

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“EVALUACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA
CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO VOLUMEN DE
TRANSITO TRAMO C.P. EL TAMBO – C.P. LAGUNA SANTA
ÚRSULA CON RESPECTO AL MANUAL DE DISEÑO DE
CARRETERAS DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO-MTC”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

Presentado por el Bachiller:

JUAN HUARIPATA CARMONA

Asesor

MCs. Ing. SERGIO HUAMÁN SANGAY

CAJAMARCA - PERU

2018

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	xii
AGRADECIMIENTO.....	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.5. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.6. LIMITACIONES	4
1.7. OBJETIVOS.....	5
1.7.1. OBJETIVO GENERAL	5
1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
1.8. HIPÓTESIS GENERAL	5
1.9. VARIABLES.....	5
1.9.1. Variable Independiente	5
1.9.2. Variable dependiente	6
1.9.3. Operacionalización de Variables	6
1.10. DESCRIPCIÓN DE CAPÍTULOS.....	9

CAPÍTULO II.	10
2. MARCO TEÓRICO.....	10
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS.....	10
2.1.1. Internacionales.....	10
2.1.2. Nacionales.....	11
2.1.3. Locales.....	12
2.2. BASES TEÓRICAS.....	13
2.2.1. DISEÑO GEOMÉTRICO.....	13
2.2.2. DEFINICIÓN DE CARRETERA.....	14
2.2.3. MANUAL PARA EL DISEÑO DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO (MDCNPBVT).....	14
2.2.4. CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS.....	15
2.2.4.1. Clasificación de acuerdo a la Demanda.....	15
2.2.4.2. Según condiciones orográficas.....	17
2.2.5. DERECHO DE VÍA O FAJA DE DOMINIO.....	18
2.2.6. FAJA DE PROPIEDAD RESTRINGIDA.....	19
2.2.7. VOLUMEN DE TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO (TPD).....	19
2.2.8. VEHÍCULO DE DISEÑO.....	19
2.2.9. VELOCIDAD DE DISEÑO O VELOCIDAD DIRECTRIZ (V).....	20
2.2.10. DISTANCIA DE VISIBILIDAD.....	20
2.2.10.1. Distancia de visibilidad de parada.....	21
2.2.10.2. Distancia de visibilidad de paso.....	25

2.2.11. DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL Ó ALINEAMIENTO HORIZONTAL.....	28
2.2.11.1. Generalidades	28
2.2.11.2. Consideraciones en el diseño horizontal.	28
2.2.11.3. CURVAS HORIZONTALES	30
2.2.11.4. RADIO DE DISEÑO.....	32
2.2.11.5. PERALTE	33
2.2.11.6. LONGITUD DE TRANSICIÓN DE PERALTE.....	35
2.2.11.7. LONGITUD DE TANGENTE.....	37
2.2.11.8. LONGITUD DE CURVA.....	39
2.2.11.9. SOBREALCHO	39
2.2.11.10. DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS HORIZONTALES	40
2.2.11.11. CURVAS COMPUESTAS.....	42
2.2.12. ALINEAMIENTO VERTICAL	42
2.2.12.1. Consideraciones para el alineamiento vertical	43
2.2.12.2. CURVAS VERTICALES	44
2.2.12.3. Longitud de curva convexa	45
2.2.12.4. Longitud de curva cóncava	46
2.2.12.5. PENDIENTE	49
2.2.12.6. COORDINACIÓN ENTRE DISEÑO HORIZONTAL Y DISEÑO VERTICAL	50
2.2.13. SECCIÓN TRANSVERSAL.....	52
2.2.13.1. CALZADA	52
2.2.13.2. BOMBEO.....	53

2.2.13.3. BERMA.....	53
2.2.13.4. ANCHO DE LA PLATAFORMA.....	53
2.2.13.5. PLAZOLETAS	54
2.2.13.6. DIMENSIONES EN LOS PASOS INFERIORES	54
2.2.13.7. TALUDES	54
2.2.13.8. SECCION TRANSVERSAL TÍPICA.....	56
2.2.14. DEFINICIONES VARIAS.....	58
2.2.14.1. ESTACIÓN TOTAL.....	58
2.2.14.2. GPS.....	61
2.2.14.3. ECLÍMETRO.....	62
2.2.14.4. WINCHA	63
CAPITULO III	64
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	64
3.1. METODOLOGÍA	64
3.1.1. Diseño de investigación	64
3.1.2. Unidad de estudio	64
3.1.3. Población	64
3.1.4. Muestra	64
3.1.5. Técnicas de recolección de datos	64
3.1.6. Instrumentos de recolección de datos.....	65
3.1.7. Métodos e instrumento en el análisis de datos	65
3.2. APLICACIÓN DEL MÉTODO	65

3.2.1. Ubicación geográfica de la zona en estudio	65
3.2.2. Ubicación política	69
3.2.3. Climatología	69
3.2.4. Materiales e instrumentos	69
3.2.5. Trabajo de campo	69
3.2.6. Trabajo de gabinete	70
3.2.7. Reconocimiento de la zona	70
3.2.8. Levantamiento topográfico de la carretera	70
3.2.9. Trabajo de Gabinete.....	72
CAPÍTULO IV.....	74
4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	74
4.1. DATOS TOPOGRÁFICOS.....	74
4.2. DISEÑO GEOMÉTRICO.....	74
4.3. Clasificación de la vía	74
4.3.1. Características del tránsito.....	77
4.3.1.1. Índice medio diario semanal (TPDS)	77
4.3.2. Clasificación por demanda	77
4.3.3. Clasificación por Orografía	78
4.3.4. Vehículo de diseño	82
4.3.5. Velocidad de diseño (V)	85
4.4. DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA O ALINEAMIENTO HORIZONTAL	88
4.4.1. CURVAS CIRCULARES	88

4.4.2. Radio mínimo	88
4.4.3. Elementos de curva.....	91
4.4.4. Longitud de Transición de Peralte.....	100
4.4.5. Longitud de Tramos en Tangente	104
4.4.6. Longitud de Curva	108
4.4.7. Sobreancho.....	112
4.4.8. Distancia de visibilidad en curvas horizontales	115
4.4.9. Peralte.....	119
4.5. DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL.....	124
4.5.1. PENDIENTE LONGITUDINAL.....	124
4.5.2. CURVAS VERTICALES.....	125
4.6. SECCIONES TRANSVERSALES.....	128
4.6.1. CALZADA.....	128
4.6.2. BOMBEO	128
4.6.3. BERMA	128
4.6.4. TALUDES.....	141
4.6.5. SECCIÓN TRANSVERSAL DE SOBREENCHOS.....	141
4.7. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	148
CAPÍTULO V.....	152
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	152
5.1. CONCLUSIONES.....	152
5.2. RECOMENDACIONES.....	154

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	158
ANEXO A	159
PANEL FOTOGRÁFICO	159
ANEXO B	163
PUNTOS TOPOGRÁFICOS DEL EJE	163
ANEXO C	171
PLANO DE UBICACIÓN	171
ANEXO D	172
PLANOS PLANTA PERFIL	172
ANEXO E	173
PLANO SECCION TÍPICA	173
ANEXO E	174
PLANOS SECCIONES TRANSVERSALES.....	174

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.9.3-1: Operacionalización de variables.....	7
Tabla 2.2.3-1: Características básicas del ancho de calzada de las Carreteras No pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.....	15
Tabla 2.2.5-1: Ancho del derecho de vía.....	18
Tabla 2.2.10-1: Distancia de visibilidad de parada (metros).....	23
Tabla 2.2.10-2 : Distancia de visibilidad de adelantamiento.....	25
Tabla 2.2.11-1 : Ángulos de deflexión máximos para los que no se requiere curva horizontal.....	29
Tabla 2.2.11-2 : Elementos de curvas horizontales simples.....	32
Tabla 2.2.11-3: Fricción transversal máxima en curvas.....	33
Tabla 2.2.11-4: Radios mínimos y peraltes máximos.....	34
Tabla 2.2.11-5: Longitudes mínimas de transición de bombeo y transición de peralte.....	37
Tabla 2.2.11-6: Longitudes de tramos en tangente.....	37
Tabla 2.2.12-1: Valor del Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa.....	48
Tabla 2.2.12-2: Valor del Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava.....	48
Tabla 2.2.12-3: Pendientes máximas.....	49
Tabla 2.2.13-1: Ancho mínimo deseable de la calzada en tangente (en metros).....	52
Tabla 2.2.13-2: Taludes de corte.....	55
Tabla 2.2.13-3: Taludes de relleno.....	55
Tabla 3.2.9: Listado de parámetros.....	73
Tabla 3.2.9-1: Toma de datos del tráfico en campo.....	75
Tabla 4.3.1-1: Valor promedio semanal de tráfico.....	77
Tabla 4.3.3-1: Datos promedio respecto a la Orografía.....	78

Tabla 4.3.4-1: Valores promedio de tráfico por tipo de vehículo.....	83
Tabla 4.3.4-2: Resumen vehicular tipo Liviano.....	84
Tabla 4.3.4-3: Resumen vehicular de Tipo Pesado.....	85
Tabla 4.3.5-1: Verificación de la Velocidad de diseño.....	86
Tabla 4.3.5-2: Velocidad promedio.....	87
Tabla 4.4.2-1: Verificación del Radio mínimo.....	88
Tabla 4.4.2-2: Verificación del Radio mínimo.....	90
Tabla 4.4.3-1: Elementos de curva.....	91
Tabla 4.4.4-1: Longitud de la rampa de peralte.....	100
Tabla 4.4.4-2: Verificación de la Rampa de peralte.....	103
Tabla 4.4.5: Verificación de la longitud de tangente.....	104
Tabla 4.4.5-1: Longitudes de tramos rectos.....	107
Tabla 4.4.6-1: Verificación de longitud de curva mínima.....	109
Tabla 4.4.6-2: Resumen de Longitud de curva.....	111
Tabla 4.4.7-1: Sobreancho.....	112
Tabla 4.4.7-2: Resumen de Longitud de sobreancho	115
Tabla 4.4.8-1: Banquetas en curvas con sobreanchos medidos en campo	116
Tabla 4.4.8-2: Resumen de visibilidad “M”	119
Tabla 4.4.9-1: Peralte calculado y medido.....	120
Tabla 4.4.9-2: Resumen del peralte.....	122
Tabla 4.5.1-1: Elementos del perfil longitudinal.....	124
Tabla 4.5.2-1: Diseño de curvas verticales.....	126
Tabla 4.6.3-1: Ancho de la calzada - Ancho de bermas.....	129
Tabla 4.6.3-2: Resumen de calzada.....	138
Tabla 4.6.3-3: Resumen de berma izquierda.....	139
Tabla 4.6.3-4: Resumen de berma derecha.....	140
Tabla 4.6.5-1: Sección de sobreanchos.....	141
Tabla 4.6.5-1: Valores de parámetros de la carretera.....	151

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 4.3.4-1 : Porcentajes de vehículos automotor liviano.....	84
Gráfico N° 4.3.4-2 : Porcentajes de vehículo automotor pesado.....	85
Gráfico N° 4.3.5-1: Velocidades promedio	87
Gráfico N° 4.4.2-1: Porcentajes de Radio de Diseño	91
Gráfico N° 4.4.4-1: Representación porcentual de la rampa de peralte	103
Gráfico N° 4.4.5-1: Porcentajes de Tramos rectos en tangente	108
Gráfico N° 4.4.6-1: Porcentaje de la Longitud de curva mínima	111
Gráfico N° 4.4.7-1: Representación en porcentaje del sobreebanco.....	115
Gráfico N° 4.4.8-1: Representación gráfica porcentual de la distancia de visibilidad	119
Gráfico N° 4.4.9-1: Resumen porcentual de peralte	123
Gráfico N° 4.6.3-1: Resumen porcentual de la calzada.....	139
Gráfico N° 4.6.3-2: Porcentajes de Berma izquierda.....	139
Gráfico N° 4.6.3-3: Porcentajes de Berma Derecha.....	140

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.2-1: Distancia de velocidad de parada	24
Figura 2.2-2: Distancia de sobrepaso.....	27
Figura 2.2-3: Distancia de sobrepaso.....	27
Figura 2.2-4: Elementos de la curva circular	31
Figura 2.2-5: Longitud de tangente	38
Figura 2.2-6: Sobreancho.....	40
Figura 2.2-7: Visibilidad en curvas horizontales	41
Figura 2.2-8: Sección A-A de Visibilidad en curvas horizontales.....	41
Figura 2.2-9: Curva vertical convexa	45
Figura 2.2-10: Curva vertical cóncava.....	45
Figura 2.2-11: Longitud mínima de curva vertical cóncava	47
Figura 2.2-12: Sección Transversal típica	57
Figura 2.2-13: Teclado South NTS 362R-S.....	59
Figura 2.2-14: Estación South NTS 362R-S.....	60
Figura 2.2-15: Proceso para toma de datos desde Estación.....	61
Figura 2.2-16: GPS Map 76csx	62
Figura 2.2-17: Eclímetro	62
Figura 2.2-18: Wincha	63
Figura 3.2-1: Mapa Político del Perú	66
Figura 3.2-2: Provincia y distrito de Cajamarca.....	67
Figura 3.2-3: Zona de trabajo	67
Figura 3.2-4: Acceso a la zona de trabajo	68
Figura 3.2-5: Ubicación del estudio	72
Figura 4.3-1: Camión simple de 2 ejes “C2”	82
Figura 5.2-1: Modificar curvas N° 06 y N° 07 asignando el radio mínimo.	154
Figura 5.2-2: Rectificar el tramo entre las curva N° 12 y N° 21	155
Figura 5.2-3: Modificar tramo entre curvas N° 31 y N° 32	156
Figura 5.2-4: Curvas N°44 y N° 45.....	156
Figura 5.2-5: Curvas N°46 y N°47 con tangente corta	157
Figura 5.2-6: Curvas sin radio mínimo.....	157

DEDICATORIA

A Dios, por tenerlo como guía espiritual en mi existencia y avanzar en el conocimiento espiritual y material.

A mis queridos padres por su ejemplo de vida llena de valor y empeño, a mis hermanos quienes me brindaron su confianza y apoyo en todo momento de mi vida.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por brindarme salud y fortaleza para lograr incorporarme en el mundo del conocimiento intelectual logrando con ello el anhelo de hacer realidad esta meta.

A mi asesor MCs. Ing. Sergio Huamán Sangay por su orientación y colaboración desinteresada en el desarrollo de la presente tesis de investigación en aras de lograr su realización.

A la Universidad Nacional de Cajamarca, a la Facultad de Ingeniería, a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil y a cada uno de los catedráticos que nos impartieron sus enseñanzas durante nuestra permanencia en nuestra Alma Mater.

A mis queridos padres y hermanos, quienes me brindaron su cariño, apoyo, sacrificio y confianza en todo momento de mi vida.

También quiero agradecer a las personas, quienes a través de los años, me ayudaron a seguir el camino correcto y su apoyo en nuestro trabajo de varias formas.

RESUMEN

La tesis tiene como finalidad ejecutar la evaluación geométrica de la carretera C.P. El Tambo al C.P. Laguna Santa Úrsula, por ser construída en base al camino de herradura existente (73%) según la Carta Nacional 15g (San Marcos) y 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 es tipo no experimental, diseño transversal descriptivo, la técnica es la observación directa y como instrumento la guía de observación que consiste en formatos para registrar la información cuya muestra es la carretera C.P. El Tambo–C.P. Laguna Santa Úrsula; luego del procedimiento ejecutado y evaluado se tiene una orografía de 23% clasificado como ondulado, análisis de tráfico 8 veh/día (bajo volumen de tránsito), velocidad directriz de 20 km/h. El radio mínimo, sobreechanco, peralte no cumplen en algunas curvas, ídem el ancho de calzada, lo cual se convierte en una vía insegura e incómoda; por lo tanto la geometría de la carretera no cumple con MDCNPBVT.

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

Palabras claves: Carretera, Diseño geométrico, Evaluación, Calzada, Topografía.

ABSTRACT

The thesis aims to execute the geometric evaluation of the road C.P. El Tambo to C.P. Laguna Santa Úrsula, because it is built on the basis of the existing bridle path (73%) according to the National Charter 15g (San Marcos) and verify the values obtained with the Design Manual of Unpaved Highways of Low Volume of Traffic (MDCNPBVT) as well as for the interest that exists in the population to know if they will affect their land in front of an improvement of the road.

The investigative treatment is a non-experimental type, descriptive transversal design, the technique is direct observation and as an instrument the observation guide that consists of formats to record the information whose sample is the road C.P. The Tambo-C.P. Santa Úrsula Lagoon; After the procedure carried out and evaluated there is a orography of 23% classified as corrugated, traffic analysis 8 veh / day (low traffic volume), guide speed of 20 km / h. The minimum radius, widening, cant do not meet in some curves, ditto the width of the roadway, which becomes an insecure and uncomfortable road; therefore the geometry of the road does not comply with MDCNPBVT.

Finally it is proposed as a recommendation to correct the width of the lane, the curves must have the minimum radius, short tangents between curves reduce to a single curve.

Keywords: Road, Geometric Design, Evaluation, Roadway, Topography.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas más importantes en carreteras es en cuanto al trazo de la misma, es decir por los terrenos por los que habrá de pasar afectando terrenos agrícolas más aún cuando la topografía del lugar no es favorable, en otras ocasiones se construye una carretera tomando como base un camino de herradura el que no se ajusta al diseño geométrico adecuado.

La presente tesis de investigación denominada **“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 No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito (MDCNPBVT)-MTC”**, surge como respuesta a este problema el cual pretende ser un documento de información social y técnico, en la parte social los pobladores que están el área de incidencia de la carretera van a tener referencia acerca del trazo de la carretera, soluciones de trazo; desde el punto de vista técnico como una guía que facilite el diseño geométrico de carreteras de bajo volumen de tránsito.

Se pretende realizar un estudio que analiza y compara las diferentes características geométricas de la carretera con los parámetros del MDCNPBVT mediante el levantamiento topográfico para evaluar el estado actual, haciendo uso de los conocimientos académicos en nuestra formación profesional en la solución del transporte vial.

La metodología usada es del tipo transversal-descriptivo.

El trabajo se desarrolla en cinco capítulos: el primer capítulo comprende la introducción, el segundo el marco teórico, el tercero la metodología, el

cuarto análisis y discusión de los resultados, el quinto las conclusiones, recomendaciones y anexos.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los medios de comunicación terrestre conocidos con el nombre de carreteras, sirven de manera general para enlazar los diferentes lugares donde existe población en menor o mayor densidad y permitir el traslado de personas, carga para mejorar su calidad de vida.

En nuestro país existen carreteras en donde hay que adaptar la carretera a la zona usando caminos de herradura total o parcial para llegar al destino elegido, en la provincia de Cajamarca existe la carretera de 4.69 Km del C.P. EL Tambo (distrito Llacanora) al C.P. Laguna Santa Úrsula (distrito Baños de Inca) según la Carta Nacional 15g (San Marcos) está considerada como camino de herradura de los cuales el 73% ocupa la carretera y el 27% es trazo nuevo por necesidades de la población.

Por tal razón en la zona se observó radios de curva (8 m.) menores que el mínimo, tramos cortos entre curvas del mismo sentido, el ancho menor de 3.5 m. entre otros; es decir la geometría horizontal, vertical y la sección transversal no reúnen las condiciones de seguridad, comodidad y transitabilidad que debe tener el vehículo, esto hace que en algún momento se originen accidentes de tránsito: El drenaje en badenes, algunos tramos de cuneta no tienen las dimensiones mínimas recomendadas en el manual, lo cual es competencia del diseño hidráulico e hidrológico así como la evaluación del paquete estructural.

El enfoque del estudio será el diseño geométrico desde el punto de vista técnico también el social debido al interés de propietarios de los terrenos por donde pasa la carretera y la posible modernización de ésta la cual se encuentra preocupada al ser útiles para la agricultura los cuales sirven para su propio sustento y el negocio de su producción; razón por la cual los

pobladores se han organizado para tener información del diseño geométrico de la carretera en mención.

Por tal motivo se plantea elaborar la Tesis de Investigación **“Evaluación del Diseño Geométrico de la Carretera No Pavimentada de Bajo Volumen de Transito Tramo C.P. El Tambo – C.P. Laguna Santa Úrsula con respecto al Manual de Diseño de Carreteras de Bajo Volumen de Transito-MTC”**, y conocer el estado actual de la carretera y proponer soluciones de los elementos de la carretera cuyo propósito sea las condiciones de seguridad y transitabilidad con radios adecuados, pendiente longitudinal en los rangos establecidos, seccionamiento transversal apropiado y como complemento la labor social si existe desarrollos en la carretera.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Las características geométricas de la carretera C.P. El Tambo al C.P. Laguna Santa Úrsula cumplen con los parámetros del Manual para el Diseño de carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito (MDCNPBVT) - Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)?

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación se realiza con la finalidad de aplicar los conocimientos aprendidos durante nuestra formación profesional el cual se justifica académicamente porque permite aplicar procedimientos y metodologías para realizar la evaluación del diseño geométrico de la carretera que va desde el C.P. El Tambo al C.P. Laguna Santa Úrsula.

Se justifica técnicamente porque es necesario determinar las características geométricas de la carretera que va desde el C.P. El Tambo al C.P. Laguna Santa Úrsula basado en la metodología de investigación y comparación de las normas del Manual para el Diseño de carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito (MDCNPBVT)-Ministerio de

Transportes y Comunicaciones (MTC) para el cumplimiento del diseño adecuado de la carretera con transitabilidad eficiente.

También la tesis se justifica socialmente porque los pobladores del lugar en este documento tendrán una alternativa de información en el desarrollo longitudinal o posible modificación transversal de la carretera si los hubiese ya que afectaría a sus terrenos de cultivo dado que son útiles para su agricultura.

1.5. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo es un documento referido al estudio de una vía de bajo volumen de tránsito, en la cual se establecen las bases acerca de la geometría de la carretera C.P. El Tambo (distrito de Llacanora) al C.P. Laguna Santa Úrsula (distrito Baños del Inca) de la provincia de Cajamarca.

Utilización como un documento guía que facilite a los estudiantes, profesionales interesados, a los pobladores del lugar por donde pasa la carretera en estudio.

Solamente se hará el estudio de la geometría de la carretera, no se realizará el diseño de estructura de pavimento, tratamiento hidráulico puesto que el interés es de saber el emplazamiento de la carretera ante un mejoramiento de ésta.

1.6. LIMITACIONES

En cuanto al marco limitante del trabajo de investigación se considera el acopio limitado de información de trabajos realizados para carreteras de esta categoría.

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la geometría de la carretera C.P. El Tambo - el C.P. Laguna Santa Úrsula, teniendo en cuenta los parámetros del Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito (MDCNPBVT) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Efectuar el estudio del tráfico.
- Realizar el reconocimiento de la zona y tener una concepción real de su configuración.
- Identificar los componentes de la geometría de la carretera.
- Evaluar y analizar los resultados obtenidos.

1.8. HIPÓTESIS GENERAL

Las características geométricas de la carretera Centro Poblado El Tambo-Centro Poblado Laguna Santa Úrsula no cumplen los parámetros del Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito (MDCNPBVT)-Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

1.9. VARIABLES

1.9.1. Variable Independiente

Está definida por las características geométricas de la carretera C.P. El Tambo - C.P. Laguna Santa Úrsula, durante el proceso de evaluación del diseño geométrico de la carretera.

1.9.2. Variable dependiente

Está delimitada por la geometría de la carretera C.P. El Tambo-C.P. Laguna Santa Úrsula cuyos resultados se comparan con el Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito-(MTC).

1.9.3. Operacionalización de Variables

La tabla 1.9.3-1 define las variables y las unidades de medición:

Tabla 1.9.3-1: Operacionalización de variables

Variable	Tipo de variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicador	Unidad de medición	Instrumento de medición	Índice
Características geométricas de la carretera C.P. El Tambo - C.P. Laguna Úrsula	Independiente	Consiste en la obtención del relieve topográfico (orografía), de los elementos que constituyen la geometría de la carretera tanto en el alineamiento horizontal, el 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 vehíc.	Veh/día	Conteo manual	
			Medición de cada elemento del alineamiento horizontal	Geometría horizontal	Velocidad	Km/h	Cronómetro	- Menor
					Radio	m.	Wincha	
					Long. transic. Peralte	m.	Wincha	De afirmación:
					Long. Tangente	m.	Wincha	
					Long. Curva	m.	Wincha	
					Sobreancho	m.	Wincha	
					M	m.	Wincha	
					Peralte	%	Eclímetro	
			medición de cada elemento en alineamiento vertical	Geometría Vertical	Pendiente		Eclímetro	De evaluación gráfica: %
					C.V. convexa	m.	Índice curv. K	
					C.V. cóncava	m.	Índice curv. K	
			Medición de cada elemento en la sección transversal	Sección transversal	Calzada	m.	Wincha	
Berma	m.	Wincha						

Variable	Tipo de variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicador	Unidad de medición	Instrumento de medición	Índice
Geometría de la carretera C.P. El Tambo - C.P. Laguna Úrsula	Dependiente	Consiste en la cuantificación de resultados para interpretar y definir si el diseño geométrico de la carretera está correctamente ejecutada en relación con el Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito. (MDCNPBVT)	Método-software topográfico	Levantamiento topográfico	Orografía	%	MDCNPBVT	De comparación: - Mayor o Igual - Menor
			Verificación del valor medido de elementos en alineamiento horizontal	Geometría horizontal	Velocidad	Km/h	MDCNPBVT	
					Radio	m.	MDCNPBVT	
					Long. Transic. peralte	m.	MDCNPBVT	
					Long. Tangente	m.	MDCNPBVT	
					Long. Curva	m.	MDCNPBVT	
					Sobree ancho	m.	MDCNPBVT	
			Verificación del valor medido de elementos en lineamiento vertical	Geometría Vertical	M	m.	MDCNPBVT	
					Peralte	%	MDCNPBVT	
					Pendiente	%	MDCNPBVT	
			Verificación del valor medido de elementos en la sección transversal	Sección transversal	C.V. convexa	m.	MDCNPBVT	
					C.V. cóncava	m.	MDCNPBVT	
					Calzada	m.	MDCNPBVT	
Berma	m.	MDCNPBVT	De afirmación: - Cumple - No cumple					
							De evaluación gráfica: %	

1.10. DESCRIPCIÓN DE CAPÍTULOS

El contenido de la tesis se ha organizado en cinco capítulos:

El primer capítulo está referido a la introducción, planteamiento del problema, la formulación, justificación, alcances, objetivos, e hipótesis.

En el segundo capítulo, se tiene los antecedentes teóricos conformado por tesis y proyectos profesionales los cuales hacen referencia acerca del diseño geométrico una carretera, además del conjunto de definiciones teóricas de los elementos una carretera como son la velocidad directriz, el radio de curvatura, etc.

En el tercer capítulo la metodología empleada, así como los materiales e instrumentos que se utilizan en el desarrollo de la presente tesis.

En el cuarto capítulo, aborda el análisis y discusión de datos obtenidos producto de la evaluación de las características geométricas de la carretera con los parámetros del manual para el Diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (MDCNPBVT) - Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

El capítulo quinto trata de las conclusiones y recomendaciones que son el resultado de hacer la comparación geométrica de la carretera versus la norma de diseño y tener como conclusión final el valor Verdadero o Falso de la Hipótesis de Investigación.

CAPÍTULO II.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS

2.1.1. Internacionales

- Según Aleman et al. (2015), en su trabajo “Propuesta de diseño geométrico de 5.0 km de vía de acceso vecinal montañosa, final col. Quezaltepeque-cantón victoria, santa tecla, la libertad, utilizando software especializado para diseño de carreteras”, describe las acciones que realiza para generar el alineamiento horizontal y vertical, tomando en consideración aspectos de diseño como el confort, visibilidad, seguridad, viabilidad económica, sostenibilidad, las especificaciones y normas técnicas de diseño geométrico y cumplir con la necesidad de los pobladores la cual les garantice la intercomunicación en todo momento.

El diseño se inicia a partir del levantamiento topográfico en campo, la medición es por única vez por lo que la metodología es transversal, la técnica de recolección de datos es por observación mediante la guías constituídas por formatos y por encuestas de tipo estructurada y semiestructurada.

Se 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, puesto que uno de los objetivos de esta vía aparte de generar desarrollo y comunicación es el activarlo como turismo y no podemos restringir el acceso solo a vehículos de doble tracción.

- Durán (2014), en su trabajo “Diseño preliminar de un camino vecinal de aproximadamente 900 metros de longitud que enlaza dos caminos vecinales, comuna San José, parroquia Manglaralto, Cantón Santa Elena, provincia Santa Elena, Ecuador” (2014), propone unir los dos caminos vecinales con este tramo para hacer más funcional los recorridos conformando el anillo vial, entre los datos menciona a la velocidad de diseño en 25 km/h, el ancho de calzada de 4 m., la pendiente de 10%, entre otros valores.

2.1.2. Nacionales

- Para Huamán (2014), en su trabajo Perfil para el mejoramiento del camino vecinal integrador desde Malingas, Pueblo Libre, Monteverde Bajo, las Salinas hasta Convento del distrito de Tambogrande-provincia de Piura, tiene como finalidad establecer adecuadas condiciones de transitabilidad vehicular en el camino vecinal Ruta 22 del distrito de Tambogrande, Provincia de Piura, del Departamento de Piura, determinar el IMD de la ruta, realizar estudios de topografía, formular el diseño geométrico según las normas del Ministerio de Transportes y comunicaciones DG(2001).

Por el método de toma de datos que es de una sola vez se llama transversal, la técnica utilizada es la observación usando para ello las guías que son formatos para la toma de datos, el instrumento de recolección de datos es de tipo cuestionario estructurado.

Se determinó el IMD de la vía mediante un estudio de tráfico, se realizó un adecuado levantamiento topográfico evitando tramos con mayor cruces de aguas, de tal manera que se minimiza el riesgo en tiempos de crecida de las quebradas, para el diseño en perfil se respetó el nivel de la rasante, ya que cumple con los límites estipulados por la Norma; sus valores son: topografía plana a ondulada, el IMD con 87.49 veh/d, la velocidad de 40 km/h, su

pendiente de 12 %, El ancho de calzada de 4.5 m., el ancho de berma de 0.5 m.

- Morales (2017), en su trabajo “Diseño geométrico y medición de niveles de servicio esperado del tramo crítico de la ruta N° LM-122”, propone el mejoramiento del tramo de carretera en base al diseño geométrico del tramo, complementa el estudio con la protección de taludes, drenaje eficiente para que la carretera tenga condiciones óptimas de transitabilidad y sirva para el avance del desarrollo de las poblaciones que une; tiene parámetros como el IMD de 39 veh/día, vehículo de diseño es el bus de 2 ejes, topografía accidentada, velocidad de diseño de 50 km/h, peralte de 8%, el radio mínimo de 75 m.

2.1.3. Locales

- Camacho (2012), en su proyecto considera el mejoramiento de la carretera Auque-Morán alto usando las normas del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2001), para ello realizó el reconocimiento de la zona, realiza un inventario vial (ancho promedio de 4.00 m., bermas no tiene, existe 106 curvas horizontales y 58 verticales) a fin de elaborar el diseño geométrico, en la cual plantea ampliar el ancho de la vía, corregir algunos radios de curva, pendientes, entre otros elementos geométricos que no cumplen con los valores mínimos; inicia con el levantamiento topográfico y luego el procesamiento de datos.

Por la forma de medir los datos en una sola vez la metodología usada es transversal, la técnica usada es la observación, como instrumento las guías de observación que son los formatos usados en la toma de datos.

Finalmente la vía constituye para la provincia de Hualgayoc un importante corredor económico y turístico con suelos agropecuarios productivos, producción pecuaria, turística (Bosque

de Piedras de Negro Pampa); como resultado del levantamiento topográfico se tiene una topografía accidentada, y el nuevo eje de la vía lo diseña con una velocidad directriz de 20 Km/h., radios de curvatura no menores a 15 m., la pendiente mínima igual a 0.5% y pendiente máxima de 10% en ciertas partes del tramo, ancho de bermas de 0.50 m. entre otros.

- Según Rios (2016), en su trabajo “Mejoramiento de la trocha carrozable entre: caserío Capulí y c.p. Huangamarca, distrito Bambamarca, provincia Hualgayoc – región Cajamarca”, propone el mejoramiento de la vía y estar en mejores condiciones al servicio de la población, en su estudio obtiene que la topografía es accidentada, la velocidad de 20 km/h, el radio de 10 m., el ancho de calzada de 3.5 m., ancho de bermas de 0.5 m. la pendiente de 11.5%, el peralte de 10%.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. DISEÑO GEOMÉTRICO.

Es un procedimiento matemático que tiene como finalidad determinar las características geométricas de una carretera en base a información de datos como la topografía del lugar, el vehículo de diseño, la velocidad directriz de manera que se pueda circular en condiciones seguras y cómodas. Está conformado por tres elementos bidimensionales horizontal, vertical y transversal unos en función de otros los cuales al unirlos se obtiene como elemento tridimensional a la carretera.

2.2.2. DEFINICIÓN DE CARRETERA.

Una carretera se puede definir como la franja que se acondiciona sobre la superficie terrestre, que tenga las condiciones de ancho, alineamiento y pendiente para permitir el desplazamiento adecuado de los vehículos para los cuales ha sido acondicionada.

2.2.3. MANUAL PARA EL DISEÑO DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO (MDCNPBVT)

El Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito (MDCNPBVT) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), es un documento que se formuló por la existencia de vías que conforman el mayor porcentaje del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), caracterizadas por tener una superficie de rodadura de material granular y son recorridas generalmente por un volumen menor de 50 vehículos por día y que muy pocas veces llegan hasta 200 vehículos por día, siendo el presente manual una norma que proporciona criterios técnicos, sólidos y coherentes de gran utilidad para el diseño de este tipo de carreteras.

La tabla 2.2.3-1 sintetiza las características de los anchos de calzada en función del IMD.

Tabla 2.2.3-1: 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	50-100	2 carriles 5.50-6.00
T1	16-50	1 Carril (*) ó 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 volteo cada 500–1000 m.; mediante regulación de horas o días, por sentido de uso.

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

2.2.4. CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS

Las carreteras se clasifican de acuerdo a su demanda y por orografía:

2.2.4.1. Clasificación de acuerdo a la 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.

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.

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.

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.

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.

La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar.

Fuente: (DG-2014, 2014), p. 12.

2.2.4.2. Según condiciones orográficas

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: (DG-2014, 2014), p. 15.

