de datos, del cual se obtuvo las características geométricas de la vía a detalle, tales como: curvas horizontales, tangentes, pendientes, curvas verticales, distancias de visibilidad, sobre anchos y peraltes máximos. Los procedimientos adoptados para la verificación de la hipótesis fueron: estimación de velocidades de operación del percentil 85 en curvas y tangentes a partir de las ecuaciones propuestas por Fitzpatrick y Lamm, asimismo se midió las velocidades de operación en campo con el fin de comparar las

velocidades estimadas y medidas para la construcción de un perfil de velocidades de la vía en estudio.”

- ❖ **(Consorcio Seguridad Vial: TRANSIS - HBC, 2014), en su informe de la “Inspección de Seguridad Vial Carretera Puno – Arequipa con código PE 34^a, tramo Juliaca – Arequipa”,** en una longitud de 254 Km, donde se identificaron 9 tramos de concentración de accidentes (TCAs), que acumulan el 26% del total de accidentes de la carretera, cuyas principal causa de accidentalidad es el exceso de velocidad con un 33.2%, siendo los vehículos más siniestrados las camionetas y semitráiler con más de un 50%, además 20% de los accidentados fallecieron en el siniestro. Mediante una matriz de priorización, se plantean soluciones como la instalación de barrera de contención, instalación de delineadores de curva, instalación de cartel de curva peligrosa, instalación de mallado protector de talud y otras obras, que buscan reducir el índice de accidentabilidad en la vía.
- ❖ **Morales, A. (2017). Esta investigación se centró en la ruta N°LM-122, la cual es la única que comunica al pueblo de Tanta, ubicado en la provincia de Yauyos (Lima),** con el resto de los centros de la misma. Tanta tiene un gran potencial turístico, debido a la cercanía del parque Natural Nor- Yauyos; sin embargo, esto no es aprovechado debido a su inaccesibilidad. El trabajo realizado trata de solucionar este problema, proponiendo el mejoramiento del tramo de carretera en base al diseño geométrico del mismo y estimando el nivel de servicio de la sección de la ruta en el futuro. Se propusieron tres alternativas para el diseño de la ruta; de las cuales se seleccionó la tercera debida a su menor costo en comparación con el resto de las alternativas. En base a este diseño se realizó el predimensionamiento de 7 alcantarillas a lo largo de la carretera, y de los muros de contención necesaria en la vía, debido al alcance definido no se realizó estimación de costos para esta parte del proyecto. Para finalizar con el proyecto se realizó la estimación del nivel de servicio a 20 años de estimación, Se obtuvo como resultado el nivel A para la vía.

Esto lo convierte en un diseño aceptable, con lo que se cumpliría con el objetivo inicial de facilitar el diseño de la ruta LM-122 para hacerla más accesible.

- ❖ **Bach. Luis Ángel, ROMANÍ SANTOS “ANÁLISIS DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA LIMA – CANTA, CON RELACIÓN A SUS CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS, TRAMO: KM. 66+000 – KM. 76+000”** El presente estudio, ha sido realizado con la finalidad de Realizar el análisis del Diseño Geométrico del alineamiento horizontal y vertical de la carretera Lima –Canta en el tramo Km: 66+000.00 hasta Km: 76+000.00, y su relación con las características operativas actuales de los vehículos pesados, mediante el uso de las normas pertinentes y la observación in situ, e identificar las posibles mejoras o modificaciones a realizar.

Conclusiones:

Luego de realizar el análisis del diseño geométrico de la carretera Lima – Canta en gabinete, el autor de la presente tesis llego a la conclusión que, en varios tramos, los parámetros del diseño geométrico no cumplen con el Manual de Carreteras de Diseño Geométrico DG-2014. Se realizó la visita in situ de dichos tramos, con ello se pudo verificar y ratificar la situación de incumplimiento antes citado. Dichos incumplimientos, se considera que se dan por las limitaciones de topografía muy accidentada que presenta la zona donde está emplazada la carretera.

En conclusión, si se quiere respetar el cumplimiento de la norma DG2014 se necesitaría de mucho movimiento de tierra, lo cual causaría una gran alteración del paisaje, es decir, se modificarán aspectos morfológicos del relieve, usos y calidad del suelo, distribución de flora y fauna, calidad de vida de los habitantes del área afectada y calidad del aire, principalmente, además, dicho movimiento de tierra implicaría la construcción de taludes de corte muy altos.

- ❖ **Juan Ronald, GRADOS PAREDES, “DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA NACIONAL PE-3SG TRAMO: YAURI-Dv. LIVITACA”,** El

trabajo desarrollado trata sobre el diseño geométrico de un tramo de la carretera nacional PE-3SG, específicamente en el tramo comprendido entre los km 55+000 al 58+000 que contiene el punto más alto en el abra apacheta a 4685 msnm. La carretera en estudio esta con una capa asfáltica en constante deterioro por la falta de mantenimiento, además no está diseñada para el tráfico actual, comercial y minero que exige estándares de calidad y seguridad que estas no tienen, los vehículos de mayor capacidad tienen problemas para circular sobre todo en las curvas ya que no tienen el radio mínimo para su desplazamiento.

Conclusiones:

El autor de la tesis llego a las siguientes conclusiones: El tramo en estudio tiene condiciones orográficas del tipo 4 que corresponde a una topografía accidentada según su demanda y su clasificación de la red vial le corresponde una velocidad de diseño de 40 kph, pero por condiciones topográficas se está tomando una velocidad específica de diseño en los tres kilómetros de 30 kph que permite un mejor trazo para cruzar el Abra Apacheta, Se usaron curvas de transición en el diseño de curvas horizontales pues estos ofrecen una mejor maniobrabilidad y seguridad a los conductores reduciendo los efectos de la fuerza centrífuga, para esto se aseguró que la longitud de la curva de transición cumplan con los criterios de longitud de transición del peralte, longitud mínima de la curva de transición y por guiado óptico o estética, etc.

2.1.4 ANTECEDENTES LOCALES

❖ **Condorena Paredes, Dorian Prisciliano con su tesis “PROPUESTA DE MEJORA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA VECINAL MORALES – SAN PEDRO DE CUMBAZA AÑO 2018”, De**

acuerdo con el manual DG-2018 se eligió una velocidad de diseño de 30 y 40 Km/h, este parámetro se definía según la topografía del terreno (accidentada) y el Índice Medio Diario Anual de la vía (carretera tercera clase). Además de la velocidad de diseño, con estos datos se halló la

pendiente máxima de la vía, el máximo peralte en curvas, longitudes mínimas y máximas de las tangentes, el radio mínimo de curva y longitud mínima de curvas verticales convexas. Todos estos parámetros fueron tomados en cuenta al momento de realizar la fase del diseño geométrico de la carretera, además se realizó el estudio de tráfico para el cálculo del IMDA teniendo en cuenta el factor económico puesto que es una vía por la cual aún no transitan vehículos de alto tonelaje, el cual dio como resultado un IMDA para un periodo de diseño de 10 años de 15 veh/día.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS

El Diseño Geométrico de carreteras es el proceso de correlación entre sus elementos físicos y las características de operación de los vehículos, mediante el uso de las matemáticas, la física y la geometría.

En este sentido, la carretera geoméricamente definida por el trazado de su eje en planta y en perfil y por el trazado de su sección transversal.

Chocantá, P. (2011). Señala que es el proceso de correlacionar los elementos físicos de la vía con las condiciones de operación de los vehículos y las características del terreno en la que se conoce como diseño geométrico de la vía. La razón es que estos elementos físicos se representan por su geometría como sucede con los alineamientos horizontal y vertical. En el diseño geométrico de una vía especialmente si se trata de una carretera, es necesario establecer las relaciones posibles entre la vía, el vehículo y el conductor, que son los tres elementos que intervienen en la operación de transportar.

Aashto, (1994). menciona que las características geométricas de una vía deben satisfacer las necesidades de los usuarios y mantener la integridad del ambiente natural.

2.2.2 PLANEAMIENTO VIAL PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE UNA CARRETERA

Fienco, M. et.al, (2017). Indican que las carreteras deben cumplir debido a consideraciones del tipo económico, características del terreno y objetivos del proyecto, que su trazado sea tan directo entre los puntos extremos a enlazar como sea posible, pero cumpliéndose los principios y normas de ingeniería que permitan obtener una obra vial resistente, segura, funcional, económica y de apariencia agradable ante los ojos de conductor.

2.2.3 EVALUACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CAMINOS

Cárdenas, J. (2013). Menciona que una carretera es una infraestructura de transporte especialmente acondicionada dentro de toda una faja de terreno denominada derecho de vía, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua en el espacio y en el tiempo, con niveles adecuados de seguridad, comodidad, sea funcional, estética, económica y compatible con el medio ambiente.

Una vía será funcional de acuerdo con su tipo, características geométricas y volúmenes de tránsito, de tal manera que ofrezca una adecuada movilidad a través de una suficiente velocidad de operación.

La vía será cómoda en la medida en que se disminuyan las aceleraciones de los vehículos y sus variaciones, lo cual se lograra ajustando las curvaturas de la geometría y sus transiciones a las velocidades de operación por las que optan los conductores a lo largo de los tramos rectos.

La vía será estética al adaptarlas al paisaje, permitiendo generar visuales agradables a las perspectivas cambiantes, produciendo en el conductor un recorrido fácil.

La vía será económica, cuando cumpliendo con los demás objetivos, ofrece el menor costo posible a la topografía natural, a los usos del suelo

y el valor de la tierra, y procurando mitigar o minimizar los impactos ambientales.

2.2.4 CRITERIOS Y CONTROLES BÁSICOS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO

En esta Sección se presentan los criterios, factores y elementos que deberán adoptarse para realizar los estudios preliminares que definen el diseño geométrico de las carreteras nuevas, así como las carreteras que serán rehabilitadas y mejoradas especialmente en su trazo.

Al definir la geometría de la vía, no debe perderse de vista que el objetivo es diseñar una carretera que reúna las características apropiadas, con dimensiones y alineamientos tales que su capacidad resultante satisfaga la demanda del proyecto.

Asimismo, establece la clasificación e interrelación existente entre los tipos de proyectos, niveles y metodologías de estudio previstas para las obras viales y sintetiza el contenido y alcance de dichos niveles de estudio.

El término “proyecto” incluye las diversas etapas que van desde la concepción de la idea, hasta la materialización de una obra civil, complejo industrial o programa de desarrollo en las más diversas áreas. En consecuencia, el proyecto es el objetivo que motiva las diversas acciones requeridas para poner en servicio una nueva obra vial, o bien recuperar o mejorar una existente.

2.2.5 FACTORES CONDICIONANTES EN EL TRAZADO DE CARRETERAS EN ESTUDIOS Y OBRAS

Bañon, L. (2008). Señala que, en el caso de las obras de carreteras, existen una serie de factores que condicionan las posibles soluciones de trazado en planta de una vía tanto en la etapa de estudios como en obra. Podemos mencionar:

❖ **Puntos de paso forzoso:** Serie de puntos que, por diversos motivos condicionan y limitan la elección del trazado. Algunos de estos factores son:

- Factores topográficos: Existen zonas que por presentar una determinada topografía, zonas montañosas, barrancos y depresiones, etc. dificultan y encarecen la construcción de obras de carreteras.
- Factores geológicos: La presencia de terrenos no aptos por su baja capacidad portante y la proximidad de zonas de extracción de áridos una de las materias primas para la construcción de carreteras son los más reseñables.
- Factores hidrológicos: La existencia de cauces hidráulicos y zonas inundables puede desaconsejar que el trazado discurra por dichas zonas.
- Factores urbanísticos: Los planes de ordenación aprobados o previstos, así como el uso del suelo, facilitarán o dificultarán la realización de un trazado u otro.
- Factores sociales: La comunicación de determinados núcleos de población puede condicionar en mayor o menor medida el trazado de la vía.

2.2.6 ALCANCES DEL MANUAL PARA EL DISEÑO DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO

La aplicación de este manual en relación a los volúmenes de la demanda del tránsito se extiende hasta los límites que justificarían el cambio de superficie granular a rodadura pavimentada. El límite real es específico de cada caso y dependerá de la cantidad y tipo de los vehículos. Y puede calcularse mediante un análisis técnico económico en cada caso específico.

En la tabla 1 se sintetiza las características de la superficie de rodadura que la experiencia peruana ha definido como la práctica adecuada en términos técnico-económico, para las carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.

