

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA  
CARRETERA CELENDÍN – EL SURO DE ACUERDO CON LAS NORMAS  
DE DISEÑO GEOMÉTRICO DG - 2013”.**

**Para Optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**AUTOR**

**Bach. BILL JORDAN FRANZ ARAUJO CACHAY**

**ASESOR**

**ING. EVER RODRÍGUEZ GUEVARA**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2020**

**Copyright © 2020 by  
Bill Jordan Franz Araujo Cachay  
Todos los derechos reservados**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por su infinita bondad y amor, por darme salud y permitirme lograr mis objetivos para culminar mi meta trazada.

A mis asesores: Ing. Simón Horna Pereira (QEPD) e ing. Ever Rodríguez Guevara, por orientarme a culminar con éxito el presente informe de tesis.

A los miembros integrantes del jurado evaluador M.Cs.Ing Sergio Manuel Huamán Sangay, Ing. Alejandro Cubas Becerra, Ing. Manuel Rafael Urteaga Toro, por todo su tiempo y conocimientos brindados en el desarrollo de este trabajo.

A mis amigos y a todas aquellas personas que de una u otra forma han colaborado con la realización de este proyecto.

## **DEDICATORIA**

### **A Dios.**

Por darme la vida y estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mí camino aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el período de estudio.

### **A mis padres, Héctor y Gladys.**

Quienes han sido mis pilares fundamentales para seguir adelante por cultivar e inculcarme el sabio don de la honestidad y responsabilidad que me permitieron culminar mi meta, pues ellos son la motivación de mi vida.

### **A mi hermano Omar; a mis abuelitos, Ariosto (QEPD) y Mercedes, a mi tía Elsa y a mi pareja Kely.**

Por estar siempre conmigo apoyándome, gracias a ellos por confiar siempre en mí, por ser parte de mi vida y permitirme ser parte de su orgullo.

A todos mis demás seres queridos, por su apoyo moral y sus sanos consejos que contribuyeron a cristalizar esta meta.

# ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO.....	iii
DEDICATORIA .....	iv
ÍNDICE GENERAL .....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT.....	xvii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.2 REALIDAD PROBLEMÁTICA .....	1
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.4 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN .....	3
1.4.1 HIPÓTESIS GENERAL.....	3
1.4.2 DEFINICIÓN DE VARIABLES .....	3
1.4.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	3
1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	6
1.6 ALCANCES O DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
1.7 OBJETIVOS .....	6
1.7.1 OBJETIVO GENERAL.....	6
1.7.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	7
1.8 MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	7
1.9 DESCRIPCIÓN DE CAPÍTULOS .....	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	9
2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS .....	9
2.1.1 A NIVEL INTERNACIONAL.....	9

2.1.2 A NIVEL NACIONAL.....	9
2.1.3 A NIVEL LOCAL .....	10
2.2 BASES TEÓRICAS.....	12
2.2.1 PLANEAMIENTO VIAL PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE UNA CARRETERA .....	12
2.2.2 CARRETERA.....	12
2.2.3 DISEÑO GEOMÉTRICO.....	13
2.2.4 EVALUACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CAMINOS.....	14
2.2.5 FACTORES CONDICIONANTES EN EL TRAZADO DE CARRETERAS EN ESTUDIOS Y OBRAS .....	14
2.2.6 ALCANCES DEL MANUAL PARA EL DISEÑO DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO (MDCNPBVT) .....	15
2.2.7 CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS.....	16
2.2.7.1 Clasificación por su función.....	16
2.2.7.2 Clasificación por su demanda .....	16
2.2.7.3 Clasificación por su orografía .....	17
2.2.8 DERECHO DE VÍA O FAJA DE DOMINIO.....	17
2.2.9 FAJA DE PROPIEDAD RESTRINGIDA .....	18
2.2.10 ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA) .....	18
2.2.11 VELOCIDAD DE DISEÑO O DIRECTRIZ .....	19
2.2.12 VEHÍCULO DE DISEÑO .....	20
2.2.13 DISTANCIA DE VISIBILIDAD .....	20
2.2.13.1 Distancia de visibilidad de parada.....	20
2.2.13.2 Distancia de visibilidad de adelantamiento.....	21
2.2.14 DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL.....	22
2.2.14.1 Consideraciones para el alineamiento horizontal.....	22
2.2.14.2 Curvas horizontales .....	23
2.2.14.3 Radio de diseño .....	25
2.2.14.4 Peralte.....	26

2.2.14.5 Longitud de transición de peralte .....	27
2.2.14.6 Longitud de curva horizontal .....	34
2.2.14.7 Sobreebanco .....	34
2.2.14.8 Distancia de visibilidad en curvas horizontales .....	34
2.2.14.9 Curvas compuestas .....	36
2.2.15 DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL .....	36
2.2.15.1 Consideraciones para el alineamiento vertical .....	36
2.2.15.2 Curvas verticales .....	37
2.2.15.3 Pendiente .....	39
2.2.15.4 Coordinación entre el diseño horizontal y vertical.....	40
2.2.16 SECCIÓN TRANSVERSAL.....	41
2.2.16.1 Calzada .....	41
2.2.16.2 Berma .....	41
2.2.16.3 Bombeo .....	42
2.2.16.4 Ancho de la plataforma .....	42
2.2.16.5 Plazoletas.....	42
2.2.16.6 Taludes .....	42
2.2.16.7 Cunetas .....	44
2.2.17 DEFINICIONES VARIAS .....	45
2.2.17.1 Estación total.....	45
2.2.17.2 GPS.....	45
2.2.17.3 Wincha topográfica .....	45
2.2.17.4 Eclímetro .....	46
2.3 CONSISTENCIA Y COORDINACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS .....	46
2.4 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	50
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS .....	52
3.1 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	52

3.1.1 UBICACIÓN POLÍTICA .....	52
3.1.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA .....	53
3.2 MATERIALES E INSTRUMENTOS .....	53
3.3 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO UTILIZADO .....	54
3.3.1 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO .....	54
3.3.2 UNIDADES DE MUESTRA.....	54
3.4 APLICACIÓN DEL MÉTODO UTILIZADO .....	54
3.4.1 PROCEDIMIENTO DE RECONOCIMIENTO DE LA ZONA.....	54
3.4.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA CARRETERA.....	54
3.4.3 TRABAJO DE GABINETE .....	54
3.5 TRATAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....	55
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE DATOS.....	56
4.1 DATOS TOPOGRÁFICOS .....	56
4.2 DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA .....	56
4.2.1 CLASIFICACIÓN DE LA VÍA .....	56
4.2.1.1 Por su función.....	56
4.2.1.2 Por su demanda .....	56
4.2.1.3 Por orografía.....	60
4.2.2 VEHÍCULO DE DISEÑO .....	66
4.2.3 VELOCIDAD DE DISEÑO (V).....	67
4.2.4 DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA O ALINEAMIENTO HORIZONTAL .....	67
4.2.4.1 Elementos de curvas horizontales .....	67
4.2.4.2 Radio mínimo.....	71
4.2.4.3 Longitud de curva horizontal .....	73
4.2.4.4 Longitud de transición de peralte .....	76
4.2.4.5 Sobreancho .....	79
4.2.4.6 Peralte.....	82
4.2.4.7 Distancia de visibilidad en curvas horizontales .....	84

4.2.5 DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL.....	87
4.2.5.1 Pendiente longitudinal.....	87
4.2.5.2 Curvas verticales .....	88
4.2.6 DISEÑO GEOMÉTRICO DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES.....	92
4.2.6.1 Plataforma (ancho de calzada y bermas).....	92
4.2.6.2 Taludes de corte y relleno .....	95
4.2.6.3 Cunetas .....	105
4.2.6.4 Consistencia y coordinación del diseño geométrico de carreteras.....	112
4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	114
4.3.1 CARACTERÍSTICAS DEL TRÁNSITO .....	114
4.3.2 CARACTERÍSTICAS DE LA OROGRAFÍA.....	115
4.3.3 DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA .....	115
4.3.3.1 Radio mínimo.....	115
4.3.3.2 Longitud de curva horizontal .....	116
4.3.3.3 Longitud de transición de peralte .....	117
4.3.3.4 Sobreancho .....	117
4.3.3.5 Peralte.....	118
4.3.3.6 Distancias de visibilidad en curvas horizontales.....	118
4.3.4 DISEÑO GEOMÉTRICO EN PERFIL.....	119
4.3.4.1 Pendiente longitudinal.....	119
4.3.4.2 Curvas verticales .....	119
4.3.5 DISEÑO GEOMÉTRICO DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES.....	121
4.3.5.1 Plataforma (ancho de calzada y bermas).....	121
4.3.5.2 Talud de corte.....	121
4.3.5.3 Talud de relleno.....	122
4.3.5.4 Ancho de cunetas .....	122
4.3.5.5 Profundidad de cunetas .....	123
4.3.6 CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS.....	123

4.3.6.1 Cumplimiento de la ecuación 2.11 .....	123
4.3.6.2 Cumplimiento de la ecuación 2.12 .....	124
4.4 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....	125
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	126
5.1 CONCLUSIONES .....	126
5.2 RECOMENDACIONES .....	127
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	128
ANEXOS .....	129

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Operacionalización de variables .....	4
Tabla 1.2: Matriz de consistencia.....	7
Tabla 2.1: Características básicas del ancho de calzada de las carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.....	15
Tabla 2.2: Ancho del derecho de vía para CBVT .....	18
Tabla 2.3: Distancia de visibilidad de parada (metros).....	21
Tabla 2.4: Distancia de visibilidad de adelantamiento .....	21
Tabla 2.5: Ángulos de deflexión máximos para los que no se requiere curva horizontal .....	23
Tabla 2.6: Elementos de curvas horizontales simples .....	25
Tabla 2.7: Fricción transversal máxima en curvas.....	26
Tabla 2.8: Radios mínimos y peraltes máximos .....	27
Tabla 2.9: Longitudes mínimas de transición de bombeo y transición de peralte (m).....	28
Tabla 2.10: Valores de peralte y longitud de transición de peralte - peralte máximo = 4% .....	29
Tabla 2.11: Valores de peralte y longitud de transición de peralte - peralte máximo = 6% .....	30
Tabla 2.12: Valores de peralte y longitud de transición de peralte - peralte máximo = 8% .....	31
Tabla 2.13: Valores de peralte y longitud de transición de peralte - peralte máximo = 10% .....	32
Tabla 2.14: Valores de peralte y longitud de transición de peralte - peralte máximo = 12% .....	33
Tabla 2.15: Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa .....	38
Tabla 2.16: Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava .....	38
Tabla 2.17: Pendientes máximas.....	39
Tabla 2.18: Ancho mínimo deseable de la calzada en tangente (en metros) .....	41
Tabla 2.19: Taludes de corte.....	43
Tabla 2.20: Taludes de relleno.....	43
Tabla 2.21: Dimensión de cunetas mínimas.....	45
Tabla 4.1: Índice medio diario.....	57
Tabla 4.2: Elasticidad de tráfico .....	57
Tabla 4.3: Tasas de crecimiento del PBI y de la población-CAJAMARCA .....	59
Tabla 4.4: Tasa de generación de viajes .....	59
Tabla 4.5: Pendientes transversales de la carretera.....	60
Tabla 4.6: Cuadro de resumen: Evaluación de pendientes transversales.....	66
Tabla 4.7: Equivalencia de carga .....	66
Tabla 4.8: Elementos de curvas horizontales.....	68

Tabla 4.9: Evaluación del radio mínimo.....	71
Tabla 4.10: Cuadro resumen: Evaluación de radios mínimos .....	73
Tabla 4.11: Evaluación de longitud de curva mínima .....	74
Tabla 4.12: Cuadro resumen: Evaluación de longitud de curva .....	75
Tabla 4.13: Evaluación de longitud de transición de peralte .....	76
Tabla 4.14: Cuadro resumen: Evaluación de longitud de transición de peralte.....	79
Tabla 4.15: Evaluación de sobreebanco .....	80
Tabla 4.16: Cuadro resumen: Evaluación de sobreebanco .....	81
Tabla 4.17: Evaluación de peraltes .....	82
Tabla 4.18: Cuadro resumen: Evaluación de peraltes.....	84
Tabla 4.19: Evaluación de necesidad de banquetas de visibilidad en curvas horizontales.....	85
Tabla 4.20: Cuadro resumen: Evaluación de necesidad de banquetas de visibilidad en curvas horizontales .....	86
Tabla 4.21: Evaluación de las pendientes longitudinales .....	87
Tabla 4.22: Cuadro resumen: Evaluación de las pendientes longitudinales.....	88
Tabla 4.23: Cálculo del índice de curvatura (K) actual .....	88
Tabla 4.24: Evaluación de longitud de curva vertical.....	90
Tabla 4.25: Cuadro resumen: Evaluación de longitud de curva vertical .....	91
Tabla 4.26: Evaluación de ancho de calzada y bermas .....	92
Tabla 4.27: Cuadro resumen: Evaluación de ancho de calzada y bermas .....	95
Tabla 4.28: Evaluación del talud de corte y relleno.....	95
Tabla 4.29: Cuadro resumen: Evaluación del talud de corte y relleno .....	105
Tabla 4.30: Evaluación de las dimensiones de cunetas .....	105
Tabla 4.31: Cuadro resumen: Evaluación de las dimensiones de cunetas .....	112
Tabla 4.32: Evaluación de la consistencia del diseño geométrico de carreteras .....	113
Tabla 4.33: Cuadro resumen: Evaluación de la consistencia del diseño geométrico de carreteras .....	113
Tabla 4.34: Valores y porcentajes de las características geométricas evaluadas.....	125

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Elementos de curva horizontal .....	24
Figura 2.2: Visibilidad en curvas horizontales (vista en planta).....	35
Figura 2.3: Sección A-A de visibilidad en curvas horizontales.....	35
Figura 2.4: Opciones de diseño de secciones típicas .....	44
Figura 2.5: Transición de geometría en zonas adyacentes a curvas horizontales y verticales.....	47
Figura 2.6: Uso recomendable de curvas verticales cóncavas .....	48
Figura 2.7: Curvas verticales convexas de mayor longitud que las cóncavas .....	49
Figura 2.8: Curvas verticales cóncavas de mayor longitud que la convexa .....	49
Figura 3.1: Ubicación política de la zona en estudio .....	52
Figura 4.1: Camión simple de 2 ejes “C2” .....	67
Figura 4.2: Distribución del tránsito .....	114
Figura 4.3: Porcentajes de incidencia de tipo de orografía.....	115
Figura 4.4: Porcentajes del cumplimiento del radio mínimo.....	115
Figura 4.5: Porcentajes del cumplimiento de la longitud de curva mínima.....	116
Figura 4.6: Porcentajes del cumplimiento de la longitud de transición de peralte .....	117
Figura 4.7: Porcentaje del cumplimiento del sobreancho .....	117
Figura 4.8: Resumen porcentual del peralte .....	118
Figura 4.9: Representación gráfica del cumplimiento de la distancia de visibilidad.....	118
Figura 4.10: Resumen porcentual del cumplimiento de la pendiente longitudinal.....	119
Figura 4.11: Resumen porcentual del cumplimiento de longitud de las curvas verticales.....	119
Figura 4.12: Resumen porcentual del cumplimiento del ancho de la plataforma.....	121
Figura 4.13: Resumen porcentual del cumplimiento del talud de corte .....	121
Figura 4.14: Resumen porcentual del cumplimiento del talud de relleno .....	122
Figura 4.15: Resumen porcentual del cumplimiento del ancho de cunetas.....	122
Figura 4.16: Resumen porcentual del cumplimiento de profundidad de cunetas .....	123
Figura 4.17: Resumen porcentual del cumplimiento de la ecuación 2.11 para evaluación de la consistencia del diseño geométrico de carreteras .....	123
Figura 4.18: Resumen porcentual del cumplimiento de la ecuación 2.12 para evaluación de la consistencia del diseño geométrico de carreteras .....	124
Figura 6.1: Conteo de movilidades .....	129
Figura 6.2: Equipo topográfico .....	130
Figura 6.3: Medición del ancho de calzada .....	131

Figura 6.4: Medición del ancho de calzada y cunetas .....	131
Figura 6.5: Medición de peraltes con eclímetro.....	132
Figura 6.6: Levantamiento topográfico de la carretera.....	132
Figura 6.7: Radiación topográfica de la carretera.....	133
Figura 6.8: Se muestra el eje de la carretera .....	133

## RESUMEN

La presente tesis tuvo como objetivo principal realizar la evaluación de las características geométricas de la carretera Celendín – El Suro (km 00+000 – km 05+261) de acuerdo con las normas DG – 2013. Debido a que el valor del promedio del tráfico semanal fue de 10 veh/día, la evaluación de las características geométricas se realizó con el manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (MDCNPBVT).

La carretera evaluada consta de aproximadamente 5.261 km de longitud, presenta una topografía ondulada (tipo II); esta compuesta por 67 curvas horizontales y 27 curvas verticales.

Para la evaluación de la carretera se procedió a la obtención del inventario vial que corresponde a la toma de datos del levantamiento topográfico; con los datos obtenidos se realizó el modelamiento de la carretera en el programa autocad civil 3d, de la cual se logró obtener las características geométricas de dicha carretera en estudio. Posteriormente se realizó el análisis de las características geométricas obtenidas tanto en planta (radio mínimo, longitud de curva, longitud de transición y sobreebanco), en perfil (curvas verticales y pendientes longitudinales) y secciones transversales, todo ello fue comparado con el manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (MDCNPBVT).

El procedimiento investigativo es no experimental, descriptivo; luego del procedimiento ejecutado y analizado se tiene un IMD actual de 10 veh/día y efectuando su proyección para 20 años con una tasa anual de 2.048%, se obtuvo un valor resultante de 15 veh/día; clasificando a dicha carretera en el grupo BVT (bajo volumen de tránsito) de tipo T0 para una velocidad directriz de 20 km/h.

Comparando las características geométricas actuales de la carretera en estudio con el MDCNPBVT se obtuvo como resultado: el radio mínimo a usar es de 10 m. el cual cumple en un 83.6%; las longitudes de curva horizontal cumplen en un 8% ; el sobreebanco cumple en un 83.6%; de las 67 curvas que contiene todo el alineamiento horizontal solo 11 necesitan banquetas de visibilidad; en su diseño geométrico vertical la pendiente usada es del 9% y del análisis se obtuvo que sólo 46.7% cumple; las longitudes de curva vertical cumple en un 81.5%; en el diseño de su sección transversal el ancho de la plataforma (resultante de la suma del ancho de calzada y del ancho de las bermas) de 4.5 m. de acuerdo al MDCNPBVT cumple satisfactoriamente el 100% del tramo evaluado y las dimensiones de las cunetas no cumple en más del 70%.

Finalmente, por incidencia de porcentajes la carretera Celendín – El Suro (km 00+000 – km 05+261), no cumple en un 38.5% sus características geométricas.

**Palabras Claves:** Diseño geométrico, carretera, características geométricas, evaluación, planta, perfil, secciones transversales.

## ABSTRACT

The main objective of this thesis was to evaluate the geometric characteristics of the Celendín - El Suro road (km 00 + 000 - km 05 + 261) in accordance with DG - 2013 standards. Due to the average traffic value Weekly was 10 vehicles / day, the evaluation of geometric characteristics was carried out with the manual design of unpaved roads with low traffic volume (MDCNPBVT).

The road evaluated consists of approximately 5,261 km in length, presents an undulating topography (type II); It is composed of 67 horizontal curves and 27 vertical curves.

For the evaluation of the road, the road inventory corresponding to the topographic survey data collection was obtained; With the data obtained, the modeling of the road was carried out in the autocad civil 3d program, from which the geometric characteristics of the road under study were obtained. Subsequently, the analysis of the geometric characteristics obtained both in plan (minimum radius, curve length, transition length and width), in profile (vertical curves and longitudinal slopes) and cross sections was performed, all this was compared with the design manual of unpaved roads with low traffic volume (MDCNPBVT).

The investigative procedure is non-experimental, descriptive; after the procedure executed and analyzed, there is a current IMD of 10 vehicles / day and making its projection for 20 years with an annual rate of 2,048%, a resulting value of 15 vehicles / day was obtained; classifying said road in the BVT group (low traffic volume) of type T0 for a driving speed of 20 km / h.

Comparing the current geometric characteristics of the road under study with the MDCNPBVT was obtained as a result: the minimum radius to be used is 10 m. which meets 83.6%; horizontal curve lengths meet 8%; the oversize meets 83.6%; Of the 67 curves that all the horizontal alignment contains, only 11 need sidewalks; in its vertical geometric design the slope used is 9% and from the analysis it was obtained that only 46.7% complies; the vertical curve lengths meets 81.5%; in the design of its cross section the width of the platform (resulting from the sum of the width of the road and the width of the berms) of 4.5 m. According to the MDCNPBVT, it satisfies 100% of the section evaluated satisfactorily and the dimensions of the gutters do not meet more than 70%.

Finally, due to the incidence of percentages, the Celendín - El Suro road (km 00 + 000 - km 05 + 261) does not meet its geometric characteristics by 38.5%.

**Keywords:** Geometric design, road, geometric characteristics, evaluation, plant, profile, cross sections.

# 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 Celendín – El Suro (km 00+000 – km 05+261) 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, mediante la metodología descriptiva - comparativa.

## 1.2 REALIDAD PROBLEMÁTICA

El diseño geométrico de una carretera supone la parte más importante de su concepción y proyecto, ya que permite establecer su disposición espacial más adecuada sobre el territorio, para que se adapte a sus características y condicionantes; y en unos tiempos que estén proporcionados a la magnitud de la demanda de movilidad, es decir, que sea funcional y eficaz a un costo razonable.

El transporte en el mundo es impresionante, los países de ingresos bajos y medianos no tienen suficientes carreteras apropiadas para ayudar a sus economías a crecer y a sus ciudadanos a progresar. Estudios del banco mundial (2005), reportan que el incremento de América Latina ha sido en general más bajo que otros países de ingreso medio; de tal manera que la región latinoamericana en promedio gasta el 2% del PBI en infraestructura, a diferencia de los años de 1980 y 1985 donde se alcanzó el 3.7%.

*Fuente: Carrasco, A. (2009) Infraestructura vial nacional asociada a la competitividad.*

Una de las principales limitaciones de la infraestructura en el Perú es el insuficiente desarrollo de la infraestructura de transporte, la que debiera contribuir significativamente a la integración territorial y al desarrollo de las actividades productivas, facilitando el traslado de personas y el intercambio de bienes y servicios, y reduciendo costos que conducen al mejoramiento de la competitividad del país.

*Fuente: CEPLAN (2011). Plan bicentenario, el Perú hacia el 2021.*

Tal es así que la región Cajamarca, tiene un total de 4091.2 km. de infraestructura vial departamental del cual, al mes de setiembre del 2017 el 86% no se encuentra pavimentado y de las carreteras no pavimentadas el 54.2% se encuentra afirmada, el 28.9% sin afirmar y el 16.9% es trocha. El tramo en estudio se encuentra localizado en la provincia y distrito de Celendín, de los cuales el 30% se encuentra a nivel afirmado y en su mayor parte en un pésimo estado.

*Fuente: Flores, C. (2017). Infomercado-red vial departamental o regional.*

Esta investigación estudió la carretera Celendín – El Suro 5.261 km y uno de los principales problemas es la falta de un buen diseño geométrico de la carretera, que cumpla con los criterios y recomendaciones del manual de diseño de carreteras. Otro problema es el poco mantenimiento que se hace a dicha carretera, el afirmado se ha degradado de forma rápida por las mismas condiciones del lugar.

Con la finalidad de obtener un conocimiento del estado actual de esta carretera, en cuanto a su diseño geométrico, analizar si está acorde a criterios sólidos y coherentes, es que se plantea elaborar esta tesis de investigación haciendo uso del “manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito”, ya que es la normativa que tiene más a consideración a las carreteras de desarrollo local y sus valores de diseño mínimos normales.

En el caso de no cumplirse los resultados, esta investigación servirá para que se tenga en consideración en la etapa de pavimentación o mejoramiento de dicha carretera para cumplir con la necesidad de los pobladores y centros poblados aledaños de contar con una vía adecuada, la cual les garantice a los mismos la intercomunicación en todo momento, sin importar condiciones del tiempo, ni dificultad de cualquier tipo de vehículo para la circulación y así poder garantizar el dinamismo de sus actividades económicas y sociales.

### **1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

El problema que da origen a la siguiente investigación se formula con la siguiente interrogante:

¿Las características geométricas de la carretera Celendín – El Suro (km 00+000 – km 05+261) cumplen con los parámetros del manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito?

### **1.4 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.4.1 HIPÓTESIS GENERAL**

Las características geométricas de la carretera Celendín - Suro (km 00+000 – km 05+261), no cumplen con los parámetros establecidos en manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (MDCNPBVT).

#### **1.4.2 DEFINICIÓN DE VARIABLES**

- **VARIABLE INDEPENDIENTE**

Esta definida por las características geométricas de la carretera Celendín – El Suro (km 00+000 – km 05+261) durante el proceso de análisis comparativo de su diseño geométrico.

- **VARIABLE DEPENDIENTE**

Esta delimitada por la consistencia del diseño geométrico de la carretera Celendín – El Suro (km 00+000 – km 05+261).

#### **1.4.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

En la presenta tabla 1.1 se define las variables:

*Tabla 1.1: Operacionalización de variables*

Variables	Tipo de variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medición	Fuente o instrumento de medición	Índices		
Características geométricas de la carretera Celendín – El Suro (km 00+000 – km 05+261) , durante el proceso de análisis comparativo de su diseño geométrico.	Independiente	Consiste en la obtención de datos de los elementos que constituyen las características geométricas de la carretera tanto en el alineamiento horizontal, alineamiento vertical y los componentes de la sección transversal	Aplicación del método y software topográfico	Levantamiento topográfico	Orografía	%	Equipo de topografía, Civil 3D	De comparación:		
			Conteo de vehículos	IMD	Flujo vehicular	Veh/día	Conteo manual	- Mayor o igual		
			Medición de cada elemento del alineamiento horizontal	Geometría horizontal	Radio	m.	Equipo de topografía	- Menor		
					Long. de curva	m.	Equipo de topografía			
					Sobreechanco	m.	Equipo de topografía	De afirmación:		
					Dist. de visibilidad en curvas horizontales	m.	Equipo de topografía	- Cumple		
					Peralte	%	Equipo de topografía	- No cumple		
					Long. de transición de peralte	m.	Equipo de topografía			
					Medición de cada elemento del alineamiento vertical	Geometría vertical	Pendiente	%	Equipo de topografía	De evaluación gráfica
							Curva vertical convexa	m.	Índice de curvatura K	%
			Curva vertical cóncava	m.	Equipo de topografía					

					Calzada	m.	Equipo de topografía	
					Berma	m.	Equipo de topografía	
					Talud en corte	H/V	Equipo de topografía	
					Talud en relleno	H/V	Equipo de topografía	
Consistencia del diseño geométrico de la carretera Celendín – El Suro (km 00+000 – km 05+261).	Dependiente	Consiste en la verificación de los aspectos necesarios para mantener una adecuada interacción entre el diseño en planta, perfil y sección transversal.	Cumplimiento de criterios generales y/o condiciones del diseño de planta, perfil y sección transversal.	Geometría horizontal, geometría vertical y sección transversal.	Consistente	Cumple con los criterios generales.	Manual de diseño de carreteras del MTC.	De afirmación: - Cumple
					No consistente	No cumple con los criterios generales.	Manual de diseño de carreteras del MTC.	- No Cumple

## **1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

La presente investigación se realiza con la finalidad de aplicar los conocimientos aprendidos durante nuestra formación profesional, el cual se justifica académicamente porque permite conocer, evaluar y describir las características geométricas de diseño de una carretera, aplicando procedimientos y metodologías para realizar el análisis comparativo del diseño geométrico de dicha carretera en estudio.

Se justifica técnicamente porque es necesario determinar las características geométricas de la carretera **Celendín – El Suro (km 00+000 – km 05+261)**, basado en la metodología de investigación y comparación de los parámetros de diseño mínimos normales que establece el manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito para que la carretera tenga transitabilidad eficiente.

También se justifica socialmente, ya que dicha investigación serviría de fuente bibliográfica para la elaboración de proyectos de inversión pública.

## **1.6 ALCANCES O DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

La presente tesis tiene como fin principal evaluar la carretera Celendín – El Suro (km 00+000 – km 05+261) distrito de Celendín de la provincia de Celendín y departamento de Cajamarca, cumple con los parámetros dispuestos por el manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.

Utilización como un documento guía que patrocine a profesionales interesados y pobladores implicados en el ámbito de influencia ante un posible mejoramiento de la misma.

Se busca establecer una línea de investigación en la Facultad de Ingeniería con el propósito de que permita una secuencia en la evaluación de las carreteras, para que así, con estas evaluaciones, se mejore su diseño y por tanto también la calidad de éstas.

## **1.7 OBJETIVOS**

### **1.7.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar las características geométricas de la carretera Celendín – El Suro (km 00+000 – km 05+261), en función a sus parámetros de diseño geométrico del manual de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.

## 1.7.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el levantamiento topográfico de la vía en estudio, de forma muy detallada, de tal manera que se pueda tener una visión más precisa de su estado actual.
- Identificar los componentes de la geometría de la carretera.
- Efectuar el estudio de conteo de tráfico de dicha carretera.
- Comparar las características geométricas de la actual carretera Celendín – El Suro (km 00+000 – km 05+261) con el manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.

## 1.8 MATRIZ DE CONSISTENCIA

En la siguiente tabla 1.2 se define matriz de consistencia de la presente investigación.

*Tabla 1.2: Matriz de consistencia.*

<b>Formulación del problema</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variabes</b>
	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	Las	V. INDEPENDIENTE
¿Cuáles son las características geométricas de la carretera Celendín – El Suro (km 00+000 – km 05+261) que cumplen con lo dispuesto en el manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito?	Evaluar las características geométricas de la carretera Celendín – El Suro (km 00+000 – km 05+261), en función a sus parámetros de diseño geométrico del manual de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.	características geométricas de la carretera Celendín - Suro (km 00+000 – 05+261), no	Está definida por las características geométricas de la carretera Celendín – El Suro (km 00+000 – km 05+261) durante el proceso de análisis comparativo de su diseño geométrico.
	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	cumplen con	V. DEPENDIENTE
	- Realizar el levantamiento topográfico de la vía en estudio, de forma muy detallada, de tal manera que se pueda tener una visión más precisa de su estado actual.	los parámetros establecidos en manual de diseño de carreteras no	Está delimitada por la consistencia del diseño geométrico de la carretera Celendín – El Suro (km 00+000 – km 05+261).
	- Comparar las características del diseño geométrico actual de la carretera Celendín – El Suro (km 00+000 – km 05+261) con el manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.	pavimentadas de bajo volumen de tránsito (MDCNPBVT).	

## 1.9 DESCRIPCIÓN DE CAPÍTULOS

La tesis se ha dividido en cinco capítulos:

**En el primer capítulo** es competente a la introducción, realidad problemática, formulación del problema, hipótesis de la investigación, justificación de la investigación, alcances y delimitación de la investigación, objetivos generales y específicos, así como matriz de consistencia.

**En el segundo capítulo** explica el marco teórico, donde se define el concepto de diseño geométrico, carretera, su clasificación y se describe los parámetros de diseño analizados tanto en planta, perfil, como sección transversal respectivamente.

**En el tercer capítulo** se describe la metodología, ubicación de la zona de estudio, materiales e instrumentos, descripción y aplicación del método utilizado

**En el cuarto capítulo** se plasma el análisis comparativo de las características geométricas de la carretera en estudio con el manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (MDCNPBVT), análisis y discusión de resultados.

**En el quinto capítulo** se plantean las conclusiones y recomendaciones a las que se llegó después de la investigación comparativa realizada, luego esta las referencias bibliográficas y los anexos.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS

#### 2.1.1 A NIVEL INTERNACIONAL

- **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.

#### 2.1.2 A NIVEL NACIONAL

- **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 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 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.

### 2.1.3 A NIVEL LOCAL

- **Correa, K. (2017).** En esta investigación se realizó en la evaluación geométrica de la carretera Cajamarca – El Gavilán km 173- km 158, que es una de las vías principales de Cajamarca, utilizada tanto para el transporte de personas como de mercancía, pero también es una de las vías con mayor índice de accidentes, por lo que dicha tesis realizó el levantamiento topográfico, estudio de tráfico, suelos y el análisis del diseño geométrico de la misma, para luego compararla con el manual de diseño geométrico de carreteras actual DG2013; y de esta manera presentar un panorama real de la situación actual en la que se encuentra la carretera evaluada con el fin de que este estudio sirva como antecedente para futuros proyectos de mejoramiento. 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. Finalmente se determinó que la carretera Cajamarca – El Gavilán km 173- km 158, no cumple con algunos parámetros de diseño geométrico dispuestos en el manual de diseño geométrico de carreteras DG-2013, específicamente tramos en tangente y radios mínimos, por lo que se plantea mejorar la calidad de ciertos dispositivos de control que ayuden a garantizar la seguridad vial.
- **Huaripata, J. (2018).** Esta investigación tuvo como finalidad ejecutar la evaluación geométrica de la carretera C.P. El Tambo al C.P. Laguna Santa Úrsula, por ser construida en base al camino de herradura existente (73%) según la carta nacional 15g (San Marcos) y también verificar los valores obtenidos con el manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (MDCNPBVT) así como por el interés que existe en la población por saber si afectarán sus terrenos frente a un mejoramiento de la vía.