2.2.5. 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 2.2.5-1: Ancho del derecho de vía

Descripción	Ancho mínimo absoluto *
Carreteras de la Red Vial Nacional	15 m
Carreteras de la Red Vial Departamentales o Regional	15 m
Carreteras de la Red Vial Vecinal o Rural	15 m

* 7.50 m a cada lado del eje

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

2.2.6. 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.

2.2.7. VOLUMEN DE TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO (TPD)

El volumen total de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de una calzada, durante un periodo de tiempo determinado. Se expresa como sigue:

$$TPD = \frac{N}{T} \quad (2.1)$$

Donde:

TPD: Vehículos que pasan por unidad de tiempo.

N: Número total de vehículos que pasan.

T: Periodo determinado (días, semanas).

2.2.8. 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.

2.2.9. VELOCIDAD DE DISEÑO O VELOCIDAD DIRECTRIZ (V).

La selección de la velocidad de diseño será una consecuencia de un análisis técnico-económico, las alternativas de trazado 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. Lo que solo podría justificarse si los volúmenes de la demanda de tránsito fueran muy altos.

En el particular caso del manual destinado al diseño de Caminos de Bajo Volumen de Tránsito, recomienda en consecuencia, que el diseño se adapte en lo posible a las inflexiones del territorio y particularmente la velocidad de diseño deberá ser bastante baja cuando se trate de sectores o tramos de orografía más accidentada.

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

2.2.10. 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.

2.2.10.1. Distancia de visibilidad de parada.

Se refiere a la distancia mínima que se requiere para que un vehículo se detenga antes de impactar con un obstáculo que pueda aparecer en un momento determinado en la carretera, cuando éste viaja a la velocidad de diseño. Es decir se considerará como visibilidad de parada la distancia a lo largo de un carril que existe entre un obstáculo situado sobre la calzada y la posición de un vehículo que circula hacia dicho obstáculo, en ausencia de vehículos intermedios, en el momento en que puede divisarlo sin que luego desaparezca de su vista hasta llegar al mismo.

Para efecto de la determinación de la visibilidad de parada se considera que el objetivo inmóvil tiene una altura de 0.15 m y que los ojos del conductor se ubican a 1.07 m por encima de la rasante de la carretera.

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

$$Dp = \frac{Vt_p}{3.6} + \frac{V^2}{254*(f \pm i)} \quad (2.2)$$

Dónde:

D_p : Distancia de parada (m).

V : Velocidad de diseño.

T_p : Tiempo de percepción + reacción (s).

f : Coeficiente de fricción, pavimento húmedo.

I : Pendiente longitudinal (tanto por uno).

+ i : Subidas respecto al sentido de circulación.

- i : Bajadas respecto al sentido de circulación.

El primer término de la fórmula representa la distancia recorrida durante el tiempo de percepción más reacción (dtp) y el segundo la distancia recorrida durante el frenado hasta la detención (df).

El tiempo de reacción de frenado, es el intervalo entre el instante en que el conductor reconoce la existencia de un objeto, o peligro sobre la plataforma, adelante y el instante en que realmente aplica los frenos. Así se define que el tiempo de reacción mínimo adecuado será por lo menos de 2 segundos.

La distancia de frenado aproximada de un vehículo, sobre una calzada plana puede determinarse mediante la siguiente fórmula:

$$d = \frac{V^2}{254 a} \quad (2.3)$$

Dónde:

d : Distancia de frenado en metros

V: Velocidad de diseño en Km /h

a: Deceleración en m/s²(será función del coeficiente de fricción y de la pendiente longitudinal del tramo).

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 una carretera, la distancia de visibilidad será igual o superior a la distancia de visibilidad de parada.

La tabla siguiente muestra las distancias de visibilidad de parada, en función de la velocidad directriz y de la pendiente.

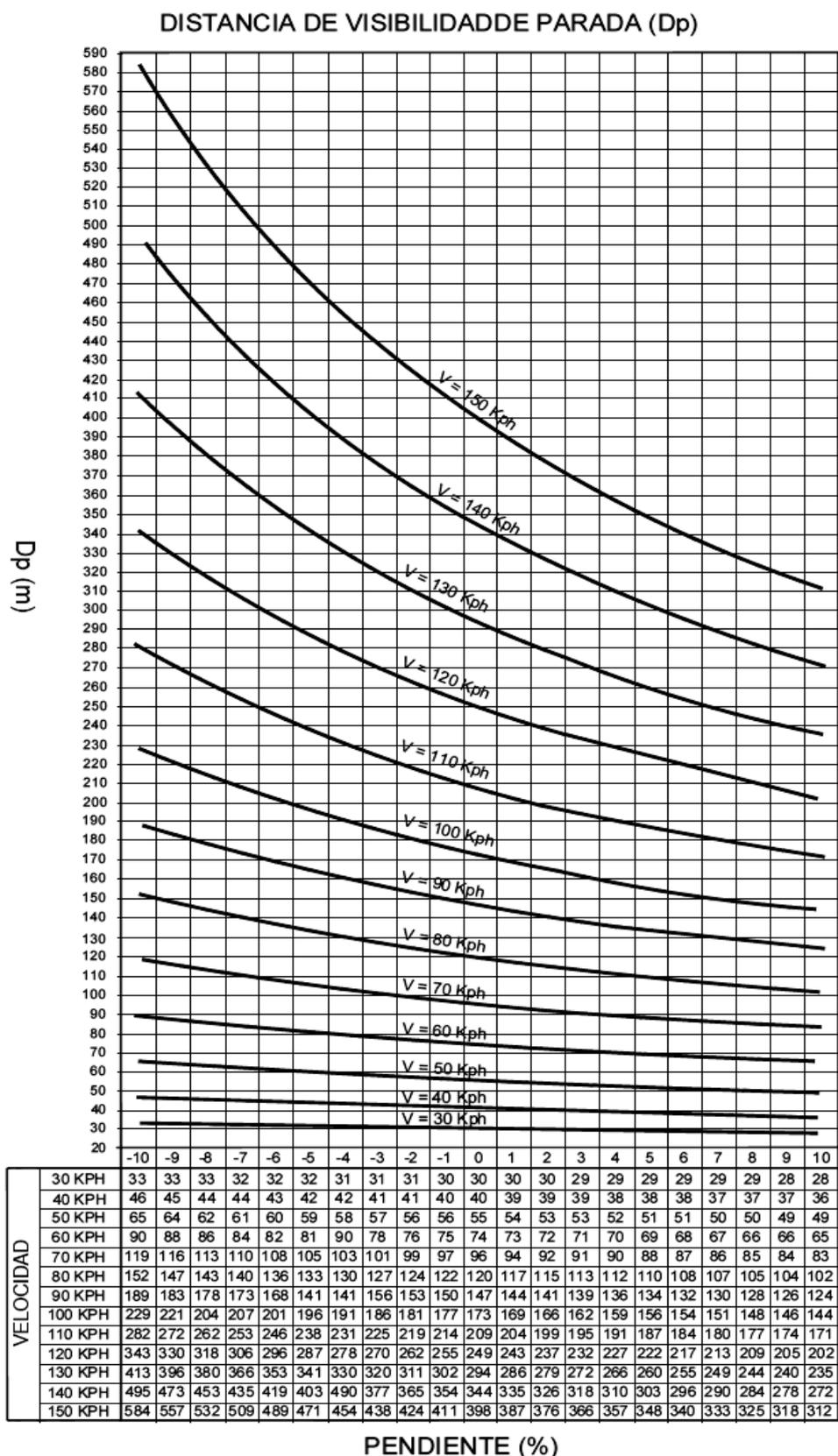
Tabla 2.2.10-1: Distancia de visibilidad de parada (metros)

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	70	74	61	59	58
60	85	87	92	97	80	77	75

Fuente: (MDCNPBVT, 2008) p. 37.

Existe otra alternativa de determinar la distancia de visibilidad, mediante la figura 2.2-1:

Figura 2.2-1: Distancia de velocidad de parada



Fuente: (DG-2014, 2014), p. 110.

2.2.10.2. Distancia de visibilidad de paso.

Distancia de Visibilidad de Paso (ó 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 Kph 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 tabla siguiente:

Tabla 2.2.10-2: 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.

Según la norma del Manual de Diseño de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (DC-2014), la distancia de visibilidad de adelantamiento debe considerarse únicamente para las carreteras de dos carriles con tránsito en las dos direcciones, donde el adelantamiento se realiza en el carril del sentido opuesto. Para el caso donde la velocidad de diseño es de 20 Km/h, la distancia de adelantamiento es de 130 m.

La distancia de visibilidad de adelantamiento, de acuerdo con la Figura 2.2-2, se determina como la suma de cuatro distancias, así:

$$D_a = D_1 + D_2 + D_3 + D_4 \quad (2.4)$$

Dónde:

Da: Distancia de visibilidad de adelantamiento, en metros.

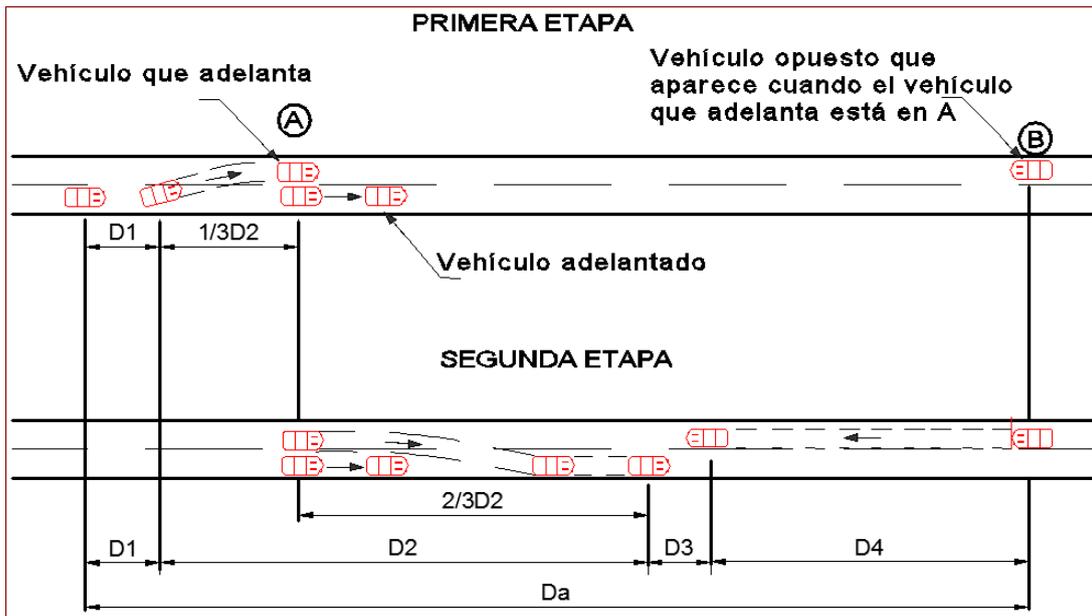
D1: Distancia recorrida durante el tiempo de percepción y reacción, en metros

D2: Distancia recorrida por el vehículo que adelanta durante el tiempo desde que invade el carril de sentido contrario hasta que regresa a su carril, en metros.

D3: Distancia de seguridad, una vez terminada la maniobra, entre el vehículo que adelanta y el vehículo que viene en sentido contrario, en metros.

D4: Distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido contrario (estimada en 2/3 de D2), en metros.

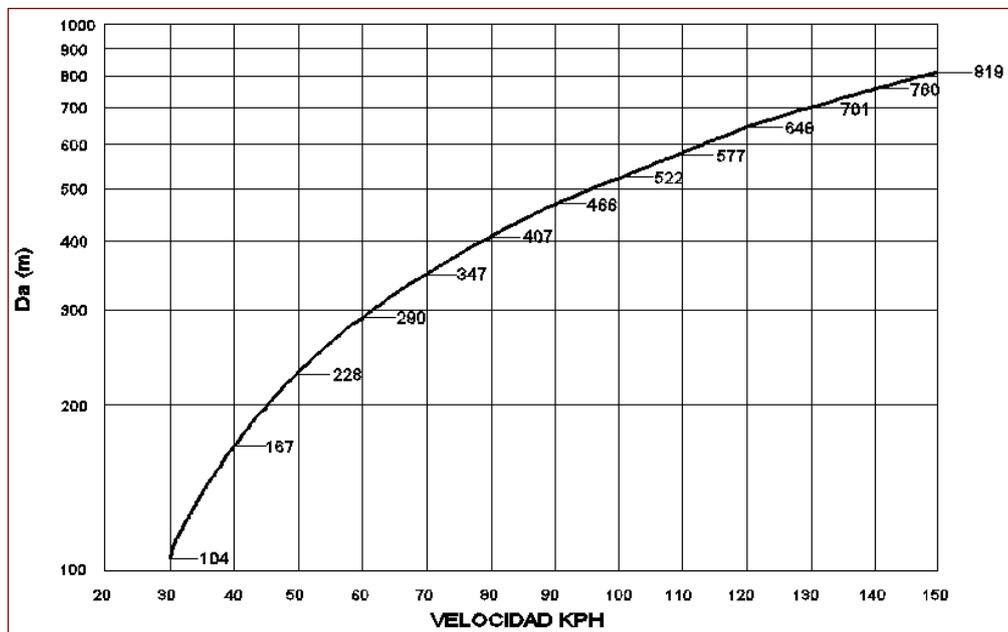
Figura 2.2-2: Distancia de sobrepaso



Fuente: (DG-2014, 2014), p. 112.

La distancia de visibilidad de paso se determina también con la siguiente figura:

Figura 2.2-3: Distancia de sobrepaso



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

Fuente: (DG-2014, 2014), p.117.

2.2.11. DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL Ó ALINEAMIENTO HORIZONTAL

El alineamiento horizontal está conformado por alineamientos rectos, de curvas circulares las que poseen un grado de curvatura variable para generar la interface tangente-curva a fin de generar una transición suave pasando de alineamientos rectos a curvas circulares y viceversa o también entre dos curvas circulares de diferente radio.

2.2.11.1. Generalidades

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 en planta satisfecerá las condiciones necesarias de visibilidad de adelantamiento en tramos suficientemente largos y con una frecuencia razonable a fin de dar oportunidad a que un vehículo adelante a otro.

Se restringirá en lo posible el empleo de tramos rectos excesivamente largos con el fin de evitar el encandilamiento nocturno prolongado y la fatiga de los conductores durante el día

2.2.11.2. Consideraciones en el diseño horizontal.

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 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.

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

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.

Deberá evitarse 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.

Si el alineamiento se presenta cambios de dirección reducido, entonces no se requiere curva horizontal para estos pequeños ángulos de deflexión. En la tabla siguiente se muestran los ángulos de inflexión máximos para los cuales no es requerida la curva horizontal.

Tabla 2.2.11-1: Ángulos de deflexión máximos para los que no se requiere curva horizontal

Velocidad directriz Km/h	Deflexión máxima aceptable sin curva circular
30	2° 30'
40	2° 15'
50	1° 50'
60	1° 30'

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

Para evitar la apariencia de alineamiento quebrado o irregular, es deseable que, para ángulos de deflexión mayores a los indicados en la tabla N° 2.2-5 la longitud de la curva sea por lo menos de 150 m.

Los cambios repentinos en la velocidad de diseño a lo largo de una carretera deberán ser evitados. Estos cambios se efectuarán en decrementos o incrementos de 15 km/h.

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.

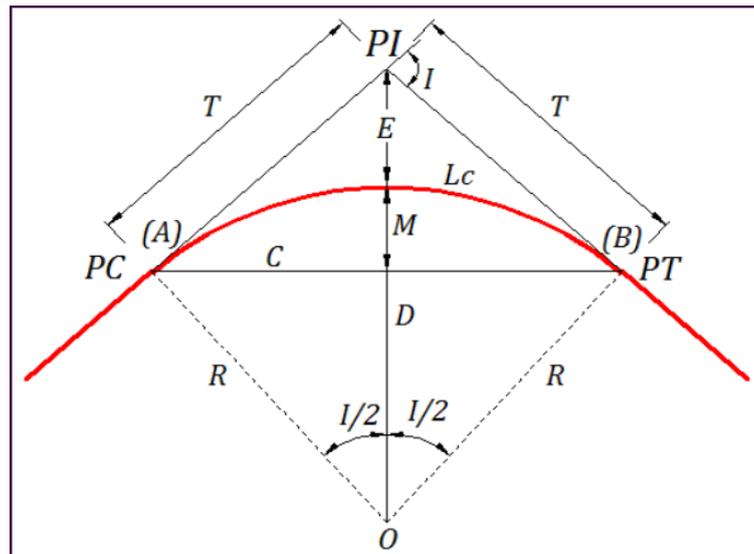
2.2.11.3. CURVAS HORIZONTALES

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 2.2-4.

Figura 2.2-4: Elementos de la curva circular



Fuente: Elaboración propia.

Dónde:

PC: Punto de inicio de curva

PI: Punto de intersección

PT: Punto de tangencia

I: Ángulo de deflexión

R: Radio de la curva (m)

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

Lc: Longitud de curva (m)

E: Externa (m)

C: Longitud de cuerda (m)

M: Flecha u Ordenada media (m)

Fórmulas para el cálculo de los elementos de curva:

Tabla 2.2.11-2: 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	$E = R \left[\operatorname{Sec}\left(\frac{I}{2}\right) - 1\right]$
Flecha	M	$M = R\left[1 - \operatorname{Cos}\left(\frac{I}{2}\right)\right]$

Fuente: (Céspedes Abanto, 2001), p. 218.

2.2.11.4. 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 expresión:

$$R_{\text{mín}} = \frac{v^2}{127(0.01 * e_{\text{máx}} + f_{\text{máx}})} \quad (2.5)$$

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.40.

Tabla 2.2.11-3: Fricción transversal máxima en curvas

Velocidad Directriz (Km/h)	F
20	0.18
30	0.17
40	0.17
50	0.16
60	0.15

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

2.2.11.5. 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:

$$P (\%) = \frac{V^2}{2.28R} \quad (2.6)$$

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 2.2.11-4: Radios mínimos y peraltes máximos

Velocidad directriz (km/h)	Peralte máximo e (%)	Valor límite de fricción f_{máx}	Calculado radio mínimo (m)	Redondeo radio mínimo (m)
20	4	0.18	14.3	15
30	4	0.17	33.7	35
40	4	0.17	60	60
50	4	0.16	98.4	100
60	4	0.15	149.1	150
20	6	0.18	13.1	15
30	6	0.17	30.8	30
40	6	0.17	54.7	55
50	6	0.16	89.4	90
60	6	0.15	134.9	135
20	8	0.18	12.1	10
30	8	0.17	28.3	30
40	8	0.17	50.4	50
50	8	0.16	82	80
60	8	0.15	123.2	125

Velocidad directriz (km/h)	Peralte máximo e (%)	Valor límite de fricción f_{máx}	Calculado radio mínimo (m)	Redondeo radio mínimo (m)
20	10	0.18	11.2	10
30	10	0.17	26.2	25
40	10	0.17	46.6	45
50	10	0.16	75.7	75
60	10	0.15	113.3	115
20	12	0.18	10.5	10
30	12	0.17	24.4	25
40	12	0.17	43.4	45
50	12	0.16	70.3	70
60	12	0.15	104.9	105

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

2.2.11.6. 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.

La variación del peralte a lo largo de su desarrollo deberá obtenerse sin sobrepasar los siguientes incrementos de la pendiente del borde del pavimento:

0.5 % cuando el peralte es $\leq 6\%$

0.7 % cuando el peralte es $> 6\%$

Las fórmulas para calcular la Longitud mínima para la rampa del peralte, son:

$$\text{Longitud por Bombeo: } L_b = \frac{b * \frac{A}{2}}{(0.5 \text{ ó } 0.7)}$$

$$\text{Longitud por Peralte: } L_e = \frac{e * \frac{A}{2}}{(0.5 \text{ ó } 0.7)}$$

Luego la longitud de rampa es:

$$L_{rp} = L_b + L_e$$

$$L_{rp} = \frac{A(e+b)}{2(0.5 \text{ ó } 0.7)} \quad (2.7)$$

Dónde:

L_{rp} : Longitud de rampa de peralte (m).

A : Ancho de faja de rodadura (m).

e : Peralte de la faja de rodadura (%).

b : Bombeo de la faja de rodadura (%).

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

Tabla 2.2.11-5: Longitudes mínimas de transición de bombeo y transición de peralte

Velocidad Directriz (km/h)	Valor del Peralte						Transición de Bombeo
	2%	4%	6%	8%	10%	12%	
	LONGITUD DE TRANSICIÓN DE PERALTE (M)*						
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.

2.2.11.7. LONGITUD DE TANGENTE

La longitud de tangente será igual al valor que se muestra en la tabla de longitudes de tramos en tangente del Reglamento DG-2014 que se muestra a continuación cuyo valor inicial de velocidad es igual a 30 km/h, el cual extrapolando para la velocidad de diseño de 20 Km/h de la carretera en estudio se tiene como longitud de tangente de 28 m. con curvas de sentido contrario (Lmín.s) y 57 m. en curvas del mismo sentido (Lmín.o).

Tabla 2.2.11-6: Longitudes de tramos en tangente

V(km/h)	L mín.s (m)	L mín.o (m)	L máx (m)
30	42	84	500
40	56	111	668
50	69	139	835
60	83	167	1002
⋮	⋮	⋮	⋮

Donde:

L mín.s : Longitud mínima (m) para trazados en "S" (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura de sentido contrario).

L mín.o : Longitud mínima (m) para el resto de casos (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura del mismo sentido).

L máx : Longitud máxima deseable (m).

V : Velocidad de diseño (km/h).

Fuente: (DG-2014, 2014), p. 137.

Considerando como longitud de tangente en función de las longitudes de las rampas de peralte de cada curva sería igual a la suma de la longitud de la rampa de peralte 1 más la longitud de la rampa de peralte 2, es decir:

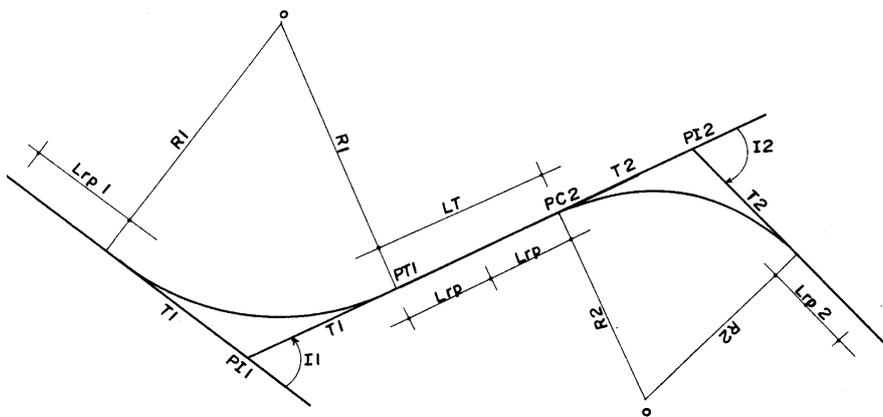
$$LT = L_{rp(1)} + L_{rp(2)} \quad (2.8)$$

Donde:

$L_{rp(1)}$ = Longitud de rampa de peralte 1

$L_{rp(2)}$ = Longitud de rampa de peralte 2

Figura 2.2-5: Longitud de tangente



Fuente: Elaboración propia.

2.2.11.8. LONGITUD DE CURVA

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:

$$L = 3V \quad (2.9)$$

Dónde:

L = longitud de curva en metros

V = velocidad en km/hora.

Deben evitarse longitudes de curvas horizontales mayores a 800 metros.

2.2.11.9. SOBREANCHO

La fórmula de cálculo está propuesta por VOSHELL y recomendada por la AASHTO:

$$Sa = n(R - \sqrt{R^2 - L^2}) + \frac{V}{10\sqrt{R}} \quad (2.10)$$

Dónde:

n: número de carriles.

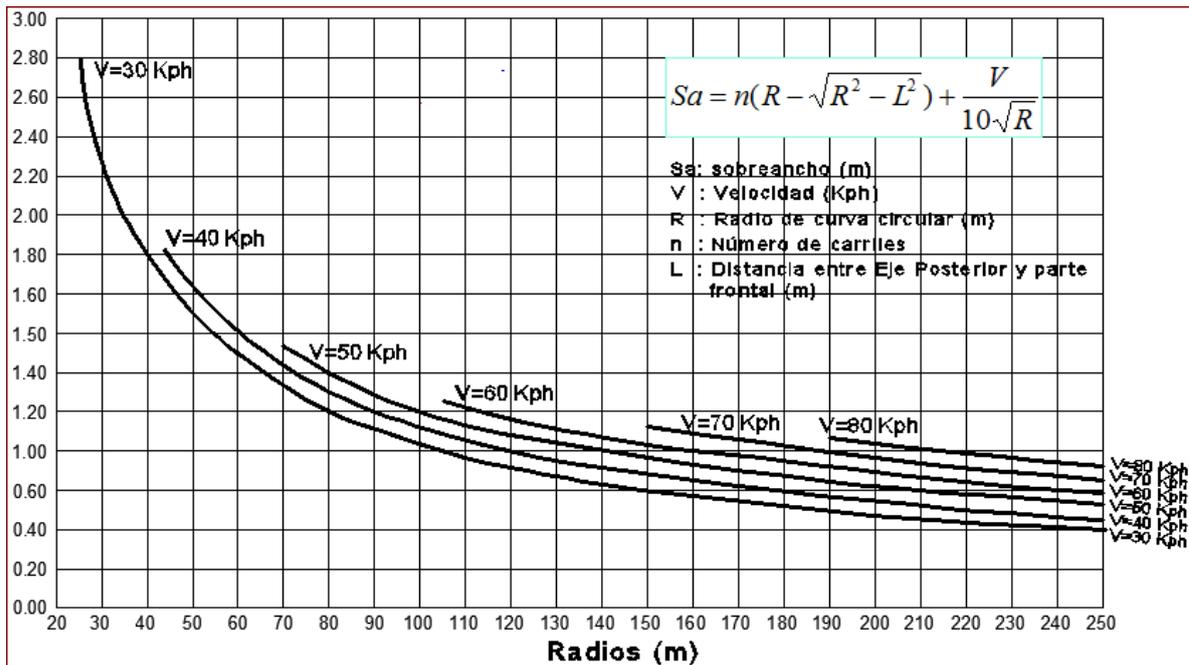
R: radio de la curva (m).

L: distancia entre el eje delantero y el eje posterior de vehículo (m).

V: velocidad directriz (Km. /h.).

El sobreancho se puede determinar mediante la siguiente figura:

Figura 2.2-6: Sobreancho



Fuente: (DG-2014, 2014), p 177.

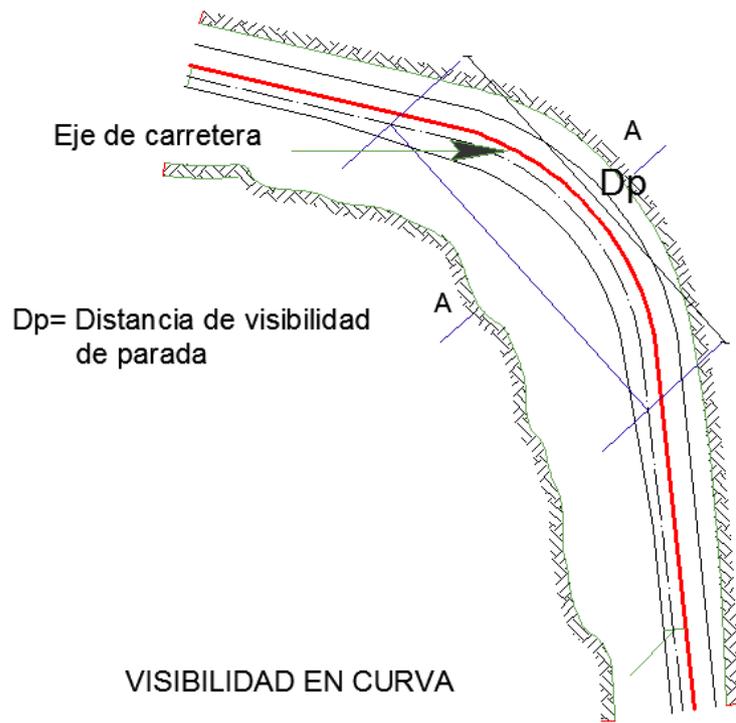
2.2.11.10. DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS HORIZONTALES

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.

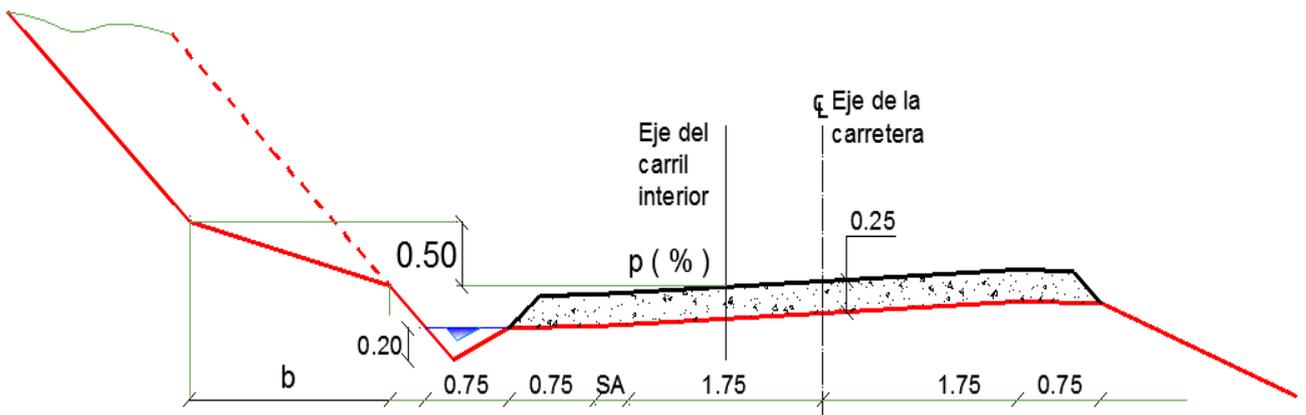
De modo general, en el diseño de una curva horizontal, la línea de visibilidad será por lo menos igual a la distancia de parada correspondiente y se mide a lo largo del eje central del carril interior de la curva.

Figura 2.2-7: Visibilidad en curvas horizontales



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.2-8: Sección A-A de Visibilidad en curvas horizontales



Fuente: Elaboración propia.

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

$$M = R \left(1 - \cos \frac{28.65 * S}{R} \right) \quad (2.11)$$

Dónde:

M = Ordenada media o ancho mínimo libre.

R = Radio de la curva horizontal.

S = Distancia de visibilidad.

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

2.2.11.11. 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 policéntricas de tres centros, en tal caso, el radio de una no será mayor que 1.5 veces el radio de la otra.

2.2.12. ALINEAMIENTO VERTICAL

El diseño geométrico vertical de una carretera, o alineamiento en perfil, es la proyección del eje real o espacial de la vía sobre una superficie vertical paralela al mismo. Debido a este paralelismo, dicha proyección mostrará la longitud real del eje de la vía. A este eje también se le denomina rasante o sub-rasante. (Grisales, 2013, pág. 345).

Las rasantes son elementos caracterizados por mantener constante su inclinación a lo largo de toda su longitud. Se trazan en función de criterios de ajuste al terreno, con el objetivo de minimizar el movimiento de tierras.

En función del signo de la pendiente, se distinguen dos tipos de rasantes: Las rampas, cuya pendiente es positiva (subida) y las pendientes, de pendiente negativa (bajada). Al existir dos sentidos de circulación, lo que para uno de ellos es rampa, para el otro será pendiente y viceversa.

2.2.12.1. 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.

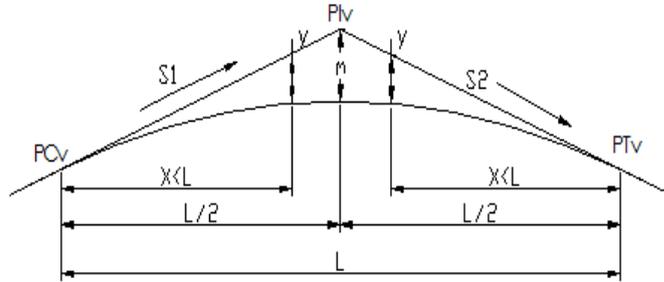
- Salvo casos especiales en terreno llano, la rasante estará por encima del terreno a fin de favorecer el drenaje.
- En terreno ondulado, por razones de economía, la rasante se acomodará a las inflexiones del terreno, de acuerdo con los criterios de seguridad, visibilidad y estética.
- En terreno montañoso 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.

2.2.12.2. 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. Éstas son:

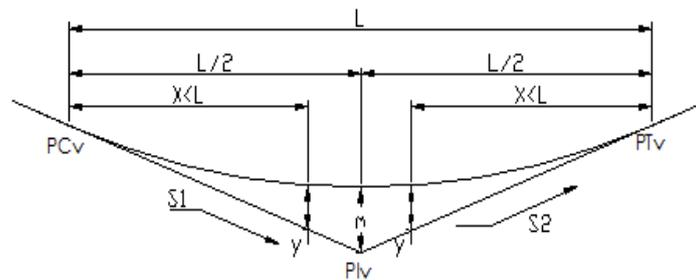
- Por su forma: Convexas y Cónicas.
- Por la longitud de sus ramas: Simétricas y Asimétricas.

Figura 2.2-9: Curva vertical convexa



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.2-10: Curva vertical cóncava



Fuente: Elaboración propia.

2.2.12.3. Longitud de curva convexa

➡ Cuando se desea contar con distancia de visibilidad de parada (Dp).

- Cuando $D_p > L$:

$$L = 2D_p - \frac{444}{A} \quad (2.12)$$

- Cuando $D_p < L$:

$$L = \frac{D_p^2 A}{444} \quad (2.13)$$

⇒ Cuando se desea obtener visibilidad de sobrepaso (D_s).

- Para $D_s > L$

$$L = 2D_s - \frac{1100}{A} \quad (2.14)$$

- Para $D_s < L$

$$L = \frac{D_s^2 A}{1100} \quad (2.15)$$

Dónde:

L : Longitud de la curva vertical (m).

D_p : Distancia de visibilidad de parada (m).

D_s : Distancia de visibilidad de sobrepaso (m).

A : Diferencia algebraica de pendientes (%).

2.2.12.4. Longitud de curva cóncava

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

- Cuando $D < L$;

$$L = \frac{AD^2}{120+3.5D} \quad (2.16)$$

- Cuando $D > L$;

$$L = 2D - \left(\frac{120+3.5D}{A} \right) \quad (2.17)$$

Dónde:

A : Valor Absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes

Los valores de los índices K se muestran en la tabla 2.2.12-1 para curvas convexas y en la tabla 2.2.12-2 para curvas cóncavas.

