

COMPARACIÓN DE ESPECIFICACIONES DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE
VÍAS DE MÉXICO Y BOLIVIA CON COLOMBIA, UTILIZANDO EL SOFTWARE
TOPO3



PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN

PREGRADO EN INGENIERÍA CIVIL

CRISTIAN FABIAN NIEVES HURTADO

CÓDIGO: 100413010115

LUIS ANTONIO VALENCIA LANDAZURI

CÓDIGO: 100413010510

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE VÍAS
POPAYÁN-CAUCA
2018

PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO EN LA MODALIDAD DE
INVESTIGACIÓN PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA PARA LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE PREGRADO EN INGENIERÍA CIVIL



CRISTIAN FABIAN NIEVES HURTADO

CÓDIGO: 100413010115

LUIS ANTONIO VALENCIA LANDAZURI

CÓDIGO: 100413010510

PRESENTADO A:
DEPARTAMENTO DE VÍAS

DIRECTOR:
ING. M.SC. EFRAÍN DE JESUS SOLANO

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE VÍAS
POPAYÁN-CAUCA
2018

NOTA DE ACEPTACIÓN

El Director y los Jurados han evaluado este documento, y escuchado la sustentación de este por los estudiantes y lo encuentran satisfactorio, por lo cual autorizan al estudiante para que desarrolle las gestiones para optar al título de Ingeniero Civil.

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Director

AGRADECIMIENTOS.

Queremos agradecer a todas aquellas personas que estuvieron a nuestro lado para lograr, en todo este tiempo y ante la adversidad, la realización de este proyecto, gracias a nuestras familias, a nuestros amigos, y a nuestro director, Efraín de Jesús Solano Fajardo, que nos mostró el camino en todo este trayecto académico y a todos los docentes que estuvieron atentos en la realización de la presente tesis, muchas gracias a todos ellos.

RESUMEN.

Actualmente existen diferentes softwares para el diseño de vías, sin embargo, se encuentran limitados, debido a que, los manuales de diseño empleados, sólo se refieren al país donde fueron desarrollados.

Ahora bien, el presente estudio, tiene como objetivo comparar diferentes diseños empleando los manuales de Colombia (Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, MDGC), México (Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, MPGC) y Bolivia (Manual de Carreteras Volumen I, MCVI).

Así pues, de los manuales mencionados en el anterior párrafo se obtuvieron diferentes parámetros necesarios para el diseño de vías, éstos fueron adaptados al software TOPO3 y se realizaron tres diseños para su comparación.

Finalmente, se obtuvieron para los manuales en estudio, los parámetros que son más estrictos.

TABLA DE CONTENIDO

	Pag.
RESUMEN.....	5
1 INTRODUCCIÓN.....	12
2 OBJETIVOS.....	13
En este trabajo de investigación se plantearon los siguientes objetivos.....	13
2.1 Objetivo general.....	13
2.2 Objetivos específicos.....	13
3 MARCO TEÓRICO.....	14
3.1 Manuales en estudio.....	14
3.2 Clasificación de carreteras.....	14
3.3 Aceleración centrífuga.....	18
3.4 Radios Mínimos.....	19
3.5 Relación de radios consecutivos.....	22
3.6 Peralte.....	26
3.7 Rampas de peralte.....	31
3.8 Longitud mínima curva vertical.....	32
3.9 Longitud mínima tangente vertical.....	34
3.10 Longitud máxima de tangente vertical.....	34
3.11 Pendiente mínima de tangente vertical.....	40
3.12 Pendiente máxima de tangente vertical.....	41
3.13 Longitud de la curva vertical (K).....	42
3.14 Distancia de visibilidad de adelantamiento y parada.....	45
3.14.1 Distancia de visibilidad de adelantamiento.....	45
3.14.2 Distancia de visibilidad de parada.....	49
3.15 Longitud de la curva espiral.....	51
3.15.1 Longitud mínima.....	51
3.15.2 Longitud máxima.....	56
4 METODOLOGÍA.....	59
4.1 Análisis, extracción y organización de la información de los manuales en estudio.....	59
4.2 Adaptación de la información de los manuales en estudio a TOPO3.....	59
4.3 Diseño geométrico de tres vías empleando TOPO3.....	59

4.4	Comparación de los diseños viales realizados.....	59
5	RESULTADOS.....	60
5.1	Diseño vial empleando el MDGC.	60
5.1.1	Generalidades.	60
5.1.2	Parámetros de diseño.....	61
5.1.3	Elementos en curvas horizontales.	61
5.1.4	Revisión del diseño en planta mediante el software.	64
5.1.5	Diseño y revisión de las curvas verticales.	67
5.1.6	Comparación del diseño realizado con el MDGC con el MPGC.....	70
5.1.7	Comparación del diseño realizado con el MDGC con el MCVI.....	76
5.1.8	Comparación de Los resultados del MPGC y MCVI.	83
5.2	Diseño vial empleando el MPGC.	85
5.2.1	Generalidades.	85
5.2.2	Parámetros de diseño.....	85
5.2.3	Elementos en curvas horizontales.	86
5.2.4	Revisión del diseño en planta mediante el software.	89
5.2.5	Diseño y revisión de las curvas verticales.	92
5.2.6	Comparación del diseño realizado con el MPGC con el MDGC.....	98
5.2.7	Comparación del diseño realizado con el MPGC con el MCVI.....	110
5.2.8	Comparación de Los resultados del MdGC y MCVI.	119
5.3	Diseño vial empleando el MCVI.	121
5.3.1	Generalidades.	121
5.3.2	Parámetros de diseño.....	122
5.3.3	Elementos en curvas horizontales.	122
5.3.4	Revisión del diseño en planta mediante el software.	124
5.3.5	Diseño y revisión de las curvas verticales.	126
5.3.6	Comparación del diseño realizado con el MCVI con el MDGC.....	130
5.3.7	Comparación del diseño realizado con el MCVI con el MPGC.....	136
5.3.8	Comparación de Los resultados del MdGC y MCVI.	140
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	142
7	BIBLIOGRAFIA.	144

ÍNDICE DE TABLAS

Pag.

Tabla 3.1. Clasificación técnica de carreteras	15
Tabla 3.2. Valores de la velocidad de diseño de los tramos homogéneos (<i>VTR</i>) en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno.	16
Tabla 3.3. Velocidad Específica de una curva horizontal (<i>VCH</i>) incluida en un tramo homogéneo con velocidad de diseño <i>VTR</i>	16
Tabla 3.4. Velocidades de proyecto, según el tipo de carretera.	16
Tabla 3.5. Velocidades de proyecto, según el tipo de carretera y según el tipo de terreno.	17
Tabla 3.6. Clasificación funcional para diseño carreteras y caminos rurales.	17
Tabla 3.7. Velocidades de proyecto, según el tipo de carretera y según el tipo de terreno.	18
Tabla 3.8. Variación de la aceleración centrífuga (<i>J</i>).	18
Tabla 3.9. Tasa máxima de distribución de la aceleración transversal.	19
Tabla 3.10. Tasa normal de distribución de aceleración transversal.	19
Tabla 3.11. Radios mínimos para peralte máximo $e_{m\acute{a}x} = 8\%$ y fricción máxima.	20
Tabla 3.12. Radios mínimos para peralte máximo $e_{m\acute{a}x} = 6\%$ y fricción máxima.	20
Tabla 3.13. Radios mínimos para peralte máximo $e_{m\acute{a}x} = 10\%$	21
Tabla 3.14. Radios mínimos absolutos en curvas horizontales.	22
Tabla 3.15. Ecuaciones de la relación entre radios de curvas contiguas.	22
Tabla 3.16. Relación entre radios de curvas horizontales consecutivas con entretangencia de longitud menor o igual a cuatrocientos metros (400 m).	23
Tabla 3.17. Radios R_c según velocidad específica <i>VCH</i> y peraltes <i>e</i> , para vías primarias y secundarias.	27
Tabla 3.18. Radios R_c según velocidad específica <i>VCH</i> y peraltes <i>e</i> , para vías terciarias.	28
Tabla 3.19. Radios R_c según peraltes <i>e</i> , para carreteras y caminos.	30
Tabla 3.20. Valores máximos y mínimos de la pendiente longitudinal para rampas de peraltes.	31
Tabla 3.21. Valores admisibles de la pendiente longitudinal para rampas de peraltes.	31
Tabla 3.22. Longitud mínima de curva vertical según la velocidad específica.	32
Tabla 3.23. Longitud mínima de curva vertical según la velocidad de proyecto.	33
Tabla 3.24. Longitud mínima de curva vertical según la velocidad de proyecto.	33
Tabla 3.25. Longitud mínima de la tangente vertical.	34
Tabla 3.26. Relación entre la pendiente máxima (%) y la velocidad específica de la tangente vertical.	41
Tabla 3.27. Relación entre la pendiente máxima (%) y la velocidad de proyecto según el tipo de carretera.	41
Tabla 3.28. Pendientes máximas admisibles (%).	42

Tabla 3.29. Valores de K mínimo para el control de la distancia de visibilidad de parada y longitudes mínimas según criterio de operación en curvas.	43
Tabla 3.30. Valores de K mínimo y K máximo para el control de la longitud en curvas verticales, según MPGC.	44
Tabla 3.31. Valores de K mínimo y K máximo para el control de la longitud en curvas verticales, según MCVI.	44
Tabla 3.32. Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles dos sentidos.	45
Tabla 3.33. Distancia de adelantamiento.	46
Tabla 3.34. Distancias de visibilidad de adelantamiento.	46
Tabla 3.35. Distancias de visibilidad de adelantamiento.	48
Tabla 3.36. Distancia mínima de adelantamiento.	48
Tabla 3.37. Distancias de visibilidad de adelantamiento.	49
Tabla 3.38. Distancias de visibilidad de parada en tramos a nivel.	50
Tabla 3.39. Distancias de visibilidad de parada.	50
Tabla 3.40. Distancias de visibilidad de parada.	51
Tabla 5.1. Elementos del diseño en planta, curvas horizontales. Primera parte. ...	62
Tabla 5.2. Elementos del diseño en planta, curvas horizontales. Segunda parte. ...	63
Tabla 5.3- Criterios para la longitud de espirales.	64
Tabla 5.4. Revisión del diseño en planta. Primera parte.	65
Tabla 5.5. Revisión diseño en planta. Segunda parte.	66
Tabla 5.6. Parámetros de revisión constantes y variables en el diseño vertical. ...	67
Tabla 5.7. Elementos del diseño en perfil, curvas verticales.	68
Tabla 5.8. Valores de referencia curvas verticales.	69
Tabla 5.9. Revisión del diseño en perfil, curvas verticales.	69
Tabla 5.10. Parámetros que incumplen el diseño horizontal.	70
Tabla 5.11. Revisión diseño en planta con el MPGC. Primera parte.	71
Tabla 5.12. Revisión diseño en planta con el MPGC. Segunda parte.	72
Tabla 5.13. Elementos de curvas horizontales con el MPGC. Primera parte.	73
Tabla 5.14. Elementos de curvas horizontales con el MPGC. Segunda parte.	74
Tabla 5.15. Parámetros que incumplen el diseño en perfil.	75
Tabla 5.16. Valores de referencia curvas verticales.	75
Tabla 5.17. Revisión del diseño en perfil, curvas verticales.	76
Tabla 5.18. Parámetros que incumplen el diseño horizontal.	77
Tabla 5.19. Revisión diseño en planta con el MCVI. Primera parte.	78
Tabla 5.20. Revisión diseño en planta con el MCVI. Segunda parte.	79
Tabla 5.21. Elementos de curvas horizontales con el MCVI. Primera parte.	80
Tabla 5.22. Elementos de curvas horizontales con el MCVI. Segunda parte.	81
Tabla 5.23. Parámetros que incumplen el diseño en perfil.	82
Tabla 5.24. Valores de referencia curvas verticales.	82
Tabla 5.25. Revisión del diseño en perfil, curvas verticales.	83
Tabla 5.26. Resumen del diseño en planta.	83

Tabla 5.27. Resumen del diseño en perfil.	84
Tabla 5.28. Elementos del diseño en planta, curvas horizontales. Primera parte.	87
Tabla 5.29. Elementos del diseño en planta, curvas horizontales. Segunda parte.	88
Tabla 5.30. Criterios para la longitud de espirales.	89
Tabla 5.31. Revisión diseño en planta. Primera parte.	90
Tabla 5.32. Revisión diseño en planta. Segunda parte.	91
Tabla 5.33. Parámetros de revisión constantes y variables en el diseño vertical.	92
Tabla 5.34. Elementos del diseño en perfil, curvas verticales. Primera parte.	93
Tabla 5.35. Elementos del diseño en perfil, curvas verticales. Segunda parte.	94
Tabla 5.36. Valores de referencia curvas verticales. Primera parte.	95
Tabla 5.37. Valores de referencia curvas verticales. Segunda parte.	96
Tabla 5.38. Revisión del diseño en perfil, curvas verticales. Primera parte.	97
Tabla 5.39. Revisión del diseño en perfil, curvas verticales. Segunda parte.	98
Tabla 5.40. Parámetros que incumplen el diseño horizontal.	99
Tabla 5.41. Revisión diseño en planta con el MDGC. Primera parte.	100
Tabla 5.42. Revisión diseño en planta con el MDGC. Segunda parte.	101
Tabla 5.43. Elementos de curvas horizontales con el MDGC. Primera parte.	102
Tabla 5.44. Elementos de curvas horizontales con el MDGC. Segunda parte.	103
Tabla 5.45. Velocidades en curvas verticales.	104
Tabla 5.46. Parámetros que incumplen el diseño en perfil.	105
Tabla 5.47. Valores de referencia curvas verticales. Primera parte.	106
Tabla 5.48. Valores de referencia curvas verticales. Segunda parte.	107
Tabla 5.49. Revisión del diseño en perfil, curvas verticales. Primera parte.	108
Tabla 5.50. Revisión del diseño en perfil, curvas verticales. Segunda parte.	109
Tabla 5.51. Parámetros que incumplen el diseño horizontal.	110
Tabla 5.52. Revisión diseño en planta con el MCVI. Primera parte.	111
Tabla 5.53. Revisión diseño en planta con el MCVI. Segunda parte.	112
Tabla 5.54. Elementos de curvas horizontales con el MCVI. Primera parte.	113
Tabla 5.55. Elementos de curvas horizontales con el MCVI. Segunda parte.	114
Tabla 5.56. Parámetros que incumplen el diseño en perfil.	115
Tabla 5.57. Valores de referencia curvas verticales. Primera parte.	116
Tabla 5.58. Valores de referencia curvas verticales. Segunda parte.	117
Tabla 5.59. Revisión del diseño en perfil, curvas verticales. Primera parte.	118
Tabla 5.60. Revisión del diseño en perfil, curvas verticales. Segunda parte.	119
Tabla 5.61. Resumen del diseño en planta.	120
Tabla 5.62. Resumen del diseño en perfil.	120
Tabla 5.63. Elementos del diseño en planta, curvas horizontales.	123
Tabla 5.64. Revisión del diseño en planta.	125
Tabla 5.65. Parámetros de revisión constantes y variables en el diseño vertical.	126
Tabla 5.66. Elementos del diseño en perfil, curvas verticales.	127
Tabla 5.67. Valores de referencia curvas verticales.	128
Tabla 5.68. Revisión del diseño en perfil, curvas verticales.	129

Tabla 5.69. Parámetros que incumplen el diseño horizontal.....	130
Tabla 5.70. Revisión diseño en planta con el MDGC.....	131
Tabla 5.71. Elementos de curvas horizontales con el MDGC.....	132
Tabla 5.72. Velocidades en curvas verticales.....	133
Tabla 5.73. Parámetros que incumplen el diseño en perfil.....	133
Tabla 5.74. Valores de referencia curvas verticales.....	134
Tabla 5.75. Revisión del diseño en perfil, curvas verticales.....	135
Tabla 5.76. Parámetros que incumplen el diseño horizontal.....	136
Tabla 5.77. Revisión diseño en planta con el MPGC.....	137
Tabla 5.78. Elementos de curvas horizontales con el MPGC.....	138
Tabla 5.79. Parámetros que incumplen el diseño en perfil.....	139
Tabla 5.80. Valores de referencia curvas verticales.....	139
Tabla 5.81. Revisión del diseño en perfil, curvas verticales.....	140
Tabla 5.82. Resumen del diseño en planta.....	141
Tabla 5.83. Resumen del diseño en perfil.....	141

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Relación entre radios consecutivos en carreteras.....	25
Gráfica 2. Relación entre radios consecutivos en caminos.....	26
Gráfica 3. Relación radio-peralte para carreteras y caminos.....	29
Gráfica 4. Efecto de las pendientes en los vehículos con relación peso/potencia de 150 kg/HP.....	35
Gráfica 5. Efecto de las pendientes en los vehículos con relación peso/potencia de 180 kg/HP.....	35
Gráfica 6. Efecto de las pendientes ascendentes en los vehículos de proyecto con relación peso/potencia de 90 kg/HP.....	36
Gráfica 7. Efecto de las pendientes ascendentes en los vehículos de proyecto con relación peso/potencia de 120 kg/HP.....	37
Gráfica 8. Efecto de las pendientes ascendentes en los vehículos de proyecto con relación peso/potencia de 180 kg/HP.....	38
Gráfica 9. Efecto de las pendientes ascendentes en los vehículos de proyecto con relación peso/potencia de 200 kg/HP.....	39
Gráfica 10. Efecto de las pendientes ascendentes en los vehículos de proyecto con relación peso/potencia de 90 kg/HP.....	40
Gráfica 11. Distancia de visibilidad de adelantamiento.....	47
Gráfica 12. Parámetros mínimos y normales de la clotoide en función del radio de curvatura.....	58
Gráfica 13. Tramo vial entre Tambo-Huisito (Cauca).....	60
Gráfica 14. Tramo vial entre Pilcuan y Tangua.....	85
Gráfica 15. Tramo vial entre Túquerres-Samaniego (Nariño).....	121

1 INTRODUCCIÓN.

En un mundo globalizado, es necesario tener herramientas las cuales permitan mejorar el rendimiento en términos de tiempo, calidad y economía, para obtener mejores resultados y ser aplicados con una mayor facilidad, sin embargo, a pesar de que se cuenten con herramientas avanzadas, en muchas ocasiones la aplicación de éstas se ve limitada por las diferencias, por ejemplo, entre países, debido a que, cada uno de ellos presenta diferentes condiciones topográficas, climatológicas, hidrológicas, geológicas, etc., lo que conlleva a elaborar manuales para sus características específicas.

Ahora bien, para el diseño geométrico de vías, existen diferentes tipos de software que permiten a los ingenieros realizarlo con mayor eficiencia, sin embargo, los programas no se adaptan a los diferentes manuales, lo que genera complicaciones en el momento de diseñar, al tener que evaluar cada elemento de la vía y comprobar que estos sean cumplidos según las normas.

En esta investigación se adapta a un software de diseño de vías, los siguientes manuales, en Colombia, se encuentra vigente el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (MDGC 2008), en México, se ha elaborado el Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras (MPGC 2016) y finalmente, pero no menos importante, en Bolivia se elaboró el Manual de Carreteras Volumen I (MCVI), de tal manera, que en estos países se pueda realizar el diseño geométrico de vías, aumentando el rendimiento para realizarlo.

2 OBJETIVOS.

En este trabajo de investigación se plantearon los siguientes objetivos.

2.1 OBJETIVO GENERAL.

Comparar las especificaciones de diseño geométrico de vías de México y Bolivia con Colombia, utilizando el software TOPO3.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Incluir las especificaciones de diseño geométrico de carreteras de México y Bolivia al software TOPO3.
- Realizar el diseño de tres tramos de vías empleando el software TOPO3.
- Comparar y evaluar los diseños viales realizados con los manuales en estudio.

3 MARCO TEÓRICO.

Una carretera es una infraestructura de transporte especialmente acondicionada dentro de una faja de terreno denominada derecho de vía, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua en el espacio y en el tiempo, con niveles adecuado de seguridad y comodidad, Cárdenas (2013). Además, según el mismo autor, las vías deben cumplir varios aspectos, tales como, funcionalidad, comodidad, estética, economía y compatibilidad. Una vía será: funcional, cuando ofrezca una adecuada movilidad a través de una velocidad de operación suficiente; cómoda, si la aceleración de los vehículos es poco variada; estética, cuando la vía se adapte al paisaje generando visuales agradables; económica, cuando al cumplir con todos los requisitos ofrece el menor costo posible en construcción y mantenimiento; finalmente una vía será compatible al adaptarla a la topografía natural, a los usos del suelo y al valor de la tierra, y procurando mitigar o minimizar los impactos ambientales. Para todo lo anterior, el diseño geométrico de vías cumple un aspecto fundamental, por lo cual, debe ser simple, uniforme y consistente.

El diseño geométrico de la vía, el proceso de correlacionar los elementos físicos de la carretera con las condiciones de operación de los vehículos y las características del terreno. Estos elementos físicos se representan por la geometría de los alineamientos horizontal y vertical, las secciones transversales, las distancias de visibilidad, etc. En el diseño geométrico de una vía, especialmente si se trata de una carretera, es necesario establecer las relaciones posibles entre la vía en potencia, el vehículo y el conductor, que son los tres elementos que intervienen en la operación de transportar. (Chocontá, 2004).

3.1 MANUALES EN ESTUDIO.

Ahora bien, a continuación, se presentarán los parámetros de los manuales para el diseño geométrico de vías de Colombia, México y Bolivia, en este respectivo orden.

En Colombia, se encuentra vigente el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (MDGC) desde el 2008; en México se encuentra vigente el Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras (MPGC) desde el 2016; y en Bolivia se encuentra vigente el Manual de Carreteras Volumen I (MCVI).

3.2 CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS.

En Colombia, la clasificación en de las carreteras se realiza según su funcionalidad: Primarias, Secundarias y Terciarias, es decir, el nivel de importancia que tiene la carretera, y según el tipo de terreno: Plano, Ondulado, Montañoso y Escarpado, lo cual es determinado principalmente por la pendiente transversal que presenta el terreno.

En México, las carreteras se clasifican según el nivel de exigencia a nivel de diseño geométrico y estructural que permita la operación de todos los vehículos autorizados con las máximas dimensiones, capacidad y peso: Tipo ET, Tipo A, Tipo B, Tipo C y Tipo D. Así mismo el manual especifica los diferentes tipos de terrenos, tales son: Plano, Lomerío y Montañoso.

En la tabla 3.1, se muestra las descripciones de los tipos de carreteras y sus correspondientes nomenclaturas.

Tabla 3.1. Clasificación técnica de carreteras

Tipo de Carreteras	Nomenclatura
Ejes de Transporte, carreteras de cuatro carriles con control total de accesos	ET4
Ejes de Transporte, carreteras de dos carriles con control total de accesos	ET2
Carreteras de cuatro carriles, con control total o parcial de accesos	A 4
Carreteras de dos carriles, con control total o parcial de accesos	A 2
Carreteras de dos carriles, sin control de accesos	B 2
Carreteras de dos carriles, sin control de accesos	C
Carreteras de dos carriles, sin control de accesos	D

Nota. Recuperado del "Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras"

En Bolivia, las carreteras se clasifican según la longitud de recorrido y la velocidad del proyecto, es decir que, a mayor longitud de recorrido, se debe garantizar una mayor velocidad. Se tiene 6 categorías divididas en dos grupos.

- Carreteras: Autopistas, Autorrutas y Primarias.
- Caminos: Colectores, Locales y en Desarrollo.

De igual forma, clasifican la vía según el tipo de terreno: llano, ondulado y montañoso.

A partir de la clasificación de carreteras, se determinan las velocidades de diseño para cada manual, las cuales son requeridas para la mayoría de parámetros.

Para Colombia, las velocidades en carretera dependen de la clasificación de la carretera y el tipo de terreno que en ella se presenta, además, las velocidades varían dependiendo de diferentes parámetros, tales como: deflexión, longitud de entretangencia y la velocidad de Tramo.

En la tabla 3.2 se presenta la velocidad de diseño según el tipo de categoría de la carretera y el tipo de terreno. Posteriormente, en la tabla 3.3, se muestra la velocidad específica de una curva horizontal, lo que genera una variación de velocidad a lo largo de todo el proyecto.

Tabla 3.2. Valores de la velocidad de diseño de los tramos homogéneos (V_{TR}) en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno.

TIPO DE CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
1A	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
1B	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
2	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
3	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										

Nota. Recuperado del “Manual de Diseño Geométrico de Carreteras”.

Tabla 3.3. Velocidad Específica de una curva horizontal (V_{CH}) incluida en un tramo homogéneo con velocidad de diseño V_{TR} .

Velocidad Específica de la Curva horizontal anterior V_{CH} (km/h)	Velocidad de Diseño del Tramo ($V_{TR} \leq 50$ km/h)					Velocidad de Diseño del Tramo ($V_{TR} > 50$ km/h)				
	Longitud del Segmento recto anterior (m)									
	$L \leq 70$	$70 < L \leq 250$		$250 < L < 400$	$L > 400$	$L \leq 150$	$150 < L \leq 400$		$400 < L \leq 600$	$L > 600$
$\Delta < 45^\circ$		$\Delta \geq 45^\circ$	$\Delta < 45^\circ$				$\Delta \geq 45^\circ$			
V_{TR}	V_{TR}	V_{TR}	V_{TR}	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 20$	V_{TR}	V_{TR}	V_{TR}	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 20$
$V_{tr} + 10$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 10$	V_{TR}	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 10$	V_{TR}	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 20$
$V_{tr} + 20$	$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 20$
CASO	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

Nota. Recuperado del “Manual de Diseño Geométrico de Carreteras”.

Para México, la velocidad de proyecto se especifica para los diferentes tipos de carreteras y terrenos, sin embargo, a diferencia de las especificaciones colombianas, la velocidad de proyecto se mantiene a lo largo del trayecto. En la tabla 3.4, se muestra las velocidades de proyecto con respecto a la clasificación de la carretera, posteriormente, en la tabla 3.5, se muestra las velocidades de proyecto con respecto a la clasificación de la carretera y al tipo de terreno.

Tabla 3.4. Velocidades de proyecto, según el tipo de carretera.

Velocidad de Proyecto (km/h)	Tipo de Carretera			
	ET y A	B	C	D
	110 a 70	110 a 50	100 a 40	90 a 30

Nota. Recuperado del “Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras”.

Tabla 3.5. Velocidades de proyecto, según el tipo de carretera y según el tipo de terreno.

TIPO DE CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h)								
		30	40	50	60	70	80	90	100	110
ET	Plano									
	Lomerío									
	Montañoso									
A	Plano									
	Lomerío									
	Montañoso									
B	Plano									
	Lomerío									
	Montañoso									
C	Plano									
	Lomerío									
	Montañoso									
D	Plano									
	Lomerío									
	Montañoso									

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 3.6 se presentan las velocidades de proyecto en Bolivia, según el tipo de carretera y en la tabla 3.7 las velocidades de proyecto con respecto al tipo de carretera y al tipo de terreno.

Tabla 3.6. Clasificación funcional para diseño carreteras y caminos rurales.