Tabla 1: Características básicas del ancho de calzada de las carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito

Carretera de BVT	IMD Proyectado	Ancho de calzada (M)
T3	101-200	2 carriles 5.50-6.00
T2	51-100	2 carriles 5.50-6.00
T1	16-50	1 carril (*) o 2 carriles 3.50-6.00
T0	<15	1 carril (*) 3.50-4.50
Trocha carrozable	IMD Indefinido	1 sendero (*)

Fuente: MDCNPBVT, (2008), p.17

2.2.7 CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS

Las carreteras del Perú se clasifican, en función a la demanda en:

2.2.7.1 Clasificación por Demanda

a) Autopista de Primera Clase

Son carreteras con IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6.00 m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo, con control total de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos, sin cruces o pasos a nivel y con puentes peatonales en zonas urbanas. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

b) Autopista de Segunda Clase

Son carreteras con un IMDA entre 6000 y 4 001 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central que puede variar de 6.00 m hasta 1.00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo, con control parcial de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos; pueden tener cruces o pasos vehiculares a nivel y puentes peatonales en zonas urbanas. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

c) Carreteras de Primera Clase

Son carreteras con un IMDA entre 4 000 y 2 001 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.60 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

d) Carreteras de Segunda Clase

Son carreteras con IMDA entre 2 000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.30 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

e) Carretera de Tercera Clase

Son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3.00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional

estas vías podrán tener carriles hasta de 2.50 m, contando con el sustento técnico correspondiente. Estas carreteras pueden funcionar con soluciones denominadas básicas o económicas, consistentes en la aplicación de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos; o en afirmado, en la superficie de rodadura. En caso de ser pavimentadas deberán cumplirse con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase.

f) Trochas Carrozables

Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4.00 m, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m. La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar.

2.2.7.2 Clasificación por Orografía

Las carreteras en el Perú, en función a la orografía predominante del terreno por donde discurre su trazado, se clasifican en:

a) Terreno plano (Tipo I)

Tiene pendientes transversales al eje de la vía, menores o iguales al 10% y sus pendientes longitudinales son por lo general menores de tres por ciento (3%), demandando un mínimo de movimiento de tierras, por lo que no presenta mayores dificultades en su trazo.

b) Terreno ondulado (Tipo 2)

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50% y sus pendientes longitudinales se encuentran entre 3% y 6 %, demandando un moderado movimiento de tierras, lo que permite alineamientos rectos, alternados con curvas de radios amplios, sin mayores dificultades en el trazo.

c) Terreno accidentado (Tipo 3)

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 51% y el 100% y sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre 6% y 8%, por lo que requiere importantes movimientos de tierras, razón por la cual presenta dificultades en el trazo.

d) Terreno escarpado (Tipo 4)

Tiene pendientes transversales al eje de la vía superiores al 100% y sus pendientes longitudinales excepcionales son superiores al 8%, exigiendo el máximo de movimiento de tierras, razón por la cual presenta grandes dificultades en su trazo.

2.2.8 VEHÍCULOS DE DISEÑO

El diseño geométrico de carreteras se efectuará en concordancia con los tipos de vehículos, dimensiones, pesos y demás características, contenidas en el Reglamento Nacional de Vehículos vigente.

Las características físicas y la proporción de vehículos de distintos tamaños que circulan por las carreteras son elementos clave en su definición geométrica. Por ello, se hace necesario examinar todos los tipos de vehículos, establecer grupos y seleccionar el tamaño representativo dentro de cada grupo para su uso en el proyecto. Estos vehículos seleccionados, con peso representativo, dimensiones y características de operación, utilizados para establecer los criterios de los proyectos de las carreteras, son conocidos como vehículos de diseño.

Al seleccionar el vehículo de diseño hay que tomar en cuenta la composición del tráfico que utiliza o utilizará la vía. Normalmente, hay una participación suficiente de vehículos pesados para condicionar las características del proyecto de carretera.

Las características de los vehículos tipo indicados, definen los distintos aspectos del dimensionamiento geométrico y estructural de una carretera. Así, por ejemplo:

- El ancho del vehículo adoptado incide en los anchos del carril, calzada, bermas y sobreancho de la sección transversal, el radio mínimo de giro, intersecciones y gálibo.
- La distancia entre los ejes influye en el ancho y los radios mínimos internos y externos de los carriles.
- La relación de peso bruto total/potencia, guarda relación con el valor de las pendientes admisibles

2.2.9 CARACTERÍSTICAS DEL TRANSITO

Las características y el diseño de una carretera deben basarse, explícitamente, en la consideración de los volúmenes de tránsito y de las condiciones necesarias para circular por ella, con seguridad vial ya que esto le será útil durante el desarrollo de carreteras y planes de transporte, en el análisis del comportamiento económico, en el establecimiento de criterios de definición geométrica, en la selección e implantación de medidas de control de tránsito y en la evaluación del desempeño de las instalaciones de transportes. Juntamente con la selección del vehículo de proyecto, se debe tomar en cuenta la composición del tráfico que utiliza o utilizará la vía, obtenida sobre la base de estudio de tráfico y sus proyecciones que consideren el desarrollo futuro de la zona tributaria de la carretera y la utilización que tendrá cada tramo del proyecto vial.

2.2.9.1 Índice medio diario anual (IMDA)

Representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la vía. Su conocimiento da una idea cuantitativa de la importancia de la vía en la sección considerada y permite realizar los cálculos de factibilidad económica.

Los valores de IMDA para tramos específicos de carretera, proporcionan al proyectista, la información necesaria para determinar las características de diseño de la carretera, su clasificación y desarrollar los programas de mejoras y mantenimiento. Los valores vehículo/día son importantes para evaluar los programas de seguridad y medir el servicio proporcionado por el transporte en carretera.

La carretera se diseña para un volumen de tránsito, que se determina como demanda diaria promedio a servir hasta el final del período de diseño, calculado como el número de vehículos promedio, que utilizan la vía por día actualmente y que se incrementa con una tasa de crecimiento anual. Estos volúmenes pueden ser obtenidos en forma manual o con sistemas tecnológicos.

2.2.9.2 Crecimiento de Tránsito

Una carretera debe estar diseñada para soportar el volumen de tráfico que es probable que ocurra en la vida útil del proyecto.

No obstante, el establecimiento de la vida útil de una carretera requiere la evaluación de las variaciones de los principales parámetros en cada segmento de la misma, cuyo análisis reviste cierta complejidad por la obsolescencia de la propia infraestructura o inesperados cambios en el uso de la tierra, con las consiguientes modificaciones en los volúmenes de tráfico, patrones, y demandas.

La definición geométrica de las nuevas carreteras, o en el caso de mejoras en las ya existentes, no debe basarse únicamente en el volumen de tránsito actual, sino que debe considerar, el volumen previsto que va a utilizar esta instalación en el futuro.

De esta forma, deberán establecerse los volúmenes de tránsito presentes en el año de puesta en servicio del proyecto y aquellos correspondientes al año horizonte de diseño. Ello, además de fijar algunas características

del proyecto, permite eventualmente, elaborar un programa de construcción por etapas.

2.2.10 VELOCIDAD DE DISEÑO

Es la velocidad escogida para el diseño, entendiéndose que será la máxima que se podrá mantener con seguridad y comodidad, sobre una sección determinada de la carretera, cuando las circunstancias sean favorables para que prevalezcan las condiciones de diseño.

En el proceso de asignación de la Velocidad de Diseño, se debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad vial de los usuarios. Por ello, la velocidad de diseño a lo largo del trazo debe ser tal, que los conductores no sean sorprendidos por cambios bruscos y/o muy frecuentes en la velocidad a la que pueden realizar con seguridad el recorrido.

- La longitud mínima de un tramo de carretera, con una velocidad de diseño dada, debe ser de tres (3.0) kilómetros, para velocidades entre veinte y cincuenta kilómetros por hora (20 y 50 km/h) y de cuatro (4.0) kilómetros para velocidades entre sesenta y ciento veinte kilómetros por hora (60 y 120 km/h).
- La diferencia de la Velocidad de Diseño entre tramos adyacentes no debe ser mayor a veinte kilómetros por hora (20 km/h).

Tabla 2: Rangos de la Velocidad de Diseño en función a la Clasificación de la carretera Po demanda y orografía

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											

Fuente: Manual DG-2018

La velocidad máxima de un vehículo en un momento dado está en función principalmente, a las restricciones u oportunidades que ofrezca el trazo de la carretera, el estado de la superficie de la calzada, las condiciones climáticas, la intensidad del tráfico y las características del vehículo.

En tal sentido, es necesario dimensionar los elementos geométricos de la carretera, en planta, perfil y sección transversal, en forma tal que pueda ser recorrida con seguridad, a la velocidad máxima asignada a cada uno de dichos elementos geométricos.

La velocidad máxima con que sería abordado cada elemento geométrico es la Velocidad Específica con la que se debe diseñar. El valor de la Velocidad Específica de un elemento geométrico depende esencialmente de los siguientes parámetros:

- Del valor de la Velocidad de Diseño del Tramo Homogéneo en que se encuentra incluido el elemento. La condición deseable es que a la mayoría de los elementos geométricos que integran el tramo

homogéneo se les pueda asignar como Velocidad Específica, el valor de la Velocidad de Diseño del tramo.

- De la geometría del trazo inmediatamente antes del elemento considerado, teniendo en cuenta el sentido en que el vehículo realiza el recorrido.

Para asignar la Velocidad Específica a las curvas horizontales incluidas en un Tramo homogéneo, se consideran los siguientes parámetros:

- La Velocidad de Diseño del Tramo homogéneo en que se encuentra la curva horizontal.
- El sentido en que el vehículo recorre la carretera.
- La Velocidad Específica asignada a la curva horizontal anterior.
- La longitud del segmento en tangente anterior. Para efectos de este Manual, se considera segmento en tangente a la distancia horizontal medida entre los puntos medios de las espirales de las curvas al inicio y al final del segmento si éstas son espiralizadas o entre el PT y el PC de las curvas si son circulares.
- La deflexión en la curva analizada.

2.2.11 DISTANCIA DE VISIBILIDAD

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

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

Las dos primeras influyen el diseño de la carretera en campo abierto y serán tratadas en esta sección considerando alineamiento recto y rasante de pendiente uniforme. Los casos con condicionamiento asociados a singularidades de planta o perfil se tratarán en las secciones correspondientes.

2.2.11.1 Distancia de Visibilidad de parada

Es la mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad de diseño, antes de que alcance un objetivo inmóvil que se encuentra en su trayectoria.

Tabla 3: Distancia de visibilidad de parada (metros), en pendiente 0%

Velocidad de diseño	Distancia de percepción reacción	Distancia durante el frenado a nivel	Distancia de visibilidad de parada	
(km/h)	(m)	(m)	Calculada (m)	Redondeada (m)
20	13.9	4.6	18.5	20
30	20.9	10.3	31.2	35
40	27.8	18.4	46.2	50
50	34.8	28.7	63.5	65
60	41.7	41.3	83.0	85
70	48.7	56.2	104.9	105
80	55.6	73.4	129.0	130
90	62.6	92.9	155.5	160
100	69.5	114.7	184.2	185
110	76.5	138.8	215.3	220
120	93.4	165.2	248.6	250
130	90.4	193.8	284.2	285

Fuente: Manual de Carreteras – Diseño Geométrico

Tabla 4: Distancia de visibilidad de parada con pendiente (metros)

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

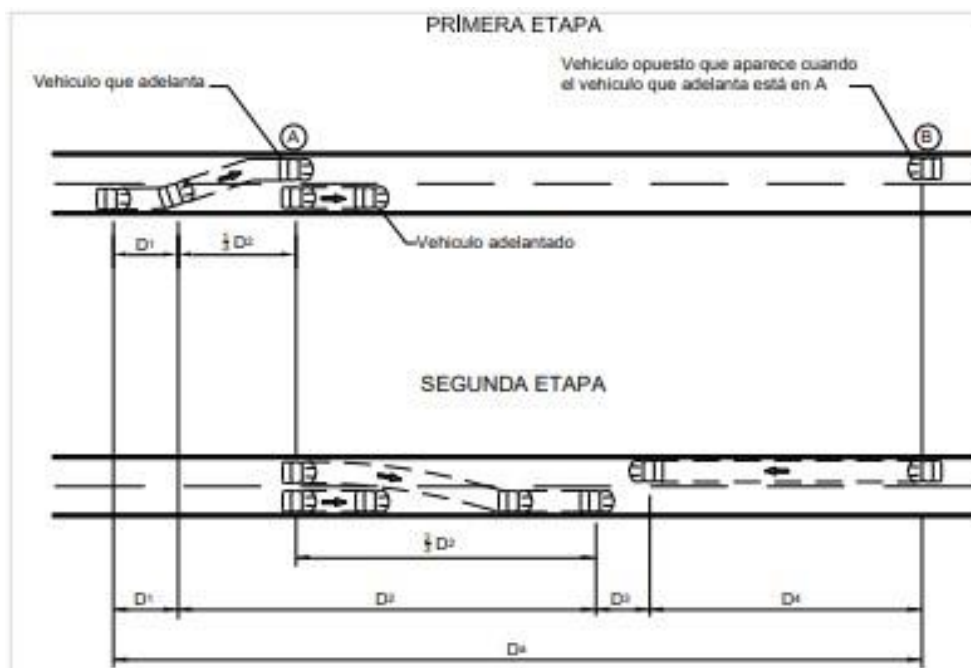
Fuente: Manual de Carreteras – Diseño Geométrico

2.2.11.2 Distancia de Visibilidad de paso

Es la mínima que debe estar disponible, a fin de facultar al conductor del vehículo a sobrepasar a otro que viaja a una velocidad menor, con comodidad y seguridad, sin causar alteración en la velocidad de un tercer vehículo que viaja en sentido contrario y que se hace visible cuando se ha iniciado la maniobra de sobrepaso. Dichas condiciones de comodidad y seguridad se dan cuando la diferencia de velocidad entre los vehículos que se desplazan en el mismo sentido es de 15 km/h y el vehículo que viaja en sentido contrario transita a la velocidad de diseño.