Tabla 2.2.12-1: Valor del Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa

Velocidad Directriz (Km/h)	Longitud controlada por visibilidad de frenado		Longitud controlada por 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 2.2.12-2: Valor del 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.

2.2.12.5. 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%.

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 general, se considera deseable no sobrepasar los límites máximos de pendiente que están indicados en la tabla N° 2.2.12-3.

En tramos carreteros con altitudes superiores a los 3,000 msnm., los valores máximos de la tabla N° 2.2.12-3 para terreno montañoso o terreno escarpados se reducirán en 1%.

Tabla 2.2.12-3: Pendientes máximas

Orografía tipo / Velocidad de diseño	Terreno plano	Terreno ondulado	Terreno montañoso	Terreno escarpado
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. 56.

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 N° 2.2.12-3 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.

2.2.12.6. COORDINACIÓN ENTRE DISEÑO HORIZONTAL Y DISEÑO 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 ésta 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.

Para conseguir una adecuada coordinación de los diseños, se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:

En carreteras con velocidad de proyecto igual o menor que sesenta kilómetros por hora (60 km/h), se cumplirá siempre que sea posible la condición $K = R/p$. Si no fuese así, $100 K/R$ será como mínimo seis, siendo K el índice de curvatura vertical, R el radio de la curva circular en planta (m), y p el peralte correspondiente a la curva circular (%).

2.2.13. SECCIÓN TRANSVERSAL

2.2.13.1. 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 2.2.13-1, 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 2.2.13-1: Ancho mínimo deseable de la calzada en tangente (en metros)

Tráfico IMDA Velocidad Km/h	< 15	16 a 50		51 a 100		101 a 200	
	*	*	**	*	**	*	**
25	3.50	3.50	5.00	5.00	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 sólo carril, con plazoleta 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.

2.2.13.2. 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 los caminos 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.

2.2.13.3. 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.

2.2.13.4. 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 subrasante tendrá un ancho necesario para recibir sobre ella la capa o capas integrantes del pavimento, y la cuneta de drenaje.

2.2.13.5. PLAZOLETAS

Cuando el ancho de las bermas es menor de 2.40 m se deberá prever, en cada lado de la carretera y a distancia en lo posible no mayor a 500 m, plazoletas de 30 m de longitud y un ancho mínimo de 3 m. Es conveniente aumentar las dimensiones mínimas y el número de plazoletas previstas en el párrafo anterior, cuando se disponga de suficiente material excedente.

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.

2.2.13.6. DIMENSIONES EN LOS PASOS INFERIORES

La altura libre deseable sobre cada punto de la corona de la carretera será de por lo menos 5.00 m.

2.2.13.7. TALUDES

La inclinación de los taludes se realiza definiendo la relación H: V de diseño.

Tabla 2.2.13-2: Taludes de corte

TALUDES DE CORTE			
CLASE DE TERRENO	TALUD (V : H)		
	H < 5.00	5 < H < 10	H > 10
Roca Fija	10 : 1	(*)	(*)
Roca Suelta	6 : 1 - 4 : 1	(*)	(*)
Conglomerados Cementados	4 : 1	(*)	(*)
Suelos Consolidados Compactos	4 : 1	(*)	(*)
Conglomerados Comunes	3 : 1	(*)	(*)
Tierra Compacta	2 : 1 - 1 : 1	(*)	(*)
Tierra Suelta	1 : 1	(*)	(*)
Arenas Sueltas	1 : 2	(*)	(*)
Zonas blandas con abundante arcillas o zonas humedecidas por filtraciones	1 : 2 hasta 1 : 3	(*)	(*)

(*) Requiere Banqueta o análisis de estabilidad.

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

Tabla 2.2.13-3: Taludes de relleno

TALUDES DE RELLENO			
MATERIALES	TALUD (V : H)		
	H < 5	5 < H < 10	H > 10
Enrocado	1 : 1	(*)	(*)
Suelos diversos compactados (mayoría de suelos)	1 : 1.5	(*)	(*)
Arena Compactada	1 : 2	(*)	(*)

(*) Requiere Banqueta o análisis de estabilidad.

Fuente: (MDCNPBVT, 2008) p. 115.

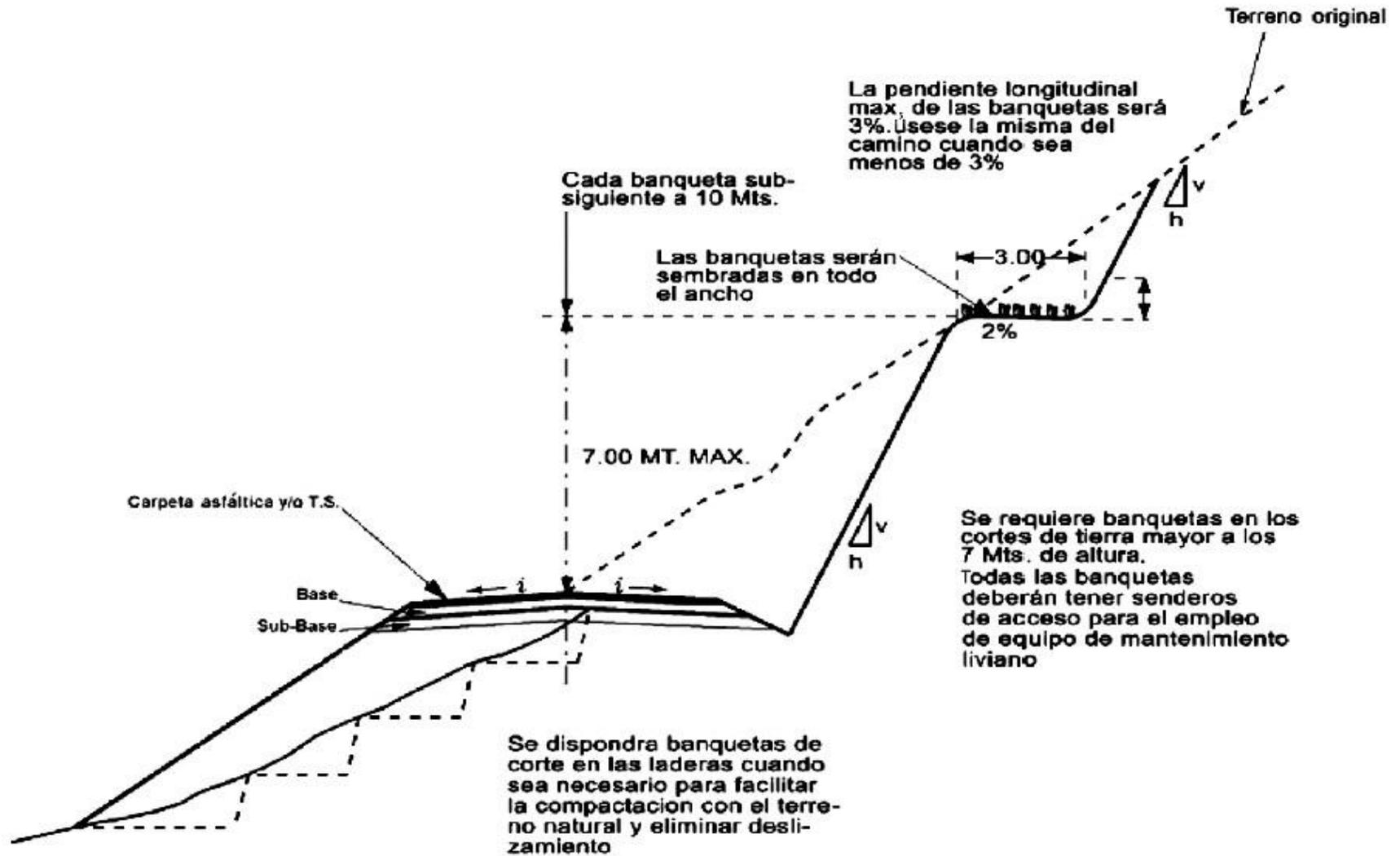
2.2.13.8. SECCION TRANSVERSAL TÍPICA

La figura 2.2-12, ilustra una sección transversal típica de la carretera, a media ladera, que permite observar hacia el lado derecho la estabilización del talud de corte y hacia el lado izquierdo, el talud estable de relleno.

Ambos detalles por separado, grafican en el caso de presentarse en ambos lados, la situación denominada, en el primer caso carreteras en cortes cerrados, y en el segundo caso carreteras en relleno.

Figura 2.2-12: Sección Transversal típica

- a) DETALLE TIPÍCO DE CORTE
- b) RELLENO EN LADERA EMPINADA



2.2.14. DEFINICIONES VARIAS

2.2.14.1. ESTACIÓN TOTAL

Es un equipo conformado por microprocesadores y distanciómetros electrónicos en todos los teodolitos electrónicos el cual da lugar a la construcción de las Estaciones Totales, debido al avance de la tecnología electrónica; este equipo topográfico realiza todas las operaciones de medición, sustituyendo las libretas de toma de datos por libretas electrónicas y que se conectan directamente con el ordenador para el tratamiento de los datos con los programas informáticos adecuados permitiendo ahorrar tiempo y trabajo.

Son conocidos como “Taquímetros Electrónicos”. Una estación total además tiene incorporado elementos tales como la plomada láser conjuntamente con los tornillos nivelantes contribuyen a facilitar de manera muy práctica las tareas topográficas cotidianas

La estación total es muy adecuada para trabajos de carácter catastral, trabajos de ingeniería, construcción subterránea, en la construcción de edificios, tanto en el levantamiento topográfico como en el replanteo.

▪ Consideraciones básicas en una estación total

Como función básica, una estación total permite efectuar las mismas operaciones que se hacían antes con otros aparatos como los taquímetros o los teodolitos, su diferencia está en que ahora se aprovecha más las grandes posibilidades que nos brinda la microelectrónica convirtiéndose de esta manera las mediciones de distancias en un proceso sencillo en el que basta pulsar una tecla luego de hacer puntería sobre un prisma situado en el punto elegido; tampoco es necesario efectuar cálculos tediosos para determinar las coordenadas cartesianas de los puntos tomados en el campo, sino que de forma

automática la estación total proporciona tales coordenadas, ello debido a la incorporación de programas informáticos en el propio equipo en base a un modelamiento digital del terreno basado en el principio de triangulación en el cual se requiere dos puntos conocidos para hallar un tercero y formar un triángulo y así sucesivamente. Todas las funciones del mismo, así como la información calculada son visibles a través de una pantalla digital y un teclado digital.

Figura 2.2-13: Teclado South NTS 362R-S



Fuente: <http://geo-instrumentos.spaces.live.com>

De las operaciones que puede realizar una estación total es la determinación de la distancia horizontal, el desnivel, la pendiente en %, los ángulos horizontal y vertical, las coordenadas cartesianas X Y Z del punto de destino estas últimas basadas en las que tiene asignadas el equipo en el punto de estacionamiento. Para tal fin es necesario estacionar el aparato en un punto cuyas coordenadas hayamos determinado previamente o que sean conocidas de antemano, por pertenecer a un sistema de referencia ya establecido y situar un prisma en el punto que deseamos determinar y a continuación se hace puntería sobre el prisma, enfocándolo adecuadamente y pulsar la tecla correspondiente para iniciar la medición.

También tiene incorporado la corrección electrónica de distancias por constantes de prisma, presión atmosférica y temperatura, correcciones por curvatura y refracción terrestre.

Figura 2.2-14: Estación South NTS 362R-S



Fuente: <http://geo-instrumentos.spaces.live.com>

- **Coordenadas de la Estación**

Es la coordenada del punto sobre el cual se ubica el aparato en campo. A partir del mismo se observaran todos los puntos de interés.

- **Vista Atrás**

Es la coordenada geográfica de un punto visible desde la ubicación del aparato, se refiere cualquier punto al que anteriormente se le determinaron sus coordenadas, mediante el mismo aparato.

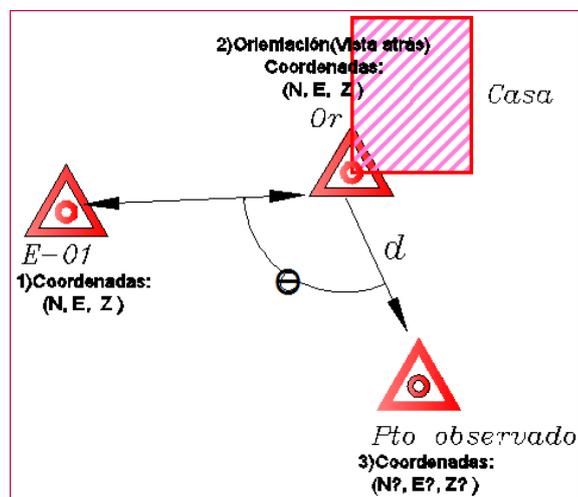
- **Observación**

Es un punto cualquiera visible desde la ubicación del aparato al que se le calcularán las coordenadas a partir del E-1 y la orientación.

▪ **Proceso de instalación**

1. Centrado y Nivelación del aparato (Estación: E_1^n).
2. Orientación del Levantamiento.
3. Observación.
4. Levantamiento de puntos.

Figura 2.2-15: Proceso para toma de datos desde Estación



Fuente: Elaboración propia.

2.2.14.2. GPS

Instrumento electrónico para la localización de puntos mediante coordenadas (UTM), incorpora además aplicaciones de navegador, brújula, entre otras.

Figura 2.2-16: GPS Map 76csx



Fuente: www.garmin.com

2.2.14.3. ECLÍMETRO

Es un instrumento muy utilizado en topografía el cual sirve para medir la inclinación de la pendiente de cualquier superficie.

Figura 2.2-17: Eclímetro



Fuente: <http://geotop.com.pe>

2.2.14.4. WINCHA

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.

Figura 2.2-18: Wincha



Fuente: <http://www.fesepsa.com.pe>

CAPITULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. METODOLOGÍA

3.1.1. Diseño de investigación

Et tratamiento investigativo de la tesis es de tipo no experimental porque no se manipula deliberadamente la variable. Además el diseño será transversal debido a la realización en un periodo definido en el año 2017. También es de diseño tipo descriptivo porque se observan y describen los fenómenos tal y como se presentan en forma natural.

3.1.2. Unidad de estudio

Como unidad de estudio se eligió la carretera C.P. El Tambo - C.P. Laguna Santa Úrsula.

3.1.3. Población

Carretera que une C.P. El Tambo al C.P. Laguna Santa Úrsula.

3.1.4. Muestra

Carretera que va desde el C.P. El Tambo al C.P. Laguna Santa Úrsula.

La presente investigación es de tipo no probabilístico o por conveniencia porque se trata de una técnica de muestreo donde los elementos son escogidos con base en criterios o juicios preestablecidos por el investigador.

3.1.5. Técnicas de recolección de datos

Como técnica utilizada es la observación porque a través de ésta se podrá visualizar la situación real, clasificando la información de acuerdo al problema en estudio.

3.1.6. Instrumentos de recolección de datos

Como instrumento de recolección de datos se usará la guía de observación que para nuestro caso consiste en formatos los cuales serán usados en la anotación de los datos, equipos topográficos.

3.1.7. Métodos e instrumento en el análisis de datos

El método que se va a utilizar es la estadística descriptiva debido a que permite presentar los datos mediante tablas así como su representación gráfica.

Como instrumento a utilizar será el de gráficos en el que se muestra la información obtenida en forma resumida; asimismo permite analizarla.

3.2. APLICACIÓN DEL MÉTODO

3.2.1. Ubicación geográfica de la zona en estudio

La carretera a evaluar es la que une el C.P. El Tambo (distrito de Llacanora) con el C.P. Laguna de Santa Úrsula (distrito Baños del Inca), que es una carretera afirmada.

Coordenadas UTM – WGS 84 – Zona 17S:

Punto Inicial : Km. 00 + 000 (C.P. El Tambo)
Este : 788 557.000 E
Norte : 9 204 856.000 N
Altitud : 2834.000 m.s.n.m.

Punto Final : Km 04 + 689.995 (C.P. Laguna Santa Úrsula)
Este : 789 952.388 E
Norte : 9 207 022.072 N
Altitud : 3076.595 m.s.n.m.

Coordenadas Geográficas

Punto Inicial : Km. 00 + 000 (C.P. El Tambo)

Latitud : 7° 11' 11.9" S

Longitud : 78° 29' 12.6" W

Altitud : 2834,000 m.s.n.m.

Punto Final : Km 04 + 689.995 (C.P. Laguna Santa Úrsula)

Latitud : 7° 09' 59.2" S

Longitud : 78° 22' 29.2" W

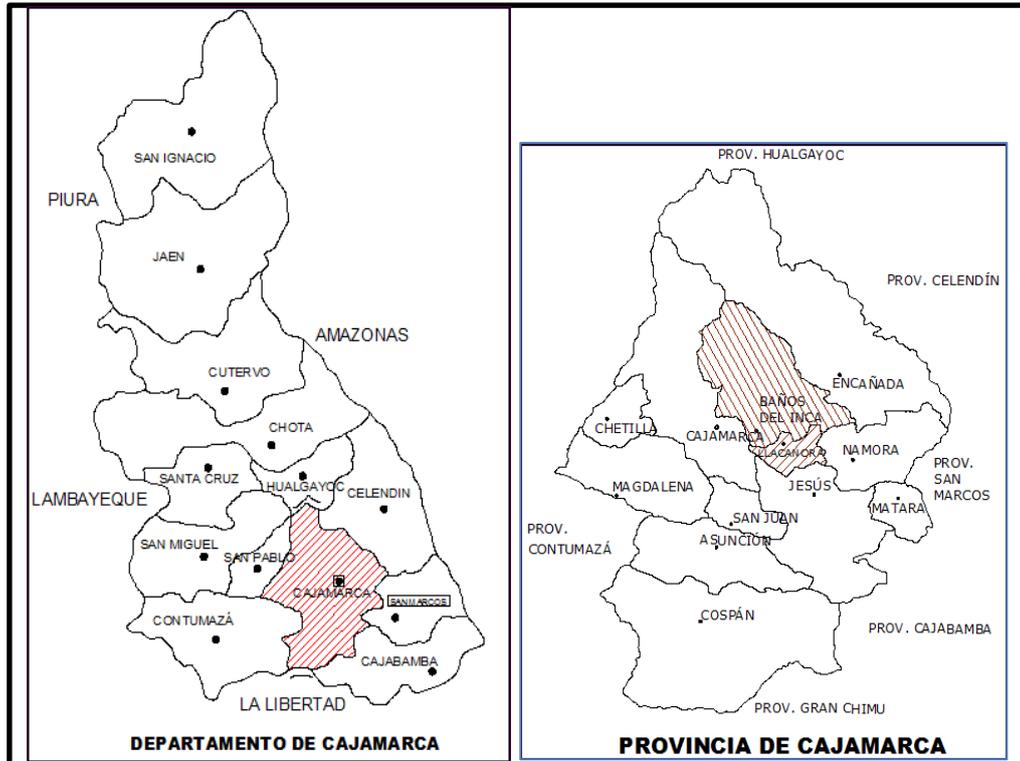
Altitud : 3076.595 m.s.n.m.

Figura 3.2-1: Mapa Político del Perú



Fuente: <https://www.google.com.pe/> www.slideshare.net

Figura 3.2-2: Provincia y distrito de Cajamarca



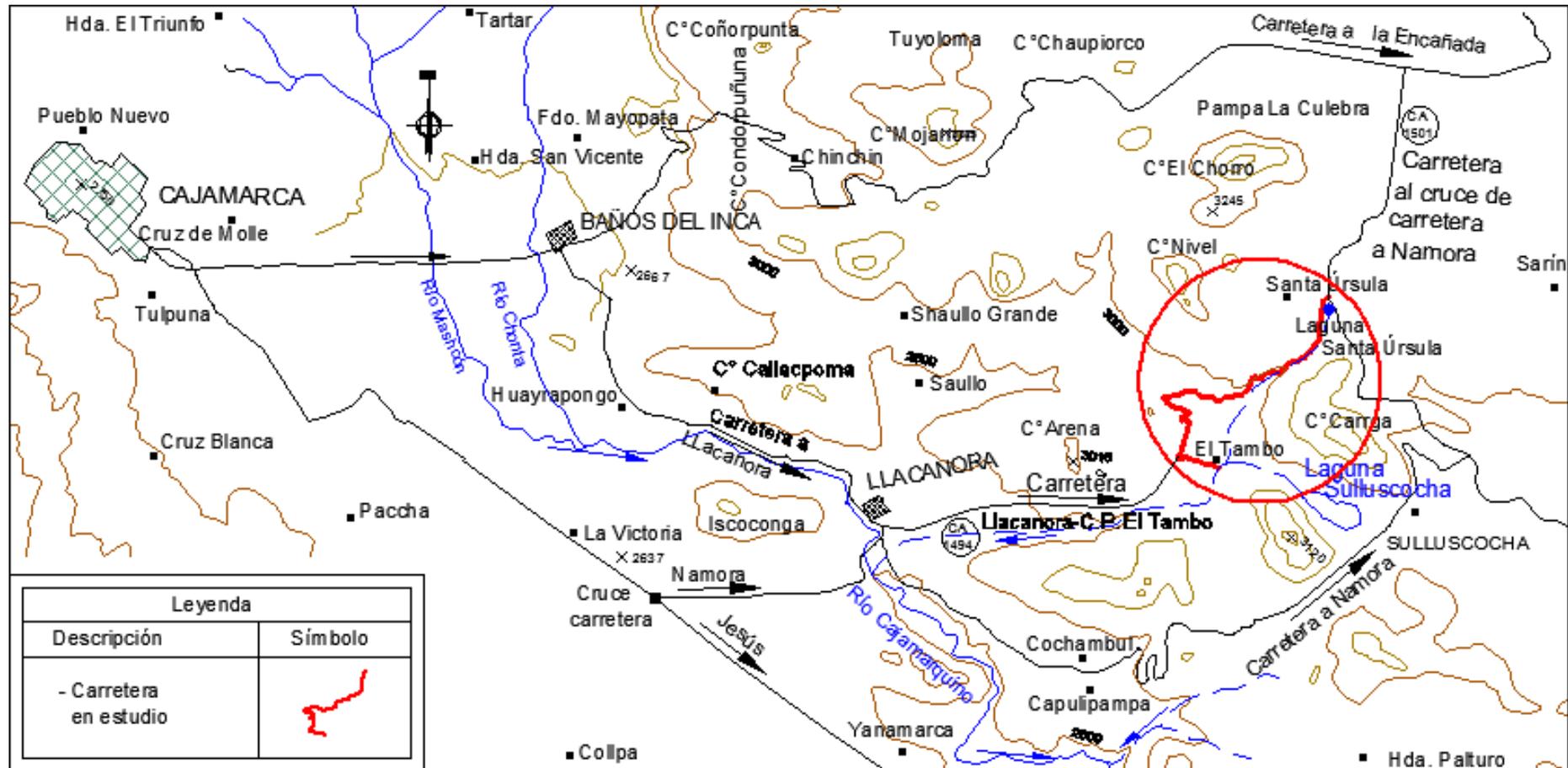
Fuente: <https://www.google.com.pe/> www.slideshare.net

Figura 3.2-3: Zona de trabajo



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.2-4: Acceso a la zona de trabajo



Fuente: Elaboración propia.

3.2.2. Ubicación política

La carretera en estudio se ubica entre los distritos de Llacanora y Baños del inca de la provincia de Cajamarca-Región Cajamarca.

3.2.3. Climatología

El lugar de estudio cuenta con un clima templado seco, la temperatura media fluctúa entre los 11°C y 17°C, con un invierno suave dando como resultado un clima adecuado para la producción agrícola-forestal, en terrenos que tenga esta capacidad.

3.2.4. Materiales e instrumentos

Este acápite corresponde a la descripción del conjunto de materiales, equipos los cuales se emplearon en la ejecución del trabajo de campo para la tesis que se desarrolla:

- Estación Total
- Gps
- Eclímetro
- Wincha

La descripción del método en el desarrollo del presente estudio comprende lo siguiente:

3.2.5. Trabajo de campo

- **Levantamiento topográfico de la carretera.**
 - **Elección del método**

Para el levantamiento topográfico se creyó conveniente utilizar el método Directo o el Método de las secciones Transversales por radiación con Estación Total, puesto que la carretera en estudio ya existe.

- **Elección del tipo de poligonal**

Teniendo en cuenta la alta precisión que nos brinda una Estación Total, se eligió trabajar con una poligonal abierta.

- **Identificación vertical**

Identificación de puntos de cambio vertical.

3.2.6. Trabajo de gabinete

Es la siguiente etapa de la toma de datos, el cual consiste en:

- Representación gráfica de la carretera con los datos obtenidos mediante software informático afín.
- Análisis y comparación de los resultados obtenidos.

La aplicación del método comprende lo siguiente:

3.2.7. Reconocimiento de la zona

Antes de iniciar propiamente los estudios topográficos se requiere de un reconocimiento preliminar en el cual, primero se hará una entrevista o reunión con los pobladores para recoger datos de gran utilidad como lo relativo a posibles afectaciones, nombre de lugares.

Luego se procede a realizar el recorrido de la zona de estudio para determinar las ubicaciones probables de las estaciones, ubicación de los PIs (puntos de intersección) del eje, evaluar la topografía del lugar, las condiciones de drenaje, la existencia de obras de arte como son cunetas, alcantarillas, badenes.

3.2.8. Levantamiento topográfico de la carretera

Luego de haber realizado el reconocimiento de la zona, se procedió a realizar el levantamiento topográfico del eje con la ubicación de la primera estación, considerando además la visibilidad del mayor tramo

de carretera, entonces con el instrumento GPS Map 76CX se tomó las coordenadas de inicio del eje, luego con la estación total se comenzó a radiar y se tomó las coordenadas del BM inicial las cuales son:

Punto Inicial : Km. 00 + 000 (C.P. El Tambo)

Este : 788 557,000 E
Norte : 9 204 856,000 N
Altitud : 2834,000 m.s.n.m.

BM de inicio : Poste de luz

Este : 788 557,921 E
Norte : 9 204 848,681 N
Altitud : 2833,790 m.s.n.m.

Coordenadas Geográficas

Punto Inicial : Km. 00 + 000 (C.P. El Tambo)

Latitud : 7° 11' 11.9" S
Longitud : 78° 29' 12.6" W
Altitud : 2834,000 m.s.n.m.

BM de inicio : Poste de luz

Latitud : 7° 11' 10.2" S
Longitud : 78° 23' 14.3" W
Altitud : 3076,595 m.s.n.m.

secciones transversales con la ayuda del programa informático como es el Autocad Civil 3D 2012.

Luego mediante hojas de cálculo procesadas en Excel se hizo el análisis y la evaluación de las características geométricas de la carretera en estudio tomando como base el Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito (MDCNPBVT) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), los parámetros de evaluación se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 3.2.9: Listado de parámetros

N°	PARÁMETROS	UNIDAD
1	Velocidad de diseño (V).	Km/h
2	Radio mínimo.	m.
3	Elementos de curva.	Tabla valores
4	Longitud de transición de peralte	m.
5	Longitud de tangente	m.
6	Longitud de curva.	m.
7	Sobreeancho.	m.
8	Distancia de visibilidad en curva horizontal	m.
9	Peralte calculado.	%
10	Peralte medido con eclímetro.	%
11	Curva Vertical.	m.
12	Pendiente.	%
13	Elementos del alineamiento vertical	Tabla valores
14	Ancho de Calzada.	m.
15	Ancho de berma.	m.

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. DATOS TOPOGRÁFICOS

La carretera del C.P. El Tambo al C.P. Laguna de Santa Úrsula topográficamente presenta un relieve de ondulado a accidentado, encontrándose en la región natural de la Quechua (2300-2500 y 3500 msnm. de altitud aproximadamente)

Para realizar el Levantamiento Topográfico se utilizó una Estación Total de marca South NTS 362.

El trabajo del levantamiento topográfico se hace mediante el seccionamiento transversal cada 20 m. en tramos rectos y en los tramos en curva a cada 10 m; en cada cambio de pendiente de la sección respectiva el ancho de la sección transversal es 25 m. aproximadamente. El BM inicial se ha monumentado junto al poste de luz existente usando para ello pintura de color rojo y para el resto de BMs también se usó pintura roja sobre superficie de roca fija.

4.2. DISEÑO GEOMÉTRICO

Ejecutados las etapas de trabajo de campo y el procesamiento de datos en gabinete se obtienen los resultados del diseño geométrico de la carretera que une el C.P. El Tambo con el C.P. Laguna de Santa Úrsula los que se muestran a continuación.

4.3. Clasificación de la vía

Para clasificar la vía se usan los datos del uso de vía por los vehículos en ambas direcciones:

Tabla 3.2.9-1: Toma de datos del tráfico en campo

PRIMERA SEMANA						
CARRETERA: C.P. El Tambo - C.P. Laguna Santa Úrsula						
PUNTO DE AFORO: KM 00+535						
DÍA	SENTIDO	CAMIONETA PICK UP	CAMIÓN 2 EJES	AUTO	COMBI	TOTAL
Domingo	C.P.Tambo-C.P.LS.U.	2	1	1	1	5
	C.P. LS.U.-C.P.Tambo	1	1	0	1	3
	Ambos sentidos	3	2	1	2	8
Lunes	C.P.Tambo-C.P.LS.U.	2	0	1	1	4
	C.P.LS.U.-C.P.Tambo	3	1	2	1	7
	Ambos sentidos	5	1	3	2	11
Martes	C.P.Tambo-C.P.LS.U.	1	1	0	1	3
	C.P.LS.U.-C.P.Tambo	0	1	1	1	3
	Ambos sentidos	1	2	1	2	6
Miércoles	C.P.Tambo-C.P.LS.U.	2	1	0	1	4
	C.P.LS.U.-C.P.Tambo	1	0	0	1	2
	Ambos sentidos	3	1	0	2	6
Jueves	C.P.Tambo-C.P.LS.U.	2	1	1	1	5
	C.P.LS.U.-C.P.Tambo	1	0	1	1	3
	Ambos sentidos	3	1	2	2	8
Viernes	C.P.Tambo-C.P.LS.U.	1	1	1	1	4
	C.P.LS.U.-C.P.Tambo	2	1	0	1	4
	Ambos sentidos	3	2	1	2	8
Sábado	C.P.Tambo-C.P.LS.U.	2	0	2	1	5
	C.P.LS.U.-C.P.Tambo	1	1	1	1	4
	Ambos sentidos	3	1	3	2	9

SEGUNDA SEMANA						
CARRETERA: C.P. El Tambo - C.P. Laguna Santa Úrsula						
PUNTO DE AFORO: KM 00+535						
DÍA	SENTIDO	CAMIONETA PICK UP	CAMIÓN 2 EJES	AUTO	COMBI	TOTAL
Domingo	C.P.Tambo-C.P.LS.U.	2	2	2	1	7
	C.P.LS.U.-C.P.Tambo	2	1	2	1	6
	Ambos sentidos	4	3	4	2	13
Lunes	C.P.Tambo-C.P.LS.U.	3	1	1	1	6
	C.P.LS.U.-C.P.Tambo	4	1	3	1	9
	Ambos sentidos	7	2	4	2	15
Martes	C.P.Tambo-C.P.LS.U.	0	1	1	1	3
	C.P.LS.U.-C.P.Tambo	1	0	0	1	2
	Ambos sentidos	1	1	1	2	5
Miércoles	C.P.Tambo-C.P.LS.U.	1	1	1	1	4
	C.P.LS.U.-C.P.Tambo	1	1	0	1	3
	Ambos sentidos	2	2	1	2	7
Jueves	C.P.Tambo-C.P.LS.U.	0	1	0	1	2
	C.P.LS.U.-C.P.Tambo	1	0	0	1	2
	Ambos sentidos	1	1	0	2	4
Viernes	C.P.Tambo-C.P.LS.U.	1	1	1	1	4
	C.P.LS.U.-C.P.Tambo	0	0	0	1	1
	Ambos sentidos	1	1	1	2	5
Sábado	C.P.Tambo-C.P.LS.U.	1	1	0	1	3
	C.P.LS.U.-C.P.Tambo	1	0	1	1	3
	Ambos sentidos	2	1	1	2	6

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1. Características del tránsito

4.3.1.1. Índice medio diario semanal (TPDS)

El índice medio diario semanal de la carretera es de 8 veh/día la cual es considerada como una carretera de bajo volumen de tránsito cuyo procedimiento es el siguiente:

- **Cálculo del Índice Diario Semanal**

Con los datos obtenidos del aforo vehicular se calcula el promedio semanal como el cociente del promedio de cada semana entre el número de semanas:

$$TPDS = \frac{N}{T} \quad (4.1)$$

Dónde:

N: Promedio del tráfico semanal.

T: Periodo determinado (semanas).

Tabla 4.3.1-1: Valor promedio semanal de tráfico

PROMEDIO SEMANA 1	PROMEDIO SEMANA 2	PROMEDIO	PROMEDIO
8.00	7.86	7.929	8.00

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2. Clasificación por demanda

De acuerdo a las características básicas el flujo vehicular de 8 veh/día para confirmar que es de bajo volumen de tránsito se usa la fórmula del IMDA del MDCNPBVT con 20 años de proyección, 3% de tasa anual y el valor resultante es 14 veh/día < 15 veh/día, por lo que corresponde clasificarla en una carretera BVT del tipo TO con un ancho de calzada de 3.5 m. de un solo carril en base a la tabla N° 2.2.3-1.