CATEGORÍA		SECCIONES TRANSVERSALES		VELOCIDAD DE PROYECTO	CÓDIGO TIPO
		N° CARRILES	N° CALZADAS		
AUTOPISTA	(O)	4 ó + UD	2	120 - 100 - 80	A (n) - xx
AUTORUTA	(I.A)	4 ó + UD	2	100 - 90 - 80	AR (n) - xx
PRIMARIO	(I.B)	4 ó + UD	2 (1)	100 - 90 - 80	P (n) - xx
		2BD	1	100 - 90 - 80	P (2) - xx
COLECTOR	(II)	4 ó + UD	2 (1)	80 - 70 - 60	C (n) - xx
		2BD	1	80 - 70 - 60	C (2) - xx
LOCAL	(III)	2BD	1	70 - 60 - 50 - 40	L (2) - xx
DESARROLLO		2BD	1	50 - 40 - 30	D - xx

-UD: Unidireccionales

-BD: Bidireccionales

(n) Número Total de Carriles

- xx Velocidad de Proyecto (km/h)

. Menor que 30 km/h en sectores puntuales conflictivos

Nota. Recuperado del "Manual de Carreteras Volumen 1".

Tabla 3.7. Velocidades de proyecto, según el tipo de carretera y según el tipo de terreno.

		VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h)			
		LLANO	ONDULADO		MONTAÑOSO
			MEDIO	FUERTE	
CARRETERAS	AUTOPISTA	120	120	100	80
	AUTORUTA	100-90	100-90	100-90	80
	PRIMARIO	100-90	100-90	100-90	80
CAMINOS	COLECTOR	80	80	70	60
	LOCAL	70	70	60	50-40
	DESARROLLO	50-40	50-40	30	30

Nota. Elaboración propia.

Se detalla que las velocidades en cada uno de los manuales se consideran de manera diferente, debido a que la categoría de las carreteras varía en cada país, por otro lado, se puede resaltar que en el manual de Bolivia no se presenta un rango de velocidades como se muestra en los otros manuales.

Además, para Bolivia y México, las velocidades de proyecto se mantienen constantes a lo largo del trayecto, es decir, que la velocidad para el diseño de elementos viales será la misma, mientras que, en Colombia las velocidades son variables con respecto a parámetros anteriormente mencionados.

3.3 ACELERACIÓN CENTRÍFUGA.

Para Colombia, la aceleración centrífuga varía con respecto a la velocidad como se muestra en la tabla 3.8.

Tabla 3.8. Variación de la aceleración centrífuga (J).

Vch (km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
J (m/s ³)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4

Nota. Recuperado del "Manual de Diseño Geométrico de Carreteras".

En contraste, para México, el valor de aceleración centrífuga se asume como 1.2 m/s^3 , para cada velocidad de proyecto.

Por otro lado, Bolivia, establece dos casos para el valor de aceleración centrífuga. Primero, el MCVI establece que si el radio de la curva posee un valor comprendido entre $R_{\min} \leq R \leq 1,2 R_{\min}$, resulta conveniente emplear los valores de J_{\max} que se muestran en la tabla 3.9, con ello se busca que el usuario perciba una fuerza centrífuga no compensada por el peralte que crece rápidamente, en relación con la

que percibe en curvas más amplias, ello le advertirá que está entrando a una configuración mínima.

Tabla 3.9. Tasa máxima de distribución de la aceleración transversal.

Ve = Vp (km/h)	40-60	70	80	90	100	120
J máx (m/s³)	1.5	1.4	1.0/0.9	0.9	0.8	0.4

Nota: para 80 Km/h el valor mayor corresponde a Caminos y el menor a Carreteras

Nota. Recuperado del "Manual de Carreteras Volumen 1".

El segundo caso, se menciona que si el radio de la curva posee un valor de $R > 1,2 R_{\min}$, se emplearán los valores de J normal de la tabla 3.10 o incluso algo menores.

Tabla 3.10. Tasa normal de distribución de aceleración transversal.

Ve (km/h)	Ve < 80	Ve ≥ 80
J Normal (m/s³)	0.5	0.4

Nota. Recuperado del "Manual de Carreteras Volumen 1".

Se observa que el parámetro de aceleración centrífuga J es muy variable entre cada uno de los países, es decir, Bolivia utiliza valores altos en comparación a Colombia, y por otro lado México considera un valor constante para todas las velocidades de proyecto lo que generaría una variación en los cálculos de la longitud de la clotoide.

3.4 RADIOS MÍNIMOS.

En Colombia, el MDGC indica que el radio mínimo se calcula en función de la V_{CH} , el peralte máximo (e_{\max}) y el coeficiente de fricción transversal ($f_{T\max}$), como se indica en la siguiente ecuación.

Ecuación 1. Radio mínimo.

$$R_{C\min} = \frac{V_{CH}^2}{127 * (e_{\max} + f_{T\max})}$$

Nota. Recuperado del "Manual de Diseño Geométrico de Carreteras".

Paralelamente, los valores del peralte máximo en Colombia son:

- Para carreteras primarias y secundarias, 8%.
- Para vías terciarias: 6%.

En las tablas 3.11 y 3.12, se resume la ecuación 1 para los diferentes tipos de velocidad específica, peralte máximo y coeficiente de fricción transversal.

Tabla 3.11. Radios mínimos para peralte máximo $e_{m\acute{a}x} = 8\%$ y fricción máxima.

Velocidad específica V_{CH} (km/h)	PERALTE MÁXIMO (%)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL $f_{Tm\acute{a}x}$	TOTAL $e_{m\acute{a}x} + f_{m\acute{a}x}$	RADIO MÍNIMO (m)	
				CALCULADO	REDONDEADO
40	8.0	0.23	0.31	40.6	41
50	8.0	0.19	0.27	72.9	73
60	8.0	0.17	0.25	113.4	113
70	8.0	0.15	0.23	167.8	168
80	8.0	0.14	0.22	229.1	229
90	8.0	0.13	0.21	303.7	304
100	8.0	0.12	0.2	393.7	394
110	8.0	0.11	0.19	501.5	501
120	8.0	0.09	0.17	667.0	667
130	8.0	0.08	0.16	831.7	832

Nota. Recuperado del "Manual de Diseño Geométrico de Carreteras".

Tabla 3.12. Radios mínimos para peralte máximo $e_{m\acute{a}x} = 6\%$ y fricción máxima.

VELOCIDAD ESPECÍFICA (V_{CH}) (km/h)	PERALTE MÁXIMO (%)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL $f_{Tm\acute{a}x}$	TOTAL $e_{m\acute{a}x} + f_{m\acute{a}x}$	RADIO MÍNIMO (m)	
				CALCULADO	REDONDEADO
20	6.0	0.35	0.41	7.7	15 (1)
30	6.0	0.28	0.34	20.8	21
40	6.0	0.23	0.29	43.4	43
50	6.0	0.19	0.25	78.7	79
60	6.0	0.17	0.23	123.2	123

(1) La adopción de este valor redondeado se sustenta básicamente en la necesidad a suministrar a los vehículos condiciones de desplazamiento cómodas, en aras de permitir giros sin requerir cambios muy fuertes en su velocidad

Nota. Recuperado del "Manual de Diseño Geométrico de Carreteras".

Para México, se utiliza la ecuación 2 para el cálculo de radios mínimos.

Ecuación 2. Radio mínimo.

$$R_{\text{mín}} = \frac{V_p^2}{127 * (e_{\text{máx}} + f_{T\text{máx}})}$$

Nota. Recuperado del "Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras".

Entonces, los valores de radios mínimos que se resumen en la tabla 3.13, a primera vista, deberían ser los mismos, sin embargo, se debe tener en cuenta que para México el peralte máximo es de 10%. Además, los valores para el coeficiente de fricción transversal en cada una de las velocidades son diferentes a los de Colombia.

Tabla 3.13. Radios mínimos para peralte máximo $e_{\text{máx}} = 10\%$.

Vp (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Ft	0.297	0.224	0.201	0.183	0.167	0.154	0.142	0.130	0.126
Rmín (m)	20	40	70	105	155	210	270	355	420

Nota. Recuperado del "Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras".

En Bolivia, igual que para los casos anteriores, se emplea la ecuación 3.

Ecuación 3. Radio mínimo.

$$R_{\text{mín}} = \frac{V_p^2}{127 * (e_{\text{máx}} + f_{T\text{máx}})}$$

Nota. Recuperado del "Manual de Carreteras Volumen 1".

Sin embargo, los valores de peralte máximo varían de la siguiente forma:

- Para Caminos: $e_{\text{máx}} = 7\%$.
- Para Carreteras: $e_{\text{máx}} = 8\%$.

De igual forma, los valores de fricción son diferentes, así pues, la tabla 3.14 resume los radios mínimos para las diferentes velocidades de proyecto.

Tabla 3.14. Radios mínimos absolutos en curvas horizontales.

Caminos Colectores - Locales - Desarrollo			
Vp (km/h)	emáx (%)	f	Rmin (m)
30	7	0.215	25
40	7	0.198	50
50	7	0.182	80
60	7	0.165	120
70	7	0.149	180
80	7	0.132	250
Carreteras - Autopistas Autorrutas - Primarios			
80	6	0.122	250
90	6	0.114	330
100	6	0.105	425
110	6	0.096	540
120	6	0.087	700

Nota. Recuperado del "Manual de Carreteras Volumen 1"

3.5 RELACIÓN DE RADIOS CONSECUTIVOS.

En Colombia, el MDGC presenta parámetros para la relación de radios consecutivos, como se muestra en la tabla 3.15.

Tabla 3.15. Ecuaciones de la relación entre radios de curvas contiguas.

CONDICIÓN	RADIO DE SALIDA
$(V_{CH}) \geq 80 \text{ km/h}$	$1.5 \times R + 1.05 \times 10^{-8} \times (R - 250)^3 \times R$ $250 < R < 700$
$(V_{CH}) < 80 \text{ km/h}$	$1.5 \times R + 4.693 \times 10^{-8} \times (R - 50)^3 \times R$ $50 < R < 300$

Nota. Recuperado del "Manual de Diseño Geométrico de Carreteras".

Así pues, la tabla 3.16 muestra la relación entre radios de curvas consecutivas, teniendo como limitante una longitud menor o igual a 400 m.

Tabla 3.16. Relación entre radios de curvas horizontales consecutivas con entretangencia de longitud menor o igual a cuatrocientos metros (400 m).

Velocidad de curva horizontal < 80Km/h		
Radio de entrada (m)	Radio de salida (m)	
	Mínimo	Máximo
15	15	25
20	15	30
30	20	45
40	30	60
50	35	75
60	40	90
70	50	105
80	53	120
90	60	135
100	67	151
110	73	166
120	80	182
130	87	198
140	93	215
150	100	232
160	106	250
170	112	269
180	119	289
190	125	309
200	131	332
210	137	355
220	143	381
230	149	408
240	154	437
250	160	469
260	165	503
270	171	540
280	176	580
290	181	623
300	186	670
310	190	721
320	195	776
330	199	835

Velocidad de curva horizontal < 80Km/h		
Radio de entrada (m)	Radio de salida (m)	
	Mínimo	Máximo
340	204	899
350	208	968
360	212	1043
370	216	1124
380	220	1211
390	223	1304
400	227	1405
410	231	1513
420	234	1628
430	238	1752
440	241	1885
450	244	2027
460	247	2178
470	250	2339
480	253	2511
490	256	2694
500	259	2888
510	262	3095
520	265	3314
530	267	3546
540	270	3791
550	273	4051
560	275	4326
570	278	4616
580	280	4922
590	282	5245
600	285	5585
610	287	5942
620	289	6318
640	294	7129
660	298	8020
680	302	9000
700	306	10072

Velocidad de curva horizontal $\geq 80\text{Km/h}$		
Radio de entrada (m)	Radio de salida (m)	
	Mínimo	Máximo
200	200	250
250	250	375
260	250	390
270	250	405
280	250	420
290	250	435
300	250	450
310	250	466
320	250	481
330	250	497
340	250	513
350	250	529
360	250	545
370	250	562
380	253	579
390	260	596
400	267	614
410	273	633
420	280	652
430	287	671
440	293	692
450	300	713
460	306	735
470	313	758
480	319	781
490	326	806
500	332	832
510	338	859
520	345	887
530	351	917
540	357	948
550	363	981

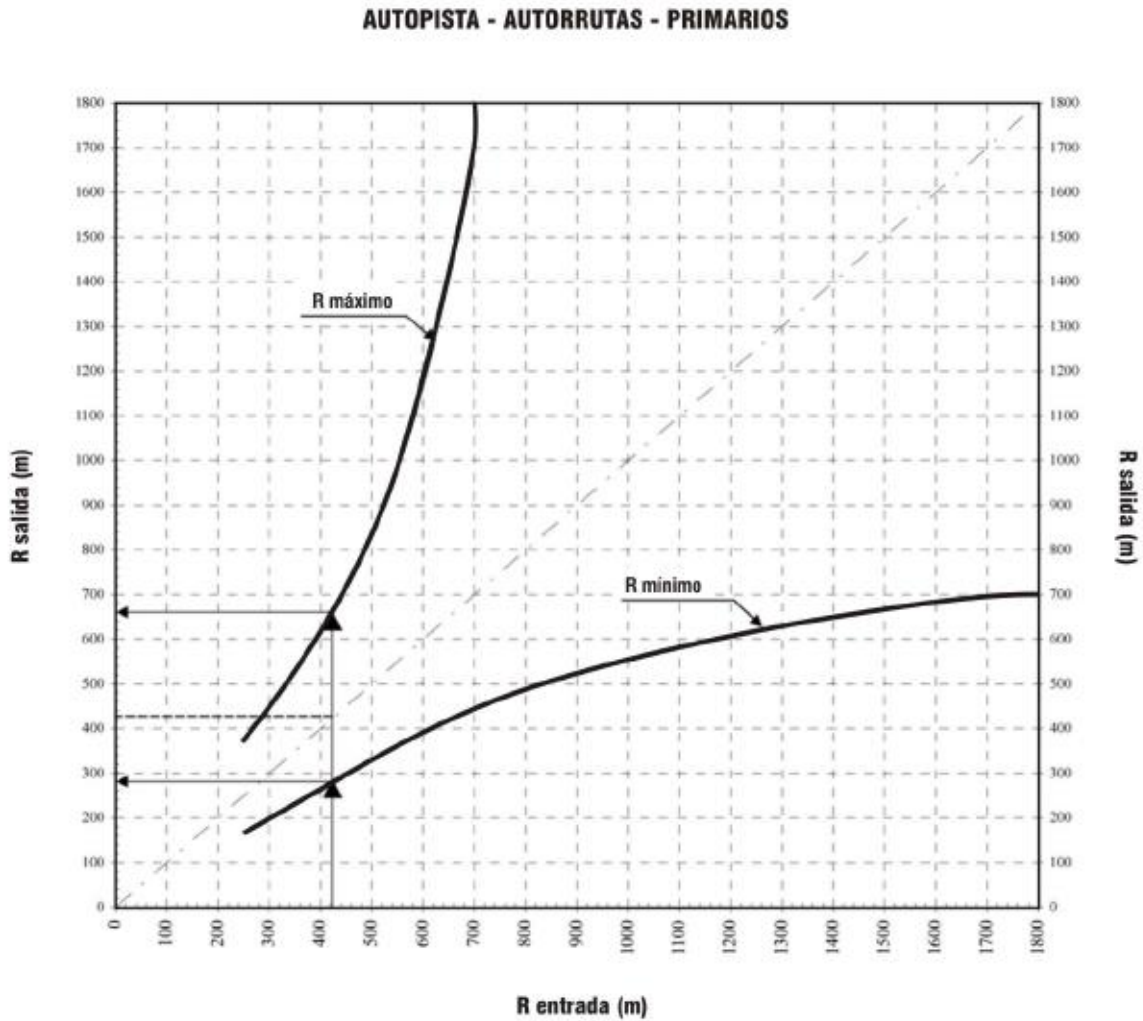
Velocidad de curva horizontal $\geq 80\text{Km/h}$		
Radio de entrada (m)	Radio de salida (m)	
	Mínimo	Máximo
560	369	1015
570	375	1051
580	381	1089
590	386	1128
600	392	1170
610	398	1214
620	403	1260
640	414	1359
660	424	1468
680	434	1588
700	444	1720
720	453	1865
740	462	2024
760	471	2199
780	479	2389
800	488	2598
820	495	2825
840	503	3071
860	510	3340
880	517	3630
900	524	3945
920	531	4285
940	537	4652
960	544	5048
980	550	5473
1000	556	5930
1020	561	6419
1040	567	6944
1060	572	7505
1080	578	8104
1100	583	8743

Nota. Adaptado del "Manual de Diseño Geométrico de Carreteras".

En el caso de México, el manual no especifica la relación de radios consecutivos.

Para Bolivia, la relación de radios consecutivos se debe encontrar en la gráfica 1 para carreteras y en la gráfica 2 para caminos, donde el eje horizontal especifica el radio de entrada, éste se proyecta verticalmente obteniendo los valores de radio mínimo y radio máximo.

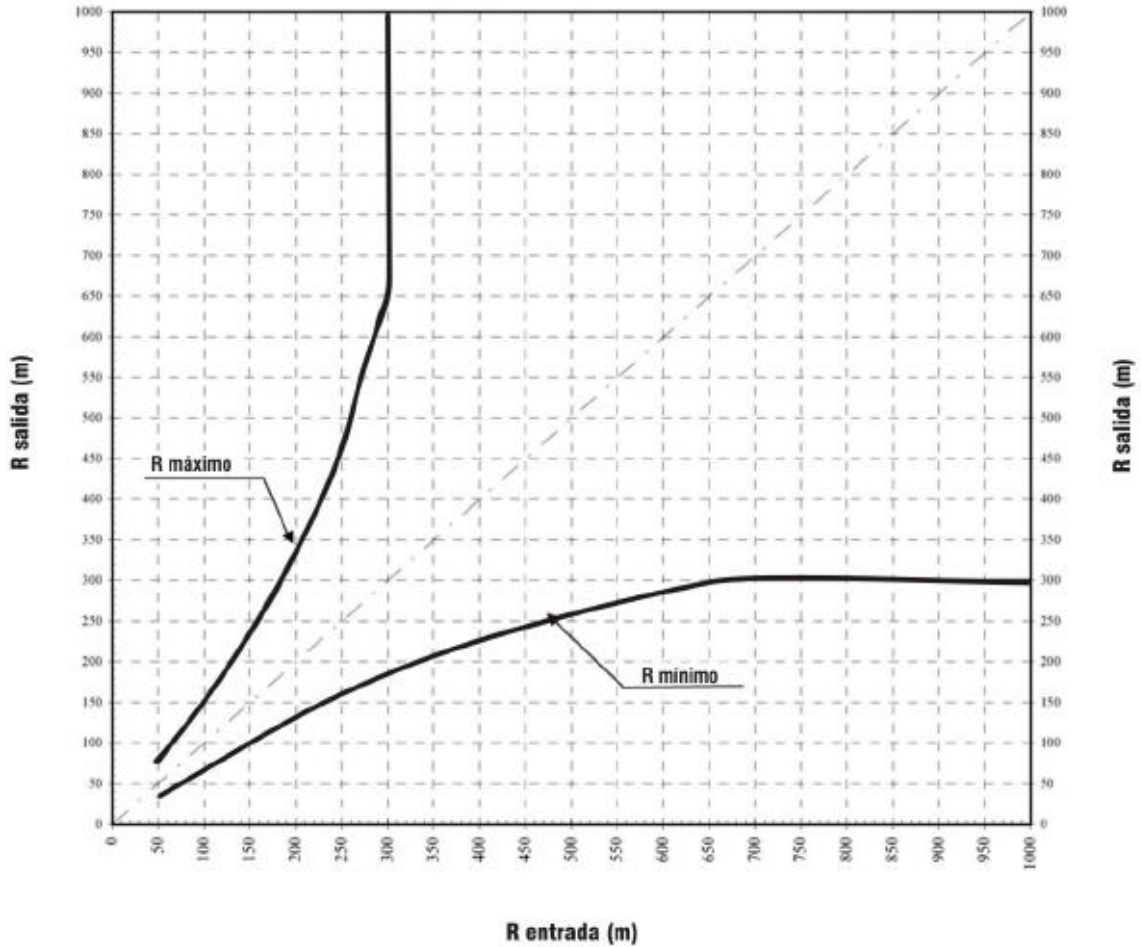
Gráfica 1. Relación entre radios consecutivos en carreteras.



Nota. Recuperado del "Manual de Carreteras Volumen 1".

Gráfica 2. Relación entre radios consecutivos en caminos.

COLECTORES Y LOCALES



Nota. Recuperado del "Manual de Carreteras Volumen 1".

3.6 PERALTE.

Para Colombia se especifica un determinado radio para cada V_{CH} y peralte, dependiendo del tipo de categoría. Las tablas 3.17 y 3.18 presentan dicha relación.

COMPARACIÓN DE ESPECIFICACIONES DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS DE MÉXICO Y BOLIVIA CON COLOMBIA, UTILIZANDO EL SOFTWARE TOPO3

Tabla 3.17. Radios (R_c) según velocidad específica (V_{CH}) y peraltes (e), para vías primarias y secundarias.

e (%)	V _{CH} = 40 km/h R(m)	V _{CH} = 50 km/h R(m)	V _{CH} = 60 km/h R(m)	V _{CH} = 70 km/h R(m)	V _{CH} = 80 km/h R(m)	V _{CH} = 90 km/h R(m)	V _{CH} = 100 km/h R(m)	V _{CH} = 110 km/h R(m)	V _{CH} = 120 km/h R(m)	V _{CH} = 130 km/h R(m)
1.5	784	1090	1490	1970	2440	2970	3630	4180	4900	5360
2.0	571	791	1090	1450	1790	2190	2680	3090	3640	4000
2.2	512	711	976	1300	1620	1980	2420	2790	3290	3620
2.4	463	644	885	1190	1470	1800	2200	2550	3010	3310
2.6	421	587	809	1080	1350	1650	2020	2340	2760	3050
2.8	385	539	742	992	1240	1520	1860	2160	2550	2830
3.0	354	496	684	916	1150	1410	1730	2000	2370	2630
3.2	326	458	633	849	1060	1310	1610	1870	2220	2460
3.4	302	425	588	790	988	1220	1500	1740	2080	2310
3.6	279	395	548	738	924	1140	1410	1640	1950	2180
3.8	259	368	512	690	866	1070	1320	1540	1840	2060
4.0	241	344	479	648	813	1010	1240	1450	1740	1950
4.2	224	321	449	608	766	948	1180	1380	1650	1850
4.4	208	301	421	573	722	895	1110	1300	1570	1760
4.6	192	281	395	540	682	847	1050	1240	1490	1680
4.8	178	263	371	509	645	803	996	1180	1420	1610
5.0	163	246	349	480	611	762	947	1120	1360	1540
5.2	148	229	328	454	579	724	901	1070	1300	1480
5.4	136	213	307	429	549	689	859	1020	1250	1420
5.6	125	198	288	405	521	656	819	975	1200	1360
5.8	115	185	270	382	494	625	781	933	1150	1310
6.0	106	172	253	360	469	595	746	894	1100	1260
6.2	98	161	238	340	445	567	713	857	1060	1220
6.4	91	151	224	322	422	540	681	823	1020	1180
6.6	85	141	210	304	400	514	651	789	982	1140
6.8	79	132	198	287	379	489	620	757	948	1100
7.0	73	123	185	270	358	464	591	724	914	1070
7.2	68	115	174	254	338	440	561	691	879	1040
7.4	62	107	162	237	318	415	531	657	842	998
7.6	57	99	150	221	296	389	499	621	803	962
7.8	52	90	137	202	273	359	462	579	757	919
8.0	41	73	113	168	229	304	394	501	667	832

Nota. Recuperado del "Manual de Diseño Geométrico de Carreteras".

Tabla 3.18. Radios (R_c) según velocidad específica (V_{CH}) y peraltes (e), para vías terciarias.

e (%)	$V_{CH} = 20$ km/h R(m)	$V_{CH} = 30$ km/h R(m)	$V_{CH} = 40$ km/h R(m)	$V_{CH} = 50$ km/h R(m)	$V_{CH} = 60$ km/h R(m)
1.5	194	421	738	1050	1440
2.0	138	299	525	750	1030
2.2	122	265	465	668	919
2.4	109	236	415	599	825
2.6	97	212	372	540	746
2.8	87	190	334	488	676
3.0	78	170	300	443	615
3.2	70	152	269	402	561
3.4	61	133	239	364	511
3.6	51	113	206	329	465
3.8	42	96	177	294	422
4.0	36	82	155	261	380
4.2	31	72	136	234	343
4.4	27	63	121	210	311
4.6	24	56	108	190	283
4.8	21	50	97	172	258
5.0	19	45	88	156	235
5.2	17	40	79	142	214
5.4	15	36	71	128	195
5.6	15	32	63	115	176
5.8	15	28	56	102	156
6.0	15	21	43	79	123

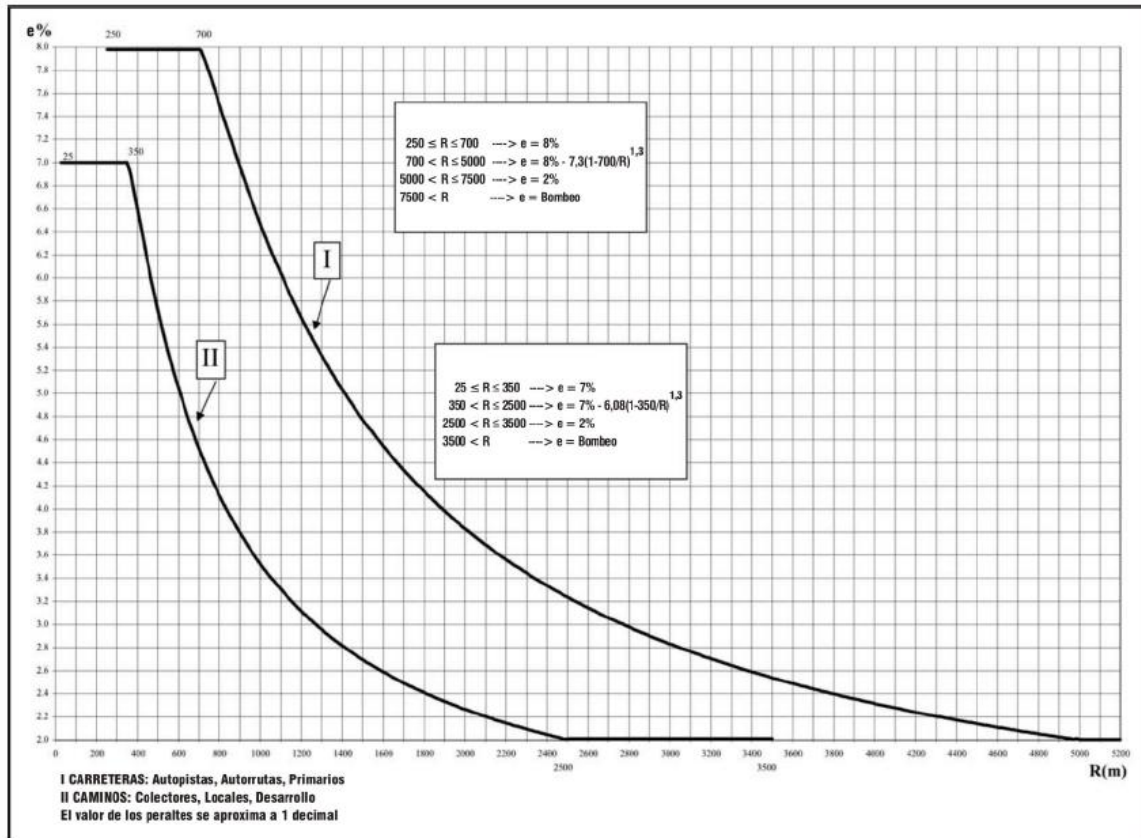
Nota. Recuperado del "Manual de Diseño Geométrico de Carreteras".