El tratamiento investigativo fue de tipo no experimental, diseño transversal descriptivo, la técnica fue la observación directa y como instrumento la guía de observación que consistió en formatos para registrar la información cuya muestra fue la carretera C.P. El Tambo–C.P. Laguna Santa Úrsula; luego del procedimiento ejecutado y evaluado se tuvo una orografía de 23% clasificado como ondulado, análisis de tráfico identificado es de 8 veh/día (considerado como bajo volumen de tránsito), velocidad directriz de 20 km/h. El radio mínimo, sobreancho, peralte no cumplieron en algunas curvas, lo cual se convierte en una vía insegura e incómoda; por lo tanto, la geometría de la carretera no cumplió con MDCNPBVT.

Finalmente se planteó como recomendación corregir del ancho del carril, las curvas deben tener el radio mínimo, tangentes cortas entre curvas reducir a una sola curva.

- **Ortiz, F. (2018).** En ésta investigación se evalúa la seguridad vial de la carretera Cajamarca – Otuzco, en función a sus parámetros de diseño a través de la comparación con el manual de diseño geométrico de carreteras DG-2018 en una longitud de 6.32km. Determinó que la distancia de visibilidad de paso no cumple en un 89%; los radios mínimos no cumplen en un 41%, los peraltes en las curvas horizontales no cumplen en un 81%; los sobreanchos necesarios no cumplen en 62.50%, el ancho mínimo de calzada cumple en 79% y el ancho mínimo de berma no cumple en todo el tramo en estudio, llegando a la conclusión que la carretera Cajamarca - Otuzco es insegura y pone en riesgo la vida de los usuarios que transitan por ella.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 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.

Una carretera es resistente cuando:

- Sufre tensiones elevadas pero la integridad estructural se mantiene.
- Una ligera perturbación en las cargas o la geometría no produce grandes fisuras.

Una carretera es segura cuando:

- Se encuentra correctamente señalizada.
- Cuento con elementos de seguridad a lo largo de toda la carretera.
- Exista un número reducido de accidente de tránsito durante la vida útil de la carretera.

Una carretera es funcional cuando:

- Cumple con el objetivo de enlazar las localidades existentes.
- Es utilizada durante el tiempo de su vida útil.

Una carretera es económica cuando:

- • “Los costos por la construcción, operación y mantenimiento de la carretera son considerablemente bajos.”

### **2.2.2 CARRETERA**

Bañon, L. (2008). Define que geoméricamente, una carretera es un cuerpo tridimensional totalmente irregular, lo que en un principio hace complicada su representación, sin embargo, posee una serie de particularidades que simplifican y facilitan su estudio, estas particularidades permiten la adopción de un sistema de representación relativamente sencillo, de fácil interpretación y muy útil desde el punto de vista constructivo. En base a este sistema, la carretera queda totalmente definida mediante tres tipos de vistas: planta, perfil longitudinal y perfil transversal. No obstante, pueden emplearse otros tipos de representación como la perspectiva cónica de cara a realizar estudios más específicos sobre un determinado aspecto, como la visibilidad o el impacto ambiental. Son conceptos básicos los siguientes:

- **Camino:** Vía terrestre para el tránsito de vehículos motorizados y no motorizados, peatones y animales, con excepción de las vías férreas.
- **Camino de tierra:** Camino en que la superficie de rodadura es el terreno natural, nivelado y compactado mediante el uso de herramientas o máquinas simples.
- **Camino vecinal:** Camino rural destinado fundamentalmente para acceso a las poblaciones pequeñas y predios rurales.
- **Trocha:** Es un camino abierto en la maleza sin superficie de rodadura, de suelo natural o tierra y donde su trazo y geometría no cumplen con las normas de diseño de una carretera.
- **Camino de herradura:** Vía terrestre para el tránsito de peatones y animales.
- **Carretera:** Camino para el tránsito de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes, con características geométricas definidas de acuerdo a las normas técnicas vigentes en el ministerio de transportes y comunicaciones.
- **Carretera afirmada:** Carretera cuya superficie de rodadura está constituida por una o más capas de afirmado.
- **Carretera no pavimentada:** Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por gravas o afirmado, suelos estabilizados o terreno natural.
- **Carretera pavimentada:** Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por mezcla bituminosa (flexible) o de concreto pórtland (rígida).
- **Carretera sin afirmar:** carretera a nivel de sub rasante o aquella donde la superficie de rodadura ha perdido el afirmado.

### 2.2.3 DISEÑO GEOMÉTRICO

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.

## 2.2.4 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 a 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 logrará 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.

## 2.2.5 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 (MDCNPBVT)

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 2.1 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 2.1: 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 (*)

(\*) Con plazoletas de cruce, adelantamiento o de volteo cada 500 - 1000 m; mediante regulación de horas o días, por sentido de uso

*Fuente: MDCNPBVT, (2008), p.17*

## **2.2.7 CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS**

### **2.2.7.1 Clasificación por su función**

- a) Carreteras de la red vial nacional.
- b) Carreteras de la red vial departamental o regional.
- c) Carreteras de la red vial vecinal o rural.

### **2.2.7.2 Clasificación por su demanda**

#### **a) Autopistas de primera clase.**

Son carreteras con IMDA (índice medio diario anual) mayor a 6 000 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.

#### **b) Autopistas de segunda clase.**

Son carreteras con un IMDA entre 6 000 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.

#### **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.

#### **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.

#### **e) Carreteras 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.

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.

*Fuente: MTC–DG 2018, p.12.*

### 2.2.7.3 Clasificación por su orografía

a) **Terreno plano (tipo 1).**

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 trazado.

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 más o menos rectos, sin mayores dificultades en el trazado.

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 trazado.

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 trazado.

*Fuente: MTC – DG 2018, p.14.*

### 2.2.8 DERECHO DE VÍA O FAJA DE DOMINIO

El derecho de vía es la franja de terreno de dominio público definida a lo largo y a ambos lados del eje de la vía por la autoridad competente. En el derecho de la vía se ubican las calzadas de circulación vehicular, las bermas, las estructuras complementarias de las vías, las

zonas de seguridad para los usuarios de las vías, las áreas necesarias para las intersecciones viales, estacionamientos vehiculares en las vías públicas, las estructuras de drenaje y de estabilización de la plataforma del camino y de los taludes del camino, la señalización vial del tránsito.

El ancho mínimo debe considerar la clasificación funcional del camino, en concordancia con las especificaciones establecidas por el manual, que fijan las siguientes dimensiones:

**Tabla 2.2: Ancho del derecho de vía para CBVT**

<b>Descripción</b>	<b>Ancho mínimo absoluto *</b>
Carreteras de la red vial nacional	15 m
Carreteras de la red vial departamental	15 m
Carreteras de la red vial vecinal	15 m

\* 7.50 m a cada lado del eje

*Fuente: MDCNPBVT, (2008), p.22.*

### **2.2.9 FAJA DE PROPIEDAD RESTRINGIDA**

A cada lado del derecho de vía habrá una faja de terreno denominada propiedad restringida, donde está prohibido ejecutar construcciones permanentes que puedan afectar la seguridad vial a la visibilidad o dificulten posibles ensanches. El ancho de dicha faja de terreno será de 5,00 m a cada lado del derecho de vía, el cual será establecido por resolución del titular de la entidad competente; sin embargo, el establecimiento de dicha faja no tiene carácter obligatorio sino dependerá de las necesidades del proyecto, además no será aplicable a los tramos de carretera que atraviesan zonas urbanas.

*Fuente: MDCNPBVT, (2008), p.23.*

### **2.2.10 ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA)**

En los estudios de tránsito pueden tratar de dos situaciones: el caso para el estudio de carreteras existentes y el caso para carreteras nuevas, es decir que no existen actualmente.

En el primer caso, el tránsito existente podrá proyectarse mediante los sistemas convencionales que se indican a continuación. El segundo caso requiere de un estudio de desarrollo económico zonal o regional que lo justifique.

La carretera se diseña para un volumen de tránsito que determina por la demanda diaria que cubrirá, calculado como el número de vehículos promedio que utilizan la vía por día

actualmente y que se incrementa con una tasa de crecimiento anual, normalmente determinado por el MTC para las diversas zonas del país.

Se puede calcular el crecimiento de tránsito utilizando una fórmula simple:

$$T_n = T_o(1 + i)^{n-1} \dots (\text{ecuación 2.1})$$

Dónde:

- T<sub>n</sub>** : Tránsito proyectado al año n  
**T<sub>o</sub>** : Tránsito actual (año base)  
**i** : Tasa de crecimiento anual por tipo de vehículo.  
**n** : Años del periodo de diseño.

Estas tasas pueden variar sustancialmente si existieran proyectos de desarrollo específicos por implementarse con certeza a corto plazo en la zona de la carretera.

La proyección puede también dividirse en dos partes. Una proyección para vehículos de pasajeros que crecerá aproximadamente al ritmo de la tasa de crecimiento de la población. Y una proyección de vehículos de carga que crecerá aproximadamente con la tasa de crecimiento de la economía. Ambos datos sobre índices de crecimiento normalmente obran en poder de la región.

*Fuente: MDCNPBVT, (2008), p.28.*

### **2.2.11 VELOCIDAD DE DISEÑO O DIRECTRIZ**

La velocidad de diseño es muy importante para establecer las características del trazado en planta, elevación y sección transversal de la carretera.

La selección de la velocidad de diseño será una consecuencia de un análisis técnico-económico de alternativas de trazado que deberán tener en cuenta la orografía del territorio. En territorios planos, el trazado puede aceptar altas velocidades a bajo costo de construcción, pero en territorios muy accidentados será muy costoso mantener una velocidad alta de diseño, porque habría que realizar obras muy costosas para mantener un trazo seguro. Ello solo podría justificarse si los volúmenes de la demanda de tránsito fueran muy altos.

*Fuente: MDCNPBVT, (2008), p.30.*

## **2.2.12 VEHÍCULO DE DISEÑO**

Al diseñar cualquier elemento de un camino, se debe considerar el vehículo de diseño más grande que probablemente utilice esa instalación con una frecuencia considerable, de acuerdo a la composición del tráfico que utilizará la vía. Para usar en el diseño, es preciso examinar todos los tipos de vehículos, establecer agrupamientos de clases, y seleccionar vehículos de tamaños representativos de cada clase. Estos vehículos seleccionados, con representativos pesos, dimensiones y características de operación, se utilizan al establecer los controles de diseño para acomodar las clases de vehículos.

*Fuente: MDCNPBVT, (2008), p.29.*

## **2.2.13 DISTANCIA DE VISIBILIDAD**

La distancia de visibilidad es la longitud continua hacia delante de la carretera que es visible al conductor del vehículo. En diseño, se consideran tres distancias: la de visibilidad suficiente para detener el vehículo; la necesaria para que un vehículo adelante a otro que viaja a velocidad inferior en el mismo sentido y la distancia requerida para cruzar o ingresar a una carretera de mayor importancia.

### **2.2.13.1 Distancia de visibilidad de parada**

Es la longitud mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad directriz, antes que alcance un objeto que se encuentra en su trayectoria.

Para efecto de la determinación de la visibilidad de parada se considera que el objeto inmóvil tiene una altura de 0.60 m y que los ojos del conductor se ubican a 1.10 m por encima de la rasante de la carretera.

La pendiente ejerce influencia sobre la distancia de parada. Esta influencia tiene importancia práctica para valores de la pendiente de subida o bajada iguales o mayores a 6%.

En todos los puntos de la carretera, la distancia de visibilidad será igual o superior a la distancia de visibilidad de parada. En la tabla 2.3 se muestran las distancias de visibilidad de parada, con función a la velocidad directriz y de la pendiente.

En carreteras de muy bajo volumen de tránsito, de un solo carril y tráfico en dos direcciones, la distancia de visibilidad deberá ser por lo menos dos veces la correspondencia a la visibilidad de parada. Para el caso de distancia de visibilidad de cruce, se aplica los mismos criterios que los de visibilidad de parada.

La distancia de parada sobre una alineación recta de pendiente uniforme, se calcula mediante la siguiente tabla:

**Tabla 2.3: Distancia de visibilidad de parada (m)**

Velocidad directriz (km./h)	Pendiente nula o en bajada				Pendiente en subida		
	0%	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	20	19	18	18
30	35	35	35	35	31	30	29
40	50	50	50	53	45	44	43
50	65	66	74	61	61	59	58
60	85	87	97	80	80	77	75

*Fuente: MDCNPBVT, (2008), p.37.*

### 2.2.13.2 Distancia de visibilidad de adelantamiento

Distancia de visibilidad de paso o adelantamiento, es la mínima que debe estar disponible, a fin de facultar al conductor del vehículo a sobrepasar a otro que se supone viaja a una velocidad 15 kmh menor, con comodidad y seguridad, sin causar alteración en la velocidad de un tercer vehículo que viaja en sentido contrario a la velocidad directriz y que se hace visible cuando se ha iniciado la maniobra de sobrepaso.

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 1.10 m y que la del ojo del conductor del vehículo que realiza la maniobra de adelantamiento es 1.10 m. La visibilidad de adelantamiento debe asegurarse para la mayor longitud posible de la carretera cuando no existen impedimentos impuestos por el terreno y que se reflejan, por lo tanto, en el costo de construcción. La distancia de visibilidad de adelantamiento a adoptarse varía con la velocidad directriz tal como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 2.4: Distancia de visibilidad de adelantamiento**

Velocidad directriz (km./h)	Distancia de visibilidad de adelantamiento (m)
30	200
40	270
50	345
60	410

*Fuente: MDCNPBVT, (2008), p.39.*

## **2.2.14 DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL**

### **2.2.14.1 Consideraciones para el alineamiento horizontal**

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

El alineamiento carretero se hará tan directo como sea conveniente adecuándose a las condiciones del relieve y minimizando dentro de lo razonable el número de cambios de dirección, el trazado en planta de un tramo carretero está compuesto de la adecuada sucesión de rectas (tangentes), curvas circulares y curvas de transición.

En general, el relieve del terreno es el elemento de control del radio de las curvas horizontales y el de la velocidad directriz. La velocidad directriz, a su vez, controla la distancia de visibilidad.

Los radios mínimos, calculados bajo el criterio de seguridad ante el deslizamiento transversal del vehículo, están dados en función de la velocidad directriz, a la fricción transversal y al peralte máximo aceptable.

En el alineamiento horizontal desarrollado para una velocidad directriz determinada, debe evitarse, el empleo de curvas con radio mínimo. En general se deberá tratar de usar curvas de radio amplio, reservándose el empleo de radios mínimos para las condiciones más críticas.

Al término de tangentes largas, donde es muy probable que las velocidades de aproximación de los vehículos sean mayores que la velocidad directriz, las curvas horizontales tendrán radios de curvatura razonablemente amplios.

Se evitará pasar bruscamente de una zona de curvas de grandes radios a otra de radios marcadamente menores. Deberá pasarse en forma gradual, intercalando entre una zona y otra, curvas de radio de valor decreciente, antes de alcanzar el radio mínimo. Los cambios repentinos en la velocidad de diseño a lo largo de una carretera serán evitados. Estos cambios se efectuarán en decrementos o incrementos de 15 km/h.

No se requiere curva horizontal para pequeños ángulos de deflexión. En la tabla 2.5 se muestran los ángulos de inflexión máximos para los cuales no es requerida la curva horizontal.

**Tabla 2.5: Ángulos de deflexión máximos para los que no se requiere curva horizontal**

<b>Velocidad directriz (km./h)</b>	<b>Deflexión máxima aceptable sin curva circular</b>
30	2° 30'
40	2° 15'
50	1° 50'
60	1° 30'

*Fuente: MDCNPBVT, (2008), p.40.*

Se evitará, en lo posible, los desarrollos artificiales. Cuando las condiciones del relieve del terreno hagan indispensable su empleo, el proyectista hará una justificación de ello. Las ramas de los desarrollos tendrán la máxima longitud posible y la máxima pendiente admisible, evitando la superposición de varias de ellas sobre la misma ladera. Al proyectar una sección de carretera en desarrollo, será, probablemente, necesario reducir la velocidad directriz.

Deben evitarse los alineamientos reversos abruptos. Estos cambios de dirección en el alineamiento hacen que sea difícil para los conductores mantenerse en su carril.

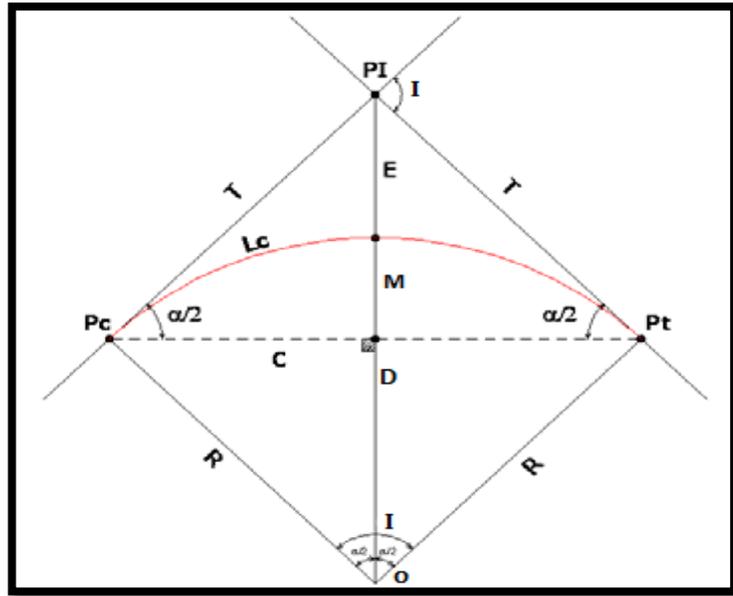
También es difícil peraltar adecuadamente las curvas. La distancia entre dos curvas reversas deberá ser por lo menos la necesaria para el desarrollo de las transiciones de peralte.

No son deseables dos curvas sucesivas del mismo sentido, cuando entre ellas existe un tramo corto, en tangente. En lo posible se sustituirán por una sola curva, o se intercalará una transición en espiral dotada de peralte.

#### **2.2.14.2 Curvas horizontales**

Son los arcos de círculo que forman la proyección horizontal para unir dos tangentes consecutivas, las que pueden ser simples o compuestas si tienen un solo radio y dos o más radios respectivamente.

Los componentes geométricos de una curva circular se muestran en la figura 2.1.



*Figura 2.1: Elementos de curva horizontal*

Dónde:

PC: Punto de inicio de curva

E: Externa (m)

PI: Punto de intersección

C: Longitud de cuerda (m)

PT: Punto de tangencia

M: Media (m)

I: Ángulo de deflexión

Lc: Longitud de curva (m)

R: Radio de la curva (m)

T: Tangente (PC a PI a PT) (m)

Fórmulas para el cálculo de los elementos de curva:

**Tabla 2.6: Elementos de curvas horizontales simples**

Elemento	Símbolo	Fórmula
Tangente	T	$T = R \operatorname{Tan}\left(\frac{I}{2}\right)$
Longitud de curva	Lc	$Lc = \pi R \frac{I}{180^\circ}$
Cuerda	C	$C = 2 R \operatorname{Sen}\left(\frac{I}{2}\right)$
Externa	E	$E = R \left[ \operatorname{Sec}\left(\frac{I}{2}\right) - 1 \right]$
Media	M	$M = R \left[ 1 - \operatorname{Cos}\left(\frac{I}{2}\right) \right]$

**Fuente:** DG-2018, (2018), p.128.

### 2.2.14.3 Radio de diseño

El mínimo radio de curvatura es un valor límite que esta dado en función del valor máximo del peralte y el factor máximo de fricción seleccionados para una velocidad directriz y mantener la estabilidad debido a que el vehículo al entrar en curva se presenta la fuerza centrífuga y evitar que el móvil siga de frente. El valor del radio mínimo puede ser calculado por la siguiente fórmula:

$$R_{mín} = \frac{V^2}{127(0.01 * emáx + fmáx)} \dots (\text{ecuación 2.2})$$

Dónde:

Rmín = Radio mínimo en metros.

V = Velocidad de diseño en km/h.

emáx = Peralte máximo de la curva en valor decimal.

fmáx = Factor máximo de fricción.

**Fuente:** MDCNPBVT, (2008), p.44.

Los valores máximos de la fricción lateral a emplearse son los que se señalan en la siguiente tabla.

**Tabla 2.7: Fricción transversal máxima en curvas**

Velocidad directriz (km./h)	$f_{m\acute{a}x}$
20	0.18
30	0.17
40	0.17
50	0.16
60	0.15

**Fuente:** MDCNPBVT, (2008), p.44.

#### 2.2.14.4 Peralte

El peralte es la sobre elevación de la parte exterior de un tramo de la carretera en curva con relación a la parte interior del mismo, con el fin de contrarrestar la acción de la fuerza centrífuga, las curvas horizontales deben ser peraltadas.

Este valor se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P (\%) = \frac{V^2}{2.28 R} \dots (\text{ecuación 2.3})$$

Dónde:

P (%) : Peralte calculado en porcentaje.

V : Velocidad directriz (km/h)

R : Radio de curva horizontal (m)

El peralte máximo tendrá como valor máximo normal 8% y como valor excepcional 10%. En carreteras afirmadas bien drenadas en casos extremos podría justificarse un peralte máximo alrededor de 12%.

En caminos cuyo IMDA de diseño sea inferior a 200 vehículos por día y la velocidad directriz igual o menor a 30 km/h, el peralte de todas las curvas podrá ser igual al 2.5%.

En la siguiente tabla se muestra los valores de radios mínimos y peraltes máximos:

**Tabla 2.8: Radios mínimos y peraltes máximos**

Velocidad directriz (km./h)	Peralte máximo e (%)	Valor límite de fricción	Calculado radio mínimo (m)	Redondeo radio mínimo (m)
20	4.0	0.18	14.3	15
30	4.0	0.17	33.7	35
40	4.0	0.17	60.0	60
50	4.0	0.16	98.4	100
60	4.0	0.15	149.1	150
20	6.0	0.18	13.1	15
30	6.0	0.17	30.8	30
40	6.0	0.17	54.7	55
50	6.0	0.16	89.4	90
60	6.0	0.15	134.9	135
20	8.0	0.18	12.1	10
30	8.0	0.17	28.3	30
40	8.0	0.17	50.4	50
50	8.0	0.16	82.0	80
60	8.0	0.15	123.2	125
20	10.0	0.18	11.2	10
30	10.0	0.17	26.2	25
40	10.0	0.17	46.6	45
50	10.0	0.16	75.7	75
60	10.0	0.15	113.3	115
20	12.0	0.18	10.5	10
30	12.0	0.17	24.4	25
40	12.0	0.17	43.4	45
50	12.0	0.16	70.3	70
60	12.0	0.15	104.9	105

*Fuente: MDCNPBVT, (2008), p.45.*

#### 2.2.14.5 Longitud de transición de peralte

Se define como la variación en tangente inmediatamente antes y después de una curva horizontal en la cual se logra el cambio gradual del bombeo de la sección transversal al peralte correspondiente a dicha curva, es decir que se utiliza con el fin de evitar la brusquedad en el cambio de una alineación, de un tramo recto a un tramo en curva.

Para efectos de la presente norma, el peralte máximo se calcula con la siguiente fórmula:

$$ip_{m\acute{x}} = 1.8 - 0.01 V \dots \text{(ecuación 2.4)}$$

Dónde:

$ip_{m\acute{x}}$  : Máxima inclinación de cualquier borde de la calzada respecto al eje de la vía (%).

V : Velocidad de diseño (km/h).

La longitud del tramo de transición del peralte tendrá por tanto una longitud mínima definida por la fórmula:

$$L_{mín} = \frac{P_f - P_i}{ip_{máx}} \times B \dots (\text{ecuación 2.5})$$

Dónde:

$L_{mín}$  : Longitud mínima del tramo de transición del peralte (m).

$P_f$  : Peralte final con su signo (%)

$P_i$  : Peralte inicial con su signo (%)

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

*Fuente: DG-2018, (2018), p.152.*

En la siguiente tabla se muestran los valores mínimos de transición de bombeo y de transición de peralte en función de la velocidad directriz y el peralte.

**Tabla 2.9: Longitudes mínimas de transición de bombeo y transición de peralte (m)**

Velocidad directriz (km./h)	Valor del peralte						Transición de bombeo
	2%	4%	6%	8%	10%	12%	
	<b>Longitud de transición de peralte (M)*</b>						
20	9	18	27	36	45	54	9
30	10	19	29	38	48	57	10
40	10	21	31	41	51	62	10
50	11	22	32	43	54	65	11
60	12	24	36	48	60	72	12

*Fuente: MDCNPBVT, (2008), p.46.*

El giro del peralte se hará, en general, alrededor del eje de la calzada. En los casos especiales, como, por ejemplo, en terreno muy llano, puede realizarse el giro alrededor del borde interior cuando se desea resaltar la curva.

En las siguientes tablas se indican los valores de los peraltes requeridos y sus correspondientes longitudes de transición para cada velocidad directriz en función de los radios adoptados.

Para los casos en que se haya previsto el empleo de curvas espirales de transición, se verificará que la longitud de estas curvas espirales permita la variación del peralte en los límites indicados, es decir, que la longitud resulte mayor o igual a la que se indica en las siguientes tablas:

**Tabla 2.10: Valores de peralte y longitud de transición de peralte - peralte máximo = 4%**

R (m)	V=20km/h		V=30km/h		V=40km/h		V=50km/h		V=60km/h	
	(%)	L (m)	(%)	L (m)	(%)	L (m)	(%)	L (m)	(%)	L (m)
7000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
5000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
3000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
2500	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
2000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
1500	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
1400	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BH	0
1300	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BH	0
1200	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BH	12
1000	BN	0	BN	0	BN	0	BH	0	BH	12
900	BN	0	BN	0	BN	0	BH	11	BH	12
800	BN	0	BN	0	BN	0	BH	11	2.1	13
700	BN	0	BN	0	BH	0	BH	11	2.3	14
600	BN	0	BN	0	BH	10	2.1	12	2.5	15
500	BN	0	BN	0	BH	10	2.3	13	2.7	16
400	BN	0	BN	0	2.1	11	2.5	14	3.0	18
300	BN	0	BH	BH	2.4	12	2.8	16	3.3	20
250	BN	0	BH	10	2.6	13	3.0	17	3.6	22
200	BH	0	2.3	11	2.8	14	3.3	18	3.8	23
175	BH	0	2.4	12	2.9	15	3.5	19	3.9	23
150	BH	9	2.5	12	3.1	15	3.7	20	4.0	24
140	BH	9	2.5	12	3.2	16	3.8	21	Rmín=150	
130	BH	9	2.6	12	3.3	17	3.8	21		
120	BH	9	2.7	13	3.4	17	3.9	22		
110	BH	9	2.8	13	3.5	18	4.0	22		
100	2.1	9	2.9	14	3.6	19	4.0	22		
90	2.2	10	3.0	14	3.7	19	Rmín=100			
80	2.4	11	3.2	15	3.8	20				
70	2.5	11	3.3	16	3.9	20	e= peralte %			
60	2.6	12	3.5	17	4.0	21	R= radio			
50	2.8	13	3.7	18	Rmín=60		V= velocidad			
40	3.0	14	3.9	19	BN= sección con bombeo normal					
30	3.3	15	Rmín=35			BH= sección con bombeo adverso horizontal				
20	3.8	17	L= longitud de transición de peralte							
Rmín=15		emax=4%								

**Fuente: MDCNPBVT, (2008), p.47.**

**Tabla 2.11: Valores de peralte y longitud de transición de peralte - peralte máximo = 6%**

R (m)	V=20km/h		V=30km/h		V=40km/h		V=50km/h		V=60km/h	
	(%)	L (m)	(%)	L (m)	(%)	L (m)	(%)	L (m)	(%)	L (m)
7000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
5000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
3000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
2500	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
2000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
1500	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
1400	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BH	12
1300	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	RC	12
1200	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	RC	12
1000	BN	0	BN	0	BN	0	BH	11	2.1	13
900	BN	0	BN	0	BN	0	RC	11	2.3	14
800	BN	0	BN	0	BN	0	RC	11	2.5	15
700	BN	0	BN	0	BH	10	2.1	12	2.8	17
600	BN	0	BN	0	RC	10	2.4	13	3.1	19
500	BN	0	BN	0	2.1	11	2.8	16	3.6	21
400	BN	0	BH	10	2.5	13	3.3	18	4.0	24
300	BN	0	BH	10	3.1	15	3.9	22	4.6	28
250	BN	0	2.3	11	3.5	16	4.2	23	5	30
200	BH	0	2.8	13	3.9	18	4.7	26	5.5	33
175	BH	9	3.0	14	4.1	20	5.0	28	5.8	35
150	BH	9	3.3	16	4.4	21	5.3	29	6.0	36
140	BH	9	3.5	17	4.5	23	5.4	30	6.0	36
130	2.1	9	3.6	17	4.6	24	5.5	31	Rmín=135	
120	2.2	10	3.8	18	4.8	25	5.7	32		
110	2.4	11	3.9	19	5.0	26	5.8	33		
100	2.6	11	4.1	20	5.2	27	6.0	33		
90	2.7	12	4.2	20	5.4	28	Rmín=90			
80	3.0	14	4.5	22	5.5	29				
70	3.2	14	4.7	23	5.8	30	e= peralte %			
60	3.5	15	5.0	24	6.0	31	R= radio			
50	3.8	17	5.4	26	Rmín=55		V= velocidad			
40	4.2	19	5.8	28	BN= sección con bombeo normal					
30	4.7	21	6.0	29	BH= sección con bombeo adverso horizontal					
20	5.5	25	Rmín=30		L= longitud de transición de peralte					
Rmín=15		emax=6%								

**Fuente:** MDCNPBVT, (2008), p.48.

**Tabla 2.12: Valores de peralte y longitud de transición de peralte - peralte máximo = 8%**

R (m)	V=20km/h		V=30km/h		V=40km/h		V=50km/h		V=60km/h		
	(%)	L (m)	(%)	L (m)	(%)	L (m)	(%)	L (m)	(%)	L (m)	
7000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	
5000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	
3000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	
2500	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	
2000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	
1500	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	
1400	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BH	12	
1300	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BH	12	
1200	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BH	12	
1000	BN	0	BN	0	BN	0	BH	11	2.2	13	
900	BN	0	BN	0	BN	0	BH	11	2.4	14	
800	BN	0	BN	0	BN	0	BH	11	2.7	16	
700	BN	0	BN	0	BH	10	2.2	12	3.0	18	
600	BN	0	BN	0	BH	10	2.8	14	3.4	20	
500	BN	0	BN	0	2.2	11	3.0	17	3.9	23	
400	BN	0	BH	10	2.7	14	3.8	20	4.7	28	
300	BN	0	2.1	10	3.4	17	4.5	25	5.6	34	
250	BN	0	2.5	12	4.0	21	5.1	28	6.2	37	
200	BN	0	3.0	14	4.6	24	5.8	32	7.0	42	
175	BH	9	3.4	16	5.0	25	6.2	34	7.4	44	
150	BH	9	3.8	18	5.4	26	6.7	37	7.8	47	
140	BH	9	4.0	19	5.5	29	6.9	38	7.9	47	
130	2.2	10	4.2	20	5.8	30	7.1	39	8.0	48	
120	2.3	10	4.4	21	6.0	31	7.4	41	Rmín=125		
110	2.5	11	4.7	23	6.3	32	7.6	42			
100	2.7	12	5.0	24	6.6	34	7.8	43			
90	3.0	14	5.2	25	6.9	35	7.9	44			
80	3.3	15	5.5	26	7.2	37	8.0	44			
70	3.6	16	5.9	28	7.6	39	Rmín=80				
60	4.1	18	6.4	31	7.8	40					
50	4.6	21	6.9	33	8.0	41					
40	5.2	23	7.5	36	Rmín=45		e= peralte %				
30	2.9	27	8.0	38			R= radio				
20	7.1	32	Rmín=30				V= velocidad				
Rmín=10								BN= sección con bombeo normal			
								BH= sección con bombeo			
								adverso horizontal			
								L= longitud de transición de peralte			
								emax=8%			

**Fuente:** MDCNPBVT, (2008), p.49.

**Tabla 2.13: Valores de peralte y longitud de transición de peralte - peralte máximo = 10%**

R (m)	V=20km/h		V=30km/h		V=40km/h		V=50km/h		V=60km/h	
	(%)	L (m)								
7000	BN	0								
5000	BN	0								
3000	BN	0								
2500	BN	0								
2000	BN	0								
1500	BN	0								
1400	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BH	12
1300	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BH	12
1200	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BH	12
1000	BN	0	BN	0	BN	0	BH	11	2.2	13
900	BN	0	BN	0	BN	0	BH	11	2.6	15
800	BN	0	BN	0	BN	0	BH	12	2.7	16
700	BN	0	BN	0	BH	10	2.3	13	3.1	19
600	BN	0	BN	0	BH	10	2.7	15	3.6	22
500	BN	0	BN	0	2.3	12	3.1	17	4.2	25
400	BN	0	BH	10	2.8	14	3.8	21	5.0	30
300	BN	0	2.2	11	3.5	19	4.6	27	5.3	38
250	BN	0	2.6	12	4.2	22	5.6	31	7.1	43
200	BN	0	3.1	15	5.0	26	6.5	37	8.2	49
175	BH	9	3.5	17	5.6	29	7.1	39	8.8	53
150	BH	9	4.0	19	6.2	32	7.8	43	9.4	56
140	2.1	9	4.3	21	6.4	33	8.1	45	9.7	58
130	2.2	10	4.5	22	6.7	34	8.5	47	9.8	59
120	2.4	11	4.8	23	7.0	36	8.8	49	10.0	60
110	2.6	12	5.1	24	7.4	38	9.1	50	Rmín=115	
100	2.8	13	5.5	26	7.7	40	9.5	53		
90	3.1	14	5.9	28	8.2	42	9.8	54		
80	3.4	15	6.4	31	8.8	44	10.0	55		
70	3.8	17	6.9	33	9.1	47	Rmín=75			
60	4.4	20	7.5	36	9.6	49				
50	5.0	23	8.2	39	10.0	51				
40	5.9	27	9.1	44	Rmín=45					
30	7.0	31	9.9	48						
20	8.5	38	Rmín=25							
Rmín=10										

e= peralte %  
R= radio  
V= velocidad  
BN= sección con bombeo normal  
BH= sección con bombeo  
adverso horizontal  
L= longitud de transición de peralte  
emax=10%

**Fuente:** MDCNPBVT, (2008), p.50.

**Tabla 2.14: Valores de peralte y longitud de transición de peralte - peralte máximo = 12%**

R (m)	V=20km/h		V=30km/h		V=40km/h		V=50km/h		V=60km/h			
	(%)	L (m)										
7000	BN	0										
5000	BN	0										
3000	BN	0										
2500	BN	0										
2000	BN	0										
1500	BN	0										
1400	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BH	12		
1300	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BH	12		
1200	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BH	12		
1000	BN	0	BN	0	BN	0	BH	11	2.3	14		
900	BN	0	BN	0	BN	0	BH	11	2.5	15		
800	BN	0	BN	0	BN	0	2.1	12	2.8	17		
700	BN	0	BN	0	BH	10	2.4	13	3.2	19		
600	BN	0	BN	0	BH	10	2.7	15	3.3	22		
500	BN	0	BN	0	2.4	12	3.2	18	4.3	26		
400	BN	0	BH	10	2.9	15	3.9	22	5.3	62		
300	BN	0	2.2	11	3.8	20	5.1	28	6.7	40		
250	BN	0	2.6	12	4.4	23	6.9	33	7.7	46		
200	BN	0	3.2	15	6.3	27	7.1	39	9.1	55		
175	BH	9	3.6	17	6.9	30	7.8	43	10.0	60		
150	BH	9	4.2	20	6.7	34	8.7	48	10.9	65		
140	2.1	9	4.4	21	7.0	38	9.1	50	11.2	67		
130	2.3	10	4.7	23	7.4	39	9.5	53	11.5	59		
120	2.5	11	5.1	24	7.8	40	10.0	55	11.8	71		
110	2.7	12	5.4	26	8.2	42	10.5	58	12.0	72		
100	2.8	13	5.9	28	8.7	45	11.0	61	Rmín=105			
90	3.2	14	6.4	31	9.3	48	11.4	63				
80	3.5	16	6.9	33	9.9	51	11.8	65				
70	4.0	18	7.6	36	10.5	54	12.0	66				
60	4.6	21	6.4	40	11.2	58	Rmín=70					
50	5.3	24	9.3	45	11.8	61						
40	6.3	28	10.4	50							e= peralte %	
30	7.7	35	11.5	56	Rmín=45						R= radio	
20	9.7	44	Rmín=25								V= velocidad	
Rmín=10											BN= sección con bombeo normal	
											BH= sección con bombeo adverso horizontal	
											L= longitud de transición de peralte	
											emax=12%	

**Fuente:** MDCNPBVT, (2008), p.51.

### 2.2.14.6 Longitud de curva horizontal

Si la velocidad directriz es menor a 50 km/h y el ángulo de deflexión es mayor que 5°, se considera como longitud de curva mínima deseada la longitud obtenida con la siguiente expresión:

$$L = 3V \quad \dots \text{(ecuación 2.6)}$$

Dónde: (L = longitud de curva en metros y V = velocidad en km/hora)

En el caso de ángulos de deflexión ( $\Delta$ ) pequeños, iguales a 5°, los radios deberán ser suficiente grandes para proporcionar la longitud de curva mínima L obtenida con la fórmula siguiente:

$$L > 30(10 - \Delta), \Delta \leq 5^\circ \quad \dots \text{(ecuación 2.7)}$$

(L en metros;  $\Delta$  en grados)

Deben evitarse longitudes de curvas horizontales mayores a 800 metros.