4.3.3. Clasificación por Orografía

En base a la clasificación de carreteras según las condiciones de clasificación orográfica del Manual de DG-2014, se tiene que el terreno tiene inclinaciones transversales que varían entre 11% y 50% de pendiente transversal por lo que corresponde clasificarla como una carretera de terreno ondulado (Tipo 2), pero por el valor de 22% se puede decir que existe una tendencia hacia el tipo accidentado; cuyos datos se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 4.3.3-1: Datos promedio respecto a la Orografía

% IZQ	KM	% DER	% IZQ	KM	% DER
-3	00+000	5	-3	00+440	3
-3	00+020	5	-5	00+460	4
-3	00+040	5	-4	00+480	3
-3	00+060	5	-3	00+500	3
-3	00+080	5	-4	00+520	3
-3	00+100	3	-4	00+540	4
-3	00+120	3	-1	00+560	10
-3	00+140	3	85	00+580	-30
-3	00+160	3	100	00+600	-30
-3	00+180	3	95	00+620	-35
-3	00+200	3	100	00+640	-25
-3	00+220	3	95	00+660	-38
-3	00+240	3	60	00+680	-23
-3	00+260	3	42	00+700	-15
-3	00+280	3	17	00+720	-10
-3	00+300	3	15	00+740	-11
-3	00+320	3	5	00+760	-14
-4	00+340	3	6	00+780	-9
-3	00+360	3	5	00+800	-9
-3	00+380	3	6	00+820	-9
-3	00+400	3	6	00+840	-8
-3	00+420	3	8	00+860	-45

% IZQ	KM	% DER
8	00+880	-40
7	00+900	-35
15	00+920	-60
9	00+940	-50
6	00+960	-3
5	00+980	-25
4	01+000	-60
-9	01+020	-15
-5	01+040	8
-4	01+060	30
-5	01+080	10
-5	01+100	10
40	01+120	-2
35	01+140	-4
60	01+160	-7
6	01+180	-9
5	01+200	-78
5	01+220	-75
4	01+240	-80
4	01+260	-70
-4	01+280	6
-5	01+300	6
-5	01+320	8
-5	01+340	8
-5	01+360	8
-5	01+380	8
-5	01+400	8
-5	01+420	5
-5	01+440	5
-5	01+460	5
-5	01+480	5
-5	01+500	5
-5	01+520	5

% IZQ	KM	% DER
-5	01+540	5
-5	01+560	5
-5	01+580	5
-5	01+600	5
-6	01+620	8
-6	01+640	8
6	01+660	-4
8	01+680	-5
8	01+700	-5
8	01+720	-5
6	01+740	-6
6	01+760	-6
6	01+780	-6
6	01+800	-6
6	01+820	-6
7	01+840	-6
6	01+860	-10
15	01+880	-45
15	01+900	-60
65	01+920	-15
80	01+940	-50
60	01+960	-10
80	01+980	-23
80	02+000	-25
80	02+020	-25
80	02+040	-25
78	02+060	-15
75	02+080	-10
20	02+100	-15
20	02+120	-15
20	02+140	-15
20	02+160	-15
38	02+180	-15

% IZQ	KM	% DER
38	02+200	-15
30	02+220	-15
35	02+240	-20
33	02+260	-54
30	02+280	-60
30	02+300	-60
33	02+320	-54
30	02+340	-60
30	02+360	-60
39	02+380	-35
39	02+400	-35
20	02+420	-75
24	02+440	-25
28	02+460	-25
28	02+480	-12
28	02+500	-12
66	02+520	-15
66	02+540	-15
50	02+560	-25
50	02+580	-25
50	02+600	-25
55	02+620	-30
45	02+640	-42
29	02+660	-28
30	02+680	-75
35	02+700	-60
38	02+720	-55
38	02+740	-40
50	02+760	-40
65	02+780	-45
68	02+800	-30
80	02+820	-48
60	02+840	-65

% IZQ	KM	% DER
20	02+860	-35
35	02+880	-25
21	02+900	-15
21	02+920	-15
21	02+940	-15
21	02+960	-15
21	02+980	-15
25	03+000	-20
25	03+020	-15
35	03+040	-35
55	03+060	-60
60	03+080	-60
40	03+100	-70
50	03+120	-60
25	03+140	-20
25	03+160	-20
45	03+180	-20
45	03+200	-35
45	03+220	-35
40	03+240	-40
40	03+260	-40
40	03+280	-60
45	03+300	-60
45	03+320	-60
35	03+340	-30
45	03+360	-40
45	03+380	-40
30	03+400	-50
30	03+420	-50
45	03+440	-50
40	03+460	-30
40	03+480	-30
75	03+500	-60

% IZQ	KM	% DER
75	03+520	-60
75	03+540	-30
60	03+560	-60
45	03+580	-40
50	03+600	-45
60	03+620	-20
60	03+640	-20
28	03+660	-45
28	03+680	-45
25	03+700	-30
25	03+720	-35
25	03+740	-35
20	03+760	-35
30	03+780	-25
20	03+800	-25
25	03+820	-35
25	03+840	-35
20	03+860	-35
30	03+880	-25
38	03+900	-10
25	03+920	-8
25	03+940	-8
20	03+960	-8
20	03+980	-8
32	04+000	-5
32	04+020	-5
28	04+040	-8
28	04+060	-8
18	04+080	-5
15	04+100	-5
15	04+120	-4
12	04+140	-4
12	04+160	-3

% IZQ	KM	% DER
15	04+180	-3
10	04+200	-8
10	04+220	-8
10	04+240	-5
8	04+260	-3
5	04+280	-5
5	04+300	-5
12	04+320	-3
8	04+340	-3
8	04+360	-3
8	04+380	-3
8	04+400	-3
10	04+420	-6
25	04+440	-3
25	04+460	-3
25	04+480	-3
30	04+500	-4
10	04+520	-6
10	04+540	-6
10	04+560	-6
25	04+580	-3
25	04+600	-3
25	04+620	-3
10	04+640	-3
10	04+660	-3
8	04+680	-3
4	04+690	-3

Fuente: Elaboración propia.

Discusión:

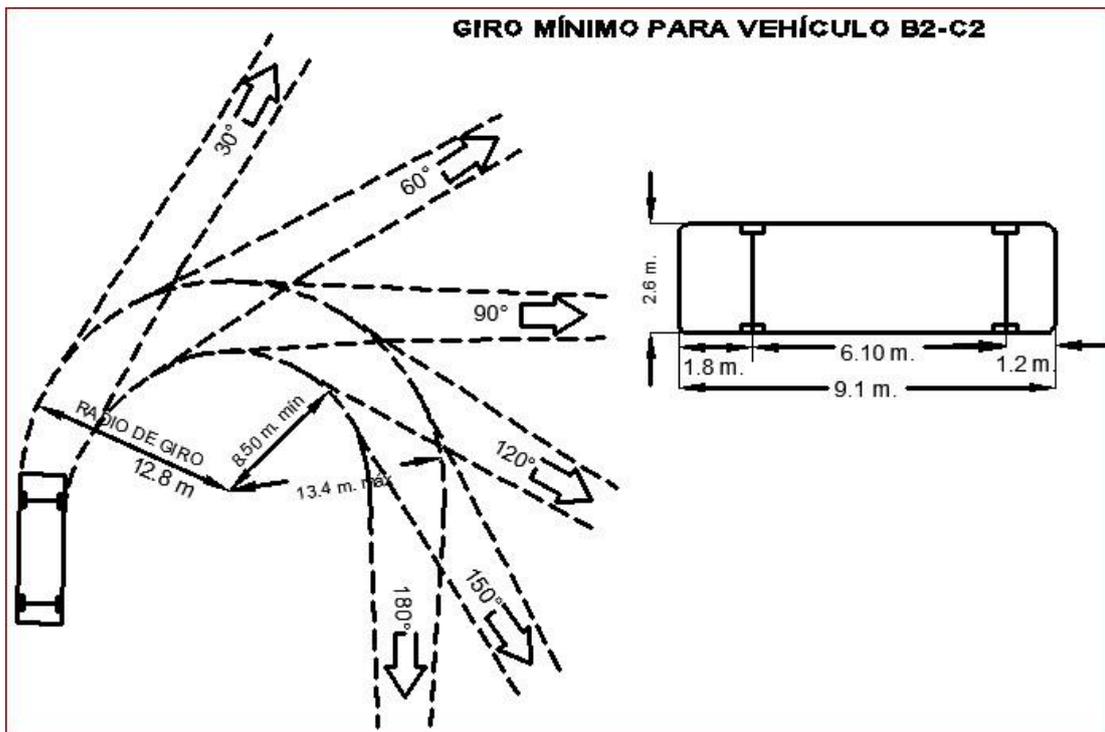
De acuerdo a la pendiente transversal dada en porcentaje que se muestran en la tabla anterior se tiene que:

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)

4.3.4. Vehículo de diseño

Para el diseño del vehículo se eligió un camión simple de 2 ejes "C2"

Figura 4.3-1: Camión simple de 2 ejes "C2"



Fuente: MTC. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2001), p.38.

- Nomenclatura: C2
- Alto total: 4.10m.
- Ancho total: 2.60m.
- Largo total: 9.10 m.
- Longitud entre ejes: 6.10 m.
- Radio mínimo rueda externa delantera: 12.80m.
- Radio mínimo rueda interna trasera: 8.50 m.

La selección del vehículo de diseño se puede hacer mediante el análisis de tráfico cuyos datos se muestra:

Tabla 4.3.4-1: Valores promedio de tráfico por tipo de vehículo

PRIMERA SEMANA

CARRETERA: C.P. El Tambo - C.P. Laguna Santa Úrsula
 PUNTO DE AFORO: KM 00+535

DIA	CAMIONETA PICK UP	CAMIÓN 2 EJES	AUTO	COMBI
Domingo	3	2	1	2
Lunes	5	1	3	2
Martes	1	2	1	1
Miércoles	3	1	0	2
Jueves	3	1	2	2
Viernes	3	2	1	2
Sábado	3	1	3	2
TOTAL	21	10	11	13

SEGUNDA SEMANA

CARRETERA: C.P. El Tambo - C.P. Laguna Santa Úrsula

PUNTO DE AFORO: KM 00+535

DÍA	CAMIONETA PICK UP	CAMIÓN 2 EJES	AUTO	COMBI
Domingo	4	3	4	2
Lunes	7	2	3	2
Martes	1	1	1	2
Miércoles	2	2	1	2
Jueves	1	1	0	2
Viernes	1	1	1	2
Sábado	2	1	1	2
TOTAL	18	11	11	14

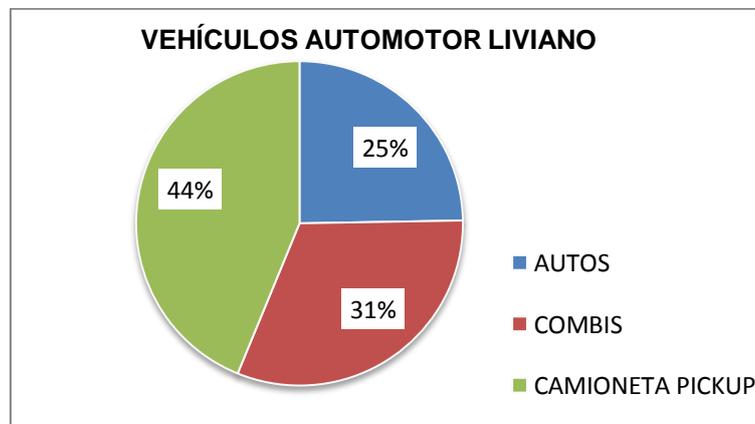
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.3.4-2: Resumen vehicular tipo Liviano

RESUMEN DE VEHÍCULOS AUTOMOTOR LIVIANO	
AUTOS	11
COMBIS	14
CAMIONETA PICKUP	19.5

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 4.3.4-1 : Porcentajes de vehículos automotor liviano



Fuente: Elaboración propia.

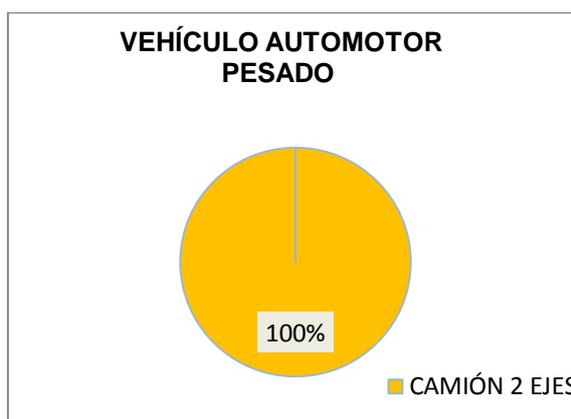
Discusión: El gráfico muestra que el mayor porcentaje es de camionetas pick up 44%, combis 31% y autos 25%.

Tabla 4.3.4-3: Resumen vehicular de Tipo Pesado

RESUMEN VEHÍCULO AUTOMOTOR PESADO	
CAMIÓN 2 EJES	10.5

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 4.3.4-2 : Porcentajes de vehículo automotor pesado



Fuente: Elaboración propia.

Discusión:

Participación porcentual del tipo automotor de servicio pesado para la carretera en estudio que es el camión 2 ejes C2 al cual le corresponde el 100%.

Analizando los gráficos N°4.3.4-1 y N°4.3.4-2 se puede deducir que el gráfico N°4.3.4-2 correspondiente al tipo de vehículo camión de 2 ejes "C2" es el que tiene el mayor porcentaje respecto de los otros vehículos que transitan por la zona con mayor incidencia que son auto, combi, camioneta pick up con porcentajes de 25%, 31%, 44% respectivamente; afirmando que el vehículo de diseño para la carretera en estudio es el vehículo de tipo "C2".

4.3.5. Velocidad de diseño (V)

Según del DG-2014 la velocidad de operación es la velocidad máxima a la que pueden circular los vehículos en un determinado tramo de la

carretera, en función a la velocidad de diseño bajo las condiciones prevaescentes del tránsito y si el tránsito y las interferencias son bajas, la velocidad de operación del vehículo es del orden de la velocidad de diseño por tramo homogéneo, no debiendo sobrepasar a ésta. La tabla adjunta muestra las velocidades obtenidas en cada tramo donde cambia la pendiente porque es donde se realiza el cambio de velocidad para que el vehículo no agote su rendimiento automotriz del cual se obtiene como promedio de velocidad de 20 km/h:

Tabla 4.3.5-1: Verificación de la Velocidad de diseño

Tramo N°	Tramo Inicial	Tramo Final	Pendiente Entrada	Pendiente Salida	Tiempo recorrido(')	Velocidad Km/h
1	00+000	0+040.00	0	-1.61%	0.12	20
2	0+040.00	0+120.00	-1.61%	-3.40%	0.16	30
3	0+120.00	0+240.00	-3.40%	-1.30%	0.24	30
4	0+240.00	0+420.00	-1.30%	-2.60%	0.36	30
5	0+420.00	0+540.00	-2.60%	-0.50%	0.24	30
6	0+540.00	0+620.00	-0.50%	8.28%	0.32	15
7	0+620.00	0+860.00	8.28%	5.73%	0.72	20
8	0+860.00	1+140.00	5.73%	9.63%	1.12	15
9	1+140.00	1+280.00	9.63%	1.29%	0.42	20
10	1+280.00	1+520.00	1.29%	7.32%	0.96	15
11	1+520.00	1+700.00	7.32%	1.95%	0.36	30
12	1+700.00	1+960.00	1.95%	1.95%	0.78	20
13	1+960.00	2+760.00	6.30%	6.30%	3.20	15
14	2+760.00	3+260.00	7.94%	7.94%	1.50	20
15	3+260.00	3+600.00	3.84%	3.84%	1.36	15

Tramo N°	Tramo Inicial	Tramo Final	Pendiente Entrada	Pendiente Salida	Tiempo recorrido(')	Velocidad Km/h
17	3+920.00	4+080.00	2.63%	2.63%	0.64	15
18	4+080.00	4+260.00	9.51%	9.51%	0.54	20
19	4+260.00	4+560.00	5.51%	5.51%	1.20	15
20	4+560.00	4+689.99	7.46%	1.15%	0.39	20

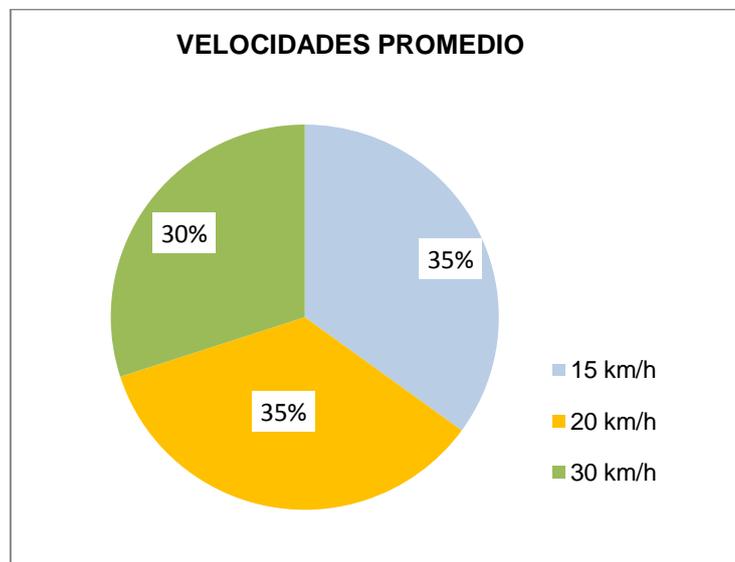
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.3.5-2: Velocidad promedio

VELOCIDADES PROMEDIO	%
15 km/h	35
20 km/h	35
30 km/h	30

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 4.3.5-1: Velocidades promedio



Fuente: Elaboración propia.

Discusión: La mayor representación porcentual de velocidades para la velocidad de diseño es del sector color naranja con el 35%.

4.4. DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA O ALINEAMIENTO HORIZONTAL

4.4.1. CURVAS CIRCULARES

En el diseño de curvas horizontales se hizo tomando como referencia el valor del radio mínimo.

4.4.2. Radio mínimo

Haciendo uso de la ecuación (2.5), además tomando en consideración los valores del cuadro 2.9 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 del Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, se tiene:

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

$$R_{\text{mín}} = 12 \text{ m.}$$

Luego el radio mínimo será de 12 m.

Tabla 4.4.2-1: Verificación del Radio mínimo

N° PI	Radio (m)	Progresiva Inicial	Progresiva Final	Tipo de curva	Verificación
PI 01	30	0+066.62	0+074.18	simple	cumple
PI 02	15	0+087.17	0+093.17	simple	cumple
PI 03	100	0+162.32	0+176.42	simple	cumple
PI 04	120	0+294.10	0+310.06	simple	cumple
PI 05	25	0+394.74	0+401.75	simple	cumple
PI 06	10	0+423.91	0+432.04	simple	No cumple
PI 07	8	0+530.80	0+549.62	simple	No cumple
PI 08	25	0+575.04	0+586.97	simple	cumple
PI 09	60	0+648.48	0+666.00	simple	cumple
PI 10	80	0+731.08	0+745.80	simple	cumple
PI 11	60	0+896.70	0+910.42	simple	cumple
PI 12	12	1+019.87	1+036.71	simple	cumple

N° PI	Radio(m)	Progresiva Inicial	Progresiva Final	Tipo de curva	Verificación
PI 13	30	1+068.75	1+082.45	simple	cumple
PI 14	8	1+109.81	1+127.14	simple	No cumple
PI 15	10	1+163.44	1+174.55	simple	No cumple
PI 16	15	1+204.56	1+219.20	simple	cumple
PI 17	10	1+231.76	1+240.45	simple	No cumple
PI 18	10	1+252.54	1+266.06	simple	No cumple
PI 19	10	1+275.80	1+290.11	simple	No cumple
PI 20	25	1+309.13	1+322.05	simple	cumple
PI 21	40	1+337.43	1+349.64	simple	cumple
PI 22	100	1+410.01	1+425.53	simple	cumple
PI 23	80	1+460.66	1+477.92	simple	cumple
PI 24	100	1+512.53	1+531.09	simple	cumple
PI 25	60	1+593.04	1+602.35	simple	cumple
PI 26	8	1+658.87	1+677.88	simple	No cumple
PI 27	40	1+698.83	1+704.55	simple	cumple
PI 28	25	1+867.89	1+884.42	simple	cumple
PI 29	30	1+914.01	1+928.67	simple	cumple
PI 30	120	1+985.51	1+999.71	simple	cumple
PI 31	40	2+047.39	2+063.15	simple	cumple
PI 32	20	2+091.47	2+104.11	simple	cumple
PI 33	30	2+155.71	2+167.60	simple	cumple
PI 34	50	2+230.11	2+252.02	simple	cumple
PI 35	25	2+326.47	2+336.28	simple	cumple
PI 36	30	2+429.82	2+461.43	simple	cumple
PI 37	15	2+534.66	2+549.10	simple	cumple
PI 38	30	2+585.54	2+599.25	simple	cumple
PI 39	60	2+700.45	2+712.89	simple	cumple
PI 40	60	2+752.58	2+769.28	simple	cumple
PI 41	60	2+819.06	2+836.97	simple	cumple
PI 42	60	2+872.91	2+889.49	simple	cumple
PI 43	160	2+931.26	2+949.09	simple	cumple
PI 44	15	3+008.97	3+016.22	simple	cumple
PI 45	10	3+033.59	3+043.41	simple	No cumple
PI 46	15	3+087.25	3+096.54	simple	cumple
PI 47	20	3+119.48	3+126.96	simple	cumple

N° PI	Radio (m)	Progresiva Inicial	Progresiva Final	Tipo de curva	Verificación
PI 48	30	3+209.10	3+222.50	simple	cumple
PI 49	30	3+264.24	3+274.95	simple	cumple
PI 50	40	3+311.90	3+323.32	simple	cumple
PI 51	50	3+354.44	3+365.07	simple	cumple
PI 52	80	3+413.06	3+421.00	simple	cumple
PI 53	10	3+475.60	3+490.43	simple	No cumple
PI 54	8	3+536.57	3+551.80	simple	No cumple
PI 55	10	3+589.95	3+600.50	simple	No cumple
PI 56	15	3+627.52	3+641.74	simple	cumple
PI 57	40	3+724.54	3+740.50	simple	cumple
PI 58	80	3+790.51	3+807.99	simple	cumple
PI 59	200	3+893.21	3+907.13	simple	cumple
PI 60	80	4+000.27	4+024.54	simple	cumple
PI 61	80	4+112.79	4+133.88	simple	cumple
PI 62	80	4+177.23	4+195.50	simple	cumple
PI 63	60	4+293.24	4+313.32	simple	cumple
PI 64	40	4+391.14	4+405.23	simple	cumple
PI 65	40	4+453.70	4+468.31	simple	cumple
PI 66	40	4+512.46	4+521.26	simple	cumple
PI 67	80	4+560.36	4+566.04	simple	cumple
PI 68	10	4+604.37	4+610.68	simple	No cumple
PI 69	20	4+652.68	4+660.37	simple	cumple

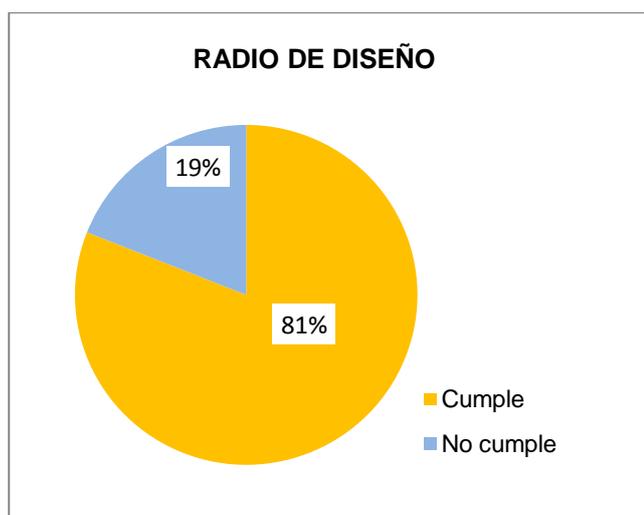
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.4.2-2: Verificación del Radio mínimo

CUADRO RESUMEN		
Descripción	Cumple	No cumple
Rmín	81	19

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 4.4.2-1: Porcentajes de Radio de Diseño



Fuente: Elaboración propia.

Discusión: Las curvas circulares hacen un total de 69 de las cuales 81% cumple con el Radio mínimo y el 19 % no cumple.

4.4.3. Elementos de curva

Los elementos de curva son calculados en función del radio asignado en cada cambio de dirección de la poligonal.

Tabla 4.4.3-1: Elementos de curva

No. Curva	S	R	I	Lc	T	E	Sa	Peralte (%)
C 1	D	30	14° 25' 47"	7.555	3.798	0.239	0.6	2.50
C 2	I	15	22° 55' 14"	6.001	3.041	0.305	0.6	2.50
C 3	D	100	08° 04' 37"	14.097	7.06	0.249	0.3	2.50
C 4	D	120	07° 37' 03"	15.954	7.989	0.266	0.3	2.50
C 5	D	25	16° 03' 35"	7.007	3.527	0.248	0.6	2.50
C 6	I	10	46° 35' 21"	8.131	4.306	0.888	1.2	4.00
C 7	D	8	134° 45' 42"	18.816	19.2	12.8	1.8	4.00
C 8	I	25	27° 21' 20"	11.936	6.084	0.73	0.6	2.50

No. Curva	S	R	I	Lc	T	E	Sa	Peralte (%)
C 9	D	60	16° 44' 11"	17.526	8.826	0.646	0.6	2.50
C 10	I	80	10° 32' 38"	14.722	7.382	0.34	0.3	3.00
C 11	I	60	13° 06' 03"	13.719	6.89	0.394	0.6	3.00
C 12	I	12	80° 24' 26"	16.84	10.14	3.712	1.2	4.00
C 13	I	30	26° 09' 50"	13.699	6.971	0.799	0.6	3.00
C 14	D	8	124° 07' 38"	17.331	15.09	9.076	1.8	6.00
C 15	D	10	63° 39' 12"	11.11	6.207	1.77	1.2	2.50
C 16	I	15	55° 56' 06"	14.644	7.965	1.983	0.9	2.50
C 17	D	10	49° 47' 41"	8.691	4.641	1.025	0.6	2.50
C 18	I	10	77° 26' 28"	13.516	8.017	2.817	0.6	3.00
C 19	I	10	81° 57' 48"	14.305	8.687	3.246	0.6	5.00
C 20	D	25	29° 36' 00"	12.915	6.605	0.858	1.2	3.00
C 21	I	40	17° 29' 52"	12.216	6.156	0.471	0.6	3.00
C 22	I	100	08° 53' 31"	15.519	7.775	0.302	0.3	2.50
C 23	D	80	12° 21' 54"	17.265	8.666	0.468	0.6	2.50
C 24	D	100	06° 38' 05"	18.561	9.307	0.432	0.6	2.50
C 25	D	60	08° 53' 11"	9.306	4.662	0.181	0.6	2.50
C 26	D	8	136° 09' 17"	19.011	19.88	13.43	2.4	3.00
C 27	I	40	08° 12' 15"	5.728	2.869	0.103	0.6	2.50
C 28	I	25	37° 52' 35"	16.527	8.578	1.431	0.9	4.00
C 29	D	30	28° 00' 17"	14.663	7.481	0.919	1.2	4.00
C 30	D	120	06° 46' 43"	14.197	7.107	0.21	0.6	2.50
C 31	D	40	22° 34' 19"	15.758	7.983	0.789	0.9	3.00
C 32	D	20	36° 12' 08"	12.637	6.537	1.041	0.9	3.00
C 33	I	30	22° 41' 43"	11.883	6.021	0.598	0.9	3.00
C 34	I	50	25° 06' 31"	21.911	11.13	1.225	0.9	3.00
C 35	D	25	22° 28' 17"	9.805	4.966	0.489	1.2	7.00
C 36	I	30	60° 22' 36"	31.613	17.45	4.707	1.2	5.00

No. Curva	S	R	I	Lc	T	E	Sa	Peralte (%)
C 37	D	15	55° 08' 53"	14.438	7.833	1.922	2.1	7.00
C 38	I	30	26° 10' 30"	13.705	6.974	0.8	0.9	4.00
C 39	I	60	11° 52' 49"	12.441	6.243	0.324	0.6	2.50
C 40	I	60	15° 56' 30"	16.694	8.401	0.585	0.6	2.50
C 41	I	60	17° 06' 26"	17.915	9.024	0.675	0.6	2.50
C 42	I	60	15° 49' 58"	16.58	8.343	0.577	0.6	3.00
C 43	D	160	06° 23' 03"	17.828	8.923	0.249	0.3	2.50
C 44	D	15	27° 42' 06"	7.252	3.698	0.449	0.6	5.00
C 45	D	10	56° 16' 26"	9.822	5.348	1.34	0.9	4.00
C 46	I	15	35° 29' 25"	9.291	4.8	0.749	0.9	4.00
C 47	I	20	21° 26' 37"	7.485	3.787	0.355	0.9	3.00
C 48	D	30	25° 35' 51"	13.403	6.815	0.764	1.2	3.00
C 49	D	30	20° 27' 34"	10.713	5.414	0.485	0.6	3.00
C 50	I	40	16° 21' 14"	11.417	5.748	0.411	0.6	4.00
C 51	I	50	12° 10' 31"	10.625	5.333	0.284	0.6	2.50
C 52	I	80	05° 41' 03"	7.937	3.972	0.099	0.6	2.50
C 53	I	10	84° 55' 19"	14.822	9.151	3.555	1.2	6.00
C 54	D	8	109° 03' 20"	15.227	11.23	5.786	2.1	6.00
C 55	I	10	60° 29' 09"	10.557	5.83	1.575	0.9	4.00
C 56	D	15	54° 18' 30"	14.218	7.694	1.858	2.1	4.00
C 57	I	40	22° 51' 53"	15.963	8.089	0.81	0.9	2.50
C 58	I	80	12° 31' 17"	17.483	8.777	0.48	0.6	2.50
C 59	I	200	03° 59' 09"	13.913	6.959	0.121	0.3	2.50
C 60	I	80	17° 23' 12"	24.276	12.23	0.93	0.6	2.50
C 61	I	80	15° 06' 12"	21.088	10.61	0.7	0.6	2.50
C 62	I	80	13° 05' 05"	18.27	9.175	0.524	0.6	2.50

No. Curva	S	R	I	Lc	T	E	Sa	Peralte (%)
C 63	D	60	19° 10' 52"	20.086	10.14	0.85	0.6	2.50
C 64	I	40	20° 11' 15"	14.094	7.121	0.629	0.9	4.00
C 65	D	40	20° 55' 46"	14.612	7.388	0.677	0.9	4.00
C 66	I	40	12° 36' 40"	8.804	4.42	0.243	0.9	4.00
C 67	I	80	04° 04' 13"	5.683	2.843	0.05	0.3	4.00
C 68	D	10	36° 11' 36"	6.317	3.268	0.52	1.2	4.00
C 69	D	20	22° 01' 52"	7.69	3.893	0.375	1.2	4.00

No.Curva	PROGRESIVAS Y COORDENADAS								
	PC	PI	PT	PCs		PIs		PTs	
				Este(m)	Norte(m)	Este(m)	Norte(m)	Este(m)	Norte(m)
C 1	0+066.62	0+070.42	0+074.18	788492.931	9204874.265	788489.278	9204875.306	788486.001	9204877.224
C 2	0+087.17	0+090.21	0+093.17	788474.785	9204883.789	788472.160	9204885.325	788469.145	9204885.718
C 3	0+162.32	0+169.38	0+176.42	788400.576	9204894.649	788393.575	9204895.560	788386.771	9204897.447
C 4	0+294.10	0+302.09	0+310.06	788273.367	9204928.891	788265.669	9204931.025	788258.321	9204934.162
C 5	0+394.74	0+398.27	0+401.75	788180.431	9204967.408	788177.187	9204968.793	788174.453	9204971.021
C 6	0+423.91	0+428.22	0+432.04	788157.275	9204985.019	788153.937	9204987.738	788149.668	9204987.183
C 7	0+530.80	0+550.00	0+549.62	788051.735	9204974.438	788032.695	9204971.960	788044.342	9204987.224
C 8	0+575.04	0+581.12	0+586.97	788059.761	9205007.430	788063.452	9205012.267	788064.508	9205018.258
C 9	0+648.48	0+657.30	0+666.00	788075.179	9205078.832	788076.711	9205087.524	788080.680	9205095.407
C 10	0+731.08	0+738.46	0+745.80	788109.948	9205153.528	788113.268	9205160.121	788115.325	9205167.210
C 11	0+896.70	0+903.59	0+910.42	788157.386	9205312.135	788159.306	9205318.751	788159.677	9205325.631
C 12	1+019.87	1+030.01	1+036.71	788165.564	9205434.921	788166.109	9205445.049	788156.214	9205447.274
C 13	1+068.75	1+075.72	1+082.45	788124.961	9205454.304	788118.160	9205455.833	788111.381	9205454.207
C 14	1+109.81	1+124.89	1+127.14	788084.775	9205447.826	788070.105	9205444.307	788075.423	9205458.425

No.Curva	PROGRESIVAS Y COORDENADAS								
	PC	PI	PT	PCs		PIs		PTs	
				Este(m)	Norte(m)	Este(m)	Norte(m)	Este(m)	Norte(m)
C 15	1+163.44	1+169.65	1+174.55	788088.220	9205492.400	788090.408	9205498.209	788096.584	9205498.826
C 16	1+204.56	1+212.52	1+219.20	788126.442	9205501.810	788134.368	9205502.602	788138.151	9205509.611
C 17	1+231.76	1+236.40	1+240.45	788144.115	9205520.661	788146.319	9205524.745	788150.862	9205525.698
C 18	1+252.54	1+260.56	1+266.06	788162.697	9205528.181	788170.544	9205529.827	788170.643	9205537.844
C 19	1+275.80	1+284.49	1+290.11	788170.764	9205547.587	788170.872	9205556.273	788162.286	9205557.595
C 20	1+309.13	1+315.74	1+322.05	788143.486	9205560.488	788136.958	9205561.492	788131.778	9205565.590
C 21	1+337.43	1+343.58	1+349.64	788119.714	9205575.134	788114.886	9205578.953	788109.134	9205581.144
C 22	1+410.01	1+417.79	1+425.53	788052.718	9205602.631	788045.452	9205605.399	788037.845	9205607.010
C 23	1+460.66	1+469.32	1+477.92	788003.481	9205614.288	787995.003	9205616.083	787987.107	9205619.653
C 24	1+512.53	1+521.84	1+531.09	787955.573	9205633.906	787947.092	9205637.740	787939.464	9205643.072
C 25	1+593.04	1+597.70	1+602.35	787888.689	9205678.570	787884.867	9205681.242	787881.505	9205684.471
C 26	1+658.87	1+678.75	1+677.88	787840.738	9205723.626	787826.401	9205737.396	787846.279	9205737.396
C 27	1+698.83	1+701.70	1+704.55	787867.221	9205737.396	787870.090	9205737.396	787872.929	9205737.806
C 28	1+867.89	1+876.47	1+884.42	788034.595	9205761.116	788043.085	9205762.341	788049.035	9205768.520