De igual manera, para México, se realiza la relación de radio con respecto a velocidad de proyecto, peralte y categoría de la vía. (Ver apéndice)

COMPARACIÓN DE ESPECIFICACIONES DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS DE MÉXICO Y BOLIVIA CON COLOMBIA, UTILIZANDO EL SOFTWARE TOPO3

Para Bolivia, la relación de peralte y radio se realiza mediante la gráfica 3, en donde intervienen la categoría de la vía y el radio. Además, se observan diferentes rangos y ecuaciones dependientes de los parámetros anteriores.

Gráfica 3. Relación radio-peralte para carreteras y caminos.



Nota. Recuperado del "Manual de Carreteras Volumen I".

Así pues, con las ecuaciones mostradas en la gráfica anterior, se obtienen los resultados indicados en la tabla 3.19.

Tabla 3.19. Radios (R_c) según peraltes (e), para carreteras y caminos.

CATEGORÍAS			
CARRETERAS		CAMINOS	
R (m)	e (%)	R (m)	e (%)
250	8.00	25	7.00
400	8.00	100	7.00
550	8.00	225	7.00
700	8.00	350	7.00
750	7.78	400	6.59
800	7.51	450	6.14
850	7.23	500	5.73
900	6.97	600	5.05
950	6.71	700	4.53
1000	6.47	800	4.12
1100	6.04	900	3.79
1200	5.66	1000	3.53
1300	5.33	1150	3.21
1400	5.04	1300	2.96
1500	4.78	1450	2.75
1600	4.54	1600	2.59
1700	4.34	1800	2.41
1800	4.15	2000	2.27
2000	3.83	2200	2.15
2200	3.56	2400	2.05
2400	3.34	2600	2.00
2600	3.14	2800	2.00
2800	2.98	3000	2.00
3000	2.83	3250	2.00
3400	2.59	3500	2.00
3800	2.40		
4200	2.24		
4600	2.11		
5000	2.00		
5600	2.00		
6200	2.00		
6800	2.00		
7500	2.00		

Nota. Elaboración propia.

3.7 RAMPAS DE PERALTE.

Para Colombia, la rampa de peralte es especificada por la tabla 3.20. En esta observa que el valor máximo es fijo para cada velocidad específica, pero el mínimo es dependiente del ancho de la calzada.

Tabla 3.20. Valores máximos y mínimos de la pendiente longitudinal para rampas de peraltes.

VELOCIDAD ESPECÍFICA (Vch) (km/h)	PENDIENTE RELATIVA DE LA RAMPA DE PERALTES Δs	
	MÁXIMA (%)	MÍNIMA (%)
20	1.35	0.1 x a
30	1.28	
40	0.96	
50	0.77	
60	0.60	
70	0.55	
80	0.50	
90	0.47	
100	0.44	
110	0.41	
120	0.38	
130	0.38	

Nota. Recuperado del "Manual de Diseño Geométrico de Carreteras".

En México, el MPGC determina que para velocidades de proyecto son mayores a 80 km/h la pendiente longitudinal no debe exceder 0.0050 m/m (0.5%), sin embargo, para velocidades menores el valor puede aumentar hasta 0.0067 m/m (0.67%).

Para Bolivia, la pendiente longitudinal máxima depende de la velocidad de proyecto y el número de carriles entre el eje de giro del peralte y el borde de la calzada, donde el valor normal se debe entender como un valor deseable.

Tabla 3.21. Valores admisibles de la pendiente longitudinal para rampas de peraltes.

Vp (km/h)	30 - 50	60 - 70	80 - 90	100 - 120
Δ Normal	0.7	0.6	0.5	0.35
Δ Máx n = 1	1.5	1.3	0.9	0.8
Δ Máx n > 1	1.5	1.3	0.9	0.8

Δ mínimo en zona -b% a+b = 0.35% para todo Vp

Nota. Recuperado del "Manual de Carreteras Volumen I".

Al comparar los diferentes manuales, se puede notar que, para Bolivia tiene valores muy superiores a los establecidos para Colombia y México, por otro lado, en este último, los valores máximos son restringidos para velocidades bajas, es decir, que al tener una velocidad de 30 km/h, los valores de pendiente longitudinal para rampas de peraltes sería:

- Para MDGC de 1.28%
- Para MPGC de 0.67%
- Para MCVI de 1.5%

3.8 LONGITUD MÍNIMA CURVA VERTICAL.

En Colombia, la longitud mínima de curva vertical es determinada según la ecuación 4.

Ecuación 4. Longitud mínima en curvas verticales según la velocidad específica.

$$L_{mín} = 0.6 * V_{CV}$$

Nota. Recuperado del “Manual de Diseño Geométrico de Carreteras”.

Sustituyendo para las velocidades de curva vertical se obtiene la tabla 3.22, sin embargo, el MDGC indica que para las velocidades de 20 y 30 km/h se ajustaron los valores de longitud mínima de curva vertical, ya que se pretende garantizar condiciones mínimas de estética a las carreteras y por ende mayor comodidad a los usuarios.

Tabla 3.22. Longitud mínima de curva vertical según la velocidad específica.

Velocidad específica (km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Longitud mínima de CV (m)	20	20	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78

Nota. Adaptado del “Manual de Diseño Geométrico de Carreteras”.

Para México se emplea la ecuación 5, la cual es similar a la ecuación 4 usada para Colombia, incluyendo también el ajuste para las velocidades de 20 y 30 km/h como se observa en la tabla 3.23.

Ecuación 5. Longitud mínima de curva vertical según la velocidad proyecto.

$$L_{\text{mín}} \geq 0.6 * V_P$$

Nota. Recuperado del "Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras".

Tabla 3.23. Longitud mínima de curva vertical según la velocidad de proyecto.

Velocidad específica (km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Longitud mínima de CV (m)	20	20	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78

Nota. Elaboración propia.

Para Bolivia, según el MCVI por cuestiones de comodidad y estética la longitud mínima de las curvas verticales está dada por la ecuación 6. Es decir, que el desarrollo mínimo de la curva vertical será el valor de la velocidad de proyecto en metros.

Ecuación 6. Longitud mínima de curva vertical según la velocidad proyecto.

$$2 * T(m) \geq |V_P(km/h)|$$

Nota. Recuperado del "Manual de Carreteras Volumen I".

Donde, $2.T(m)$ es la proyección horizontal de las tangentes de la curva vertical.

Entonces, aplicando esta ecuación con los valores de velocidad se obtiene la tabla 3.24.

Tabla 3.24. Longitud mínima de curva vertical según la velocidad de proyecto.

Velocidad específica (km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Longitud mínima de CV (m)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130

Nota. Elaboración propia.

En este parámetro, se percibe que el manual boliviano busca valores mayores para la longitud mínima en curvas verticales, lo que generaría una mayor comodidad al usuario, por otro lado, lo planteado por los manuales de Colombia y México son similares.

3.9 LONGITUD MÍNIMA TANGENTE VERTICAL.

El MDGC, determina que la longitud de las tangentes verticales es igual a la distancia recorrida en siete segundos para velocidades menores o iguales a 40 km/h, y es igual a la distancia recorrida en diez segundos para velocidades mayores de 40 km/h. En la tabla 3.25 se presentan los valores de la longitud mínima de la tangente vertical.

Tabla 3.25. Longitud mínima de la tangente vertical.

VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA TANGENTE VERTICAL V_{tv} (km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
LONGITUD MÍNIMA DE LA TANGENTE VERTICAL (m)	40	60	80	140	170	195	225	250	280	305	335	360

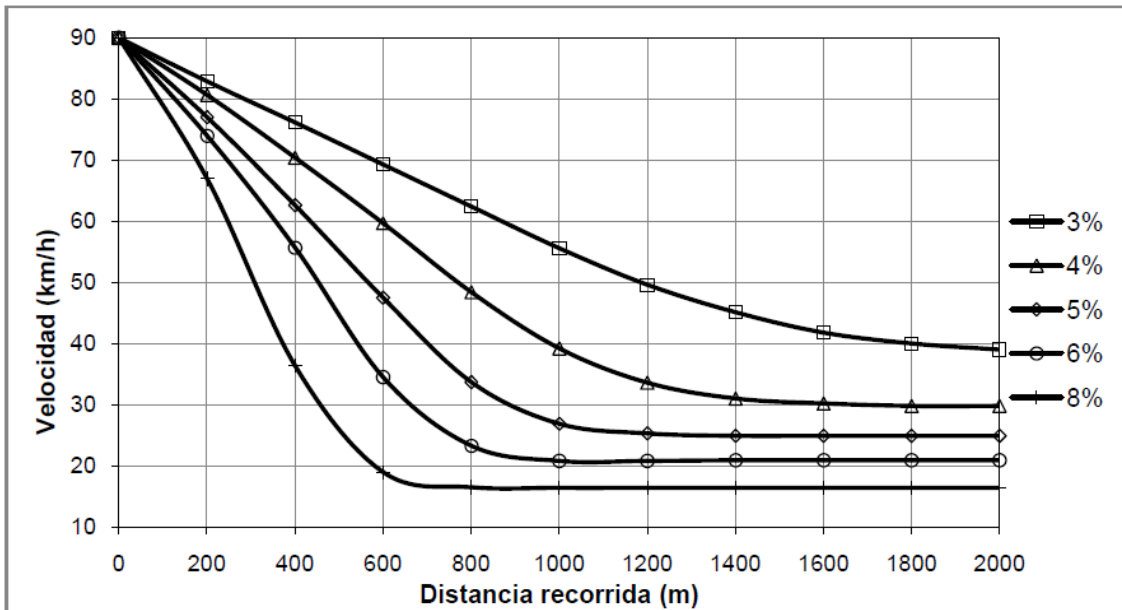
Nota. Recuperado del "Manual de Diseño Geométrico de Carreteras".

Por otro lado, para México y Bolivia, no se especifica la longitud mínima de la tangente vertical.

3.10 LONGITUD MÁXIMA DE TANGENTE VERTICAL.

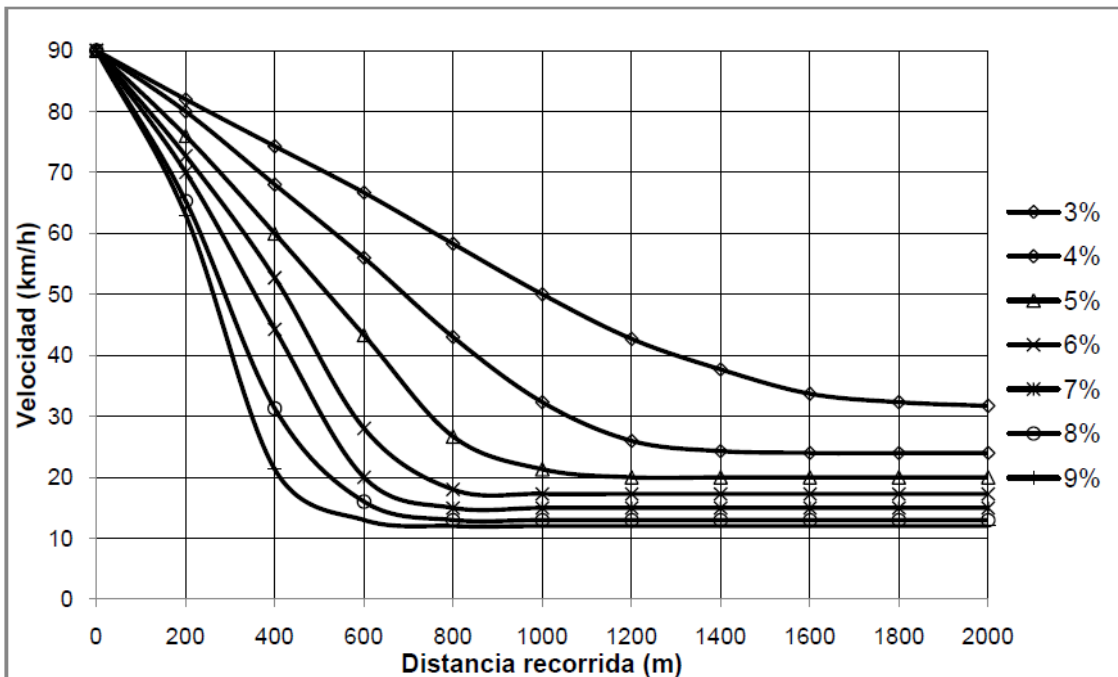
En el MDGC, las gráficas 4 y 5 presentan el efecto de las pendientes en los vehículos, en donde, por cada velocidad específica y pendiente de carretera se tendrá una distancia recorrida para un vehículo con una relación peso/potencia determinada, es decir que, por ejemplo, al tener una velocidad específica de 70 km/h con una carretera de pendiente 4% la distancia máxima que puede recorrer un vehículo con relación peso/potencia de 150 kg/HP es de 400 m.

Gráfica 4. Efecto de las pendientes en los vehículos con relación peso/potencia de 150 kg/HP.



Nota. Recuperado del "Manual de Diseño Geométrico de Carreteras".

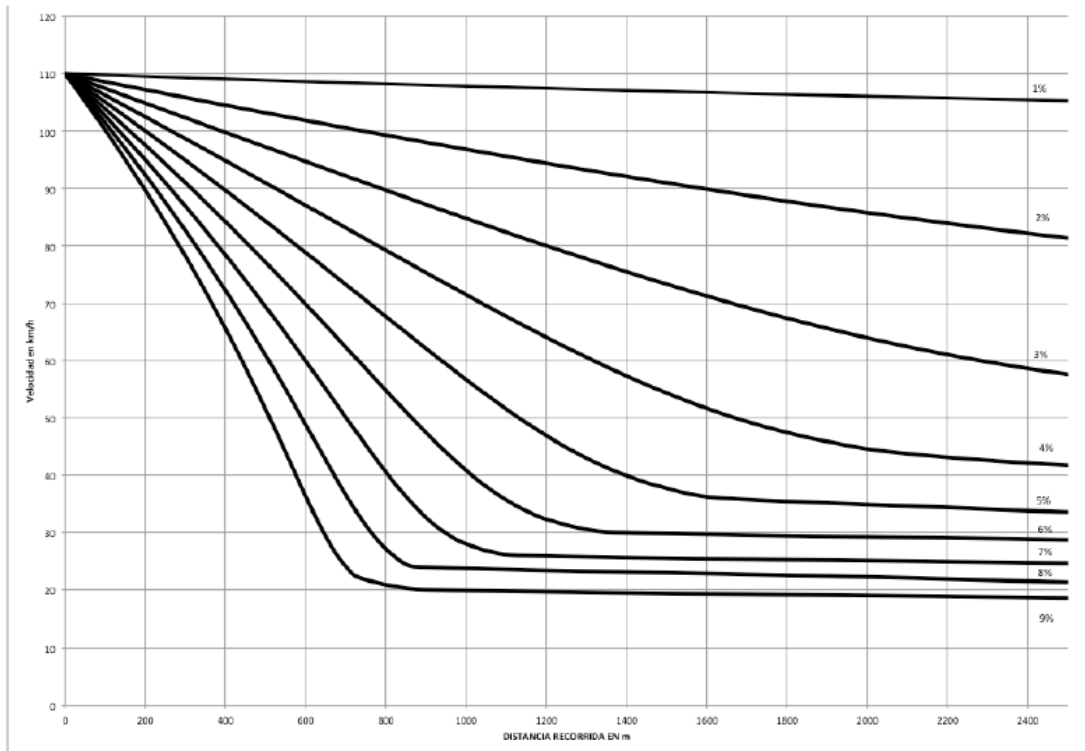
Gráfica 5. Efecto de las pendientes en los vehículos con relación peso/potencia de 180 kg/HP.



Nota. Recuperado del "Manual de Diseño Geométrico de Carreteras".

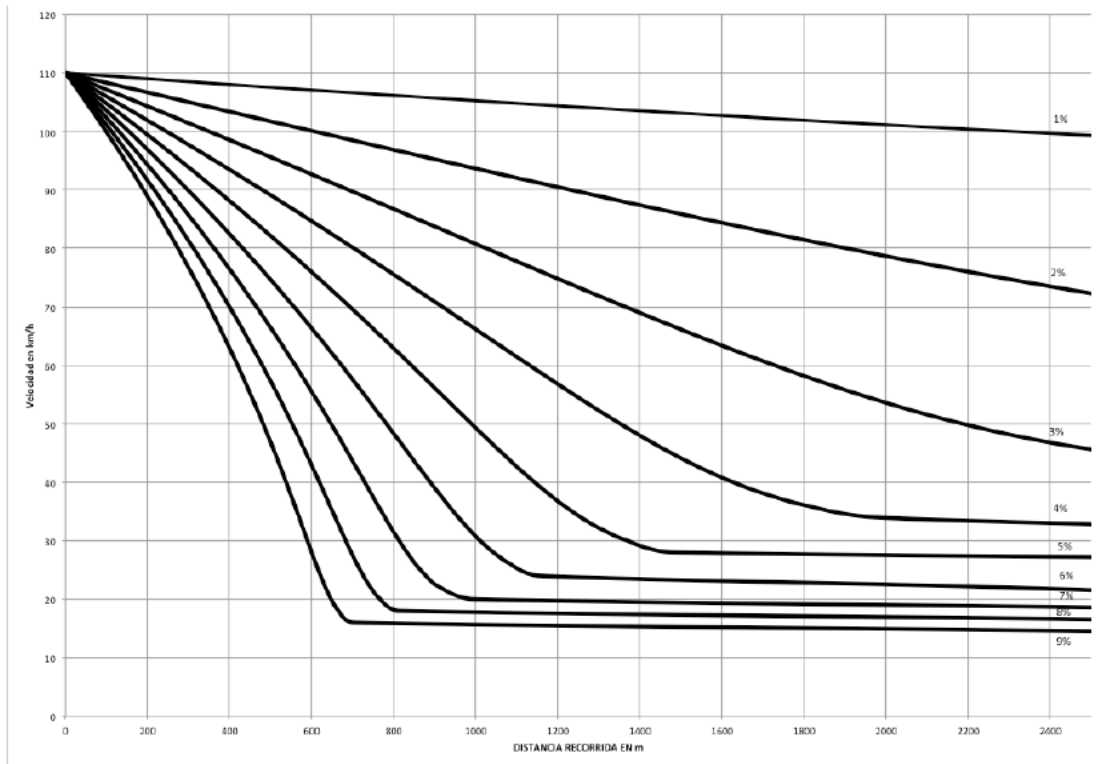
En México, el MPGC establece gráficas similares presentadas en Colombia, pero proporciona más ilustraciones que corresponden a una mayor variedad de vehículos. Estas se indican en las gráficas 6, 7, 8 y 9.

Gráfica 6. Efecto de las pendientes ascendentes en los vehículos de proyecto con relación peso/potencia de 90 kg/HP.



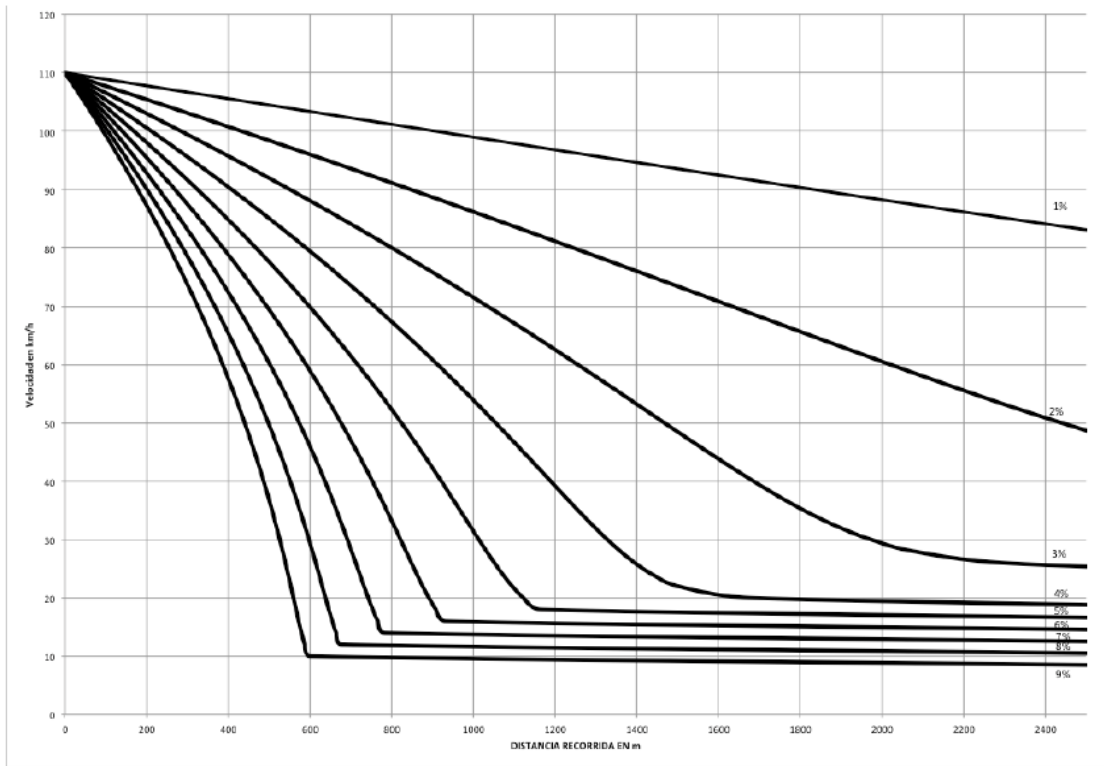
Nota. Recuperado del "Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras".

Gráfica 7. Efecto de las pendientes ascendentes en los vehículos de proyecto con relación peso/potencia de 120 kg/HP.



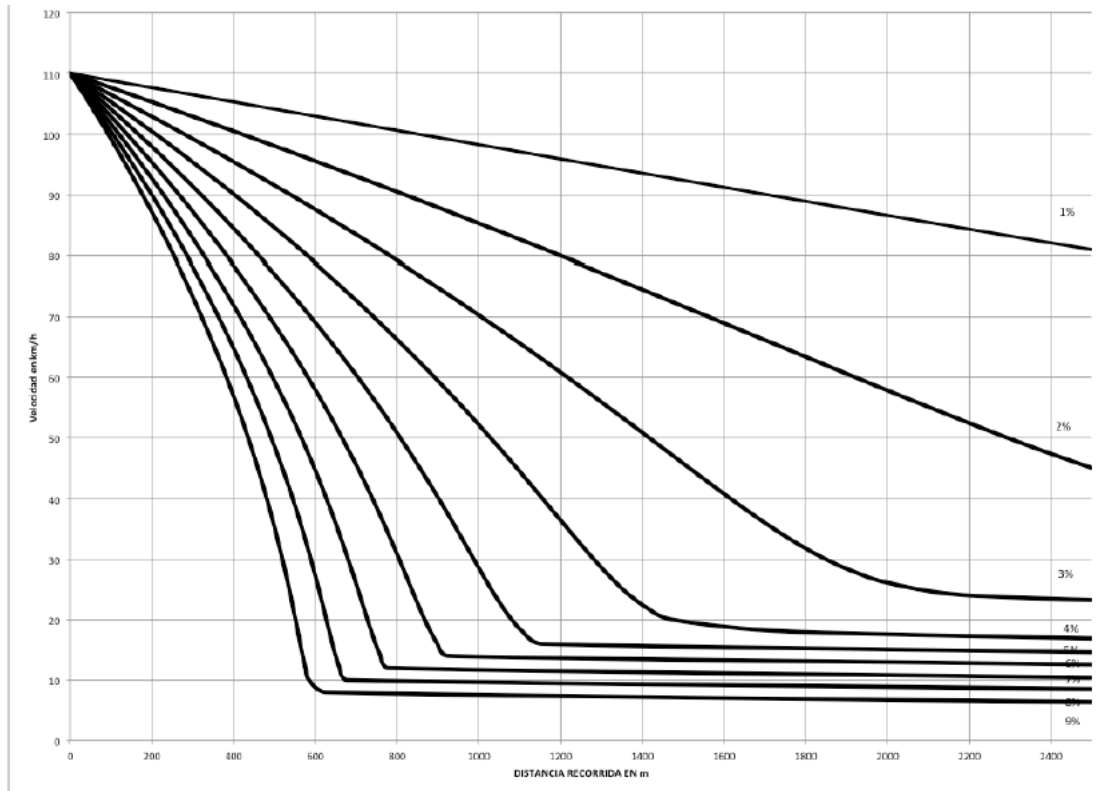
Nota. Recuperado del "Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras".

Gráfica 8. Efecto de las pendientes ascendentes en los vehículos de proyecto con relación peso/potencia de 180 kg/HP.



Nota. Recuperado del "Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras".

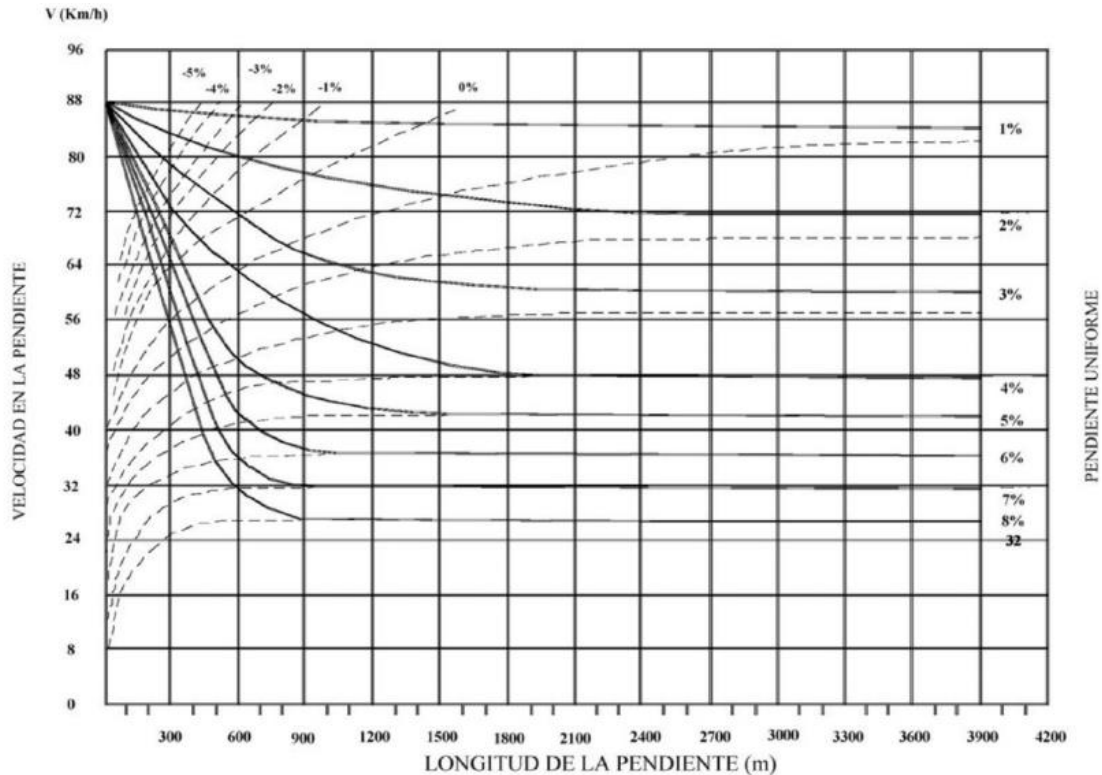
Gráfica 9. Efecto de las pendientes ascendentes en los vehículos de proyecto con relación peso/potencia de 200 kg/HP.