### 2.2.14.7 Sobreancho

La fórmula de cálculo está dada por el manual DG-2018

$$Sa = n(R - \sqrt{R^2 - L^2}) + \frac{V}{10\sqrt{R}} \dots \text{(ecuación 2.8)}$$

Dónde:

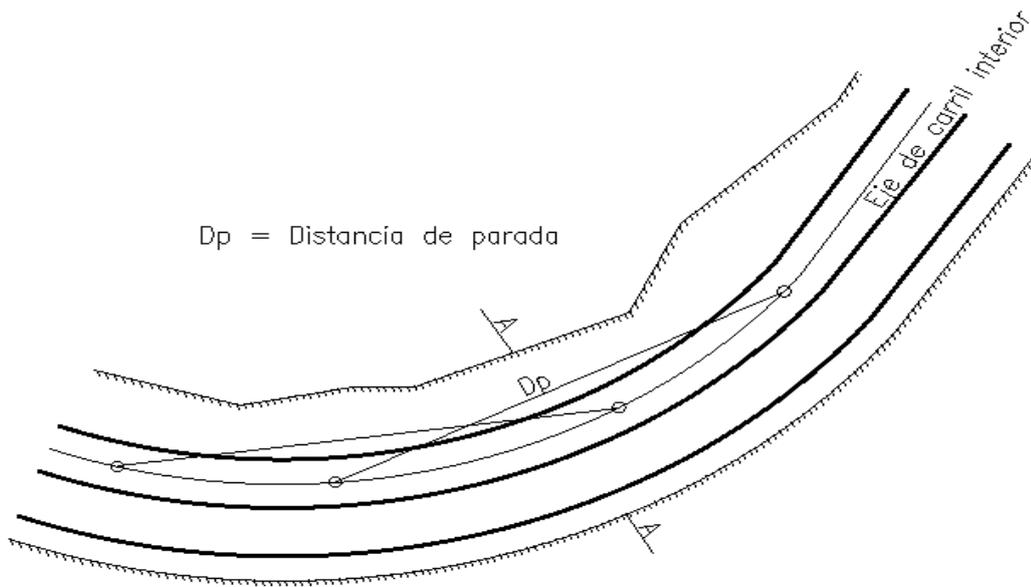
n	: número de carriles.
R	: radio de la curva (m)
L	: distancia entre el eje posterior y parte frontal(m)
V	: velocidad directriz (km. /h.)

*Fuente: DG-2018, (2018), p.161.*

### 2.2.14.8 Distancia de visibilidad en curvas horizontales

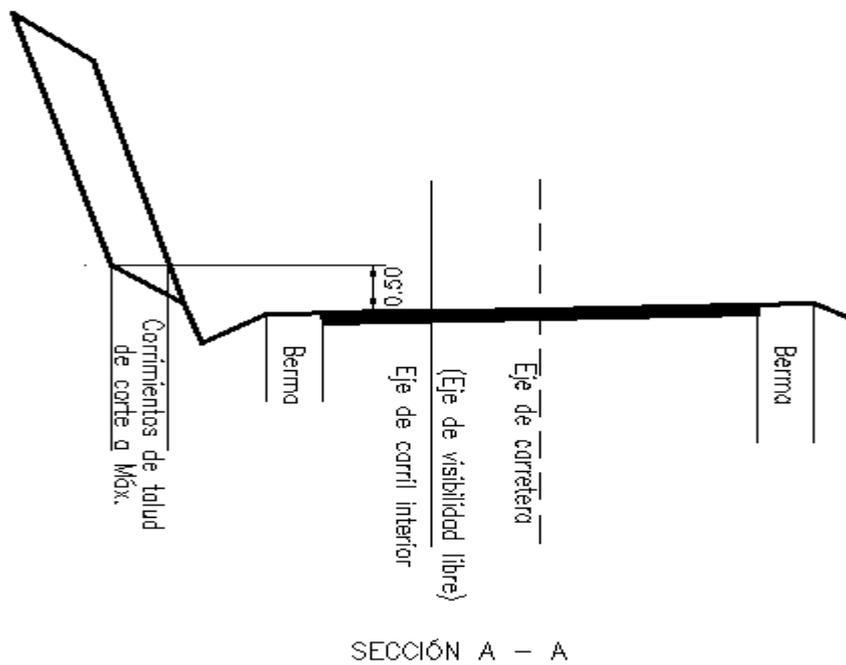
La distancia de visibilidad en el interior de las curvas horizontales es un elemento del diseño del alineamiento horizontal.

Cuando hay obstrucciones a la visibilidad en el lado interno de una curva horizontal (tales como taludes de corte, paredes o barreras longitudinales), se requiere un ajuste en el diseño de la sección transversal normal o en el alineamiento, cuando la obstrucción no puede ser removida. De modo general, en el diseño de una curva horizontal, la línea de visibilidad será por lo menos igual a la distancia de parada correspondiente y se mide a lo largo del eje central del carril interior de la curva.



**Figura 2.2: Visibilidad en curvas horizontales (vista en planta)**

*Fuente: DG-2018, (2018), p.167.*



**Figura 2.3: Sección A-A de visibilidad en curvas horizontales**

*Fuente: DG-2018, (2018), p.167.*

El mínimo ancho que deberá quedar libre de obstrucciones a la visibilidad, será calculado por la expresión siguiente:

$$M = R \left( 1 - \cos \frac{28.65 \cdot S}{R} \right) \quad \dots \text{(ecuación 2.9)}$$

Dónde:

M = Ordenada media o ancho mínimo libre.

R = Radio de la curva horizontal.

S = Distancia de visibilidad.

*Fuente: MDCNPBVT, (2008), p.43.*

### **2.2.14.9 Curvas compuestas**

En general, se evitará el empleo de curvas compuestas, tratando de reemplazarlas por una sola curva. En casos excepcionales podrán usarse curvas compuestas o curvas poli-céntricas de tres centros, en tal caso, el radio de una no será mayor que 1.5 veces el radio de la otra.

*Fuente: MDCNPBVT, (2008), p.43.*

## **2.2.15 DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL**

### **2.2.15.1 Consideraciones para el alineamiento vertical**

En el diseño vertical, el perfil longitudinal conforma la rasante, la misma que está constituida por una serie de rectas enlazadas por arcos verticales parabólicos a los cuales dichas rectas son tangentes.

Para fines de proyecto, el sentido de las pendientes se define según el avance del kilometraje, siendo positivas aquellas que implican un aumento de cota y negativas las que producen una pérdida de cota.

Las curvas verticales entre dos pendientes sucesivas permiten conformar una transición entre pendientes de distinta magnitud, eliminando el quiebre brusco de la rasante. El diseño de estas curvas asegurará distancias de visibilidad adecuadas.

El sistema de cotas del proyecto se referirá en lo posible al nivel medio del mar, para lo cual se enlazarán los puntos de referencia del estudio con los B.M. de nivelación del Instituto Geográfico Nacional.

A efectos de definir el perfil longitudinal, se considerarán como muy importantes las características funcionales de seguridad y comodidad que se deriven de la visibilidad

disponible, de la deseable ausencia de pérdidas de trazado y de una transición gradual continua entre tramos con pendientes diferentes.

Para la definición del perfil longitudinal se adoptarán los siguientes criterios, salvo casos suficientemente justificados:

- En carreteras de calzada única, el eje que define el perfil coincidirá con el eje central de la calzada.
- Salvo casos especiales en terreno llano, la rasante estará por encima del terreno a fin de favorecer el drenaje.
- En terreno ondulado, por razones de economía, la rasante se acomodará a las inflexiones del terreno, de acuerdo con los criterios de seguridad, visibilidad y estética.
- En terreno montañoso y en terreno escarpado, también se acomodará la rasante al relieve del terreno evitando los tramos en contra pendiente cuando debe vencerse un desnivel considerable, ya que ello conduciría a un alargamiento innecesario del recorrido de la carretera.
- Es deseable lograr una rasante compuesta por pendientes moderadas que presente variaciones graduales entre los alineamientos, de modo compatible con la categoría de la carretera y la topografía del terreno.
- Los valores especificados para pendiente máxima y longitud crítica podrán emplearse en el trazado cuando resulte indispensable. El modo y oportunidad de la aplicación de las pendientes determinarán la calidad y apariencia de la carretera.
- Rasantes de lomo quebrado (dos curvas verticales de mismo sentido, unidas por una alineación corta), deberán ser evitadas siempre que sea posible. En casos de curvas convexas, se generan largos sectores con visibilidad restringida y cuando son cóncavas, la visibilidad del conjunto resulta antiestética y se generan confusiones en la apreciación de las distancias y curvaturas.

#### **2.2.15.2 Curvas verticales**

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

Las curvas verticales serán proyectadas de modo que permitan, cuando menos, la visibilidad en una distancia igual a la de visibilidad mínima de parada.

La determinación de la longitud de las curvas verticales se seleccionará el índice de curvatura K. La longitud de la curva vertical será igual al índice K multiplicado por el valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes (A), conforme lo indica el manual respectivo.

$$L = K * A \dots (\text{ecuación 2.10})$$

Dónde:

K : Parámetro de curvatura

L : Longitud de la curva vertical

A : Valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes

Los valores de los índices K se muestran en la tabla 2.15 para curvas convexas y en la tabla 2.16 para curvas cóncavas.

**Tabla 2.15: Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa**

Velocidad directriz (km./h)	Longitud controlada por la visibilidad de frenado		Longitud controlada por la visibilidad de adelantamiento	
	Distancia de visibilidad de frenado m.	Índice de curvatura K	Distancia de visibilidad de adelantamiento	Índice de curvatura K
20	20	0.6	--	--
30	35	1.9	200	46
40	50	3.8	270	84
50	65	6.4	345	138
60	85	11	410	195

El índice de curvatura es la longitud (L) de la curva de las pendientes (A)  $K=L/A$  por el porcentaje de la diferencia algebraica.

*Fuente: MDCNPBVT, (2008), p.55.*

**Tabla 2.16: Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava**

Velocidad directriz (km./h)	Distancia de visibilidad de frenado m.	Índice de curvatura K
20	20	2.1
30	35	5.1
40	50	8.5
50	65	12.2
60	85	17.3

El índice de curvatura es la longitud (L) de la curva de las pendientes (A)  $K=L/A$  por el porcentaje de la diferencia algebraica.

*Fuente: MDCNPBVT, (2008), p.56.*

### 2.2.15.3 Pendiente

En los tramos en corte se evitará preferiblemente el empleo de pendientes menores a 0.5%. Podrá hacerse uso de rasantes horizontales en los casos en que las cunetas adyacentes puedan ser dotadas de la pendiente necesaria para garantizar el drenaje y la calzada cuente con un bombeo igual o superior a 2%.

En general, se considera deseable no sobrepasar los límites máximos de pendiente que están indicados en la tabla 2.17.

Los límites máximos de pendiente se establecerán teniendo en cuenta la seguridad de la circulación de los vehículos más pesados, en las condiciones más desfavorables de la superficie de rodadura.

En tramos carreteros con altitudes superiores a los 3,000 msnm., los valores máximos de la tabla 2.17 para terreno montañoso o terreno escarpado se reducirán en 1%

*Tabla 2.17: Pendientes máximas*

<b>Orografía tipo</b> <b>Velocidad de diseño</b>	<b>Terreno plano</b>	<b>Terreno ondulado</b>	<b>Terreno montañoso</b>	<b>Terreno escarpado</b>
20	8	9	10	12
30	8	9	10	12
40	8	9	10	10
50	8	8	8	8
60	8	8	8	8

*Fuente: MDCNPBVT, (2008), p.57.*

En el caso de ascenso continuo y cuando la pendiente sea mayor del 5%, se proyectará, más o menos cada tres kilómetros, un tramo de descanso de una longitud no menor de 500 m, con pendiente no mayor de 2%. Se determinará la frecuencia y la ubicación de estos tramos de descanso de manera que se consigan las mayores ventajas y los menores incrementos del costo de construcción.

En general cuando se emplee pendientes mayores a 10%, el tramo con esta pendiente no debe exceder a 180 m.

Es deseable que la máxima pendiente promedio en tramos de longitud mayor a 2000 m. no supere el 6%, las pendientes máximas que se indican en la tabla 2.17 son aplicables.

En curvas con radios menores a 50 m. debe evitarse pendientes en exceso a 8%, debido a que la pendiente en el lado interior de la curva se incrementa muy significativamente.

#### 2.2.15.4 Coordinación entre el diseño horizontal y vertical

El diseño de los alineamientos horizontal y vertical no debe realizarse independientemente. Para obtener seguridad, velocidad uniforme, apariencia agradable y eficiente servicio al tráfico, es necesario coordinar estos alineamientos.

La superposición (coincidencia de ubicación) de la curvatura vertical y horizontal generalmente da como resultado una carretera más segura y agradable. Cambios sucesivos en el perfil longitudinal no combinados con la curvatura horizontal pueden conllevar una serie de depresiones no visibles al conductor del vehículo.

No es conveniente comenzar o terminar una curva horizontal cerca de la cresta de una curva vertical. Esta condición puede resultar insegura especialmente en la noche, si el conductor no reconoce el inicio o final de la curva horizontal. Se mejora la seguridad si la curva horizontal guía a la curva vertical. La curva horizontal debe ser más larga que la curva vertical en ambas direcciones.

Para efectos del drenaje deben diseñarse las curvas horizontal y vertical de modo que éstas no se ubiquen cercanas a la inclinación transversal nula en la transición del peralte.

No es adecuado colocar una curva cerrada cercana al punto bajo de una curva vertical cóncava pronunciada. La vista delante de la carretera se acorta y cualquier curva horizontal que no es suficientemente plana, adquiere una apariencia alabeada desagradable y peligrosa. Además, la velocidad de los vehículos, particularmente la de los más pesados, frecuentemente es mayor en la parte más baja de la pendiente pudiéndose producir operaciones erráticas especialmente en la noche.

El diseño horizontal y vertical de una carretera deberá estar coordinado de forma que el usuario pueda circular por ella de manera cómoda y segura. Concretamente, se evitará que se produzcan pérdidas visuales de trazado, definida esta como el efecto que sucede cuando el conductor puede ver, en un determinado instante, dos tramos de carretera, pero no puede ver otro situado entre los dos anteriores.

*Fuente: MDCNPBVT, (2008), p.57.*

## 2.2.16 SECCIÓN TRANSVERSAL

### 2.2.16.1 Calzada

En el diseño de carreteras de muy bajo volumen de tráfico  $IMDA < 50$ , la calzada podrá estar dimensionada para un solo carril. En los demás casos, la calzada se dimensionará para dos carriles.

En la tabla 2.18, se indican los valores apropiados del ancho de la calzada en tramos rectos para cada velocidad directriz en relación al tráfico previsto y a la importancia de la carretera.

*Tabla 2.18: Ancho mínimo deseable de la calzada en tangente (m)*

Tráfico IMDA	<15	16 á 50	51 á 100	101 á 200			
Velocidad km./h	*	*	**	*	**	*	**
25	3.50	3.50	5.00	5.50	5.50	5.50	6.00
30	3.50	4.00	5.50	5.50	5.50	5.50	6.00
40	3.50	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00
50	3.50	5.50	6.00	5.50	6.00	6.00	6.00
60		5.50	6.00	5.50	6.00	6.00	6.00

\* Calzada de un solo carril, con plazoletas de cruce y/o adelantamiento.

\*\* Carreteras con predominio de tráfico pesado.

*Fuente: MDCNPBVT, (2008), p.60.*

En los tramos en recta, la sección transversal de la calzada presentará inclinaciones transversales (bombeo) desde el centro hacia cada uno de los bordes para facilitar el drenaje superficial y evitar el empozamiento del agua.

### 2.2.16.2 Berma

A cada lado de la calzada se proveerán bermas con un ancho mínimo de 0.50 m. Este ancho deberá permanecer libre de todo obstáculo incluyendo señales y guardavías. Cuando se coloque guardavías se construirá un sobre ancho mínimo de 0.50 m. En los tramos en tangentes las bermas tendrán una pendiente de 4% hacia el exterior de la plataforma.

La berma situada en el lado inferior del peralte seguirá la inclinación de este cuando su valor sea superior a 4%. En caso contrario la inclinación de la berma será igual al 4%.

La berma situada en la parte superior del peralte tendrá en lo posible una inclinación en sentido contrario al peralte igual a 4%, de modo que escurra hacia la cuneta.

*Fuente: MDCNPBVT, (2008), p.60.*

### **2.2.16.3 Bombeo**

Las carreteras no pavimentadas estarán provistas de bombeo con valores entre 2% y 3%. En los tramos en curva, el bombeo será sustituido por el peralte. En las carreteras de bajo volumen de tránsito con IMDA inferior a 200 veh/día, se puede sustituir el bombeo por una inclinación transversal de la superficie de rodadura de 2.5% a 3% hacia uno de los lados de la calzada.

*Fuente: MDCNPBVT, (2008), p.60.*

### **2.2.16.4 Ancho de la plataforma**

El ancho de la corona a rasante terminada resulta de la suma del ancho de la calzada y del ancho de las bermas.

La plataforma de la sub-rasante tendrá un ancho necesario para recibir sobre ella la capa o capas integrantes del pavimento y la cuneta de drenaje.

*Fuente: MDCNPBVT, (2008), p.61.*

### **2.2.16.5 Plazoletas**

En carreteras de un solo carril con dos sentidos de tránsito se construirán ensanches en la plataforma, de 30 m de longitud y un ancho mínimo de 3 m, cada 500 m como mínimo para que puedan cruzarse los opuesto o adelantarse aquellos del mismo sentido.

La ubicación de las plazoletas se fijará convenientemente en los puntos más favorables del terreno natural para que el volumen de las explanaciones sea mínimo, teniendo en cuenta el desarrollo del trazado para asegurar la visibilidad de parada.

*Fuente: MDCNPBVT, (2008), p.61.*

### **2.2.16.6 Taludes**

Los taludes para las secciones en corte y en relleno variarán de acuerdo a la estabilidad del terreno en que están practicados. Las alturas admisibles de talud y su inclinación se determinarán en lo posible, por medio de ensayos y cálculos tomados en cuenta la experiencia del comportamiento de los taludes en corte ejecutados en rocas y suelos de naturaleza y características geotécnicas similares que mantienen estables ante condiciones ambientales semejantes. Los taludes se definirán con la relación H:V de diseño.

*Fuente: MDCNPBVT, (2008), p.62.*

**Tabla 2.19: Taludes de corte**

Clase de terreno	Talud (H:V)		
	H<5	5<H<10	H>10
Roca fija	1 : 10	(*)	(**)
Roca suelta	1 : 6 – 1 : 4	(*)	(**)
Conglomerados cementados	1 : 4	(*)	(**)
Suelos consolidados compactados	1 : 4	(*)	(**)
Conglomerados comunes	1 : 3	(*)	(**)
Tierra compactada	1 : 2 – 1 : 1	(*)	(**)
Tierra suelta	1 : 1	(*)	(**)
Arena suelta	2 : 1	(*)	(**)
Zonas blandas con abundantes arcillas o	2 : 1	(*)	(**)
Zonas humedecidas por filtraciones	hasta 3 : 1	(*)	(**)

(\*) Requiere banquetta o análisis de estabilidad

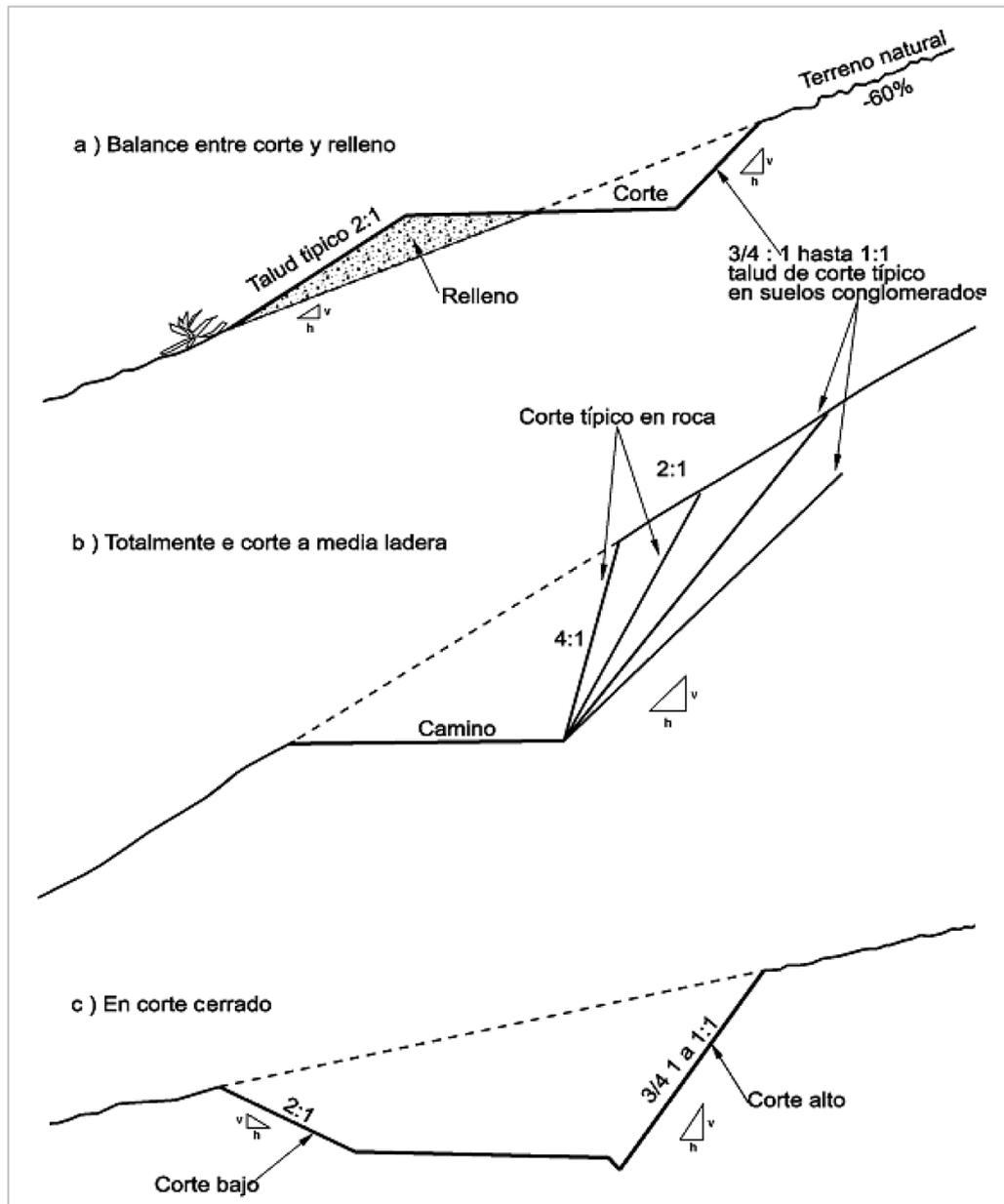
*Fuente: MDCNPBVT, (2008), p.114.*

**Tabla 2.20: Taludes de relleno**

Materiales	Talud (H:V)		
	H<5	5<H<10	H>10
Enrocado	1 : 1	(*)	(**)
Suelos diversos compactados (mayoría de suelos)	1.5 : 1	(*)	(**)
Arena compactada	2 : 1	(*)	(**)

(\*) Requiere banquetta o análisis de estabilidad

*Fuente: MDCNPBVT, (2008), p.115.*



**Figura 2.4: Opciones de diseño de secciones típicas**

*Fuente: MDCNPBVT, (2008), p.118.*

### 2.2.16.7 Cunetas

Las cunetas tendrán, en general, sección triangular y se proyectarán para todos los tramos al pie de los taludes de corte.

Sus dimensiones serán fijadas de acuerdo a las condiciones pluviométricas, siendo las dimensiones mínimas aquellas indicadas en el cuadro 4.1.3a. del MDCNPBVT.

El ancho es medido desde el borde de la subrasante hasta la vertical que pasa por el vértice inferior. La profundidad es medida verticalmente desde el nivel del borde de la subrasante el fondo o vértice de la cuneta.

**Tabla 2.21: Dimensión de cunetas mínimas**

Región	Profundidad (m)	Ancho (m)
Seca	0.20	0.50
Lluviosa	0.30	0.75
Muy lluviosa	0.50	1.00

*Fuente: MDCNPBVT, (2008), p.80.*

## 2.2.17 DEFINICIONES VARIAS

### 2.2.17.1 Estación total

Se denomina estación total a un aparato electro-óptico utilizado en topografía, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica, consiste en la incorporación de un distanciómetro y un microprocesador a un teodolito electrónico. Algunas de las características que incorpora, y con las cuales no cuentan los teodolitos, son una pantalla alfanumérica de cristal líquido (LCD), iluminación independiente de la luz solar, calculadora, distanciómetro, trackeador (seguidor de trayectoria) y en formato electrónico, lo cual permite utilizarla posteriormente en ordenadores personales.

*Fuente: Geotop, (2009).*

### 2.2.17.2 GPS

El **sistema de posicionamiento global** (GPS) es un sistema que permite determinar en toda la Tierra la posición de un objeto (una persona, un vehículo) con una precisión de hasta centímetros (si se utiliza GPS diferencial), aunque lo habitual son unos pocos metros de precisión. El sistema fue desarrollado, instalado y empleado por el departamento de defensa de los Estados Unidos. Para determinar las posiciones en el globo, el sistema GPS está constituido por 24 satélites y utiliza la trilateración.

*Fuente: Garmin, (2015).*

### 2.2.17.3 Wincha topográfica

Es una cinta métrica flexible, enrollada dentro de una caja de plástico o metal, que generalmente está graduada en centímetros en un costado de la cinta y en pulgadas en el otro. Para longitudes mayores a 10 m, existen de plástico o lona reforzada. Las más confiables son las metálicas porque no se deforman al estirarse.

*Fuente: Geotop, (2009).*

#### 2.2.17.4 Eclímetro

Este término se refiere (en topografía) a un instrumento usado o empleado por los topógrafos para medir o calcular la inclinación de la pendiente de cualquier terreno, hay una variación de estos instrumentos y también tiene en cuenta los ángulos, también se le dice clinómetro.

*Fuente: Geotop, (2009).*

### 2.3 CONSISTENCIA Y COORDINACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS

La consistencia del diseño geométrico de una carretera, se entiende como la relación de homogeneidad de sus características geométricas.

Los avances tecnológicos actuales expresados en programas de cómputo, que facilitan la simulación tridimensional del proyecto, son herramientas que, pese a su gran aporte, no permiten la determinación de ciertos detalles del diseño vial, por lo que siempre será necesario estudiar las representaciones en planta, perfil y sección transversal del diseño.

La aplicación de las normas contenidas, debe dar como resultado un diseño que cumpla con las siguientes condiciones:

- Que el conductor pueda distinguir la superficie de rodadura, así como eventuales obstáculos, a una distancia suficiente que le permita reaccionar adecuadamente.
- Que el conductor pueda apreciar de manera oportuna, puntos particulares tales como intersecciones, confluencias, bifurcaciones, puentes, túneles, etc.
- Tener una percepción continua de la evolución del trazado, evitando confusiones generadas por interrupciones en la geometría, que podrían llevar a respuestas erróneas a los conductores.

Para conseguir una adecuada coordinación de los elementos del trazado en planta y perfil, se tendrá en consideración los siguientes criterios generales:

1. Los puntos de inflexión en planta y perfil deben aproximadamente coincidir y ser iguales en cantidad a lo largo de un tramo.