No.Curva	PROGRESIVAS Y COORDENADAS								
	PC	PI	PT	PCs		PIs		PTs	
				Este(m)	Norte(m)	Este(m)	Norte(m)	Este(m)	Norte(m)
C 29	1+914.01	1+921.49	1+928.67	788069.560	9205789.834	788074.749	9205795.223	788081.861	9205797.544
C 30	1+985.51	1+992.62	1+999.71	788135.893	9205815.181	788142.649	9205817.386	788149.618	9205818.778
C 31	2+047.39	2+055.37	2+063.15	788196.379	9205828.120	788204.207	9205829.684	788212.035	9205828.124
C 32	2+091.47	2+098.01	2+104.11	788239.812	9205822.586	788246.224	9205821.308	788250.642	9205816.490
C 33	2+155.71	2+161.73	2+167.60	788285.521	9205778.459	788289.590	9205774.022	788295.056	9205771.499
C 34	2+230.11	2+241.24	2+252.02	788351.813	9205745.297	788361.922	9205740.630	788373.056	9205740.694
C 35	2+326.47	2+331.44	2+336.28	788447.508	9205741.120	788452.475	9205741.148	788457.075	9205739.276
C 36	2+429.82	2+447.27	2+461.43	788543.715	9205704.019	788559.880	9205697.440	788573.589	9205708.241
C 37	2+534.66	2+542.49	2+549.10	788631.108	9205753.559	788637.261	9205758.406	788644.756	9205756.127
C 38	2+585.54	2+592.52	2+599.25	788679.624	9205745.524	788686.297	9205743.494	788693.180	9205744.617
C 39	2+700.45	2+706.70	2+712.89	788793.068	9205760.903	788799.229	9205761.907	788805.052	9205764.159
C 40	2+752.58	2+760.98	2+769.28	788842.068	9205778.472	788849.904	9205781.502	788856.607	9205786.568
C 41	2+819.06	2+828.08	2+836.97	788896.322	9205816.584	788903.521	9205822.026	788908.801	9205829.344
C 42	2+872.91	2+881.25	2+889.49	788929.826	9205858.484	788934.708	9205865.250	788937.558	9205873.091

No.Curva	PROGRESIVAS Y COORDENADAS								
	PC	PI	PT	PCs		PIs		PTs	
				Este(m)	Norte(m)	Este(m)	Norte(m)	Este(m)	Norte(m)
C 43	2+931.26	2+940.18	2+949.09	788951.831	9205912.354	788954.880	9205920.740	788958.842	9205928.736
C 44	3+008.97	3+012.67	3+016.22	788985.432	9205982.388	788987.074	9205985.702	788990.069	9205987.873
C 45	3+033.59	3+038.93	3+043.41	789004.128	9205998.064	789008.458	9206001.202	789013.473	9205999.344
C 46	3+087.25	3+092.05	3+096.54	789054.580	9205984.107	789059.081	9205982.438	789063.715	9205983.693
C 47	3+119.48	3+123.27	3+126.96	789085.855	9205989.689	789089.510	9205990.679	789092.551	9205992.936
C 48	3+209.10	3+215.91	3+222.50	789158.492	9206041.902	789163.964	9206045.965	789170.653	9206047.265
C 49	3+264.24	3+269.65	3+274.95	789211.624	9206055.228	789216.939	9206056.261	789222.279	9206055.371
C 50	3+311.90	3+317.65	3+323.32	789258.731	9206049.297	789264.400	9206048.352	789270.106	9206049.042
C 51	3+354.44	3+359.77	3+365.07	789301.002	9206052.777	789306.296	9206053.417	789311.336	9206055.159
C 52	3+413.06	3+417.03	3+421.00	789356.697	9206070.839	789360.450	9206072.136	789364.057	9206073.799
C 53	3+475.60	3+484.76	3+490.43	789413.647	9206096.663	789421.957	9206100.495	789418.876	9206109.111
C 54	3+536.57	3+547.80	3+551.80	789403.339	9206152.565	789399.559	9206163.136	789410.786	9206163.258
C 55	3+589.95	3+595.78	3+600.50	789448.930	9206163.670	789454.760	9206163.733	789457.577	9206168.837
C 56	3+627.52	3+635.21	3+641.74	789470.632	9206192.491	789474.349	9206199.227	789481.989	9206200.137

No.Curva	PROGRESIVAS Y COORDENADAS								
	PC	PI	PT	PCs		PIs		PTs	
				Este(m)	Norte(m)	Este(m)	Norte(m)	Este(m)	Norte(m)
C 57	3+724.54	3+732.63	3+740.50	789564.210	9206209.936	789572.242	9206210.894	789579.271	9206214.897
C 58	3+790.51	3+799.29	3+807.99	789622.726	9206239.644	789630.353	9206243.987	789636.856	9206249.880
C 59	3+893.21	3+900.17	3+907.13	789700.003	9206307.103	789705.160	9206311.777	789709.980	9206316.797
C 60	4+000.27	4+012.50	4+024.54	789774.485	9206383.988	789782.956	9206392.812	789788.403	9206403.765
C 61	4+112.79	4+123.39	4+133.88	789827.702	9206482.774	789832.425	9206492.270	789834.510	9206502.669
C 62	4+177.23	4+186.41	4+195.50	789843.037	9206545.179	789844.841	9206554.175	789844.562	9206563.345
C 63	4+293.24	4+303.38	4+313.32	789841.589	9206661.035	789841.281	9206671.169	789844.319	9206680.841
C 64	4+391.14	4+398.26	4+405.23	789867.637	9206755.077	789869.771	9206761.870	789869.429	9206768.983
C 65	4+453.70	4+461.09	4+468.31	789867.104	9206817.398	789866.750	9206824.778	789869.055	9206831.797
C 66	4+512.46	4+516.88	4+521.26	789882.828	9206873.739	789884.207	9206877.938	789884.636	9206882.337
C 67	4+560.36	4+563.20	4+566.04	789888.885	9206921.199	789889.210	9206924.023	789889.335	9206926.863
C 68	4+604.37	4+607.63	4+610.68	789891.241	9206965.143	789891.443	9206968.404	789893.531	9206970.918
C 69	4+652.68	4+656.57	4+660.37	789920.371	9207003.216	789922.859	9207006.210	789926.289	9207008.053

Fuente: Elaboración propia.

4.4.4. Longitud de Transición de Peralte

Para el cálculo de la longitud de transición se calcula por medio de la fórmula denominada longitud de la rampa de peralte del Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito - Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) considerando un bombeo del 2%, ancho de la faja de rodadura 3.5 m., mediante la ecuación (2.6):

$$Lrp = \frac{A(e+b)}{2(0.5 \text{ ó } 0.7)}$$

Dónde: Lrp: Longitud de rampa de peralte (m).

A : Ancho de faja de rodadura (m).

e : Peralte de la faja de rodadura (%).

b : Bombeo de la faja de rodadura (%).

Los valores se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 4.4.4-1: Longitud de la rampa de peralte

N° PI	Radio	Long por Bombeo	Long por peralte	Longitud de la rampa de peralte		Verificación
				Calculado	Medido	
PI 01	30	7.000	20.468	27.468	14.000	No cumple
PI 02	15	5.000	20.000	25.000	14.000	No cumple
PI 03	100	7.000	6.140	13.140	14.000	Cumple
PI 04	120	7.000	5.117	12.117	14.000	Cumple
PI 05	25	5.000	17.544	22.544	22.544	Cumple
PI 06	10	5.000	20.000	25.000	22.150	No cumple
PI 07	8	5.000	20.000	25.000	25.000	Cumple
PI 08	25	5.000	17.544	22.544	22.544	Cumple

N° PI	Radio	Long por Bombeo	Long por peralte	Longitud de la rampa de peralte		Verificación
				Calculado	Medido	
PI 09	60	7.000	10.234	17.234	17.234	Cumple
PI 10	80	7.000	7.675	14.675	14.675	Cumple
PI 11	60	7.000	10.234	17.234	17.234	Cumple
PI 12	12	5.000	20.000	25.000	16.010	No cumple
PI 13	30	7.000	20.468	27.468	16.010	No cumple
PI 14	8	5.000	20.000	25.000	18.150	No cumple
PI 15	10	5.000	20.000	25.000	18.150	No cumple
PI 16	15	5.000	20.000	25.000	14.000	No cumple
PI 17	10	5.000	20.000	25.000	14.000	No cumple
PI 18	10	5.000	20.000	25.000	9.740	No cumple
PI 19	10	5.000	20.000	25.000	9.740	No cumple
PI 20	25	5.000	17.544	22.544	19.000	No cumple
PI 21	40	7.000	15.351	22.351	17.234	No cumple
PI 22	100	7.000	6.140	13.140	14.000	Cumple
PI 23	80	7.000	7.675	14.675	14.675	No cumple
PI 24	100	7.000	6.140	13.140	13.140	No cumple
PI 25	60	7.000	10.234	17.234	17.234	Cumple
PI 26	8	5.000	20.000	25.000	25.000	Cumple
PI 27	40	7.000	15.351	22.351	20.950	No cumple
PI 28	25	5.000	17.544	22.544	22.544	Cumple
PI 29	30	7.000	20.468	27.468	27.468	Cumple
PI 30	120	7.000	5.117	12.117	12.117	Cumple
PI 31	40	7.000	15.351	22.351	14.150	No cumple
PI 32	20	5.000	20.000	25.000	14.150	No cumple
PI 33	30	7.000	20.468	27.468	27.468	Cumple
PI 34	50	7.000	12.281	19.281	19.281	Cumple

N° PI	Radio	Long por Bombeo	Long por peralte	Longitud de la rampa de peralte		Verificación
				Calculado	Medido	
PI 35	25	5.000	17.544	22.544	22.534	No cumple
PI 36	30	7.000	20.468	27.468	27.468	Cumple
PI 37	15	5.000	20.000	25.000	25.000	Cumple
PI 38	30	7.000	20.468	27.468	27.468	Cumple
PI 39	60	7.000	10.234	17.234	17.234	Cumple
PI 40	60	7.000	10.234	17.234	17.234	Cumple
PI 41	60	7.000	10.234	17.234	17.234	Cumple
PI 42	60	7.000	10.234	17.234	17.234	Cumple
PI 43	160	7.000	3.838	10.838	10.838	Cumple
PI 44	15	5.000	20.000	25.000	8.680	No cumple
PI 45	10	5.000	20.000	25.000	8.680	No cumple
PI 46	15	5.000	20.000	25.000	11.470	No cumple
PI 47	20	5.000	20.000	25.000	11.470	No cumple
PI 48	30	7.000	20.468	27.468	20.500	No cumple
PI 49	30	7.000	20.468	27.468	18.000	No cumple
PI 50	40	7.000	15.351	22.351	15.560	No cumple
PI 51	50	7.000	12.281	19.281	15.560	No cumple
PI 52	80	7.000	7.675	14.675	14.675	Cumple
PI 53	10	5.000	20.000	25.000	25.000	Cumple
PI 54	8	5.000	20.000	25.000	25.000	Cumple
PI 55	10	5.000	20.000	25.000	25.000	Cumple
PI 56	15	5.000	20.000	25.000	25.000	Cumple
PI 57	40	7.000	15.351	22.351	22.351	Cumple
PI 58	80	7.000	7.675	14.675	14.675	Cumple
PI 59	200	7.000	3.070	10.070	10.070	Cumple
PI 60	80	7.000	7.675	14.675	14.675	Cumple

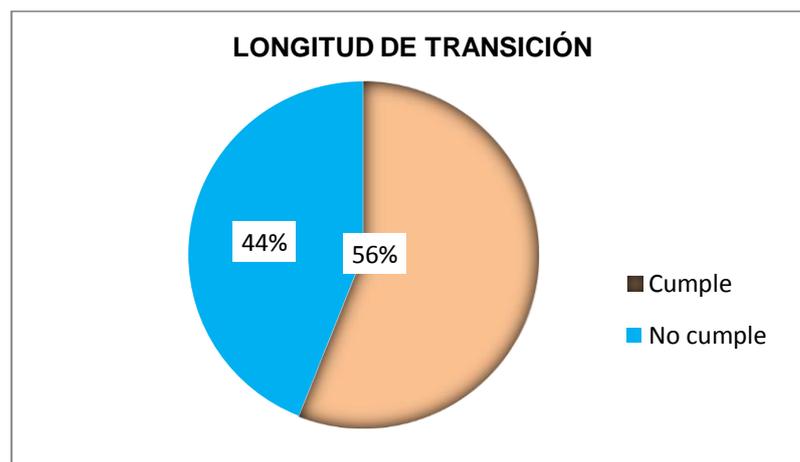
N° PI	Radio	Long por Bombeo	Long por peralte	Longitud de la rampa de peralte		Verificación
				Calculado	Medido	
PI 61	80	7.000	7.675	14.675	14.675	Cumple
PI 62	80	7.000	7.675	14.675	14.675	Cumple
PI 63	60	7.000	10.234	17.234	17.234	Cumple
PI 64	40	7.000	15.351	22.351	22.351	Cumple
PI 65	40	7.000	15.351	22.351	22.351	Cumple
PI 66	40	7.000	15.351	22.351	22.351	Cumple
PI 67	80	7.000	7.675	14.675	10.838	No cumple
PI 68	10	5.000	20.000	25.000	20.990	No cumple
PI 69	20	5.000	20.000	25.000	20.990	No cumple

Tabla 4.4.4-2: Verificación de la Rampa de peralte

CUADRO DE RESUMEN		
Descripción	Cumple	No cumple
Longitud de transición	56	44

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 4.4.4-1: Representación porcentual de la rampa de peralte



Fuente: Elaboración propia.

Discusión: Del gráfico se tiene que para el caso de la longitud de transición el 56% de las curvas cumplen con la longitud, mientras que el 44% no cumple con la longitud establecida.

4.4.5. Longitud de Tramos en Tangente

Para la longitud mínima de los tramos en tangente se considera los valores obtenidos por extrapolación de la tabla 2.2.11.6 del Reglamento DG-2013, siendo los siguientes :

- Longitud recta mínima entre dos curvas de sentido contrario: Lmín.s.
- Longitud recta mínima entre dos curvas en el mismo sentido: Lmín.o

Lmín.s = 28.00 m.

Lmín.o = 57 m.

Tabla 4.4.5: Verificación de la longitud de tangente

N° P.I.	Radio	Deflexión	Sentido	Tramo		Long. entre curvas de: ≠ sentido: s = sentido: o	L. mín. (m)	Verificación
				Tangente	Longitud			
Inicio				Inicio - PC01	66.622			
PI 01	30	14° 25' 47"	D	PT01 - PC02	12.996	Lmín.s	28	No Cumple
PI 02	15	22° 55' 14"	I	PT02 - PC03	69.148	Lmín.s	28	Cumple
PI 03	100	08° 04' 37"	D	PT03 - PC04	117.682	Lmín.o	57	Cumple
PI 04	120	07° 37' 03"	D	PT04 - PC05	84.689	Lmín.o	57	Cumple
PI 05	25	16° 03' 35"	D	PT05 - PC06	22.159	Lmín.s	28	No Cumple
PI 06	10	46° 35' 21"	I	PT06 - PC07	98.759	Lmín.s	28	Cumple
PI 07	8	134° 45' 42"	D	PT07 - PC08	25.417	Lmín.s	28	No Cumple

N° P.I.	Radio	Deflexión	Sentido	Tramo		Long. entre curvas de: ≠ sentido: s = sentido: o	L. mín. (m)	Verificación
				Tangente	Longitud			
PI 08	25	27° 21' 20"	I	PT08 - PC09	61.506	Lmín.s	28	Cumple
PI 09	60	16° 44' 11"	D	PT09 - PC10	65.074	Lmín.s	28	Cumple
PI 10	80	10° 32' 38"	I	PT10 - PC11	150.905	Lmín.o	57	Cumple
PI 11	60	13° 06' 03"	I	PT11 - PC12	109.449	Lmín.o	57	Cumple
PI 12	12	80° 24' 26"	I	PT12 - PC13	32.033	Lmín.o	57	No Cumple
PI 13	30	26° 09' 50"	I	PT13 - PC14	27.36	Lmín.s	28	No Cumple
PI 14	8	124° 07' 38"	D	PT14 - PC15	36.306	Lmín.o	57	No Cumple
PI 15	10	63° 39' 12"	D	PT15 - PC16	30.007	Lmín.s	28	Cumple
PI 16	15	55° 56' 06"	I	PT16 - PC17	12.557	Lmín.s	28	No Cumple
PI 17	10	49° 47' 41"	D	PT17 - PC18	12.093	Lmín.s	28	No Cumple
PI 18	10	77° 26' 28"	I	PT18 - PC19	9.744	Lmín.o	57	No Cumple
PI 19	10	81° 57' 48"	I	PT19 - PC20	19.021	Lmín.s	28	No Cumple
PI 20	25	29° 36' 00"	D	PT20 - PC21	15.382	Lmín.s	28	No Cumple
PI 21	40	17° 29' 52"	I	PT21 - PC22	60.369	Lmín.o	57	Cumple
PI 22	100	08° 53' 31"	I	PT22 - PC23	35.126	Lmín.s	28	Cumple
PI 23	80	12° 21' 54"	D	PT23 - PC24	34.605	Lmín.o	57	No Cumple
PI 24	100	06° 38' 05"	D	PT24 - PC25	61.953	Lmín.o	57	Cumple
PI 25	60	08° 53' 11"	D	PT25 - PC26	56.525	Lmín.o	57	No Cumple
PI 26	8	136° 09' 17"	D	PT26 - PC27	20.942	Lmín.s	28	No Cumple
PI 27	40	08° 12' 15"	I	PT27 - PC28	163.337	Lmín.o	57	Cumple
PI 28	25	37° 52' 35"	I	PT28 - PC29	29.59	Lmín.s	28	Cumple
PI 29	30	28° 00' 17"	D	PT29 - PC30	56.838	Lmín.o	57	No Cumple
PI 30	120	06° 46' 43"	D	PT30 - PC31	47.685	Lmín.o	57	No Cumple
PI 31	40	22° 34' 19"	D	PT31 - PC32	28.324	Lmín.o	57	No Cumple

N° P.I.	Radio	Deflexión	Sentido	Tramo		Long. entre curvas de: ≠ sentido: s = sentido: o	L. mín. (m)	Verificación
				Tangente	Longitud			
PI 32	20	36° 12' 08"	D	PT32 - PC33	51.603	Lmín.s	28	Cumple
PI 33	30	22° 41' 43"	I	PT33 - PC34	62.513	Lmín.o	57	Cumple
PI 34	50	25° 06' 31"	I	PT34 - PC35	74.454	Lmín.s	28	Cumple
PI 35	25	22° 28' 17"	D	PT35 - PC36	93.54	Lmín.s	28	Cumple
PI 36	30	60° 22' 36"	I	PT36 - PC37	73.227	Lmín.s	28	Cumple
PI 37	15	55° 08' 53"	D	PT37 - PC38	36.445	Lmín.s	28	Cumple
PI 38	30	26° 10' 30"	I	PT38 - PC39	101.207	Lmín.o	57	Cumple
PI 39	60	11° 52' 49"	I	PT39 - PC40	39.687	Lmín.o	57	No Cumple
PI 40	60	15° 56' 30"	I	PT40 - PC41	49.782	Lmín.o	57	No Cumple
PI 41	60	17° 06' 26"	I	PT41 - PC42	35.933	Lmín.o	57	No Cumple
PI 42	60	15° 49' 58"	I	PT42 - PC43	41.777	Lmín.s	28	Cumple
PI 43	160	06° 23' 03"	D	PT43 - PC44	59.88	Lmín.o	57	Cumple
PI 44	15	27° 42' 06"	D	PT44 - PC45	17.364	Lmín.o	57	No Cumple
PI 45	10	56° 16' 26"	D	PT45 - PC46	43.841	Lmín.s	28	Cumple
PI 46	15	35° 29' 25"	I	PT46 - PC47	22.938	Lmín.o	57	No Cumple
PI 47	20	21° 26' 37"	I	PT47 - PC48	82.133	Lmín.s	28	Cumple
PI 48	30	25° 35' 51"	D	PT48 - PC49	41.738	Lmín.o	57	No Cumple
PI 49	30	20° 27' 34"	D	PT49 - PC50	36.954	Lmín.s	28	Cumple
PI 50	40	16° 21' 14"	I	PT50 - PC51	31.121	Lmín.o	57	No Cumple
PI 51	50	12° 10' 31"	I	PT51 - PC52	47.994	Lmín.o	57	No Cumple
PI 52	80	05° 41' 03"	I	PT52 - PC53	54.607	Lmín.o	57	No Cumple
PI 53	10	84° 55' 19"	I	PT53 - PC54	46.147	Lmín.s	28	Cumple
PI 54	8	109° 03' 20"	D	PT54 - PC55	38.146	Lmín.s	28	Cumple
PI 55	10	60° 29' 09"	I	PT55 - PC56	27.017	Lmín.s	28	No Cumple

N° P.I.	Radio	Deflexión	Sentido	Tramo		Long. entre curvas de: ≠ sentido: s = sentido: o	L. mín. (m)	Verificación
				Tangente	Longitud			
PI 56	15	54° 18' 30"	D	PT56 - PC57	82.803	Lmín.s	28	Cumple
PI 57	40	22° 51' 53"	I	PT57 - PC58	50.008	Lmín.o	57	No Cumple
PI 58	80	12° 31' 17"	I	PT58 - PC59	85.217	Lmín.o	57	Cumple
PI 59	200	03° 59' 09"	I	PT59 - PC60	93.143	Lmín.o	57	Cumple
PI 60	80	17° 23' 12"	I	PT60 - PC61	88.243	Lmín.o	57	Cumple
PI 61	80	15° 06' 12"	I	PT61 - PC62	43.357	Lmín.o	57	No Cumple
PI 62	80	13° 05' 05"	I	PT62 - PC63	97.735	Lmín.s	28	Cumple
PI 63	60	19° 10' 52"	D	PT63 - PC64	77.812	Lmín.s	28	Cumple
PI 64	40	20° 11' 15"	I	PT64 - PC65	48.471	Lmín.s	28	Cumple
PI 65	40	20° 55' 46"	D	PT65 - PC66	44.145	Lmín.s	28	Cumple
PI 66	40	12° 36' 40"	I	PT66 - PC67	39.093	Lmín.o	57	No Cumple
PI 67	80	04° 04' 13"	I	PT67 - PC68	38.327	Lmín.s	28	Cumple
PI 68	10	36° 11' 36"	D	PT68 - PC69	41.995	Lmín.o	28	Cumple
PI 69	20	22° 01' 52"	D	PT69 - PC70	29.627			

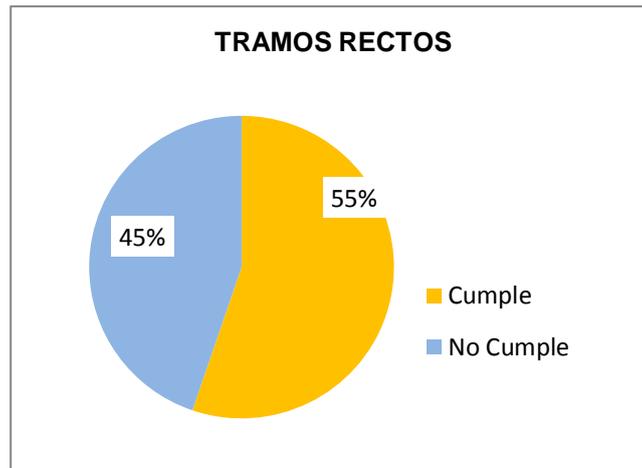
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.4.5-1: Longitudes de tramos rectos

RESUMEN DE LONGITUD DE TRAMO EN TANGENTE	
Descripción	%
Cumple	55
No Cumple	45

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 4.4.5-1: Porcentajes de Tramos rectos en tangente



Fuente: Elaboración propia.

Discusión: Luego del análisis de las longitudes de los tramos rectos que existe en la carretera, el 55% cumple con la longitud mínima de tramos en tangente, en cambio el 45% no cumple la condición.

4.4.6. Longitud de Curva

Para el valor de la longitud de curva mínima, con velocidad de diseño de 20 km/h y con el ángulo de deflexión mayor que 5°, el Manual para el Diseño de carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito - Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), considera la ecuación 2.3:

$$L. \text{ min. Curva} = 3V$$

$$L. \text{ min. Curva} = 3 (20)$$

$$L. \text{ min. Curva} = 60 \text{ m.}$$

Tabla 4.4.6-1: Verificación de longitud de curva mínima

N° PI	Radio	Progresiva Inicial	Progresiva Final	Longitud de Curva	Verificación L.C.mínima
PI 01	30	0+066.62	0+074.18	7.555	No cumple
PI 02	15	0+087.17	0+093.17	6.001	No cumple
PI 03	100	0+162.32	0+176.42	14.097	No cumple
PI 04	120	0+294.10	0+310.06	15.954	No cumple
PI 05	25	0+394.74	0+401.75	7.007	No cumple
PI 06	10	0+423.91	0+432.04	8.131	No cumple
PI 07	8	0+530.80	0+549.62	18.816	No cumple
PI 08	25	0+575.04	0+586.97	11.936	No cumple
PI 09	60	0+648.48	0+666.00	17.526	No cumple
PI 10	80	0+731.08	0+745.80	14.722	No cumple
PI 11	60	0+896.70	0+910.42	13.719	No cumple
PI 12	12	1+019.87	1+036.71	16.84	No cumple
PI 13	30	1+068.75	1+082.45	13.699	No cumple
PI 14	8	1+109.81	1+127.14	17.331	No cumple
PI 15	10	1+163.44	1+174.55	11.11	No cumple
PI 16	15	1+204.56	1+219.20	14.644	No cumple
PI 17	10	1+231.76	1+240.45	8.691	No cumple
PI 18	10	1+252.54	1+266.06	13.516	No cumple
PI 19	10	1+275.80	1+290.11	14.305	No cumple
PI 20	25	1+309.13	1+322.05	12.915	No cumple
PI 21	40	1+337.43	1+349.64	12.216	No cumple
PI 22	100	1+410.01	1+425.53	15.519	No cumple
PI 23	80	1+460.66	1+477.92	17.265	No cumple
PI 24	100	1+512.53	1+531.09	18.561	No cumple
PI 25	60	1+593.04	1+602.35	9.306	No cumple
PI 26	8	1+658.87	1+677.88	19.011	No cumple
PI 27	40	1+698.83	1+704.55	5.728	No cumple
PI 28	25	1+867.89	1+884.42	16.527	No cumple

N° PI	Radio	Progresiva Inicial	Progresiva Final	Longitud de Curva	Verificación L.C.mínima
PI 29	30	1+914.01	1+928.67	14.663	No cumple
PI 30	120	1+985.51	1+999.71	14.197	No cumple
PI 31	40	2+047.39	2+063.15	15.758	No cumple
PI 32	20	2+091.47	2+104.11	12.637	No cumple
PI 33	30	2+155.71	2+167.60	11.883	No cumple
PI 34	50	2+230.11	2+252.02	21.911	No cumple
PI 35	25	2+326.47	2+336.28	9.805	No cumple
PI 36	30	2+429.82	2+461.43	31.613	No cumple
PI 37	15	2+534.66	2+549.10	14.438	No cumple
PI 38	30	2+585.54	2+599.25	13.705	No cumple
PI 39	60	2+700.45	2+712.89	12.441	No cumple
PI 40	60	2+752.58	2+769.28	16.694	No cumple
PI 41	60	2+819.06	2+836.97	17.915	No cumple
PI 42	60	2+872.91	2+889.49	16.58	No cumple
PI 43	160	2+931.26	2+949.09	17.828	No cumple
PI 44	15	3+008.97	3+016.22	7.252	No cumple
PI 45	10	3+033.59	3+043.41	9.822	No cumple
PI 46	15	3+087.25	3+096.54	9.291	No cumple
PI 47	20	3+119.48	3+126.96	7.485	No cumple
PI 48	30	3+209.10	3+222.50	13.403	No cumple
PI 49	30	3+264.24	3+274.95	10.713	No cumple
PI 50	40	3+311.90	3+323.32	11.417	No cumple
PI 51	50	3+354.44	3+365.07	10.625	No cumple
PI 52	80	3+413.06	3+421.00	7.937	No cumple
PI 53	10	3+475.60	3+490.43	14.822	No cumple
PI 54	8	3+536.57	3+551.80	15.227	No cumple
PI 55	10	3+589.95	3+600.50	10.557	No cumple
PI 56	15	3+627.52	3+641.74	14.218	No cumple

N° PI	Radio	Progresiva Inicial	Progresiva Final	Longitud de Curva	Verificación L.C.mínima
PI 57	40	3+724.54	3+740.50	15.963	No cumple
PI 58	80	3+790.51	3+807.99	17.483	No cumple
PI 59	200	3+893.21	3+907.13	13.913	No cumple
PI 60	80	4+000.27	4+024.54	24.276	No cumple
PI 61	80	4+112.79	4+133.88	21.088	No cumple
PI 62	80	4+177.23	4+195.50	18.27	No cumple
PI 63	60	4+293.24	4+313.32	20.086	No cumple
PI 64	40	4+391.14	4+405.23	14.094	No cumple
PI 65	40	4+453.70	4+468.31	14.612	No cumple
PI 66	40	4+512.46	4+521.26	8.804	No cumple
PI 67	80	4+560.36	4+566.04	5.683	No cumple
PI 68	10	4+604.37	4+610.68	6.317	No cumple
PI 69	20	4+652.68	4+660.37	7.69	No cumple

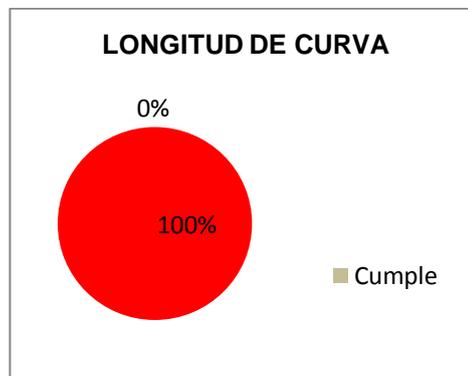
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.4.6-2: Resumen de Longitud de curva

RESUMEN DE LONGITUD DE CURVA	
Descripción	%
Cumple	0
No Cumple	100

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 4.4.6-1: Porcentaje de la Longitud de curva mínima



Fuente: Elaboración propia.

Discusión: Se observa que el 100% del total de curvas no cumple con la longitud mínima de curva requerida, lo cual hace que el vehículo no tenga desplazamiento con comodidad en la curva.

4.4.7. Sobreechancho

Para calcular el sobreechancho se considera la fórmula dada por la ecuación (2.10):

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

Dónde:

n : número de carriles, n=1

R : radio de la curva (m)

L : Longitud entre el eje delantero y el eje posterior del vehículo
(L entre ejes) = 6.10m

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

Tabla 4.4.7-1: Sobreechancho

N° PI	Radio	Sobreechancho		Verificación
		Calculado	Medido	
PI 01	30	1.2	0.6	No cumple
PI 02	15	2.1	0.6	No cumple
PI 03	100	0.6	0.3	No cumple
PI 04	120	0.6	0.3	No cumple
PI 05	25	1.2	0.6	No cumple
PI 06	10	3	1.2	No cumple
PI 07	8	3.6	1.8	No cumple
PI 08	25	1.2	0.6	No cumple
PI 09	60	0.6	0.6	Cumple
PI 10	80	0.6	0.3	No cumple
PI 11	60	0.6	0.6	Cumple
PI 12	12	2.4	1.2	No cumple
PI 13	30	1.2	0.6	No cumple

N° PI	Radio	Sobrancho		Verificación
		Calculado	Medido	
PI 14	8	3.6	1.8	No cumple
PI 15	10	3	1.2	No cumple
PI 16	15	2.1	0.9	No cumple
PI 17	10	3	0.6	No cumple
PI 18	10	3	0.6	No cumple
PI 19	10	3	0.6	No cumple
PI 20	25	1.2	1.2	Cumple
PI 21	40	0.9	0.6	No cumple
PI 22	100	0.6	0.3	No cumple
PI 23	80	0.6	0.6	Cumple
PI 24	100	0.6	0.6	Cumple
PI 25	60	0.6	0.6	Cumple
PI 26	8	3.6	2.4	No cumple
PI 27	40	0.9	0.6	No cumple
PI 28	25	1.2	0.9	No cumple
PI 29	30	1.2	1.2	Cumple
PI 30	120	0.6	0.6	Cumple
PI 31	40	0.9	0.9	Cumple
PI 32	20	1.5	0.9	No cumple
PI 33	30	1.2	0.9	No cumple
PI 34	50	0.9	0.9	Cumple
PI 35	25	1.2	1.2	Cumple
PI 36	30	1.2	1.2	Cumple
PI 37	15	2.1	2.1	Cumple
PI 38	30	1.2	0.9	No cumple
PI 39	60	0.6	0.6	Cumple
PI 40	60	0.6	0.6	Cumple
PI 41	60	0.6	0.6	Cumple
PI 42	60	0.6	0.6	Cumple
PI 43	160	0.3	0.3	Cumple

N° PI	Radio	Sobrecancho		Verificación
		Calculado	Medido	
PI 44	15	2.1	0.6	No cumple
PI 45	10	3	0.9	No cumple
PI 46	15	2.1	0.9	No cumple
PI 47	20	1.5	0.9	No cumple
PI 48	30	1.2	1.2	Cumple
PI 49	30	1.2	0.6	No cumple
PI 50	40	0.9	0.6	No cumple
PI 51	50	0.9	0.6	No cumple
PI 52	80	0.6	0.6	Cumple
PI 53	10	3	1.2	No cumple
PI 54	8	3.6	2.1	No cumple
PI 55	10	3	0.9	No cumple
PI 56	15	2.1	2.1	Cumple
PI 57	40	0.9	0.9	Cumple
PI 58	80	0.6	0.6	Cumple
PI 59	200	0.3	0.3	Cumple
PI 60	80	0.6	0.6	Cumple
PI 61	80	0.6	0.6	Cumple
PI 62	80	0.6	0.6	Cumple
PI 63	60	0.6	0.6	Cumple
PI 64	40	0.9	0.9	Cumple
PI 65	40	0.9	0.9	Cumple
PI 66	40	0.9	0.9	Cumple
PI 67	80	0.6	0.3	No cumple
PI 68	10	3	1.2	No cumple
PI 69	20	1.5	1.2	No cumple

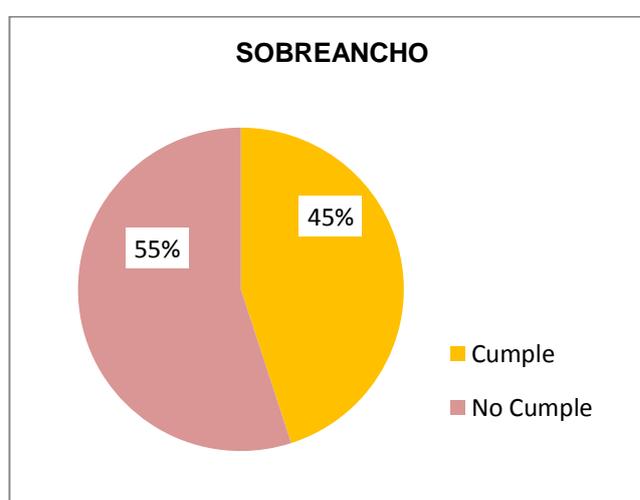
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.4.7-2: Resumen de Longitud de sobreebanco

RESUMEN DE LONGITUD DE SOBREEBANCO	
Descripción	%
Cumple	45
No Cumple	55

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 4.4.7-1: Representación en porcentaje del sobreebanco



Fuente: Elaboración propia.