Nota. Recuperado del "Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras".

En Bolivia, el MCVI indica que la longitud máxima de tangente vertical se debe determinar con la gráfica 10, con el mismo método mencionado anteriormente.

Gráfica 10. Efecto de las pendientes ascendentes en los vehículos de proyecto con relación peso/potencia de 90 kg/HP.



Nota. Recuperado del "Manual de Carreteras Volumen I".

Para cada una de las gráficas anteriores se determinaron las funciones que dominaban cada pendiente; además, se interpolaron y extrapolaron de tal forma que para las pendientes restantes se pudiese encontrar la longitud máxima de tangente vertical.

3.11 PENDIENTE MÍNIMA DE TANGENTE VERTICAL.

Para Colombia, la pendiente mínima que garantiza el adecuado funcionamiento de las cunetas debe ser de 0.5% como pendiente mínima deseable y de 0.3% para diseño en terreno plano o sitios donde no es posible el diseño con la pendiente mínima deseable.

Para México y Bolivia, la pendiente mínima de tangente vertical para todos los terrenos es de 0.5%.

3.12 PENDIENTE MÁXIMA DE TANGENTE VERTICAL.

El MDGC, para Colombia especifica en la tabla 3.26, la pendiente máxima de tangente vertical, para cada categoría y velocidad específica.

Tabla 3.26. Relación entre la pendiente máxima (%) y la velocidad específica de la tangente vertical.

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA TANGENTE VERTICAL											
	V _{TV} (km/h)											
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Primaria de dos calzadas	-	-	-	-	-	6	6	6	5	5	4	4
Primaria de una calzada	-	-	-	-	8	7	6	6	5	5	5	-
Secundaria	-	-	10	9	8	7	6	6	6	-	-	-
Terciaria	14	12	10	10	10	-	-	-	-	-	-	-

Nota. Recuperado del "Manual de Diseño Geométrico de Carreteras".

De igual manera, en México, se especifica la pendiente máxima de tangente vertical que se presenta la tabla 3.27, en la cual se relaciona pendiente máxima de tangente vertical, la velocidad de proyecto y el tipo de carretera.

Tabla 3.27. Relación entre la pendiente máxima (%) y la velocidad de proyecto según el tipo de carretera.

TIPO DE CARRETERA	VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h)									
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	
ET	-	-	-	-	6	5	5	4	4	
A	-	-	-	-	6	5	5	4	4	
B	-	-	7	7	6	6	6	4	4	
C	-	8	8	7	7	7	5	5	-	
D	12	9	9	9	6	-	-	-	-	

Nota. Elaboración propia

En Bolivia, el MCVI establece la tabla 3.28 para la pendiente máxima de tangente vertical, en ella, igual que en los manuales anteriores, se relaciona la pendiente máxima de tangente vertical, la velocidad de proyecto y la categoría de vía.

Tabla 3.28. Pendientes máximas admisibles (%).

CATEGORÍA	VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h)									
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	110
Desarrollo	10-12	10-9	9	-	-	-	-	- (1)	-	-
Local	-	9	9	8	8	-	-	-	-	-
Colector	-	-	-	8	8	8	-	-	-	-
Primario	-	-	-	-	-	6	5	4.5	-	-
Autorrutas	-	-	-	-	-	6	5	4.5	-	-
Autopistas	-	-	-	-	-	5	-	4.5	-	4

(1) 110 km/h no está considerada dentro del rango de Vp asociadas a las categorías.

Nota. Recuperado del "Manual de Carreteras Volumen I".

Se observa que, para los tres manuales, las mayores pendientes, se presentan en las carreteras de menor velocidad, en contraste, para las carreteras diseñadas para altas velocidades, las pendientes máximas de tangente vertical son menores.

3.13 LONGITUD DE LA CURVA VERTICAL (K).

El parámetro K, se emplea para el control de la longitud de la curva vertical, y hace referencia a la distancia horizontal, en metros necesaria para tener un cambio de pendiente de uno por ciento (1%) a lo largo de la curva vertical. Es decir, se expresa como la relación entre la longitud de la curva y la diferencia de pendientes (L/A).

En Colombia, el MDGC especifica el K mínimo en función de la velocidad de curva vertical y del tipo de curva (cóncava o convexa). En la tabla 3.29 se muestra dicha función.

Tabla 3.29. Valores de K mínimo para el control de la distancia de visibilidad de parada y longitudes mínimas según criterio de operación en curvas.

VELOCIDAD ESPECÍFICA V _{ch} (km/h)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (m)	VALORES DE K _{min}				LONGITUD MÍNIMA SEGÚN CRITERIO DE OPERACIÓN (m)
		CURVA CONVEXA		CURVA CÓNCAVA		
		CALCULADO	REDONDEADO	CALCULADO	REDONDEADO	
20	20	0.6	1.0	2.1	3.0	20 (1)
30	35	1.9	2.0	5.1	6.0	20 (1)
40	50	3.8	4.0	8.5	9.0	24
50	65	6.4	7.0	12.2	13.0	30
60	85	11.0	11.0	17.3	18.0	36
70	105	16.8	17.0	22.6	23.0	42
80	130	25.7	26.0	29.4	30.0	48
90	160	38.9	39.0	37.6	38.0	54
100	185	52.0	52.0	44.6	45.0	60
110	220	73.6	74.0	54.4	55.0	66
120	250	95.0	95.0	62.8	63.0	72
130	285	123.4	124.0	72.7	73.0	78

Nota. Recuperado del "Manual de Diseño Geométrico de Carreteras".

Establece también, como K máximo, un único valor para todos los casos de 50. Pero este valor resulta ser insuficiente para curvas con velocidades mayores a 100 km/h, en donde es superado por el criterio mínimo.

De igual manera, en México se establece el K mínimo en función del tipo de curva vertical, siendo apreciable que tanto en México como en Colombia se emplean los mismos valores para este parámetro. Pero en el caso del K máximo, el MPGC establece un valor para cada velocidad de curva vertical. En la tabla 3.30 se indican los valores de este parámetro.

Tabla 3.30. Valores de K mínimo y K máximo para el control de la longitud en curvas verticales, según MPGC.

Vcv (km/h)	Kmín		Kmáx
	CONCAVA	CONVEXA	
20	3	1	46
30	6	2	46
40	9	4	84
50	13	7	138
60	18	11	195
70	23	17	272
80	30	26	338
90	38	39	438
100	45	52	520
110	55	74	617
120	63	95	695
130	73	124	769

Nota. Elaboración propia

En Bolivia, el MCVI expresa en la tabla 3.31 el K mínimo en función de tipo de curva vertical, aunque este caso sus valores difieren a los usados en los manuales anteriores, por otro lado, para el K máximo se establece un único valor de 50.

Tabla 3.31. Valores de K mínimo y K máximo para el control de la longitud en curvas verticales, según MCVI.

Vcv (km/h)	Kmín		Kmáx
	CONCAVA	CONVEXA	
30	4	3	50
40	5	4	50
50	10	7	50
60	14	12	50
70	19	18	50
80	26	30	50
90	34	47	50
100	42	68.5	50
110	52	98.5	50
120	63	140	50

Nota. Elaboración propia

3.14 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO Y PARADA.

Una de las características más importantes que debe ofrecer el trazado de una carretera al conductor de un vehículo es la posibilidad de ver hacia adelante, tal que le permita realizar una circulación segura y eficiente. La distancia de visibilidad se define como la longitud continua de carretera que es visible hacia adelante por el conductor de un vehículo que circula por ella. (MDGC, 2008).

3.14.1 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO.

Se dice que un tramo de carretera tiene distancia de visibilidad de adelantamiento, cuando la distancia de visibilidad en ese tramo es suficiente para que el conductor de un vehículo pueda adelantar a otro que circula por el mismo carril, en presencia de un tercer vehículo que circula en sentido contrario (MPGC, 2016).

Para Colombia, se indica en la tabla 3.32 las distancias de visibilidad de adelantamiento.

Tabla 3.32. Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles dos sentidos.

VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA ENTRETANGENCIA HORIZONTAL EN LA QUE SE EFECTUA LA MANIOBRA V_{ETH} (km/h)	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO ADELANTADO (km/h)	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO QUE ADELANTA. V (km/h)	MÍNIMA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO D_a (m)	
			CALCULADA	REDONDEADA
20 (1)	-	-	130	130
30	29	44	200	200
40	36	51	266	270
50	44	51	341	345
60	51	66	407	410
70	59	74	482	485
80	65	80	538	540
90	73	88	613	615
100	79	94	670	670
110	85	100	727	730
120	90	105	774	775
130	94	109	812	815

(1) Valor obtenido por extrapolación

Nota. Recuperado del "Manual de Diseño Geométrico de Carreteras".

Sin embargo, estas distancias generan dificultad en su cumplimiento, debido a que en trazados muy sinuosos y con entretangencias cortas no se podría respetar este parámetro, por esta razón, se revisó el “Manual de Señalización Vial” (2015) obteniendo la tabla 3.33, que ofrece distancias menores para este criterio.

Tabla 3.33. Distancia de adelantamiento.

DISTANCIA DE ADELANTAMIENTO		
VELOCIDAD (km/h)	DISTANCIA MÍNIMA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO (m)	LONGITUD MÍNIMA DE ADELANTAMIENTO PROHIBIDO (m)
30	80	30
40	140	35
50	150	40
60	170	45
70	210	55
80	240	60
100	324	80
120	400	100

Nota. Recuperado del “Manual de Señalización Vial”.

En México, se emplean los mismos criterios que en Colombia para determinar la distancia de visibilidad de adelantamiento, también llamada rebase, como se puede notar al comparar las tablas 3.32 y 3.34.

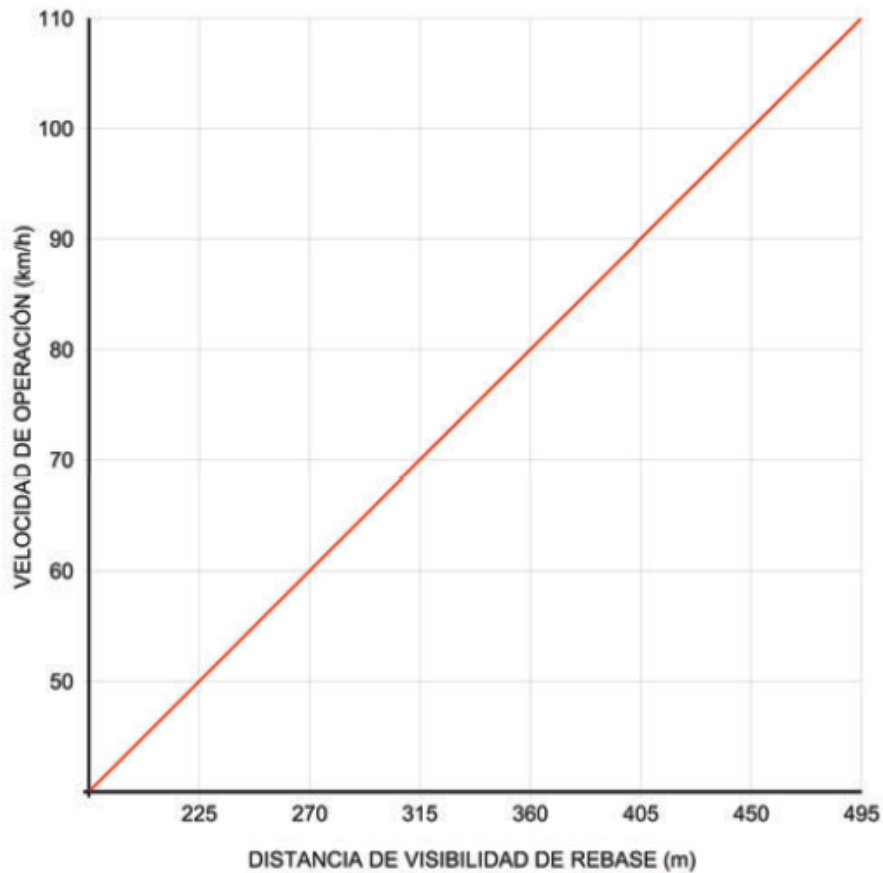
Tabla 3.34. Distancias de visibilidad de adelantamiento.

VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE (m)	PARÁMETRO DE LA CURVA VERTICAL K PARA DISEÑO
30	200	46
40	270	84
50	345	138
60	410	195
70	485	272
80	540	338
90	615	438
100	670	520
110	730	617
120	775	695
130	815	769

Recuperado del “Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras”.

Al revisar el manual de señalización correspondiente para este país, “Manual de Señalización Vial y Dispositivos de Seguridad” (2014), se extrajo la gráfica 11, de la cual se obtiene la tabla 3.35.

Gráfica 11. Distancia de visibilidad de adelantamiento.



Nota. Recuperado del “Manual de Señalización Vial y Dispositivos de Seguridad”.

Tabla 3.35. Distancias de visibilidad de adelantamiento.

VTR (km/h)	DISTANCIA MÍNIMA DE ADELANTAMIENTO (m)
20	90
30	135
40	180
50	225
60	270
70	315
80	360
90	405
100	450
110	495
120	540
130	585

Nota. Elaboración propia

En Bolivia, el MCVI establece la tabla 3.36 para las distancias de adelantamiento.

Tabla 3.36. Distancia mínima de adelantamiento.

VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h)	DISTANCIA MÍNIMA DE ADELANTAMIENTO (m)
30	180
40	240
50	300
60	370
70	440
80	500
90	550
100	600

Nota. Recuperado del "Manual de Carreteras Volumen I".

Igualmente, al examinar el manual de señalización correspondiente, llamado "Manual de Dispositivos de Control de Transito" (2007), se encontraron distancias menores. Estas se indican en la tabla 3.37.

Tabla 3.37. Distancias de visibilidad de adelantamiento.

VELOCIDAD MÁXIMA (km/h)	DISTANCIA MÍNIMA DE ADELANTAMIENTO (m)
30	80
40	110
50	140
60	180
70	240
80	290
90	350
100	430

Recuperado del "Manual de Dispositivos de Control de Tránsito".

3.14.2 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA.

Se considera como la distancia necesaria para que un conductor, viajando a la velocidad de proyecto, sea capaz de detener su vehículo antes de alcanzar un objeto fijo ubicado en su trayectoria.

La distancia de visibilidad de parada está compuesta por dos segmentos: la distancia de reacción que es la recorrida desde el instante en que el conductor percibe un objeto en el camino y decide detenerse, hasta el instante en que acciona los frenos del vehículo; y la distancia de frenado, que es la requerida para que el vehículo se detenga, desde el momento en que el conductor acciona los frenos. (MPGC, 2016).

En Colombia, el MDGC establece en la tabla 3.38 las distancias de visibilidad de parada.

Tabla 3.38. Distancias de visibilidad de parada en tramos a nivel.

VELOCIDAD ESPECÍFICA Ve (km/h)	DISTANCIA PERCEPCIÓN-REACCIÓN (m)	DISTANCIA DURANTE EL FRENADO A NIVEL (m)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA	
			CALCULADA (m)	REDONDEADA (m)
20	13.9	4.6	18.5	20
30	20.9	10.3	31.2	35
40	27.8	18.4	46.2	50
50	34.8	28.7	63.5	65
60	41.7	41.3	83	85
70	48.7	56.2	104.9	105
80	55.6	73.4	129	130
90	62.6	92.9	155.5	160
100	69.5	114.7	184.2	185
110	76.5	138.8	215.3	220
120	83.4	165.2	248.6	250
130	90.4	193.8	284.2	285

Nota. Recuperado del "Manual de Diseño Geométrico de Carreteras".

Para México, la tabla 3.39 indica los mismos valores que Colombia para las distancias de visibilidad de parada.

Tabla 3.39. Distancias de visibilidad de parada.

VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (m)	PARÁMETRO DE LA CURVA VERTICAL K	
		CALCULADO	PARA DISEÑO
20	20	0.6	1
30	35	1.9	2
40	50	3.8	4
50	65	6.4	7
60	85	11	11
70	105	16.8	17
80	130	25.7	26
90	160	38.9	39
100	185	52	52
110	220	73.6	74
120	250	95	95
130	285	123.4	124

Recuperado del "Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras".

En Bolivia, el MCVI difiere con respecto a los manuales anteriores. Se tiene la tabla 3.40 con las distancias de visibilidad de parada:

Tabla 3.40. Distancias de visibilidad de parada.

VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
DISTANCIA DE FRENADO (m)	25	38	52	70	90	115	145	175	210	250

Nota. Recuperado del "Manual de Carreteras Volumen I".

3.15 LONGITUD DE LA CURVA ESPIRAL.

3.15.1 LONGITUD MÍNIMA.

Para Colombia, en el MDGC se establecen los siguientes criterios.

Criterio I. Variación uniforme de la aceleración centrífuga (J), no compensada por el peralte; su valor se determina mediante la ecuación 7.

Ecuación 7. Criterio I.

$$A_{\min} = \sqrt{\frac{V_{CH} * R_C}{46.656 * J} \left[\frac{V_{CH}^2}{R_C} - (1.27 * e) \right]}$$

Donde:

A_{\min} : Parámetro mínimo, en metros.

V_{CH} : Velocidad específica de la curva horizontal, en km/h.

R_C : Radio de cálculo de la clotoide, en metros.

J : Variación de la aceleración centrífuga, en m/s³.

e : Peralte de la curva, en porcentaje (%).

Nota. Recuperado del "Manual de Diseño Geométrico de Carreteras".

Criterio II. Limitación por transición del peralte, en la determinación de los valores del parámetro mínimo. Se tendrá en cuenta la inclinación máxima permitida de la rampa de peraltes (Δs). Así mismo, la distancia del eje de giro al borde de la calzada (a), la cual toma valores de tres metros (3.0 m), tres metros con treinta centímetros (3.30 m), tres metros con cincuenta centímetros (3.50 m) y tres metros con sesenta y cinco centímetros (3.65 m).

Ecuación 8. Criterio II.

$$A_{mín} = \sqrt{R_C * \frac{e * a}{\Delta_S}}$$

Donde:

$A_{mín}$: Parámetro mínimo, en metros.

R_C : Radio de cálculo de la clotoide, en metros.

e : Peralte de la curva, en porcentaje (%).

a : Distancia del eje de giro al borde de la calzada, en metros.

Δ_S : Inclinación de la rampa de peraltes, en porcentaje (%).

Nota. Recuperado del "Manual de Diseño Geométrico de Carreteras".

Criterio III. Condición de percepción y estética, la longitud de la curva de transición ha de ser suficiente para que se perciba de forma clara el cambio de curvatura, orientando adecuadamente al conductor y creando alineamientos armoniosos.

Criterio III.1. Se asume el disloque mínimo de veinticinco centímetros (0.25m).

Ecuación 9. Criterio III.1.

$$A_{mín} = \sqrt[4]{24 * \Delta_R * R_C^3} ; A_{mín} \geq \sqrt[4]{6 * R_C^3}$$

Donde:

$A_{mín}$: Parámetro mínimo, en metros.

Δ_R : Disloque de la clotoide, en metros.

R_C : Radio de cálculo de la clotoide, en metros.

Nota. Recuperado del "Manual de Diseño Geométrico de Carreteras".

Criterio III.2. Ángulo de giro de la espiral mínimo de tres (3°).

Ecuación 10. Criterio III.2.

$$\theta_e = \frac{L_e}{2 * R_C} \geq 3^\circ = 0.05236 \text{ radianes}$$

$$L_{e,mín} = 0.10472 * R_C$$

$$\rightarrow A_{mín} = \sqrt{R_C * L_e} = 0.3236 * R_C$$

Donde:

$A_{mín}$: Parámetro mínimo, en metros.

R_C : Radio de cálculo de la clotoide, en metros.

L_e : Longitud de la clotoide, en metros.

θ_e : Ángulo de giro de la espiral.

Nota. Recuperado del "Manual de Diseño Geométrico de Carreteras".

Para México, el MPGC especifica dos criterios para la longitud mínima de espiral (L_e), el primero se basa en tener presente la velocidad de proyecto (V_p) y el peralte (e) para que la curva se desarrolle de una manera segura, cómoda y agradable, el segundo tiene en cuenta la comodidad del usuario y los desplazamientos en la posición lateral de los vehículos. Estos criterios se presentan en las ecuaciones 11 y 12.

Ecuación 11. Longitud mínima de espiral, Criterio I.

$$L_{e,mín} = 10 * V_p * e$$

Nota. Recuperado del "Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras"

Ecuación 12. Longitud mínima de espiral, Criterio II.

$$L_{e,mín} = \sqrt{24 * (p_{mín}) * R_C} \quad \text{ó} \quad L_{e,mín} = 0.0214 * \frac{V^3}{R_C * C}$$

Donde:

$L_{e,mín}$: Longitud mínima de la espiral, en metros.

$p_{mín}$: Desviación lateral mínima entre la tangente y la curva circular, valor mínimo 0.20 m.

R_C : Radio de la curva circular, en metros.

V : Velocidad de diseño, en km/h.

C : Tasa máxima de cambio de aceleración lateral, 1.2 m/s³.

Nota. Recuperado del "Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras"

Para Bolivia, se especifican cuatro criterios, los cuales se presentan a continuación.

Criterio I. Por condición de guiado óptico, es decir, para tener una clara percepción del elemento de enlace y de la curva circular, el parámetro debe estar comprendido por el rango dado por la ecuación 13.

Ecuación 13. Criterio I.

$$A \geq R/3$$

Donde:

A : Parámetro mínimo, en metros.

R : Radio de la curva, en metros.

Nota. Recuperado del "Manual de Carreteras Volumen I"

Criterio II. Es un complemento del criterio anterior, que tiene en cuenta que si el radio de la curva es $R \geq 1.2R_{mim}$.

Ecuación 14. Criterio II.

$$A \geq \sqrt[4]{12 * R^3}$$

Donde:

A : Parámetro mínimo, en metros.

R : Radio de la curva, en metros

Nota. Recuperado del "Manual de Carreteras Volumen I"

Criterio III. En este criterio se tiene en cuenta la limitación por transición de peralte, es decir, que sea posible el desarrollo del peralte en la curva.

Ecuación 15. Criterio III.

$$A \geq \sqrt{\frac{n * a * e * R}{\Delta}}$$

Donde:

n : Número de carriles entre el eje de giro y el borde del pavimento peraltado.

a : Ancho del carril, en metros.

e : Peralte de la curva, en porcentaje (%).

R : Radio de la curva, en metros.

Δ_s : Inclinación de la rampa de peraltes, en porcentaje (%).

Nota. Recuperado del "Manual de Carreteras Volumen I"

Criterio IV. Variación uniforme de la aceleración centrífuga (J), no compensada por el peralte.

Ecuación 16. Criterio IV.

$$A = \sqrt{\frac{V_e * R}{46.656 * J} \left[\frac{V_e^2}{R} - (1.27 * e) \right]}$$

Donde:

- A: Parámetro mínimo, en metros.
- V_e : Velocidad específica de la curva horizontal, en km/h.
- R: Radio de cálculo de la clotoide, en metros.
- J: Variación de la aceleración centrífuga, en m/s³.
- e: Peralte de la curva, en porcentaje (%).

Nota. Recuperado del "Manual de Carreteras Volumen I"

3.15.2 LONGITUD MÁXIMA.

Para Colombia, la ecuación 17 establece el criterio para la longitud máxima de la espiral.

Ecuación 17. Longitud máxima de curva espiral.

$$A_{m\acute{a}x} = 1.1 * R_C$$

Donde:

- $A_{m\acute{a}x}$: Parámetro máximo, en metros.
- R_C : Radio de la curva, en metros.

Nota. Recuperado del "Manual de Diseño Geométrico de Carreteras"

Para México, se establece la ecuación 18 para la longitud máxima.

Ecuación 18. Longitud máxima de curva espiral.

$$L_{e,m\acute{a}x} = \sqrt{24 * p_{m\acute{a}x} * R_C}$$

Donde:

$L_{e,m\acute{a}x}$: Longitud máxima de la espiral, en metros.

$p_{m\acute{a}x}$: Desviación lateral máxima entre la tangente y la curva circular, valor 1.0 m.

R_C : Radio de la curva circular, en metros.