La distancia de visibilidad de adelantamiento debe considerarse únicamente para las carreteras de dos carriles con tránsito en las dos direcciones, dónde el adelantamiento se realiza en el carril del sentido opuesto.

Ilustración 1: Distancia de visibilidad de adelantamiento



Fuente: Manual de Carreteras – Diseño Geométrico

Tabla 5: Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles dos sentidos

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

Fuente: Manual de Carreteras – Diseño Geométrico

En carreteras de dos carriles con doble sentido de circulación, debido a su repercusión en el nivel de servicio y, sobre todo, en la seguridad de la circulación, se debe tratar de disponer de las máximas longitudes con posibilidad de adelantamiento de vehículos más lentos, siempre que la intensidad de la circulación en el sentido opuesto lo permita.

Para efecto de la determinación de la distancia de visibilidad de adelantamiento se considera que la altura del vehículo que viaja en sentido contrario es de 1.30 m y que la del ojo del conductor del vehículo que realiza la maniobra de adelantamiento es 1.07 m.

Tabla 6: Máximas longitudes sin visibilidad de paso o adelantamiento

Categoría de vía	Longitud
Autopistas de primera y segunda clase	1,500 m
Carretera de Primera clase	2,000 m
Carretera de Segunda clase	2,500 m

Fuente: Manual de Carreteras – Diseño Geométrico

Las distintas normativas existentes no introducen correcciones a la distancia de adelantamiento por efecto de la pendiente, sin embargo, la capacidad de aceleración es menor que en terreno llano y por ello resulta conveniente considerar un margen de seguridad para pendientes mayores del 6.0%.

En pendientes mayores del 6.0% usar distancia de visibilidad de adelantamiento correspondiente a una velocidad de diseño de 10 km/h superior a la del camino en estudio.

Si la velocidad de diseño es 100 km/h, considerar en estos casos una distancia de visibilidad de adelantamiento ≥ 650 m.

Los sectores con visibilidad adecuada para adelantar deberán distribuirse lo más homogéneamente posible a lo largo del trazado. En un tramo de carretera de longitud superior a 5 km, emplazado en una topografía dada, se procurará que los sectores con visibilidad adecuada para adelantar, respecto del largo total del tramo, se mantengan dentro de los porcentajes que se indican.

Tabla 7: Porcentaje de la carretera con visibilidad adecuada

Condiciones orográficas	% mínimo	% deseable
Terreno plano Tipo 1	50	> 70
Terreno ondulado Tipo 2	33	> 50
Terreno accidentado Tipo 3	25	> 35
Terreno escarpado Tipo 4	15	> 25

Fuente: Manual de Carreteras – Diseño Geométrico

2.2.12 DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA

El diseño geométrico en planta o alineamiento horizontal está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares y de grado de curvatura variable, que permiten una transición suave al pasar de alineamientos rectos a curvas circulares o viceversa o también entre dos curvas circulares de curvatura diferente.

El alineamiento horizontal deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad de diseño en la mayor longitud de carretera que sea posible.

Los elementos geométricos de una carretera (planta, perfil y sección transversal), deben estar convenientemente relacionados, para garantizar una circulación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar una velocidad de operación continua y acorde con las condiciones generales de la vía.

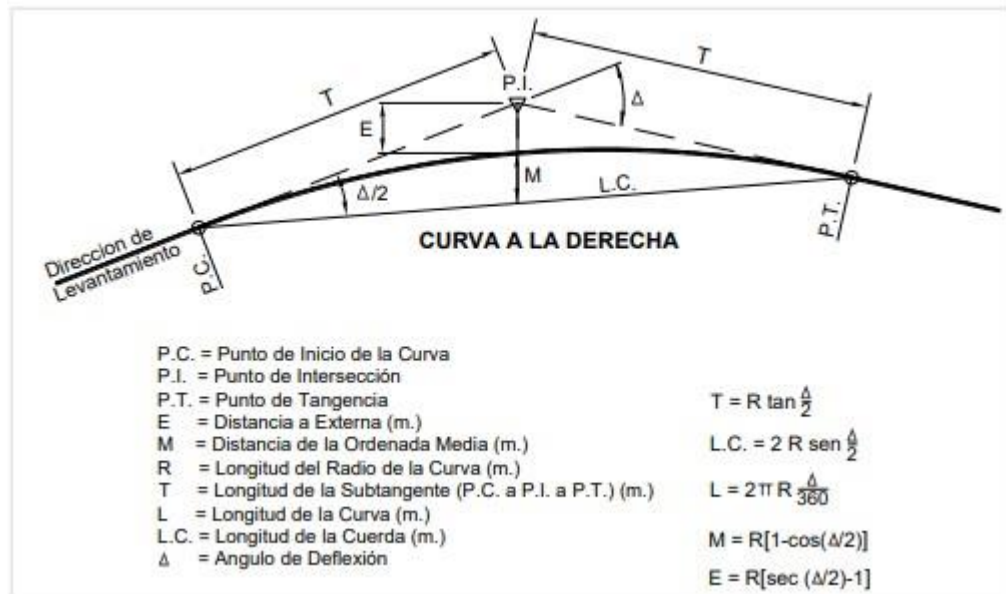
2.2.12.1 Consideraciones de Diseño

Algunos aspectos por considerar en el diseño en planta:

- Deben evitarse tramos con alineamientos rectos demasiado largos. Tales tramos son monótonos durante el día, y en la noche aumenta el peligro de deslumbramiento de las luces del vehículo que avanza en sentido opuesto. Es preferible reemplazar grandes alineamientos, por curvas de grandes radios.

- Para las autopistas de primer y segundo nivel, el trazo deberá ser más bien una combinación de curvas de radios amplios y tangentes no extensas

Ilustración 2: Simbología de la curva circular



Fuente: Manual de Carreteras – Diseño Geométrico

2.2.12.2 Tramos en Tangente

Las longitudes mínimas admisibles y máximas deseables de los tramos en tangente, en función a la velocidad de diseño.

Tabla 8: Longitudes de tramos en tangente

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

Fuente: Manual de Carreteras – Diseño Geométrico

Donde:

$L_{\text{mín.s}}$: Longitud mínima (m) para trazados en "S" (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura de sentido contrario).

$L_{\text{mín.o}}$: Longitud mínima (m) para el resto de casos (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura del mismo sentido).

$L_{\text{máx}}$: Longitud máxima deseable (m).

V : Velocidad de diseño (km/h)

2.2.12.3 Radios Mínimos

Los radios mínimos de curvatura horizontal son los menores radios que pueden recorrerse con la velocidad de diseño y la tasa máxima de peralte, en condiciones aceptables de seguridad y comodidad.

Los radios circulares límite calculados, aceptando un $J_{\text{máx}}$ de 0.4 m/s³ y considerando que al punto inicial de la curva circular se habrá desarrollado sólo un 70% de peralte necesario.

Tabla 9: Radios circulares límites que permiten prescindir de la curva de transición

V (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
R (m)	80	150	225	325	450	600	750	900	1200	1500	1800

Fuente: Manual de Carreteras – Diseño Geométrico

Tabla 10: Radios que permiten prescindir de la curva de transición en carreteras de Tercera Clase

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

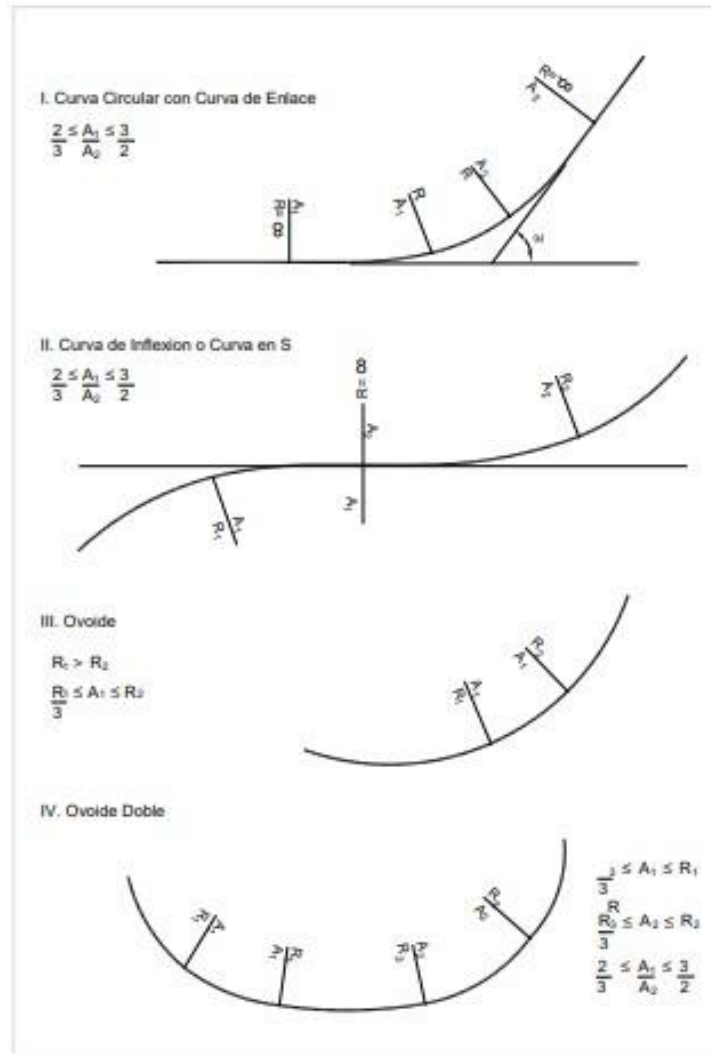
Fuente: Manual de Carreteras – Diseño Geométrico

2.2.12.4 Curvas Compuestas

Consisten en dos o más curvas simples de diferente radio, orientadas en la misma dirección, y dispuestas una a continuación de la otra.

En general, se evitará el empleo de curvas compuestas, tratando de reemplazarlas por una sola curva. Esta limitación será especialmente observada en el caso de carreteras de Tercera Clase.

Ilustración 3: Configuraciones recomendables



Fuente: Manual de Carreteras – Diseño Geométrico

2.2.12.5 Transición de Peralte

Siendo el peralte la inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo, la transición de peralte viene a ser la traza del borde de la calzada, en la que se desarrolla el cambio gradual de la pendiente de dicho borde, entre la que corresponde a la zona en tangente, y la que corresponde a la zona peraltada de la curva.

Tabla 11: Valor de Peralte

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

Fuente: Manual de Carreteras – Diseño Geométrico

Tabla 12: Longitud de transición del peralte según velocidad y posición del eje del peralte

Peraltes Final Inicial	-2%	-3%	-4%	-5%	-6%	-7%	-8%	-9%	-10%	-11%	-12%
2%	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56
3%	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60
4%	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64
5%	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68
6%	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72
7%	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76
8%	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80
9%	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84
10%	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88
11%	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92
12%	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96

Fuente: Manual de Carreteras – Diseño Geométrico

Tabla 13: Longitud de transición del peralte según velocidad y posición del eje del peralte

Peraltes Inicia I	Final										
	-2%	-3%	-4%	-5%	-6%	-7%	-8%	-9%	-10%	-11%	-12%
2%	23	29	35	41	47	53	58	64	70	76	82
3%	29	35	41	47	53	58	64	70	76	82	88
4%	35	41	47	53	58	64	70	76	82	88	93
5%	41	47	53	58	64	70	76	82	88	93	99
6%	47	53	58	64	70	76	82	88	93	99	105
7%	53	58	64	70	76	82	88	93	99	105	111
8%	58	64	70	76	82	88	93	99	105	111	117
9%	64	70	76	82	88	93	99	105	111	117	123
10%	70	76	82	88	93	99	105	111	117	123	128
11%	76	82	88	93	99	105	111	117	123	128	134
12%	82	88	93	99	105	111	117	123	128	134	140

Fuente: Manual de Carreteras – Diseño Geométrico

2.2.12.6 Sobreanchos

Es el ancho adicional de la superficie de rodadura de la vía, en los tramos en curva para compensar el mayor espacio requerido por los vehículos.

La necesidad de proporcionar sobreancho en una calzada se debe a la extensión de la trayectoria de los vehículos y a la mayor dificultad en mantener el vehículo dentro del carril en tramos curvos.

En curvas de radio pequeño y mediano, según sea el tipo de vehículos que circulan habitualmente por la carretera, ésta debe tener un sobreancho con el objeto de asegurar espacios libres adecuados (holguras), entre vehículos que se cruzan en calzadas bidireccionales o que se adelantan en calzadas unidireccionales, y entre los vehículos y los bordes de las calzadas. El sobreancho requerido equivale al aumento del espacio ocupado transversalmente por los vehículos al describir las curvas más las holguras teóricas adoptadas (valores medios). El sobreancho no podrá darse a costa de una disminución del ancho de la berma.