Discusión: La gráfica muestra los porcentajes de cumplimiento del sobreebanco existente donde el 45% cumple la norma y el 55% no cumple.

4.4.8. Distancia de visibilidad en curvas horizontales

El mínimo ancho que deberá quedar libre de obstrucciones a la visibilidad, se obtiene de la ecuación 2.11

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

Dónde:

M = Ordenada media o ancho mínimo libre.

R = Radio de la curva horizontal.

S = Distancia de visibilidad.

Sea “c” igual a la suma de. 1/2carril + ancho de la berma+ancho cuneta, entonces:

$c = 1.75 + 0.75 + 0.75 = 3,25$, valor que será constante para calcular el valor de M.

Para curva1: el S/A (sobreecho medido) = 0.6, entonces

$M = 0.6 + 3.25 = 3.85$: M calculado

De la ecuación 2.11, el M mínimo = 1.65 m. con R=30 m. y S = 20 m, procedimiento que se usa para conformar la tabla siguiente:

Tabla 4.4.8-1: Banquetas en curvas con sobreechos medidos en campo

No de curva	Radio de curva	S/A medido	c:Ancho de (a/2 + Berma)	M: S/A + c	> ó <	M mínimo	Banqueta	
							Condición	Ancho b
C1	30	0.6	3.25	3.85	>	1.65	No Va	--
C2	15	0.6	3.25	3.85	>	3.21	No Va	--
C3	100	0.3	3.25	3.55	>	0.50	No Va	--
C4	120	0.3	3.25	3.55	>	0.42	No Va	--
C5	25	0.6	3.25	3.85	>	1.97	No Va	--
C6	10	1.2	3.25	4.45	>	4.60	Si Va	0.15
C7	8	1.8	3.25	5.05	>	5.48	Si Va	0.43
C8	25	0.6	3.25	3.85	>	1.97	No Va	--
C9	60	0.6	3.25	3.85	>	0.83	No Va	--
C10	80	0.3	3.25	3.55	>	0.62	No Va	--
C11	60	0.6	3.25	3.85	>	0.83	No Va	--
C12	12	1.2	3.25	4.45	>	3.93	No Va	--
C13	30	0.6	3.25	3.85	>	1.65	No Va	--

No de curva	Radio de curva	S/A medido	c:Ancho de (a/2 + Berma)	M S/A + c	> ó <	M mínimo	Banqueta	
							Condición	Ancho b
C14	8	1.8	3.25	5.05	>	5.48	Si Va	0.43
C15	10	1.2	3.25	4.45	>	4.60	Si Va	0.15
C16	15	0.9	3.25	4.15	>	3.21	No Va	--
C17	10	0.6	3.25	3.85	>	4.60	Si Va	0.75
C18	10	0.6	3.25	3.85	>	4.60	Si Va	0.75
C19	10	0.6	3.25	3.85	>	4.60	Si Va	0.75
C20	25	1.2	3.25	4.45	>	1.97	No Va	--
C21	40	0.6	3.25	3.85	>	1.24	No Va	--
C22	100	0.3	3.25	3.55	>	0.50	No Va	--
C23	80	0.6	3.25	3.85	>	0.62	No Va	--
C24	100	0.6	3.25	3.85	>	0.50	No Va	--
C25	60	0.6	3.25	3.85	>	0.83	No Va	--
C26	8	2.4	3.25	5.65	>	5.48	No Va	--
C27	40	0.6	3.25	3.85	>	1.24	No Va	--
C28	25	0.9	3.25	4.15	>	1.97	No Va	--
C29	30	1.2	3.25	4.45	>	1.65	No Va	--
C30	120	0.6	3.25	3.85	>	0.42	No Va	--
C31	40	0.9	3.25	4.15	>	1.24	No Va	--
C32	20	0.9	3.25	4.15	>	2.45	No Va	--
C33	30	0.9	3.25	4.15	>	1.65	No Va	--
C34	50	0.9	3.25	4.15	>	1.00	No Va	--
C35	25	1.2	3.25	4.45	>	1.97	No Va	--
C36	30	1.2	3.25	4.45	>	1.65	No Va	--
C37	15	2.1	3.25	5.35	>	3.21	No Va	--
C38	30	0.9	3.25	4.15	>	1.65	No Va	--
C39	60	0.6	3.25	3.85	>	0.83	No Va	--
C40	60	0.6	3.25	3.85	>	0.83	No Va	--
C41	60	0.6	3.25	3.85	>	0.83	No Va	--

No de curva	Radio de curva	S/A medido	c:Ancho de (a/2 + Berma)	M S/A + c	> ó <	M mínimo	Banqueta	
							Condición	Ancho b
C42	60	0.6	3.25	3.85	>	0.83	No Va	--
C43	160	0.3	3.25	3.55	>	0.31	No Va	--
C44	15	0.6	3.25	3.85	>	3.21	No Va	--
C45	10	0.9	3.25	4.15	>	4.60	Si Va	0.45
C46	15	0.9	3.25	4.15	>	3.21	No Va	--
C47	20	0.9	3.25	4.15	>	2.45	No Va	--
C48	30	1.2	3.25	4.45	>	1.65	No Va	--
C49	30	0.6	3.25	3.85	>	1.65	No Va	--
C50	40	0.6	3.25	3.85	>	1.24	No Va	--
C51	50	0.6	3.25	3.85	>	1.00	No Va	--
C52	80	0.6	3.25	3.85	>	0.62	No Va	--
C53	10	1.2	3.25	4.45	>	4.60	Si Va	0.15
C54	8	2.1	3.25	5.35	>	5.48	Si Va	0.13
C55	10	0.9	3.25	4.15	>	4.60	Si Va	0.45
C56	15	2.1	3.25	5.35	>	3.21	No Va	--
C57	40	0.9	3.25	4.15	>	1.24	No Va	--
C58	80	0.6	3.25	3.85	>	0.62	No Va	--
C59	200	0.3	3.25	3.55	>	0.25	No Va	--
C60	80	0.6	3.25	3.85	>	0.62	No Va	--
C61	80	0.6	3.25	3.85	>	0.62	No Va	--
C62	80	0.6	3.25	3.85	>	0.62	No Va	--
C63	60	0.6	3.25	3.85	>	0.83	No Va	--
C64	40	0.9	3.25	4.15	>	1.24	No Va	--
C65	40	0.9	3.25	4.15	>	1.24	No Va	--
C66	40	0.9	3.25	4.15	>	1.24	No Va	--
C67	80	0.3	3.25	3.55	>	0.62	No Va	--
C68	10	1.2	3.25	4.45	>	4.60	Si Va	0.15
C69	20	1.2	3.25	4.45	>	2.45	No Va	--

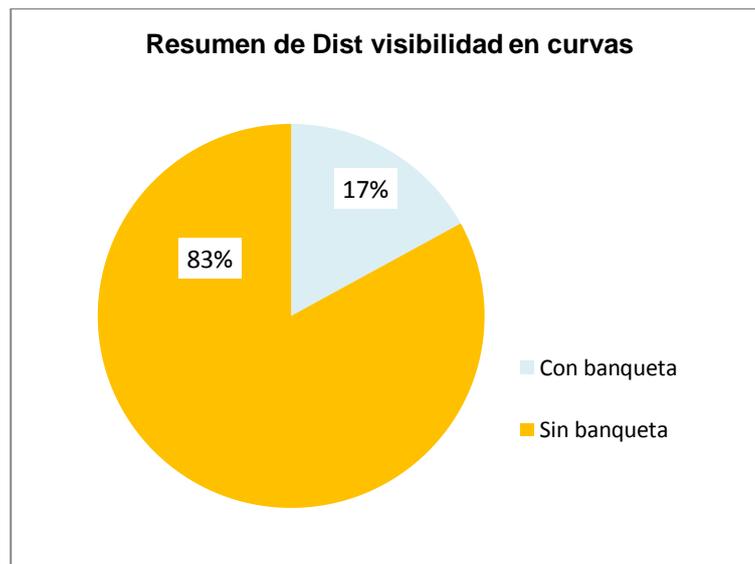
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.4.8-2: Resumen de visibilidad “M”

Resumen de Visibilidad en curvas (M)	
Descripción	%
Con banqueteta	17
Sin banqueteta	83

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 4.4.8-1: Representación gráfica porcentual de la distancia de visibilidad



Fuente: Elaboración propia.

Discusión: Del gráfico N° 4.4-6, se tiene que el 83% las curvas no requieren de un ancho adicional “M” para tener una eficiente visibilidad en cada curva de volteo con valores de sobreechancho medidos en campo en cambio el 17% si es necesario.

4.4.9. Peralte

La obtención de los valores del peralte de la carretera es mediante la ecuación 2.6 y teniendo en consideración la tabla 2.2.11-4 correspondiente a los valores de radios mínimos y peraltes máximos, con velocidad directriz igual a 20 km/h del Manual para el Diseño de carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito (MDCNPBVT) - Ministerio de Transportes y Comunicaciones y su radio respectivo se tiene:

$$P (\%) = \frac{20^2}{2.28 * 30}$$

Si V= 20 Km/h, R= 30m; el peralte será:

$$p(\%) = 5.85\%$$

Tabla 4.4.9-1: Peralte calculado y medido

N° PI	Radio (m)	Peralte calculado	Peralte		Verificación
			p(máx)=8%	Medido	
PI 01	30	5.8	5.9	2.5	No cumple
PI 02	15	11.7	8.0	2.5	No cumple
PI 03	100	1.8	2.0	2.5	Cumple
PI 04	120	1.5	2.0	2.5	Cumple
PI 05	25	5.0	7.0	2.5	No cumple
PI 06	10	15.9	8.0	4.0	No cumple
PI 07	8	21.9	8.0	4.0	No cumple
PI 08	25	4.4	7.0	2.5	No cumple
PI 09	60	2.9	3.0	2.5	No cumple
PI 10	80	2.2	2.0	3.0	Cumple
PI 11	60	2.9	3.0	3.0	Cumple
PI 12	12	14.6	8.0	4.0	No cumple
PI 13	30	5.8	5.9	3.0	No cumple
PI 14	8	21.9	8.0	6.0	No cumple
PI 15	10	17.5	8.0	2.5	No cumple
PI 16	15	11.7	8.0	2.5	No cumple
PI 17	10	17.5	8.0	2.5	No cumple
PI 18	10	17.5	8.0	3.0	No cumple
PI 19	10	17.5	8.0	5.0	No cumple
PI 20	25	7.0	7.0	3.0	No cumple
PI 21	40	4.4	4.5	3.0	No cumple
PI 22	100	1.8	2.0	2.5	Cumple
PI 23	80	2.2	2.5	2.5	Cumple

N° PI	Radio (m)	Peralte calculado	Peralte		Verificación
			p(máx)=8%	Medido	
PI 24	100	1.8	2.0	2.5	Cumple
PI 25	60	2.9	2.0	2.5	Cumple
PI 26	8	21.9	8.0	3.0	No cumple
PI 27	40	4.4	4.5	2.5	No cumple
PI 28	25	7.0	7.0	4.0	No cumple
PI 29	30	5.8	5.9	4.0	No cumple
PI 30	120	1.5	2.0	2.5	Cumple
PI 31	40	4.4	4.5	3.0	No cumple
PI 32	20	8.8	8.0	3.0	No cumple
PI 33	30	5.8	5.9	3.0	No cumple
PI 34	50	3.5	3.5	3.0	No cumple
PI 35	25	7.0	7.0	7.0	Cumple
PI 36	30	5.8	5.9	5.0	No cumple
PI 37	15	11.7	8.0	7.0	No cumple
PI 38	30	5.8	5.9	4.0	No cumple
PI 39	60	2.9	3.0	2.5	No cumple
PI 40	60	2.9	3.0	2.5	No cumple
PI 41	60	2.9	3.0	2.5	No cumple
PI 42	60	2.9	3.0	3.0	Cumple
PI 43	160	1.1	2.0	2.5	Cumple
PI 44	15	11.7	8.0	5.0	No cumple
PI 45	10	17.5	8.0	4.0	No cumple
PI 46	15	11.7	8.0	4.0	No cumple
PI 47	20	8.8	8.0	3.0	No cumple
PI 48	30	5.8	5.9	3.0	No cumple
PI 49	30	5.8	5.9	3.0	No cumple
PI 50	40	4.4	4.5	4.0	No cumple
PI 51	50	3.5	3.5	2.5	No cumple
PI 52	80	2.2	2.5	2.5	Cumple

N° PI	Radio (m)	Peralte calculado	Peralte		Verificación
			p(máx)=8%	Medido	
PI 53	10	17.5	8.0	6.0	No cumple
PI 54	8	21.9	8.0	6.0	No cumple
PI 55	10	17.5	8.0	4.0	No cumple
PI 56	15	11.7	8.0	4.0	No cumple
PI 57	40	4.4	4.0	2.5	No cumple
PI 58	80	2.2	2.5	2.5	Cumple
PI 59	200	0.9	2.0	2.5	Cumple
PI 60	80	2.2	2.5	2.5	Cumple
PI 61	80	2.2	2.5	2.5	Cumple
PI 62	80	2.2	2.5	2.5	Cumple
PI 63	60	2.9	3.0	2.5	No cumple
PI 64	40	4.4	4.5	4.0	No cumple
PI 65	40	4.4	4.5	4.0	No cumple
PI 66	40	4.4	4.5	4.0	No cumple
PI 67	80	1.8	2.5	4.0	Cumple
PI 68	10	17.5	8.0	4.0	No cumple
PI 69	20	8.8	8.0	4.0	No cumple

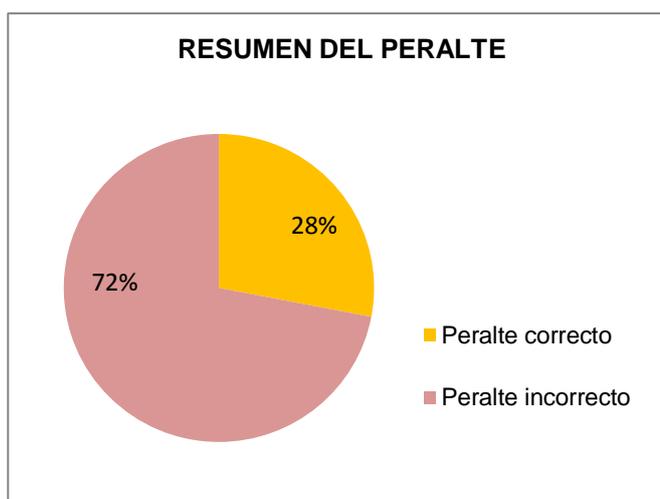
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.4.9-2: Resumen del peralte

RESUMEN DEL PERALTE	
Descripción	%
Peralte correcto	28
Peralte incorrecto	72

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 4.4.9-1: Resumen porcentual de peralte



Fuente: Elaboración propia.

Discusión: De la tabla del peralte se tiene:

- El valor referencial del peralte en el proceso de evaluación es mediante el Manual para el Diseño de carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito del Ministerio de Transportes y Comunicaciones que corresponde al 8% como peralte máximo, para una velocidad directriz de 20 Km/h
- Los peraltes son calculados en función del valor del radio de la curva y la velocidad directriz.
- El valor resultante en algunas ocasiones supera este peralte máximo, por lo que como peralte respectivo se reemplaza por este peralte máximo del 8%.
- También se tiene en la tabla una columna que corresponde al valor del peralte medido en la carretera para el cual se tuvo que hacer uso del eclímetro.
- En algunas curvas al hacer la comparación de resultados no cumple el valor del peralte de diseño sobretodo en las curvas de radios menores del radio de diseño donde el peralte se incrementa a valores altos.
- Finalmente en el consolidado de datos de este parámetro se obtiene que 28% cumple con el peralte adecuado, mientras que el 72% no se cumple.

4.5. DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL

4.5.1. 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 que indica:

- Pendiente mínima de 0.5%
- La pendiente máxima del 10% por considerar ser la topografía de ondulado a accidentado de acuerdo a la tabla 2.2.12-3.

Tabla 4.5.1-1: Elementos del perfil longitudinal

Nº CURVA	PROGRE SIVA PCV	PROGRE SIVA PTV	PROGRE SIVA PIV	ELEVA CIÓN PIV (msnm)	TIPO DE CURVA	PENDI ENTE ENTRA DA (%)	PENDI ENTE SALI DA (%)	LONG CURVA
Inicio			0+000.00	2834.000			-1.61%	
PIV - 01			0+040.00	2833.356		-1.61%	-3.40%	
PIV - 02	0+080.00	0+160.00	0+120.00	2830.64	Cóncava	-3.40%	-1.30%	80
PIV - 03			0+240.00	2829.081		-1.30%	-2.60%	
PIV - 04	0+400.00	0+440.00	0+420.00	2824.401	Cóncava	-2.60%	-0.50%	40
PIV - 05	0+520.00	0+560.00	0+540.00	2823.801	Cóncava	-0.50%	8.28%	40
PIV - 06	0+600.00	0+640.00	0+620.00	2830.423	Convexa	8.28%	5.73%	40
PIV - 07	0+860.00	0+880.00	0+860.00	2844.184	Cóncava	5.73%	9.63%	40
PIV - 08	1+120.00	1+160.00	1+140.00	2871.159	Convexa	9.63%	1.29%	40
PIV - 09	1+260.00	1+300.00	1+280.00	2872.963	Cóncava	1.29%	7.32%	40
PIV - 10	1+500.00	1+540.00	1+520.00	2890.54	Convexa	7.32%	1.95%	40
PIV - 11	1+680.00	1+720.00	1+700.00	2894.051	Cóncava	1.95%	6.30%	40

Nº CURVA	PROGRE SIVA PCV	PROGRE SIVA PTV	PROGRE SIVA PIV	ELEVA CIÓN PIV (msnm)	TIPO DE CURVA	PENDI ENTE ENTRA DA (%)	PENDI ENTE SALI DA (%)	LONG CURVA
PIV - 12	1+920.00	2+000.00	1+960.00	2910.436	Cóncava	6.30%	7.94%	80
PIV - 13	2+740.00	2+780.00	2+760.00	2973.986	Convexa	7.94%	3.84%	40
PIV - 14	3+240.00	3+280.00	3+260.00	2993.169	Cóncava	3.84%	7.65%	40
PIV - 15	3+580.00	3+620.00	3+600.00	3019.173	Convexa	7.65%	2.63%	40
PIV - 16	3+900.00	3+900.00	3+920.00	3027.578	Cóncava	2.63%	9.51%	40
PIV - 17	4+060.00	4+100.00	4+080.00	3042.796	Convexa	9.51%	5.51%	40
PIV - 18			4+260.00	3052.712		5.51%	7.46%	
PIV - 19	4+540.00	4+580.00	4+560.00	3075.095	Convexa	7.46%	1.15%	40
Final			4+689.99			1.15%		

Fuente: Elaboración propia.

4.5.2. CURVAS VERTICALES

- Con respecto al diseño de curvas verticales se consideran los tramos consecutivos los cuales tienen una diferencia algebraica de pendientes mayor del 2%.
- En base al programa Autocad civil 3d se diseñan las curvas verticales cóncavas y convexas del tipo simétricas
- Se realiza un nuevo cálculo para hallar la longitud de curva en función de la distancia de visibilidad de parada o frenado (D_p) usando los valores de la tabla 2.2.12-1, tabla 2.2.12-2 para las curvas convexas y cóncavas respectivamente.
- Para el cálculo de la longitud de curva vertical se usan las ecuaciones (2.13), (2.16) para las curvas convexas y cóncavas respectivamente.

Tabla 4.5.2-1: Diseño de curvas verticales

Nº CURVA	PEND. ENTRAD (%)	PEND. SALIDA (%)	A %	CURVA	TIPO DE CURVA	PENDIENTE CRITICA (%)	Dp (m)	Long. CURVA (m)	K	Long. min de curva	CONDICION
Inicio		-1.61%									
Plv - 01	-1.61%	-3.40%	1.79	NO							
Plv - 02	-3.40%	-1.30%	2.10	SI	Cóncava	-3.40%	20	80	38.10	4.42	Si cumple
Plv - 03	-1.30%	-2.60%	1.30	NO							
Plv - 04	-2.60%	-0.50%	2.10	SI	Cóncava	-2.60%	20	40	19.05	4.42	Si cumple
Plv - 05	-0.50%	+8.28%	8.78	SI	Cóncava	8.28%	20	40	4.56	18.50	Si cumple
Plv - 06	+8.28%	+5.73%	2.55	SI	Convexa	8.28%	20	40	15.69	2.53	Si cumple
Plv - 07	+5.73%	+9.63%	3.90	SI	Cóncava	9.63%	20	40	10.26	8.21	Si cumple
Plv - 08	+9.63%	+1.29%	8.34	SI	Convexa	9.63%	20	40	4.80	8.26	Si cumple
Plv - 09	+1.29%	+7.32%	6.03	SI	Cóncava	7.32%	20	40	6.63	12.70	Si cumple
Plv - 10	+7.32%	+1.95%	5.37	SI	Convexa	7.32%	20	40	7.45	5.32	Si cumple

Nº CURVA	PEND. ENTRAD (%)	PEND. SALIDA (%)	A %	CURVA	TIPO DE CURVA	PENDIENTE CRITICA (%)	Dp (m)	Long. CURVA (m)	K	Long. min de curva	CONDICION
Plv - 11	+1.95%	+6.30%	4.35	SI	Cóncava	6.30%	20	40	9.195	9.157895	Si cumple
Plv - 12	+6.30%	+7.94%	1.64	SI	Cóncava	7.94%	20	80	48.78	3.452632	Si cumple
Plv - 13	+7.94%	+3.84%	4.10	SI	Convexa	7.94%	20	40	9.756	4.059406	Si cumple
Plv - 14	+3.84%	+7.65%	3.81	SI	Cóncava	7.65%	20	40	10.5	8.021053	Si cumple
Plv - 15	+7.65%	+2.63%	5.02	SI	Convexa	7.65%	20	40	7.968	10.56842	Si cumple
Plv - 16	+2.63%	+9.51%	6.88	SI	Cóncava	9.51%	20	40	5.814	14.48421	Si cumple
Plv - 17	+9.51%	+5.51%	4.00	SI	Convexa	9.51%	20	40	10	3.960396	Si cumple
Plv - 18	+5.51%	+7.46%	1.95	NO							
Plv - 19	+7.46%	+1.15%	6.31	SI	Convexa	7.46%	20	40	6.339	6.247525	Si cumple

Fuente: Elaboración propia.

4.6. SECCIONES TRANSVERSALES

4.6.1. CALZADA

El ancho de la calzada de la carretera en estudio conforme lo indica el Manual para el Diseño de carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito del Ministerio de Transportes y Comunicaciones debe ser de 3.5 m. según la tabla 2.2.13-1.

En realidad el ancho de la carretera en toda su longitud es variable, pero se ha creído conveniente primero delimitar el ancho de la carretera conforme lo indica la norma, sumado a ello los anchos adicionales que genera el sobreancho en cada curva horizontal y sus respectivo seccionamiento a cada 20 m. y la diferencia del ancho asignar como ancho de berma si lo hubiese..

4.6.2. BOMBEO

El bombeo de diseño señala un valor del 2% para los tramos rectos, en las curvas se sustituye por el peralte el que por norma es de 2.5% cuando el IMDA < 200 vehículos por día.

Existen tramos donde el bombeo se sustituye por la inclinación hacia el lado izquierdo de la carretera.

4.6.3. BERMA

El ancho de la berma es de 0.50 m. indicado en el Manual para el Diseño de carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, el que de idéntica manera es variable.

Tabla 4.6.3-1: Ancho de la calzada - Ancho de bermas

PROGRESIVA	TIPO DE SECCIÓN	ANCHO DE CALZADA	VERIFICACIÓN	BERMA		VERIFICACIÓN	
				Izquierda	Derecha	Berma Izquierda	Berma Derecha
00+000	Corte completo	3.5	Cumple	0.50	0.50	Cumple	Cumple
00+020	Corte completo	3.5	Cumple	0.55	0.60	Cumple	Cumple
00+040	Corte completo	3.5	Cumple	0.67	0.60	Cumple	Cumple
00+060	Corte completo	3.5	Cumple	0.55	0.04	Cumple	No cumple
00+070	Corte completo	3.5	Cumple	0.50	0.50	Cumple	Cumple
00+080	Corte completo	3.5	Cumple	0.28	0.05	No cumple	No cumple
00+090	Corte completo	3.5	Cumple	0.45	0.50	No cumple	Cumple
00+100	Corte completo	3.5	Cumple	-	0.55	No tiene	Cumple
00+120	Corte completo	3.5	Cumple	0.57	0.57	Cumple	Cumple
00+140	Corte completo	3.5	Cumple	0.50	0.57	Cumple	Cumple
00+160	Corte completo	3.5	Cumple	0.11	-	No tiene	No tiene
00+170	Corte completo	3.5	Cumple	0.50	0.45	Cumple	No cumple
00+180	Corte completo	3.5	Cumple	0.43	-	No tiene	No tiene
00+200	Corte completo	3.5	Cumple	0.29	0.52	No cumple	Cumple
00+220	Corte completo	3.5	Cumple	0.53	0.49	Cumple	Cumple
00+240	Corte completo	3.5	Cumple	0.34	0.52	No cumple	Cumple
00+260	Corte completo	3.5	Cumple	0.40	0.51	No cumple	Cumple
00+280	Corte completo	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene
00+300	Corte completo	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene
00+310	Corte completo	3.45	No cumple	0.55	0.50	Cumple	Cumple
00+320	Corte completo	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene
00+340	Corte completo	3.5	Cumple	0.12	0.49	No cumple	Cumple
00+360	Corte completo	3.5	Cumple	0.15	-	No cumple	No tiene
00+380	Corte completo	3.5	Cumple	0.25	-	No cumple	No tiene
00+400	Corte completo	3.5	Cumple	0.20	0.10	No cumple	No cumple
00+420	Corte completo	3.5	Cumple	0.30	-	No cumple	No tiene

PROGRESIVA	TIPO DE SECCIÓN	ANCHO DE CALZADA	VERIFICACIÓN	BERMA		VERIFICACIÓN	
				Izquierda	Derecha	Berma Izquierda	Berma Derecha
00+430	Corte completo	3.5	Cumple	0.50	0.50	Cumple	Cumple
00+440	Corte completo	3.5	Cumple	-	0.25	No tiene	No cumple
00+480	Corte completo	3.5	Cumple	0.44	0.34	No cumple	No cumple
00+500	Corte completo	3.5	Cumple	0.25	0.50	No cumple	Cumple
00+520	Corte completo	3.5	Cumple	0.30	-	No cumple	No tiene
00+540	Corte completo	3.5	Cumple	0.50	-	Cumple	No tiene
00+560	Media Ladera	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene
00+580	Media Ladera	3.5	Cumple	0.52	0.51	Cumple	Cumple
00+600	Media Ladera	3.5	Cumple	0.16	0.50	No cumple	Cumple
00+620	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.50	Cumple	Cumple
00+640	Media Ladera	3.5	Cumple	0.17	-	No cumple	No tiene
00+650	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.50	Cumple	Cumple
00+660	Media Ladera	3.5	Cumple	0.36	-	No cumple	No tiene
00+680	Media Ladera	3.5	Cumple	0.29	-	No cumple	No tiene
00+700	Media Ladera	3.5	Cumple	0.22	-	No cumple	No tiene
00+720	Corte completo	3.5	Cumple	0.27	0.49	No cumple	Cumple
00+740	Corte completo	3.5	Cumple	0.45	0.25	No cumple	No cumple
00+760	Corte completo	3.5	Cumple	0.75	0.25	Cumple	No cumple
00+780	Corte completo	3.5	Cumple	0.41	0.49	No cumple	Cumple
00+800	Corte completo	3.5	Cumple	0.50	0.50	Cumple	Cumple
00+820	Corte completo	3.5	Cumple	0.75	0.50	Cumple	Cumple
00+840	Corte completo	3.5	Cumple	0.75	0.50	Cumple	Cumple
00+860	Corte completo	3.5	Cumple	0.75	0.50	Cumple	Cumple
00+880	Corte completo	3.5	Cumple	0.15	0.50	No cumple	Cumple
00+900	Corte completo	3.5	Cumple	0.52	0.50	Cumple	Cumple
00+910	Corte completo	3.5	Cumple	0.50	0.50	Cumple	Cumple
00+920	Corte completo	3.5	Cumple	0.17	0.50	No cumple	Cumple

PROGRESIVA	TIPO DE SECCIÓN	ANCHO DE CALZADA	VERIFICACIÓN	BERMA		VERIFICACIÓN	
				Izquierda	Derecha	Berma Izquierda	Berma Derecha
00+940	Corte completo	3.5	Cumple	0.36	0.45	No cumple	No cumple
00+960	Corte completo	3.5	Cumple	0.35	0.75	No cumple	Cumple
00+980	Corte completo	3.5	Cumple	0.43	0.25	No cumple	No cumple
01+000	Corte completo	3.5	Cumple	0.36	0.55	No cumple	Cumple
01+020	Corte completo	3.5	Cumple	0.51	0.42	Cumple	No cumple
01+030	Corte completo	3.5	Cumple	0.50	0.50	Cumple	Cumple
01+040	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.50	Cumple	Cumple
01+060	Media Ladera	3.5	Cumple	0.51	0.45	Cumple	No cumple
01+070	Media Ladera	3.5	Cumple	0.49	0.50	Cumple	Cumple
01+080	Media Ladera	3.5	Cumple	-	0.42	No tiene	No cumple
01+100	Media Ladera	3.5	Cumple	0.45	-	No cumple	No tiene
01+110	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.50	Cumple	Cumple
01+120	Media Ladera	3.5	Cumple	0.25	-	No cumple	No tiene
01+140	Media Ladera	3.5	Cumple	0.44	-	No cumple	No tiene
01+160	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.01	Cumple	No cumple
01+170	Corte completo	3.5	Cumple	0.50	0.50	Cumple	Cumple
01+180	Corte completo	3.5	Cumple	0.50	-	Cumple	No tiene
01+200	Corte completo	3.5	Cumple	0.21	-	No cumple	No tiene
01+210	Corte completo	3.5	Cumple	0.49	-	Cumple	No tiene
01+220	Corte completo	3.5	Cumple	0.38	0.60	No cumple	Cumple
01+240	Media Ladera	3.5	Cumple	0.39	-	No cumple	No tiene
01+260	Media Ladera	3.5	Cumple	0.52	0.55	Cumple	Cumple
01+280	Corte completo	3.5	Cumple	0.50	0.50	Cumple	Cumple
01+290	Corte completo	3.5	Cumple	0.50	0.50	Cumple	Cumple
01+300	Corte completo	3.5	Cumple	0.15	0.00	No cumple	No cumple
01+310	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.50	Cumple	Cumple
01+320	Corte cerrado	3.5	Cumple	0.29	0.52	No cumple	Cumple
01+340	Corte completo	3.5	Cumple	0.51	0.00	Cumple	No cumple
01+360	Corte completo	3.5	Cumple	0.14	0.62	No cumple	Cumple

PROGRESIVA	TIPO DE SECCIÓN	ANCHO DE CALZADA	VERIFICACIÓN	BERMA		VERIFICACIÓN	
				Izquierda	Derecha	Berma Izquierda	Berma Derecha
01+380	Media Ladera	3.5	Cumple	0.03	0.07	No cumple	No cumple
01+400	Media Ladera	3.5	Cumple	0.14	-	No cumple	No tiene
01+420	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	-	Cumple	No tiene
01+440	Media Ladera	3.5	Cumple	0.47	-	No cumple	No tiene
01+460	Corte cerrado	3.5	Cumple	0.45	-	No cumple	No tiene
01+470	Corte completo	3.5	Cumple	0.50	0.50	Cumple	Cumple
01+480	Corte completo	3.5	Cumple	0.51	-	Cumple	No tiene
01+500	Corte completo	3.5	Cumple	-	-	Cumple	No tiene
01+520	Corte completo	3.5	Cumple	0.43	-	No cumple	No tiene
01+530	Corte completo	3.5	Cumple	0.50	0.50	Cumple	Cumple
01+540	Corte completo	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene
01+560	Corte completo	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene
01+580	Corte completo	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene
01+600	Corte completo	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene
01+620	Corte completo	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene
01+640	Corte completo	3.5	Cumple	0.27	-	No cumple	Cumple
01+660	Media Ladera	3.5	Cumple	0.49	0.50	Cumple	Cumple
01+670	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.50	Cumple	Cumple
01+680	Media Ladera	3.5	Cumple	0.56	-	Cumple	No tiene
01+700	Media Ladera	3.5	Cumple	0.52	-	Cumple	No tiene
01+720	Media Ladera	3.5	Cumple	-	0.50	No tiene	Cumple
01+740	Corte completo	3.5	Cumple	0.25	0.75	No cumple	Cumple
01+760	Media Ladera	3.5	Cumple	0.37	0.75	No cumple	Cumple
01+780	Media Ladera	3.5	Cumple	0.47	0.75	No cumple	Cumple
01+800	Media Ladera	3.5	Cumple	0.49	0.75	Cumple	Cumple
01+820	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.50	Cumple	Cumple
01+840	Media Ladera	3.5	Cumple	0.47	0.75	No cumple	Cumple
01+860	Media Ladera	3.5	Cumple	0.22	0.75	No cumple	Cumple