Nota. Recuperado del "Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras"

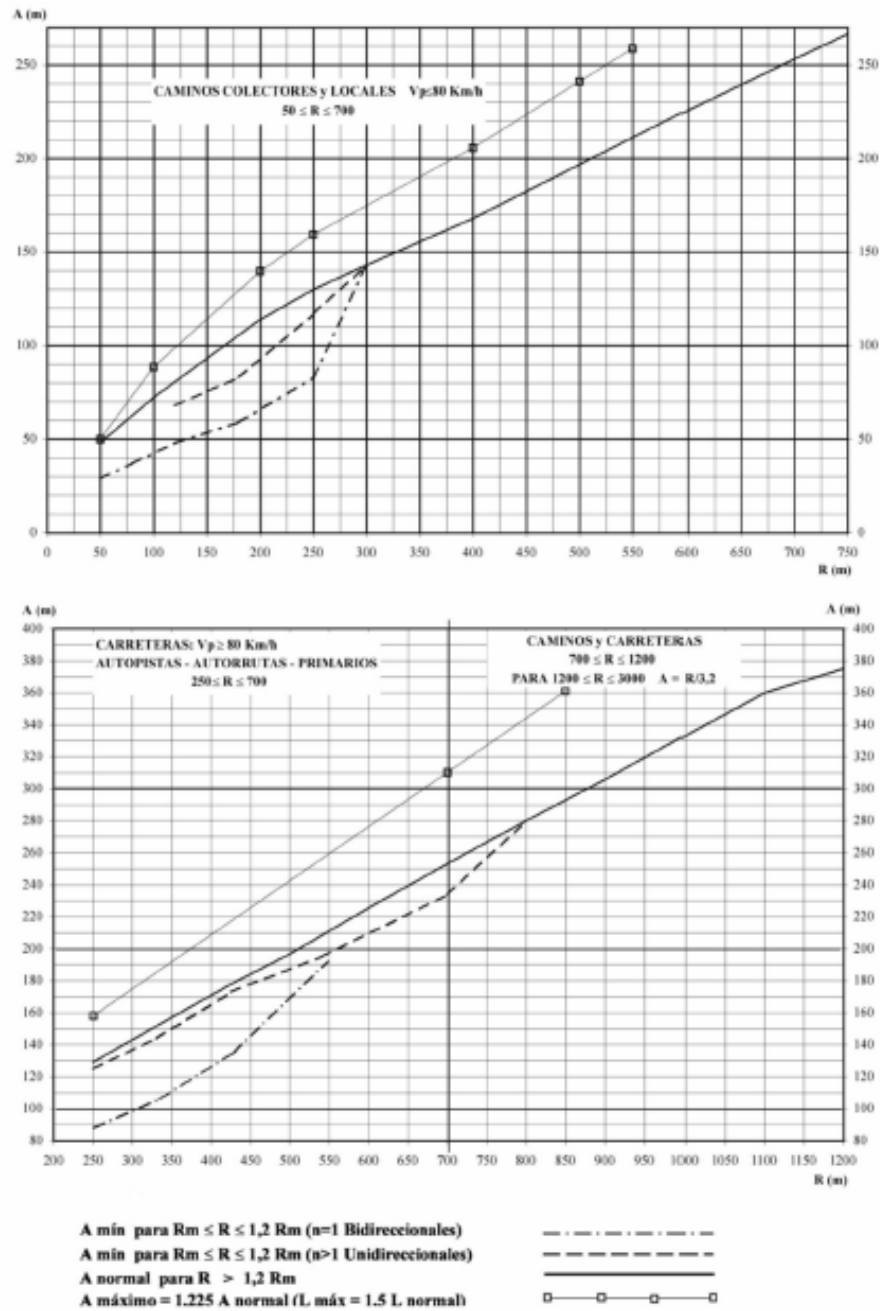
Finalmente, para Bolivia se establece la ecuación 19 y la gráfica 12, para definir la longitud máxima de la espiral

Ecuación 19. Longitud máxima de curva espiral.

$$L_{e,m\acute{a}x} = 1.5R_C$$

Nota. Recuperado del "Manual de Carreteras Volumen I"

Gráfica 12. Parámetros mínimos y normales de la clotoide en función del radio de curvatura.



Nota. Recuperado del "Manual de Carreteras Volumen I"

4 METODOLOGÍA.

4.1 ANÁLISIS, EXTRACCIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LOS MANUALES EN ESTUDIO.

Para los manuales de diseño geométrico de carreteras de México y Bolivia se determinaron diferentes parámetros necesarios para la realización de un diseño vial; cada uno de estos parámetros, descritos anteriormente en el marco teórico, fue recopilado y organizado de tal forma que se pudiera ser adaptado al software TOPO3.

Los datos obtenidos se encontraban en tres tipos: tablas, ecuaciones y gráficas. Estas primeras fueron transcritas de tal forma que se adaptaran al software. Algunas ecuaciones fueron insertadas al programa y otras fueron iteradas, generando tablas y siendo adecuadas a TOPO3. Por último, las gráficas fueron procesadas para extraer información generando tablas y siendo adaptadas al software.

4.2 ADAPTACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LOS MANUALES EN ESTUDIO A TOPO3.

Posteriormente de la organización de la información, cada uno de los parámetros fue insertado al software, procurando que cada uno de ellos cumpliera las especificaciones, es decir que, por ejemplo, para cierta categoría y velocidad el valor o rango se cumpla.

4.3 DISEÑO GEOMÉTRICO DE TRES VÍAS EMPLEANDO TOPO3.

Los diseños viales ubicados entre Tambo-Huisito (Cauca), Pilcuan-Tanguan (Nariño) y Túquerres-Samaniego (Nariño), fueron diseñados empleando el software, de tal forma que, cada uno de ellos cumplan con uno de los manuales en estudio, es decir, que para cada uno de los manuales les correspondió un diseño geométrico.

Estos tramos fueron seleccionados teniendo en cuenta que, de acuerdo con las especificaciones en los manuales estudiados, la velocidad de diseño en ellos es igual, lo que permite hacer comparaciones.

4.4 COMPARACIÓN DE LOS DISEÑOS VIALES REALIZADOS.

Cada diseño fue realizado para cumplir la mayoría de los parámetros de uno de los manuales, empleando el software TOPO3, el cual permite detallar que elementos del diseño no cumplen un determinado criterio. Luego, para cada tramo se cambia el manual de referencia, y con este nuevo manual se revisa el diseño. Esto permite realizar las comparaciones entre los manuales en estudio.

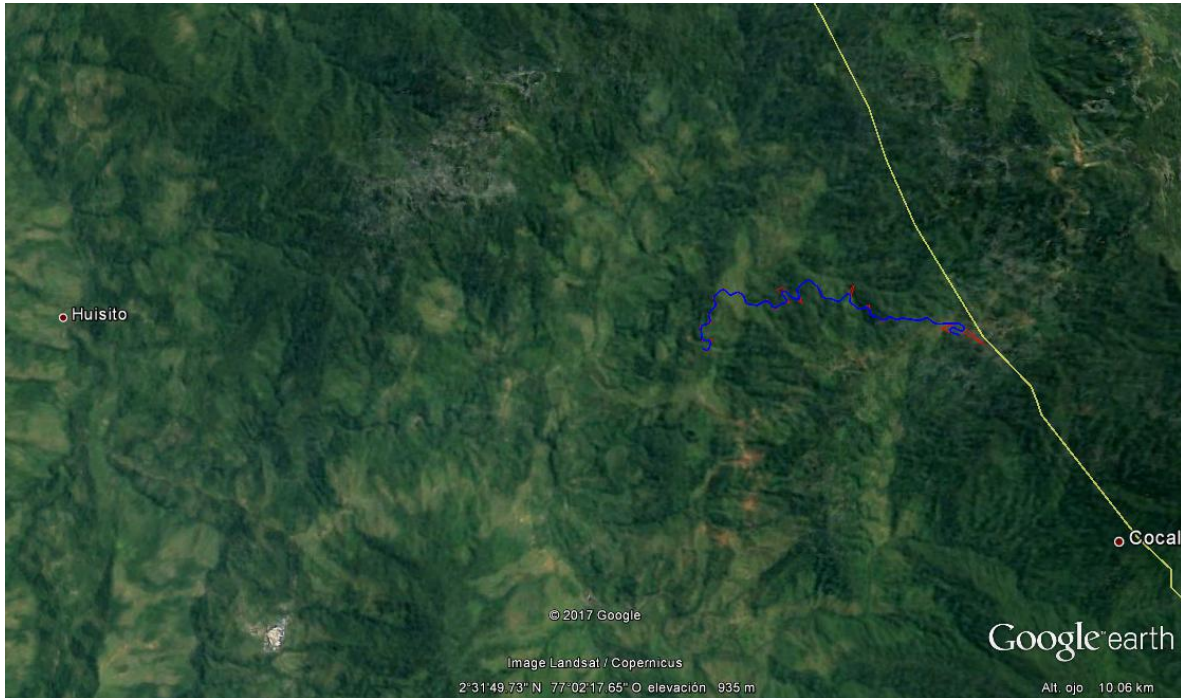
5 RESULTADOS.

5.1 DISEÑO VIAL EMPLEANDO EL MDGC.

5.1.1 GENERALIDADES.

El primer tramo diseñado consiste en 3634 metros, ubicado en el departamento de Cauca. En la gráfica 13 se muestra una vista satelital del tramo en estudio.

Gráfica 13. Tramo vial entre Tambo-Huisito (Cauca).



Nota. Recuperado de GoogleEarth.

En este diseño se presentaron los siguientes resultados teniendo en cuenta la normatividad colombiana, es decir, empleando el manual de diseño geométrico de carreteras.

5.1.2 PARÁMETROS DE DISEÑO.

Según el MDGC, se realizó el diseño del tramo de vía mencionado con las especificaciones para una vía terciaria. Para esta categoría vial y teniendo en cuenta el relieve del terreno, que para este caso es montañoso, se seleccionó la velocidad de 30 km/h.

5.1.3 ELEMENTOS EN CURVAS HORIZONTALES.

Con estos diseños realizados y comprobados en el software TOPO3, se obtuvieron los resultados mostrados en las tablas 5.1 y 5.2. En estos se emplearon principalmente curvas espiral-circulo-espiral (E-C-E) y para pequeñas deflexiones ($<30^\circ$) se utilizaron curvas espiral-espiral (E-E). Además, se diseñaron dos curvas compuestas indicadas por los PI's 2 y 26. Estas curvas tienen de peralte máximo 6%, dado por la categoría de la vía.

Por otro lado, a pesar de que en el MDGC la velocidad en las curvas puede variar respecto a la velocidad del proyecto, a lo largo de esta vía no se presenta esta variación debido a la sinuosidad de la misma, la cual produce pequeñas entretangencias. A causa de lo anterior, muchas curvas poseen radios pequeños, cercanos al mínimo permitido.

Tabla 5.1. Elementos del diseño en planta, curvas horizontales. Primera parte.

# PI	Tipo de Curva	Radio (m)			Longitud Espiral (m)		Peralte (%)	Deflexión	Entretangencia Chequeo (m)	Vch Avance (km/h)	Vch Contra (km/h)	Radio Mínimo (m)	Radio Siguiente (m)		L_Transición Mínimo Ds_Máximo (m)		Le Entrada (m)		L_Transición Máximo Ds_Mínimo (m)		
		Entrada	Entrada	Salida	Entrada	g,m,ε l/D							Mínimo	Máximo	Entrada	Mínimo	Máximo	Entrada			
Inicial								150.981	30												
1	Espiral-Círculo-Espiral	21	15	15	6	191,58,45 D		42.18	30	30	21	15.5	31.5	14.06	32.37	25.41		60			
*																					
3	Espiral-Círculo-Espiral	21	15	15	6	168,40,21 I		22.739	30	30	21	15.5	31.5	14.06	32.37	25.41		60			
4	Espiral-Círculo-Espiral	40	15.5	15.5	5.2	46,10,39 I		135.961	30	30	21	30	60	12.19	15.49	48.4		52			
5	Espiral-Círculo-Espiral	45	18	18	5	45,16,34 D		46.031	30	30	21	32.5	67.5	11.72	16.43	54.45		50			
6	Espiral-Círculo-Espiral	30	21	21	5.7	74,24,30 I		24.433	30	30	21	20	45	13.36	20.91	36.3		57			
7	Espiral-Espiral	29.7	21.53	21.53	5.72	41,32,4 D		117.436	30	30	21	19.85	44.55	13.39	21.17	35.94		57.15			
8	Espiral-Espiral	34.7	18.162	18.16	5.47	29,59,22 I		21.066	30	30	21	24.7	52.05	12.81	17.45	41.99		54.65			
9	Espiral-Círculo-Espiral	35	17.6	17.6	5.45	58,11,42 D		17.729	30	30	21	25	52.5	12.77	17.26	42.35		54.5			
10	Espiral-Círculo-Espiral	25	15	15	5.89	74,53,50 I		24.746	30	30	21	17.5	37.5	13.79	26.2	30.25		58.86			
11	Espiral-Círculo-Espiral	29	22	22	5.75	79,35,40 D		26.172	30	30	21	19.5	43.5	13.48	21.8	35.09		57.5			
12	Espiral-Espiral	31.3	19.912	19.91	5.64	36,27,1 I		24.377	30	30	21	21.3	46.95	13.21	19.84	37.87		56.35			
13	Espiral-Círculo-Espiral	22	15	15	5.97	84,22,12 D		19.68	30	30	21	16	33	14	30.61	26.62		59.71			
14	Espiral-Círculo-Espiral	30	21	21	5.7	116,48,0 I		21.831	30	30	21	20	45	13.36	20.91	36.3		57			
15	Espiral-Círculo-Espiral	31	20.1	20.1	5.65	69,42,45 D		70.752	30	30	21	21	46.5	13.24	20.08	37.51		56.5			
16	Espiral-Círculo-Espiral	26	14	14	5.86	68,20,2 D		18.12	30	30	21	18	39	13.73	24.96	31.46		58.57			
17	Espiral-Círculo-Espiral	21	14.5	14.5	6	158,2,59 I		69.405	30	30	21	15.5	31.5	14.06	32.37	25.41		60			
18	Espiral-Círculo-Espiral	32	20	20	5.6	72,14,10 D		44.861	30	30	21	22	48	13.13	19.3	38.72		56			
19	Espiral-Espiral	36	17.338	17.34	5.4	27,35,40 I		30.109	30	30	21	26	54	12.66	16.66	43.56		54			
20	Espiral-Círculo-Espiral	31	20.1	20.1	5.65	70,10,52 D		78.488	30	30	21	21	46.5	13.24	20.08	37.51		56.5			
21	Espiral-Espiral	36.5	16.887	16.89	5.38	26,30,33 I		66.113	30	30	21	26.5	54.75	12.6	16.38	44.17		53.75			
22	Espiral-Círculo-Espiral	30	24	24	5.7	80,37,18 I		86.343	30	30	21	20	45	13.36	20.91	36.3		57			
23	Espiral-Círculo-Espiral	32	20	20	5.6	68,57,4 I		45.288	30	30	21	22	48	13.13	19.3	38.72		56			
24	Espiral-Círculo-Espiral	21	17	17	6	138,25,41 D		43.774	30	30	21	15.5	31.5	14.06	32.37	25.41		60			
25	Espiral-Espiral	51	17.656	17.66	4.77	19,50,6 D		38.1	30	30	21	35.5	76.5	11.17	17.49	61.71		47.67			

Nota. Obtenido del software TOPO3

(* El PI #2 cumple la función de PI auxiliar al PI #1.

Tabla 5.2. Elementos del diseño en planta, curvas horizontales. Segunda parte.

# PI	Tipo de Curva	Radio (m)			Longitud Espiral (m)		Peralte (%)	Deflexion	Entretangencia Chequeo	Vch Avance	Vch Contra	Radio Mínimo	Radio Siguiente (m)		L_Transición Mínimo Ds_Máximo (m)		Le Entrada (m)		L_Transición Máximo Ds_Mínimo (m)
		Entrada	Entrada	Salida	Entrada	g,m,s I/D							(m)	km/h	km/h	(m)	Mínimo	Máximo	
26	Espiral-Circulo-Espiral	21	15	15	6	179,36,33 I		45.819		30	30	21	15.5	31.5	14.06	32.37	25.41	60	
*																			
28	Espiral-Circulo-Espiral	21	15	15	6	120,11,49 D		21.45		30	30	21	15.5	31.5	14.06	32.37	25.41	60	
29	Espiral-Espiral	32.5	18.985	18.99	5.58	33,28,9 I		28.092		30	30	21	22.5	48.75	13.07	18.98	39.33	55.75	
30	Espiral-Circulo-Espiral	30	22	22	5.7	98,35,45 D		37.834		30	30	21	20	45	13.36	20.91	36.3	57	
31	Espiral-Circulo-Espiral	30	22	22	5.7	87,13,21 I		55.221		30	30	21	20	45	13.36	20.91	36.3	57	
32	Espiral-Espiral	31	21.161	21.16	5.65	39,6,42 D		61.839		30	30	21	21	46.5	13.24	20.08	37.51	56.5	
33	Espiral-Circulo-Espiral	32	19.4	19.4	5.6	67,20,40 D		37.888		30	30	21	22	48	13.13	19.3	38.72	56	
34	Espiral-Espiral	31	20.199	20.2	5.65	37,20,1 I		31.985		30	30	21	21	46.5	13.24	20.08	37.51	56.5	
35	Espiral-Circulo-Espiral	32	20	20	5.6	67,0,50 I		38.323		30	30	21	22	48	13.13	19.3	38.72	56	
36	Espiral-Circulo-Espiral	30	21	21	5.7	75,20,39 D		34.633		30	30	21	20	45	13.36	20.91	36.3	57	
37	Espiral-Circulo-Espiral	30	21	21	5.7	89,1,23 I		69.066		30	30	21	20	45	13.36	20.91	36.3	57	
38	Espiral-Circulo-Espiral	30	21	21	5.7	77,46,21 I		21.754		30	30	21	20	45	13.36	20.91	36.3	57	
39	Espiral-Circulo-Espiral	32	20	20	5.6	72,45,4 D		58.085		30	30	21	22	48	13.13	19.3	38.72	56	
40	Espiral-Circulo-Espiral	32	20	20	5.6	66,10,49 I		27.076		30	30	21	22	48	13.13	19.3	38.72	56	
41	Espiral-Circulo-Espiral	28	23	23	5.8	99,35,3 D		32.016		30	30	21	19	42	13.59	22.76	33.88	58	
42	Espiral-Circulo-Espiral	30	22	22	5.7	85,17,22 I		82.626		30	30	21	20	45	13.36	20.91	36.3	57	
43	Espiral-Circulo-Espiral	21	15	15	6	91,54,59 I		24.397		30	30	21	15.5	31.5	14.06	32.37	25.41	60	
44	Espiral-Circulo-Espiral	21	15	15	6	123,29,46 D		50.083		30	30	21	15.5	31.5	14.06	32.37	25.41	60	
45	Espiral-Circulo-Espiral	21	15	15	6	107,30,43 D		32.492		30	30	21	15.5	31.5	14.06	32.37	25.41	60	
Final										30									

Nota. Obtenido del software TOPO3

(* El PI #27 cumple la función de PI auxiliar al PI #26.

5.1.4 REVISIÓN DEL DISEÑO EN PLANTA MEDIANTE EL SOFTWARE.

Antes de proceder con la revisión, se debe aclarar que en las curvas con radio mínimo se presentan incongruencias entre la longitud de espiral mínima y máxima, ya que la mínima resulta mayor a la máxima. Esto es debido al *Criterio I* de longitud mínima, que excede el valor de longitud máxima, por lo que es frecuente descartar dicho criterio y determinar la longitud mínima con los tres criterios restantes.

Tabla 5.3- Criterios para la longitud de espirales.

Radio (m)	Longitud mínima				Longitud máxima
	Criterio I	Criterio II	Criterio III.1	Criterio III.2	
21	32.37	14.06	11.22	2.20	25.41
22	30.61	14.00	11.49	2.30	26.62
23	29.01	13.93	11.75	2.41	27.83
24	27.55	13.86	12.00	2.51	29.04
25	26.20	13.79	12.25	2.62	30.25

Nota. Elaboración propia.

En las tablas 5.4 y 5.5, se presenta la revisión mediante el software, de donde se puede obtener las siguientes observaciones:

- En los PI's 3, 4, 35 y 36 no se cumple con la rampa de peralte mínimo, debido a que en estas curvas de igual sentido no hay entretangencia suficiente para pasar de peralte completo a bombeo, y de bombeo a peralte completa de la siguiente curva. A causa de esto se realiza una transición desde el peralte completo de la primera curva hasta el peralte completo de la segunda. Además, las curvas en los PI's 3 y 35 no se cumple con la entretangencia mínima permitida para curvas de igual sentido.
- Aunque la relación de radios consecutivos es un parámetro relevante que aporta comodidad a la vía, en este caso debido al terreno montañoso es complicado lograr que se cumpla este parámetro.
- Las curvas en donde se indica que no cumple la longitud de espiral mínima se debe aclarado al inicio del numeral.

Con respecto a los demás parámetros, el diseño cumple con los diferentes parámetros del MDGC.

Tabla 5.4. Revisión del diseño en planta. Primera parte.

# PI	Tipo Curva	Sentido de la Curva	Radio Mínimo	Peralte Máximo	Peralte Curva	Pendiente Rampa Peralte		Longitud Mínima Arco Circular	Entretangencia		Relacion Radios Consecutivos	Longitud Espiral Entrada		Longitud Espiral Salida	
						Mínima	Máxima		Mínima	Máxima		Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
1	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D										X		X	
*															
3	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I				X			X		X	X		X	
4	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I				X									
5	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D									X				
6	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I													
7	ESPIRAL-ESPIRAL	D													
8	ESPIRAL-ESPIRAL	I													
9	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D													
10	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I										X		X	
11	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D													
12	ESPIRAL-ESPIRAL	I													
13	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D										X		X	
14	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I													
15	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D													
16	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D										X		X	
17	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I									X	X		X	
18	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D													
19	ESPIRAL-ESPIRAL	I													
20	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D													
21	ESPIRAL-ESPIRAL	I													
22	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I													
23	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I									X				
24	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D									X	X		X	
25	ESPIRAL-ESPIRAL	D									X				

Nota. Obtenido del software TOPO3

(*) El PI #2 cumple la función de PI auxiliar al PI #1.

Tabla 5.5. Revisión diseño en planta. Segunda parte.

# PI	Tipo Curva	Sentido de la Curva	Radio Mínimo	Peralte Máximo	Peralte Curva	Pendiente Rampa Peralte		Longitud Mínima Arco Circular	Entretangencia		Relacion Radios Consecutivos	Longitud Espiral Entrada		Longitud Espiral Salida	
						Mínima	Máxima		Mínima	Máxima		Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
26	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I										X		X	
*															
28	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D									X	X		X	
29	ESPIRAL-ESPIRAL	I													
30	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D													
31	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I													
32	ESPIRAL-ESPIRAL	D													
33	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D													
34	ESPIRAL-ESPIRAL	I				X			X						
35	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I				X									
36	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D													
37	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I													
38	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I													
39	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D													
40	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I													
41	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D													
42	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I													
43	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I										X		X	
44	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D										X		X	
45	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D										X		X	

Nota. Obtenido del software TOPO3

(*). El PI #27 cumple la función de PI auxiliar al PI #26.

5.1.5 DISEÑO Y REVISIÓN DE LAS CURVAS VERTICALES.

La tabla 5.6 indica los parámetros que son analizados en la revisión del diseño en perfil de la vía, y también muestra que criterios son constante o variables dentro del diseño. Los elementos de las curvas verticales son los mostrados en la tabla 5.7, se observa como el terreno desciende en el sentido de la vía, además de presentar una velocidad constante en todo el recorrido, debido al terreno sinuoso que produce entretangencias pequeñas.

Tabla 5.6. Parámetros de revisión constantes y variables en el diseño vertical.

Parámetros de revisión	
Constante	Variable
Longitud de curva vertical mínima	Longitud de curva vertical máxima
K máximo	K mínimo
Pendiente de la tangente vertical mínima	
Pendiente de la tangente vertical máxima	
Longitud de la tangente vertical mínima	Longitud de la tangente vertical máxima

Nota. Elaboración propia.

Para realizar la revisión se presentan los valores de referencia del diseño en la tabla 5.8, en la cual se muestran los valores de cada parámetro requerido en el diseño vertical.

En la tabla 5.9 se presenta la revisión del diseño vertical dada por el software TOPO3, en la cual solo se observan inconvenientes en la pendiente máxima en los PIV's 1 y 2. En los demás parámetros se cumple con lo especificado en el manual.

Tabla 5.7. Elementos del diseño en perfil, curvas verticales.

# PIV	Longitud (m)		Pendiente (%)		A (%)	Tipo de curva	K		Velocidad CV (km/h)	Tangente Vertical (m)	Velocidad TV (km/h)
	Entrada	Salida	Entrada	Salida							
0										103	30
1	30	30	-12	-13.7	-1.689	Convexa	35.52	35.52	30	159	30
2	30	30	-13.69	-8.34	5.343	Concava	11.23	11.23	30	182	30
3	30	30	-8.34	-10.3	-1.958	Convexa	30.65	30.65	30	131	30
4	30	30	-10.3	-8.68	1.62	Concava	37.04	37.04	30	327	30
5	30	30	-8.68	-5.92	2.766	Concava	21.69	21.69	30	404	30
6	25	25	-5.92	-7.02	-1.103	Convexa	45.32	45.32	30	248	30
7	30	30	-7.02	-5.37	1.645	Concava	36.46	36.46	30	401	30
8	30	30	-5.37	-8.61	-3.232	Convexa	18.56	18.56	30	356	30
9	30	30	-8.61	-9.95	-1.342	Convexa	44.71	44.71	30	358	30
10	30	30	-9.95	-8.26	1.685	Concava	35.61	35.61	30	316	30
11	25	25	-8.26	-7.18	1.082	Concava	46.21	46.21	30	340	30
12	25	25	-7.18	-6.13	1.052	Concava	47.52	47.52	30	309.433	30

Nota. Obtenido del software TOPO3

COMPARACIÓN DE ESPECIFICACIONES DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS DE MÉXICO Y BOLIVIA CON COLOMBIA, UTILIZANDO EL SOFTWARE TOPO3

Tabla 5.8. Valores de referencia curvas verticales.

#PIV	Longitud CV (m)		K		Pendiente TV (%)		Longitud TV (m)	
	Mínima	Máxima	Mínimo	Máximo	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
0					0.5	12	60	303.2
1	20	84.46	2	50	0.5	12	60	270.4
2	20	267.17	6	50	0.5	12	60	445.3
3	20	97.89	2	50	0.5	12	60	349.3
4	20	80.98	6	50	0.5	12	60	427.1
5	20	138.3	6	50	0.5	12	60	691
6	20	55.16	2	50	0.5	12	60	561.3
7	20	82.27	6	50	0.5	12	60	815.2
8	20	161.61	2	50	0.5	12	60	431.2
9	20	67.09	2	50	0.5	12	60	362.1
10	20	84.24	6	50	0.5	12	60	449.6
11	20	54.1	6	50	0.5	12	60	545.4
12	20	52.61	6	50	0.5	12	60	657.9

Nota. Obtenido del software TOPO3

Tabla 5.9. Revisión del diseño en perfil, curvas verticales.

#PIV	Longitud CV	K		Pendiente		Longitud TV	
		Mínimo	Máximo	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
1					X		
2					X		
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							

Nota. Obtenido del software TOPO3

5.1.6 COMPARACIÓN DEL DISEÑO REALIZADO CON EL MDGC CON EL MPGC.

Para el diseño siguiendo la especificación mexicana se consideró que la vía es de categoría D (red alimentadora), ya que esta permite equiparar los demás criterios del proyecto. Posteriormente, se selecciona un terreno de tipo montañoso acorde a la topografía, y una velocidad de diseño de 30 km/h. Además, en este diseño se asignaron los peraltes correspondientes según el MPGC, partiendo del peralte máximo de 10%.

5.1.6.1 DISEÑO HORIZONTAL.

La tabla 5.10 indica los parámetros que no se cumplen según el MPGC. Además, muestra el número de curvas que incumplen con el determinado criterio.

Tabla 5.10. Parámetros que incumplen el diseño horizontal.

Parámetros	Número de repeticiones
Pendiente de la rampa de peralte máxima	43
Entretangencia mínima	2
Longitud de espiral de entrada mínima	43
Longitud de espiral de salida mínima	43

Nota. Elaboración propia.

Ahora bien, en las tablas 5.11 y 5.12 se observa que el diseño no cumple con la pendiente de la rampa peralte máxima, entretangencia mínima y la longitud de espiral de entrada y de salida mínima. Y las tablas 5.13 y 5.14 muestra los valores de las curvas horizontales.

En las curvas en que no se cumple la pendiente de la rampa de peralte máxima, se debe a que al no disponer suficiente longitud de desarrollo del peralte es necesario forzar la rampa de peralte. Además, el MPGC especifica un peralte máximo mayor y menores rampas de peraltes en comparación con el manual colombiana, lo que hace necesario una mayor longitud en el desarrollo de peralte.