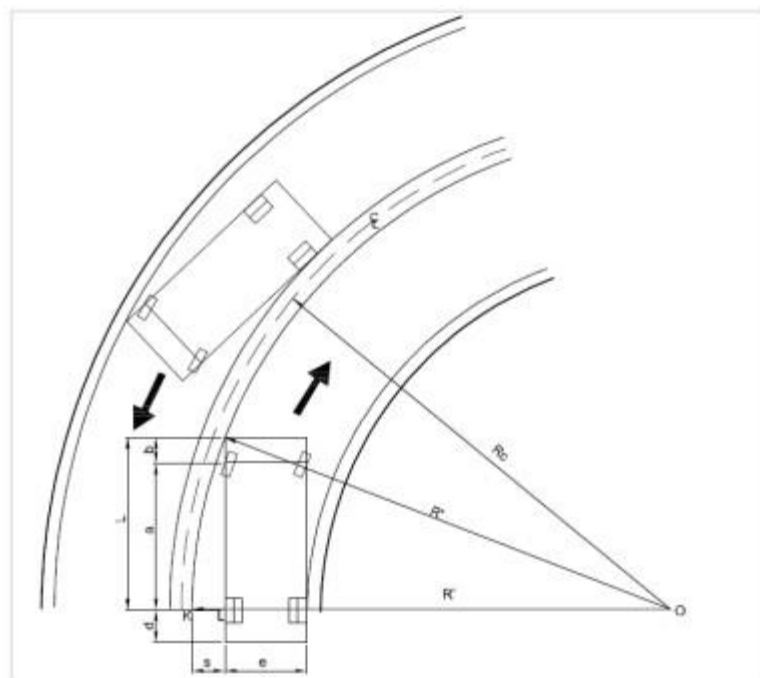
Tabla 14: Holguras teóricas para vehículos comerciales de 2.60 m de ancho

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

Fuente: Manual de Carreteras – Diseño Geométrico

Normalmente la longitud para desarrollar el sobreancho será de 40 m. Si la curva de transición es mayor o igual a 40 m, el inicio de la transición se ubicará 40 m, antes del principio de la curva circular. Si la curva de transición es menor de 40 m, el desarrollo del sobreancho se ejecutará en la longitud de la curva de transición disponible.

Ilustración 4: Sobreancho en las curvas



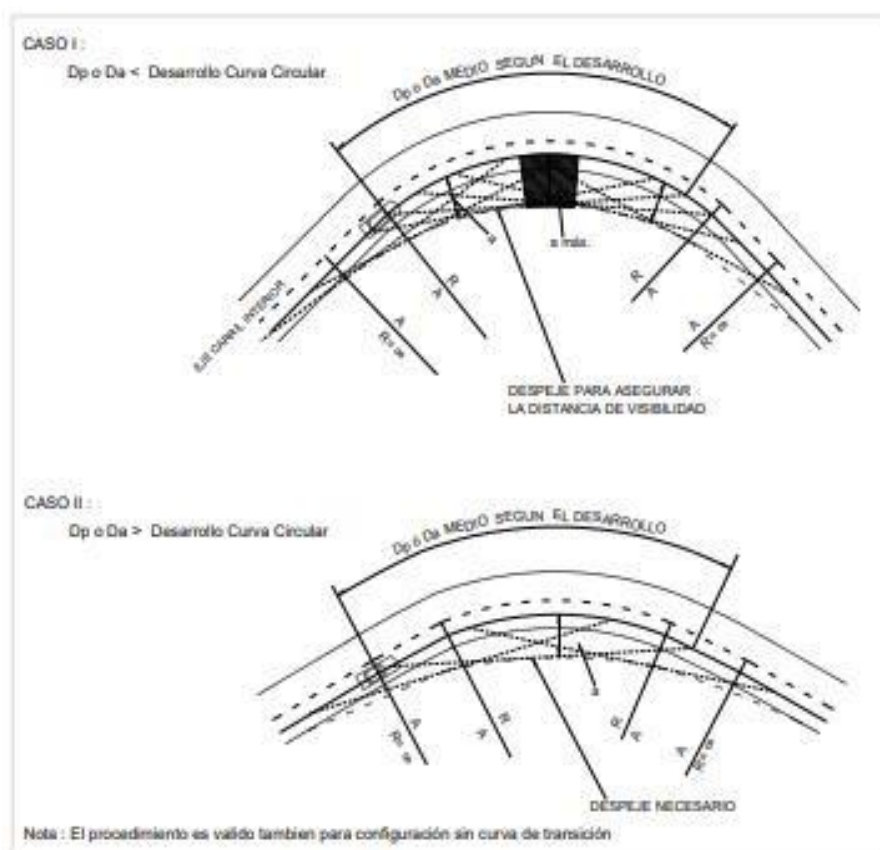
Fuente: Manual de Carreteras – Diseño Geométrico

Tabla 15: Factores de reducción del sobreancho para anchos de calzada en tangente de 7.20m

Radio (R) (m)	Factor de reducción	Radio (R) (m)	Factor de reducción
25	0.86	90	0.60
28	0.84	100	0.59
30	0.83	120	0.54
35	0.81	130	0.52
37	0.8	150	0.47
40	0.79	200	0.38
45	0.77	250	0.27
50	0.75	300	0.18
55	0.72	350	0.12
60	0.70	400	0.07
70	0.69	450	0.08
80	0.63	500	0.05

Fuente: Manual de Carreteras – Diseño Geométrico

Ilustración 5: Determinación gráfica de distancias de visibilidad en curvas en planta



Fuente: Manual de Carreteras – Diseño Geométrico

2.2.13 DISEÑO GEOMÉTRICO EN PERFIL

El diseño geométrico en perfil o alineamiento vertical está constituido por una serie de rectas enlazadas por curvas verticales parabólicas, a las cuales dichas rectas son tangentes; en cuyo desarrollo, el sentido de las pendientes se define según el avance del kilometraje, en positivas, aquellas que implican un aumento de cotas y negativas las que producen una disminución de cotas.

El alineamiento vertical deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad de diseño en la mayor longitud de carretera que sea posible.

En general, el relieve del terreno es el elemento de control del radio de las curvas verticales que pueden ser cóncavas o convexas, y el de la velocidad de diseño y a su vez, controla la distancia de visibilidad.

Las curvas verticales entre dos pendientes sucesivas permiten lograr una transición paulatina entre pendientes de distinta magnitud y/o sentido, eliminando el quiebre de la rasante. El adecuado diseño de ellas asegura las distancias de visibilidad requeridas por el proyecto.

2.2.13.1 Pendiente Mínima

Es conveniente proveer una pendiente mínima del orden de 0.5%, a fin de asegurar en todo punto de la calzada un drenaje de las aguas superficiales. Se pueden presentar los siguientes casos particulares:

- Si la calzada posee un bombeo de 2% y no existen bermas y/o cunetas, se podrá adoptar excepcionalmente sectores con pendientes de hasta 0.2%.
- Si el bombeo es de 2.5% excepcionalmente podrá adoptarse pendientes iguales a cero.
- Si existen bermas, la pendiente mínima deseable será de 0.5% y la mínima excepcional de 0.35%.

- En zonas de transición de peralte, en que la pendiente transversal se anula, la pendiente mínima deberá ser de 0.5%

2.2.13.2 Pendiente Máxima

Tabla 16: Pendientes máximas

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

Fuente: Manual de Carreteras – Diseño Geométrico

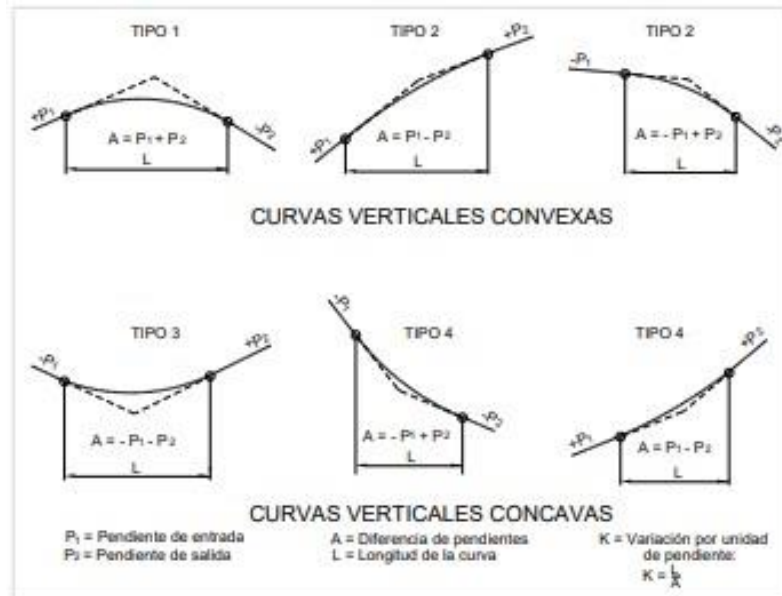
2.2.13.3 Pendientes máximas excepcionales

Excepcionalmente, el valor de la pendiente máxima podrá incrementarse hasta en 1%, para todos los casos. Deberá justificarse técnica y económicamente la necesidad de dicho incremento.

2.2.14 CURVAS VERTICALES

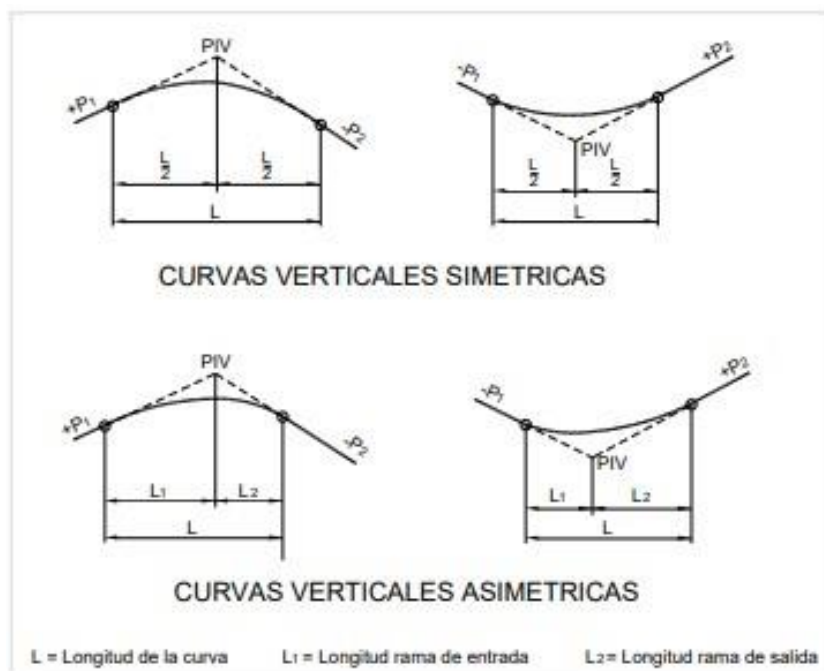
Los tramos consecutivos de rasante serán enlazados con curvas verticales parabólicas, cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea mayor del 1%, para carreteras pavimentadas y del 2% para las demás.

Ilustración 6: Tipos de curvas verticales convexas y cóncavas



Fuente: Manual de Carreteras – Diseño Geométrico

Ilustración 7: Tipos de curvas verticales simétricas y asimétricas



Fuente: Manual de Carreteras – Diseño Geométrico

La CURVA VERTICAL SIMÉTRICA está conformada por dos parábolas de igual longitud, que se unen en la proyección vertical del PIV. La curva vertical recomendada es la parábola cuadrática.

2.2.15 DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

El diseño geométrico de la sección transversal consiste en la descripción de los elementos de la carretera en un plano de corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual permite definir la disposición y dimensiones de dichos elementos, en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

La sección transversal varía de un punto a otro de la vía, ya que resulta de la combinación de los distintos elementos que la constituyen, cuyos tamaños, formas e interrelaciones dependen de las funciones que cumplan y de las características del trazado y del terreno.

El elemento más importante de la sección transversal es la zona destinada a la superficie de rodadura o calzada, cuyas dimensiones deben permitir el nivel de servicio previsto en el proyecto, sin perjuicio de la importancia de los otros elementos de la sección transversal, tales como bermas, aceras, cunetas, taludes y elementos complementarios.