2. Debe cumplirse la siguiente relación:

$$5A \leq (L/R) \leq 10A \dots \text{(ecuación 2.11)}$$

Dónde:

L: Longitud de curva vertical (m)

A: Valor absoluto de la diferencia algebraica de pendientes

R: Radio de curva circular en planta (m)

3. En carreteras con velocidad de diseño igual o menor a 60 km/h, debe cumplirse la siguiente condición:

$$L = (100 A R)/p... \text{ (ecuación 2.12)}$$

Dónde:

p : Peralte correspondiente a la curva circular (%)

L: Longitud de curva vertical (m)

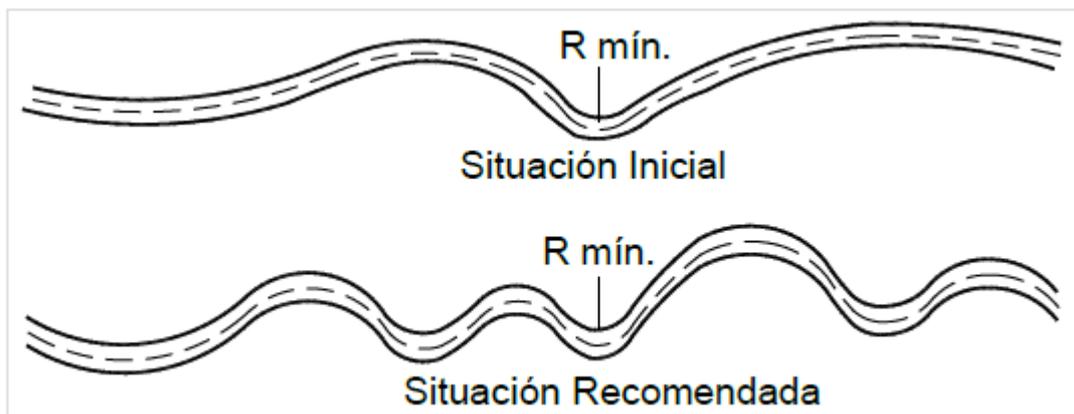
A: Valor absoluto de la diferencia algebraica de pendientes (tanto x 1)

R: Radio de curva circular en planta (m)

*Fuente: DG-2018, (2018), p.264.*

También para lograr un diseño geométrico que contenga una adecuada interacción entre el diseño en planta, perfil y sección transversal se presentan éstos criterios generales:

- Cuando se presenten variaciones en el tipo de terreno que obliguen a la ubicación de curvas horizontales y verticales con parámetros cercanos al mínimo, se debe generar una transición de la geometría en las zonas adyacentes, de tal forma que se facilite a los conductores realizar los ajustes necesarios a la velocidad. Ver la siguiente figura:



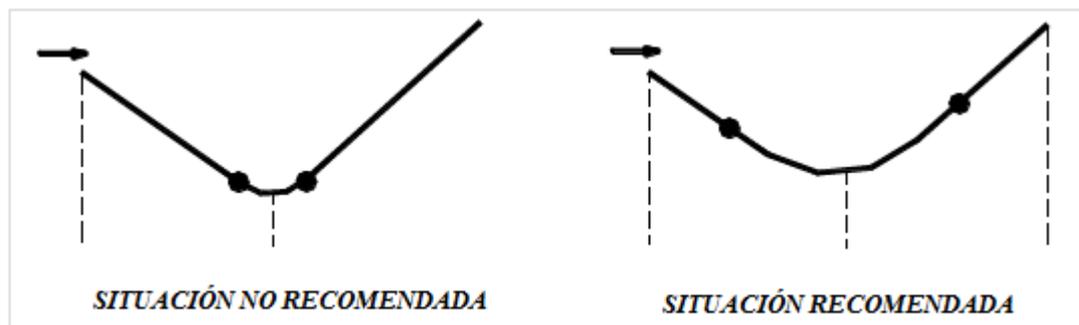
**Figura 2.5: Transición de geometría en zonas adyacentes a curvas horizontales y verticales**

*Fuente: DG-2018, (2018), p.271.*

- Se debe buscar la coincidencia de curvas horizontales y verticales, siempre que los valores de diseño para cada una, no se encuentren muy cercanos o exactamente en los mínimos permitidos. lo anterior tiende a aumentar la ocurrencia de tramos con visibilidad de adelantamiento y mejorar las condiciones de drenaje, entre otras. cuando se realice esta

superposición empleando curvas convexas, se debe permitir que los conductores identifiquen la presencia y magnitud de la curva horizontal antes de generarse el cambio de pendiente longitudinal, es decir, se debe limitar la longitud de la curva vertical convexa según el tipo de curva horizontal, de la siguiente manera:

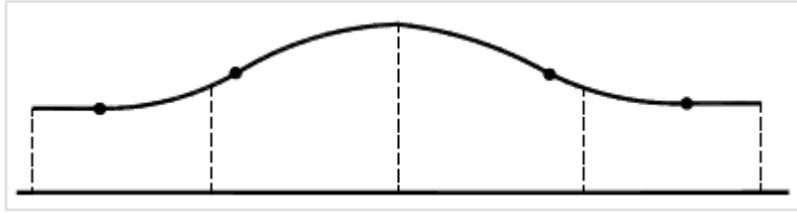
- Si la curva es espiral-circular-espiral, el desarrollo de la curva vertical deberá realizarse dentro del tramo circular central.
- Si se emplea una curva espiral – espiral, el desarrollo de la curva vertical deberá permitir al conductor apreciar más de la mitad de la longitud de la curva horizontal.
- Si la curva es circular simple, el desarrollo de la curva vertical se deberá realizar en una longitud inferior a la de la horizontal.
- Si se emplean curvas circulares compuestas, la longitud de la curva vertical deberá permitir al conductor apreciar por lo menos dos curvas simples consecutivas.
- En terrenos planos, deben sustituirse los tramos en tangente de gran longitud, por curvas horizontales de gran dimensión, buscando disminuir el efecto de monotonía, causada por alineamientos muy largos, así como el deslumbramiento durante la noche.
- El uso de curvas verticales cóncavas es recomendable, siempre que se encuentren acorde con la longitud del tramo de pendiente constante, requiriéndose mayores longitudes de curva entre mayor sea la longitud de las pendientes adyacentes. Ver la siguiente figura:



**Figura 2.6: Uso recomendable de curvas verticales cóncavas.**

**Fuente:** DG-2018, (2018), p.271.

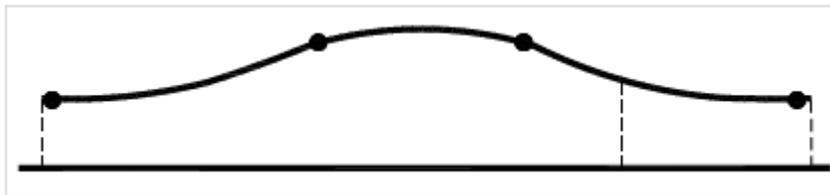
- En sectores de la carretera donde el terreno presente ondulaciones acentuadas, se deben emplear curvas verticales convexas de mayor longitud que las cóncavas, buscando con esto mejorar las condiciones de visibilidad en las partes altas. Ver la siguiente figura:



**Figura 2.7: Curvas verticales convexas de mayor longitud que las cóncavas**

**Fuente:** DG-2018, (2018), p.272.

- En terrenos planos o con ondulaciones bajas, se deben emplear longitudes mayores para las curvas verticales cóncavas que para las convexas, buscando aprovechar las condiciones de visibilidad de las primeras. Ver la siguiente figura:



**Figura 2.8: Curvas verticales cóncavas de mayor longitud que la convexa**

**Fuente:** DG-2018, (2018), p.272.

## 2.4 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 costeadado, 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 del municipio.
- **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.
- **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.

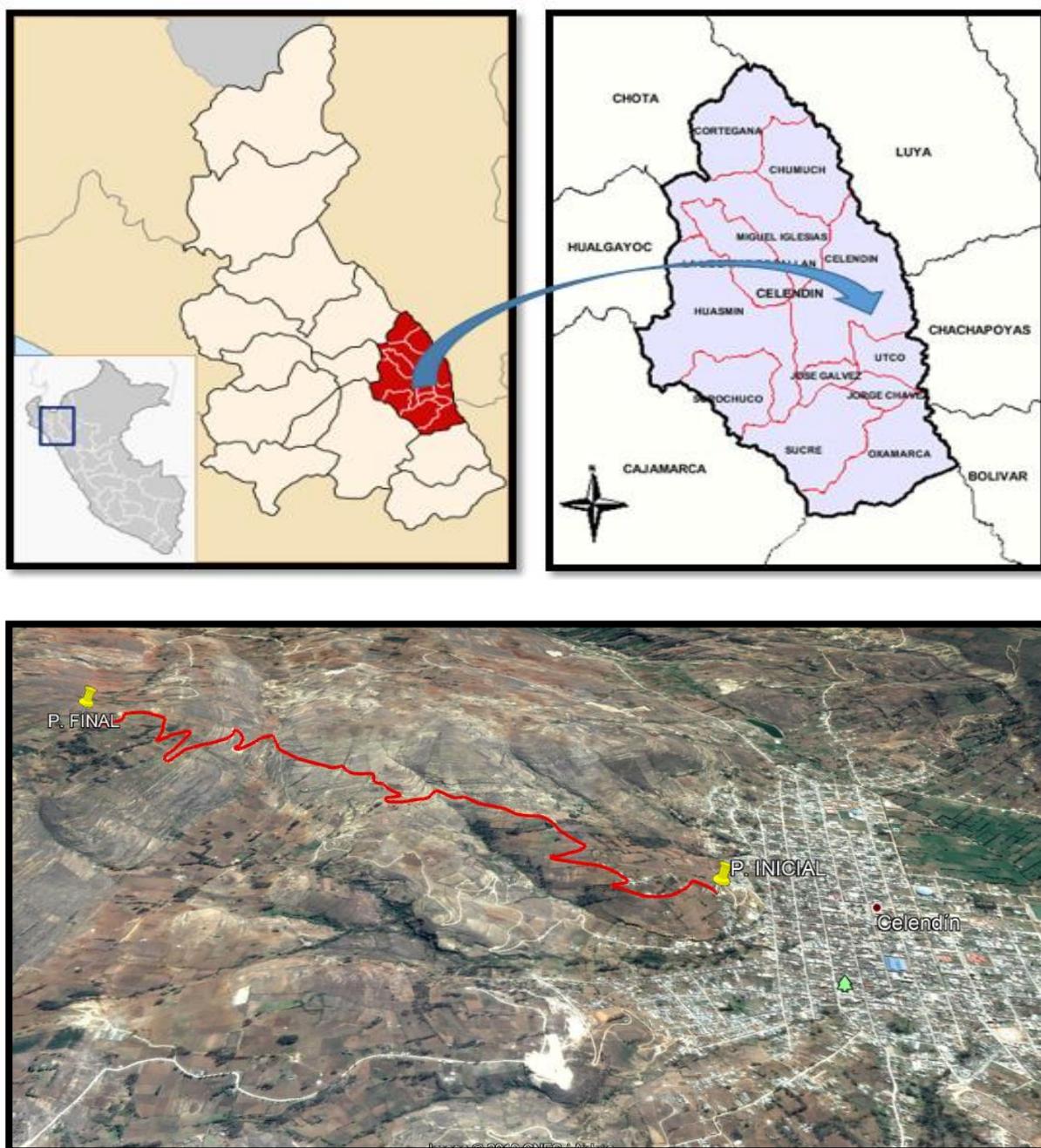
- **Perfil longitudinal:** Trazo del eje longitudinal de la carretera con indicación de cotas y distancias.
- **Pendiente:** Inclinação de una rasante en el sentido de avance.
- **Peralte:** Inclinação transversal de la plataforma en los tramos en curva.
- **Sección transversal:** Corte ideal de la carretera por un plano vertical y normal a la proyección horizontal del eje, en un punto cualquiera del mismo.
- **Sobreancho:** 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.
- **Talud:** Inclinação de diseño dada al terreno lateral de la carretera, tanto en zonas de corte como en terraplenes. Dicha inclinación es la tangente del ángulo formado por el plano de la superficie del terreno y la línea teórica horizontal.
- **Tiempo real:** Cuando un evento o función se dice que toma lugar en tiempo real significa que está pasando en "vivo" o "sobre la marcha".
- **Topografía:** Es una disciplina que se especializa en la descripción detallada de la superficie de un terreno.
- **Tránsito:** Todo tipo de vehículos y sus respectivas cargas, considerados aisladamente o en conjunto, mientras utilizan cualquier camino para transporte o para viaje.
- **Vehículo:** Cualquier componente del tránsito cuyas ruedas no están confinadas dentro de rieles.

## CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

#### 3.1.1 UBICACIÓN POLÍTICA

La presente investigación se realizó en la carretera Celendín – Suro km 00+00 - km 05+261 distrito de Celendín, departamento de Cajamarca.



*Figura 3.1: Ubicación política de la zona en estudio*

*Fuente: Google earth pro*

### 3.1.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Las coordenadas del tramo en estudio en el sistema de referenciación WGS-84, uso 17 y zona S son:

- Coordenadas UTM:

<u>Punto de inicio</u>		<u>Punto final</u>	
<b>Lugar</b>	: Distrito de Celendín	<b>Lugar</b>	: Carretera el Suro
<b>Este</b>	: 814945.13 E	<b>Este</b>	: 812386.15 E
<b>Norte</b>	: 9240153.40 N	<b>Norte</b>	: 9240999.23 N
<b>Altitud</b>	: 2693.47 m.s.n.m.	<b>Altitud</b>	: 3051.62 m.s.n.m

- Coordenadas GEOGRÁFICAS:

<u>Punto de inicio</u>		<u>Punto final</u>	
<b>Lugar</b>	: Distrito de Celendín	<b>Lugar</b>	: Carretera el Suro
<b>Latitud</b>	: S6° 51' 56.77"	<b>Latitud</b>	: S6° 51' 29.74"
<b>Longitud</b>	: W78° 09' 1.84"	<b>Longitud</b>	: W78° 10' 25.28"
<b>Altitud</b>	: 2693.47 m.s.n.m.	<b>Altitud</b>	: 3051.62 m.s.n.m

### 3.2 MATERIALES E INSTRUMENTOS

A continuación, se describe los materiales e instrumentos que se utilizaron en la etapa de campo de la presente investigación:

- **Materiales:**

Material de escritorio, ficha de recolección de datos, planos, formatos de conteo.

- **Instrumentos:**

Estación total, wincha topográfica, eclímetro, laptop, cámara fotográfica, software (autocad civil 3d, microsoft office excel, microsoft office word, google earth).

### **3.3 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO UTILIZADO**

#### **3.3.1 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO**

El levantamiento topográfico es el procedimiento realizado en campo para obtener la representación gráfica del terreno, de sus accidentes y edificaciones existentes, puestas por el hombre, en un plano topográfico después de su procesamiento en gabinete. El levantamiento topográfico muestra las distancias horizontales y las diferentes cotas o elevaciones de los elementos representados en el plano mediante curvas de nivel, a escalas convenientes para la interpretación del plano y para la adecuada representación del camino y las diversas estructuras que lo componen.

#### **3.3.2 UNIDADES DE MUESTRA**

Se toma como muestra 5.261 km de la carretera, siendo uno de los tramos más representativos de la vía en estudio el km 00+00 - km 5+261.

### **3.4 APLICACIÓN DEL MÉTODO UTILIZADO**

#### **3.4.1 PROCEDIMIENTO DE RECONOCIMIENTO DE LA ZONA**

Inspeccionar la zona de estudio, para así evaluar la topografía, si cuenta con obras de artes como pontones, puentes, aliviaderos, etc.

#### **3.4.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA CARRETERA**

- Una vez hecho el reconocimiento de la zona, se procedió a realizar el levantamiento topográfico, el cual se hizo con la estación total Leica TS06 utilizando el método de orientación inversa o estación libre, se ingresó 02 puntos conocidos levantados inicialmente con el gps (se tomó como referencia la esquina de una casa y la base de un árbol) y altura del equipo; para luego visar dichos puntos conocidos agregando la altura del prisma y así obtuve mi primera estación (E-1).
- Luego de estacionar mi equipo se comenzó a radiar los puntos de referencia en la carretera tales como eje de vía, bordes de carretera, cunetas, alcantarillas, quebradas, postes, casas, en tramos rectos cada 20 m y en tramos curvos cada 10 m.
- Al mismo tiempo se contó el número de vehículos por día, para realizar el análisis de tráfico y clasificación de la vía.

#### **3.4.3 TRABAJO DE GABINETE**

- Terminada la fase de campo, se procesó la información obtenida en la zona, realizando el modelamiento de la carretera, tanto en planta, perfil y secciones transversales mediante el software autocad civil 3d 2018.

- Por la orografía del terreno, se propuso una subrasante con la finalidad de que la media aritmética entre las cotas de terreno y la subrasante se consiga un cota media, la cuál servirá como nueva subrasante con la finalidad de poder evaluar el diseño geométrico en perfil.
- Mediante hojas de cálculo en excel se realizó el análisis y la comparación de las características geométricas de la carretera en estudio con las especificaciones y normas estipuladas en el manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (MDCNPBVT) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

### **3.5 TRATAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

El tratamiento investigativo de la tesis es de tipo descriptivo porque está dirigida a describir, explorar, y evaluar las características y los parámetros de diseño geométrico de una carretera a partir de los planos topográficos, donde la investigación será constructiva o utilitaria. El método que se utilizó es la estadística descriptiva debido a que permite presentar los datos mediante tablas, así como el de gráficos en el que se muestra la información obtenida de forma resumida.

## **CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE DATOS**

### **4.1 DATOS TOPOGRÁFICOS**

La carretera Celendín – El Suro (km 00+000 – km 05 + 261), está ubicada al noroeste del distrito de Celendín, presenta un relieve ondulado, ubicada en la región natural Quechua (2690 y 3060 m.s.n.m. de altitud aprox.)

El proyecto en mención se encuentra entre las coordenadas geográficas:

6°51'56.77" de Latitud Sur y 78° 9' 1.84" de longitud Oeste.

Punto de partida: Se encuentra en el distrito de Celendín a 2693.47 m.s.n.m., cuyas coordenadas UTM son: 814945.13 m E y 9'240,153.40 m N.

Punto de llegada: Ubicado en el Suro 3051.62 m.s.n.m., cuyas coordenadas UTM son: 812,386.15 m E y 9'240,999.62 m N.

Se ha tenido en cuenta el trazo correspondiente al eje de la vía, se ha realizado cada 20m cada lado, las progresivas cada 20m en tramos tangentes y en tramos curvos cada 10m aproximadamente y por cada sección se ha tomado 10 puntos aprox., así mismo se ha ubicado el BM de inicio fijado en el terreno con pintura de color rojo y puntos auxiliares referenciales con pintura de color blanco en objetos inamovibles (rocas, árboles).

### **4.2 DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA**

#### **4.2.1 CLASIFICACIÓN DE LA VÍA**

##### **4.2.1.1 Por su función**

Como une las localidades de Celendín al centro poblado del Suro, se clasifica como carretera de la red vial vecinal o rural, de acuerdo al ítem 1.1.1 del MDCNPBVT.

##### **4.2.1.2 Por su demanda**

De acuerdo al ítem 2.1.1.7 del MDCNPBVT, para los casos en los que no se dispone de información sobre la variación diaria y estacional de la demanda, se requerirá realizar estudios que permitan localmente establecer los volúmenes y características del tránsito diario, en por lo menos tres días típicos de la actividad local. Para este efecto se realizó el conteo y clasificación de vehículos típicos durante 7 días de la semana para poder realizar a posteriori la proyección del tránsito, dicha tabla se muestra a continuación.

**Tabla 4.1: Índice medio diario**

<b>TIPO DE VEHÍCULO</b>	<b>Domingo</b>	<b>Lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>Miércoles</b>	<b>Jueves</b>	<b>Viernes</b>	<b>Sábado</b>	<b>IMD</b>	<b>Distribución (%)</b>
Autos	8	2	3	2	3	2	2	3	30.00%
Microbús (Combis)	2	1	1	1	1	2	1	1	10.00%
Camioneta Pick Up	4	3	2	2	2	2	4	3	30.00%
Camiones Ligeros (2 ejes)	4	2	2	3	3	2	4	3	30.00%
<b>TOTAL</b>								<b>10</b>	<b>100.00%</b>

De acuerdo a las características básicas el flujo vehicular de 10 veh/día para confirmar que es de bajo volumen de tránsito se usa la fórmula del IMDA del MDCNPBVT.

$$T_n = T_o(1 + i)^{n-1}$$

DATOS:

$T_o =$  Tránsito actual = **10 veh/día**.

$n =$  Años del periodo de diseño = **20 años**

$i =$  Tasa anual de crecimiento de tránsito

Se revisó las estadísticas del MTC se comprobó que no existe información histórica de tráfico para la carretera en estudio, por lo que se ha descartado la posibilidad de tomar la tasa de crecimiento de tráfico basada en series históricas, entonces se efectuará la proyección en base a las variables socioeconómicas representadas por las tasas de crecimiento del PBI y de la población a través del método de las tasas de generación de viajes.

**Tabla 4.2: Elasticidad de tráfico**

<b>Tipo de vehículo</b>	<b>Elasticidades</b>
Autos	1.2
Camionetas	1.2
Micros	1.2
Buses	1.4
Camiones	0.8

**Fuente:** Contrato de servicio de consultoría 051-2008-MTC/20, (2009).

➤ **Tasa de generación de viajes:**

**a. Autos**

Las tasas de generación de viajes, por zonas de tráfico, se estimaron con la relación:

$$R_{ai} = R_{pi} \times E_{1i}$$

Dónde:

$R_{ai}$  = Tasa de generación de viajes en autos.

$R_{pi}$  = Tasa de crecimiento de la población.

$E_{1i}$  = Elasticidad del tráfico en autos.

**b. Camionetas**

Las tasas de generación de viajes, por zonas de tráfico, se estimaron con la relación:

$$R_{ki} = R_{pbl/h} \times E_{2i}$$

Dónde:

$R_{ki}$  = Tasa de generación de viajes en camionetas.

$R_{pbl/h}$  = Tasa de crecimiento de la población por habitante.

$E_{2i}$  = Elasticidad del tráfico en camionetas.

**c. Micros**

Las tasas de generación de viajes, por zonas de tráfico, se estimaron con la relación:

$$R_{mi} = R_{pi} \times E_{3i}$$

Dónde:

$R_{mi}$  = Tasa de generación de viajes en micros.

$R_{pi}$  = Tasa de crecimiento de la población.

$E_{3i}$  = Elasticidad del tráfico en micros.

**d. Ómnibus**

Las tasas de generación de viajes, por zonas de tráfico, se estimaron con la relación:

$$R_{oi} = R_{pi} \times E_{4i}$$

Dónde:

$R_{oi}$  = Tasa de generación de viajes en ómnibus.

$R_{pi}$  = Tasa de crecimiento de la población.

$E_{4i}$  = Elasticidad del tráfico en ómnibus.

**e. Camiones**

Las tasas de generación de viajes, por zonas de tráfico, se estimaron con la relación:

$$R_{ci} = R_{pbi} \times E_{5i}$$

Dónde:

$R_{ci}$  = Tasa de generación de viajes en camiones de la zona i.

$R_{pbi}$  = Tasa de crecimiento del Producto Bruto Interno de la zona i.

$E_{5i}$  = Elasticidad del tráfico en camiones.

**Fuente:** Contrato de servicio de consultoría 051-2008-MTC/20, (2009).

➤ *Tasa de crecimiento del PBI y de la población por departamentos del Perú:*

Departamento	Tasa de crecimiento del PBI	Tasa de crecimiento de la población	Tasa de crecimiento del Per-cápita
Ucayali	1.28%	4.85%	-3.57%
Madre de Dios	2.395	5.46%	-3.07%
Tacna	1.19%	3.94%	-2.75%
Ancash	-0.56%	1.33%	-1.88%
Ica	0.57%	2.28%	-1.71%
Piura	0.79%	2.28%	-1.49%
Lima	1.95%	3.09%	-1.14%
San Martín	3.47%	4.30%	-0.82%
Tumbes	2.92%	3.39%	-0.47%
Huánuco	2.06%	2.29%	-0.23%
La Libertad	2.13%	2.26%	-0.13%
Amazonas	2.68%	2.78%	-0.10%
Apurímac	0.96%	1.01%	-0.05%
Puno	1.57%	1.55%	0.01%
Lambayeque	2.94%	2.87%	0.07%
Junín	2.15%	1.94%	0.21%
Arequipa	2.95%	2.63%	0.32%
Ayacucho	0.79%	36.50%	0.43%
Cusco	2.63%	1.71%	0.91%
Pasco	2.21%	1.23%	0.97%
<b>Cajamarca</b>	<b>2.79%</b>	<b>1.64%</b>	<b>1.15%</b>
Loreto	4.23%	2.93%	1.30%
Huancavelica	2.06%	0.73%	1.33%
Moquegua	5.86%	2.75%	3.21%

*Tabla 4.3: Tasas de crecimiento del PBI y de la población-CAJAMARCA*

CAJAMARCA	
PBI	2.79
POBLACIÓN	1.64
PBI/HAB	1.15

*Fuente: Fuente: INEI-Compendios departamentales, (2018).*

*Tabla 4.4: Tasa de generación de viajes*

CAJAMARCA	Gen.viajes
Autos	1.97
Camionetas	1.97
Micros	1.97
Camiones	2.23

➤ *Tasa de crecimiento de tránsito se tiene como resultado:*

$$i = \frac{(1.97 * 30\%) + (1.97 * 30\%) + (1.97 * 10\%) + (2.23 * 30\%)}{100\%}$$

$$i = 2.048 \%$$

➤ *Cálculo de la demanda de tránsito:*

$$Tn = 10(1 + 2.048\%)^{20-1}$$

$$tn = 15 \text{ veh/día}$$

El resultado sugiere que tenemos una trocha carrozable (IMDA menor igual a 15 veh/día) y que corresponde clasificarla en una carretera BVT del tipo “T0”, de un carril con un ancho de calzada de 3.5 – 4.5 m, en base a la tabla 2.1.

#### 4.2.1.3 Por orografía

De acuerdo a la **tabla 4.5** y en base a la clasificación de carreteras según las condiciones de clasificación orográfica del manual de DG-2018, se observó que el terreno tiene inclinaciones transversales predominantes que varían entre 11% y 50% de pendiente transversal por lo que corresponde clasificarla como una carretera de **terreno ondulado (tipo 2)**, cuyos datos se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 4.5: Pendientes transversales de la carretera**

<b>Progresiva</b>	<b>Pendiente transversal %</b>	<b>Tipo de terreno</b>
0+000.00	15.02	Ondulado
0+020.00	22.73	Ondulado
0+040.00	0.07	Plano
0+060.00	5.00	Plano
0+080.00	10.33	Ondulado
0+100.00	25.68	Ondulado
0+120.00	29.59	Ondulado
0+140.00	20.09	Ondulado
0+160.00	18.93	Ondulado
0+180.00	9.77	Plano
0+200.00	16.68	Ondulado
0+220.00	22.89	Ondulado
0+240.00	24.62	Ondulado
0+260.00	17.14	Ondulado
0+280.00	14.32	Ondulado
0+300.00	13.15	Ondulado

<b>Progresiva</b>	<b>Pendiente transversal %</b>	<b>Tipo de terreno</b>
0+320.00	23.99	Ondulado
0+340.00	15.30	Ondulado
0+360.00	19.96	Ondulado
0+380.00	13.88	Ondulado
0+400.00	4.50	Plano
0+420.00	14.62	Ondulado
0+440.00	24.71	Ondulado
0+460.00	24.40	Ondulado
0+480.00	27.10	Ondulado
0+500.00	19.05	Ondulado
0+520.00	21.94	Ondulado
0+540.00	33.36	Ondulado
0+560.00	30.42	Ondulado
0+580.00	17.77	Ondulado
0+600.00	9.32	Plano
0+620.00	0.70	Plano
0+640.00	5.33	Plano
0+660.00	0.33	Plano
0+680.00	12.53	Ondulado
0+700.00	13.41	Ondulado
0+720.00	17.54	Ondulado
0+740.00	18.64	Ondulado
0+760.00	32.74	Ondulado
0+780.00	25.03	Ondulado
0+800.00	26.36	Ondulado
0+820.00	24.17	Ondulado
0+840.00	3.38	Plano
0+860.00	26.45	Ondulado
0+880.00	29.43	Ondulado
0+900.00	31.93	Ondulado
0+920.00	22.22	Ondulado
0+940.00	4.65	Plano
0+960.00	29.13	Ondulado
0+980.00	29.61	Ondulado
1+000.00	10.52	Ondulado
1+020.00	23.70	Ondulado
1+040.00	16.59	Ondulado
1+060.00	18.12	Ondulado
1+080.00	16.10	Ondulado
1+100.00	11.97	Ondulado
1+120.00	20.86	Ondulado
1+140.00	7.67	Plano
1+160.00	9.67	Plano
1+180.00	8.52	Plano
1+200.00	8.66	Plano
1+220.00	4.54	Plano
1+240.00	1.54	Plano
1+260.00	2.73	Plano
1+280.00	13.93	Ondulado

<b>Progresiva</b>	<b>Pendiente transversal %</b>	<b>Tipo de terreno</b>
1+300.00	16.17	Ondulado
1+320.00	20.73	Ondulado
1+340.00	21.63	Ondulado
1+360.00	7.33	Plano
1+380.00	14.14	Ondulado
1+400.00	16.46	Ondulado
1+420.00	14.24	Ondulado
1+440.00	9.45	Plano
1+460.00	13.04	Ondulado
1+480.00	6.00	Plano
1+500.00	7.58	Plano
1+520.00	18.54	Ondulado
1+540.00	13.37	Ondulado
1+560.00	10.46	Ondulado
1+580.00	26.02	Ondulado
1+600.00	25.53	Ondulado
1+620.00	26.06	Ondulado
1+640.00	21.35	Ondulado
1+660.00	19.64	Ondulado
1+680.00	35.89	Ondulado
1+700.00	35.82	Ondulado
1+720.00	31.58	Ondulado
1+740.00	25.89	Ondulado
1+760.00	26.24	Ondulado
1+780.00	39.72	Ondulado
1+800.00	39.81	Ondulado
1+820.00	36.89	Ondulado
1+840.00	33.72	Ondulado
1+860.00	29.40	Ondulado
1+880.00	18.79	Ondulado
1+900.00	25.01	Ondulado
1+920.00	25.86	Ondulado
1+940.00	3.09	Plano
1+960.00	2.61	Plano
1+980.00	19.07	Ondulado
2+000.00	26.71	Ondulado
2+020.00	28.33	Ondulado
2+040.00	32.72	Ondulado
2+060.00	24.69	Ondulado
2+080.00	19.40	Ondulado
2+100.00	20.00	Ondulado
2+120.00	16.54	Ondulado
2+140.00	16.82	Ondulado
2+160.00	20.59	Ondulado
2+180.00	0.18	Plano
2+200.00	10.78	Ondulado
2+220.00	14.26	Ondulado
2+240.00	14.36	Ondulado
2+260.00	23.10	Ondulado

<b>Progresiva</b>	<b>Pendiente transversal %</b>	<b>Tipo de terreno</b>
2+280.00	16.69	Ondulado
2+300.00	15.80	Ondulado
2+320.00	19.17	Ondulado
2+340.00	12.23	Ondulado
2+360.00	8.65	Plano
2+380.00	9.40	Plano
2+400.00	32.41	Ondulado
2+420.00	28.37	Ondulado
2+440.00	26.54	Ondulado
2+460.00	26.97	Ondulado
2+480.00	29.84	Ondulado
2+500.00	29.97	Ondulado
2+520.00	30.31	Ondulado
2+540.00	28.78	Ondulado
2+560.00	24.62	Ondulado
2+580.00	26.61	Ondulado
2+600.00	26.76	Ondulado
2+620.00	21.63	Ondulado
2+640.00	18.90	Ondulado
2+660.00	14.56	Ondulado
2+680.00	16.19	Ondulado
2+700.00	22.44	Ondulado
2+720.00	14.62	Ondulado
2+740.00	15.90	Ondulado
2+760.00	14.47	Ondulado
2+780.00	26.56	Ondulado
2+800.00	29.74	Ondulado
2+820.00	29.47	Ondulado
2+840.00	31.88	Ondulado
2+860.00	30.27	Ondulado
2+880.00	32.15	Ondulado
2+900.00	33.19	Ondulado
2+920.00	35.60	Ondulado
2+940.00	32.98	Ondulado
2+960.00	29.47	Ondulado
2+980.00	34.47	Ondulado
3+000.00	26.84	Ondulado
3+020.00	24.89	Ondulado
3+040.00	28.04	Ondulado
3+060.00	24.48	Ondulado
3+080.00	26.86	Ondulado
3+100.00	24.99	Ondulado
3+120.00	21.67	Ondulado
3+140.00	32.77	Ondulado
3+160.00	33.06	Ondulado
3+180.00	38.21	Ondulado
3+200.00	31.13	Ondulado
3+220.00	15.23	Ondulado
3+240.00	18.99	Ondulado

<b>Progresiva</b>	<b>Pendiente transversal %</b>	<b>Tipo de terreno</b>
3+260.00	14.73	Ondulado
3+280.00	24.17	Ondulado
3+300.00	24.79	Ondulado
3+320.00	19.39	Ondulado
3+340.00	21.64	Ondulado
3+360.00	23.89	Ondulado
3+380.00	26.32	Ondulado
3+400.00	24.89	Ondulado
3+420.00	27.04	Ondulado
3+440.00	28.76	Ondulado
3+460.00	6.00	Plano
3+480.00	34.18	Ondulado
3+500.00	36.07	Ondulado
3+520.00	33.77	Ondulado
3+540.00	33.13	Ondulado
3+560.00	32.53	Ondulado
3+580.00	31.59	Ondulado
3+600.00	31.24	Ondulado
3+620.00	30.50	Ondulado
3+640.00	33.46	Ondulado
3+660.00	38.41	Ondulado
3+680.00	33.86	Ondulado
3+700.00	33.39	Ondulado
3+720.00	32.51	Ondulado
3+740.00	32.77	Ondulado
3+760.00	33.96	Ondulado
3+780.00	33.99	Ondulado
3+800.00	33.26	Ondulado
3+820.00	33.09	Ondulado
3+840.00	31.68	Ondulado
3+860.00	32.87	Ondulado
3+880.00	30.08	Ondulado
3+900.00	31.00	Ondulado
3+920.00	29.53	Ondulado
3+940.00	30.51	Ondulado
3+960.00	30.24	Ondulado
3+980.00	26.35	Ondulado
4+000.00	25.74	Ondulado
4+020.00	24.17	Ondulado
4+040.00	17.09	Ondulado
4+060.00	35.31	Ondulado
4+080.00	33.13	Ondulado
4+100.00	32.01	Ondulado
4+120.00	32.60	Ondulado
4+140.00	32.16	Ondulado
4+160.00	31.80	Ondulado
4+180.00	32.06	Ondulado
4+200.00	31.18	Ondulado
4+220.00	30.82	Ondulado

<b>Progresiva</b>	<b>Pendiente transversal %</b>	<b>Tipo de terreno</b>
4+240.00	28.88	Ondulado
4+260.00	9.44	Plano
4+280.00	29.24	Ondulado
4+300.00	26.55	Ondulado
4+320.00	32.87	Ondulado
4+340.00	32.84	Ondulado
4+360.00	33.15	Ondulado
4+380.00	31.71	Ondulado
4+400.00	32.44	Ondulado
4+420.00	31.63	Ondulado
4+440.00	29.56	Ondulado
4+460.00	29.79	Ondulado
4+480.00	23.19	Ondulado
4+500.00	30.67	Ondulado
4+520.00	24.42	Ondulado
4+540.00	26.09	Ondulado
4+560.00	15.57	Ondulado
4+580.00	17.56	Ondulado
4+600.00	21.10	Ondulado
4+620.00	25.91	Ondulado
4+640.00	26.75	Ondulado
4+660.00	19.38	Ondulado
4+680.00	11.76	Ondulado
4+700.00	10.44	Ondulado
4+720.00	0.02	Plano
4+740.00	0.05	Plano
4+760.00	1.44	Plano
4+780.00	3.46	Plano
4+800.00	1.45	Plano
4+820.00	3.24	Plano
4+840.00	0.07	Plano
4+860.00	8.09	Plano
4+880.00	11.38	Ondulado
4+900.00	9.54	Plano
4+920.00	29.14	Ondulado
4+940.00	31.51	Ondulado
4+960.00	25.11	Ondulado
4+980.00	17.43	Ondulado
5+000.00	10.59	Ondulado
5+020.00	10.06	Ondulado
5+040.00	14.86	Ondulado
5+060.00	13.76	Ondulado
5+080.00	10.02	Ondulado
5+100.00	12.95	Ondulado
5+120.00	12.02	Ondulado
5+140.00	15.54	Ondulado
5+160.00	15.98	Ondulado
5+180.00	14.12	Ondulado
5+200.00	15.06	Ondulado

<b>Progresiva</b>	<b>Pendiente transversal %</b>	<b>Tipo de terreno</b>
5+220.00	19.34	Ondulado
5+240.00	23.73	Ondulado
5+260.00	12.39	Ondulado
5+261.03	11.07	Ondulado

Porcentaje del tipo de relieve existente en la carretera:

Por tanto:

**Tabla 4.6: Cuadro resumen: Evaluación de pendientes transversales**

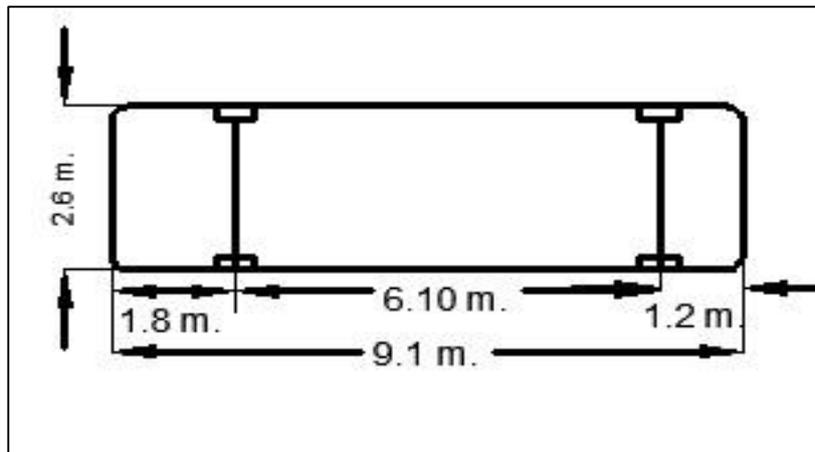
<b>SUPERFICIE</b>	<b>PENDIENTES</b>	<b>%</b>
Plano	37	13.96%
Ondulado	228	86.04%
Accidentado	0	0.00%
Muy accidentado	0	0.00
Total	265	100%

#### 4.2.2 VEHÍCULO DE DISEÑO

El vehículo de diseño es un camión simple de 2 ejes (C2), diseñado para el transporte de mercancía (categoría N).