Por otro lado, ninguna de las curvas cumple con la longitud de espiral mínima, porque al igual que con el manual colombiano, para radios pequeños la longitud de espiral mínima resulta mayor que la longitud de espiral máxima.

Tabla 5.11. Revisión diseño en planta con el MPGC. Primera parte.

# PI	Tipo Curva	Sentido de la Curva	Radio Mínimo	Peralte Máximo	Peralte Curva	Pendiente Rampa Peralte		Entretangencia		Relacion Radios Consecutivos	Longitud Espiral Entrada		Longitud Espiral Salida	
						Mínima	Máxima	Mínima	Máxima		Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
1	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D					X				X		X	
*														
3	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I					X	X			X		X	
4	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I					X				X		X	
5	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D					X				X		X	
6	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I					X				X		X	
7	ESPIRAL-ESPIRAL	D					X				X		X	
8	ESPIRAL-ESPIRAL	I					X				X		X	
9	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D					X				X		X	
10	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I					X				X		X	
11	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D					X				X		X	
12	ESPIRAL-ESPIRAL	I					X				X		X	
13	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D					X				X		X	
14	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I					X				X		X	
15	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D					X				X		X	
16	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D					X				X		X	
17	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I					X				X		X	
18	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D					X				X		X	
19	ESPIRAL-ESPIRAL	I					X				X		X	
20	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D					X				X		X	
21	ESPIRAL-ESPIRAL	I					X				X		X	
22	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I					X				X		X	
23	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I					X				X		X	
24	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D					X				X		X	
25	ESPIRAL-ESPIRAL	D					X				X		X	

Nota. Obtenido del software TOPO3

(*) El PI #2 cumple la función de PI auxiliar al PI #1.

Tabla 5.12. Revisión diseño en planta con el MPGC. Segunda parte.

# PI	Tipo Curva	Sentido de la Curva	Radio Mínimo	Peralte Máximo	Peralte Curva	Pendiente Rampa Peralte		Entretangencia		Relacion Radios Consecutivos	Longitud Espiral Entrada		Longitud Espiral Salida	
						Mínima	Máxima	Mínima	Máxima		Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
26	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I					X				X		X	
*														
28	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D					X				X		X	
29	ESPIRAL-ESPIRAL	I					X				X		X	
30	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D					X				X		X	
31	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I					X				X		X	
32	ESPIRAL-ESPIRAL	D					X				X		X	
33	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D					X				X		X	
34	ESPIRAL-ESPIRAL	I					X	X			X		X	
35	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I					X				X		X	
36	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D					X				X		X	
37	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I					X				X		X	
38	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I					X				X		X	
39	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D					X				X		X	
40	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I					X				X		X	
41	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D					X				X		X	
42	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I					X				X		X	
43	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I					X				X		X	
44	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D					X				X		X	
45	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D					X				X		X	

Nota. Obtenido del software TOPO3

(*) El PI #27 cumple la función de PI auxiliar al PI #26.

Tabla 5.13. Elementos de curvas horizontales con el MPGC. Primera parte.

#PI	Tipo de Curva	Radio (m)			Peralte (%)	Deflexión	Entretangencia Chequeo	Vch Avance	Vch Contra	Radio Mínimo	Radio Siguiente (m)		L_Transición Mínimo Ds_Máximo (m)	Le Entrada (m)		L_Transición Máximo Ds_Mínimo (m)
		Entrada	Entrada	Salida							Entrada	g, m, s l/D		(m)	km/h	
Inicial						60.52	30									
1	Espiral-Círculo-Espiral	21	15	15	9.9	191,58,45 D	42.18	30	30	20	0	10000	44.33	29.7	22.45	297000
*																
3	Espiral-Círculo-Espiral	21	15	15	9.9	168,40,21 I	22.739	30	30	20	0	10000	44.33	29.7	22.45	297000
4	Espiral-Círculo-Espiral	40	15.5	15.5	8.07	46,10,39 I	135.961	30	30	20	0	10000	36.13	24.2	30.98	242043.96
5	Espiral-Círculo-Espiral	45	18	18	7.65	45,16,34 D	46.031	30	30	20	0	10000	34.25	22.95	32.86	229483.7
6	Espiral-Círculo-Espiral	30	21	21	9.02	74,24,30 I	24.433	30	30	20	0	10000	40.39	27.06	26.83	270635.76
7	Espiral-Espiral	29.7	21.53	21.53	9.06	41,32,4 D	117.436	30	30	20	0	10000	40.57	27.18	26.7	271827.81
8	Espiral-Espiral	34.7	18.162	18.16	8.51	29,59,22 I	21.066	30	30	20	0	10000	38.08	25.52	28.86	255156.4
9	Espiral-Círculo-Espiral	35	17.6	17.6	8.48	58,11,42 D	17.729	30	30	20	0	10000	37.96	25.43	28.98	254303.32
10	Espiral-Círculo-Espiral	25	15	15	9.59	74,53,50 I	24.746	30	30	20	0	10000	42.95	28.78	24.49	287761.06
11	Espiral-Círculo-Espiral	29	22	22	9.15	79,35,40 D	26.172	30	30	20	0	10000	40.99	27.46	26.38	274609.27
12	Espiral-Espiral	31.3	19.912	19.91	8.86	36,27,1 I	24.377	30	30	20	0	10000	39.69	26.59	27.41	265904.19
13	Espiral-Círculo-Espiral	22	15	15	9.8	84,22,12 D	19.68	30	30	20	0	10000	43.9	29.41	22.98	294146.34
14	Espiral-Círculo-Espiral	30	21	21	9.02	116,48,0 I	21.831	30	30	20	0	10000	40.39	27.06	26.83	270635.76
15	Espiral-Círculo-Espiral	31	20.1	20.1	8.9	69,42,45 D	70.752	30	30	20	0	10000	39.85	26.7	27.28	266982.04
16	Espiral-Círculo-Espiral	26	14	14	9.5	68,20,2 D	18.12	30	30	20	0	10000	42.55	28.51	24.98	285106.19
17	Espiral-Círculo-Espiral	21	14.5	14.5	9.9	158,2,59 I	69.405	30	30	20	0	10000	44.33	29.7	22.45	297000
18	Espiral-Círculo-Espiral	32	20	20	8.78	72,14,10 D	44.861	30	30	20	0	10000	39.32	26.35	27.71	263454.55
19	Espiral-Espiral	36	17.338	17.34	8.38	27,35,40 I	30.109	30	30	20	0	10000	37.54	25.15	29.39	251523.01
20	Espiral-Círculo-Espiral	31	20.1	20.1	8.9	70,10,52 D	78.488	30	30	20	0	10000	39.85	26.7	27.28	266982.04
21	Espiral-Espiral	36.5	16.887	16.89	8.34	26,30,33 I	66.113	30	30	20	0	10000	37.35	25.03	29.6	250267.78
22	Espiral-Círculo-Espiral	30	24	24	9.02	80,37,18 I	86.343	30	30	20	0	10000	40.39	27.06	26.83	270635.76
23	Espiral-Círculo-Espiral	32	20	20	8.78	68,57,4 I	45.288	30	30	20	0	10000	39.32	26.35	27.71	263454.55
24	Espiral-Círculo-Espiral	21	17	17	9.9	138,25,41 D	43.774	30	30	20	0	10000	44.33	29.7	22.45	297000
25	Espiral-Espiral	51	17.656	17.66	7.28	19,50,6 D	38.1	30	30	20	0	10000	32.58	21.83	34.99	218260.37

Nota. Obtenido del software TOPO3

(*) El PI #2 cumple la función de PI auxiliar al PI #1.

Tabla 5.14. Elementos de curvas horizontales con el MPGC. Segunda parte.

#PI	Tipo de Curva	Radio (m)	Longitud Espiral (m)		Peralte (%)	Deflexion	Entretangencia	Vch	Vch	Radio	Radio Siguiente (m)		L_Transición Mínimo Ds_Máximo (m)		Le Entrada (m)		L_Transición	
		Entrada	Entrada	Salida	Entrada	g,m,s l/D	(m)	km/h	km/h	(m)	Mínimo	Máximo	Entrada	Mínimo	Máximo	Entrada	Máximo Ds_Mínimo (m)	
26	Espiral-Círculo-Espiral	21	15	15	9.9	179,36,33 I	45.819	30	30	20	0	10000	44.33	29.7	22.45	297000		
*																		
28	Espiral-Círculo-Espiral	21	15	15	9.9	120,11,49 D	21.45	30	30	20	0	10000	44.33	29.7	22.45	297000		
29	Espiral-Espiral	32.5	18.985	18.99	8.73	33,28,9 I	28.092	30	30	20	0	10000	39.08	26.19	27.93	261850.27		
30	Espiral-Círculo-Espiral	30	22	22	9.02	98,35,45 D	37.834	30	30	20	0	10000	40.39	27.06	26.83	270635.76		
31	Espiral-Círculo-Espiral	30	22	22	9.02	87,13,21 I	55.221	30	30	20	0	10000	40.39	27.06	26.83	270635.76		
32	Espiral-Espiral	31	21.161	21.16	8.9	39,6,42 D	61.839	30	30	20	0	10000	39.85	26.7	27.28	266982.04		
33	Espiral-Círculo-Espiral	32	19.4	19.4	8.78	67,20,40 D	37.888	30	30	20	0	10000	39.32	26.35	27.71	263454.55		
34	Espiral-Espiral	31	20.199	20.2	8.9	37,20,1 I	31.985	30	30	20	0	10000	39.85	26.7	27.28	266982.04		
35	Espiral-Círculo-Espiral	32	20	20	8.78	67,0,50 I	38.323	30	30	20	0	10000	39.32	26.35	27.71	263454.55		
36	Espiral-Círculo-Espiral	30	21	21	9.02	75,20,39 D	34.633	30	30	20	0	10000	40.39	27.06	26.83	270635.76		
37	Espiral-Círculo-Espiral	30	21	21	9.02	89,1,23 I	69.066	30	30	20	0	10000	40.39	27.06	26.83	270635.76		
38	Espiral-Círculo-Espiral	30	21	21	9.02	77,46,21 I	21.754	30	30	20	0	10000	40.39	27.06	26.83	270635.76		
39	Espiral-Círculo-Espiral	32	20	20	8.78	72,45,4 D	58.035	30	30	20	0	10000	39.32	26.35	27.71	263454.55		
40	Espiral-Círculo-Espiral	32	20	20	8.78	66,10,49 I	27.076	30	30	20	0	10000	39.32	26.35	27.71	263454.55		
41	Espiral-Círculo-Espiral	28	23	23	9.25	99,35,3 D	32.016	30	30	20	0	10000	41.41	27.74	25.92	277423.36		
42	Espiral-Círculo-Espiral	30	22	22	9.02	85,17,22 I	82.626	30	30	20	0	10000	40.39	27.06	26.83	270635.76		
43	Espiral-Círculo-Espiral	21	15	15	9.9	91,54,59 I	24.397	30	30	20	0	10000	44.33	29.7	22.45	297000		
44	Espiral-Círculo-Espiral	21	15	15	9.9	123,29,46 D	50.083	30	30	20	0	10000	44.33	29.7	22.45	297000		
45	Espiral-Círculo-Espiral	21	15	15	9.9	107,30,43 D	32.492	30	30	20	0	10000	44.33	29.7	22.45	297000		
Final									30									

Nota. Obtenido del software TOPO3

(*) El PI #27 cumple la función de PI auxiliar al PI #26.

5.1.6.2 DISEÑO VERTICAL.

En la tabla 5.15 se muestran los parámetros que no cumplen lo especificado por el MPGC y su número de repeticiones. Al igual que lo sucedido con el manual colombiano, se presenta inconveniente con la pendiente máxima de la tangente vertical. Además, tampoco se cumple con el K máximo y la longitud de la curva vertical.

Tabla 5.15. Parámetros que incumplen el diseño en perfil.

Parámetros	Número de repeticiones
K máximo	2
Longitud de curva vertical	2
Pendiente máxima	2

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 5.16 se puede observar los valores de referencia que se tienen en cuenta para la revisión del diseño. En este caso la pendiente máxima especificada no se ve alterada, sin embargo, el K máximo sufre una disminución en su valor provocando que en los PIV's 11 y 12 no se cumpla este parámetro. Por otro lado, en la tabla 5.17 se muestra la revisión del diseño en perfil.

Tabla 5.16. Valores de referencia curvas verticales.

#PIV	Longitud CV (m)		K		Pendiente TV (%)		Longitud TV (m)	
	Mínima	Máxima	Mínimo	Máximo	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
0					0.5	12	10	492.3
1	20	77.71	2	46	0.5	12	10	437.8
2	20	245.8	6	46	0.5	12	10	661.3
3	20	90.06	2	46	0.5	12	10	559.6
4	20	74.5	6	46	0.5	12	10	645.1
5	20	127.24	6	46	0.5	12	10	1041.6
6	20	50.74	2	46	0.5	12	10	826.8
7	20	75.69	6	46	0.5	12	10	1232
8	20	148.68	2	46	0.5	12	10	649.1
9	20	61.73	2	46	0.5	12	10	578.2
10	20	77.5	6	46	0.5	12	10	662.8
11	20	49.77	6	46	0.5	12	10	801.2
12	20	48.4	6	46	0.5	12	10	986.1

Nota. Obtenido del software TOPO3

Tabla 5.17. Revisión del diseño en perfil, curvas verticales.

#PIV	Longitud CV	K		Pendiente		Longitud TV	
		Mínimo	Máximo	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
1					X		
2					X		
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11	X		X				
12	X		X				

Nota. Obtenido del software TOPO3

5.1.7 COMPARACIÓN DEL DISEÑO REALIZADO CON EL MDGC CON EL MCVI.

5.1.7.1 DISEÑO HORIZONTAL.

Para Bolivia, la categoría vial que se asemeja más al diseño es la correspondiente a caminos de desarrollo. Según el MCVI, este tipo de vías destinados a conectar zonas aisladas y por ellas transitarán vehículos motorizados y vehículos a tracción animal. Sus características responden a las mínimas consultadas para los caminos públicos, siendo su función principal la de posibilitar tránsito permanente aunque las velocidades sean reducidas.

Con lo anterior, y la presencia de un terreno montañoso, se establece la velocidad de 30 km/h (las misma usado con los manuales anteriores). Definidos los parámetros generales del diseño se procede a la revisión del diseño, en la tabla 5.18 se presentan los criterios en los que no cumple la carretera según el MCVI.

Tabla 5.18. Parámetros que incumplen el diseño horizontal.

Parámetros	Número de repeticiones
Radio mínimo	10
Pendiente de la rampa de peralte mínima	2
Relación de radios consecutivos	4
Longitud de espiral de entrada mínima	30
Longitud de espiral de salida mínima	30

Nota. Elaboración propia.

En las tablas 5.19 y 5.20 se observa que, para la velocidad dada, el radio mínimo es superior que el especificado en los manuales anteriores, ocasionando el no cumplimiento de este parámetro. Por otro lado, el MCVI, al igual que el MDGC, especifica una relación de radios consecutivos, sin embargo, para el diseño evaluado presenta menos casos de no cumplimiento.

Por otro lado, el MVCI especifica un peralte máximo (7%) mayor que el MDGC (6%) pero menor que el MPGC (10%), pero establece el mayor valor de rampa de peralte máxima. Esto ocasiona que se pueda realizar la transición de peralte entre las curvas de los PI's 34 y 35, que para el MDGC era necesario eliminar. Pero se mantiene la transición irregular entre las curvas de los PI's 3 y 4.

Finalmente, en el caso de la longitud de espiral mínima se observa que, a diferencia de los manuales previos, no muestra incongruencias con los radios pequeños. No obstante, se requiere de mayores longitudes de espiral para satisfacer los criterios establecidos.

Tabla 5.19. Revisión diseño en planta con el MCVI. Primera parte.

# PI	Tipo Curva	Sentido de la Curva	Radio Mínimo	Peralte Máximo	Peralte Curva	Pendiente Rampa Peralte		Entretangencia		Relacion Radios Consecutivos	Longitud Espiral Entrada		Longitud Espiral Salida	
						Mínima	Máxima	Mínima	Máxima		Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
1	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D	X								X		X	
*														
3	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I	X			X		X		X	X		X	
4	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I				X					X		X	
5	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D									X		X	
6	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I												
7	ESPIRAL-ESPIRAL	D												
8	ESPIRAL-ESPIRAL	I									X		X	
9	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D									X		X	
10	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I									X		X	
11	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D												
12	ESPIRAL-ESPIRAL	I									X		X	
13	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D	X								X		X	
14	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I												
15	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D									X		X	
16	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D									X		X	
17	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I	X								X		X	
18	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D									X		X	
19	ESPIRAL-ESPIRAL	I									X		X	
20	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D									X		X	
21	ESPIRAL-ESPIRAL	I									X		X	
22	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I												
23	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I								X	X		X	
24	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D	X							X				
25	ESPIRAL-ESPIRAL	D								X	X		X	

Nota. Obtenido del software TOPO3

(*) El PI #2 cumple la función de PI auxiliar al PI #1.

Tabla 5.20. Revisión diseño en planta con el MCVI. Segunda parte.

# PI	Tipo Curva	Sentido de la Curva	Radio Mínimo	Peralte Máximo	Peralte Curva	Pendiente Rampa Peralte		Entretangencia		Relacion Radios Consecutivos	Longitud Espiral Entrada		Longitud Espiral Salida	
						Mínima	Máxima	Mínima	Máxima		Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
26	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I	X								X		X	
*														
28	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D	X								X		X	
29	ESPIRAL-ESPIRAL	I									X		X	
30	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D												
31	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I												
32	ESPIRAL-ESPIRAL	D									X		X	
33	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D									X		X	
34	ESPIRAL-ESPIRAL	I						X			X		X	
35	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I									X		X	
36	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D												
37	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I												
38	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I												
39	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D									X		X	
40	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I									X		X	
41	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D												
42	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I												
43	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I	X								X		X	
44	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D	X								X		X	
45	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D	X								X		X	

Nota. Obtenido del software TOPO3

(*) El PI #27 cumple la función de PI auxiliar al PI #26.

Tabla 5.21. Elementos de curvas horizontales con el MCVI. Primera parte.

#PI	Tipo de Curva	Radio (m)			Peralte (%)	Deflexion	Entretangencia Chequeo	Vch Avance	Vch Contra	Radio Mínimo	Radio Siguiente (m)		L_Transición Mínimo Ds_Máximo (m)	Le Entrada (m)		L_Transición Máximo Ds_Mínimo (m)
		Entrada	Entrada	Salida							Entrada	g,m,s l/D		(m)	km/h	
Inicial							60.52	30								
1	Espiral-Círculo-Espiral	21	15	15	7	191,58,45 D	42.18	30	30	25	13.7	33.6	14	15.87	31.5	60
*																
3	Espiral-Círculo-Espiral	21	15	15	7	168,40,21 I	22.739	30	30	25	13.7	33.6	14	15.87	31.5	60
4	Espiral-Círculo-Espiral	40	15.5	15.5	7	46,10,39 I	135.961	30	30	25	26	64	14	21.91	47.46	60
5	Espiral-Círculo-Espiral	45	18	18	7	45,16,34 D	46.051	30	30	25	29.5	72	14	23.24	50.01	60
6	Espiral-Círculo-Espiral	30	21	21	7	74,24,30 I	24.433	30	30	25	20	48	14	18.97	42.1	60
7	Espiral-Espiral	29.7	21.53	21.53	7	41,32,4 D	117.436	30	30	25	19.79	47.52	14	18.88	41.93	60
8	Espiral-Espiral	34.7	18.162	18.16	7	29,59,22 I	21.066	30	30	25	22.82	55.52	14	21.92	44.66	60
9	Espiral-Círculo-Espiral	35	17.6	17.6	7	58,11,42 D	17.729	30	30	25	23	56	14	21.64	44.82	60
10	Espiral-Círculo-Espiral	25	15	15	7	74,53,50 I	24.746	30	30	25	16.5	40	14	17.32	37.5	60
11	Espiral-Círculo-Espiral	29	22	22	7	79,35,40 D	26.172	30	30	25	19.3	46.4	14	18.65	41.54	60
12	Espiral-Espiral	31.3	19.912	19.91	7	36,27,1 I	24.377	30	30	25	20.78	50.08	14	25.55	42.81	60
13	Espiral-Círculo-Espiral	22	15	15	7	84,22,12 D	19.68	30	30	25	14.4	35.2	14	16.25	33	60
14	Espiral-Círculo-Espiral	30	21	21	7	116,48,0 I	21.831	30	30	25	20	48	14	18.97	42.1	60
15	Espiral-Círculo-Espiral	31	20.1	20.1	7	69,42,45 D	70.752	30	30	25	20.6	49.6	14	25.9	42.65	60
16	Espiral-Círculo-Espiral	26	14	14	7	68,20,2 D	18.12	30	30	25	17.2	41.6	14	17.66	39	60
17	Espiral-Círculo-Espiral	21	14.5	14.5	7	158,2,59 I	69.405	30	30	25	13.7	33.6	14	15.87	31.5	60
18	Espiral-Círculo-Espiral	32	20	20	7	72,14,10 D	44.861	30	30	25	21.2	51.2	14	24.74	43.2	60
19	Espiral-Espiral	36	17.338	17.34	7	27,35,40 I	30.109	30	30	25	23.6	57.6	14	20.78	45.35	60
20	Espiral-Círculo-Espiral	31	20.1	20.1	7	70,10,52 D	78.488	30	30	25	20.6	49.6	14	25.9	42.65	60
21	Espiral-Espiral	36.5	16.887	16.89	7	26,30,33 I	66.113	30	30	25	23.9	58.4	14	20.93	45.62	60
22	Espiral-Círculo-Espiral	30	24	24	7	80,37,18 I	86.343	30	30	25	20	48	14	18.97	42.1	60
23	Espiral-Círculo-Espiral	32	20	20	7	68,57,4 I	45.288	30	30	25	21.2	51.2	14	24.74	43.2	60
24	Espiral-Círculo-Espiral	21	17	17	7	138,25,41 D	43.774	30	30	25	13.7	33.6	14	15.87	31.5	60
25	Espiral-Espiral	51	17.656	17.66	7	19,50,6 D	38.1	30	30	25	33.7	82.3	14	24.74	52.97	60

Nota. Obtenido del software TOPO3

(*) El PI #2 cumple la función de PI auxiliar al PI #1.

Tabla 5.22. Elementos de curvas horizontales con el MCVI. Segunda parte.

#PI	Tipo de Curva	Radio (m)			Peralte (%)	Deflexion	Entretangencia Chequeo	Vch Avance	Vch Contra	Radio Mínimo	Radio Siguiente (m)		L_Transición Mínimo Ds_Máximo (m)		Le Entrada (m)		L_Transición Máximo Ds_Mínimo (m)
		Entrada	Entrada	Salida							Entrada	g,m,s l/D	(m)	km/h	km/h	(m)	Mínimo
26	Espiral-Círculo-Espiral	21	15	15	7	179,36,33 l	45.819	30	30	25	13.7	33.6	14	15.87	31.5	60	
*																	
28	Espiral-Círculo-Espiral	21	15	15	7	120,11,49 D	21.45	30	30	25	13.7	33.6	14	15.87	31.5	60	
29	Espiral-Espiral	32.5	18.985	18.99	7	33,28,9 l	28.092	30	30	25	21.5	52	14	24.18	43.47	60	
30	Espiral-Círculo-Espiral	30	22	22	7	98,35,45 D	37.834	30	30	25	20	48	14	18.97	42.1	60	
31	Espiral-Círculo-Espiral	30	22	22	7	87,13,21 l	55.221	30	30	25	20	48	14	18.97	42.1	60	
32	Espiral-Espiral	31	21.161	21.16	7	39,6,42 D	61.839	30	30	25	20.6	49.6	14	25.9	42.65	60	
33	Espiral-Círculo-Espiral	32	19.4	19.4	7	67,20,40 D	37.888	30	30	25	21.2	51.2	14	24.74	43.2	60	
34	Espiral-Espiral	31	20.199	20.2	7	37,20,1 l	31.985	30	30	25	20.6	49.6	14	25.9	42.65	60	
35	Espiral-Círculo-Espiral	32	20	20	7	67,0,50 l	38.323	30	30	25	21.2	51.2	14	24.74	43.2	60	
36	Espiral-Círculo-Espiral	30	21	21	7	75,20,39 D	34.633	30	30	25	20	48	14	18.97	42.1	60	
37	Espiral-Círculo-Espiral	30	21	21	7	89,1,23 l	69.066	30	30	25	20	48	14	18.97	42.1	60	
38	Espiral-Círculo-Espiral	30	21	21	7	77,46,21 l	21.754	30	30	25	20	48	14	18.97	42.1	60	
39	Espiral-Círculo-Espiral	32	20	20	7	72,45,4 D	58.035	30	30	25	21.2	51.2	14	24.74	43.2	60	
40	Espiral-Círculo-Espiral	32	20	20	7	66,10,49 l	27.076	30	30	25	21.2	51.2	14	24.74	43.2	60	
41	Espiral-Círculo-Espiral	28	23	23	7	99,35,3 D	32.016	30	30	25	18.6	44.8	14	18.33	40.99	60	
42	Espiral-Círculo-Espiral	30	22	22	7	85,17,22 l	82.626	30	30	25	20	48	14	18.97	42.1	60	
43	Espiral-Círculo-Espiral	21	15	15	7	91,54,59 l	24.397	30	30	25	13.7	33.6	14	15.87	31.5	60	
44	Espiral-Círculo-Espiral	21	15	15	7	123,29,46 D	50.083	30	30	25	13.7	33.6	14	15.87	31.5	60	
45	Espiral-Círculo-Espiral	21	15	15	7	107,30,43 D	32.492	30	30	25	13.7	33.6	14	15.87	31.5	60	
Final									30								

Nota. Obtenido del software TOPO3.

(*) El PI #27 cumple la función de PI auxiliar al PI #26.

5.1.7.2 DISEÑO VERTICAL.

El diseño vertical con el MCVI no presenta cambios respecto al presentado con el MPGC. Se puede observar en la revisión que únicamente la pendiente máxima no cumple lo especificado por el manual. En la tabla 5.23 se observan los parámetros que no cumplen y el número de repeticiones que presentan.

Tabla 5.23. Parámetros que incumplen el diseño en perfil.

Parámetros	Número de repeticiones
Pendiente máxima	2

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 5.24 se observa que, para este diseño sin importa el manual, la pendiente máxima es 12%. Sin embargo, la pendiente mínima permitida es menor que en manuales anteriores.

Tabla 5.24. Valores de referencia curvas verticales.