Ilustración 8: Sección transversal tipo a media ladera rural en tangente

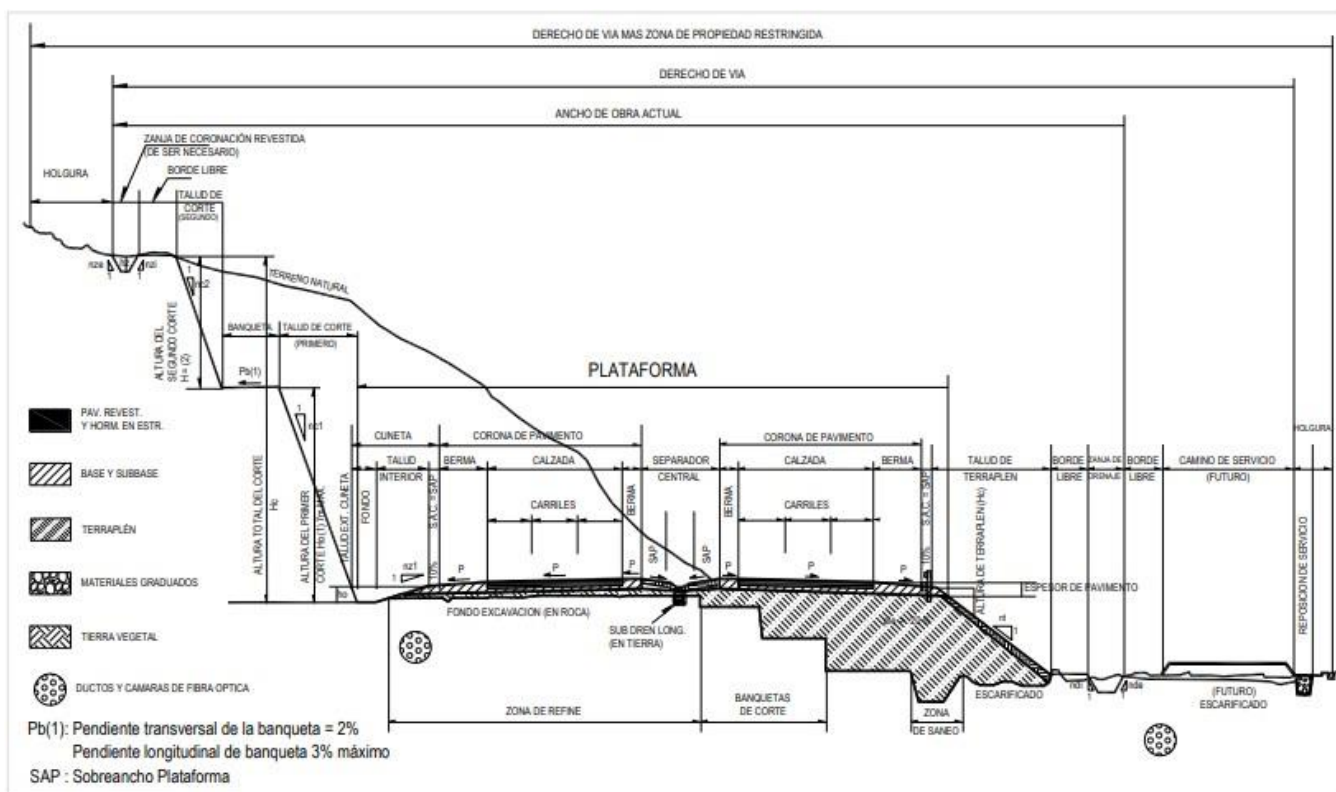
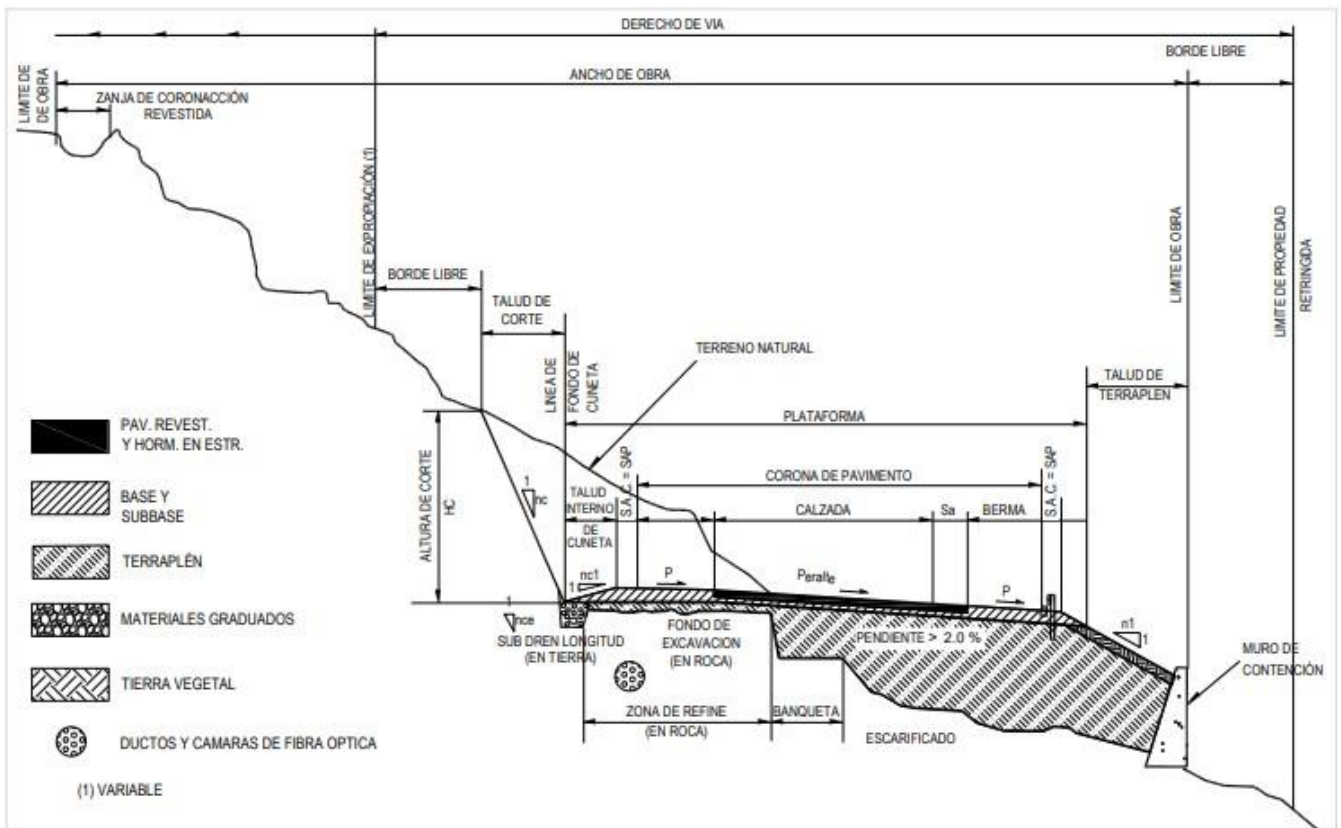


Ilustración 9: Sección transversal típica a media ladera vía de dos carriles en curva



Fuente: Manual de Carreteras – Diseño Geométrico

2.2.16 Calzada o superficie de rodadura

Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos compuesta por uno o más carriles, no incluye la berma. La calzada se divide en carriles, los que están destinados a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito.

El número de carriles de cada calzada se fijará de acuerdo con las previsiones y composición del tráfico, acorde al IMDA de diseño, así como del nivel de servicio deseado. Los carriles de adelantamiento no serán computables para el número de carriles. Los anchos de carril que se usen serán de 3,00 m, 3,30 m y 3,60 m.

2.2.17 Ancho de la calzada en tangente

El ancho de la calzada en tangente se determinará tomando como base el nivel de servicio deseado al finalizar el período de diseño. En consecuencia, el ancho y número de carriles se determinarán mediante un análisis de capacidad y niveles de servicio.

Tabla 17: Anchos mínimos de calzada en tangente

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera			
Tráfico vehículos/día	> 6,000				6,000 – 4,001				4,000-2.001				2,000-400				< 400			
Tipo	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase			
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30km/h																			5.00	6.00
40 km/h																6.60	6.60	6.60	5.00	
50 km/h											7.20	7.20			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	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																			

Fuente: Manual de Carreteras – Diseño Geométrico

2.2.18 Anchos de Bermas

Se establece el ancho de bermas en función a la clasificación de la vía, velocidad de diseño y orografía.

Tabla 18: Ancho de bermas

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

Fuente: Manual de Carreteras – Diseño Geométrico

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- ❖ **Bombeo:** Pendiente transversal de la plataforma en tramos en tangente.
- ❖ **Berma:** son franjas longitudinales, paralelas y adyacentes a la calzada o superficie de rodadura de la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utilizan como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencias.
- ❖ **Calzada:** Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos. Se compone de un cierto número de carriles.
- ❖ **Camino vecinal:** Aquel camino costado, construido y conservado por el municipio, que suele ser más estrecho que las carreteras. En general permite enlazar pequeñas poblaciones entre sí, con la ciudad principal o entre puntos importantes.
- ❖ **Carril:** Franja longitudinal en que está dividida la calzada, delimitada o no por marcas viales longitudinales y con ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos.
- ❖ **Corona:** Superficie de la carretera terminada comprendida entre los bordes exteriores de las bermas.

- ❖ **Curva de transición:** Curva en planta que facilita el tránsito gradual desde una trayectoria rectilínea a una curva circular o entre dos circulares de radio diferente.
- ❖ **Curva vertical:** Curva en elevación que enlaza dos rasantes con diferente pendiente.
- ❖ **Datum geodésico:** Cantidad numérica o geométrica o serie de cantidades que sirven como referencia o base para otras cantidades.
- ❖ **Derecho de vía:** Faja de ancho variable dentro de la cual se encuentra comprendida la carretera y todas sus obras accesorias.
- ❖ **Distancia de adelantamiento:** Distancia necesaria para que, en condiciones de seguridad, un vehículo pueda adelantar a otro que circula a menor velocidad, en presencia de un tercero que circula en sentido opuesto.
- ❖ **Distancia de parada:** Distancia total recorrida por un vehículo obligado a detenerse tan rápidamente como le sea posible, medida desde su situación en el momento de aparecer el objeto u obstáculo que motiva la detención.
- ❖ **Eje:** Línea que define el trazado en planta o perfil de una carretera, y que se refiere a un punto determinado de su sección transversal.
- ❖ **Carretera Afirmada:** Carretera cuya superficie de rodadura está constituida por una o más capas de AFIRMADO.
- ❖ **Carretera no afirmada:** Carretera a nivel de subrasante ó aquella donde la superficie de rodadura ha perdido el AFIRMADO.
- ❖ **Rasante:** Nivel del terreno de una carretera terminada.
- ❖ **Sección Transversal:** Corte ideal de la carretera por un plano vertical y normal a la proyección horizontal del eje, en un punto cualquiera del mismo.

- ❖ **Sub Rasante:** Superficie del terreno sobre la que se construirá la estructura del pavimento.
- ❖ **Pendiente:** Inclinação de una rasante en el sentido de avance.
- ❖ **Peralte:** - Inclinação transversal de la plataforma en los tramos en curva.
- ❖ **Velocidad de Parada:** Distancia a lo largo de un carril que existe entre un obstáculo situado sobre la calzada y la posición de un vehículo que circula hacia dicho obstáculo, en ausencia de vehículos intermedios, en el momento en que pueda divisarlo sin que luego desaparezca de su vista hasta llegar al mismo.
- ❖ **Visibilidad de Cruce:** Distancia que precisa un vehículo para poder cruzar otra vía que intercepta su trayectoria. Está determinada por la condición de que el conductor del vehículo que espera para cruzar pueda ver si se acerca otro vehículo y, en este caso, juzgar si éste se halla a distancia suficiente para poder finalizar la maniobra de cruce antes de que llegue a su posición el segundo vehículo.
- ❖ **Índice medio diario anual (IMDA):** El volumen de tránsito promedio ocurrido en un período de 24 horas promedio del año.
- ❖ **MDCNPBVT (2008):** Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.

CAPÍTULO III: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Las carreteras constituyen una red importante para el desarrollo de las naciones, ya que impulsan las inversiones productivas, generalmente las carreteras vecinales son las que se diseñan con los parámetros mínimos que nos fija la norma, ya que no podemos cumplir con todos los parámetros debido a la limitación del IMDA, lo cual engloba un tipo de nivel de vía, así como el monto de la inversión.

En nuestro país, necesitamos mejorar los diseños geométricos de las vías sobre todo de las vecinales, muchas de ellas han sido construidas de manera empírica, con un tractor y sin dirección técnica, las cuales perduran hasta hoy y por cuestiones económicas no se mejoran las pendientes, las curvas, etc., estas características tienen que ver directamente con la seguridad de estas.

En la zona de la investigación, la carretera Tres Unidos – Paltaico, existen tramos de pendientes que exceden las máximas recomendadas por el Manual de Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, además existiendo radios por debajo de los mínimos que serían importante mejorarlos con un recálculo de estos, pero la otra problemática es que para realizar estas mejoras se necesitará más recursos ya que estas actividades tendrán que ver directamente con el movimiento de tierras del proyecto y como sabemos esas son las partidas más costosas.

3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

3.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cómo se evaluará las características geométricas de la carretera de la carretera Tres Unidos – Paltaico, provincia de Picota, departamento de San Martín?

3.2.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS

- ¿Cuáles serán los puntos topográficos para levantar, de la carretera Tres Unidos – Paltaico, provincia de Picota, departamento de San Martín?
- ¿Qué características geométricas se evaluará, de la Carretera Tres Unidos – Paltaico, provincia de Picota, departamento de San Martín?
- ¿Qué tipo de planos de señalizaciones se planteará, en el que indique la velocidad máxima para transitar con seguridad?

3.3 OBJETIVOS

3.3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar las características geométricas de la carretera de la Carretera Tres Unidos – Paltaico, provincia de Picota, departamento de San Martín.