**Tabla 4.7. Equivalencias de carga**

<b>C2</b>	<b>Peso (Kg.)</b>		<b>Factor equivalencia carga</b>	
	<b>Cargado</b>	<b>Descargado</b>	<b>Cargado</b>	<b>Descargado</b>
Eje delantero (simple)	7,000	7,000	0.5407	0.5407
Eje posterior (simple)	11,000	7,000	3.1714	0.5407
<b>TOTAL</b>	<b>18,000</b>	<b>14,000</b>	<b>3.7121 (I)</b>	<b>1.0814 (II)</b>



*Figura 4.1: Camión simple de 2 ejes "C2"*

### 4.2.3 VELOCIDAD DE DISEÑO (V)

Según el MDCNPBVT la selección de la velocidad de diseño será una consecuencia de un análisis técnico-económico de alternativas que deberán tener en cuenta la orografía del territorio, en territorios planos el trazado puede aceptar altas velocidades a bajo costo de construcción, pero en territorios muy accidentados será muy costoso mantener una velocidad alta de diseño, porque habría que realizar obras muy costosas para mantener un trazo seguro. Para la presente investigación se adoptará la velocidad de diseño mínima que estipula dicho manual, **20 km/h**, esto se justifica en que en la presente investigación se busca comparar los parámetros mínimos establecidos.

### 4.2.4 DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA O ALINEAMIENTO HORIZONTAL

#### 4.2.4.1 Elementos de curvas horizontales

Para conocer las características de las curvas horizontales, se pasaron los puntos obtenidos del levantamiento topográfico al programa autocad civil3d; de esta forma, ya que se conocían los puntos que pertenecían al eje, se trazó la poligonal abierta, y posteriormente se trazaron las curvas con sus correspondientes radios que definían a la actual carretera.

A partir de los radios actuales de las curvas existentes y sus deflexiones, se obtuvieron sus respectivos elementos de curva, para que con esto posteriormente se pueda evaluar los parámetros de diseño.

**Tabla 4.8: Elementos de curvas horizontales**

<b>TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA</b>									
<b>Entidad</b>	<b>N° PI</b>	<b>Sentido</b>	<b>Ángulo</b>	<b>R (m.)</b>	<b>T (m.)</b>	<b>Lc (m.)</b>	<b>E (m.)</b>	<b>Sa (m.)</b>	<b>P( %)</b>
C1	1	D	41°03'00"	6.54	2.45	4.69	0.44	8.0	8.0
C2	2	I	49°33'20"	23.01	10.62	19.9	2.33	1.6	7.1
C3	3	I	89°08'40"	10.3	10.14	16.02	4.16	3.7	8.0
C4	4	D	20°20'50"	82.04	14.72	29.13	1.31	0.5	3.3
C5	5	D	17°11'00"	84.76	12.81	25.42	0.96	0.5	3.3
C6	6	D	23°55'10"	114.68	24.29	47.88	2.54	0.4	2.5
C7	7	D	33°48'50"	62.3	18.93	36.76	2.81	0.7	4.1
C8	8	I	11°12'30"	137.07	13.45	26.82	0.66	0.4	2.2
C9	9	D	164°13'30"	6.38	46.03	18.28	40.09	8.0	8.0
C10	10	I	13°26'10"	84.82	9.99	19.89	0.59	0.5	3.3
C11	11	I	119°18'20"	8.45	14.43	17.59	8.27	4.9	8.0
C12	12	I	20°09'20"	93.51	16.62	32.9	1.47	0.5	3.0
C13	13	I	20°12'20"	117.52	20.94	41.44	1.85	0.4	2.5
C14	17	D	160°46'40"	8.45	49.88	23.7	42.15	4.9	8.0
C15	18	I	33°56'40"	76.34	23.3	45.23	3.48	0.6	3.6
C16	19	I	101°03'10"	12.84	15.59	22.64	7.36	2.8	8.0
C17	20	D	20°54'50"	149.16	27.53	54.45	2.52	0.3	2.0
C18	21	I	61°49'40"	49.13	29.42	53.02	8.14	0.8	5.2
C19	22	D	9°32'00"	97.25	8.11	16.18	0.34	0.5	3.0
C20	23	D	31°25'00"	54.43	15.31	29.84	2.11	0.8	4.6
C21	24	I	28°45'00"	90.84	23.28	45.58	2.94	0.5	3.0
C22	25	D	16°52'20"	180.91	26.83	53.27	1.98	0.3	2.0
C23	26	I	24°54'50"	54.92	12.13	23.88	1.32	0.8	4.6
C24	27	D	36°46'10"	68.98	22.93	44.27	3.71	0.6	4.1
C25	28	I	121°09'30"	17.85	31.66	37.75	18.49	2.0	8.0
C26	29	D	56°10'50"	43.92	23.44	43.06	5.86	0.9	5.2

<b>Entidad</b>	<b>N° PI</b>	<b>Sentido</b>	<b>Ángulo</b>	<b>R (m.)</b>	<b>T (m.)</b>	<b>Lc (m.)</b>	<b>E (m.)</b>	<b>Sa (m.)</b>	<b>P( %)</b>
C27	30	D	41°37'00"	37.6	14.29	27.31	2.62	1.0	5.9
C28	31	D	131°51'40"	13.42	30.05	30.89	19.49	2.7	8.0
C29	32	D	39°57'40"	19.17	6.97	13.37	1.23	1.9	8.0
C30	33	I	148°22'20"	6.25	22.06	16.18	16.68	8.0	8.0
C31	34	D	18°26'50"	96.95	15.74	31.22	1.27	0.5	3.0
C32	35	I	38°20'00"	32.36	11.25	21.65	1.9	1.2	5.9
C33	36	D	61°26'40"	12.13	7.21	13.01	1.98	3.0	8.0
C34	37	I	79°57'40"	16.28	13.65	22.71	4.96	2.2	8.0
C35	38	D	61°41'50"	70.56	42.14	75.98	11.63	0.6	3.6
C36	39	I	100°22'30"	9.19	11.02	16.09	5.16	4.3	8.0
C37	40	D	59°11'00"	19.35	10.99	19.99	2.9	1.9	8.0
C38	41	D	6°48'30"	246.19	14.65	29.26	0.44	0.2	7.1
C39	42	D	20°48'40"	265.38	48.74	96.4	4.44	0.2	3.0
C40	43	I	14°19'20"	21.97	2.76	5.49	0.17	1.7	3.0
C41	44	D	35°31'30"	164.86	52.81	102.22	8.25	0.3	8.0
C42	45	I	118°20'20"	16.05	26.9	33.16	15.27	2.3	5.2
C43	46	I	31°27'00"	46.71	13.15	25.64	1.82	0.9	3.0
C44	47	D	16°29'30"	93.77	13.59	26.99	0.98	0.5	8.0
C45	48	D	6°24'10"	274.23	15.34	30.65	0.43	0.2	3.0
C46	49	D	159°19'40"	4.74	25.99	13.18	21.68	8.0	3.6
C47	50	I	15°22'10"	142.55	19.23	38.24	1.29	0.4	8.0
C48	51	I	23°25'40"	74.52	15.45	30.47	1.58	0.6	3.0
C49	52	I	154°54'10"	5.13	23.06	13.87	18.49	8.0	3.0
C50	53	D	35°24'30"	107.84	34.42	66.64	5.36	0.4	3.3
C51	54	D	21°05'30"	149.83	27.89	55.15	2.57	0.3	3.0
C52	55	I	21°31'40"	85.63	16.28	32.17	1.53	0.5	3.0
C53	56	I	10°05'00"	150.77	13.3	26.53	0.59	0.3	2.0
C54	57	D	154°13'30"	4.39	19.19	11.82	15.29	8.0	8.0
C55	58	D	7°49'30"	145.21	9.93	19.83	0.34	0.3	3.0

<b>Entidad</b>	<b>N° PI</b>	<b>Sentido</b>	<b>Ángulo</b>	<b>R (m.)</b>	<b>T (m.)</b>	<b>Lc (m.)</b>	<b>E (m.)</b>	<b>Sa (m.)</b>	<b>P( %)</b>
C56	59	I	4°33'00"	338.05	13.43	26.84	0.27	0.2	3.0
C57	61	D	7°10'30"	236.36	14.82	29.59	0.46	0.2	2.0
C58	62	I	159°22'30"	8.42	46.28	23.42	38.62	4.9	8.0
C59	63	D	170°10'20"	6.49	75.52	19.28	69.31	8.0	8.0
C60	64	I	26°09'30"	66.89	15.54	30.54	1.78	0.6	4.1
C61	65	I	44°49'40"	44.32	18.28	34.68	3.62	0.9	5.2
C62	66	I	5°56'50"	390.62	20.29	40.55	0.53	0.2	2.0
C63	67	I	69°17'30"	58.57	40.47	70.83	12.62	0.7	2.0
C64	68	I	12°53'40"	54.69	6.18	12.31	0.35	0.8	4.6
C65	69	I	31°52'50"	39.34	11.24	21.89	1.57	1.0	4.6
C66	70	D	48°28'00"	98.93	44.53	83.69	9.56	0.5	5.9
C67	71	D	6°05'40"	306.78	16.33	32.63	0.43	0.2	2.0

#### 4.2.4.2 Radio mínimo

Haciendo uso de la *ecuación 2.2*, además tomando en consideración los valores de la tabla 2.8 de radios mínimos y peraltes máximos para los valores de la velocidad de diseño de 20 km/h, con un peralte máximo del 8% y considerando valor máximo de fricción de 0.18 del MDCNPVBT, se tiene:

$$R_{\text{mín}} = \frac{20^2}{127(0.01 * 8 + 0.18)}$$

$$R_{\text{mín}} = 12.11 \text{ m}$$

Redondeando el radio mínimo según MDCNPVBT es de 10 m.

*Tabla 4.9: Evaluación del radio mínimo*

<b>EVALUACIÓN DE RADIOS</b>				
<b>N° curva</b>	<b>Progresiva</b>	<b>R (m.)</b>	<b>Radio mín. MDCNPBVT</b>	<b>Evaluación</b>
C1	0+043.92	6.54	10	No cumple
C2	0+125.15	23.01	10	Cumple
C3	0+178.94	10.3	10	Cumple
C4	0+263.02	82.04	10	Cumple
C5	0+317.03	84.76	10	Cumple
C6	0+389.40	114.68	10	Cumple
C7	0+477.38	62.3	10	Cumple
C8	0+564.68	137.07	10	Cumple
C9	0+559.62	6.38	10	No cumple
C10	0+604.28	84.82	10	Cumple
C11	0+674.43	8.45	10	No cumple
C12	0+734.62	93.51	10	Cumple
C13	0+982.02	117.52	10	Cumple
C14	1+026.56	8.45	10	No cumple
C15	1+122.67	76.34	10	Cumple
C16	1+235.67	12.84	10	Cumple
C17	1+388.09	149.16	10	Cumple
C18	1+450.77	49.13	10	Cumple
C19	1+491.29	97.25	10	Cumple
C20	1+573.42	54.43	10	Cumple
C21	1+658.97	90.84	10	Cumple
C22	1+733.36	180.91	10	Cumple
C23	1+804.81	54.92	10	Cumple
C24	1+899.36	68.98	10	Cumple
C25	1+957.23	17.85	10	Cumple

<b>N° curva</b>	<b>Progresiva</b>	<b>R (m.)</b>	<b>Radio mín. MDCNPBVT</b>	<b>Evaluación</b>
C26	2+096.59	43.92	10	Cumple
C27	2+182.65	37.6	10	Cumple
C28	2+205.48	13.42	10	Cumple
C29	2+275.19	19.17	10	Cumple
C30	2+353.46	6.25	10	No cumple
C31	2+395.92	96.95	10	Cumple
C32	2+437.68	32.36	10	Cumple
C33	2+509.68	12.13	10	Cumple
C34	2+608.33	16.28	10	Cumple
C35	2+681.44	70.56	10	Cumple
C36	2+706.51	9.19	10	No cumple
C37	2+779.35	19.35	10	Cumple
C38	2+901.70	246.19	10	Cumple
C39	2+977.31	265.38	10	Cumple
C40	3+046.29	21.97	10	Cumple
C41	3+235.81	164.86	10	Cumple
C42	3+273.46	16.05	10	Cumple
C43	3+298.52	46.71	10	Cumple
C44	3+322.72	93.77	10	Cumple
C45	3+396.32	274.23	10	Cumple
C46	3+478.75	4.74	10	No cumple
C47	3+510.76	142.55	10	Cumple
C48	3+573.46	74.52	10	Cumple
C49	3+646.39	5.13	10	No cumple
C50	3+721.33	107.84	10	Cumple
C51	3+816.91	149.83	10	Cumple
C52	3+897.21	85.63	10	Cumple
C53	3+967.89	150.77	10	Cumple
C54	4+057.08	4.39	10	No cumple
C55	4+090.22	145.21	10	Cumple
C56	4+157.57	338.05	10	Cumple
C57	4+203.79	236.36	10	Cumple
C58	4+298.85	8.42	10	No cumple
C59	4+517.58	6.49	10	No cumple
C60	4+505.17	66.89	10	Cumple
C61	4+674.74	44.32	10	Cumple
C62	4+739.98	390.62	10	Cumple
C63	4+817.29	58.57	10	Cumple
C64	4+873.09	54.69	10	Cumple
C65	4+916.98	39.34	10	Cumple
C66	5+025.57	98.93	10	Cumple

N° curva	Progresiva	R (m.)	Radio mín. MDCNPBVT	Evaluación
C67	5+115.75	306.78	10	Cumple

**Tabla 4.10: Cuadro resumen: Evaluación del radio mínimo**

Descripción	Cumple	No cumple
Rmín	56	11
%	83.6%	16.4%

#### 4.2.4.3 Longitud de curva horizontal

Ahora evaluaremos la longitud de curva teniendo en cuenta según el MDCNPBVT, para carreteras con velocidad directriz de 20 km/h y con ángulo de deflexión mayor a 5° se considera como longitud de curva mínima deseada la *ecuación 2.4*:

$$L. \text{ mín. curva} = 3V$$

$$L. \text{ mín. curva} = 3 (20)$$

$$L. \text{ mín. curva} = 60 \text{ m.}$$

Para  $\Delta \leq 5^\circ$  la longitud de curva mínima considera la (ecuación 2.5):

$$L > 30(10 - \Delta); \text{ donde: } L \text{ en metros y } \Delta \text{ en grados}$$

A continuación, se presenta la tabla contenida con la verificación de la longitud de curva mínima.

**Tabla 4.11: Evaluación de longitud de curva mínima**

<b>N° de curva</b>	<b>Progresiva</b>	<b>Long. de curva actual (Lc)</b>	<b>Ángulo de deflexión en grados (°)</b>	<b>Mín. long. de transición de peralte MDCNPBVT</b>	<b>Evaluación de long. de curva</b>
C1	0+043.92	4.69	41.05	60	No cumple
C2	0+125.15	19.9	49.55	60	No cumple
C3	0+178.94	16.02	89.15	60	No cumple
C4	0+263.02	29.13	20.35	60	No cumple
C5	0+317.03	25.42	17.18	60	No cumple
C6	0+389.40	47.88	23.92	60	No cumple
C7	0+477.38	36.76	33.81	60	No cumple
C8	0+564.68	26.82	11.21	60	No cumple
C9	0+559.62	18.28	164.23	60	No cumple
C10	0+604.28	19.89	13.44	60	No cumple
C11	0+674.43	17.59	119.31	60	No cumple
C12	0+734.62	32.9	20.16	60	No cumple
C13	0+982.02	41.44	20.2	60	No cumple
C14	1+026.56	23.7	160.78	60	No cumple
C15	1+122.67	45.23	33.95	60	No cumple
C16	1+235.67	22.64	101.05	60	No cumple
C17	1+388.09	54.45	20.91	60	No cumple
C18	1+450.77	53.02	61.83	60	No cumple
C19	1+491.29	16.18	9.53	60	No cumple
C20	1+573.42	29.84	31.42	60	No cumple
C21	1+658.97	45.58	28.75	60	No cumple
C22	1+733.36	53.27	16.87	60	No cumple
C23	1+804.81	23.88	24.91	60	No cumple
C24	1+899.36	44.27	36.77	60	No cumple
C25	1+957.23	37.75	121.16	60	No cumple
C26	2+096.59	43.06	56.18	60	No cumple
C27	2+182.65	27.31	41.62	60	No cumple
C28	2+205.48	30.89	131.86	60	No cumple
C29	2+275.19	13.37	39.96	60	No cumple
C30	2+353.46	16.18	148.37	60	No cumple
C31	2+395.92	31.22	18.45	60	No cumple
C32	2+437.68	21.65	38.33	60	No cumple
C33	2+509.68	13.01	61.44	60	No cumple
C34	2+608.33	22.71	79.96	60	No cumple
C35	2+681.44	75.98	61.7	60	Cumple
C36	2+706.51	16.09	100.38	60	No cumple
C37	2+779.35	19.99	59.18	60	No cumple

N° de curva	Progresiva	Long. de curva actual (Lc)	Ángulo de deflexión en grados (°)	Mín. long. de transición de peralte MDCNPBVT	Evaluación de long. de curva
C38	2+901.70	29.26	6.81	60	No cumple
C39	2+977.31	96.4	20.81	60	Cumple
C40	3+046.29	5.49	14.32	60	No cumple
C41	3+235.81	102.22	35.53	60	Cumple
C42	3+273.46	33.16	118.34	60	No cumple
C43	3+298.52	25.64	31.45	60	No cumple
C44	3+322.72	26.99	16.49	60	No cumple
C45	3+396.32	30.65	6.4	60	No cumple
C46	3+478.75	13.18	159.33	60	No cumple
C47	3+510.76	38.24	15.37	60	No cumple
C48	3+573.46	30.47	23.43	60	No cumple
C49	3+646.39	13.87	154.9	60	No cumple
C50	3+721.33	66.64	35.41	60	Cumple
C51	3+816.91	55.15	21.09	60	No cumple
C52	3+897.21	32.17	21.53	60	No cumple
C53	3+967.89	26.53	10.08	60	No cumple
C54	4+057.08	11.82	154.22	60	No cumple
C55	4+090.22	19.83	7.83	60	No cumple
C56	4+157.57	26.84	4.55	163.5	No cumple
C57	4+203.79	29.59	7.17	60	No cumple
C58	4+298.85	23.42	159.38	60	No cumple
C59	4+517.58	19.28	170.17	60	No cumple
C60	4+505.17	30.54	26.16	60	No cumple
C61	4+674.74	34.68	44.83	60	No cumple
C62	4+739.98	40.55	5.95	60	No cumple
C63	4+817.29	70.83	69.29	60	Cumple
C64	4+873.09	12.31	12.89	60	No cumple
C65	4+916.98	21.89	31.88	60	No cumple
C66	5+025.57	83.69	48.47	60	Cumple
C67	5+115.75	32.63	6.1	60	No cumple

**Tabla 4.12: Cuadro resumen: Evaluación de longitud de curva**

Descripción	Cumple	No cumple
Lc	06	61
%	9.0%	91.0%

#### 4.2.4.4 Longitud de transición de peralte

A continuación, se presentan los valores de las longitudes de transición de peralte los cuales fueron calculados con la ecuación 2.5, y se los compara con las longitudes de transición de peralte existentes en la carretera. Para esta investigación se evaluó con el 3% como bombeo de la carretera según el MDCNPBVT.

$$L_{\text{mín}} = \frac{P_f - P_i}{1.8 - 0.01V} x B \dots (\text{ecuación 2.5})$$

Dónde:

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

Pi : Peralte inicial ó bombeo (%),

Pf : Peralte final con su signo (%)

V : Velocidad de diseño (%)

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

En la siguiente tabla se verá si existe el espacio suficiente, para que exista la transición de bombeo a peralte máximo.

**Tabla 4.13: Evaluación de longitud de transición de peralte**

N° de curva	Progresiva	Long. tran. peralte actual	Long. tran. peral. calculado	Evaluación de long. tran. peralte
C1	0+043.92	28.60	24.20	Cumple
C2	0+125.15	28.60	22.22	Cumple
C3	0+178.94	24.20	24.20	Cumple
C4	0+263.02	26.40	13.86	Cumple
C5	0+317.03	30.80	13.86	Cumple
C6	0+389.40	26.40	12.10	Cumple
C7	0+477.38	17.60	15.62	Cumple
C8	0+564.68	13.20	11.44	Cumple
C9	0+559.62	30.80	24.20	Cumple
C10	0+604.28	15.40	13.86	Cumple

<b>N° de curva</b>	<b>Progresiva</b>	<b>Long. tran. peralte actual</b>	<b>Long. tran. peral. calculado</b>	<b>Evaluación de long. tran. peralte</b>
C11	0+674.43	26.40	24.20	Cumple
C12	0+734.62	19.80	13.20	Cumple
C13	0+982.02	15.40	12.10	Cumple
C14	1+026.56	19.80	24.20	No cumple
C15	1+122.67	30.80	14.52	Cumple
C16	1+235.67	30.80	24.20	Cumple
C17	1+388.09	28.60	11.00	Cumple
C18	1+450.77	17.60	18.04	No cumple
C19	1+491.29	19.80	13.20	Cumple
C20	1+573.42	17.60	16.72	Cumple
C21	1+658.97	15.40	13.20	Cumple
C22	1+733.36	13.20	11.00	Cumple
C23	1+804.81	17.60	16.72	Cumple
C24	1+899.36	30.80	15.62	Cumple
C25	1+957.23	17.60	24.20	No cumple
C26	2+096.59	15.40	18.04	No cumple
C27	2+182.65	15.40	19.58	No cumple
C28	2+205.48	15.40	24.20	No cumple
C29	2+275.19	13.20	24.20	No cumple
C30	2+353.46	22.00	24.20	No cumple
C31	2+395.92	28.60	13.20	Cumple
C32	2+437.68	24.20	19.58	Cumple
C33	2+509.68	22.00	24.20	No cumple
C34	2+608.33	19.80	24.20	No cumple
C35	2+681.44	28.60	14.52	Cumple
C36	2+706.51	22.00	24.20	No cumple
C37	2+779.35	28.60	24.20	Cumple
C38	2+901.70	26.40	22.22	Cumple

<b>N° de curva</b>	<b>Progresiva</b>	<b>Long. tran. peralte actual</b>	<b>Long. tran. peral. calculado</b>	<b>Evaluación de long. tran. peralte</b>
C39	2+977.31	24.20	13.20	Cumple
C40	3+046.29	26.40	13.20	Cumple
C41	3+235.81	30.80	24.20	Cumple
C42	3+273.46	13.20	18.04	No cumple
C43	3+298.52	24.20	13.20	Cumple
C44	3+322.72	24.20	24.20	Cumple
C45	3+396.32	30.80	13.20	Cumple
C46	3+478.75	24.20	14.52	Cumple
C47	3+510.76	17.60	24.20	No cumple
C48	3+573.46	26.40	13.20	Cumple
C49	3+646.39	22.00	13.20	Cumple
C50	3+721.33	24.20	13.86	Cumple
C51	3+816.91	19.80	13.20	Cumple
C52	3+897.21	28.60	13.20	Cumple
C53	3+967.89	30.80	11.00	Cumple
C54	4+057.08	30.80	24.20	Cumple
C55	4+090.22	28.60	13.20	Cumple
C56	4+157.57	28.60	13.20	Cumple
C57	4+203.79	22.00	11.00	Cumple
C58	4+298.85	15.40	24.20	No cumple
C59	4+517.58	22.00	24.20	No cumple
C60	4+505.17	30.80	15.62	Cumple
C61	4+505.18	33.00	18.04	Cumple
C62	4+505.19	35.20	11.00	Cumple
C63	4+505.20	37.40	11.00	Cumple
C64	4+505.21	39.60	16.72	Cumple
C65	4+505.22	41.80	16.72	Cumple
C66	4+505.23	44.00	19.58	Cumple

N° de curva	Progresiva	Long. tran. peralte actual	Long. tran. peral. calculado	Evaluación de long. tran. peralte
C67	4+505.24	46.20	11.00	Cumple

**Tabla 4.14: Cuadro resumen: Evaluación de longitud de transición de peralte**

Descripción	Cumple	No cumple
Longitud de transición de peralte	52	15
%	77.6%	22.4%

#### 4.2.4.5 Sobreancho

Para calcular el sobreancho se considera la fórmula dada por la (ecuación 2.8):

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

Dónde:

n = número de carriles, n= 1

R = radio de la curva (m)

L = distancia entre el eje posterior y la parte frontal (m), L= 7.30 m

V = Velocidad de diseño (km/h), V=20 km/h

**Tabla 4.15: Evaluación de sobreancho**

<b>N° curva</b>	<b>Progresiva</b>	<b>Sobreancho actual (m)</b>	<b>Sobreancho calculado (m)</b>	<b>Evaluación</b>
C1	0+006.13	0.5	8.0	No cumple
C2	0+043.92	1.81	1.6	Cumple
C3	0+125.15	2.25	3.7	No cumple
C4	0+178.94	0.7	0.5	Cumple
C5	0+263.02	0.64	0.5	Cumple
C6	0+317.03	0.51	0.4	Cumple
C7	0+389.40	0.81	0.7	Cumple
C8	0+477.38	0.5	0.4	Cumple
C9	0+564.68	1.21	8.0	Cumple
C10	0+559.62	0.8	0.5	Cumple
C11	0+604.28	2	4.9	No cumple
C12	0+674.43	0.65	0.5	Cumple
C13	0+734.62	0.5	0.4	Cumple
C14	0+982.02	3.2	4.9	No cumple
C15	1+026.56	0.75	0.6	Cumple
C16	1+122.67	2.95	2.8	Cumple
C17	1+235.67	0.65	0.3	Cumple
C18	1+388.09	1.05	0.8	Cumple
C19	1+450.77	0.7	0.5	Cumple
C20	1+491.29	0.95	0.8	Cumple
C21	1+573.42	0.85	0.5	Cumple
C22	1+658.97	0.45	0.3	Cumple
C23	1+733.36	0.95	0.8	Cumple
C24	1+804.81	0.75	0.6	Cumple
C25	1+899.36	2.27	2.0	Cumple
C26	1+957.23	1.15	0.9	Cumple
C27	2+096.59	1.2	1.0	Cumple
C28	2+182.65	3	2.7	Cumple
C29	2+205.48	2.13	1.9	Cumple
C30	2+275.19	3.68	8.0	No cumple
C31	2+353.46	0.58	0.5	Cumple
C32	2+395.92	1.36	1.2	Cumple
C33	2+437.68	3.3	3.0	Cumple
C34	2+509.68	2.47	2.2	Cumple
C35	2+608.33	0.85	0.6	Cumple
C36	2+681.44	2.35	4.3	No cumple
C37	2+706.51	2.1	1.9	Cumple
C38	2+779.35	0.45	0.2	Cumple
C39	2+901.70	0.35	0.2	Cumple
C40	2+977.31	1.89	1.7	Cumple

N° curva	Progresiva	Sobreeancho actual (m)	Sobreeancho calculado (m)	Evaluación
C41	3+046.29	0.45	0.3	Cumple
C42	3+235.81	2.51	2.3	Cumple
C43	3+273.46	1.01	0.9	Cumple
C44	3+322.72	0.75	0.5	Cumple
C45	3+396.32	0.4	0.2	Cumple
C46	3+478.75	0.57	8.0	No cumple
C47	3+510.76	0.44	0.4	Cumple
C48	3+573.46	0.71	0.6	Cumple
C49	3+646.39	1.26	8.0	No cumple
C50	3+721.33	0.54	0.4	Cumple
C51	3+816.91	0.42	0.3	Cumple
C52	3+897.21	0.8	0.5	Cumple
C53	3+967.89	0.45	0.3	Cumple
C54	4+057.08	0.7	8.0	No cumple
C55	4+090.22	0.55	0.3	Cumple
C56	4+157.57	0.45	0.2	Cumple
C57	4+203.79	0.3	0.2	Cumple
C58	4+298.85	2.45	4.9	No cumple
C59	4+517.58	0.55	8.0	No cumple
C60	4+505.17	0.75	0.6	Cumple
C61	4+674.74	1.05	0.9	Cumple
C62	4+739.98	0.35	0.2	Cumple
C63	4+817.29	0.85	0.7	Cumple
C64	4+873.09	0.9	0.8	Cumple
C65	4+916.98	1.25	1.0	Cumple
C66	5+025.57	0.65	0.5	Cumple
C67	5+115.75	0.55	0.2	Cumple

**Tabla 4.16: Cuadro resumen: Evaluación de sobreeancho**

Descripción	Cumple	No cumple
Sobreeancho	56	11
%	83.6%	16.4%

#### 4.2.4.6 Peralte

A continuación, se presentan los valores calculados del peralte, se tuvo en cuenta el peralte mínimo y máximo, acorde con lo dispuesto en el MDCNPBVT para ser calculado con ayuda del software autocad civil 3d. El peralte máximo tendrá como valor máximo normal 8% y como valor excepcional 10%. En carreteras afirmadas bien drenadas en casos extremos, podría justificarse un peralte máximo alrededor de 12%. En la tabla 4.17 se evaluó el peralte calculado y el peralte actual el cual fue medido con ayuda del eclímetro.

Se trata de ver si los peraltes existentes pueden contrarrestar a la fuerza centrífuga que se genera al a travesar las curvas.