PROGRESIVA	TIPO DE SECCIÓN	ANCHO DE CALZADA	VERIFICACIÓN	BERMA		VERIFICACIÓN	
				Izquierda	Derecha	Berma Izquierda	Berma Derecha
01+870	Media Ladera	3.5	Cumple	0.49	0.50	Cumple	Cumple
01+880	Media Ladera	3.5	Cumple	0.49	0.50	Cumple	Cumple
01+900	Media Ladera	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene
01+920	Media Ladera	3.5	Cumple	0.42	0.46	No cumple	No cumple
01+930	Media Ladera	3.5	Cumple	0.42	0.45	No cumple	No cumple
01+940	Media Ladera	3.5	Cumple	0.49	0.51	Cumple	Cumple
01+960	Corte completo	3.5	Cumple	0.47	0.28	No cumple	No cumple
01+980	Media Ladera	3.5	Cumple	0.46	0.23	No cumple	No cumple
01+990	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.50	Cumple	Cumple
02+000	Media Ladera	3.5	Cumple	0.38	0.50	No cumple	Cumple
02+020	Media Ladera	3.5	Cumple	0.43	0.51	No cumple	Cumple
02+040	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	-	Cumple	No tiene
02+050	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.50	Cumple	Cumple
02+060	Media Ladera	3.5	Cumple	0.40	0.55	No cumple	Cumple
02+080	Media Ladera	3.5	Cumple	0.30	-	No cumple	No tiene
02+100	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.55	Cumple	Cumple
02+120	Media Ladera	3.5	Cumple	0.51	0.57	Cumple	Cumple
02+140	Media Ladera	3.5	Cumple	-	0.59	No tiene	Cumple
02+160	Media Ladera	3.5	Cumple	0.53	0.60	Cumple	Cumple
02+180	Media Ladera	3.5	Cumple	0.11	0.45	No cumple	No cumple
02+200	Media Ladera	3.5	Cumple	0.31	0.24	No cumple	No cumple
02+220	Media Ladera	3.5	Cumple	-	0.25	No tiene	No cumple
02+240	Media Ladera	3.5	Cumple	0.49	0.25	Cumple	No cumple
02+250	Media Ladera	3.5	Cumple	0.52	0.50	Cumple	Cumple
02+260	Media Ladera	3.5	Cumple	0.14	0.25	No cumple	No cumple
02+280	Media Ladera	3.5	Cumple	0.25	0.25	No cumple	No cumple
02+300	Media Ladera	3.5	Cumple	0.34	0.25	No cumple	No cumple
02+320	Media Ladera	3.5	Cumple	0.20	0.21	No cumple	No cumple
02+330	Media Ladera	3.5	Cumple	0.45	0.50	No cumple	Cumple

PROGRESIVA	TIPO DE SECCIÓN	ANCHO DE CALZADA	VERIFICACIÓN	BERMA		VERIFICACIÓN	
				Izquierda	Derecha	Berma Izquierda	Berma Derecha
02+340	Media Ladera	3.5	Cumple	-	0.35	No tiene	No cumple
02+360	Media Ladera	3.5	Cumple	0.43	0.51	No cumple	Cumple
02+380	Media Ladera	3.5	Cumple	0.32	0.25	No cumple	No cumple
02+400	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.41	Cumple	No cumple
02+420	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.30	Cumple	No cumple
02+430	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.25	Cumple	No cumple
02+440	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.15	Cumple	No cumple
02+450	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.25	Cumple	No cumple
02+460	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.25	Cumple	No cumple
02+480	Media Ladera	3.5	Cumple	0.48	0.25	Cumple	No cumple
02+500	Media Ladera	3.5	Cumple	0.05	0.46	No cumple	No cumple
02+520	Media Ladera	3.5	Cumple	0.40	-	No cumple	No tiene
02+540	Media Ladera	3.54	No cumple	-	0.51	No tiene	Cumple
02+560	Media Ladera	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene
02+580	Media Ladera	3.5	Cumple	0.31	0.29	No cumple	No cumple
02+590	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.50	Cumple	Cumple
02+600	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.33	Cumple	No cumple
02+620	Media Ladera	3.5	Cumple	0.49	0.41	Cumple	No cumple
02+640	Media Ladera	3.5	Cumple	0.02	0.50	No cumple	Cumple
02+660	Media Ladera	3.5	Cumple	0.31	0.50	No cumple	Cumple
02+680	Media Ladera	3.5	Cumple	0.53	0.50	Cumple	Cumple
02+700	Media Ladera	3.5	Cumple	0.52	0.47	Cumple	No cumple
02+710	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.50	Cumple	Cumple
02+720	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.51	Cumple	Cumple
02+740	Media Ladera	3.5	Cumple	0.47	0.25	No cumple	No cumple
02+760	Media Ladera	3.5	Cumple	0.51	0.25	Cumple	No cumple
02+780	Media Ladera	3.5	Cumple	0.49	0.25	Cumple	No cumple
02+800	Media Ladera	3.5	Cumple	0.25	0.25	No cumple	No cumple
02+820	Media Ladera	3.5	Cumple	0.19	0.25	No cumple	No cumple

PROGRESIVA	TIPO DE SECCIÓN	ANCHO DE CALZADA	VERIFICACIÓN	BERMA		VERIFICACIÓN	
				Izquierda	Derecha	Berma Izquierda	Berma Derecha
02+830	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.50	Cumple	Cumple
02+840	Media Ladera	3.5	Cumple	0.37	0.25	No cumple	No cumple
02+860	Media Ladera	3.5	Cumple	0.49	0.49	Cumple	Cumple
02+880	Media Ladera	3.5	Cumple	0.52	0.49	Cumple	Cumple
02+900	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.41	Cumple	No cumple
02+920	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.51	Cumple	Cumple
02+940	Media Ladera	3.25	No cumple	-	0.51	No tiene	Cumple
02+960	Media Ladera	3.5	Cumple	0.13	0.50	No cumple	Cumple
02+980	Media Ladera	3.5	Cumple	0.51	0.52	Cumple	Cumple
03+000	Media Ladera	3.5	Cumple	0.49	0.51	Cumple	Cumple
03+010	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.50	Cumple	Cumple
03+020	Media Ladera	3.5	Cumple	0.52	0.27	Cumple	No cumple
03+040	Media Ladera	3.5	Cumple	0.49	0.61	Cumple	Cumple
03+060	Media Ladera	3.5	Cumple	0.25	0.43	No cumple	No cumple
03+080	Media Ladera	3.5	Cumple	-	0.52	No tiene	Cumple
03+090	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.50	Cumple	Cumple
03+100	Media Ladera	3.5	Cumple	0.51	0.51	Cumple	Cumple
03+120	Media Ladera	3.5	Cumple	0.44	0.55	No cumple	Cumple
03+140	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.50	Cumple	Cumple
03+160	Media Ladera	3.5	Cumple	0.53	0.35	Cumple	No cumple
03+180	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.51	Cumple	Cumple
03+200	Media Ladera	3.5	Cumple	0.51	-	Cumple	No tiene
03+210	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.50	Cumple	Cumple
03+220	Media Ladera	3.5	Cumple	0.52	0.53	Cumple	Cumple
03+240	Media Ladera	3.5	Cumple	0.49	-	Cumple	No tiene
03+260	Media Ladera	3.5	Cumple	0.51	-	Cumple	No tiene
03+270	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.50	Cumple	Cumple
03+280	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	-	Cumple	No tiene
03+300	Media Ladera	3.5	Cumple	0.48	0.53	Cumple	Cumple

PROGRESIVA	TIPO DE SECCIÓN	ANCHO DE CALZADA	VERIFICACIÓN	BERMA		VERIFICACIÓN	
				Izquierda	Derecha	Berma Izquierda	Berma Derecha
03+320	Media Ladera	3.5	Cumple	0.54	0.25	Cumple	No cumple
03+340	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.50	Cumple	Cumple
03+360	Media Ladera	3.5	Cumple	0.54	0.25	Cumple	No cumple
03+380	Media Ladera	3.5	Cumple	-	0.50	No tiene	Cumple
03+400	Media Ladera	3.5	Cumple	-	0.25	No tiene	No cumple
03+420	Media Ladera	3.5	Cumple	0.54	0.45	Cumple	No cumple
03+440	Media Ladera	3.5	Cumple	0.53	0.45	Cumple	No cumple
03+460	Media Ladera	3.5	Cumple	0.49	0.35	Cumple	No cumple
03+480	Media Ladera	3.5	Cumple	0.52	0.33	Cumple	No cumple
03+490	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.50	Cumple	Cumple
03+500	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.49	Cumple	Cumple
03+520	Media Ladera	3.5	Cumple	0.53	-	Cumple	No tiene
03+540	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.53	Cumple	Cumple
03+550	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.50	Cumple	Cumple
03+560	Media Ladera	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene
03+580	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.50	Cumple	Cumple
03+590	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.50	Cumple	Cumple
03+600	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.75	Cumple	Cumple
03+620	Media Ladera	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene
03+630	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.50	Cumple	Cumple
03+640	Media Ladera	3.5	Cumple	0.25	0.53	No cumple	Cumple
03+660	Media Ladera	3.5	Cumple	0.47	-	No cumple	No tiene
03+680	Media Ladera	3.5	Cumple	0.38	0.25	No cumple	No cumple
03+700	Media Ladera	3.5	Cumple	0.25	0.25	No cumple	No cumple
03+720	Media Ladera	3.5	Cumple	0.34	0.25	No cumple	No cumple
03+730	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.50	Cumple	Cumple
03+740	Media Ladera	3.5	Cumple	0.62	0.25	Cumple	No cumple
03+760	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.25	Cumple	No cumple
03+780	Media Ladera	3.5	Cumple	0.49	0.25	Cumple	No cumple

PROGRESIVA	TIPO DE SECCIÓN	ANCHO DE CALZADA	VERIFICACIÓN	BERMA		VERIFICACIÓN	
				Izquierda	Derecha	Berma Izquierda	Berma Derecha
03+800	Media Ladera	3.5	Cumple	0.52	0.25	Cumple	No cumple
03+820	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.25	Cumple	No cumple
03+840	Media Ladera	3.5	Cumple	0.46	0.52	No cumple	Cumple
03+860	Media Ladera	3.5	Cumple	0.25	0.50	No cumple	Cumple
03+880	Media Ladera	3.5	Cumple	0.53	0.51	Cumple	Cumple
03+900	Media Ladera	3.5	Cumple	-	0.47	No tiene	No cumple
03+920	Media Ladera	3.5	Cumple	0.49	0.25	Cumple	No cumple
03+940	Media Ladera	3.5	Cumple	0.65	0.48	Cumple	No cumple
03+960	Media Ladera	3.5	Cumple	0.43	0.46	No cumple	No cumple
03+980	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.51	Cumple	Cumple
04+000	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.25	Cumple	No cumple
04+010	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.50	Cumple	Cumple
04+020	Media Ladera	3.5	Cumple	0.52	0.46	Cumple	No cumple
04+040	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.25	Cumple	No cumple
04+060	Media Ladera	3.5	Cumple	0.25	0.25	No cumple	No cumple
04+080	Media Ladera	3.5	Cumple	1.05	0.48	Cumple	No cumple
04+100	Media Ladera	3.5	Cumple	0.49	0.23	Cumple	No cumple
04+120	Media Ladera	3.5	Cumple	0.65	0.32	Cumple	No cumple
04+130	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.50	Cumple	Cumple
04+140	Media Ladera	3.5	Cumple	0.49	0.50	Cumple	Cumple
04+160	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.51	Cumple	Cumple
04+180	Media Ladera	3.5	Cumple	0.52	0.50	Cumple	Cumple
04+190	Media Ladera	3.5	Cumple	0.50	0.35	Cumple	No cumple
04+200	Media Ladera	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene
04+220	Media Ladera	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene
04+240	Media Ladera	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene
04+260	Media Ladera	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene
04+280	Media Ladera	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene
04+300	Media Ladera	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene

PROGRESIVA	TIPO DE SECCIÓN	ANCHO DE CALZADA	VERIFICACIÓN	BERMA		VERIFICACIÓN	
				Izquierda	Derecha	Berma Izquierda	Berma Derecha
04+310	Media Ladera	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene
04+320	Media Ladera	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene
04+340	Media Ladera	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene
04+360	Media Ladera	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene
04+380	Media Ladera	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene
04+400	Media Ladera	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene
04+420	Media Ladera	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene
04+440	Corte completo	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene
04+460	Corte completo	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene
04+480	Corte completo	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene
04+500	Corte completo	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene
04+520	Corte completo	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene
04+540	Corte completo	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene
04+560	Corte completo	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene
04+580	Corte completo	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene
04+600	Corte completo	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene
04+610	Media Ladera	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene
04+620	Media Ladera	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene
04+640	Media Ladera	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene
04+660	Media Ladera	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene
04+680	Media Ladera	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene
04+690	Corte completo	3.5	Cumple	-	-	No tiene	No tiene

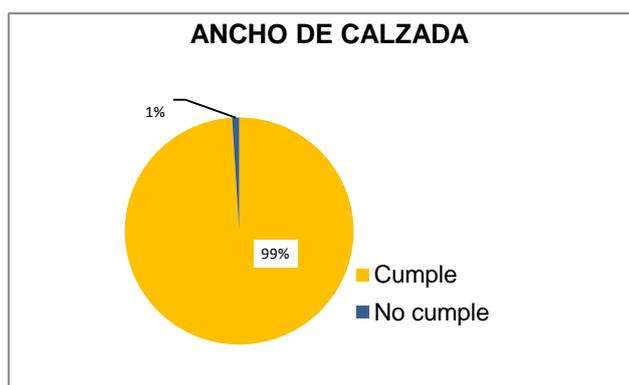
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.6.3-2: Resumen de calzada

RESUMEN DE CALZADA		
DESCRIPCIÓN	%	
	Cumple	No cumple
Ancho de calzada	99	1

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 4.6.3-1: Resumen porcentual de la calzada



Fuente: Elaboración propia.

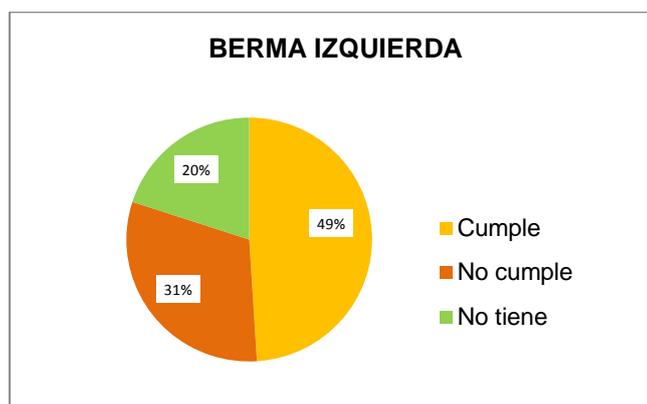
Discusión: Del gráfico se tiene que el 99% cumple con el ancho especificado, el 1% no cumple.

Tabla 4.6.3-3: Resumen de berma izquierda

RESUMEN DE BERMA IZQUIERDA			
DESCRIPCIÓN	%		
	Cumple	No cumple	No tiene
Berma izquierda	49	31	20

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 4.6.3-2: Porcentajes de Berma izquierda



Fuente: Elaboración propia.

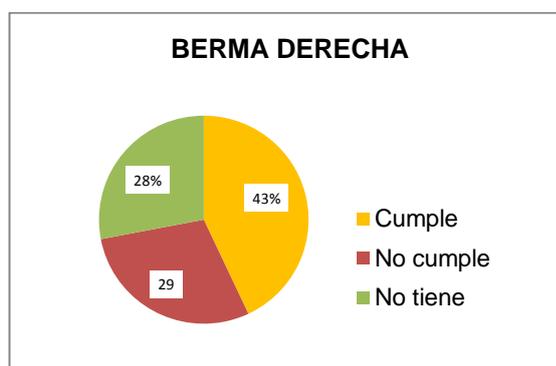
Discusión: El gráfico indica que 49% cumple con el ancho, el 31% no cumple y el 20% no tiene berma.

Tabla 4.6.3-4: Resumen de berma derecha

RESUMEN DE BERMA DERECHA			
DESCRIPCIÓN	%		
	Cumple	No cumple	No tiene
Berma derecha	43	29	28

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 4.6.3-3: Porcentajes de Berma Derecha



Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la berma derecha se tiene según el gráfico el porcentaje de cada criterio de participación.

Discusión: Por lo tanto de la tabla de Ancho de calzada y Bermas se tiene:

- En toda la longitud de la carretera por tratarse de una carretera afirmada se dio preferencia a considerar el ancho de la carretera de 3.5 m. de ancho del cual se cumple con el 99%, mientras que el 1% no cumple con este ancho
- En cuanto al ancho de las bermas algunas secciones tienen el ancho respectivo así tenemos que en el lado izquierdo el 49% si cumple, el 31% no cumple y el 20% carece del elemento berma. En la franja derecha el 43% cumple, el 29% no cumple y el 28% no tiene.

4.6.4. TALUDES

Los taludes conformados a lo largo de la carretera tienen su inclinación de acuerdo a los valores que están dados por el Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito dados en la tabla 2.2.13-3, tabla 2.2.13-4, de acuerdo al material existente en el lugar de estudio los cuales se encuentran conformados y consolidados durante la construcción y del tiempo transcurrido:

- Talud de corte (H:V) 1:1 (Tierra suelta, material arcillo arenoso).
- Talud de relleno (H:V) 1.5:1 (Gravas arcillosas)

4.6.5. SECCIÓN TRANSVERSAL DE SOBREANCHOS

En la tabla 4.6.6-1 se muestran las medidas del sobreancho medido en la longitud de la carretera, donde se pudo observar superficie adicional en la curva.

Tabla 4.6.5-1: Sección de sobreanchos

LADO IZQUIERDO			PROGRESIVA	TIPO	LADO DERECHO		
SA	1/2carril	ANCHO		DE	ANCHO	1/2carril	SA
		FRANJA		SECCIÓN	FRANJA		
0.00	1.75	2.30	00+060	Corte completo	2.59	1.75	0.80
0.00	1.75	2.25	00+070	Corte completo	2.85	1.75	0.60
0.60	1.75	2.63	00+080	Corte completo	2.60	1.75	0.80
0.65	1.75	2.85	00+090	Corte completo	2.25	1.75	0.00
0.84	1.75	2.59	00+100	Corte completo	2.30	1.75	0.00
0.00	1.75	1.86	00+160	Corte completo	2.99	1.75	1.24
0.00	1.75	2.25	00+170	Corte completo	3.15	1.75	0.95
0.00	1.75	2.18	00+180	Corte completo	2.90	1.75	1.15
0.00	1.75	1.70	00+280	Corte completo	2.25	1.75	0.50
0.00	1.75	1.70	00+300	Corte completo	2.79	1.75	1.03

LADO IZQUIERDO			PROGRESIVA	TIPO	LADO DERECHO		
SA	1/2carril	ANCHO		DE	ANCHO	1/2carril	SA
		FRANJA		SECCIÓN	FRANJA		
0.00	1.70	2.25	00+310	Corte completo	2.55	1.75	0.30
0.00	1.75	1.70	00+320	Corte completo	2.34	1.75	0.58
0.00	1.75	1.90	00+360	Corte completo	2.25	1.75	0.49
0.00	1.75	2.00	00+380	Corte completo	2.46	1.75	0.70
0.00	1.75	1.95	00+400	Corte completo	2.85	1.75	1.00
1.20	1.75	3.25	00+420	Corte completo	2.00	1.75	0.24
1.20	1.75	3.45	00+430	Corte completo	2.25	1.75	0.00
1.20	1.75	3.02	00+440	Corte completo	2.00	1.75	0.00
0.00	1.75	2.05	00+520	Corte completo	3.29	1.75	1.53
0.00	1.75	2.25	00+540	Corte completo	4.05	1.75	2.29
0.57	1.75	2.32	00+560	Media Ladera	3.32	1.75	1.57
0.60	1.75	2.87	00+580	Media Ladera	2.26	1.75	0.00
0.60	1.75	2.51	00+600	Media Ladera	2.25	1.75	0.00
0.00	1.75	1.92	00+640	Media Ladera	2.70	1.75	0.94
0.00	1.75	2.25	00+650	Media Ladera	2.85	1.75	0.60
0.00	1.75	2.11	00+660	Media Ladera	2.86	1.75	1.11
0.00	1.75	2.04	00+680	Media Ladera	2.60	1.75	0.84
0.30	1.75	2.32	00+720	Corte completo	2.24	1.75	0.00
0.30	1.75	2.50	00+740	Corte completo	2.00	1.75	0.00
0.60	1.75	2.50	00+880	Corte completo	2.50	1.75	0.00
0.60	1.75	2.87	00+900	Corte completo	2.50	1.75	0.00
0.60	1.75	2.85	00+910	Corte completo	2.25	1.75	0.00
0.60	1.75	2.52	00+920	Corte completo	2.25	1.75	0.00
1.20	1.75	3.46	01+020	Corte completo	2.17	1.75	0.00
1.20	1.75	3.45	01+030	Corte completo	2.25	1.75	0.00
1.00	1.75	3.25	01+040	Media Ladera	3.00	1.75	0.00
0.15	1.75	2.41	01+060	Media Ladera	2.50	1.75	0.00
0.49	1.75	2.73	01+070	Media Ladera	2.25	1.75	0.00
1.12	1.75	2.87	01+080	Media Ladera	2.17	1.75	0.00

LADO IZQUIERDO			PROGRESIVA	TIPO	LADO DERECHO		
SA	1/2carril	ANCHO		DE	ANCHO	1/2carril	SA
		FRANJA		SECCIÓN	FRANJA		
0.00	1.75	2.20	01+100	Media Ladera	3.08	1.75	1.33
0.00	1.75	2.25	01+110	Media Ladera	4.05	1.75	1.80
0.00	1.75	2.00	01+120	Media Ladera	4.07	1.75	2.32
0.00	1.75	2.19	01+140	Media Ladera	2.78	1.75	1.03
0.00	1.75	2.25	01+160	Media Ladera	3.23	1.75	1.47
0.00	1.75	2.25	01+170	Corte completo	3.45	1.75	1.20
0.00	1.75	2.25	01+180	Corte completo	3.09	1.75	1.34
0.90	1.75	2.86	01+200	Corte completo	2.27	1.75	0.51
0.91	1.75	3.15	01+210	Corte completo	2.25	1.75	0.00
0.90	1.75	3.03	01+220	Corte completo	2.35	1.75	0.00
0.00	1.75	2.14	01+240	Media Ladera	2.87	1.75	1.12
0.60	1.75	2.87	01+260	Media Ladera	2.30	1.75	0.00
0.60	1.75	2.85	01+280	Corte completo	2.25	1.75	0.00
0.60	1.75	2.85	01+290	Corte completo	2.25	1.75	0.00
0.00	1.75	1.90	01+300	Corte completo	2.50	1.75	0.75
0.00	1.75	2.25	01+310	Media Ladera	3.45	1.75	1.20
0.00	1.75	2.04	01+320	Corte completo	3.47	1.75	1.20
0.60	1.75	2.86	01+340	Corte completo	1.80	1.75	0.05
0.60	1.75	2.49	01+360	Corte completo	2.37	1.75	0.00
0.30	1.75	2.19	01+400	Media Ladera	2.14	1.75	0.39
0.30	1.75	2.55	01+420	Media Ladera	2.18	1.75	0.42
0.00	1.75	2.22	01+440	Media Ladera	2.25	1.75	0.50
0.00	1.75	2.20	01+460	Corte completo	2.82	1.75	1.07
0.00	1.75	2.25	01+470	Corte completo	2.85	1.75	0.60
0.00	1.75	2.26	01+480	Corte completo	2.71	1.75	0.96
0.00	1.75	1.75	01+500	Corte completo	2.28	1.75	0.52
0.00	1.75	2.18	01+520	Corte completo	2.85	1.75	1.10
0.00	1.75	2.25	01+530	Corte completo	2.85	1.75	0.60
0.00	1.75	1.76	01+540	Corte completo	2.44	1.75	0.69

LADO IZQUIERDO			PROGRESIVA	TIPO	LADO DERECHO		
SA	1/2carril	ANCHO		DE	ANCHO	1/2carril	SA
		FRANJA		SECCIÓN	FRANJA		
0.00	1.75	1.76	01+560	Corte completo	1.77	1.75	0.02
0.00	1.75	1.78	01+580	Corte completo	1.76	1.75	0.01
0.00	1.75	1.75	01+600	Corte completo	1.78	1.75	0.03
0.00	1.75	2.02	01+640	Corte completo	2.84	1.75	1.09
0.00	1.75	2.24	01+660	Media Ladera	4.65	1.75	2.40
0.00	1.75	2.25	01+670	Media Ladera	4.65	1.75	2.40
0.00	1.75	2.31	01+680	Media Ladera	4.51	1.75	2.76
0.60	1.75	2.87	01+700	Media Ladera	2.50	1.75	0.75
0.60	1.75	2.43	01+720	Media Ladera	2.25	1.75	0.00
0.90	1.75	2.87	01+860	Media Ladera	2.50	1.75	0.00
0.90	1.75	3.14	01+870	Media Ladera	2.25	1.75	0.00
0.90	1.75	3.14	01+880	Media Ladera	2.25	1.75	0.00
0.53	1.75	2.29	01+900	Media Ladera	2.85	1.75	1.10
0.00	1.75	2.17	01+920	Media Ladera	3.41	1.75	1.20
0.00	1.75	2.17	01+930	Media Ladera	3.40	1.75	1.20
0.00	1.75	2.24	01+940	Media Ladera	2.97	1.75	0.71
0.00	1.75	2.21	01+980	Media Ladera	2.58	1.75	0.60
0.00	1.75	2.25	01+990	Media Ladera	2.87	1.75	0.62
0.00	1.75	2.13	02+000	Media Ladera	2.85	1.75	0.60
0.00	1.75	2.25	02+040	Media Ladera	2.72	1.75	0.90
0.00	1.75	2.25	02+050	Media Ladera	3.15	1.75	0.90
0.00	1.75	2.15	02+060	Media Ladera	3.20	1.75	0.90
0.00	1.75	2.05	02+080	Media Ladera	2.50	1.75	0.75
0.00	1.75	2.25	02+100	Media Ladera	3.20	1.75	0.90
0.90	1.75	2.28	02+140	Media Ladera	2.34	1.75	0.00
0.90	1.75	3.18	02+160	Media Ladera	2.35	1.75	0.00
0.90	1.75	2.76	02+180	Media Ladera	2.20	1.75	0.00
0.00	1.75	2.06	02+200	Media Ladera	1.99	1.75	0.00
0.90	1.75	1.78	02+220	Media Ladera	2.00	1.75	0.00

LADO IZQUIERDO			PROGRESIVA	TIPO	LADO DERECHO		
SA	1/2carril	ANCHO		DE	ANCHO	1/2carril	SA
		FRANJA		SECCIÓN	FRANJA		
0.90	1.75	3.14	02+240	Media Ladera	2.00	1.75	0.00
0.90	1.75	3.17	02+250	Media Ladera	2.25	1.75	0.00
0.90	1.75	2.79	02+260	Media Ladera	2.00	1.75	0.00
0.00	1.75	1.95	02+320	Media Ladera	3.16	1.75	1.20
0.00	1.75	2.20	02+330	Media Ladera	3.45	1.75	1.20
0.00	1.75	1.60	02+340	Media Ladera	3.30	1.75	1.20
0.77	1.75	3.02	02+420	Media Ladera	2.05	1.75	0.00
1.20	1.75	3.45	02+430	Media Ladera	2.00	1.75	0.00
1.20	1.75	3.45	02+440	Media Ladera	1.90	1.75	0.00
1.20	1.75	3.45	02+450	Media Ladera	2.00	1.75	0.00
1.11	1.75	3.36	02+460	Media Ladera	2.00	1.75	0.00
0.44	1.75	2.67	02+480	Media Ladera	2.00	1.75	0.00
0.00	1.75	2.15	02+520	Media Ladera	3.13	1.75	1.38
0.00	1.75	1.70	02+540	Media Ladera	4.41	1.75	2.15
0.58	1.75	2.33	02+560	Media Ladera	3.46	1.75	1.70
0.90	1.75	2.96	02+580	Media Ladera	2.04	1.75	0.00
0.90	1.75	3.15	02+590	Media Ladera	2.25	1.75	0.00
0.89	1.75	3.14	02+600	Media Ladera	2.08	1.75	0.00
0.26	1.75	2.50	02+620	Media Ladera	2.16	1.75	0.00
0.60	1.75	2.87	02+700	Media Ladera	2.22	1.75	0.00
0.60	1.75	2.85	02+710	Media Ladera	2.25	1.75	0.00
0.37	1.75	2.62	02+720	Media Ladera	2.26	1.75	0.00
0.20	1.75	2.42	02+740	Media Ladera	2.00	1.75	0.00
0.60	1.75	2.86	02+760	Media Ladera	2.00	1.75	0.00
0.25	1.75	2.49	02+780	Media Ladera	2.00	1.75	0.00
0.60	1.75	2.54	02+820	Media Ladera	2.00	1.75	0.00
0.60	1.75	2.85	02+830	Media Ladera	2.25	1.75	0.00
0.60	1.75	2.72	02+840	Media Ladera	2.00	1.75	0.00
0.20	1.75	2.44	02+860	Media Ladera	2.24	1.75	0.00

LADO IZQUIERDO			PROGRESIVA	TIPO	LADO DERECHO		
SA	1/2carril	ANCHO		DE	ANCHO	1/2carril	SA
		FRANJA		SECCIÓN	FRANJA		
0.62	1.75	2.89	02+880	Media Ladera	2.24	1.75	0.00
0.25	1.75	2.50	02+900	Media Ladera	2.16	1.75	0.00
0.00	1.75	1.50	02+940	Media Ladera	2.61	1.75	0.35
0.00	1.75	2.25	03+010	Media Ladera	2.85	1.75	0.60
0.00	1.75	2.27	03+020	Media Ladera	2.62	1.75	0.60
0.00	1.75	2.24	03+040	Media Ladera	3.31	1.75	0.95
0.85	1.75	2.60	03+080	Media Ladera	2.27	1.75	0.00
0.90	1.75	3.15	03+090	Media Ladera	2.25	1.75	0.00
0.90	1.75	3.16	03+100	Media Ladera	2.26	1.75	0.00
0.90	1.75	3.09	03+120	Media Ladera	2.30	1.75	0.00
0.00	1.75	2.25	03+140	Media Ladera	2.25	1.75	0.00
0.00	1.75	2.26	03+200	Media Ladera	2.94	1.75	1.19
0.00	1.75	2.25	03+210	Media Ladera	3.45	1.75	1.20
0.00	1.75	2.27	03+220	Media Ladera	3.48	1.75	1.20
0.00	1.75	2.24	03+240	Media Ladera	2.49	1.75	0.74
0.00	1.75	2.26	03+260	Media Ladera	2.74	1.75	0.99
0.00	1.75	2.25	03+270	Media Ladera	2.85	1.75	0.60
0.00	1.75	2.25	03+280	Media Ladera	2.71	1.75	0.96
0.16	1.75	2.39	03+300	Media Ladera	2.28	1.75	0.00
0.60	1.75	2.89	03+320	Media Ladera	2.00	1.75	0.00
0.11	1.75	2.36	03+340	Media Ladera	2.25	1.75	0.00
0.60	1.75	2.89	03+360	Media Ladera	2.00	1.75	0.00
0.54	1.75	2.29	03+380	Media Ladera	2.25	1.75	0.00
0.25	1.75	2.00	03+400	Media Ladera	2.00	1.75	0.00
0.60	1.75	2.89	03+420	Media Ladera	2.20	1.75	0.00
0.48	1.75	2.72	03+460	Media Ladera	2.10	1.75	0.00
1.20	1.75	3.47	03+480	Media Ladera	3.00	1.75	0.00
1.20	1.75	3.45	03+490	Media Ladera	2.25	1.75	0.00
0.75	1.75	3.00	03+500	Media Ladera	3.00	1.75	0.00

LADO IZQUIERDO			PROGRESIVA	TIPO	LADO DERECHO		
SA	1/2carril	ANCHO		DE	ANCHO	1/2carril	SA
		FRANJA		SECCIÓN	FRANJA		
0.00	1.75	2.28	03+520	Media Ladera	2.98	1.75	1.23
0.00	1.75	2.25	03+540	Media Ladera	4.38	1.75	2.10
0.00	1.75	2.25	03+550	Media Ladera	4.35	1.75	2.10
0.00	1.75	1.82	03+560	Media Ladera	3.70	1.75	1.95
0.52	1.75	2.77	03+580	Media Ladera	2.25	1.75	0.00
0.90	1.75	3.15	03+590	Media Ladera	2.25	1.75	0.00
0.90	1.75	3.15	03+600	Media Ladera	2.50	1.75	0.00
0.25	1.75	2.00	03+620	Media Ladera	3.76	1.75	2.01
0.00	1.75	2.25	03+630	Media Ladera	4.35	1.75	2.10
0.00	1.75	2.00	03+640	Media Ladera	4.48	1.75	2.20
0.00	1.75	2.22	03+660	Media Ladera	2.83	1.75	1.08
0.90	1.75	2.99	03+720	Media Ladera	2.00	1.75	0.00
0.90	1.75	3.15	03+730	Media Ladera	2.25	1.75	0.00
0.90	1.75	3.27	03+740	Media Ladera	2.00	1.75	0.00
0.14	1.75	2.39	03+760	Media Ladera	2.00	1.75	0.00
0.24	1.75	2.48	03+780	Media Ladera	2.00	1.75	0.00
0.60	1.75	2.87	03+800	Media Ladera	2.00	1.75	0.00
0.15	1.75	2.40	03+820	Media Ladera	2.00	1.75	0.00
0.60	1.75	2.40	03+900	Media Ladera	2.22	1.75	0.00
0.60	1.75	2.85	04+000	Media Ladera	2.00	1.75	0.00
0.60	1.75	2.85	04+010	Media Ladera	2.25	1.75	0.00
0.60	1.75	2.87	04+020	Media Ladera	2.21	1.75	0.00
0.08	1.75	2.32	04+100	Media Ladera	1.98	1.75	0.00
0.60	1.75	3.00	04+120	Media Ladera	2.07	1.75	0.00
0.60	1.75	2.85	04+130	Media Ladera	2.25	1.75	0.00
0.37	1.75	2.61	04+140	Media Ladera	2.25	1.75	0.00
0.60	1.75	2.87	04+180	Media Ladera	2.25	1.75	0.00
0.60	1.75	2.85	04+190	Media Ladera	2.10	1.75	0.00

Fuente: Elaboración propia.

4.7. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo al marco teórico se analiza y discute los parámetros de la carretera:

Se realizó el análisis del IMD cuyo valor es de 08 veh/día, por lo tanto es una carretera de Bajo Volumen de Tránsito.

El valor de la velocidad de diseño es 20 km/h, con topografía tipo plana a ondulada el cual está en el rango de valores del MDCNPBVT. Respecto a la velocidad de diseño, Aleman et al, considera 30 km/h con topografía accidentada; para Durán es de 25 km/h, Huamán, en su estudio diseña con 40 km/h con topografía plana a ondulada y con IMD de 88 veh/día, Morales propone en 50 km/h; Camacho obtiene el valor de 20 km/h con topografía accidentada y Rios en 20 km/h.