3.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar el levantamiento topográfico de los puntos en estudio de la carretera Tres Unidos – Paltaico, provincia de Picota, departamento de San Martín.
- Determinar las características geométricas de la Carretera Tres Unidos – Paltaico, provincia de Picota, departamento de San Martín.
- Plantear un plano de señalizaciones el cual indique la velocidad máxima para transitar con seguridad.

3.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación se justifica porque va a permitir analizar los puntos críticos de la carretera Tres Unidos – Paltaico, referidos al incumplimiento de los parámetros de diseño geométrico, y en función a ello se podrá plantear las modificaciones respectivas a fin de tener una vía acorde con la seguridad y confort respectivo.

3.5 HIPÓTESIS

Hipótesis General

El análisis de las características geométricas tendrá una influencia directa en la mejora del diseño geométrico de la carretera Tres Unidos – Paltaico, provincia de Picota, departamento de San Martín.

3.6 VARIABLES

Identificación de Variables

Variable Independiente:

Características geométricas.

Variable dependiente:

Mejora del diseño geométrico.

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA

4.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

4.1.1 Tipo de Investigación

La investigación pertenece a un Tipo de Investigación Descriptiva.

4.1.2 Diseño de Investigación

El Diseño de investigación es Descriptiva, en función al análisis de los puntos críticos de la carretera Tres Unidos – Paltaico, provincia de Picota y departamento de San Martín.

4.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

4.2.1 Población

Carreteras vecinales de la provincia de Picota.

4.2.2 Muestra

Carretera Tres Unidos - Paltaico

4.3 TÉCNICAS, INSTRUMENTO Y PROCESAMIENTO DE RECOLECCIÓN

DE DATOS

4.3.1 Técnicas

Se recogerá información de campo mediante levantamiento topográfico.

4.3.2 Instrumentos

Se empleará una estación total y un GPS navegador.

4.3.3 Procedimientos

Los procedimientos que se seguirán en la recolección de datos son:

- Se hará los levantamientos topográficos

- Se analizará la información de acuerdo con el Manual de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.
- Procesamiento de Datos obtenidos en Gabinete.
- Organización de los datos en cuadros.
- Representación de los datos mediante planos.
- Análisis e interpretación de los datos.
- Elaboración de los informes respectivos en el Proyecto de Tesis

4.3.4 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

La información será procesada en forma computarizada a través de los Programas de Ingeniería Civil y en Gabinete con cálculos respectivos. De tal manera el procesamiento de la información nos permitirá elaborar la matriz de datos con la que se dibujará los planos con las mejoras.

CAPÍTULO V: MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo corresponde al método de investigación descriptivo, por ello se puede prescindir de hipótesis, sin embargo, de acuerdo al protocolo de investigación las variables en estudio inicialmente fueron: Variables Independientes: parámetros de diseño para vehículos de carga pesada, topografía del lugar en estudio, estudios geotécnicos entre otros, y la Variable Dependiente: diseño geométrico planimétrico y altimétrico para caminos de carga pesada.

El trabajo se realizó en dos fases, una de comprobación de campo con observación directa y recopilación de información para: La propuesta de diseño geométrico, y análisis de los eventos de variabilidad, y otra de gabinete dedicada a la tabulación, procesamiento de información de campo, diseño geométrico de carretera y propuesta de valor.

5.1 INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Consiste en llegar a conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas. Su meta no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables.

La investigación que se desarrolla es de nivel descriptiva porque trabaja sobre realidades de hechos, y su característica fundamental es la de presentar una interpretación correcta. Para la investigación descriptiva, su preocupación primordial radica en descubrir algunas características fundamentales de conjuntos homogéneos de fenómenos, utilizando criterios sistemáticos que permitan poner de manifiesto su estructura o comportamiento. De esta forma se pueden obtener las notas que caracterizan a la realidad estudiada.

Por ende, está presente investigación se adapta a dicha descripción puesto que busca una recolección de datos para poder procesar de manera clara y especifica los resultados para poder conocer cada factor influyente.

Etapas

- ❖ Examinar las características del problema escogido.
- ❖ Definir y formular sus hipótesis.
- ❖ Enunciar los supuestos en que se basan las hipótesis y los procesos adoptados.
- ❖ Elegir los temas y las fuentes apropiados.
- ❖ Seleccionar o elaborar técnicas para la recolección de datos.
- ❖ Establecer, a fin de clasificar los datos, categorías precisas, que se adecuen al propósito del estudio y permitan poner de manifiesto las semejanzas, diferencias y relaciones significativas.
- ❖ Verificar la validez de las técnicas empleadas para la recolección de datos.
- ❖ Realizar observaciones objetivas y exactas.
- ❖ Describir, analizar e interpretar los datos obtenidos, en términos claros y precisos.

5.2 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DISEÑO

Se procederá a determinar el desarrollo de la carretera, por lo cual se iniciará mediante los estudios geotécnicos del suelo, con el objetivo de determinar las propiedades del terreno, evaluar las condiciones de vía, definir y diseñar el tipo de pavimento para la vía proyectada. La metodología empleada para llegar al diseño es mediante el uso de programas como el AutoCAD Civil 3D para el diseño geométrico de vías urbanas, según el reglamento ya establecido (Manual de Diseño Geométrico de Carreteras).

5.3 PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS

- ❖ Identificar los lugares que servirán de estaciones dentro de la intersección.
- ❖ Realizar reconocimiento visual de los parámetros que serán necesarios para ser tomados como datos de entrada.
- ❖ Obtener los equipos y materiales para realizar la toma de data.
- ❖ Tomar la data en campo.
- ❖ Identificar la problemática hallada en la intersección.
- ❖ Analizar qué propuesta de mejora es conveniente a desarrollar en esta intersección.
- ❖ Recomendar y explicar el porqué de la propuesta descrita.

5.4 MATERIALES E INSTRUMENTOS

A continuación, se describe los materiales e instrumentos que se utilizaron en la etapa de campo de la presente tesis fueron una estación total, GPS, eclímetro y una wincha topográfica

CAPÍTULO VI: RESULTADOS

6.1 RESULTADOS

Para elaborar el diseño se utilizó el programa AutoCAD Civil 3D Versión 2018. Este programa permite la creación de un perfil topográfico en el cual se pueda dibujar el eje de la carretera, Además contiene dentro de su programación los criterios del Green Book el cual nos permite verificar los radios mínimos, las longitudes máximas y mínimas, distancia de visibilidad, etc.

El programa también muestra el perfil longitudinal de vía, dando la oportunidad de realizar el diseño de las curvas verticales. Y cuenta con una herramienta para el cálculo del diagrama de masas de todo el tramo diseñado. Debido a que no todos los criterios del programa concuerdan con los del manual de diseño geométrico peruano, se corroboraran manualmente algunos parámetros.

6.1.1 ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE DISEÑO OBTENIDOS

En base a las condicionantes se ha determinado los parámetros y elementos geométricos de diseño, considerados como referenciales, en todo caso se rigen los de mayor exigencia que se establezcan de la aplicación de los manuales de diseño indicados.

La velocidad de diseño estará determinada por el tipo de equipo de transporte, sus características particulares que determinan la velocidad máxima posible en cada instancia, bajando cargado, viajando cargado en plano o subiendo una rampa. Dicha velocidad, además del equipo está determinada también por la geometría y las consideraciones propias de seguridad asociadas a la vía.

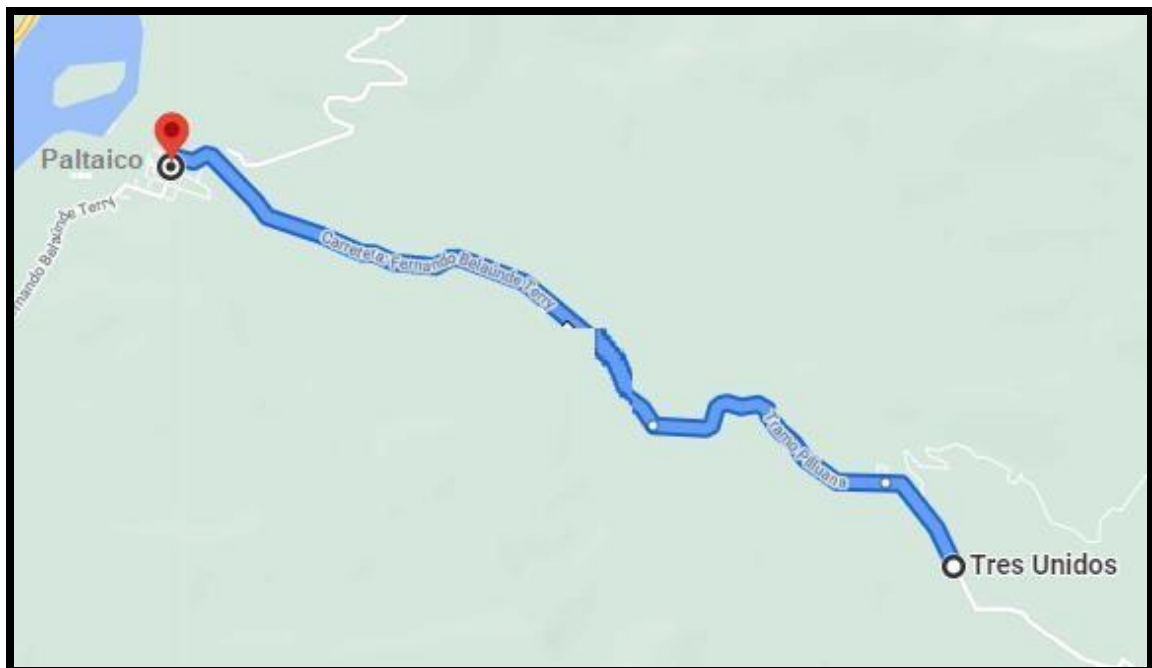
6.1.2 ESTIMACIÓN DEL IMDA ACTUAL

Los procedimientos de campo estuvieron a cargo de encuestadores, coordinados por los especialistas de tráfico que verificaron las encuestas,

anotando cualquier dato excepcional. Se realizó una estricta supervisión con el objetivo de verificar que la información alzada se registrase según los métodos y procedimientos establecidos y para solucionar posibles problemas durante la operación de campo.

El Conteo y Clasificación Vehicular de tráfico se realizó en 1 estación durante las 24 horas diarias por una semana.

Figura 1: Ubicación del tramo de estudio



Los primeros 4 km se desarrollan predominantemente en terreno con topografía plana a ondulada y a partir del km 1, sobre topografía predominante de tipo accidentada.

Para realizar los trabajos de conteo para los datos del diseño de tráfico, se contrató los servicios de un técnico para dichos trabajos los días del 01 al 08 de octubre del 2021 y se tomaron en cuenta los siguientes tipos de vehículos:

- Automóviles
- Camionetas
- Camión de 02 ejes

- Camión de 03 ejes

Tabla 19: Resumen de conteo en la estación Tres Unidos

IMDS ESTACIÓN TRES UNIDOS	
TIPO DE VEHÍCULO	CANTIDAD
AUTOMOVILES	165
CAMIONETAS	90
CAMION DE 02 EJES	15
CAMION DE 03 EJES	6

Para realizar la proyección del IMDA se debe multiplicar el IMDS por un factor de corrección estacional (FC), proveniente del tramo de estudio Lago Paltaico.

Tabla 20: Valores del Factor de Corrección

ESTIMACIÓN DE FACTOR DE CORRECCIÓN											
ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1.178276	1.138916	1.11324	1.051469	1.033499	0.926456	0.937374	0.94295	0.968301	0.971935	0.928181	0.938618
1.100681	0.996518	1.015998	1.076312	1.055468	0.988711	0.990681	0.96417	0.961954	0.980645	0.944552	0.987785

De acuerdo a lo anterior, el valor de FC a utilizar es 0.971935 para vehículos ligeros y 0.980645 para vehículos pesados. Cabe resaltar que los valores presentados en la Tabla 20 son vigentes a la fecha, sin embargo, no se espera que esto afecte significativamente a la corrección.

$$\text{IMDA} = \text{IMDS} \times \text{FC}$$

$$234 = 246 \times 0.950$$

Luego de realizar la corrección se obtuvo un IMDA igual a 234 vehículos/día. Con este valor de IMDA se puede realizar la proyección para iniciar con el diseño.

6.1.3 PROYECCIÓN PARA IMDA DE DISEÑO

Para la estimación de la tasa de crecimiento, se tomó en cuenta los criterios del parámetro de diseño.

Tabla 21: IMDA Resumen del Tramo

CODIGO	INICIO	FIN	IMDA
E1	TRES UNIDOS	PALTAICO	234

Fuente: Elaboración Propia

La Tabla siguiente, contienen el resumen del volumen clasificado diario de la estación de control vehicular.