*Tabla 4.17: Evaluación de peraltes*

<b>N° de curva</b>	<b>Progresiva</b>	<b>Peralte actual</b>	<b>Peralte calculado</b>	<b>Evaluación de peralte</b>
C1	0+043.92	10	8	Cumple
C2	0+125.15	10	7.1	Cumple
C3	0+178.94	8	8	Cumple
C4	0+263.02	9	3.3	Cumple
C5	0+317.03	11	3.3	Cumple
C6	0+389.40	9	2.5	Cumple
C7	0+477.38	5	4.1	Cumple
C8	0+564.68	3	2.2	Cumple
C9	0+559.62	11	8	Cumple
C10	0+604.28	4	3.3	Cumple
C11	0+674.43	9	8	Cumple
C12	0+734.62	6	3	Cumple
C13	0+982.02	4	2.5	Cumple
C14	1+026.56	6	8	No cumple
C15	1+122.67	11	3.6	Cumple
C16	1+235.67	11	8	Cumple
C17	1+388.09	10	2	Cumple
C18	1+450.77	5	5.2	No cumple
C19	1+491.29	6	3	Cumple
C20	1+573.42	5	4.6	Cumple
C21	1+658.97	4	3	Cumple
C22	1+733.36	3	2	Cumple
C23	1+804.81	5	4.6	Cumple
C24	1+899.36	11	4.1	Cumple
C25	1+957.23	5	8	No cumple

<b>N° de curva</b>	<b>Progresiva</b>	<b>Peralte actual</b>	<b>Peralte calculado</b>	<b>Evaluación de peralte</b>
C26	2+096.59	4	5.2	No cumple
C27	2+182.65	4	5.9	No cumple
C28	2+205.48	4	8	No cumple
C29	2+275.19	3	8	No cumple
C30	2+353.46	7	8	No cumple
C31	2+395.92	10	3	Cumple
C32	2+437.68	8	5.9	Cumple
C33	2+509.68	7	8	No cumple
C34	2+608.33	6	8	No cumple
C35	2+681.44	10	3.6	Cumple
C36	2+706.51	7	8	No cumple
C37	2+779.35	10	8	Cumple
C38	2+901.70	9	7.1	Cumple
C39	2+977.31	8	3	Cumple
C40	3+046.29	9	3	Cumple
C41	3+235.81	11	8	Cumple
C42	3+273.46	3	5.2	No cumple
C43	3+298.52	8	3	Cumple
C44	3+322.72	8	8	Cumple
C45	3+396.32	11	3	Cumple
C46	3+478.75	8	3.6	Cumple
C47	3+510.76	5	8	No cumple
C48	3+573.46	9	3	Cumple
C49	3+646.39	7	3	Cumple
C50	3+721.33	8	3.3	Cumple
C51	3+816.91	6	3	Cumple
C52	3+897.21	10	3	Cumple
C53	3+967.89	11	2	Cumple
C54	4+057.08	11	8	Cumple
C55	4+090.22	10	3	Cumple
C56	4+157.57	10	3	Cumple
C57	4+203.79	7	2	Cumple
C58	4+298.85	4	8	No cumple
C59	4+517.58	7	8	No cumple
C60	4+505.17	11	4.1	Cumple
C61	4+674.74	12	5.2	Cumple
C62	4+739.98	13	2	Cumple
C63	4+817.29	14	2	Cumple
C64	4+873.09	15	4.6	Cumple
C65	4+916.98	16	4.6	Cumple
C66	5+025.57	17	5.9	Cumple

N° de curva	Progresiva	Peralte actual	Peralte calculado	Evaluación de peralte
C67	5+115.75	18	2	Cumple

**Tabla 4.18: Cuadro resumen: Evaluación de peraltes**

Descripción	Cumple	No cumple
Peralte	52	15
%	77.6%	22.4%

#### 4.2.4.7 Distancia de visibilidad en curvas horizontales

El mínimo ancho que deberá quedar libre de obstrucciones a la visibilidad, se obtiene de la ecuación 2.9:

$$M = R \left( 1 - \cos \frac{28.65 * S}{R} \right)$$

Dónde:

M = Ordenada media o ancho mínimo libre.

R = Radio de la curva horizontal.

S = Distancia de visibilidad.

- En todos los puntos de la carretera, la distancia de visibilidad será igual o superior a la distancia de visibilidad de parada. De la tabla 2.3 se obtiene que DVP= 20 m.
- El M calculado sería igual a: (1/2 plataforma medida) + ancho de cuneta (tabla 2.21 para zona lluviosa).

De la ecuación 2.9, se obtiene el M mínimo para cada curva, conformando la tabla siguiente:

**Tabla 4.19: Evaluación de necesidad de banquetas de visibilidad en curvas horizontales**

N° de curva	Progresiva	Radio	$\frac{1}{2}$ plataforma medida	Ancho de cuneta	M calculado (plat. + cuneta)	> ó <	M mínimo (ecuación 2.9)	Banqueta	
								Condición	Ancho b
C1	0+043.92	6.54	3.43	0.75	4.18	<	6.27	Necesita	2.09
C2	0+125.15	23.01	4.20	0.75	4.95	>	2.14	No necesita	--
C3	0+178.94	10.3	4.73	0.75	5.48	>	4.49	No necesita	--
C4	0+263.02	82.04	3.15	0.75	3.90	>	0.61	No necesita	--
C5	0+317.03	84.76	3.68	0.75	4.43	>	0.59	No necesita	--
C6	0+389.40	114.7	3.15	0.75	3.90	>	0.44	No necesita	--
C7	0+477.38	62.3	3.15	0.75	3.90	>	0.80	No necesita	--
C8	0+564.68	137.1	3.18	0.75	3.93	>	0.36	No necesita	--
C9	0+559.62	6.38	3.68	0.75	4.43	<	6.36	Necesita	1.93
C10	0+604.28	84.82	4.73	0.75	5.48	>	0.59	No necesita	--
C11	0+674.43	8.45	4.20	0.75	4.95	<	5.26	Necesita	0.31
C12	0+734.62	93.51	3.15	0.75	3.90	>	0.53	No necesita	--
C13	0+982.02	117.5	4.73	0.75	5.48	>	0.43	No necesita	--
C14	1+026.56	8.45	4.18	0.75	4.93	<	5.26	Necesita	0.33
C15	1+122.67	76.34	4.28	0.75	5.03	>	0.65	No necesita	--
C16	1+235.67	12.84	3.73	0.75	4.48	>	3.70	No necesita	--
C17	1+388.09	149.2	4.20	0.75	4.95	>	0.34	No necesita	--
C18	1+450.77	49.13	4.23	0.75	4.98	>	1.01	No necesita	--
C19	1+491.29	97.25	3.68	0.75	4.43	>	0.51	No necesita	--
C20	1+573.42	54.43	4.73	0.75	5.48	>	0.92	No necesita	--
C21	1+658.97	90.84	4.28	0.75	5.03	>	0.55	No necesita	--
C22	1+733.36	180.9	4.20	0.75	4.95	>	0.28	No necesita	--
C23	1+804.81	54.92	3.15	0.75	3.90	>	0.91	No necesita	--
C24	1+899.36	68.98	3.38	0.75	4.13	>	0.72	No necesita	--
C25	1+957.23	17.85	3.68	0.75	4.43	>	2.73	No necesita	--
C26	2+096.59	43.92	3.68	0.75	4.43	>	1.13	No necesita	--
C27	2+182.65	37.6	3.15	0.75	3.90	>	1.32	No necesita	--
C28	2+205.48	13.42	3.68	0.75	4.43	>	3.56	No necesita	--
C29	2+275.19	19.17	3.63	0.75	4.38	>	2.55	No necesita	--
C30	2+353.46	6.25	3.50	0.75	4.25	<	6.43	Necesita	2.18
C31	2+395.92	96.95	4.20	0.75	4.95	>	0.52	No necesita	--
C32	2+437.68	32.36	4.73	0.75	5.48	>	1.53	No necesita	--
C33	2+509.68	12.13	3.15	0.75	3.90	>	3.89	No necesita	--
C34	2+608.33	16.28	3.68	0.75	4.43	>	2.98	No necesita	--
C35	2+681.44	70.56	4.18	0.75	4.93	>	0.71	No necesita	--
C36	2+706.51	9.19	3.15	0.75	3.90	<	4.93	Necesita	1.03
C37	2+779.35	19.35	3.63	0.75	4.38	>	2.53	No necesita	--
C38	2+901.70	246.2	3.15	0.75	3.90	>	0.20	No necesita	--
C39	2+977.31	265.4	3.68	0.75	4.43	>	0.19	No necesita	--

N° de curva	Progresiva	Radio	½ plataforma medida	Ancho de cuneta	M calculado (plat. + cuneta)	> ó <	M mínimo (ecuación 2.9)	Banqueta	
								Condición	Ancho b
C40	3+046.29	21.97	4.20	0.75	4.95	>	2.24	No necesita	--
C41	3+235.81	164.9	3.68	0.75	4.43	>	0.30	No necesita	--
C42	3+273.46	16.05	4.13	0.75	4.88	>	3.02	No necesita	--
C43	3+298.52	46.71	3.68	0.75	4.43	>	1.07	No necesita	--
C44	3+322.72	93.77	3.48	0.75	4.23	>	0.53	No necesita	--
C45	3+396.32	274.2	3.88	0.75	4.63	>	0.18	No necesita	--
C46	3+478.75	4.74	2.70	0.75	3.45	<	7.17	Necesita	3.72
C47	3+510.76	142.6	3.23	0.75	3.98	>	0.35	No necesita	--
C48	3+573.46	74.52	3.93	0.75	4.68	>	0.67	No necesita	--
C49	3+646.39	5.13	4.73	0.75	5.48	<	7.03	Necesita	1.55
C50	3+721.33	107.8	3.15	0.75	3.90	>	0.46	No necesita	--
C51	3+816.91	149.8	3.15	0.75	3.90	>	0.33	No necesita	--
C52	3+897.21	85.63	4.20	0.75	4.95	>	0.58	No necesita	--
C53	3+967.89	150.8	3.68	0.75	4.43	>	0.33	No necesita	--
C54	4+057.08	4.39	3.58	0.75	4.33	<	7.24	Necesita	2.92
C55	4+090.22	145.2	3.00	0.75	3.75	>	0.34	No necesita	--
C56	4+157.57	338.1	2.98	0.75	3.73	>	0.15	No necesita	--
C57	4+203.79	236.4	3.63	0.75	4.38	>	0.21	No necesita	--
C58	4+298.85	8.42	3.68	0.75	4.43	<	5.27	Necesita	0.85
C59	4+517.58	7.3	3.43	0.75	4.18	<	5.84	Necesita	1.67
C60	4+505.17	66.89	4.20	0.75	4.95	>	0.75	No necesita	--
C61	4+674.74	44.32	3.83	0.75	4.58	>	1.12	No necesita	--
C62	4+739.98	390.6	3.63	0.75	4.38	>	0.13	No necesita	--
C63	4+817.29	58.57	3.15	0.75	3.90	>	0.85	No necesita	--
C64	4+873.09	54.69	4.20	0.75	4.95	>	0.91	No necesita	--
C65	4+916.98	39.34	4.73	0.75	5.48	>	1.26	No necesita	--
C66	5+025.57	98.93	4.20	0.75	4.95	>	0.51	No necesita	--
C67	5+115.75	306.8	4.43	0.75	5.18	>	0.16	No necesita	--

**Tabla 4.20: Cuadro resumen: Evaluación de necesidad de banquetas de visibilidad en curvas horizontales**

Descripción	Necesita banqueta de visibilidad	No necesita banqueta de visibilidad
Banqueta de visibilidad	11	56
%	16.4%	83.6%

## 4.2.5 DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL

### 4.2.5.1 Pendiente longitudinal

Para el tratamiento del perfil longitudinal de acuerdo a los lineamientos que norma el manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (MDCNPBVT) que indica:

- Pendiente mínima de 0.5%
- La pendiente máxima del 9% por considerar ser la topografía de ondulado de acuerdo a la tabla 2.17.

*Tabla 4.21: Evaluación de las pendientes longitudinales*

<b>Punto inicial</b>	<b>Punto final</b>	<b>Pendiente actual</b>	<b>Pendiente máxima (MDCNPBVT)</b>	<b>Pendiente mínima (MDCNPBVT)</b>	<b>Evaluación de pendiente</b>
0+000.00	0+114.54	13.87%	9%	0.50%	No cumple
0+218.60	0+522.45	8.24%	9%	0.50%	Cumple
0+757.43	0+929.15	6.65%	9%	0.50%	Cumple
1+106.54	1+261.37	11.22%	9%	0.50%	No cumple
1+552.61	1+688.85	6.24%	9%	0.50%	Cumple
1+788.43	2+006.44	11.68%	9%	0.50%	No cumple
2+176.77	2+357.69	5.90%	9%	0.50%	Cumple
2+480.62	2+594.46	9.63%	9%	0.50%	No cumple
2+711.94	2+923.39	0.30%	9%	0.50%	No cumple
3+061.34	3+190.94	1.59%	9%	0.50%	Cumple
3+431.34	3+628.50	11.04%	9%	0.50%	No cumple
4+091.09	4+266.88	10.62%	9%	0.50%	No cumple
4+410.57	4+715.33	9.66%	9%	0.50%	No cumple
4+895.36	5+083.47	8.45%	9%	0.50%	Cumple
5+083.47	5+261.03	0.83%	9%	0.50%	Cumple

**Tabla 4.22: Cuadro resumen: Evaluación de las pendientes longitudinales**

Descripción	Cumple	No cumple
Pendientes longitudinales	07	08
%	46.7%	53.3%

#### 4.2.5.2 Curvas verticales

Con el programa autocad civil 3d, se diseñó curvas verticales cóncavas y convexas simétricas, para conocer las características de las curvas verticales, se hizo el perfil, a partir del diseño en planta que se había hecho del levantamiento topográfico, de esta forma se recreó las características de las curvas verticales, como las pendientes, longitud de curva, índices de curvatura.

A continuación, se presenta el cálculo de los índices de curvatura a partir de las longitudes de curva vertical y pendientes actuales, de acuerdo a la ecuación 2.10 de la presente tesis; la cual si se despeja K tendríamos que:

$$K = L / A$$

**Tabla 4.23: Cálculo del índice de curvatura (K) actual**

Nº de curva	Tipo de curva	Pendiente de entrada	Pendiente de salida	Diferencia algebraica de pendientes (A)	Longitud de la curva actual (m)	K(m)
1	Cóncava	13.87%	2.21%	11.66%	20.29	1.74
2	Convexa	2.21%	8.24%	6.02%	40.91	6.79
3	Convexa	8.24%	11.24%	3.00%	42.66	14.24
4	Cóncava	11.24%	6.65%	4.59%	46.35	10.10
5	Convexa	6.65%	8.10%	1.45%	40.39	27.84
6	Convexa	8.10%	11.22%	3.13%	35.05	11.21
7	Cóncava	11.22%	8.24%	2.98%	44.41	14.88
8	Cóncava	8.24%	6.24%	2.00%	35.76	17.87
9	Convexa	6.24%	7.00%	0.76%	29.54	38.89

<b>Nº de curva</b>	<b>Tipo de curva</b>	<b>Pendiente de entrada</b>	<b>Pendiente de salida</b>	<b>Diferencia algebraica de pendientes (A)</b>	<b>Longitud de la curva actual (m)</b>	<b>K(m)</b>
10	Convexa	7.00%	11.68%	4.68%	46.93	10.02
11	Cóncava	11.68%	6.45%	5.23%	23.85	4.56
12	Cóncava	6.45%	5.90%	0.55%	56.16	101.73
13	Cóncava	5.90%	1.42%	4.48%	32.49	7.25
14	Convexa	1.42%	9.63%	8.21%	31.36	3.82
15	Cóncava	9.63%	4.93%	4.70%	33.25	7.08
16	Cóncava	4.93%	0.30%	4.63%	30.80	6.65
17	Cóncava	0.30%	-2.49%	2.79%	49.74	17.82
18	Convexa	-2.49%	1.59%	4.09%	31.95	7.82
19	Convexa	1.59%	9.09%	7.50%	52.73	7.03
20	Convexa	9.09%	11.04%	1.95%	49.12	25.24
21	Cóncava	11.04%	9.05%	1.99%	44.21	22.18
22	Convexa	9.05%	10.62%	1.57%	33.87	21.57
23	Cóncava	10.62%	4.09%	6.52%	37.05	5.68
24	Convexa	4.09%	9.66%	5.57%	50.05	8.99
25	Cóncava	9.66%	2.67%	6.99%	36.21	5.18
26	Convexa	2.67%	8.45%	5.78%	37.12	6.42
27	Cóncava	8.45%	0.83%	7.63%	40.72	5.34

Ahora calcularemos la longitud de las curvas verticales, en la siguiente tabla se ve el cálculo de las longitudes de las curvas calculadas de acuerdo a la ecuación 2.10 de la presente tesis ( $L = K A$ ), utilizando las tablas 2.15 y 2.16 para obtener los valores de K, para una velocidad directriz de 20 km/h.

**Tabla 4.24: Evaluación de longitud de curva vertical**

<b>N° curva vertical</b>	<b>Progresiva</b>	<b>Longitud de curva vertical calculada</b>	<b>Longitud de curva vertical actual (m)</b>	<b>Evaluación de longitud de curva vertical</b>
1	0+124.69	69.96	20.29	No cumple
2	0+239.05	11.44	40.91	Cumple
3	0+543.78	5.70	42.66	Cumple
4	0+780.60	27.54	46.35	Cumple
5	0+949.35	2.76	40.39	Cumple
6	1+124.07	5.95	35.05	Cumple
7	1+283.58	17.88	44.41	Cumple
8	1+570.49	12.00	35.76	Cumple
9	1+703.61	1.44	29.54	Cumple
10	1+811.89	8.89	46.93	Cumple
11	2+018.36	31.38	23.85	No cumple
12	2+204.85	3.30	56.16	Cumple
13	2+373.94	26.88	32.49	Cumple
14	2+496.29	15.60	31.36	Cumple
15	2+611.09	28.20	33.25	Cumple
16	2+727.34	27.78	30.80	Cumple
17	2+948.26	16.74	49.74	Cumple
18	3+077.32	7.77	31.95	Cumple
19	3+217.31	14.25	52.73	Cumple
20	3+455.90	3.71	49.12	Cumple
21	3+650.60	11.94	44.21	Cumple
22	4+108.02	2.98	33.87	Cumple
23	4+285.41	39.12	37.05	No cumple
24	4+435.60	10.58	50.05	Cumple

<b>N° curva vertical</b>	<b>Progresiva</b>	<b>Longitud de curva vertical calculada</b>	<b>Longitud de curva vertical actual (m)</b>	<b>Evaluación de longitud de curva vertical</b>
25	4+733.44	41.94	36.21	No cumple
26	4+913.91	10.98	37.12	Cumple
27	5+103.83	45.78	40.72	No cumple

**Tabla 4.25: Cuadro resumen: Evaluación de longitud de curva vertical**

<b>Descripción</b>	<b>Cumple</b>	<b>No cumple</b>
Longitud de curva vertical	22	05
%	81.5%	18.5%

## 4.2.6 DISEÑO GEOMÉTRICO DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES

### 4.2.6.1 Plataforma (ancho de calzada y bermas)

En la carretera actualmente no se ve una separación entre calzada y berma; sólo se ve un camino que tiene un ancho determinado, por lo que se evaluará la calzada y las bermas como una sola, es decir, se le evaluará como plataforma.

De acuerdo a la tabla 2.18 la calzada mínima es de 3.5 m y las bermas serán de 0.5 una a cada lado de la calzada; lo que nos da un ancho de plataforma de 4.5 m, como mínimo para que la carretera cumpla con MDCNPBVT.

A continuación, se muestra la tabla para la evaluación de ancho de calzada y bermas:

**Tabla 4.26: Evaluación de ancho de calzada y bermas**

<b>Progresiva</b>	<b>Ancho de plataforma</b>	<b>Ancho de calzada y berma mín. (m)</b>	<b>Evaluación de plataforma</b>
0+000.00	7.35	4.5	Cumple
0+006.13	7.40	4.5	Cumple
0+043.92	6.85	4.5	Cumple
0+125.15	8.40	4.5	Cumple
0+178.94	9.45	4.5	Cumple
0+263.02	6.30	4.5	Cumple
0+317.03	7.35	4.5	Cumple
0+389.40	6.30	4.5	Cumple
0+477.38	6.30	4.5	Cumple
0+564.68	6.35	4.5	Cumple
0+559.62	7.35	4.5	Cumple
0+604.28	9.45	4.5	Cumple
0+674.43	8.40	4.5	Cumple
0+734.62	6.30	4.5	Cumple
0+982.02	9.45	4.5	Cumple
1+026.56	8.35	4.5	Cumple

<b>Progresiva</b>	<b>Ancho de plataforma</b>	<b>Ancho de calzada y berma mín. (m)</b>	<b>Evaluación de plataforma</b>
1+122.67	8.55	4.5	Cumple
1+235.67	7.45	4.5	Cumple
1+388.09	8.40	4.5	Cumple
1+450.77	8.45	4.5	Cumple
1+491.29	7.35	4.5	Cumple
1+573.42	9.45	4.5	Cumple
1+658.97	8.55	4.5	Cumple
1+733.36	8.40	4.5	Cumple
1+804.81	6.30	4.5	Cumple
1+899.36	6.75	4.5	Cumple
1+957.23	7.35	4.5	Cumple
2+096.59	7.35	4.5	Cumple
2+182.65	6.30	4.5	Cumple
2+205.48	7.35	4.5	Cumple
2+275.19	7.25	4.5	Cumple
2+353.46	7.00	4.5	Cumple
2+395.92	8.40	4.5	Cumple
2+437.68	9.45	4.5	Cumple
2+509.68	6.30	4.5	Cumple
2+608.33	7.35	4.5	Cumple
2+681.44	8.35	4.5	Cumple
2+706.51	6.30	4.5	Cumple
2+779.35	7.25	4.5	Cumple
2+901.70	6.30	4.5	Cumple
2+977.31	7.35	4.5	Cumple
3+046.29	8.40	4.5	Cumple
3+235.81	7.35	4.5	Cumple

<b>Progresiva</b>	<b>Ancho de plataforma</b>	<b>Ancho de calzada y berma mín. (m)</b>	<b>Evaluación de plataforma</b>
3+273.46	8.25	4.5	Cumple
3+322.72	7.35	4.5	Cumple
3+396.32	6.95	4.5	Cumple
3+478.75	7.75	4.5	Cumple
3+510.76	5.40	4.5	Cumple
3+573.46	6.45	4.5	Cumple
3+646.39	7.85	4.5	Cumple
3+721.33	9.45	4.5	Cumple
3+816.91	6.30	4.5	Cumple
3+897.21	6.30	4.5	Cumple
3+967.89	8.40	4.5	Cumple
4+057.08	7.35	4.5	Cumple
4+090.22	7.15	4.5	Cumple
4+157.57	6.00	4.5	Cumple
4+203.79	5.95	4.5	Cumple
4+298.85	7.25	4.5	Cumple
4+517.58	7.35	4.5	Cumple
4+505.17	6.85	4.5	Cumple
4+674.74	8.40	4.5	Cumple
4+739.98	7.65	4.5	Cumple
4+817.29	7.25	4.5	Cumple
4+873.09	6.30	4.5	Cumple
4+916.98	8.40	4.5	Cumple
5+025.57	9.45	4.5	Cumple
5+115.75	8.40	4.5	Cumple
5+261.00	8.85	4.5	Cumple

**Tabla 4.27: Cuadro resumen: Evaluación de ancho de calzada y bermas**

Descripción	Cumple	No cumple
Ancho de calzada y bermas	69	00
%	100.0%	0.0%

#### 4.2.6.2 Taludes de corte y relleno

De acuerdo al material del terreno ubicado en la zona de estudio, y según la tabla 2.19 y tabla 2.20 de esta tesis, se presenta la evaluación del talud de corte y de relleno:

Talud de corte (H:V) : 1:1

Talud de relleno (H:V) : 1.5:1

**Tabla 4.28: Evaluación del talud de corte y relleno**

Progresiva	Talud de corte (z1)	Máximo talud de corte MDCNPBVT	Evaluación de talud de corte	Talud de relleno (z2)	Máximo talud de relleno MDCNPBVT	Evaluación de talud de relleno
0+000.00	1.65	1	Cumple	1.05	1.5	No cumple
0+020.00	1.20	1	Cumple	1.05	1.5	No cumple
0+040.00	0.95	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
0+060.00	0.95	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
0+080.00	0.75	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
0+100.00	1.65	1	Cumple	2.10	1.5	Cumple
0+120.00	1.45	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
0+140.00	0.75	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
0+160.00	0.75	1	No cumple	1.40	1.5	No cumple
0+180.00	1.65	1	Cumple	1.40	1.5	No cumple
0+200.00	0.75	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
0+220.00	0.75	1	No cumple	1.40	1.5	No cumple
0+240.00	0.50	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
0+260.00	1.45	1	Cumple	2.10	1.5	Cumple
0+280.00	1.20	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
0+300.00	0.50	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple

<b>Progresiva</b>	<b>Talud de corte (z1)</b>	<b>Máximo talud de corte MDCNPBVT</b>	<b>Evaluación de talud de corte</b>	<b>Talud de relleno (z2)</b>	<b>Máximo talud de relleno MDCNPBVT</b>	<b>Evaluación de talud de relleno</b>
0+320.00	0.50	1	No cumple	1.40	1.5	No cumple
0+340.00	1.20	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
0+360.00	1.45	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
0+380.00	1.20	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
0+400.00	0.95	1	No cumple	1.40	1.5	No cumple
0+420.00	1.45	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
0+440.00	1.65	1	Cumple	1.05	1.5	No cumple
0+460.00	1.65	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
0+480.00	1.20	1	Cumple	1.40	1.5	No cumple
0+500.00	1.45	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
0+520.00	1.65	1	Cumple	2.10	1.5	Cumple
0+540.00	0.50	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
0+560.00	1.20	1	Cumple	1.05	1.5	No cumple
0+580.00	1.45	1	Cumple	1.40	1.5	No cumple
0+600.00	0.50	1	No cumple	2.10	1.5	Cumple
0+620.00	1.45	1	Cumple	1.40	1.5	No cumple
0+640.00	1.20	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
0+660.00	1.65	1	Cumple	2.10	1.5	Cumple
0+680.00	1.20	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
0+700.00	0.95	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
0+720.00	0.75	1	No cumple	1.40	1.5	No cumple
0+740.00	0.50	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
0+760.00	1.45	1	Cumple	2.10	1.5	Cumple
0+780.00	1.45	1	Cumple	1.40	1.5	No cumple
0+800.00	1.20	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
0+820.00	1.65	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
0+840.00	0.75	1	No cumple	2.10	1.5	Cumple

<b>Progresiva</b>	<b>Talud de corte (z1)</b>	<b>Máximo talud de corte MDCNPBVT</b>	<b>Evaluación de talud de corte</b>	<b>Talud de relleno (z2)</b>	<b>Máximo talud de relleno MDCNPBVT</b>	<b>Evaluación de talud de relleno</b>
0+860.00	0.75	1	No cumple	2.10	1.5	Cumple
0+880.00	0.50	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
0+900.00	0.75	1	No cumple	1.40	1.5	No cumple
0+920.00	0.50	1	No cumple	1.05	1.5	No cumple
0+940.00	1.45	1	Cumple	1.40	1.5	No cumple
0+960.00	1.45	1	Cumple	2.10	1.5	Cumple
0+980.00	0.75	1	No cumple	1.05	1.5	No cumple
1+000.00	0.75	1	No cumple	1.05	1.5	No cumple
1+020.00	1.65	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
1+040.00	0.95	1	No cumple	1.40	1.5	No cumple
1+060.00	0.95	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
1+080.00	0.50	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
1+100.00	0.75	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
1+120.00	0.95	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
1+140.00	0.75	1	No cumple	1.40	1.5	No cumple
1+160.00	0.75	1	No cumple	1.05	1.5	No cumple
1+180.00	0.75	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
1+200.00	1.45	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
1+220.00	1.65	1	Cumple	2.10	1.5	Cumple
1+240.00	1.20	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
1+260.00	0.75	1	No cumple	2.10	1.5	Cumple
1+280.00	0.95	1	No cumple	1.40	1.5	No cumple
1+300.00	1.65	1	Cumple	1.05	1.5	No cumple
1+320.00	1.45	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
1+340.00	0.75	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
1+360.00	1.65	1	Cumple	1.40	1.5	No cumple
1+380.00	0.95	1	No cumple	1.05	1.5	No cumple

<b>Progresiva</b>	<b>Talud de corte (z1)</b>	<b>Máximo talud de corte MDCNPBVT</b>	<b>Evaluación de talud de corte</b>	<b>Talud de relleno (z2)</b>	<b>Máximo talud de relleno MDCNPBVT</b>	<b>Evaluación de talud de relleno</b>
1+400.00	0.95	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
1+420.00	1.65	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
1+440.00	0.50	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
1+460.00	1.65	1	Cumple	2.10	1.5	Cumple
1+480.00	0.95	1	No cumple	2.10	1.5	Cumple
1+500.00	1.65	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
1+520.00	0.50	1	No cumple	1.40	1.5	No cumple
1+540.00	0.75	1	No cumple	1.05	1.5	No cumple
1+560.00	0.50	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
1+580.00	0.95	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
1+600.00	0.50	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
1+620.00	0.75	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
1+640.00	0.95	1	No cumple	1.40	1.5	No cumple
1+660.00	0.95	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
1+680.00	0.75	1	No cumple	1.40	1.5	No cumple
1+700.00	1.65	1	Cumple	1.40	1.5	No cumple
1+720.00	1.65	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
1+740.00	1.45	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
1+760.00	0.95	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
1+780.00	0.75	1	No cumple	1.40	1.5	No cumple
1+800.00	1.65	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
1+820.00	1.65	1	Cumple	1.05	1.5	No cumple
1+840.00	1.65	1	Cumple	1.05	1.5	No cumple
1+860.00	1.65	1	Cumple	2.10	1.5	Cumple
1+880.00	0.50	1	No cumple	1.05	1.5	No cumple
1+900.00	1.65	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
1+920.00	0.50	1	No cumple	1.05	1.5	No cumple

<b>Progresiva</b>	<b>Talud de corte (z1)</b>	<b>Máximo talud de corte MDCNPBVT</b>	<b>Evaluación de talud de corte</b>	<b>Talud de relleno (z2)</b>	<b>Máximo talud de relleno MDCNPBVT</b>	<b>Evaluación de talud de relleno</b>
1+940.00	1.45	1	Cumple	2.10	1.5	Cumple
1+960.00	1.45	1	Cumple	1.40	1.5	No cumple
1+980.00	0.50	1	No cumple	1.40	1.5	No cumple
2+000.00	1.45	1	Cumple	1.40	1.5	No cumple
2+020.00	1.20	1	Cumple	1.05	1.5	No cumple
2+040.00	1.45	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
2+060.00	0.95	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
2+080.00	1.45	1	Cumple	2.10	1.5	Cumple
2+100.00	0.75	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
2+120.00	0.50	1	No cumple	2.10	1.5	Cumple
2+140.00	0.50	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
2+160.00	0.50	1	No cumple	1.40	1.5	No cumple
2+180.00	1.65	1	Cumple	1.40	1.5	No cumple
2+200.00	0.95	1	No cumple	1.40	1.5	No cumple
2+220.00	1.20	1	Cumple	1.05	1.5	No cumple
2+240.00	1.65	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
2+260.00	0.95	1	No cumple	1.40	1.5	No cumple
2+280.00	1.65	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
2+300.00	1.65	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
2+320.00	0.75	1	No cumple	1.40	1.5	No cumple
2+340.00	0.75	1	No cumple	2.10	1.5	Cumple
2+360.00	1.20	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
2+380.00	1.45	1	Cumple	1.40	1.5	No cumple
2+400.00	0.75	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
2+420.00	0.95	1	No cumple	1.40	1.5	No cumple
2+440.00	0.75	1	No cumple	1.40	1.5	No cumple
2+460.00	1.45	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple

<b>Progresiva</b>	<b>Talud de corte (z1)</b>	<b>Máximo talud de corte MDCNPBVT</b>	<b>Evaluación de talud de corte</b>	<b>Talud de relleno (z2)</b>	<b>Máximo talud de relleno MDCNPBVT</b>	<b>Evaluación de talud de relleno</b>
2+480.00	1.45	1	Cumple	1.40	1.5	No cumple
2+500.00	0.50	1	No cumple	1.40	1.5	No cumple
2+520.00	0.75	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
2+540.00	0.75	1	No cumple	2.10	1.5	Cumple
2+560.00	1.65	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
2+580.00	0.75	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
2+600.00	1.45	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
2+620.00	0.95	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
2+640.00	0.95	1	No cumple	1.40	1.5	No cumple
2+660.00	1.65	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
2+680.00	0.95	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
2+700.00	0.95	1	No cumple	1.40	1.5	No cumple
2+720.00	0.95	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
2+740.00	0.50	1	No cumple	1.40	1.5	No cumple
2+760.00	1.45	1	Cumple	1.40	1.5	No cumple
2+780.00	1.45	1	Cumple	2.10	1.5	Cumple
2+800.00	1.65	1	Cumple	1.05	1.5	No cumple
2+820.00	0.50	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
2+840.00	1.65	1	Cumple	1.05	1.5	No cumple
2+860.00	0.75	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
2+880.00	0.95	1	No cumple	1.05	1.5	No cumple
2+900.00	0.75	1	No cumple	1.05	1.5	No cumple
2+920.00	1.20	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
2+940.00	1.45	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
2+960.00	0.50	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
2+980.00	0.75	1	No cumple	2.10	1.5	Cumple
3+000.00	0.50	1	No cumple	2.10	1.5	Cumple

<b>Progresiva</b>	<b>Talud de corte (z1)</b>	<b>Máximo talud de corte MDCNPBVT</b>	<b>Evaluación de talud de corte</b>	<b>Talud de relleno (z2)</b>	<b>Máximo talud de relleno MDCNPBVT</b>	<b>Evaluación de talud de relleno</b>
3+020.00	1.65	1	Cumple	1.40	1.5	No cumple
3+040.00	1.45	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
3+060.00	1.20	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
3+080.00	1.65	1	Cumple	1.40	1.5	No cumple
3+100.00	1.65	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
3+120.00	1.45	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
3+140.00	1.20	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
3+160.00	0.75	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
3+180.00	1.20	1	Cumple	1.40	1.5	No cumple
3+200.00	0.75	1	No cumple	1.40	1.5	No cumple
3+220.00	1.45	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
3+240.00	1.20	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
3+260.00	0.75	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
3+280.00	1.65	1	Cumple	1.05	1.5	No cumple
3+300.00	0.50	1	No cumple	1.40	1.5	No cumple
3+320.00	0.50	1	No cumple	1.40	1.5	No cumple
3+340.00	0.50	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
3+360.00	1.45	1	Cumple	1.05	1.5	No cumple
3+380.00	1.45	1	Cumple	1.05	1.5	No cumple
3+400.00	0.95	1	No cumple	1.05	1.5	No cumple
3+420.00	0.50	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
3+440.00	0.95	1	No cumple	1.40	1.5	No cumple
3+460.00	1.65	1	Cumple	1.40	1.5	No cumple
3+480.00	1.20	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
3+500.00	1.65	1	Cumple	2.10	1.5	Cumple
3+520.00	0.50	1	No cumple	1.05	1.5	No cumple
3+540.00	0.50	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple

<b>Progresiva</b>	<b>Talud de corte (z1)</b>	<b>Máximo talud de corte MDCNPBVT</b>	<b>Evaluación de talud de corte</b>	<b>Talud de relleno (z2)</b>	<b>Máximo talud de relleno MDCNPBVT</b>	<b>Evaluación de talud de relleno</b>
3+560.00	0.75	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
3+580.00	0.50	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
3+600.00	1.65	1	Cumple	1.05	1.5	No cumple
3+620.00	1.20	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
3+640.00	0.95	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
3+660.00	0.75	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
3+680.00	1.20	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
3+700.00	0.75	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
3+720.00	1.65	1	Cumple	1.05	1.5	No cumple
3+740.00	1.45	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
3+760.00	1.20	1	Cumple	1.40	1.5	No cumple
3+780.00	0.50	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
3+800.00	1.65	1	Cumple	2.10	1.5	Cumple
3+820.00	1.45	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
3+840.00	1.45	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
3+860.00	0.95	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
3+880.00	0.95	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
3+900.00	1.45	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
3+920.00	0.95	1	No cumple	1.40	1.5	No cumple
3+940.00	0.50	1	No cumple	1.40	1.5	No cumple
3+960.00	0.50	1	No cumple	1.40	1.5	No cumple
3+980.00	1.45	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
4+000.00	1.65	1	Cumple	1.05	1.5	No cumple
4+020.00	1.20	1	Cumple	1.40	1.5	No cumple
4+040.00	1.65	1	Cumple	1.40	1.5	No cumple
4+060.00	0.50	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
4+080.00	1.20	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple

<b>Progresiva</b>	<b>Talud de corte (z1)</b>	<b>Máximo talud de corte MDCNPBVT</b>	<b>Evaluación de talud de corte</b>	<b>Talud de relleno (z2)</b>	<b>Máximo talud de relleno MDCNPBVT</b>	<b>Evaluación de talud de relleno</b>
4+100.00	1.45	1	Cumple	1.40	1.5	No cumple
4+120.00	1.65	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
4+140.00	0.95	1	No cumple	1.40	1.5	No cumple
4+160.00	0.75	1	No cumple	1.05	1.5	No cumple
4+180.00	1.65	1	Cumple	1.40	1.5	No cumple
4+200.00	1.45	1	Cumple	1.40	1.5	No cumple
4+220.00	0.95	1	No cumple	1.40	1.5	No cumple
4+240.00	1.65	1	Cumple	2.10	1.5	Cumple
4+260.00	0.75	1	No cumple	1.40	1.5	No cumple
4+280.00	0.75	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
4+300.00	0.50	1	No cumple	1.05	1.5	No cumple
4+320.00	0.50	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
4+340.00	0.50	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
4+360.00	0.50	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
4+380.00	0.75	1	No cumple	1.40	1.5	No cumple
4+400.00	1.20	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
4+420.00	1.20	1	Cumple	1.40	1.5	No cumple
4+440.00	0.50	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
4+460.00	1.20	1	Cumple	1.40	1.5	No cumple
4+480.00	0.75	1	No cumple	2.10	1.5	Cumple
4+500.00	0.95	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
4+520.00	0.95	1	No cumple	1.05	1.5	No cumple
4+540.00	0.75	1	No cumple	1.40	1.5	No cumple
4+560.00	1.65	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
4+580.00	1.65	1	Cumple	1.40	1.5	No cumple
4+600.00	1.45	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
4+620.00	1.20	1	Cumple	1.05	1.5	No cumple

<b>Progresiva</b>	<b>Talud de corte (z1)</b>	<b>Máximo talud de corte MDCNPBVT</b>	<b>Evaluación de talud de corte</b>	<b>Talud de relleno (z2)</b>	<b>Máximo talud de relleno MDCNPBVT</b>	<b>Evaluación de talud de relleno</b>
4+640.00	1.65	1	Cumple	1.40	1.5	No cumple
4+660.00	0.95	1	No cumple	1.40	1.5	No cumple
4+680.00	1.65	1	Cumple	1.40	1.5	No cumple
4+700.00	0.50	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
4+720.00	0.95	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
4+740.00	1.45	1	Cumple	1.05	1.5	No cumple
4+760.00	1.45	1	Cumple	1.05	1.5	No cumple
4+780.00	1.45	1	Cumple	2.10	1.5	Cumple
4+800.00	0.50	1	No cumple	1.40	1.5	No cumple
4+820.00	0.95	1	No cumple	2.10	1.5	Cumple
4+840.00	1.65	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
4+860.00	1.65	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
4+880.00	1.45	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
4+900.00	0.95	1	No cumple	1.4	1.5	No cumple
4+920.00	0.75	1	No cumple	1.4	1.5	No cumple
4+940.00	1.45	1	Cumple	1.4	1.5	No cumple
4+960.00	0.95	1	No cumple	2.1	1.5	Cumple
4+980.00	1.65	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
5+000.00	0.5	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
5+020.00	0.95	1	No cumple	2.1	1.5	Cumple
5+040.00	1.45	1	Cumple	1.4	1.5	No cumple
5+060.00	1.2	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
5+080.00	0.95	1	No cumple	1.4	1.5	No cumple
5+100.00	0.5	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
5+120.00	1.45	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
5+140.00	0.95	1	No cumple	1.4	1.5	No cumple
5+160.00	0.75	1	No cumple	1.4	1.5	No cumple

Progresiva	Talud de corte (z1)	Máximo talud de corte MDCNPBVT	Evaluación de talud de corte	Talud de relleno (z2)	Máximo talud de relleno MDCNPBVT	Evaluación de talud de relleno
5+180.00	0.75	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
5+200.00	1.2	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
5+220.00	1.45	1	Cumple	1.75	1.5	Cumple
5+240.00	0.5	1	No cumple	1.4	1.5	No cumple
5+260.00	0.75	1	No cumple	1.75	1.5	Cumple
5+261.00	1.2	2	No cumple	1.05	2.5	No cumple

**Tabla 4.29: Cuadro resumen: Evaluación del talud de corte y relleno**

Descripción	Ev. de talud de corte		Ev. de talud de relleno	
	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple
	128	137	154	111
%	48.3%	51.7%	58.1%	41.9%

#### 4.2.6.3 Cunetas

Los diseños de las cunetas para una zona lluviosa son triangulares de **profundidad de 0.30 m y ancho de 0.75 m**. Las cunetas de la carretera tienen diferentes medidas, tales como se muestra en el siguiente cuadro.

**Tabla 4.30. Evaluación de las dimensiones de cunetas**

Progresiva	Ancho de cuneta	Evaluación	Profundidad de cuneta	Evaluación
0+000.00	0.9	Cumple	0.45	Cumple
0+020.00	0.5	No cumple	0.25	No cumple
0+040.00	0.9	Cumple	0.25	No cumple
0+060.00	0.65	No cumple	0.2	No cumple
0+080.00	0.4	No cumple	0.15	No cumple
0+100.00	0.65	No cumple	0.25	No cumple
0+120.00	0.9	Cumple	0.45	Cumple
0+140.00	0.9	Cumple	0.2	No cumple
0+160.00	0.45	No cumple	0.15	No cumple
0+180.00	1.05	Cumple	0.25	No cumple

<b>Progresiva</b>	<b>Ancho de cuneta</b>	<b>Evaluación</b>	<b>Profundidad de cuneta</b>	<b>Evaluación</b>
0+200.00	0.5	No cumple	0.25	No cumple
0+220.00	-	No tiene	-	No tiene
0+240.00	-	No tiene	-	No tiene
0+260.00	-	No tiene	-	No tiene
0+280.00	0.8	Cumple	0.35	Cumple
0+300.00	0.65	No cumple	0.3	Cumple
0+320.00	0.4	No cumple	0.4	Cumple
0+340.00	-	No tiene	-	No tiene
0+360.00	0.5	No cumple	0.35	Cumple
0+380.00	-	No tiene	-	No tiene
0+400.00	0.6	No cumple	0.35	Cumple
0+420.00	0.9	Cumple	0.2	No cumple
0+440.00	1.05	Cumple	0.4	Cumple
0+460.00	0.9	Cumple	0.4	Cumple
0+480.00	0.65	No cumple	0.15	No cumple
0+500.00	0.5	No cumple	0.2	No cumple
0+520.00	1.05	Cumple	0.15	No cumple
0+540.00	-	No tiene	-	No tiene
0+560.00	-	No tiene	-	No tiene
0+580.00	-	No tiene	-	No tiene
0+600.00	-	No tiene	-	No tiene
0+620.00	0.8	Cumple	30	Cumple
0+640.00	0.9	Cumple	0.4	Cumple
0+660.00	1.05	Cumple	0.4	Cumple
0+680.00	0.75	Cumple	0.15	No cumple
0+700.00	0.8	Cumple	0.2	No cumple
0+720.00	0.6	No cumple	0.35	Cumple
0+740.00	1	Cumple	0.2	No cumple
0+760.00	0.8	Cumple	0.35	Cumple
0+780.00	0.5	No cumple	0.25	No cumple
0+800.00	1.05	Cumple	0.4	Cumple
0+820.00	0.65	No cumple	0.4	Cumple
0+840.00	0.9	Cumple	0.25	No cumple
0+860.00	0.65	No cumple	0.2	No cumple
0+880.00	0.9	Cumple	0.25	No cumple
0+900.00	0.65	No cumple	0.25	No cumple
0+920.00	0.75	Cumple	0.35	Cumple
0+940.00	1.05	Cumple	0.25	No cumple
0+960.00	1.05	Cumple	0.25	No cumple
0+980.00	0.5	No cumple	0.25	No cumple
1+000.00	0.5	No cumple	0.4	Cumple

<b>Progresiva</b>	<b>Ancho de cuneta</b>	<b>Evaluación</b>	<b>Profundidad de cuneta</b>	<b>Evaluación</b>
1+020.00	1.05	Cumple	0.2	No cumple
1+040.00	0.9	Cumple	0.4	Cumple
1+060.00	0.5	No cumple	0.15	No cumple
1+080.00	0.9	Cumple	0.25	No cumple
1+100.00	-	No tiene	-	No tiene
1+120.00	-	No tiene	-	No tiene
1+140.00	0.9	Cumple	0.25	No cumple
1+160.00	1.05	Cumple	0.35	Cumple
1+180.00	0.65	No cumple	0.4	Cumple
1+200.00	0.5	No cumple	0.2	No cumple
1+220.00	0.65	No cumple	0.35	Cumple
1+240.00	0.9	Cumple	0.15	No cumple
1+260.00	1.05	Cumple	0.15	No cumple
1+280.00	1.05	Cumple	0.4	Cumple
1+300.00	0.5	No cumple	0.35	Cumple
1+320.00	0.65	No cumple	0.2	No cumple
1+340.00	0.8	Cumple	0.15	No cumple
1+360.00	0.8	Cumple	0.35	Cumple
1+380.00	0.9	Cumple	0.25	No cumple
1+400.00	0.9	Cumple	0.35	Cumple
1+420.00	1.05	Cumple	0.25	No cumple
1+440.00	0.5	No cumple	0.25	No cumple
1+460.00	0.65	No cumple	0.4	Cumple
1+480.00	0.65	No cumple	0.35	Cumple
1+500.00	1.05	Cumple	0.4	Cumple
1+520.00	0.5	No cumple	0.25	No cumple
1+540.00	-	No tiene	-	No tiene
1+560.00	-	No tiene	-	No tiene
1+580.00	-	No tiene	-	No tiene
1+600.00	-	No tiene	-	No tiene
1+620.00	-	No tiene	-	No tiene
1+640.00	-	No tiene	-	No tiene
1+660.00	-	No tiene	-	No tiene
1+680.00	-	No tiene	-	No tiene
1+700.00	-	No tiene	-	No tiene
1+720.00	-	No tiene	-	No tiene
1+740.00	-	No tiene	-	No tiene
1+760.00	-	No tiene	-	No tiene
1+780.00	-	No tiene	-	No tiene
1+800.00	-	No tiene	-	No tiene
1+820.00	-	No tiene	-	No tiene

<b>Progresiva</b>	<b>Ancho de cuneta</b>	<b>Evaluación</b>	<b>Profundidad de cuneta</b>	<b>Evaluación</b>
1+840.00	-	No tiene	-	No tiene
1+860.00	-	No tiene	-	No tiene
1+880.00	-	No tiene	-	No tiene
1+900.00	-	No tiene	-	No tiene
1+920.00	0.8	Cumple	0.4	Cumple
1+940.00	0.8	Cumple	0.4	Cumple
1+960.00	0.8	Cumple	0.25	No cumple
1+980.00	0.75	Cumple	0.35	Cumple
2+000.00	0.9	Cumple	0.25	No cumple
2+020.00	0.8	Cumple	0.2	No cumple
2+040.00	0.75	Cumple	0.3	Cumple
2+060.00	0.85	Cumple	0.25	No cumple
2+080.00	0.8	Cumple	0.35	Cumple
2+100.00	0.82	Cumple	0.4	Cumple
2+120.00	0.85	Cumple	0.45	Cumple
2+140.00	0.8	Cumple	0.3	Cumple
2+160.00	0.85	Cumple	0.2	No cumple
2+180.00	0.9	Cumple	0.2	No cumple
2+200.00	0.8	Cumple	0.25	No cumple
2+220.00	0.8	Cumple	0.15	No cumple
2+240.00	0.9	Cumple	0.2	No cumple
2+260.00	0.9	Cumple	0.25	No cumple
2+280.00	0.65	Cumple	0.2	No cumple
2+300.00	0.9	Cumple	0.4	Cumple
2+320.00	0.65	No cumple	0.15	No cumple
2+340.00	0.9	Cumple	0.25	No cumple
2+360.00	-	No tiene	-	No tiene
2+380.00	0.5	No cumple	0.25	No cumple
2+400.00	0.65	No cumple	0.25	No cumple
2+420.00	0.9	Cumple	0.25	No cumple
2+440.00	0.8	Cumple	0.15	No cumple
2+460.00	0.5	No cumple	0.35	Cumple
2+480.00	0.9	Cumple	0.35	Cumple
2+500.00	0.8	Cumple	0.15	No cumple
2+520.00	0.9	Cumple	0.35	Cumple
2+540.00	0.5	No cumple	0.4	Cumple
2+560.00	1.05	Cumple	0.2	No cumple
2+580.00	0.65	No cumple	0.2	No cumple
2+600.00	0.65	No cumple	0.25	No cumple
2+620.00	0.65	No cumple	0.35	Cumple
2+640.00	-	No tiene	-	No tiene

<b>Progresiva</b>	<b>Ancho de cuneta</b>	<b>Evaluación</b>	<b>Profundidad de cuneta</b>	<b>Evaluación</b>
2+660.00	-	No tiene	-	No tiene
2+680.00	-	No tiene	-	No tiene
2+700.00	-	No tiene	-	No tiene
2+720.00	-	No tiene	-	No tiene
2+740.00	-	No tiene	-	No tiene
2+760.00	-	No tiene	-	No tiene
2+780.00	-	No tiene	-	No tiene
2+800.00	-	No tiene	-	No tiene
2+820.00	-	No tiene	-	No tiene
2+840.00	-	No tiene	-	No tiene
2+860.00	-	No tiene	-	No tiene
2+880.00	-	No tiene	-	No tiene
2+900.00	-	No tiene	-	No tiene
2+920.00	-	No tiene	-	No tiene
2+940.00	-	No tiene	-	No tiene
2+960.00	-	No tiene	-	No tiene
2+980.00	-	No tiene	-	No tiene
3+000.00	-	No tiene	-	No tiene
3+020.00	-	No tiene	-	No tiene
3+040.00	-	No tiene	-	No tiene
3+060.00	-	No tiene	-	No tiene
3+080.00	-	No tiene	-	No tiene
3+100.00	-	No tiene	-	No tiene
3+120.00	-	No tiene	-	No tiene
3+140.00	-	No tiene	-	No tiene
3+160.00	-	No tiene	-	No tiene
3+180.00	-	No tiene	-	No tiene
3+200.00	-	No tiene	-	No tiene
3+220.00	-	No tiene	-	No tiene
3+240.00	-	No tiene	-	No tiene
3+260.00	-	No tiene	-	No tiene
3+280.00	-	No tiene	-	No tiene
3+300.00	-	No tiene	-	No tiene
3+320.00	-	No tiene	-	No tiene
3+340.00	-	No tiene	-	No tiene
3+360.00	-	No tiene	-	No tiene
3+380.00	-	No tiene	-	No tiene
3+400.00	-	No tiene	-	No tiene
3+420.00	-	No tiene	-	No tiene
3+440.00	-	No tiene	-	No tiene
3+460.00	-	No tiene	-	No tiene

<b>Progresiva</b>	<b>Ancho de cuneta</b>	<b>Evaluación</b>	<b>Profundidad de cuneta</b>	<b>Evaluación</b>
3+480.00	-	No tiene	-	No tiene
3+500.00	-	No tiene	-	No tiene
3+520.00	-	No tiene	-	No tiene
3+540.00	-	No tiene	-	No tiene
3+560.00	-	No tiene	-	No tiene
3+580.00	-	No tiene	-	No tiene
3+600.00	-	No tiene	-	No tiene
3+620.00	-	No tiene	-	No tiene
3+640.00	-	No tiene	-	No tiene
3+660.00	-	No tiene	-	No tiene
3+680.00	-	No tiene	-	No tiene
3+700.00	-	No tiene	-	No tiene
3+720.00	-	No tiene	-	No tiene
3+740.00	-	No tiene	-	No tiene
3+760.00	-	No tiene	-	No tiene
3+780.00	-	No tiene	-	No tiene
3+800.00	-	No tiene	-	No tiene
3+820.00	-	No tiene	-	No tiene
3+840.00	-	No tiene	-	No tiene
3+860.00	-	No tiene	-	No tiene
3+880.00	-	No tiene	-	No tiene
3+900.00	-	No tiene	-	No tiene
3+920.00	-	No tiene	-	No tiene
3+940.00	-	No tiene	-	No tiene
3+960.00	-	No tiene	-	No tiene
3+980.00	-	No tiene	-	No tiene
4+000.00	-	No tiene	-	No tiene
4+020.00	-	No tiene	-	No tiene
4+040.00	-	No tiene	-	No tiene
4+060.00	-	No tiene	-	No tiene
4+080.00	-	No tiene	-	No tiene
4+100.00	-	No tiene	-	No tiene
4+120.00	-	No tiene	-	No tiene
4+140.00	-	No tiene	-	No tiene
4+160.00	-	No tiene	-	No tiene
4+180.00	-	No tiene	-	No tiene
4+200.00	-	No tiene	-	No tiene
4+220.00	-	No tiene	-	No tiene
4+240.00	-	No tiene	-	No tiene
4+260.00	-	No tiene	-	No tiene
4+280.00	-	No tiene	-	No tiene

<b>Progresiva</b>	<b>Ancho de cuneta</b>	<b>Evaluación</b>	<b>Profundidad de cuneta</b>	<b>Evaluación</b>
4+300.00	-	No tiene	-	No tiene
4+320.00	-	No tiene	-	No tiene
4+340.00	-	No tiene	-	No tiene
4+360.00	-	No tiene	-	No tiene
4+380.00	-	No tiene	-	No tiene
4+400.00	-	No tiene	-	No tiene
4+420.00	-	No tiene	-	No tiene
4+440.00	-	No tiene	-	No tiene
4+460.00	-	No tiene	-	No tiene
4+480.00	-	No tiene	-	No tiene
4+500.00	-	No tiene	-	No tiene
4+520.00	-	No tiene	-	No tiene
4+540.00	-	No tiene	-	No tiene
4+560.00	-	No tiene	-	No tiene
4+580.00	-	No tiene	-	No tiene
4+600.00	-	No tiene	-	No tiene
4+620.00	-	No tiene	-	No tiene
4+640.00	-	No tiene	-	No tiene
4+660.00	-	No tiene	-	No tiene
4+680.00	-	No tiene	-	No tiene
4+700.00	-	No tiene	-	No tiene
4+720.00	-	No tiene	-	No tiene
4+740.00	-	No tiene	-	No tiene
4+760.00	-	No tiene	-	No tiene
4+780.00	-	No tiene	-	No tiene
4+800.00	-	No tiene	-	No tiene
4+820.00	-	No tiene	-	No tiene
4+840.00	-	No tiene	-	No tiene
4+860.00	-	No tiene	-	No tiene
4+880.00	-	No tiene	-	No tiene
4+900.00	0.85	Cumple	0.35	Cumple
4+920.00	0.6	No cumple	0.3	Cumple
4+940.00	0.65	No cumple	0.35	Cumple
4+960.00	0.8	Cumple	0.2	No cumple
4+980.00	0.65	No cumple	0.3	Cumple
5+000.00	0.5	No cumple	0.4	Cumple
5+020.00	0.9	Cumple	0.3	Cumple
5+040.00	1	Cumple	0.3	Cumple
5+060.00	0.75	Cumple	0.3	Cumple
5+080.00	0.6	No cumple	0.35	Cumple
5+100.00	0.65	No cumple	0.3	Cumple

Progresiva	Ancho de cuneta	Evaluación	Profundidad de cuneta	Evaluación
5+120.00	0.75	Cumple	0.2	No cumple
5+140.00	0.8	Cumple	0.2	No cumple
5+160.00	0.6	No cumple	0.35	Cumple
5+180.00	0.6	No cumple	0.45	Cumple
5+200.00	0.95	Cumple	0.25	No cumple
5+220.00	0.9	Cumple	0.4	Cumple
5+240.00	1.05	Cumple	0.4	Cumple
5+260.00	0.6	No cumple	0.45	Cumple
5+261.00	0.55	No cumple	0.4	Cumple

**Tabla 4.31: Cuadro resumen: Evaluación de las dimensiones de cunetas**

Descripción	Ev. ancho de cuneta		Ev. profundidad de cuneta	
	Cumple	No cumple/no tiene	Cumple	No cumple/no tiene
	74	191	59	206
%	27.9%	72.1%	22.3%	77.7%

#### 4.2.6.4 Consistencia y coordinación del diseño geométrico de carreteras

Para conseguir una adecuada interacción de los elementos del trazado en planta, perfil y secciones transversales, se deberá cumplir las siguientes condiciones:

1. Los puntos de inflexión en planta y perfil deben aproximadamente coincidir y ser iguales en cantidad a lo largo de un tramo.
2. Cumplir la ecuación 2.11.

$$5A \leq (L/R) \leq 10A \dots \text{(ecuación 2.11)}$$

3. En carreteras con velocidad de diseño igual o menor a 60 km/h, debe cumplirse la siguiente condición:

$$L = (100 A R)/p \dots \text{(ecuación 2.12)}$$

Dónde:

L: Longitud de curva vertical (m)

A: Valor absoluto de la diferencia algebraica de pendientes

R: Radio de curva circular en planta (m)

p : Peralte correspondiente a la curva circular (%)

**Tabla 4.32. Evaluación de la consistencia del diseño geométrico de carreteras**

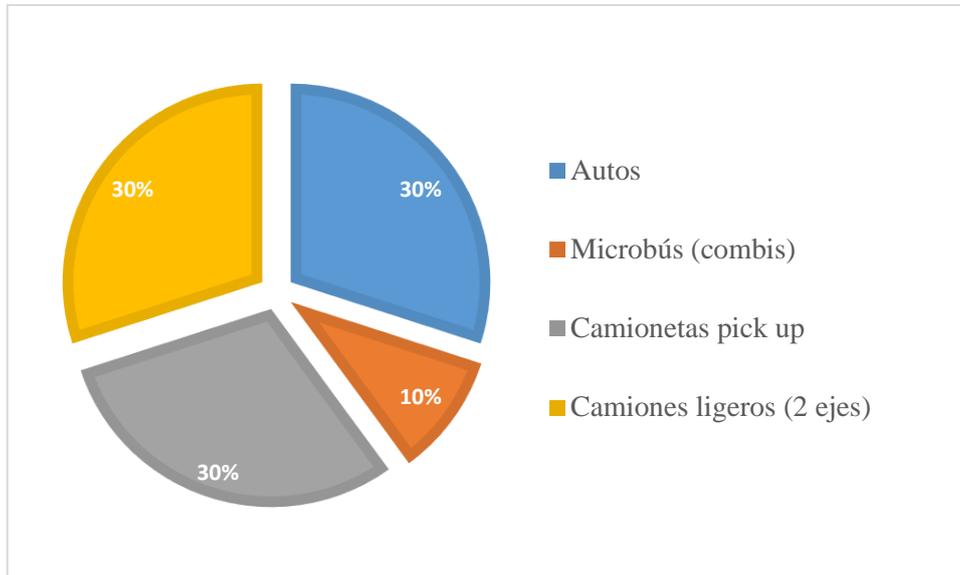
N° curva	Diferencia algebraica de pendientes (A)	Radio (R)	Peralte (p)	$5A \leq$	Ecuación 2.11	$\leq 10A$	Evaluación	Ecuación 2.12	Long. curva vertical (L)	Evaluación
1	0.12	10.3	28.6	0.58	1.97	1.17	No cumple	4.20	20.29	No cumple
2	0.06	82.04	28.6	0.30	0.50	0.60	Cumple	17.27	40.91	No cumple
3	0.03	84.82	24.2	0.15	0.50	0.30	No cumple	10.51	42.66	No cumple
4	0.05	117.52	26.4	0.23	0.39	0.46	Cumple	20.43	46.35	No cumple
5	0.01	8.45	30.8	0.07	4.78	0.15	No cumple	0.40	40.39	No cumple
6	0.03	12.84	26.4	0.16	2.73	0.31	No cumple	1.52	35.05	No cumple
7	0.03	149.16	17.6	0.15	0.30	0.30	Cumple	25.26	44.41	No cumple
8	0.02	90.84	13.2	0.10	0.39	0.20	No cumple	13.76	35.76	No cumple
9	0.01	54.92	30.8	0.04	0.54	0.08	No cumple	1.36	29.54	No cumple
10	0.05	68.98	15.4	0.23	0.68	0.47	No cumple	20.96	46.93	No cumple
11	0.05	43.92	26.4	0.26	0.54	0.52	No cumple	8.70	23.85	No cumple
12	0.01	19.17	19.8	0.03	2.93	0.06	No cumple	0.53	56.16	No cumple
13	0.04	32.36	15.4	0.22	1.00	0.45	No cumple	9.41	32.49	No cumple
14	0.08	16.28	19.8	0.41	1.93	0.82	No cumple	6.75	31.36	No cumple
15	0.05	70.56	30.8	0.24	0.47	0.47	Cumple	10.77	33.25	No cumple
16	0.05	19.35	30.8	0.23	1.59	0.46	No cumple	2.91	30.8	No cumple
17	0.03	21.97	28.6	0.14	2.26	0.28	No cumple	2.14	49.74	No cumple
18	0.04	164.86	17.6	0.20	0.19	0.41	No cumple	38.31	31.95	No cumple
19	0.08	16.05	19.8	0.38	3.29	0.75	No cumple	6.08	52.73	No cumple
20	0.02	5.13	17.6	0.10	9.58	0.20	No cumple	0.57	49.12	No cumple
21	0.02	145.21	15.4	0.10	0.30	0.20	No cumple	18.76	44.21	No cumple
22	0.02	8.42	13.2	0.08	4.02	0.16	No cumple	1.00	33.87	No cumple
23	0.07	6.49	17.6	0.33	5.71	0.65	No cumple	2.40	37.05	No cumple
24	0.06	390.62	30.8	0.28	0.13	0.56	No cumple	70.64	50.05	No cumple
25	0.07	39.34	17.6	0.35	0.92	0.70	No cumple	15.62	36.21	No cumple
26	0.06	44.53	15.4	0.29	0.83	0.58	No cumple	16.71	37.12	No cumple
27	0.08	306.78	15.4	0.38	0.13	0.76	No cumple	152.00	40.72	No cumple

**Tabla 4.33: Cuadro resumen: Evaluación de la consistencia del diseño geométrico de carreteras**

Descripción	Ecuación 2.11		Ecuación 2.12	
	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple
	04	23	00	27
%	14.81%	85.19%	0.0%	100%

## 4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 4.3.1 CARACTERÍSTICAS DEL TRÁNSITO

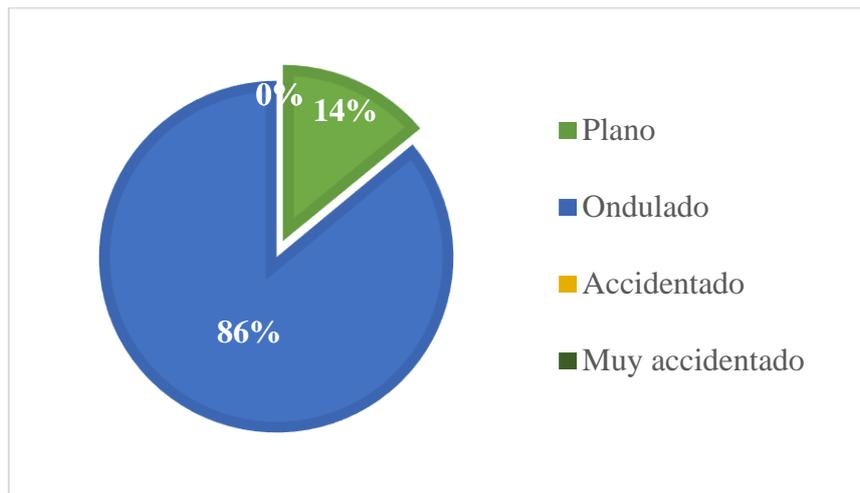


**Figura 4.2: Distribución del tránsito**

#### Interpretación:

De acuerdo a las características básicas el flujo vehicular es de 10 veh/día; para confirmar que es de bajo volumen de tránsito se usó la fórmula del IMDA del MDCNPBVT con 20 años de proyección, 2.048% de tasa anual (método de las tasas de generación de viajes) y el valor resultante es 15 veh/día, por lo que corresponde clasificarla en una carretera BVT del tipo T0, de un carril con un ancho de calzada de 3.5 – 4.5 m en base a la tabla N° 2.1.

### 4.3.2 CARACTERÍSTICAS DE LA OROGRAFÍA



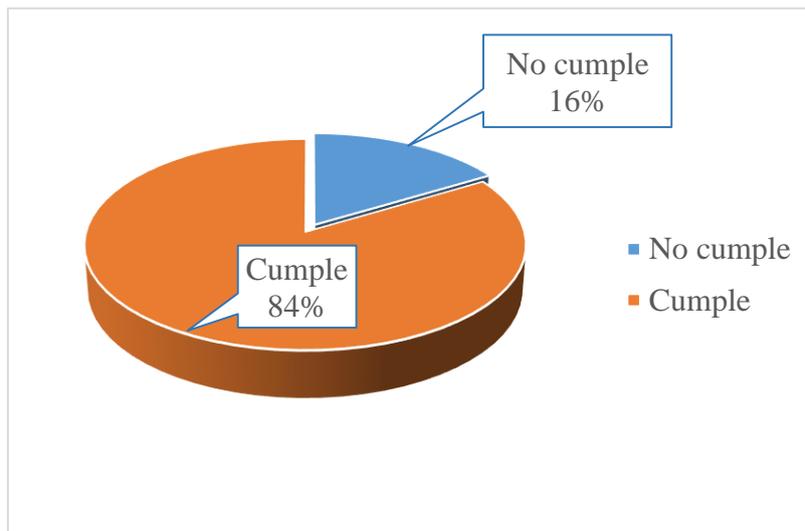
*Figura 4.3: Porcentajes de incidencia de tipo de orografía*

Interpretación:

De acuerdo a la pendiente transversal dada en porcentaje que se muestran en la figura anterior se tiene que: El tipo de orografía que predomina en función al porcentaje de mayor incidencia de la pendiente transversal al eje de la vía es de tipo: terreno ondulado tipo 2.

### 4.3.3 DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA

#### 4.3.3.1 Radio mínimo

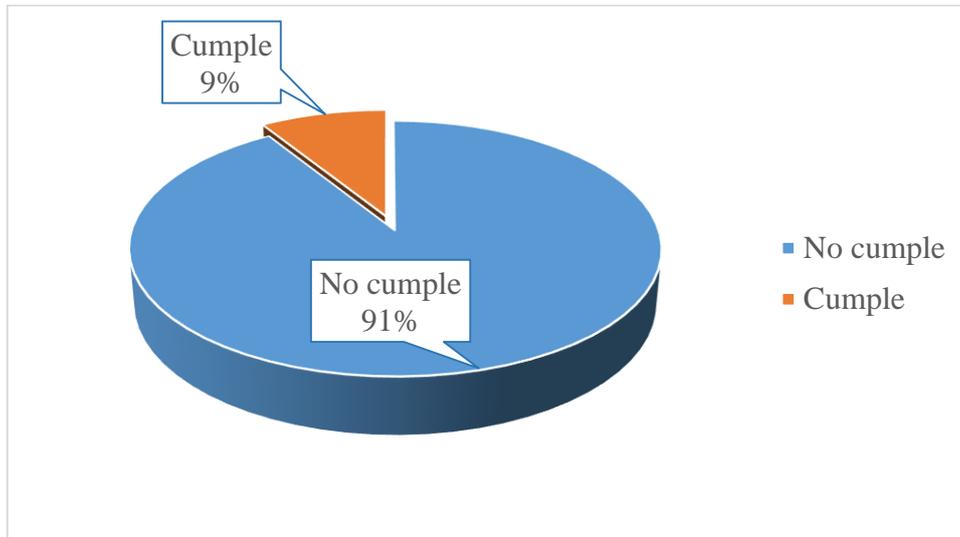


*Figura 4.4: Porcentajes del cumplimiento del radio mínimo*

Interpretación:

De la tabla 4.9, evaluación de los radios, se observó que de las las 67 curvas horizontales evaluadas el 84% cumple con el radio mínimo y el 16 % no cumple.