El valor del radio mínimo es de 12 m. el cual está en el rango de valores del MDCNPBVT, dichos valores permiten que el giro de vehículo se realice con cierta comodidad, por lo que se debe rectificar las curvas donde no se tiene este radio mínimo. Los estudios considerados tienen como radio mínimo los valores son de 10 m. por Aleman et al, de 75m. por Morales, de 15 m. por Camacho y de 10 m. por Rios,

Para la longitud de transición de peralte no se cumple con la longitud requerida en algunos tramos de la carretera respecto del MDCNPBVT por lo que se tiene que rectificar esta interface para el desplazamiento homogéneo del vehículo cuando entra a la curva respectiva; los valores obtenidos para la comparación son en base a la fórmula respectiva previo cálculo del ancho de la carretera, el bombeo y el peralte.

Respecto a la longitud de tangente para obtener los valores de comparación nos ayudamos del manual DG-2014 los cuales son obtenidos mediante la extrapolación de datos donde en curvas de diferente sentido es 28 m. y en curvas del mismo sentido de 56m. En el análisis se tienen tramos que no cumplen con estos valores, esto da lugar a baja velocidad

en algunas curvas porque se tiene curva y contracurva cercanas dando la apariencia muy sinuosa y peligrosa por lo que conviene rectificar el tramo reduciendo a una sola curva y tramo recto adecuado.

En la longitud de curva el manual MDCNPBVT recomienda una longitud de $L = 3 \cdot \text{Velocidad}$ valor que no cumplen en las curvas, esto hace que el vehículo ingrese con restricción para evitar que se produzca accidente en la curva.

Para el sobreebanco los valores medidos en algunas curvas no tiene cumple con la fórmula del sobreebanco; al ser la carretera de bajo volumen de tránsito se tomó un sobreebanco mínimo de 0.30 m. apoyándonos en el DG-2001 para evaluar las curvas dado que el sobreebanco está en función del radio; asimismo Camacho, asigna un mínimo de 0.30 m. según (DG-2001),

El valor del peralte según el MDCNPBVT es 8%, este valor en la carretera no cumple en algunas curvas lo que ocasiona que el vehículo disminuya la velocidad para evitar salir de la curva por acción de la fuerza centrífuga. Del marco referencial se tiene valores del peralte: según Aleman et al, determina en 10%, Morales en 8%, para Camacho, el peralte es 8% y Rios en 10%.

La pendiente usada en el estudio es del 10%, valor que está dentro del intervalo de valores que tiene el MDCNPBVT, con este valor el vehículo no tiene esfuerzo adicional en los tramos de ascenso. Asimismo Durán establece en 10%, Huamán, asigna el 12%, Camacho, establece el 10% y Rios en 11.5%.

En el ancho de calzada el valor de mejor proximidad es de 3.5 m., valor que está dentro de la tabla de valores de la norma (MDCNPBVT) por ser de bajo volumen de tránsito con un promedio de 8 veh/día el cual se cumple en la mayoría de la longitud de calzada, lo cual hace que el vehículo se desplace con facilidad. Según el marco teórico, para Durán

establece en 4 m., para Huamán el ancho de calzada es de 4.5 m., Camacho (2012) establece en 4.0 m y Rios considera 3.5 m.

En relación al ancho de berma en este trabajo se considera 0.5 m., el cual coincide con el valor que sugiere la norma de evaluación en la que a lo largo de la carretera existen tramos de berma que no cumplen con este ancho, lo que origina que la estructura del pavimento sea vulnerable ante los efectos climáticos de la naturaleza. De igual forma Huamán, asigna 0.5 m., Camacho, elige 0.5 m. y Rios fija el ancho de berma en 0.5 m.

En el marco teórico se citó varias tesis de investigación las cuales han sido útiles para conocer el proceso de diseño geométrico de carreteras cada una con su propia realidad o sea tiene su propia topografía, la frecuencia vehicular es variable, etc. por tal razón el diseño de una carretera es única en su género.

La siguiente tabla muestra los valores obtenidos como resultado de la evaluación de la carretera en estudio.

Tabla 4.6.5-1: Valores de parámetros de la carretera

PARÁMETROS	NORMA	VALOR	VALOR CALCULADO	CUMPLE	NO CUMPLE
Velocidad de diseño (V).	MDCNPBVT	19 Km/hr	20 Km/hr	Cumple	
Radio mínimo.	MDCNPBVT	12 m.	12 m.	81%	19%
Elementos de curva.			Tabla 4.4-3		
Longitud de transición de peralte	MDCNPBVT	14m.	Variable	56%	44%
Longitud de tangente	DG-2013	28, 57	Variable	55%	45%
Longitud de curva.	MDCNPBVT	60	Variable	%	100%
Sobreechancho.	DG-2001	0.30m.	Variable	45%	55%
Distancia de visibilidad en curva horizontal	MDCNPBVT			83%	17%
Peralte.	MDCNPBVT	8%	Variable		
Peralte medidos con eclímetro.			Variable	28%	72%
Curva Vertical.	DG-2014		Variable	100%	
Pendiente máxima	MDCNPBVT	10%	Tabla 4.5.1-1	100%	
Elementos del alineamiento vertical			Tabla 4.5.1-1		
Ancho de Calzada.	MDCNPBVT	3.5m.	3.50 m.	99%	1%
Ancho de berma	MDCNPBVT	0.50m.	0.50 m.	46%	54%

Fuente: Elaboración propia.

CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Finalmente analizando los resultados de la evaluación de las características geométricas de la carretera C.P. El Tambo al C.P. Laguna Santa Úrsula se observa que tales características no cumplen con los parámetros del Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, lo cual concuerda con el enunciado de la hipótesis formulada.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Luego de realizar el estudio y evaluación de la carretera se concluye en lo siguiente:

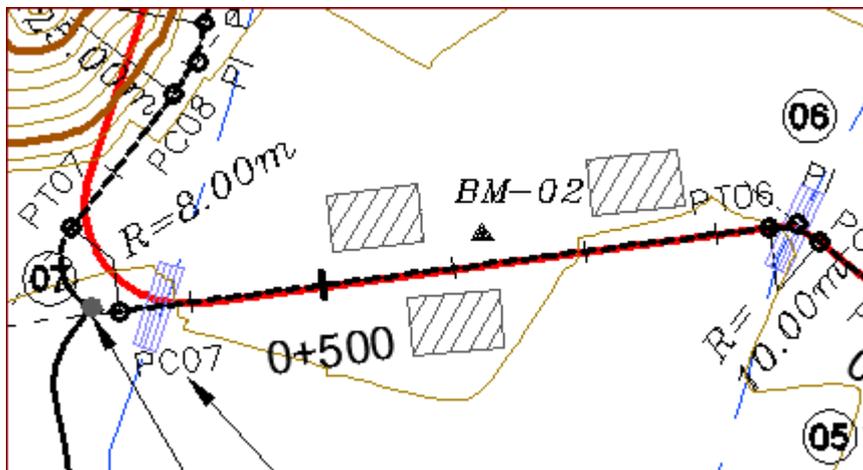
- Se obtuvo como resultado general que las características geométricas de la carretera comprendida entre el C.P. El Tambo y el C.P. Laguna Santa Úrsula, que **NO CUMPLEN** con algunos parámetros del diseño geométrico establecidos en el Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito (MDCNPBVT) - Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).
- Se efectuó el estudio de tráfico de la carretera con IMD de 8 veh/día, se clasificó a la carretera en el grupo BVT del Tipo TO con un ancho de 3,5 m. de un solo carril.
- Se realizó el reconocimiento, levantamiento topográfico de la zona y se cuantificó que la topografía tiene una clasificación que va desde ondulada a accidentada con un valor de coeficiente orográfico de 23%.
- Se determinó que la velocidad usada es 20 km/h en promedio.
- El radio mínimo a usar es de 12 m. el cual no cumple en algunas curvas.
- La longitud de transición es variable siendo menor en algunos tramos, haciendo que esta interface tramo recto-curva el vehículo no permita el desplazamiento homogéneo en carretera.
- Se determinó que la longitud de tangente entre curvas de sentido contrario o del mismo sentido son menores que el mínimo lo cual ocasiona la disminución de la velocidad e incomodidad en el desplazamiento del vehículo.

- El valor del sobreebancho no se cumple en algunas curvas lo cual genera en el vehículo que no pueda entrar a la curva con seguridad para el caso cuando dos vehículos ingresen a la curva en direcciones contrarias.
- El peralte que es del 8% no se cumple en algunas curvas esto causa la baja de velocidad en la curva para evitar salir de la curva por efecto de la fuerza lateral.
- La pendiente usada es del 10% y cumple con el parámetro establecido en el MDCNPBVT.
- El ancho de la calzada de 3.5 m. no cumple en algunos tramos de acuerdo al MDCNPBVT.
- El ancho de berma de 0.5 m. no cumple se cumple en ciertos tramos según lo recomienda el MDCNPBVT, originando la vulnerabilidad de la estructura del pavimento frente a las condiciones climáticas.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda en la curvas con radio menor que el radio mínimo cuyo valor es de 12 m. ampliar las curvas a este valor.
- La distancia M de visibilidad son necesarias en algunas curvas que necesitan banqueteta, se recomienda dar el valor del radio mínimo radio para corregir M.
- La longitud de curva no se cumple, esto hace que el vehículo se desplace con dificultad en la curva que podría originar accidente por lo que se recomienda rectificar esta longitud para mejorar la transitabilidad.
- Se recomienda mejorar las curvas de volteo. Así tenemos:
 - En la curvas N°06, N°07; con radios de 10m y 8m respectivamente, es necesario que tenga el valor del radio mínimo de 12 m.

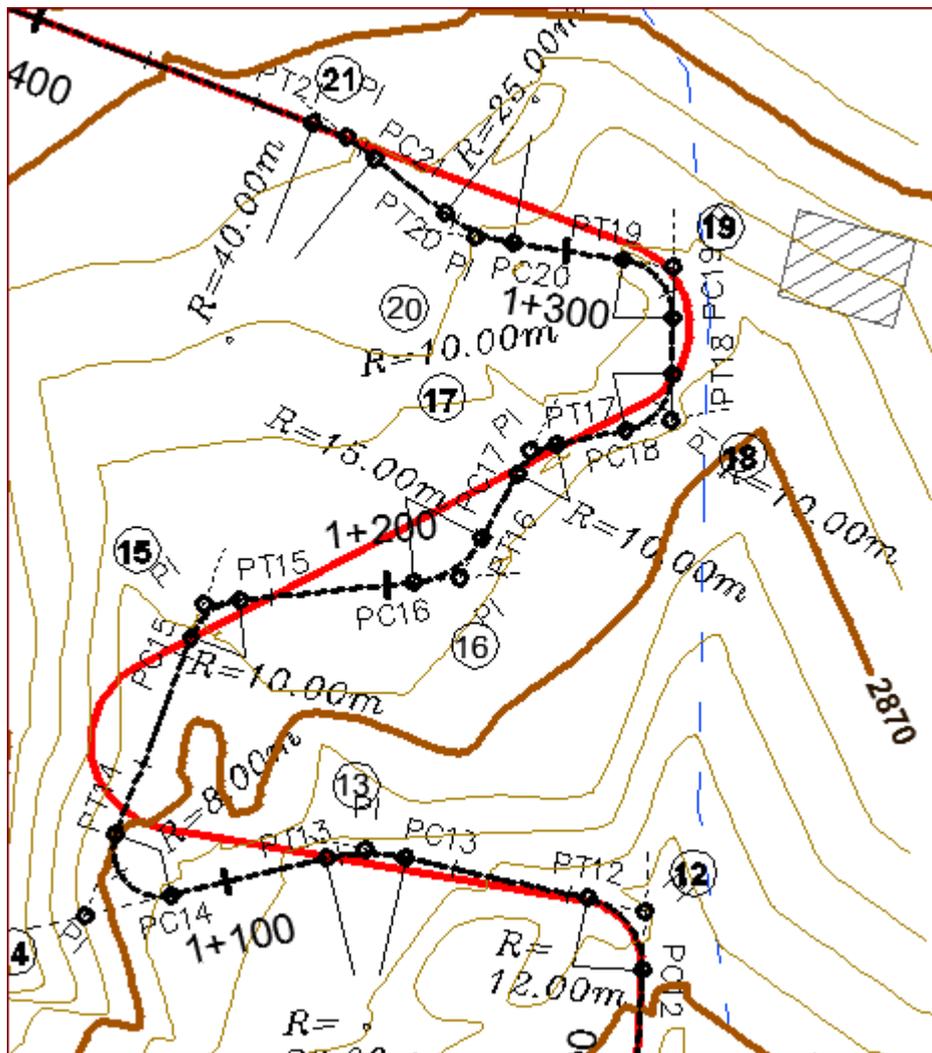
Figura 5.2-1: Modificar curvas N° 06 y N° 07 asignando el radio mínimo.



Fuente: Elaboración propia

- El tramo comprendido entre las curvas 12 y la curva 21, se puede modificar el eje y solamente tener 04 curvas; pero para llevar a cabo esta actividad primeramente se tiene que socializar el mejoramiento de la carretera con los propietarios de los terrenos, que sería posible dado que este tramo se encuentra cerca a una quebrada seca.

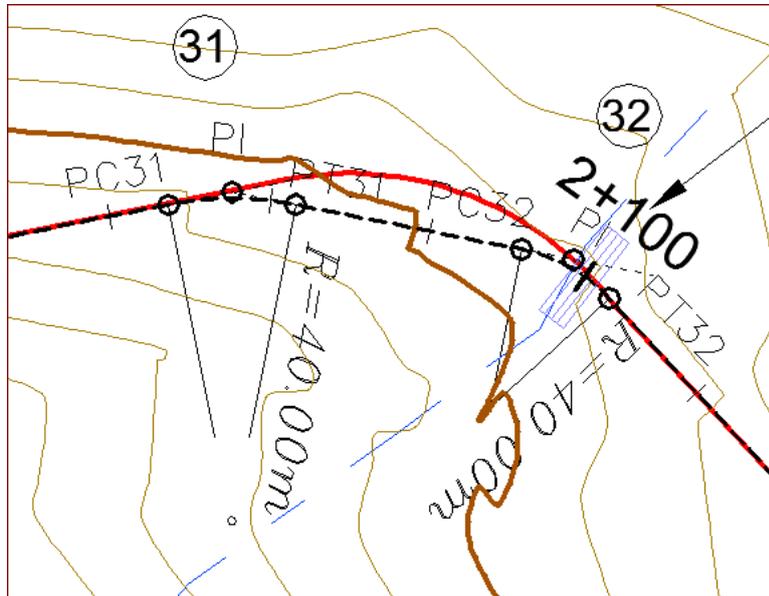
Figura 5.2-2: Rectificar el tramo entre las curva N° 12 y N° 21 con radio mínimo y tangentes



Fuente: Elaboración propia

- Las curvas 31 y 32 reducir a una sola curva.

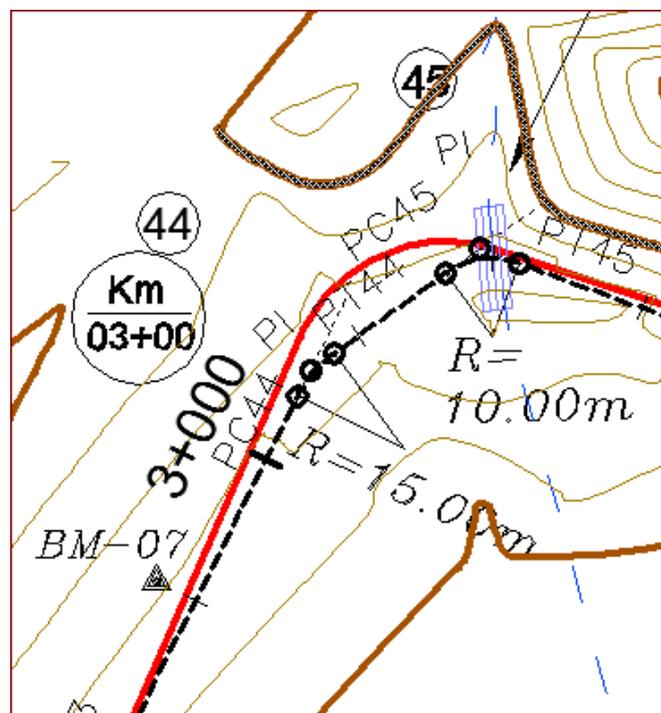
Figura 5.2-3: Modificar tramo entre curvas N° 31 y N° 32



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.2-4: Curvas N°44 y N° 45

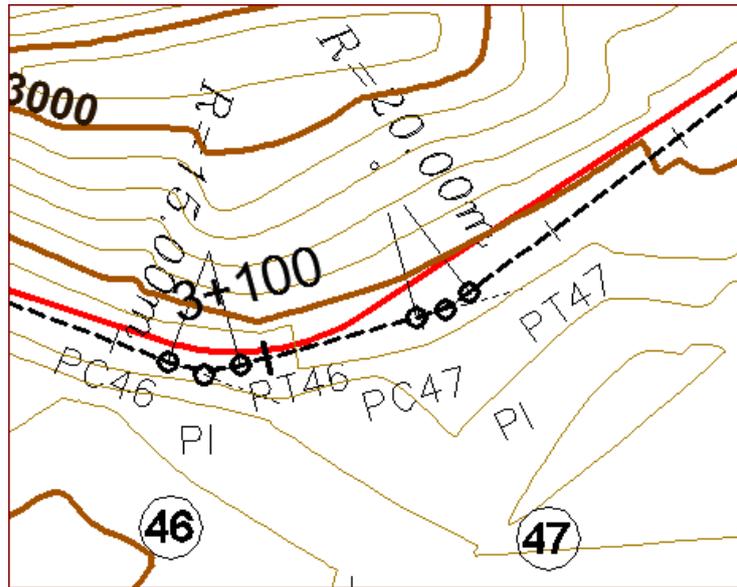
- Las curva 44,45 reducir a una sólo curva.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.2-5: Curvas N°46 y N°47 con tangente corta

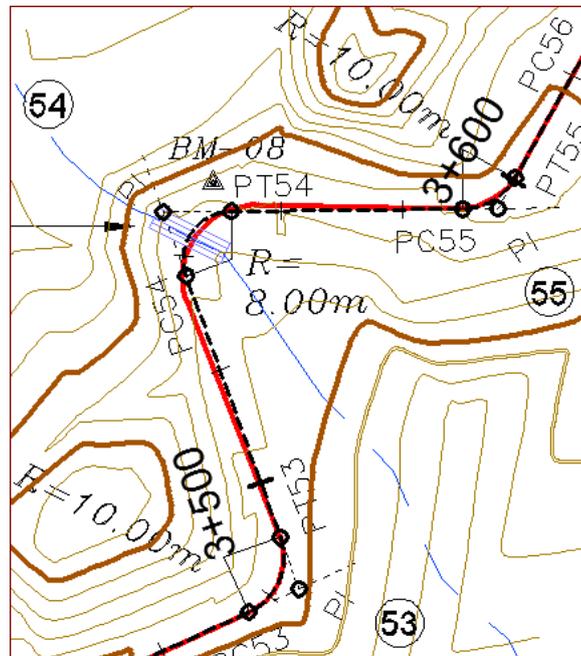
- Las curvas 46 y 47 se puede reducir a una sola curva.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.2-6: Curvas sin radio mínimo

- Rectificar el radio de la curva 53 - 54 - 55 al valor del radio mínimo de 12 m.



Fuente: Elaboración propia

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Céspedes Abanto, J. 2001. Carreteras Diseño moderno. 1° Edición. Cajamarca. Perú. Editorial Universitaria. 689 p.

Ministerio de Transportes, Comunicaciones y Comunicaciones. 2001. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG 2001). Lima, Perú, MTC. 451 p.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2013. Manual de Carreteras-Diseño Geométrico (DG-2013). Lima, Perú, MTC. 328 p.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2014. Manual de Carreteras-Diseño Geométrico (DG-2014). Lima, Perú, MTC. 329 p.

Grisales J.C. (2013). Diseño geométrico de carreteras. Segunda ed., Vol. 1. Bogotá, Colombia. Ecoe Ediciones. 548 p.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2008. Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentads de Bajo Volumen de Tránsito (MDCNPBVT). Lima, Perú, MTC. 208 p.

Aleman Vásquez, H. 2015. Propuesta de diseño geométrico de 5.0 km de vía de acceso vecinal montañosa final col. Quezaltepeque-Cantón Victoria, Santa Tecla, La Libertad, utilizando software especializado para diseño de carreteras, Tesis Gr. San Salvador, San Salvador. Universidad de EL Salvador. 403 p.

Huamán Peláez, SR. 2014. Perfil para el mejoramiento del camino vecinanl integrador desde Malingas, Pueblo Libre, Monteverde Bajo, las Salinas hasta Convento del distrito de Tambogrande-provincia de Piura. Tesis Gr. Piura, Perú, Universidad Ricardo Palma. 602 p.

Camacho Llovera, W. 2012. Mejoramiento de la carretera Auque-Morán Alto. Proyecto profesional. Cajamarca, Perú, UNC. 316 p.

ANEXO A

PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía N° 01: Inicio del tramo de la carretera en estudio



Fotografía N° 01: BM 1 en la base del poste de luz



Fotografía N° 03:Tramos de la carreteras por terrenos de cultivo



Fotografía N° 04: Carretera con bombeo hacia la izquierda.



Fotografía N° 05: Tráfico de vehículo por carretera.



Fotografía N° 06: Tesista cerca a laguna Santa Úrsula.

ANEXO B

PUNTOS TOPOGRÁFICOS DEL EJE

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCIÓN
1	788557.000	9204856.000	2834.00	Inicio
2	788557.685	9204858.404	2834.05	t
3	788557.959	9204859.366	2834.06	t
4	788562.072	9204873.791	2834.06	t
5	788568.917	9204897.803	2835.31	t
6	788556.315	9204853.596	2833.98	t
7	788548.092	9204824.751	2833.38	t
8	788537.766	9204861.483	2833.82	t
9	788518.533	9204866.966	2833.36	t
10	788499.299	9204872.449	2832.82	t
11	788480.976	9204880.165	2832.00	t
12	788462.376	9204886.600	2831.40	t
13	788442.543	9204889.183	2830.85	t
14	788422.711	9204891.766	2830.50	t
15	788402.878	9204894.348	2830.32	t
16	788383.320	9204898.404	2829.93	t
17	788364.048	9204903.747	2829.65	t
18	788344.775	9204909.091	2829.38	t
19	788325.502	9204914.435	2829.08	t
20	788306.229	9204919.779	2828.61	t
21	788286.956	9204925.123	2828.05	t
22	788267.724	9204930.606	2827.51	t
23	788249.175	9204938.065	2827.13	t
24	788230.781	9204945.917	2826.58	t
25	788212.387	9204953.768	2826.00	t
26	788193.992	9204961.620	2825.17	t
27	788175.849	9204969.962	2824.97	t
28	788160.307	9204982.547	2824.61	t
29	788153.672	9204986.891	2824.10	t
30	788141.777	9204986.156	2823.45	t
31	788121.944	9204983.575	2823.90	t
32	788102.111	9204980.994	2824.75	t
33	788082.279	9204978.413	2824.70	t
34	788062.446	9204975.832	2824.45	t
35	788057.488	9204975.186	2823.45	t
36	788043.884	9204978.186	2823.93	t
37	788050.641	9204995.477	2825.40	t
38	788062.363	9205011.649	2826.89	t
39	788066.769	9205031.089	2828.92	t
40	788070.239	9205050.786	2830.76	t
41	788073.709	9205070.483	2831.92	t

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCIÓN
42	788078.253	9205089.918	2832.79	t
43	788086.975	9205107.907	2833.64	t
44	788095.970	9205125.770	2834.87	t
45	788104.965	9205143.634	2836.12	t
46	788113.508	9205161.704	2837.25	t
47	788119.283	9205180.848	2838.41	t
48	788124.858	9205200.055	2839.73	t
49	788130.432	9205219.262	2840.72	t
50	788136.007	9205238.470	2841.92	t
51	788141.581	9205257.677	2843.22	t
52	788147.155	9205276.885	2844.80	t
53	788152.730	9205296.092	2846.17	t
54	788158.217	9205315.323	2847.82	t
55	788160.192	9205335.193	2849.52	t
56	788161.268	9205355.165	2851.61	t
57	788162.343	9205375.136	2853.91	t
58	788163.419	9205395.107	2856.18	t
59	788164.495	9205415.078	2858.37	t
60	788165.570	9205435.049	2860.91	t
61	788163.323	9205442.573	2862.66	t
62	788153.007	9205447.995	2862.93	t
63	788133.494	9205452.384	2864.45	t
64	788113.780	9205454.680	2865.39	t
65	788094.311	9205450.113	2866.55	t
66	788076.015	9205451.547	2869.20	t
67	788079.957	9205470.462	2871.16	t
68	788087.007	9205489.178	2871.16	t
69	788091.488	9205496.807	2872.31	t
70	788121.905	9205501.356	2872.61	t
71	788150.420	9205525.605	2872.14	t
72	788168.792	9205532.170	2872.50	t
73	788170.692	9205541.783	2872.62	t
74	788168.367	9205554.208	2873.68	t
75	788152.510	9205559.099	2874.70	t
76	788133.432	9205564.388	2877.11	t
77	788117.647	9205576.664	2877.93	t
78	788099.455	9205584.830	2879.20	t
79	788080.765	9205591.949	2880.15	t
80	788062.075	9205599.067	2881.69	t
81	788043.222	9205605.714	2882.83	t
82	788023.691	9205610.007	2884.14	t

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCIÓN
83	788004.125	9205614.151	2886.13	t
84	787985.214	9205620.508	2887.86	t
85	787966.989	9205628.746	2889.33	t
86	787948.885	9205637.235	2890.54	t
87	787932.161	9205648.178	2890.99	t
88	787915.769	9205659.638	2891.42	t
89	787899.378	9205671.097	2891.77	t
90	787883.230	9205682.878	2892.17	t
91	787868.774	9205696.698	2892.63	t
92	787854.350	9205710.552	2892.63	t
93	787839.983	9205724.461	2892.72	t
94	787838.725	9205732.028	2892.36	t
95	787846.276	9205729.397	2892.59	t
96	787848.395	9205737.396	2893.47	t
97	787868.395	9205737.413	2894.69	t
98	787888.217	9205740.009	2895.50	t
99	787908.012	9205742.863	2896.84	t
100	787927.808	9205745.718	2897.95	t
101	787947.603	9205748.572	2899.07	t
102	787967.398	9205751.427	2900.61	t
103	788006.989	9205757.136	2902.36	t
104	788026.784	9205759.990	2904.11	t
105	788045.706	9205765.624	2905.49	t
106	788059.843	9205779.743	2906.91	t
107	788074.118	9205793.708	2907.97	t
108	788083.124	9205797.956	2909.21	t
109	788087.032	9205789.342	2907.61	t
110	788092.630	9205801.059	2909.48	t
111	788111.643	9205807.265	2910.93	t
112	788130.656	9205813.471	2912.26	t
113	788149.906	9205818.835	2913.93	t
114	788169.519	9205822.754	2915.36	t
115	788189.131	9205826.672	2917.24	t
116	788208.926	9205828.617	2918.77	t
117	788228.561	9205824.829	2920.12	t
118	788245.894	9205820.297	2921.10	t
119	788247.574	9205819.213	2921.90	t
120	788261.383	9205804.779	2923.71	t
121	788274.901	9205790.039	2925.86	t
122	788288.634	9205775.517	2927.47	t
123	788306.318	9205766.299	2928.82	t

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCIÓN
124	788324.476	9205757.916	2930.11	t
125	788342.635	9205749.533	2931.62	t
126	788361.143	9205742.063	2932.87	t
127	788381.036	9205740.739	2934.43	t
128	788401.036	9205740.854	2936.16	t
129	788421.035	9205740.968	2937.87	t
130	788441.035	9205741.083	2939.45	t
131	788460.522	9205737.873	2941.00	t
132	788479.046	9205730.335	2942.49	t
133	788497.571	9205722.796	2944.15	t
134	788516.096	9205715.258	2944.65	t
135	788534.621	9205707.719	2946.23	t
136	788535.547	9205707.342	2946.23	t
137	788533.961	9205703.403	2946.25	t
138	788553.611	9205701.839	2948.05	t
139	788572.444	9205707.382	2950.11	t
140	788588.175	9205719.732	2951.36	t
141	788603.884	9205732.110	2953.19	t
142	788619.594	9205744.487	2954.07	t
143	788635.799	9205756.056	2956.98	t
144	788655.188	9205752.954	2957.98	t
145	788674.323	9205747.135	2958.87	t
146	788693.924	9205744.738	2961.08	t
147	788713.663	9205747.956	2963.18	t
148	788733.403	9205751.174	2965.70	t
149	788753.142	9205754.393	2967.42	t
150	788772.881	9205757.611	2970.02	t
151	788792.621	9205760.830	2971.50	t
152	788811.680	9205766.721	2972.77	t
153	788830.334	9205773.934	2973.43	t
154	788848.805	9205781.568	2973.95	t
155	788865.163	9205793.034	2974.38	t
156	788881.118	9205805.093	2975.09	t
157	788897.069	9205817.158	2975.94	t
158	788910.573	9205831.799	2977.39	t
159	788922.275	9205848.019	2978.84	t
160	788933.628	9205864.469	2980.22	t
161	788941.151	9205882.973	2980.80	t
162	788947.984	9205901.770	2981.23	t
163	788955.040	9205920.481	2981.74	t
164	788963.687	9205938.511	2982.14	t

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCIÓN
165	788972.568	9205956.431	2982.97	t
166	788981.449	9205974.351	2983.86	t
167	788993.127	9205990.090	2984.78	t
168	788993.937	9205990.677	2984.78	t
169	788991.700	9205993.709	2985.14	t
170	789010.138	9205999.966	2985.34	t
171	789029.030	9205993.577	2985.97	t
172	789047.783	9205986.626	2986.87	t
173	789067.054	9205984.597	2987.80	t
174	789086.357	9205989.831	2988.86	t
175	789103.017	9206000.708	2989.12	t
176	789119.074	9206012.631	2990.25	t
177	789135.131	9206024.555	2990.54	t
178	789151.188	9206036.478	2991.25	t
179	789168.222	9206046.687	2992.13	t
180	789187.832	9206050.604	2992.50	t
181	789207.465	9206054.420	2993.60	t
182	789201.219	9206086.555	3005.57	t
183	789246.988	9206051.253	2996.39	t
184	789266.796	9206048.781	2998.08	t
185	789286.664	9206051.044	2999.44	t
186	789306.471	9206053.749	3001.34	t
187	789325.450	9206060.038	3003.31	t
188	789344.352	9206066.572	3004.59	t
189	789363.148	9206073.387	3006.31	t
190	789364.059	9206073.800	3006.31	t
191	789365.676	9206070.305	3006.33	t
192	789381.313	9206081.755	3008.35	t
193	789399.476	9206090.129	3010.55	t
194	789417.113	9206099.308	3011.16	t
195	789415.653	9206118.126	3011.60	t
196	789408.919	9206136.958	3013.02	t
197	789402.901	9206155.936	3014.57	t
198	789404.202	9206159.675	3014.72	t
199	789418.984	9206163.346	3016.11	t
200	789438.983	9206163.562	3017.25	t
201	789453.757	9206164.971	3018.94	t
202	789457.322	9206168.402	3019.16	t
203	789466.997	9206185.906	3020.13	t
204	789480.278	9206199.832	3020.72	t

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCIÓN
205	789500.122	9206202.298	3021.40	t
206	789519.981	9206204.665	3022.40	t
207	789539.841	9206207.032	3022.90	t
208	789559.700	9206209.399	3023.14	t
209	789578.831	9206214.650	3023.52	t
210	789596.212	9206224.544	3023.92	t
211	789613.592	9206234.442	3024.57	t
212	789630.673	9206244.816	3025.07	t
213	789645.752	9206257.941	3025.50	t
214	789660.572	9206271.371	3025.82	t
215	789675.392	9206284.801	3025.87	t
216	789690.212	9206298.231	3026.10	t
217	789704.954	9206311.746	3027.12	t
218	789718.896	9206326.084	3028.13	t
219	789732.747	9206340.512	3029.44	t
220	789746.597	9206354.939	3030.69	t
221	789760.448	9206369.367	3032.66	t
222	789774.299	9206383.795	3035.39	t
223	789786.265	9206399.755	3036.92	t
224	789795.287	9206417.602	3038.44	t
225	789804.193	9206435.510	3041.21	t
226	789813.100	9206453.417	3042.80	t
227	789822.007	9206471.324	3043.52	t
228	789830.618	9206489.367	3044.52	t
229	789835.715	9206508.673	3045.41	t
230	789839.648	9206528.282	3046.62	t
231	789843.534	9206547.900	3047.51	t
232	789844.426	9206567.840	3049.15	t
233	789843.817	9206587.831	3050.74	t
234	789843.209	9206607.821	3051.99	t
235	789842.600	9206627.812	3053.52	t
236	789841.992	9206647.803	3054.61	t
237	789841.764	9206667.791	3055.59	t
238	789846.319	9206687.209	3056.61	t
239	789852.313	9206706.290	3058.22	t
240	789858.306	9206725.371	3060.46	t
241	789864.300	9206744.452	3061.54	t
242	789869.338	9206763.757	3063.13	t
243	789868.721	9206783.735	3064.32	t
244	789867.761	9206803.712	3065.26	t
245	789867.297	9206823.687	3067.05	t

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCIÓN
246	789872.701	9206842.900	3068.94	t
247	789878.941	9206861.902	3070.59	t
248	789884.494	9206881.082	3072.17	t
249	789886.454	9206900.986	3074.34	t
250	789888.395	9206920.891	3075.10	t
251	789889.741	9206940.845	3075.47	t
252	789890.973	9206960.807	3075.55	t
253	789899.500	9206978.100	3076.01	t
254	789912.282	9206993.482	3076.12	t
255	789934.794	9207012.621	3076.18	t
256	788557.921	9204848.681	2833.79	BM-0 (PL)
257	788552.159	9204850.270	2833.83	t
258	788575.858	9204851.140	2833.47	t
259	788483.417	9204869.989	2831.94	t
260	788482.493	9204860.032	2831.89	t
261	788481.569	9204850.075	2831.83	t
262	789977.000	9206993.000	3074.28	t
263	789968.000	9207009.000	3075.01	t
264	789940.000	9207035.000	3077.19	t
265	789946.000	9207065.000	3077.49	t
266	789936.842	9207079.051	3075.10	t
267	790075.000	9207353.000	3099.31	t
268	790028.000	9207255.000	3094.80	t
269	789986.000	9207167.000	3085.06	t
270	788049.441	9205431.308	2874.67	t

ANEXO C
PLANO DE UBICACIÓN

ANEXO D

PLANOS PLANTA PERFIL

ANEXO E

PLANO SECCION TÍPICA

ANEXO E

PLANOS SECCIONES TRANSVERSALES