Tabla 22: IMDA Tres Unidos - Paltaico

GRUPO DE VEHICULOS	TIPO DE VEHICULOS	TRES UNIDOS	PALTAICO	AMBOS	% DEL IMDA
LIGEROS	AUTOMOVIL	75	65	140	59.83%
	CAMIONETA	45	28	73	31.20%
CAMIONES	C2E	8	7	15	6.41%
	C3E	4	2	6	2.56%
	C4E	0	0	0	0.00%
ARTICULADOS	2S1	0	0	0	0.00%
	2S2	0	0	0	0.00%
	2S3	0	0	0	0.00%
	3S1/3S2	0	0	0	0.00%
	3S3	0	0	0	0.00%
	2T2	0	0	0	0.00%
	2T3	0	0	0	0.00%
	3T2	0	0	0	0.00%
	3T3	0	0	0	0.00%
TOTALES		132	102	234	100.00%

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a los valores de Diseño Geométrico: DG-2018, al tener un IMDA menor a 400 vehículos/día esta vía está clasificada como de tercera clase.

6.1.4 TRAMOS CRÍTICOS

a) Sectores con Radios Menores a las establecidas por la norma:

El tramo en estudio, para la velocidad considerada presenta problemas desde el punto de vista Geométrico, por lo cual se recomienda mejorar las siguientes curvas horizontales para mejorar el tránsito de vehículos mayores:

Tabla 23: Cuadro de radios menores de los establecidos por la norma

N° PI	R	PC	Peralte %	Sobreancho	Condición
14	20	1+496.61	4	0	No cumple
16	12	1+559.13	4	0	No cumple
18	16	1+652.96	4	0	No cumple
22	12	1+916.77	4	0	No cumple
23	12	1+933.59	4	0	No cumple
29	14	2+506.81	4	0	No cumple
30	18	2+538.47	4	0	No cumple
103	20	9+404.07	4	0	No cumple
106	12	9+441.02	4	0	No cumple
114	10	9+756.24	4	0	No cumple

Fuente: Elaboración Propia

Geometría existente

A lo largo de la carretera, el ancho de la calzada es de 5.00 m y bermas de 0.25, en las curvas no cuenta con sobreancho teniendo como máximo peralte de 4% y un bombeo de 2.5%.

Tabla 24: Cuadro de deficiencias de diseño geométrico

C N°	Long. min (m)	Radio (m)	PC	PI	PT	
0				0+000		
1	2.13	100	0+002.13	0+002.13	0+020.80	No cumple
2	9.00	130	0+029.80	0+044.07	0+058.22	No cumple
3	48.87	75	0+107.09	0+119.52	0+131.72	Si cumple
4	63.98	30	0+195.70	0+206.83	0+217.01	Si cumple
5	82.26	160	0+299.27	0+346.56	0+391.24	Si cumple
6	64.60	200	0+455.84	0+477.14	0+498.27	Si cumple
7	104.52	200	0+602.79	0+626.89	0+650.75	Si cumple
8	44.43	1000	0+695.18	0+722.09	0+748.98	Si cumple
9	41.54	400	0+790.52	0+811.15	0+831.75	No cumple
10	41.82	600	0+873.57	0+885.90	0+898.24	No cumple
11	72.74	400	0+970.98	1+008.26	1+045.42	Si cumple
12	105.76	35	1+151.18	1+176.60	1+195.15	Si cumple
13	226.030	40	1+421.18	1+436.29	1+450.08	Si cumple
14	44.00	20	1+480.61	1+496.61	1+507.60	No cumple
15	19.14	200	1+526.74	1+534.76	1+542.78	No cumple
16	16.35	12	1+559.13	1+581.24	1+584.89	No cumple
17	52.50	50	1+590.14	1+606.70	1+622.12	Si cumple
18	30.84	18	1+652.96	1+742.85	1+697.59	No cumple
19	46.80	55	1+702.27	1+722.36	1+740.38	Si cumple
20	32.46	300	1+772.84	1+785.72	1+798.58	No cumple
21	52.15	100	1+850.73	1+866.14	1+881.32	Si cumple
22	35.45	12	1+916.77	1+926.68	1+933.34	No cumple
23	0.25	12	1+933.59	1+948.08	1+954.69	No cumple
24	6.15	150	1+960.84	2+008.49	2+053.12	No cumple
25	53.63	60	2+106.75	2+119.58	2+132.03	Si cumple
26	20.03	260	2+152.06	2+223.07	2+290.70	No cumple
27	34.12	200	2+324.82	2+338.59	2+352.30	No cumple
28	27.29	600	2+380.29	2+405.52	2+430.73	No cumple
29	76.08	14	2+506.81	2+523.07	2+530.89	No cumple
30	7.58	18	2+538.47	2+545.02	2+551.04	No cumple
31	7.41	200	2+558.45	2+571.04	2+583.61	No cumple
32	175.24	350	2+758.85	2+847.70	2+932.88	Si cumple
33	34.94	70	2+967.82	2+997.51	3+023.98	No cumple
34	39.10	400	3+063.08	3+100.79	3+138.28	No cumple
35	27.03	150	3+165.31	3+183.66	3+201.84	No cumple
36	13.98	250	3+215.82	3+268.88	3+320.39	No cumple
37	33.32	200	3+353.71	3+390.49	3+426.46	No cumple
38	54.21	700	3+480.67	3+500.85	3+521.02	Si cumple
39	57.94	280	3+578.96	3+639.94	3+699.04	Si cumple
40	101.61	700	3+800.65	3+886.26	3+971.02	Si cumple

Fuente: Elaboración Propia

C N°	Long. min (m)	Radio (m)	PC	PI	PT.	
41	49.32	70	4+020.34	4+043.51	4+065.09	Si cumple
42	19.19	250	4+084.28	4+128.92	4+172.63	No cumple
43	49.68	500	4+222.31	4+237.27	4+252.21	Si cumple
44	31.85	300	4+284.06	4+312.15	4+340.06	No cumple
45	20.71	450	4+360.77	4+405.83	4+450.60	No cumple
46	211.59	500	4+662.19	4+677.47	4+692.74	Si cumple
47	35.84	270	4+728.58	4+778.46	4+827.22	No cumple
48	38.37	160	4+865.59	4+903.36	4+939.78	No cumple
49	5.22	300	4+960.15	4+991.31	5+022.26	No cumple
50	78.79	130	5+101.05	5+141.21	5+141.28	Si cumple
51	148.26			5+289.54		Si cumple
52	88.25	160	5+375.79	5+407.09	5+437.60	Si cumple
53	32.26	380	5+469.86	5+527.08	5+583.44	No cumple
54	14.45	400	5+597.89	5+636.24	5+674.36	No cumple
55	65.61	70	5+739.97	5+750.85	5+761.56	Si cumple
56	23.49	60	5+785.05	5+821.07	5+849.93	No cumple
57	39.47	49	5+889.40	5+930.33	5+957.60	No cumple
58	0.93	74	5+958.53	5+991.04	6+019.80	No cumple
59	8.96	300	6+028.76	6+042.71	6+056.44	No cumple
60	25.78	100	6+082.22	6+103.57	6+124.29	No cumple
61	42.61	800	6+166.90	6+221.04	6+275.02	Si cumple
62	74.38	250	6+349.40	6+360.39	6+371.36	Si cumple
63	8.55	250	6+379.91	6+399.45	6+418.91	No cumple
64	148.60	2000	6+567.51	6+614.14	6+660.75	Si cumple
65	0.83	70	6+661.58	6+670.61	6+679.54	No cumple
66	35.19	150	6+714.73	6+771.45	6+796.90	No cumple
67	61.79	58	6+741.33	6+771.45	6+796.90	Si cumple
68	35.60	75	6+832.50	6+885.94	6+925.37	No cumple
69	51.65	600	6+977.02	6+998.45	7+019.87	Si cumple
70	11.71	450	7+031.58	7+069.16	7+106.57	No cumple
71	32.38	250	7+138.95	7+152.96	7+166.93	No cumple
72	18.64	200	7+185.57	7+200.31	7+215.00	No cumple
73	19.47	300	7+234.47	7+246.17	7+257.86	No cumple
74	36.59	25	7+294.45	7+309.16	7+321.04	No cumple
75	20.30	400	7+341.34	7+351.63	7+361.93	No cumple
76	14.98	1000	7+376.91	7+389.46	7+402.01	No cumple
77	55.08	65	7+457.09	7+519.30	7+556.34	No cumple
78	22.35	80	7+578.69	7+600.23	7+620.77	No cumple
79	28.31	58	7+649.08	7+692.60	7+723.76	No cumple
80	10.14	300	7+733.90	7+748.68	7+763.44	Si cumple

C N°	Long. min (m)	Radio (m)	PC	PI	PT.	
81	33.23	100	7+796.67	7+809.22	7+821.64	No cumple
82	23.86	100	7+845.50	7+863.80	7+881.71	No cumple
83	7.79	70	7+889.50	7+920.39	7+947.68	No cumple
84	92.46	300	8+040.14	8+071.95	8+103.52	Si cumple
85	42.00	200	8+145.52	8+155.27	8+165.01	Si cumple
86	13.79	200	8+178.80	8+188.30	8+197.78	No cumple
87	60.03	140	8+257.81	8+292.51	8+325.84	Si cumple
88	24.63	250	8+350.47	8+361.59	8+372.70	No cumple
89	40.42	120	8+413.12	8+433.01	8+452.54	No cumple
90	33.43	300	8+485.97	8+503.21	8+520.42	Si cumple
91	21.21	70	8+541.63	8+562.47	8+582.15	Si cumple
92	32.46	150	8+614.61	8+641.93	8+668.65	Si cumple
93	11.26	44	8+679.91	8+715.44	8+739.70	No cumple
94	14.03	90	8+753.73	8+778.25	8+801.61	No cumple
95	7.95	120	8+809.56	8+829.27	8+848.63	No cumple
96	52.11	58	8+900.74	8+946.05	8+977.67	Si cumple
97	23.93	200	9+001.60	9+013.17	9+024.73	No cumple
98	19.29	35	9+044.02	9+063.49	9+079.56	No cumple
99	39.37	100	9+118.93	9+127.72	9+136.46	No cumple
100	9.58	130	9+146.04	9+170.16	9+193.72	No cumple
101	18.14	300	9+211.86	9+222.48	9+233.08	No cumple
102	44.97	110	9+278.05	9+324.18	9+365.41	Si cumple
103	38.66	20	9+404.07	9+417.17	9+427.26	No cumple
104				9+427.26		Si cumple
105				9+441.02		No cumple
106		12	9+441.02	9+449.53	9+455.83	No cumple
107	7.63	60	9+463.46	9+470.96	9+478.39	Si cumple
108	5.10	120	9+483.49	9+497.73	9+511.83	No cumple
109				9+511.83		Si cumple
110				9+511.81		No cumple
111		200	9+511.81	9+520.01	9+528.24	No cumple
112	13.76	35	9+542.00	9+559.72	9+574.81	No cumple
113	98.33	120	9+673.14	9+703.78	9+733.14	Si cumple
114	23.10	10	9+756.24	9+763.95	9+769.38	No cumple
				10+000		No cumple

Tabla 25: Diseño de Datos – Parámetros Mínimos

PI N°	Tramo	Parámetros de la clasificación DG 2018				Parámetros mínimos DG-2018					
		IMDa (Vh/Día)	Clasificación. DG2018	Tipo DG.2018	Orografía	N° carriles	Ancho de carril	Velocidad (km/h)	Radio mínimo	Bombeo (%)	Peralte Max (%)
0	1	366.00	carretera	Tercera clase	Área Urbana	2.00	3.00	30.00	35.00	2.50	4.00
1	1	366.00	carretera	Tercera clase	Área Urbana	2.00	3.00	30.00	35.00	2.50	4.00
2	1	366.00	carretera	Tercera clase	Área Urbana	2.00	3.00	30.00	35.00	2.50	4.00
3	1	366.00	carretera	Tercera clase	Área Urbana	2.00	3.00	30.00	35.00	2.50	4.00
4	1	366.00	carretera	Tercera clase	Área Urbana	2.00	3.00	30.00	35.00	2.50	4.00
5	1	366.00	carretera	Tercera clase	Área Urbana	2.00	3.00	30.00	35.00	2.50	4.00
6	1	366.00	carretera	Tercera clase	Área Urbana	2.00	3.00	30.00	35.00	2.50	4.00
7	1	366.00	carretera	Tercera clase	Área Urbana	2.00	3.00	30.00	35.00	2.50	4.00
8	1	366.00	carretera	Tercera clase	Área Urbana	2.00	3.00	30.00	35.00	2.50	4.00
9	1	366.00	carretera	Tercera clase	Área Urbana	2.00	3.00	30.00	35.00	2.50	4.00
10	1	366.00	carretera	Tercera clase	Área Urbana	2.00	3.00	30.00	35.00	2.50	4.00
11	2	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	30.00	25.00	2.50	12.00
12	2	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	30.00	25.00	2.50	12.00
13	2	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	30.00	25.00	2.50	12.00
14	2	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	30.00	25.00	2.50	12.00
15	2	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	30.00	25.00	2.50	12.00
16	2	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	30.00	25.00	2.50	12.00
17	2	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	30.00	25.00	2.50	12.00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 26: Diseño de Datos – Longitud Mínima