**4.3.3.2 Longitud de curva horizontal**

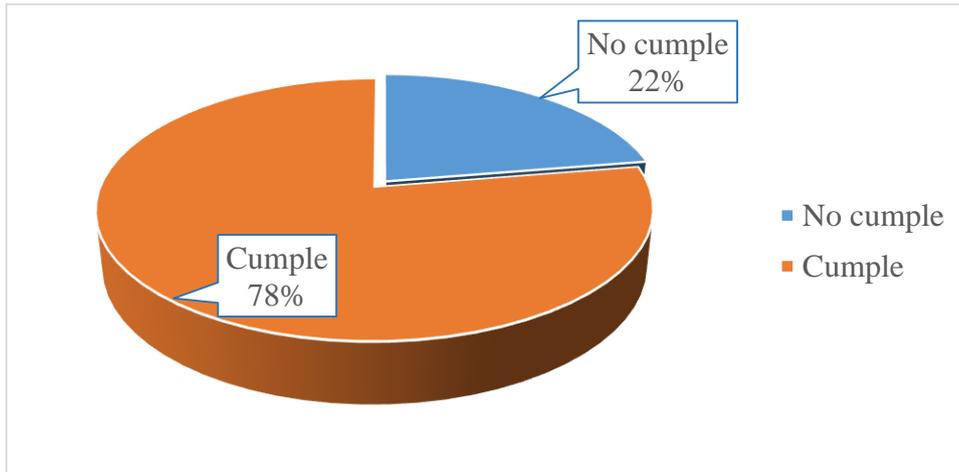


**Figura 4.5: Porcentajes del cumplimiento de la longitud de curva mínima**

Interpretación:

De la tabla 4.11, evaluación de la longitud de curva, se observó que de las 67 curvas existentes en este tramo, el 9% cumple con la longitud mínima de curva requerida y el 91% no cumple, lo que implica que no existe la distancia suficiente para que un vehículo tenga un desplazamiento fluido, a velocidad constante a través de este tramo.

#### 4.3.3.3 Longitud de transición de peralte

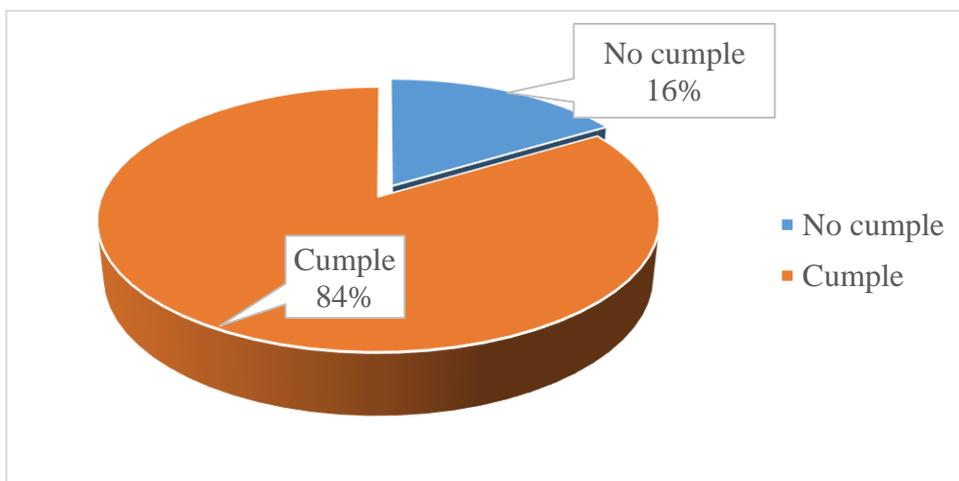


**Figura 4.6: Porcentajes del cumplimiento de la longitud de transición de peralte**

#### Interpretación:

De la tabla 4.13, evaluación de las longitudes de transición de peralte, se observó que de las 67 curvas existentes en este tramo, el 78% cumple con la mínima longitud de transición de peralte y el 22% no cumple.

#### 4.3.3.4 Sobreancho

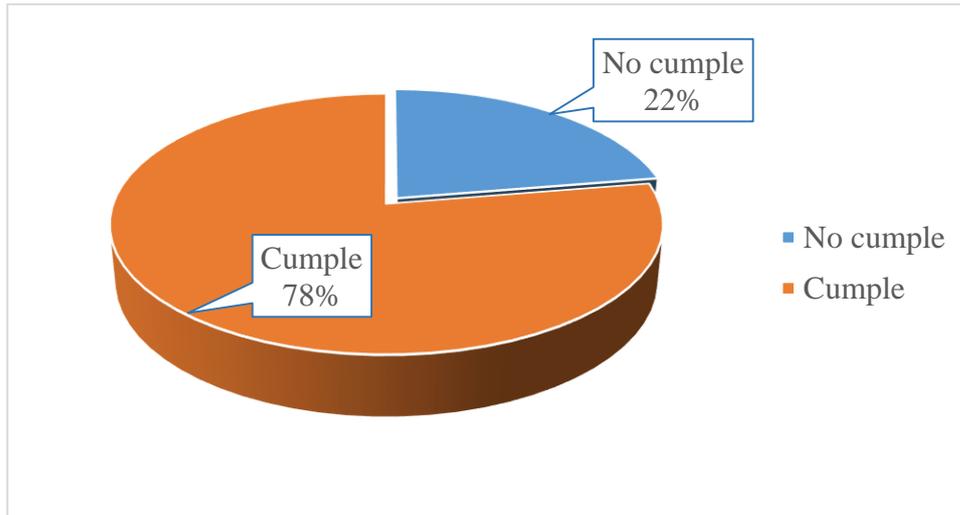


**Figura 4.7: Porcentaje del cumplimiento del sobreancho**

#### Interpretación:

De la tabla 4.15, evaluación de los sobreanchos, se observó que de las 67 curvas existentes en este tramo, el 84% cumple con el sobreancho mínimo y el 16% no cumple.

#### 4.3.3.5 Peralte

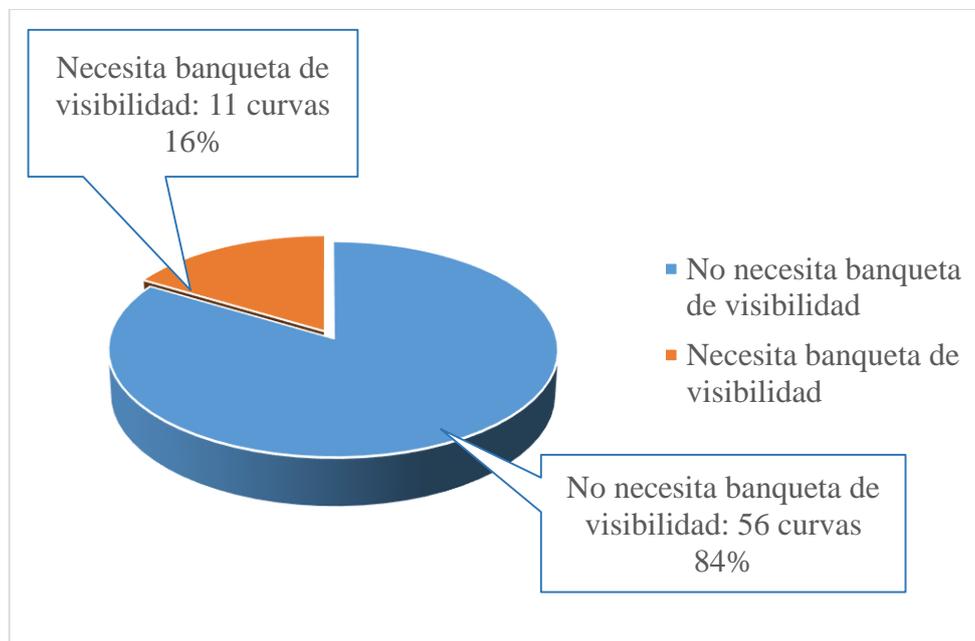


**Figura 4.8: Resumen porcentual del peralte**

Interpretación:

De la tabla 4.17, evaluación de los peraltes, se observó que de las 67 curvas existentes en este tramo el 78% cumple con el mínimo peralte y el 22% no cumple.

#### 4.3.3.6 Distancias de visibilidad en curvas horizontales



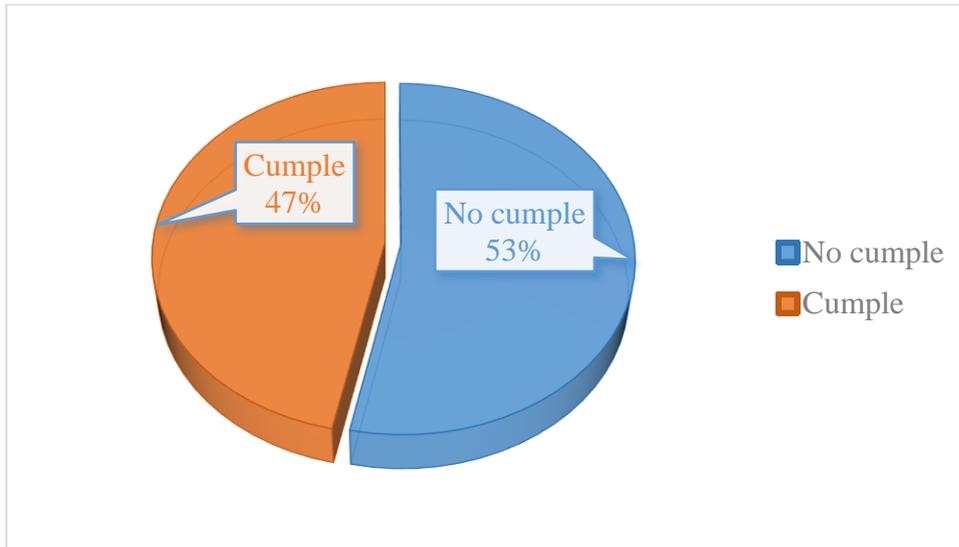
**Figura 4.9: Representación gráfica del cumplimiento de la distancia de visibilidad**

Interpretación:

De la tabla 4.19, evaluación de la banqueta de visibilidad en curvas, se observó que de las 67 curvas existentes, el 84% no necesitan banquetas de visibilidad y el 16% si necesita.

#### 4.3.4 DISEÑO GEOMÉTRICO EN PERFIL

##### 4.3.4.1 Pendiente longitudinal

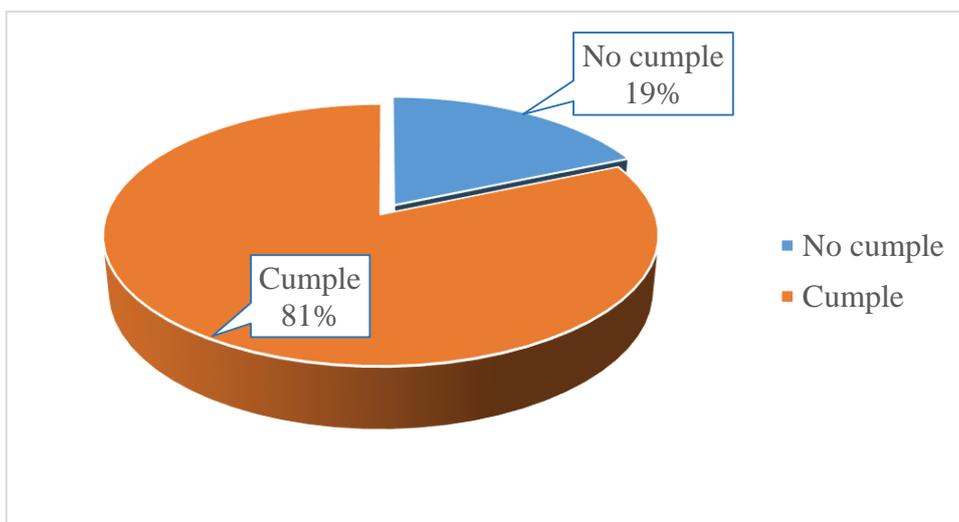


*Figura 4.10: Resumen porcentual del cumplimiento de la pendiente longitudinal*

Interpretación:

De la tabla 4.21, evaluación de las pendientes longitudinales, se observó que el 47% de las pendientes evaluadas cumple ya que se encuentra dentro de las pendientes máximas y mínimas estipuladas en MDCNPBVT y el 53% no cumple.

##### 4.3.4.2 Curvas verticales



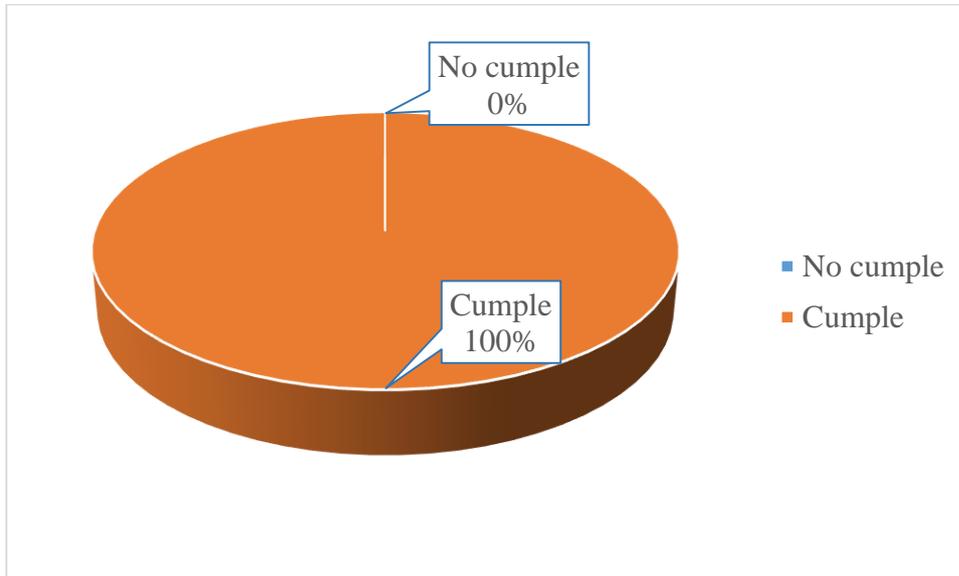
*Figura 4.11: Resumen porcentual del cumplimiento de longitud de las curvas verticales*

Interpretación:

De la tabla 4.24, evaluación de las longitudes de curvas verticales, se observó que de las 27 curvas verticales evaluadas el 81% cumple con la mínima longitud de curva vertical calculada y el 19% no cumple.

### 4.3.5 DISEÑO GEOMÉTRICO DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES

#### 4.3.5.1 Plataforma (ancho de calzada y bermas)

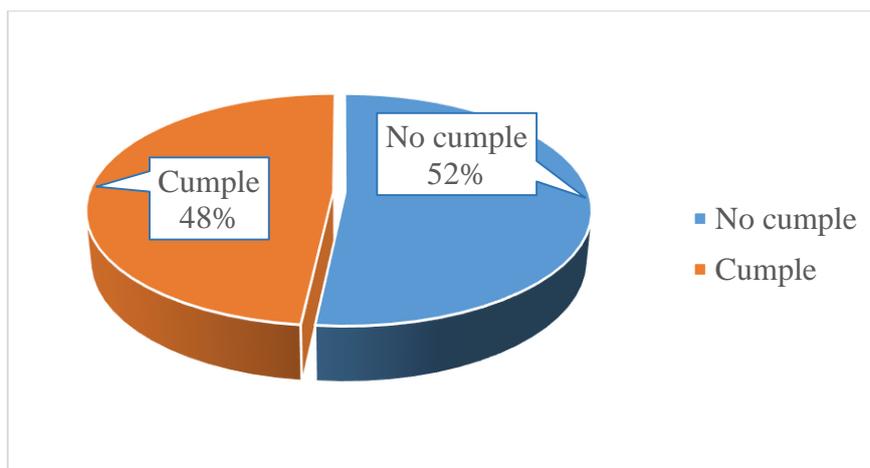


**Figura 4.12:** Resumen porcentual del cumplimiento del ancho de la plataforma

Interpretación:

De la tabla 4.26, evaluación de ancho de calzada y bermas, se observó que el 100% del tramo evaluado cumple con el ancho mínimo de plataforma manteniendo una buena transitabilidad para los vehículos.

#### 4.3.5.2 Talud de corte

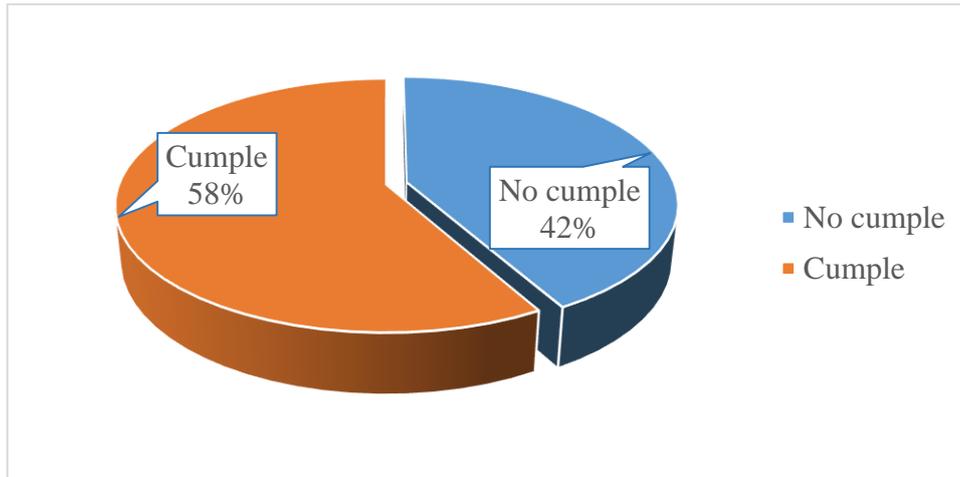


**Figura 4.13:** Resumen porcentual del cumplimiento del talud de corte

Interpretación:

De la tabla 4.28, evaluación del talud de corte, se observó que el 48% del tramo evaluado tiene taludes de corte mayores a los indicados en el MDCNPBVT.

#### 4.3.5.3 Talud de relleno

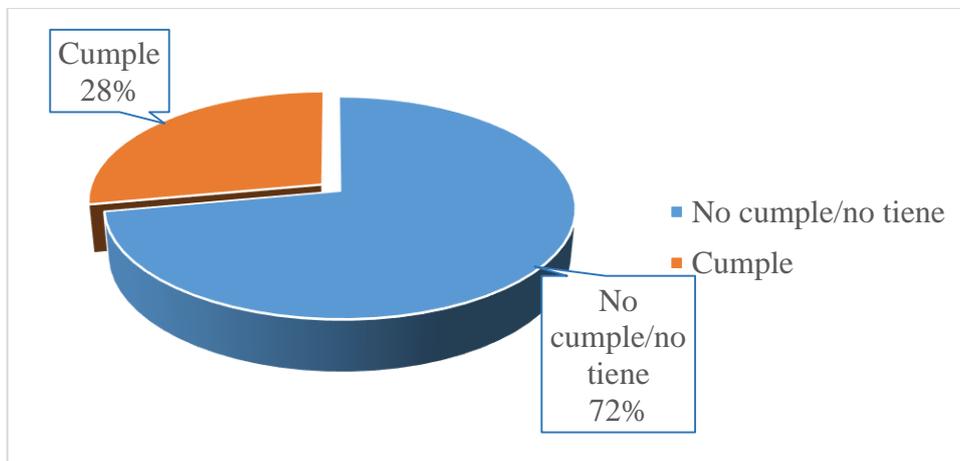


**Figura 4.14: Resumen porcentual del cumplimiento del talud de relleno**

Interpretación:

De la tabla 4.28, evaluación del talud de relleno, se observó que el 58% del tramo evaluado tiene taludes de relleno mayores a los indicados en el MDCNPBVT.

#### 4.3.5.4 Ancho de cunetas

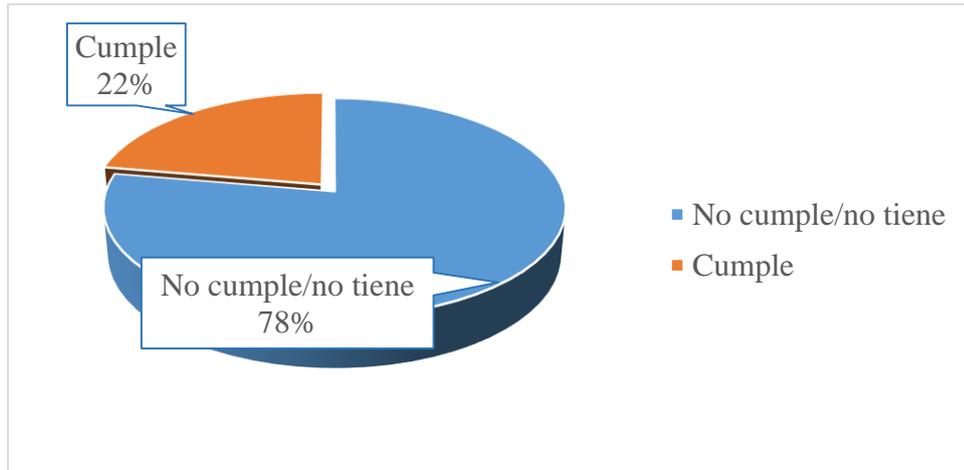


**Figura 4.15: Resumen porcentual del cumplimiento de ancho de cunetas**

Interpretación:

De la tabla 4.30, evaluación de ancho de cunetas, se observó que el 72% de la carretera evaluada no tiene cunetas y otros tramos no cuenta con el ancho mínimo indicado en el MDCNPBVT.

#### 4.3.5.5 Profundidad de cunetas



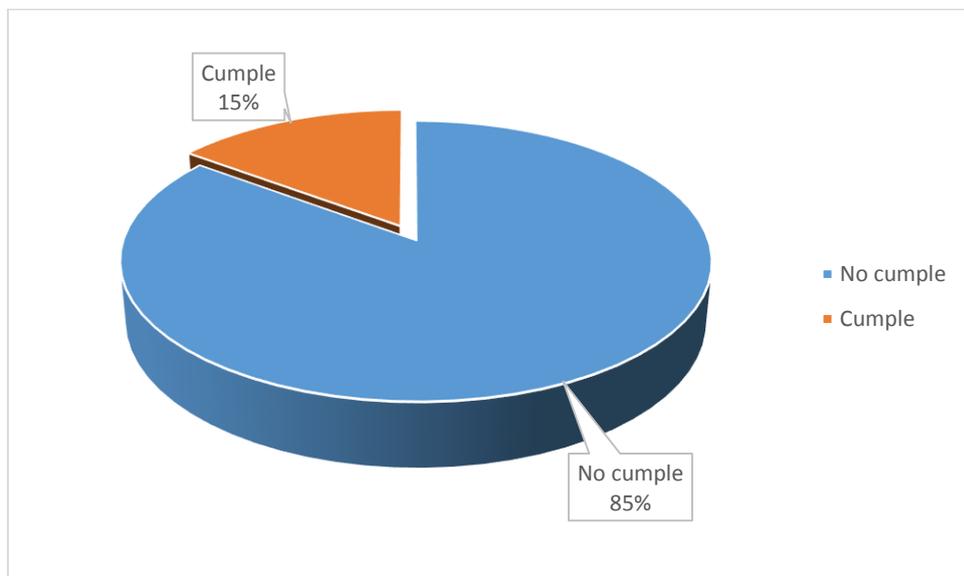
**Figura 4.16: Resumen porcentual del cumplimiento de profundidad de cunetas**

#### Interpretación:

De la tabla 4.30, evaluación de profundidad de cunetas, se observó que el 78% de la carretera evaluada no tiene cunetas y otros tramos no cuenta con la profundidad mínima de cunetas indicada en el MDCNPBVT.

#### 4.3.6 CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS

##### 4.3.6.1 Cumplimiento de la ecuación 2.11

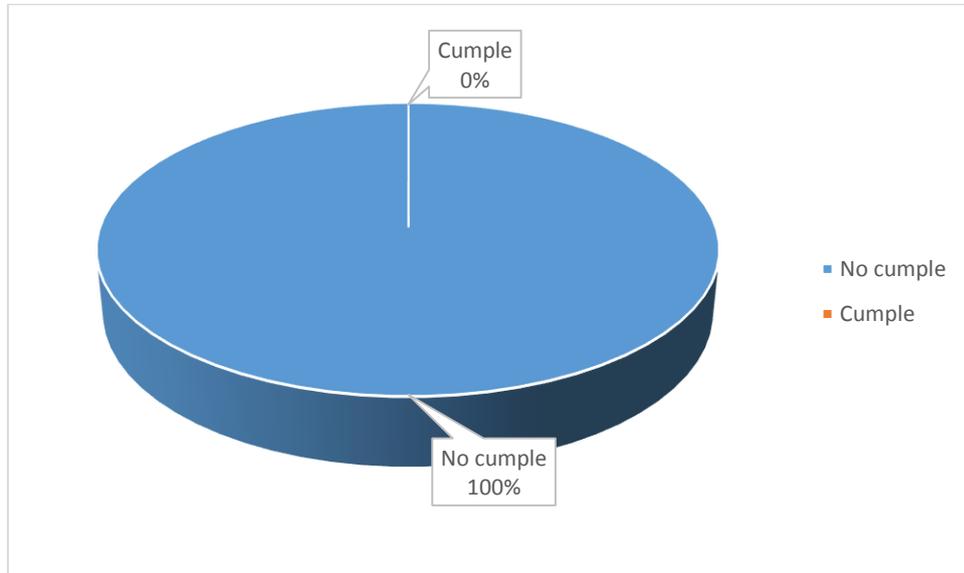


**Figura 4.17: Resumen porcentual del cumplimiento de la ecuación 2.11 para evaluación de la consistencia del diseño geométrico de carreteras**

Interpretación:

De la tabla 4.32, evaluación de la consistencia del diseño geométrico de carreteras se observó que el 15% de la carretera evaluada cumple con la ecuación 2.11.

**4.3.6.2 Cumplimiento de la ecuación 2.12**



**Figura 4.18: Resumen porcentual del cumplimiento de la ecuación 2.12 para evaluación de la consistencia del diseño geométrico de carreteras**

Interpretación:

De la tabla 4.32, evaluación de la consistencia del diseño geométrico de carreteras se observó que el 100% de las 27 curvas evaluadas no cumple el 100% de la ecuación 2.12.

*Tabla 4.34: Valores y porcentajes de las características geométricas evaluadas*

<b>CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS</b>	<b>CUMPLE</b>	<b>%</b>	<b>NO CUMPLE</b>	<b>%</b>
<b>Radio mínimo</b>	56	83.6%	11	16.4%
<b>Longitud de curva horizontal</b>	06	9.0%	61	91.0%
<b>Sobreeancho</b>	56	83.6%	11	16.4%
<b>Distancia de visibilidad en curvas horizontales</b>	56	83.6%	11	16.4%
<b>Peralte</b>	52	77.6%	15	22.4%
<b>Longitud de transición de peralte</b>	52	77.6%	15	22.4%
<b>Longitud de curva vertical</b>	22	81.5%	05	18.5%
<b>Pendiente</b>	07	46.7%	08	53.3%
<b>Ancho de plataforma (calzada y bermas)</b>	69	100.0%	00	0.0%
<b>Talud de corte</b>	128	48.3%	137	51.7%
<b>Talud de relleno</b>	154	58.1%	111	41.9%
<b>Ancho de cuneta</b>	74	27.9%	191	72.1%
<b>Profundidad de cuneta</b>	59	22.3%	206	77.7%

#### **4.4 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

Finalmente analizando los resultados de la comparación de las características geométricas de la carretera Celendín – El Suro (km 00+000 – km 05+261) con los parámetros del manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (MDCNPBVT), se observó que del total de las características geométricas evaluadas no cumplen en un 38.5%. De esta manera se contrastó la hipótesis formulada.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

Luego de realizar el estudio y análisis comparativo de la carretera Celendín – El Suro (km 00.0+00 – km 05+261) se concluye en lo siguiente:

- Por mayor incidencia de porcentajes de las características geométricas evaluadas en la carretera Celendín – El Suro, se determinó que de todas sus características geométricas evaluadas cumplen en un 61.5% y no cumplen en un 38.5% de acuerdo a los parámetros establecidos en el manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (MDCNPBVT); de esta manera se pone en evidencia que las características geométricas de dicha carretera son deficientes.
- Se realizó el reconocimiento, levantamiento topográfico de la zona y se cuantificó que presenta una topografía predominante ondulada (tipo 2).
- Se efectuó el conteo del tráfico para 7 días característicos en dicha carretera en estudio, presentando un IMD actual de 10 veh/día y efectuando su proyección para 20 años con una tasa anual de 2.048%, cuantificada por el método de las tasas de generación de viajes, se obtuvo un valor resultante de 15 veh/día.; clasificando la carretera en el grupo BVT del “tipo T0” de un carril con un ancho de calzada de 3.5 – 4.5 m.
- Se identificaron la existencia de 67 curvas horizontales y 27 curvas verticales, de las cuales se realizó la comparación de las mismas y sus respectivos elementos con el MDCNPBVT.
- Comparando las características geométricas actuales de la carretera en estudio con el MDCNPBVT se tiene: el radio mínimo a usar es de 10 m. el cual cumple en un 83.6%; las longitudes de curva horizontal cumplen en un 8% ; el sobreebanco cumple en un 83.6%; de las 67 curvas que contiene todo el alineamiento horizontal solo 11 necesitan banquetas de visibilidad; en su diseño geométrico vertical la pendiente usada es del 9% y del análisis se obtuvo que sólo 46.7% cumple; las longitudes de curva vertical cumple en un 81.5%; en el diseño de su sección transversal el ancho de la plataforma (resultante de la suma del ancho de calzada y del ancho de las bermas) de 4.5 m. de acuerdo al MDCNPBVT cumple satisfactoriamente el 100% del tramo evaluado y las dimensiones de las cunetas no cumple en más del 70%.

- Se verificó que la carretera es no consistente ya que no cumple con los criterios generales y/o condiciones siguientes estipuladas en el MTC:
- 1) Los puntos de inflexión en planta como perfil no coinciden o no son iguales.
  - 2) De las curvas evaluadas con los parámetros de la ecuación 2.11 sólo cumple el 14.81%.
  - 3) De las curvas evaluadas ninguna cumple con la igualdad de la ecuación 2.12.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- La presente investigación se limitó a realizar el análisis comparativo con respecto al MDCNPBVT y cuantificar que parámetros no cumplen con lo estipulado por dicha norma, siendo esto una parte importante en el diagnóstico de la problemática de las carreteras, por lo que se recomienda realizar un estudio con la metodología de inspección de seguridad vial y el manual de seguridad de carreteras (HSM), que implica la recolección y procesamiento de accidentes suscitados en el tramo estudiado en un periodo de cinco años, y así tener un mejor panorama de los puntos críticos de dicha carretera.
- Se sugiere finalmente hacer llegar la presente investigación a los gobiernos locales para que puedan fomentar e implantar posibles mejoras de la carretera en mención.
- A modo de disposición principal se propone realizar la conformación de cunetas en los tramos que no se tiene y mejorar las existentes, y así poder mantener un adecuado drenaje superficial evitando la sedimentación o acción erosiva de terrenos en desmonte sobre la superficie de la vía, manteniendo el periodo de vida útil de la carretera en estudio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bañon, L. 2008. Manual de Carreteras.
- Carrasco Osorio, A. 2009. Infraestructura vial nacional asociada a la competitividad. Tesis de master en ingeniería civil, Universidad Privada de Piura, Lima.
- Cárdenas, J. 2013. Diseño geométrico de carreteras. editorial ecoe ediciones.
- Correa, K. 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. Tesis Ing. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca.
- CEPLAN. 2011. Plan Bicentenario. El Perú hacia el 2021. Lima.
- Chocontá, P. 2011 Diseño geométrico de vías. Editorial rscuela colombiana de ingeniería.
- Fienco, M., Bravo, B., Guachisaca, V., Jaramillo, E., & Fienco, V. (2017). Elementos originales en el diseño geométrico de carreteras. Ciencias.
- Flores, C. 2017. Infomercado – red vial departamental o regional.
- Garmin. 2015. garmin international inc, (kansas – usa). obtenido de: <https://www.garmin.com.pe>
- Geotop. 2009. Geotop geodeisa y topografía. obtenido de: <https://geotop.com.pe/producto/estacion-total/leica-flexline-ts06>
- 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. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Manual de diseño geométrico de carreteras DG-2018.
- Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (MDCNPBVT), Resolución ministerial N°303-2008-MTC/02.
- Ochoa, E. 2009. "Estudio de los criterios de diseño geométrico de las intersecciones a nivel según AASHTO" realizado en Medellín, Colombia.
- Ortiz H, FR. 2018. “Evaluación de la seguridad vial de la carretera Cajamarca-Otuzco en función a sus parámetros de diseño”. Universidad Nacional de Cajamarca.
- 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.

## ANEXOS

### ANEXO A: PANEL FOTOGRÁFICO



*Figura 6.1: Conteo de moviidades*



*Figura 6.2: Equipo topográfico*



*Figura 6.3: Medición del ancho de calzada*



*Figura 6.4: Medición del ancho de calzada y cunetas*



*Figura 6.5: Medición de peraltes con eclímetro*



*Figura 6.6: Levantamiento topográfico de la carretera*



*Figura 6.7: Radiación topográfica de la carretera*



*Figura 6.8: Se muestra el eje de la carretera*

## **ANEXO B**

### **PLANO DE UBICACIÓN**

**ANEXO C**

**PLANO CLAVE**

**ANEXO D**

**PLANOS EN PLANTA  
Y  
PERFIL LONGITUDINAL**

## **ANEXO E**

### **PLANOS DE SECCIONES TRANSVERSALES**