#PIV	Longitud CV (m)		K		Pendiente TV (%)		Longitud TV (m)	
	Mínima	Máxima	Mínimo	Máximo	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
0					0.5	12	10	335.6
1	30	84.46	3	50	0.5	12	10	293
2	30	267.17	4	50	0.5	12	10	589.7
3	30	97.89	3	50	0.5	12	10	394.1
4	30	80.98	4	50	0.5	12	10	519.9
5	30	138.3	4	50	0.5	12	10	2437.3
6	30	55.16	3	50	0.5	12	10	2480.8
7	30	82.27	4	50	0.5	12	10	2413.9
8	30	161.61	3	50	0.5	12	10	535.6
9	30	67.09	3	50	0.5	12	10	409
10	30	84.24	4	50	0.5	12	10	606.4
11	30	54.1	4	50	0.5	12	10	2486.8
12	30	52.61	4	50	0.5	12	10	2446.4

Nota. Obtenido del software TOPO3

Tabla 5.25. Revisión del diseño en perfil, curvas verticales.

#PIV	Longitud CV	K		Pendiente		Longitud TV	
		Mínimo	Máximo	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
1					X		
2					X		
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							

Nota. Obtenido del software TOPO3

5.1.8 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL MPGC Y MCVI.

La tabla 5.26 muestra un resumen de la revisión del diseño en planta para México y Bolivia. En esta se observa que, para la totalidad de las curvas y los parámetros analizados, se presentan un mayor cumplimiento de las especificaciones del manual boliviano. Esto nos indica que, para las características del proyecto, el manual boliviano se aproxima más a lo especificado por el manual colombiano. Por otro lado, se observa que el manual mexicano posee inconvenientes en los criterios de longitud de espiral para radios pequeños.

Tabla 5.26. Resumen del diseño en planta.

Parámetros	Número de repeticiones	
	México	Bolivia
Entretangencia mínima	2	0
Longitud de espiral de entrada mínima	43	30
Longitud de espiral de salida mínima	43	30
Pendiente de la rampa de paralte máxima	43	0
Pendiente de la rampa de paralte mínima	0	2
Radio mínimo	0	10
Relación de radios radios consecutivos	0	4
% de cumplimiento	76.57	86.40

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 5.27 se indica el resumen de la revisión del diseño en perfil, en donde se observa que el manual boliviano cumple en un mayor porcentaje, ya que únicamente presenta inconvenientes en la pendiente máxima.

Tabla 5.27. Resumen del diseño en perfil.

Parámetros	Número de repeticiones	
	México	Bolivia
K máximo	2	0
Longitud de curva vertical	2	0
Pendiente máxima	2	2
% de cumplimiento	92.86	97.62

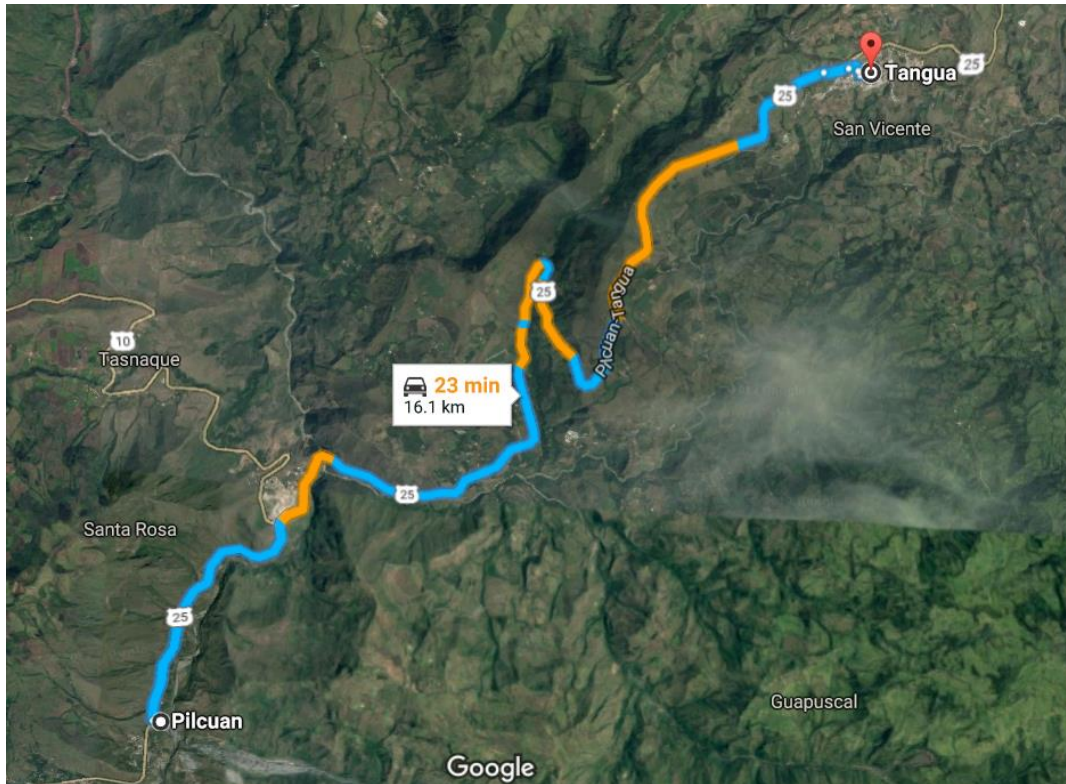
Nota. Elaboración propia.

5.2 DISEÑO VIAL EMPLEANDO EL MPGC.

5.2.1 GENERALIDADES.

El segundo tramo de vía consiste en 15877 metros, ubicado en Nariño, entre los municipios Pilcuan y Tangua. En la gráfica 14 se muestra una vista satelital del tramo.

Gráfica 14. Tramo vial entre Pilcuan y Tangua.



Nota. Recuperado de GoogleEarth.

5.2.2 PARÁMETROS DE DISEÑO.

Para México, el MPGC indica que para vías primarias sin control de acceso su clasificación de carretera es B, además, el manual sugiere que para terreno tipo lomerío con un perfil longitudinal presenta sucesiones de cimas y depresiones consistentes, de cierta magnitud, con pendientes transversales no mayores a 45%, es decir, que el tipo de carretera es lomerío, esto quiere decir que la velocidad de proyecto debe estar en el rango de 60 a 100 km/h, por lo cual se establece 60 km/h para realizar el diseño geométrico en el software.

5.2.3 ELEMENTOS EN CURVAS HORIZONTALES.

Con estos diseños realizados y comprobados en el software TOPO3, se obtuvieron los resultados mostrados en las tablas 5.28 y 5.29, como se observa, hay parámetros constantes, tales como, la velocidad y el radio mínimo, además, como se ha mencionado en el marco teórico, la velocidad de proyecto se considera constante a lo largo de la vía. Por último, los radios consecutivos no son manejados en el MPGC por lo que no se consideran en la revisión del diseño.

Por otro lado, cabe resaltar que el porcentaje de los peraltes propuestos, a pesar de tener un radio relativamente alto, se mantienen cerca del máximo de 10%, lo que en casos de vías de menor categoría ocasiona problemas, ya que, en las curvas con entretangencia pequeñas realizar la transición de peraltado resulta mucho más complejo para el diseñador.

Tabla 5.28. Elementos del diseño en planta, curvas horizontales. Primera parte.

#PI	Tipo de Curva	Radio (m)	Longitud Espiral (m)		Peralte (%)	Deflexion	Entretangencia	Vch	Vch	Radio	Radio Siguiente (m)		L_Transición Mínimo Ds_Máximo (m)		Le Entrada (m)		L_Transición
		Entrada	Entrada	Salida	Entrada	g,m,s l/D	(m)	km/h	km/h	(m)	Mínimo	Máximo	Entrada	Mínimo	Máximo	Entrada	
Inicial							135.804	60									
1	Espiral-Espiral	195	50.329	50.33	8.3	14,47,17 D	243.471	60	60	105	0	10000	45.23	49.82	68.41	308073.13	
2	Espiral-Círculo-Espiral	140	57	57	9.47	38,9,27 D	73.917	60	60	105	0	10000	51.62	56.85	57.97	345824.88	
3	Espiral-Círculo-Espiral	119.85	60	60	9.9	64,26,2 I	80.463	60	60	105	0	10000	53.93	59.4	53.63	361350	
4	Espiral-Espiral	110	59.158	59.16	10	30,48,50 D	115.473	60	60	105	0	10000	54.48	60	51.38	365000	
5	Espiral-Círculo-Espiral	175.15	53	53	8.72	49,55,11 D	118.842	60	60	105	0	10000	47.49	52.31	64.84	318192.8	
6	Espiral-Círculo-Espiral	118.15	60	60	9.9	46,18,38 D	86.977	60	60	105	0	10000	53.93	59.4	53.25	361350	
7	Espiral-Círculo-Espiral	105	60	60	10	59,32,55 I	105.27	60	60	105	0	10000	54.48	60	50.2	365000	
8	Espiral-Espiral	140	59.248	59.25	9.47	24,14,51 I	106.133	60	60	105	0	10000	51.62	56.85	57.97	345824.88	
9	Espiral-Espiral	115	61.047	61.05	9.9	30,24,55 I	140.284	60	60	105	0	10000	53.93	59.4	52.54	361350	
10	Espiral-Círculo-Espiral	130	60	60	9.73	41,34,5 D	111.298	60	60	105	0	10000	52.99	58.36	55.86	355012.64	
11	Espiral-Círculo-Espiral	118.15	60	60	9.9	57,36,1 I	204.632	60	60	105	0	10000	53.93	59.4	53.25	361350	
12	Espiral-Círculo-Espiral	140	57	57	9.47	38,19,44 D	228.417	60	60	105	0	10000	51.62	56.85	57.97	345824.88	
13	Espiral-Círculo-Espiral	120	60	60	9.9	87,30,50 D	166.967	60	60	105	0	10000	53.93	59.4	53.67	361350	
14	Espiral-Círculo-Espiral	195	50	50	8.3	24,59,47 I	179.824	60	60	105	0	10000	45.23	49.82	68.41	308073.13	
15	Espiral-Círculo-Espiral	205.15	49	49	8.14	26,58,41 D	89.183	60	60	105	0	10000	44.32	48.81	70.17	296939.18	
16	Espiral-Círculo-Espiral	235.15	46	46	7.6	20,8,19 I	210.954	60	60	105	0	10000	41.41	45.61	75.12	277439.31	
17	Espiral-Espiral	254.629	55	55	7.3	12,22,33 I	212.96	60	60	105	0	10000	39.77	43.8	78.17	266461.64	
18	Espiral-Círculo-Espiral	214.85	48	48	7.97	22,53,42 I	52.028	60	60	105	0	10000	43.41	47.81	71.81	290866.73	
19	Espiral-Círculo-Espiral	240.14	46	46	7.52	18,59,49 D	55.059	60	60	105	0	10000	40.96	45.11	75.92	274421.33	
20	Espiral-Círculo-Espiral	118.85	60	60	9.9	57,29,41 I	79.242	60	60	105	0	10000	53.93	59.4	53.41	361350	
21	Espiral-Círculo-Espiral	140	57.02	57.02	9.47	36,59,4 D	244.962	60	60	105	0	10000	51.62	56.85	57.97	345824.88	
22	Espiral-Círculo-Espiral	164.85	54	54	8.96	36,2,25 I	174.013	60	60	105	0	10000	48.82	53.77	62.9	327116.97	
23	Espiral-Círculo-Espiral	175.15	53	53	8.72	47,4,26 D	63.255	60	60	105	0	10000	47.49	52.31	64.84	318192.8	
24	Espiral-Círculo-Espiral	134.85	58	58	9.6	98,50,22 I	77.994	60	60	105	0	10000	52.29	57.59	56.89	350364.3	
25	Circular	2000			2	6,5,18 D	288.257	60	60	105	0	10000	10.9	97.98	219.09	73000	

Nota. Obtenido del software TOPO3

Tabla 5.29. Elementos del diseño en planta, curvas horizontales. Segunda parte.

#PI	Tipo de Curva	Radio (m)		Longitud Espiral (m)		Peralte (%)	Deflexión	Entretangencia Chequeo (m)	Vch Avance km/h	Vch Contra km/h	Radio Mínimo (m)	Radio Siguiente (m)		L_Transición Mínimo Ds_Máximo (m)		Le Entrada (m)		L_Transición Máximo Ds_Mínimo (m)
		Entrada		Entrada	Salida							Entrada	g,m,s l/D	Mínimo	Máximo	Entrada	Mínimo	Máximo
26	Espiral-Círculo-Espiral	170		53	53	8.8	31,2,32 D	87.489	60	60	105	0	10000	47.92	52.78	63.87	321071.44	
27	Espiral-Círculo-Espiral	146		57	57	9.34	42,19,40 I	66.961	60	60	105	0	10000	50.88	56.04	59.19	340919.48	
28	Espiral-Círculo-Espiral	195.15		49.81	49.81	8.3	32,8,18 D	86.249	60	60	105	0	10000	45.22	49.8	68.44	302941.2	
29	Espiral-Círculo-Espiral	118.25		60	60	9.9	152,14,22 D	238.626	60	60	105	0	10000	53.93	59.4	53.27	361350	
30	Espiral-Círculo-Espiral	185.85		52	52	8.53	27,59,30 I	140.786	60	60	105	0	10000	46.49	51.21	66.79	311511.26	
31	Espiral-Círculo-Espiral	185.15		52	52	8.55	26,40,3 D	201.947	60	60	105	0	10000	46.59	51.32	66.66	312180.1	
32	Espiral-Círculo-Espiral	204.75		49	49	8.14	118,37,43 I	171.817	60	60	105	0	10000	44.34	48.84	70.1	297100.33	
33	Espiral-Círculo-Espiral	119.85		60	60	9.9	67,43,54 I	122.86	60	60	105	0	10000	53.93	59.4	53.63	361350	
34	Espiral-Círculo-Espiral	165.15		54	54	8.95	44,37,33 D	143.46	60	60	105	0	10000	48.77	53.71	62.96	326756.18	
35	Espiral-Círculo-Espiral	185		51.35	51.35	8.56	28,32,1 D	55.816	60	60	105	0	10000	46.62	51.34	66.63	312323.43	
36	Espiral-Círculo-Espiral	118.15		60	60	9.9	77,31,29 I	126.456	60	60	105	0	10000	53.93	59.4	53.25	361350	
37	Espiral-Círculo-Espiral	127.15		59	59	9.8	67,12,22 D	85.746	60	60	105	0	10000	53.39	58.8	55.24	357700	
38	Espiral-Espiral	200		52.459	52.46	8.19	15,1,42 I	84.084	60	60	105	0	10000	44.63	49.15	69.28	299013.96	
39	Espiral-Círculo-Espiral	185.15		52	52	8.55	27,0,29 D	163.556	60	60	105	0	10000	46.59	51.32	66.66	312180.1	
40	Espiral-Círculo-Espiral	124.85		59	59	9.8	64,35,51 I	319.027	60	60	105	0	10000	53.39	58.8	54.74	357700	
41	Espiral-Círculo-Espiral	185.15		52	52	8.55	52,30,55 D	157.508	60	60	105	0	10000	46.59	51.32	66.66	312180.1	
42	Espiral-Círculo-Espiral	420		45	45	5.37	10,49,26 D	210.869	60	60	105	0	10000	29.25	44.9	100.4	195943.77	
43	Espiral-Círculo-Espiral	216		48	48	7.95	21,37,42 D	112.835	60	60	105	0	10000	43.29	47.67	72	290020.46	
44	Circular	3505.15				2	3,40,12 D	548.613	60	60	105	0	10000	10.9	129.71	290.04	73000	
45	Espiral-Círculo-Espiral	124.83		59	59	9.8	79,38,43 I	131.471	60	60	105	0	10000	53.39	58.8	54.73	357700	
46	Espiral-Círculo-Espiral	194.85		50	50	8.31	63,15,5 D	222.976	60	60	105	0	10000	45.25	49.84	68.38	303205.06	
47	Espiral-Espiral	263.954		60	60	7.11	13,1,27 D	567.589	60	60	105	0	10000	38.75	42.68	79.59	259649.16	
48	Espiral-Espiral	194.563		60	60	8.31	17,40,9 I	82.501	60	60	105	0	10000	45.29	49.88	68.33	303457.77	
49	Espiral-Espiral	180.276		60	60	8.64	19,4,10 D	370.481	60	60	105	0	10000	47.09	51.86	65.78	315491.31	
50	Espiral-Círculo-Espiral	194.85		50	50	8.31	39,59,5 D	226.395	60	60	105	0	10000	45.25	49.84	68.38	303205.06	
51	Espiral-Círculo-Espiral	125.15		59	59	9.8	46,15,42 I	87.574	60	60	105	0	10000	53.39	58.8	54.81	357700	
52	Espiral-Círculo-Espiral	142.15		57	57	9.43	72,5,28 D	195.849	60	60	105	0	10000	51.35	56.55	58.41	344016.71	
53	Espiral-Círculo-Espiral	154.85		55	55	9.16	141,31,51 I	127.171	60	60	105	0	10000	49.91	54.97	60.96	334373.24	
54	Espiral-Círculo-Espiral	155.15		55	55	9.16	33,49,39 D	80.341	60	60	105	0	10000	49.88	54.93	61.02	334165.46	
55	Espiral-Círculo-Espiral	190		51	51	8.43	26,20,35 I	44.196	60	60	105	0	10000	45.9	50.56	67.53	307545.94	
Final										60								

Nota. Obtenido del software TOPO3

5.2.4 REVISIÓN DEL DISEÑO EN PLANTA MEDIANTE EL SOFTWARE.

La tabla 5.30 indica la longitud mínima y máxima de espirales para algunos de los radios en que se presentan incongruencias en los criterios de cálculo, ocasionando que en la revisión provoque que varios PI's no cumplan con el parámetro de longitud máxima de la espiral. Esto es debido a que los valores del criterio 1 son muy altos comparados con los criterios 2 y 3, y también mayores a los valores de longitud máxima.

Tabla 5.30. Criterios para la longitud de espirales.

Radio (m)	Longitud mínima			Longitud Máxima
	Criterio I	Criterio II	Criterio III	
105	60	22.450	36.686	50.200
106	60	22.557	36.340	50.438
107	60	22.663	36.000	50.675
108	60	22.768	35.667	50.912
109	60	22.874	35.339	51.147
110	60	22.978	35.018	51.381
111	60	23.082	34.703	51.614

Nota. Elaboración propia.

En las tablas 5.31 y 5.32, se presenta la revisión mediante el software. Las curvas circulares en los PI's 25 y 44 son empleadas para la corrección del alineamiento, además su deflexión es baja y su radio muy alto, por lo que no se desarrolla transición de peraltado, debido a esto, no se cumple con la pendiente mínima de la rampa de peralte.

Tabla 5.31. Revisión diseño en planta. Primera parte.

# PI	Tipo Curva	Sentido de la Curva	Radio Mínimo	Peralte Máximo	Peralte Curva	Pendiente Rampa Peralte Mínima	Pendiente Rampa Peralte Máxima	Entretangencia Mínima	Entretangencia Máxima	Relacion Radios Consecutivos	Longitud Espiral Mínima Entrada	Longitud Espiral Máxima Entrada	Longitud Espiral Mínima Salida	Longitud Espiral Máxima Salida
1	ESPIRAL-ESPIRAL	D												
2	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D												
3	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I										X		X
4	ESPIRAL-ESPIRAL	D												
5	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D												
6	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D										X		X
7	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I												
8	ESPIRAL-ESPIRAL	I										X		X
9	ESPIRAL-ESPIRAL	I										X		X
10	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D										X		X
11	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I										X		X
12	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D												
13	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D										X		X
14	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I												
15	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D												
16	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I												
17	ESPIRAL-ESPIRAL	I												
18	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I												
19	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D												
20	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I										X		X
21	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D												
22	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I												
23	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D												
24	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I										X		X
25	CIRCULAR	D				X								

Nota. Obtenido del software TOPO3

Tabla 5.32. Revisión diseño en planta. Segunda parte.

# PI	Tipo Curva	Sentido de la Curva	Radio Mínimo	Peralte Máximo	Peralte Curva	Pendiente Rampa Peralte Mínima	Pendiente Rampa Peralte Máxima	Entretangencia Mínima	Entretangencia Máxima	Relacion Radios Consecutivos	Longitud Espiral Mínima Entrada	Longitud Espiral Máxima Entrada	Longitud Espiral Mínima Salida	Longitud Espiral Máxima Salida
26	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D												
27	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I												
28	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D												
29	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D										X		X
30	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I												
31	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D												
32	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I												
33	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I										X		X
34	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D												
35	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D												
36	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I										X		X
37	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D										X		X
38	ESPIRAL-ESPIRAL	I												
39	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D												
40	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I										X		X
41	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D												
42	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D												
43	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D												
44	CIRCULAR	D				X								
45	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I										X		X
46	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D												
47	ESPIRAL-ESPIRAL	D												
48	ESPIRAL-ESPIRAL	I												
49	ESPIRAL-ESPIRAL	D												
50	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D												
51	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I										X		X
52	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D												
53	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I												
54	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D												
55	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I												

Nota. Obtenido del software TOPO3

5.2.5 DISEÑO Y REVISIÓN DE LAS CURVAS VERTICALES.

La tabla 5.33 indica los parámetros usados para la revisión del diseño en perfil de la vía.

Tabla 5.33. Parámetros de revisión constantes y variables en el diseño vertical.

Parámetros de revisión	
Constante	Variable
Longitud de curva vertical mínima	Longitud de curva vertical máxima
K máximo	K mínimo
Pendiente de la tangente vertical mínima	
Pendiente de la tangente vertical máxima	
Longitud de la tangente vertical mínima	Longitud de la tangente vertical máxima

Nota. Elaboración propia.

Los elementos de las curvas verticales son los mostrados en la tabla 5.34 y 5.35, en las cuales se observa que la velocidad se mantiene constante a lo largo del recorrido de la vía.

En las tablas 5.36 y 5.37 se indican los valores de referencia para el diseño en perfil, además, se nota que los valores de pendiente máxima y mínima, la longitud de curva vertical mínima, entretangencia vertical mínima y el parámetro k máximo se mantienen constantes.

Por otro lado, en este diseño no registraron inconvenientes, por lo que las tablas 5.38 y 5.39 indican el cumplimiento de todos los criterios evaluados.

Tabla 5.34. Elementos del diseño en perfil, curvas verticales. Primera parte.

# PIV	Longitud (m)		Pendiente (%)		A (%)	Tipo de curva	K		Velocidad CV (km/h)	Tangente Vertical (m)	Velocidad TV (km/h)
	Entrada	Salida	Entrada	Salida							
0										130	60
1	45	45	4.2	-3.6	-7.802	Convexa	11.54	11.54	60	170	60
2	18	18	-3.6	-2.59	1.006	Concava	35.79	35.79	60	239	60
3	18	18	-2.59	-4.12	-1.525	Convexa	23.61	23.61	60	290.382	60
4	125	125	-4.12	1.85	5.97	Concava	41.87	41.87	60	612.457	60
5	35	35	1.85	3.35	1.503	Concava	46.59	46.59	60	389.366	60
6	60	60	3.35	-5.76	-9.116	Convexa	13.16	13.16	60	170.967	60
7	60	60	-5.76	-0.5	5.259	Concava	22.82	22.82	60	181	60
8	30	30	-0.5	-3.35	-2.847	Convexa	21.08	21.08	60	311.091	60
9	30	30	-3.35	-6.77	-3.418	Convexa	17.55	17.55	60	259.909	60
10	48	48	-6.77	-2.06	4.706	Concava	20.4	20.4	60	448.087	60
11	90	90	-2.06	6.1	8.162	Concava	22.05	22.05	60	627.888	60
12	18	18	6.1	6.97	0.871	Concava	41.31	41.31	60	464.568	60
13	18	18	6.97	6.74	-0.232	Convexa	154.9	154.9	60	353.142	60
14	18	18	6.74	6.98	0.245	Concava	146.9	146.9	60	195.153	60
15	18	18	6.98	6.66	-0.32	Convexa	112.6	112.6	60	151.207	60
16	18	18	6.66	6.4	-0.259	Convexa	138.9	138.9	60	564.734	60
17	18	18	6.4	5.64	-0.763	Convexa	47.21	47.21	60	324.333	60
18	18	18	5.64	6.95	1.307	Concava	27.53	27.53	60	305.146	60
19	18	18	6.95	6.02	-0.927	Convexa	38.84	38.84	60	173.053	60
20	30	30	6.02	6.91	0.883	Concava	67.97	67.97	60	438.246	60
21	18	18	6.91	6.04	-0.869	Convexa	41.41	41.41	60	424.21	60
22	18	18	6.04	6.91	0.879	Concava	40.98	40.98	60	362.349	60

Nota. Obtenido del software TOPO3

Tabla 5.35. Elementos del diseño en perfil, curvas verticales. Segunda parte.

# PIV	Longitud (m)		Pendiente (%)		A (%)	Tipo de curva	K		Velocidad CV (km/h)	Tangente Vertical (m)	Velocidad TV (km/h)
	Entrada	Salida	Entrada	Salida							
23	40	40	6.91	6.04	-0.875	Convexa	91.39	91.39	60	443.733	60
24	60	60	6.04	6.97	0.932	Concava	128.8	128.8	60	498.113	60
25	45	45	6.97	6.02	-0.953	Convexa	94.41	94.41	60	500.129	60
26	18	18	6.02	6.92	0.905	Concava	39.77	39.77	60	333.649	60
27	18	18	6.92	6.05	-0.874	Convexa	41.18	41.18	60	271.487	60
28	40	40	6.05	6.84	0.791	Concava	101.1	101.1	60	286.22	60
29	18	18	6.84	5.97	-0.87	Convexa	41.39	41.39	60	414.694	60
30	45	45	5.97	6.88	0.907	Concava	99.25	99.25	60	269.667	60
31	45	45	6.88	5.75	-1.123	Convexa	80.14	80.14	60	362.866	60
32	30	30	5.75	6.96	1.202	Concava	49.92	49.92	60	386.288	60
33	40	40	6.96	5.45	-1.503	Convexa	53.23	53.23	60	554.466	60
34	80	80	5.45	6.88	1.422	Concava	112.5	112.5	60	497.793	60
35	18	18	6.88	5.56	-1.317	Convexa	27.34	27.34	60	354.107	60
36	60	60	5.56	6.9	1.344	Concava	89.31	89.31	60	299.051	60
37	60	60	6.9	6.19	-0.712	Convexa	168.6	168.6	60	339.044	60
38	20	20	6.19	6.92	0.727	Concava	55.04	55.04	60	503.136	60
39	18	18	6.92	5.99	-0.927	Convexa	38.85	38.85	60	240.97	60
40	40	40	5.99	6.98	0.988	Concava	80.96	80.96	60	215.512	60
41	40	40	6.98	6.23	-0.751	Convexa	106.5	106.5	60	260.899	60
42	20	20	6.23	6.68	0.452	Concava	88.56	88.56	60	418	60
43	18	18	6.68	5.98	-0.701	Convexa	51.33	51.33	60	524.301	60
44	18	18	5.98	6.93	0.953	Concava	37.78	37.78	60	190.859	60
45	18	18	6.93	4.47	-2.459	Convexa	14.64	14.64	60	125.412	60

Nota. Obtenido del software TOPO3

COMPARACIÓN DE ESPECIFICACIONES DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS DE MÉXICO Y BOLIVIA CON COLOMBIA, UTILIZANDO EL SOFTWARE TOPO3

Tabla 5.36. Valores de referencia curvas verticales. Primera parte.