PI N°	Longitud de Tangente entre curvas (m)						Longitud mínima de curva horizontal 3°V -(m)		Longitud mínima de Curva dotada de Espiral (V/3.6) - (m)	
	Mínimo (S) - DG2018	Mínimo (O) - DG2018	Máximo - DG.2018	Calculado (S)	Calculado (O)	Máximo Calculado	mínimo - DG2018	Calculada	mínimo - DG2018	Calculada
0										
1		84							8.33	11.18
2									8.33	11.70
3									8.33	8.73
4									8.33	64.06
5									8.33	13.46
6									8.33	47.50
7									8.33	21.29
8	42			135.71			90.00	91.90	8.33	
9		84.00			84.13					14.11
10		84.00			192.86		90.00	92.82	8.33	
11	42			45.74						13.82
12									8.33	26.68
13					5.96				8.33	20.33
14	42			178.31					8.33	19.35
15		84.00			7.19				8.33	18.51
16	42			225.03					8.33	15.23
17									8.33	22.47

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 27: Diseño de Datos – Parámetros Mínimos

PI N°	Tramo	Parámetros de la clasificación DG 2018				Parámetros mínimos DG-2018					
		IMDa (Vh/Día)	Clasificación. DG2018	Tipo DG.2018	Orografía	N° carriles	Ancho de carril	Velocidad (km/h)	Radio mínimo	Bombeo (%)	Peralte Max (%)
18	2	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	30.00	50.00	2.50	12.00
19	3	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
20	3	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
21	3	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
22	3	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
23	3	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
24	3	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
25	3	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
26	3	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
27	3	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
28	3	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
29	3	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
30	3	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
31	3	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
32	3	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
33	3	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
34	3	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
35	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00

Fuente: Elaboración Propia

TESIS: ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y SU RELACIÓN CON LA MEJORA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA TRES UNIDOS – PALTAICO, PROVINCIA DE PICOTA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

Tabla 28: Datos de Diseño – Longitud Mínima

PI N°	Longitud de Tangente entre curvas (m)						Longitud mínima de curva horizontal 3°V -(m)		Longitud mínima de Curva dotada de Espiral (V/3.6) - (m)	
	Mínimo (S) - DG2018	Mínimo (O) - DG2018	Máximo - DG.2018	Calculado (S)	Calculado (O)	Máximo Calculado	mínimo - DG2018	Calculada	mínimo - DG2018	Calculada
18									8.33	18.08
19									11.11	13.16
20									11.11	19.25
21									11.11	13.48
22									11.11	13.55
23									11.11	14.66
24									11.11	12.93
25	56			178.73			120	127.25		
26	56			121.95			120	122.37		
27	56			61.27					11.11	12.76
28									11.11	14.46
29									11.11	14.25
30									11.11	12.98
31	56			312.21			120	62.70		
32	56			66.40					11.11	16.98
33									11.11	14.07
34	56			95.76			120	80.35		
35	56			193.08					11.11	14.94

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 29: Datos de Diseño – Longitud Mínima

TESIS: ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y SU RELACIÓN CON LA MEJORA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA TRES UNIDOS – TALTAICO, PROVINCIA DE PICOTA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

PI N°	Longitud de Tangente entre curvas (m)						Longitud mínima de curva horizontal 3°V -(m)		Longitud mínima de Curva dotada de Espiral (V/3.6) - (m)	
	Mínimo (S) - DG2018	Mínimo (O) - DG2018	Máximo - DG.2018	Calculado (S)	Calculado (O)	Máximo Calculado	mínimo - DG2018	Calculada	mínimo - DG2018	Calculada
36									11.11	24.52
37									11.11	22.60
38									11.11	67.29
39									11.11	53.32
40		111.00			4.30				11.11	43.50
41	56			61.37					11.11	14.72
42									11.11	19.40
43									11.11	90.50
44									11.11	16.62
45									11.11	16.97
46									11.11	49.68
47	56			100.47			120	121.82		
48		111.00			135.45				11.11	23.27
49									11.11	59.91
50									11.11	13.49
51									11.11	38.32
52									11.11	111.90
53									11.11	12.07

Fuente: Elaboración Propia

Tabla : -
30 Datos de Diseño Parámetros Mínimos

PI N°	Tramo	Parámetros de la clasificación DG 2018				Parámetros mínimos DG-2018					
		IMDa (Vh/Dia)	Clasificación. DG2018	Tipo DG.2018	Orografía	N° carriles	Ancho de carril	Velocidad (km/h)	Radio mínimo	Bombeo (%)	Peralte Max (%)
36	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	30.00	50.00	2.50	12.00
37	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
38	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
39	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
40	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
41	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
42	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
43	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
44	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
45	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
46	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
47	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
48	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
49	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
50	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
51	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
52	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
53	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla : -
31 Datos de Diseño Parámetros Mínimos

PI N°	Tramo	Parámetros de la clasificación DG 2018				Parámetros mínimos DG-2018					
		IMDa (Vh/Dia)	Clasificación. DG2018	Tipo DG.2018	Orografía	N° carriles	Ancho de carril	Velocidad (km/h)	Radio mínimo	Bombeo (%)	Peralte Max (%)
54	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	30.00	50.00	2.50	12.00
55	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
56	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
57	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
58	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
59	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
60	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
61	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
62	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
63	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
64	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
65	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
66	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
67	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
68	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
69	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
70	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00
71	4	366.00	carretera	Tercera clase	Área Rural (accidentada o Escarpada)	2.00	3.00	40.00	50.00	2.50	8.00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla : -
32 Datos de Diseño Longitudes Mínimas

PI N°	Longitud de Tangente entre curvas (m)						Longitud mínima de curva horizontal 3°V -(m)		Longitud mínima de Curva dotada de Espiral (V/3.6) - (m)	
	Mínimo (S) - DG2018	Mínimo (O) - DG2018	Máximo - DG.2018	Calculado (S)	Calculado (O)	Máximo Calculado	mínimo - DG2018	Calculada	mínimo - DG2018	Calculada
54									11.11	35.40
55									11.11	15.76
56									11.11	13.85
57									11.11	63.69
58									11.11	26.23
59				61.37					11.11	35.21
60									11.11	30.05
61									11.11	14.77
62									11.11	37.20
63									11.11	48.73
64									11.11	20.95
65	56			119.68			120.00	30.52		
66	56			22.75					11.11	16.35
67	56			61.57			120.00			
68	56			46.35			120.00			
69	56			45.72			120.00			
70	56			57.13			120.00			
71	56	111.00			78.29		120.00			

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO VII: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la investigación **“ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y SU RELACIÓN CON LA MEJORA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA TRES UNIDOS – PALTAICO, PROVINCIA DE PICOTA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN”**, de los 114 tramos en tangentes, 71 no cumplen y 43 si cumplen con el parámetro establecido en el manual de diseño geométrico de carreteras DG-2018 vigentes para diseño de carreteras esto demuestra que las longitudes en tangente son muy cortas, generando inseguridad para transitar en su velocidad de diseño.

Las implicancias de los resultados conllevan a una mejor gestión desde el expediente técnico hasta la ejecución verificando que los diseños cumplan con las normativas actuales, teniendo en cuenta el incremento vehicular en el tiempo de vida útil proyectado; así también planear el mejoramiento de tramos de carreteras existentes con alto índice de accidentes.

El Diseño Geométrico de la carretera Tres Unidos – Paltaico tramo: KM. 0+000 - KM. 10+000, no cumple con las características geométricas establecidas en el Manual de Carreteras DG-2018, por el desconocimiento de la Norma y diseñar con Normas desactualizadas.

CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

- ❖ El trabajo realizado, tuvo como objetivo principal realizar el análisis para mejora del diseño geométrico del tramo TRES UNIDOS - PALTAICO – PICOTA – SAN MARTÍN, como parte del trabajo se busca que el nivel de servicio del tramo sea adecuado para el usuario.
- ❖ Según el DG-2018, esta se clasificaría como Carretera de Tercera Clase, lo cual en el transcurso del trabajo simplifiqué cálculos y fórmulas para el diseño. Además, se encontró que el tipo de vehículo más común es el automóvil y el tipo más crítico es el camión de 2 ejes (con este vehículo se diseñó la vía). A pesar de la existencia de vehículos de carga de 2 ejes, sus dimensiones eran menores que la de los vehículos de 2 ejes.
- ❖ De acuerdo al manual DG-2018 se eligió una velocidad de diseño de 30 y 40 Km/h, este parámetro se definía según la topografía del terreno y el Índice Medio Diario Anual de la vía (carretera tercera clase). Además de la velocidad de diseño, con estos datos se halló la pendiente máxima de la vía, el máximo peralte en curvas, longitudes mínimas y máximas de las tangentes, el radio mínimo de curva y longitud mínima de curvas verticales convexas. Todos estos parámetros fueron tomados en cuenta al momento de realizar la fase del diseño geométrico de la carretera.
- ❖ Se realizó el estudio de tráfico para el cálculo del IMDA teniendo en cuenta el factor económico puesto que es una vía por la cual aún no transitan vehículos de alto tonelaje, el cual dio como resultado un IMDA para un periodo de diseño de 10 años de 15 veh/día.

- ❖ Se realizó un estudio topográfico el cual definió las características en cuanto a diseño geométrico de la carretera debiendo acomodarse al perfil del terreno por lo tanto se optó por radios mínimos de 25.00 m, pendiente máxima de 10%.
- ❖ Índice Medio Diario Anual de la vía (carretera tercera clase). Además de la velocidad de diseño, con estos datos se halló la pendiente máxima de la vía, el máximo peralte en curvas, longitudes mínimas y máximas de las tangentes, el radio mínimo de curva y longitud mínima de curvas verticales convexas. Todos estos parámetros fueron tomados en cuenta al momento de realizar la fase del diseño geométrico de la carretera.

8.2 Recomendaciones

- ❖ A partir del presente estudio se recomienda, para futuras investigaciones profundizar en el tema sobre la evaluación de características geométricas y su efecto en la seguridad vial.
- ❖ Profundizar en futuras investigaciones la evaluación de las características geométricas respecto a los parámetros de pendientes máximas excepcionales respecto a la longitud de un tramo establecidos en el manual DG-2018.
- ❖ Se debe realizar un estudio de tráfico para poder saber si el tramo en estudio ya está congestionado.
- ❖ Los métodos necesitan un reajuste de acuerdo con el área de influencia del kilómetro unitario que se toma en cuenta para el análisis, puesto que los accidentes pueden ocurrir en el inicio y comienzo del kilómetro pudiendo ser influenciados por los tramos adyacentes.
- ❖ La topografía es muy importante en todo tipo de construcciones civiles, por ende, es relevante hacer un estudio de la zona para la proyección de un diseño geométrico, así como también los otros estudios básicos que influyen en la propuesta indicada durante toda la investigación.

- ❖ La presente investigación puede ser utilizada como piloto para el desarrollo de posteriores investigaciones con el fin de determinar y proponer diferentes soluciones a la problemática descrita en la presente.

CAPÍTULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ❖ CÁRDENAS, James 2015 Diseño Geométrico de Carreteras. Primera Edición. Lima: Macro EIRL.
- ❖ CORREA SALDAÑA, KY. (2017). Tesis “Evaluación de las características geométricas de la carretera Cajamarca - Gavilán (km 173 - km 158) de acuerdo con las normas de diseño geométrico de carreteras DG-2013”.
- ❖ Ministerio de Transporte y Comunicaciones (Perú). “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (DG-2018)”. Lima. Octubre 2018.
- ❖ OCHOA PINEDA, EJ. (2009). Estudio de los Criterios de Diseño Geométrico de las Intersecciones a Nivel Según AASHTO. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín.
- ❖ Correa Saldaña, K. Y. (2017). Evaluación de las características geométricas de la carretera Cajamarca - Gavilán (km 173 - km 158) de acuerdo con las normas de diseño geométrico de carreteras DG-2013. Cajamarca.
- ❖ Cueva Rodríguez, O. B. (2018). Evaluación de las características geométricas de la carretera Paccha Iglesia Pampa centro poblado Laurel Pampa km 00.0+00 - km 05.5+00 de acuerdo con las normas de diseño geométrico de carreteras DG 2013. Cajamarca.
- ❖ Huaripata, J. 2018. Evaluación del diseño geométrico de la carretera no pavimentada de bajo volumen de tránsito tramo C.P El Tambo – C.P Laguna Santa Úrsula con respecto al manual de diseño de carreteras de bajo volumen de tránsito – MTC. Tesis Ing. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca.
- ❖ Morales, A. 2017. Diseño geométrico y medición de niveles de servicio esperado del tramo crítico de la ruta n° LM-122. Tesis Ing. Lima, Perú.

TESIS: ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y SU RELACIÓN CON LA MEJORA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA TRES UNIDOS – PALTACO, PROVINCIA DE PICOTA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN

Pontificia Universidad Católica del Perú. □ Manual de diseño geométrico de carreteras DG-2018.

- ❖ Zea, J; Ortiz, G; Zamudio, P. 2009. Diagnóstico de la vía actual y propuesta de diseño geométrico del tramo comprendido entre el k0+000 hasta el k3+000 de la via municipio de Tena – los Alpes (Cundinamarca). Colombia, Universidad de la Salle.