#PIV	Longitud CV (m)		K		Pendiente TV (%)		Longitud TV (m)	
	Mínima	Máxima	Mínimo	Máximo	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
1					0.5	7	10	1074.8
2	36	1521.45	11	195	0.5	7	10	1370.1
3	36	196.14	18	195	0.5	7	10	2261.7
4	36	297.29	11	195	0.5	7	10	1098.7
5	36	1164.2	18	195	0.5	7	10	2465.7
6	36	293.01	18	195	0.5	7	10	1517.2
7	36	1777.53	11	195	0.5	7	10	713.6
8	36	1025.42	18	195	0.5	7	10	9999
9	36	555.1	11	195	0.5	7	10	1520.1
10	36	666.6	11	195	0.5	7	10	585.5
11	36	917.62	18	195	0.5	7	10	2464.3
12	36	1591.57	18	195	0.5	7	10	661.4
13	36	169.92	18	195	0.5	7	10	562.5
14	36	45.32	11	195	0.5	7	10	588.8
15	36	47.8	18	195	0.5	7	10	561.1
16	36	62.36	11	195	0.5	7	10	597.2
17	36	50.54	11	195	0.5	7	10	626.7
18	36	148.7	11	195	0.5	7	10	733.9
19	36	254.96	18	195	0.5	7	10	564.8
20	36	180.76	11	195	0.5	7	10	670.1
21	36	172.13	18	195	0.5	7	10	569.8
22	36	169.54	11	195	0.5	7	10	668.6
23	36	171.31	18	195	0.5	7	10	568.8

Nota. Obtenido del software TOPO3

Tabla 5.37. Valores de referencia curvas verticales. Segunda parte.

#PIV	Longitud CV (m)		K		Pendiente TV (%)		Longitud TV (m)	
	Mínima	Máxima	Mínimo	Máximo	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
24	36	170.7	11	195	0.5	7	10	668.3
25	36	181.75	18	195	0.5	7	10	562.4
26	36	185.89	11	195	0.5	7	10	670.7
27	36	176.51	18	195	0.5	7	10	567.8
28	36	170.48	11	195	0.5	7	10	667.2
29	36	154.28	18	195	0.5	7	10	577.2
30	36	169.61	11	195	0.5	7	10	677.8
31	36	176.82	18	195	0.5	7	10	573
32	36	218.99	11	195	0.5	7	10	714.8
33	36	234.36	18	195	0.5	7	10	564.2
34	36	293.09	11	195	0.5	7	10	766.3
35	36	277.36	18	195	0.5	7	10	573.2
36	36	256.75	11	195	0.5	7	10	748.2
37	36	262.02	18	195	0.5	7	10	570.2
38	36	138.78	11	195	0.5	7	10	651.1
39	36	141.72	18	195	0.5	7	10	568.5
40	36	180.71	11	195	0.5	7	10	674.3
41	36	192.68	18	195	0.5	7	10	561.6
42	36	146.46	11	195	0.5	7	10	646.8
43	36	88.07	18	195	0.5	7	10	595.5
44	36	136.77	11	195	0.5	7	10	676.5
45	36	185.83	18	195	0.5	7	10	566.9
46	36	479.48	11	195	0.5	7	10	997.7

Nota. Obtenido del software TOPO3

COMPARACIÓN DE ESPECIFICACIONES DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS DE MÉXICO Y BOLIVIA CON COLOMBIA, UTILIZANDO EL SOFTWARE TOPO3

Tabla 5.38. Revisión del diseño en perfil, curvas verticales. Primera parte.

#PIV	Longitud CV	K		Pendiente		Longitud TV	
		Mínimo	Máximo	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							

Nota. Obtenido del software TOPO3

Tabla 5.39. Revisión del diseño en perfil, curvas verticales. Segunda parte.

#PIV	Longitud CV	K		Pendiente		Longitud TV	
		Mínimo	Máximo	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41							
42							
43							
44							
45							
46							

Nota. Obtenido del software TOPO3

5.2.6 COMPARACIÓN DEL DISEÑO REALIZADO CON EL MPGC CON EL MDGC.

Para el diseño se consideró que la vía es de categoría primaria con una calzada, debido a que, el manual indica que son aquellas troncales, transversales y accesos a capitales de departamento que cumplen la función básica de integración de las principales zonas de producción y consumo del país y de este con los demás países. Además, presenta una pendiente transversal promedia entre 13 y 40 grados lo que clasifica a la vía como un terreno de tipo montañoso, entonces, la velocidad de diseño tiene un rango de 60 a 90 km/h. Finalmente, debido a que el objetivo de este trabajo de investigación es comparar los diferentes diseños, la velocidad a considerar del anterior rango mencionado fue de 60 km/h.

5.2.6.1 DISEÑO HORIZONTAL.

En la tabla 5.40 se indica los parámetros que se incumplen en el diseño en planta y el número de repeticiones para cada criterio.

Tabla 5.40. Parámetros que incumplen el diseño horizontal.

Parámetros	Número de repeticiones
Radio mínimo	3
Pendiente de la rampa de peralte máxima	5
Pendiente de la rampa de peralte mínima	5
Relación de radios consecutivos	15
Longitud de espiral de entrada mínima	5
Longitud de espiral de salida mínima	5

Nota. Elaboración propia.

En las tablas 5.41 y 5.42 se muestra la revisión del diseño en planta. En las curvas en la que no se cumple con el radio mínimo, se debe a que el valor de éste para México a una velocidad de 60 km/h es de 105 m, mientras que para Colombia es de 113 m, lo que hace que para las curvas diseñadas con valores cercanos al radio mínimo de México no cumplan para el manual colombiano. Por otro lado, la pendiente de rampa de peralte mínima no cumple para diferentes PI's, debido a que el manual mexicano no especifica un valor para este parámetro. Con respecto a los parámetros, tales como entretangencia y peralte no hay ninguna diferencia entre los manuales.

Las tablas 5.43 y 5.44 presentan los elementos de las curvas horizontales en el diseño en planta.

Tabla 5.41. Revisión diseño en planta con el MDGC. Primera parte.

# PI	Tipo Curva	Sentido de la Curva	Radio Mínimo	Peralte Máximo	Velocidad Específica	Peralte Curva	Pendiente Rampa Peralte		Entretangencia		Relacion Radios	Longitud Espiral Entrada		Longitud Espiral Salida	
							Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Consecutivos	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
1	ESPIRAL-ESPIRAL	D					X								
2	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D													
3	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I													
4	ESPIRAL-ESPIRAL	D	X								X				
5	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D													
6	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D													
7	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I	X												
8	ESPIRAL-ESPIRAL	I					X								
9	ESPIRAL-ESPIRAL	I					X								
10	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D													
11	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I													
12	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D													
13	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D									X				
14	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I													
15	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D													
16	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I													
17	ESPIRAL-ESPIRAL	I													
18	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I													
19	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D									X				
20	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I													
21	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D													
22	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I													
23	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D													
24	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I									X				
25	CIRCULAR	D					X				X				

Nota. Obtenido del software TOPO3

Tabla 5.42. Revisión diseño en planta con el MDGC. Segunda parte.

# PI	Tipo Curva	Sentido de la Curva	Radio Mínimo	Peralte Máximo	Velocidad Específica	Peralte Curva	Pendiente Rampa Peralte		Entretangencia		Relacion Radios Consecutivos	Longitud Espiral Entrada		Longitud Espiral Salida	
							Mínima	Máxima	Mínima	Máxima		Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
26	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D													
27	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I													
28	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D									X				
29	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D									X				
30	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I													
31	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D													
32	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I									X				
33	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I													
34	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D													
35	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D									X				
36	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I													
37	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D									X				
38	ESPIRAL-ESPIRAL	I													
39	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D													
40	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I													
41	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D									X				
42	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D									X	X		X	
43	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D						X			X	X		X	
44	CIRCULAR	D					X								
45	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I	X								X	X		X	
46	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D						X				X		X	
47	ESPIRAL-ESPIRAL	D													
48	ESPIRAL-ESPIRAL	I						X							
49	ESPIRAL-ESPIRAL	D						X							
50	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D						X			X	X		X	
51	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I													
52	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D													
53	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I													
54	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D													
55	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I													

Nota. Obtenido del software TOPO3

Tabla 5.43. Elementos de curvas horizontales con el MDGC. Primera parte.

# PI	Tipo de Curva	Radio (m)			Longitud Espiral (m)		Peralte (%)	Deflexión (g, m, s / D)	Entretangencia Chequeo (m)	Vch Avance (km/h)	Vch Contra (km/h)	Radio (m)		L_Transición Mínimo Ds_Máximo (m)	Le Entrada (m)		L_Transición Máximo Ds_Mínimo (m)
		Entrada	Entrada	Salida	Entrada	Entrada						Mínimo	Máximo		Mínimo	Máximo	
Inicial								135.804									
1	Espiral-Espiral	195	50.329	50.329	6.85	14,47,17 D	243.471	60	60	113	128	320.5	41.65	41.65	235.95	68.46	
2	Espiral-Círculo-Espiral	140	57	57	7.75	38,9,27 D	73.917	60	60	113	93	215	47.17	47.17	169.4	77.54	
3	Espiral-Círculo-Espiral	119.85	60	60	7.94	64,26,2 I	80.468	60	60	113	79.9	181.76	48.32	48.32	145.02	79.43	
4	Espiral-Espiral	110	59.158	59.158	8	30,48,50 D	115.473	60	60	113	73	166	48.67	48.67	133.1	80	
5	Espiral-Círculo-Espiral	175.15	53	53	7.18	49,55,11 D	118.842	60	60	113	115.61	279.3	43.67	43.67	211.98	71.79	
6	Espiral-Círculo-Espiral	118.15	60	60	7.96	46,18,38 D	86.977	60	60	113	78.71	179.04	48.41	48.41	142.96	79.57	
7	Espiral-Círculo-Espiral	105	60	60	8	59,32,55 I	105.27	60	60	113	70	158.5	48.67	48.67	127.05	80	
8	Espiral-Espiral	140	59.248	59.248	7.75	24,14,51 I	106.133	60	60	113	93	215	47.17	47.17	169.4	77.54	
9	Espiral-Espiral	115	61.047	61.047	7.98	30,24,55 I	140.284	60	60	113	76.5	174	48.57	48.57	139.15	79.83	
10	Espiral-Círculo-Espiral	130	60	60	7.86	41,34,5 D	111.295	60	60	113	87	198	47.8	47.8	157.3	78.58	
11	Espiral-Círculo-Espiral	118.15	60	60	7.96	57,36,1 I	204.632	60	60	113	78.71	179.04	48.41	48.41	142.96	79.57	
12	Espiral-Círculo-Espiral	140	57	57	7.75	38,19,44 D	228.417	60	60	113	93	215	47.17	47.17	169.4	77.54	
13	Espiral-Círculo-Espiral	120	60	60	7.94	87,30,50 D	166.967	60	60	113	80	182	48.31	48.31	145.2	79.42	
14	Espiral-Círculo-Espiral	195	50	50	6.85	24,59,47 I	179.824	60	60	113	128	320.5	41.65	41.65	235.95	68.46	
15	Espiral-Círculo-Espiral	205.15	49	49	6.68	26,58,41 D	89.183	60	60	113	134.09	343.85	40.64	40.64	248.23	66.81	
16	Espiral-Círculo-Espiral	235.15	46	46	6.24	20,8,19 I	210.954	60	60	113	151.58	422.94	37.96	37.96	284.53	62.41	
17	Espiral-Espiral	254.629	55	55	5.98	12,22,33 I	212.96	60	60	113	162.31	484.74	36.38	39.09	308.1	59.81	
18	Espiral-Círculo-Espiral	214.85	48	48	6.53	22,53,42 I	52.028	60	60	113	139.91	367.61	39.73	39.73	259.97	65.31	
19	Espiral-Círculo-Espiral	240.14	46	46	6.17	18,59,49 D	55.059	60	60	113	154.08	437.45	37.54	37.96	290.57	61.71	
20	Espiral-Círculo-Espiral	118.85	60	60	7.95	57,29,41 I	79.242	60	60	113	79.2	180.16	48.37	48.37	143.81	79.51	
21	Espiral-Círculo-Espiral	140	57.02	57.02	7.75	36,59,4 D	244.962	60	60	113	93	215	47.17	47.17	169.4	77.54	
22	Espiral-Círculo-Espiral	164.85	54	54	7.35	36,2,25 I	174.013	60	60	113	108.91	259.22	44.73	44.73	199.47	73.53	
23	Espiral-Círculo-Espiral	175.15	53	53	7.18	47,4,26 D	63.255	60	60	113	115.61	279.3	43.67	43.67	211.98	71.79	
24	Espiral-Círculo-Espiral	134.85	58	58	7.82	98,50,22 I	77.994	60	60	113	89.91	206.25	47.56	47.56	163.17	78.18	
25	Circular	2000			2	6,5,18 D	288.257	60	60	113	306	10072	12.17	209.44	2420	20	

Nota. Obtenido del software TOPO3

Tabla 5.44. Elementos de curvas horizontales con el MDGC. Segunda parte.

# PI	Tipo de Curva	Radio (m)		Longitud Espiral (m)		Peralite (%)		De flexion		Entretangencia Chequeo		Vch Avance		Vch Contra		Radio		Radio Sigulente		L_Transición Mínimo		Le Entrada (m)		L_Transición Máximo	
		Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	g, m, s I/D	(m)	km/h	km/h	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Entrada	Mínimo	Máximo	Entrada	Mínimo	Máximo	Entrada	Mínimo	Máximo	
26	Espiral-Circulo-Espiral	170	53	53	7.27	31,2,32 D	87.489	60	60	113	112	269	44.21	44.21	205.7	72.67									
27	Espiral-Circulo-Espiral	146	57	57	7.66	42,19,40 I	66.961	60	60	113	97.2	225.2	46.61	46.61	176.66	76.62									
28	Espiral-Circulo-Espiral	195.15	49.81	49.81	6.84	32,8,18 D	86.249	60	60	113	128.09	320.85	41.63	41.63	236.13	68.44									
29	Espiral-Circulo-Espiral	118.25	60	60	7.96	152,14,22 D	238.626	60	60	113	78.78	179.2	48.4	48.4	143.08	79.56									
30	Espiral-Circulo-Espiral	185.85	52	52	6.99	27,59,30 I	140.786	60	60	113	122.51	300.7	42.5	42.5	224.88	69.87									
31	Espiral-Circulo-Espiral	185.15	52	52	7	26,40,3 D	201.947	60	60	113	122.09	299.3	42.57	42.57	224.03	69.98									
32	Espiral-Circulo-Espiral	204.75	49	49	6.69	118,37,43 I	171.817	60	60	113	133.85	342.93	40.68	40.68	247.75	66.88									
33	Espiral-Circulo-Espiral	119.85	60	60	7.94	67,43,54 I	122.86	60	60	113	79.9	181.76	48.32	48.32	145.02	79.43									
34	Espiral-Circulo-Espiral	165.15	54	54	7.35	44,37,33 D	143.46	60	60	113	109.09	259.79	44.7	44.7	199.83	73.48									
35	Espiral-Circulo-Espiral	185	51.35	51.35	7	28,32,1 D	55.816	60	60	113	122	299	42.58	42.58	223.85	70									
36	Espiral-Circulo-Espiral	118.15	60	60	7.96	77,31,29 I	126.456	60	60	113	78.71	179.04	48.41	48.41	142.96	79.57									
37	Espiral-Circulo-Espiral	127.15	59	59	7.88	67,12,22 D	85.746	60	60	113	85.01	193.44	47.95	47.95	153.85	78.82									
38	Espiral-Espiral	200	52.459	52.459	6.77	15,1,42 I	84.084	60	60	113	131	332	41.16	41.16	242	67.67									
39	Espiral-Circulo-Espiral	185.15	52	52	7	27,0,29 D	163.556	60	60	113	122.09	299.3	42.57	42.57	224.03	69.98									
40	Espiral-Circulo-Espiral	124.85	59	59	7.9	64,35,51 I	319.027	60	60	113	83.4	189.76	48.07	48.07	151.07	79.01									
41	Espiral-Circulo-Espiral	185.15	52	52	7	52,30,55 D	157.508	60	60	113	122.09	299.3	42.57	42.57	224.03	69.98									
42	Espiral-Circulo-Espiral	420	45	45	5.48	10,49,26 D	210.869	60	70	168	234	1628	36.33	50.2	508.2	54.75									
43	Espiral-Circulo-Espiral	216	48	48	7.65	21,37,42 D	112.835	60	70	168	140.6	370.6	50.79	50.79	261.36	76.53									
44	Circular	3505.15			2	3,40,12 D	548.613	60	70	168	0	10000	13.27	367.06	4241.23	20									
45	Espiral-Circulo-Espiral	124.83	59	59	8	79,38,43 I	131.471	70	60	168	83.38	189.73	53.09	62.36	151.04	80									
46	Espiral-Circulo-Espiral	194.85	50	50	7.84	63,15,5 D	222.976	70	60	168	127.91	320.16	52.04	52.04	235.77	78.42									
47	Espiral-Espiral	263.954	60	60	7.08	13,1,27 D	567.589	70	70	168	0	10000	46.96	46.96	319.38	70.76									
48	Espiral-Espiral	194.563	60	60	7.84	17,40,9 I	82.501	70	60	168	127.74	319.49	52.05	52.05	235.42	78.44									
49	Espiral-Espiral	180.276	60	60	7.93	19,4,10 D	370.481	70	60	168	119.17	289.55	52.61	52.61	218.13	79.28									
50	Espiral-Circulo-Espiral	194.85	50	50	7.84	39,59,5 D	226.395	70	60	168	127.91	320.16	52.04	52.04	235.77	78.42									
51	Espiral-Circulo-Espiral	125.15	59	59	7.9	46,15,42 I	87.574	60	60	113	83.61	190.24	48.05	48.05	151.43	78.99									
52	Espiral-Circulo-Espiral	142.15	57	57	7.72	72,5,28 D	195.849	60	60	113	94.51	218.66	46.97	46.97	172	77.21									
53	Espiral-Circulo-Espiral	154.85	55	55	7.52	141,31,51 I	127.171	60	60	113	102.91	240.73	45.74	45.74	187.37	75.19									
54	Espiral-Circulo-Espiral	155.15	55	55	7.51	33,49,39 D	80.341	60	60	113	103.09	241.27	45.71	45.71	187.73	75.14									
55	Espiral-Circulo-Espiral	190	51	51	6.92	26,20,35 I	44.196	60	60	113	125	309	42.12	42.12	229.9	69.23									
Final									60																

Nota. Obtenido del software TOPO3

5.2.6.2 DISEÑO VERTICAL.

En la tabla 5.45 se observa que la velocidad en los PIV's 31 al 41 aumenta de 60 a 70 km/h, lo que se traduce en un incremento en las exigencias que se deben cumplir.

Tabla 5.45. Velocidades en curvas verticales.

#PIV	Velocidad (Km/h)	
	CV	TV
0		60
1	60	60
2	60	60
3	60	60
4	60	60
5	60	60
6	60	60
7	60	60
8	60	60
9	60	60
10	60	60
11	60	60
12	60	60
13	60	60
14	60	60
15	60	60

#PIV	Velocidad (Km/h)	
	CV	TV
16	60	60
17	60	60
18	60	60
19	60	60
20	60	60
21	60	60
22	60	60
23	60	60
24	60	60
25	60	60
26	60	60
27	60	60
28	60	60
29	60	60
30	60	60

#PIV	Velocidad (Km/h)	
	CV	TV
31	60	70
32	70	70
33	70	70
34	70	70
35	70	70
36	70	70
37	70	70
38	70	70
39	70	70
40	70	70
41	70	70
42	60	60
43	60	60
44	60	60
45	60	60

Nota. Obtenido del software TOPO3

En la tabla 5.46 se muestran los criterios que no cumplen con el manual colombiano, así como el número de elementos que no cumplen. Además, en las tablas 5.47 y 5.48 se indican los valores usados como referencia para la revisión del diseño en perfil.

Tabla 5.46. Parámetros que incumplen el diseño en perfil.

Parámetros	Número de repeticiones
Longitud de curva vertical	22
K máxima	20
Longitud de tangente vertical mínima	3
Longitud de tangente vertical máxima	25

Nota. Elaboración propia.

En las tablas 5.49 y 5.50 se observa que los parámetros que no cumplen con las especificaciones colombianas son la longitud de la curva vertical, el parámetro K máximo y la longitud de entretangencia mínima y máxima, esta última sugiere que para la norma de Colombia la entretangencia es mucho más exigente. También se muestra que el manual mexicano posee un rango más amplio para el K máximo, por ejemplo, en el PIV 13 se tiene un valor 50 para Colombia, mientras que para México es de 195, lo que significa que para el diseño vertical el MPGC permite que los alineamientos no tengan un cambio de pendiente considerable comparándolo con el MDGC.

Tabla 5.47. Valores de referencia curvas verticales. Primera parte.

#PIV	Longitud CV (m)		K		Pendiente TV (%)		Longitud TV (m)	
	Mínima	Máxima	Mínimo	Máximo	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
0					0.5	8	170	567.8
1	36	390.12	11	50	0.5	8	170	711.9
2	36	50.29	18	50	0.5	8	170	1391.1
3	36	76.23	11	50	0.5	8	170	581.5
4	36	298.51	18	50	0.5	8	170	1876.6
5	36	75.13	18	50	0.5	8	170	779.8
6	36	455.78	11	50	0.5	8	170	377.5
7	36	262.93	18	50	0.5	8	170	9999
8	36	142.33	11	50	0.5	8	170	781.1
9	36	170.92	11	50	0.5	8	170	305.1
10	36	235.29	18	50	0.5	8	170	1966.7
11	36	408.09	18	50	0.5	8	170	352.1
12	36	43.57	18	50	0.5	8	170	290.8
13	36	11.62	11	50	0.5	8	170	307.1
14	36	12.26	18	50	0.5	8	170	289.9
15	36	15.99	11	50	0.5	8	170	312.4
16	36	12.96	11	50	0.5	8	170	330.6
17	36	38.13	11	50	0.5	8	170	387
18	36	65.37	18	50	0.5	8	170	292.3
19	36	46.35	11	50	0.5	8	170	357.3
20	36	44.14	18	50	0.5	8	170	295.4
21	36	43.47	11	50	0.5	8	170	356.4
22	36	43.93	18	50	0.5	8	170	294.8
23	36	43.77	11	50	0.5	8	170	356.2
24	36	46.6	18	50	0.5	8	170	290.8

Nota. Obtenido del software TOPO3

COMPARACIÓN DE ESPECIFICACIONES DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS DE MÉXICO Y BOLIVIA CON COLOMBIA, UTILIZANDO EL SOFTWARE TOPO3

Tabla 5.48. Valores de referencia curvas verticales. Segunda parte.

#PIV	Longitud CV (m)		K		Pendiente TV (%)		Longitud TV (m)	
	Mínima	Máxima	Mínimo	Máximo	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
25	36	47.66	11	50	0.5	8	170	357.6
26	36	45.26	18	50	0.5	8	170	294.2
27	36	43.71	11	50	0.5	8	170	355.5
28	36	39.56	18	50	0.5	8	170	300
29	36	43.49	11	50	0.5	8	170	361.1
30	36	45.34	18	50	0.5	8	170	297.4
31	36	56.15	11	50	0.5	7	195	261.6
32	42	60.09	23	50	0.5	7	195	208.9
33	42	75.15	17	50	0.5	7	195	277.5
34	42	71.12	23	50	0.5	7	195	212.4
35	42	65.83	17	50	0.5	7	195	272
36	42	67.19	23	50	0.5	7	195	211.2
37	42	35.58	17	50	0.5	7	195	241
38	42	36.34	23	50	0.5	7	195	210.6
39	42	46.34	17	50	0.5	7	195	249.1
40	42	49.41	23	50	0.5	7	195	207.9
41	42	37.55	17	50	0.5	7	195	239.6
42	36	22.58	18	50	0.5	8	170	311.3
43	36	35.07	11	50	0.5	8	170	360.5
44	36	47.65	18	50	0.5	8	170	293.6
45	36	122.94	11	50	0.5	8	170	523.9

Nota. Obtenido del software TOPO3

Tabla 5.49. Revisión del diseño en perfil, curvas verticales. Primera parte.

#PIV	Longitud CV	K		Pendiente		Longitud TV	
		Mínimo	Máximo	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
0						X	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							X
12							X
13	X		X				X
14	X		X				
15	X		X			X	
16	X		X				X
17							
18							X
19							
20	X		X				X
21							X
22							X
23	X		X				X
24	X		X				X

Nota. Obtenido del software TOPO3

COMPARACIÓN DE ESPECIFICACIONES DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS DE MÉXICO Y BOLIVIA CON COLOMBIA, UTILIZANDO EL SOFTWARE TOPO3

Tabla 5.50. Revisión del diseño en perfil, curvas verticales. Segunda parte.

#PIV	Longitud CV	K		Pendiente		Longitud TV	
		Mínimo	Máximo	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
25	X		X				X
26							X
27							
28	X		X				
29							X
30	X		X				
31	X		X				X
32							X
33	X		X				X
34	X		X				X
35	X						X
36	X		X				X
37	X		X				X
38	X		X				X
39	X						
40	X		X				X
41	X		X				X
42	X		X				X
43	X		X				X
44							
45						X	

Nota. Obtenido del software TOPO3

5.2.7 COMPARACIÓN DEL DISEÑO REALIZADO CON EL MPGC CON EL MCVI.

5.2.7.1 DISEÑO HORIZONTAL.

Para Bolivia, el MCVI indica que los caminos colectores son vías que sirven tránsitos de mediana y corta distancia, a los cuales acceden numerosos caminos locales o de desarrollo. El servicio al tránsito de paso y a la propiedad colindante tiene una importancia similar. Así pues, se escogió este tipo de vía, además, la pendiente longitudinal de la vía se encuentra entre 4 a 9%, entonces, el tipo de terreno es montañoso, eso quiere decir que la velocidad de proyecto es de 60 km/h.

En la tabla 5.51 se presenta los parámetros que no cumplen con el manual boliviano y el número de repeticiones.

Tabla 5.51. Parámetros que incumplen el diseño horizontal.

Parámetros	Número de repeticiones
Radio mínimo	10
Pendiente de la rampa de peralte mínima	6
Relación de radios consecutivos	10
Longitud de espiral de entrada mínima	8
Longitud de espiral de salida mínima	8

Nota. Elaboración propia.

Se observa en las tablas 5.52 y 5.53, que los parámetros que no cumplen con el manual boliviano son el radio mínimo, la pendiente de la rampa de peralte mínima y la longitud de espiral mínima y máxima. Para este caso, el radio mínimo para Bolivia es de 120 m, lo que genera que algunas curvas no cumplan este criterio debido a que para México es de 105 m.

Por otro lado, la pendiente de la rampa de peralte mínima no cumple, debido a que el manual mexicano no especifica un valor, por lo que se toma como cercano a cero, en cambio, Bolivia establece 0.35% para todos los casos. Finalmente, los valores para la longitud de espiral mínima son mayores para el MCVI en comparación al MPGC, lo que genera que los valores de longitud de espiral que fueron diseñados con el valor cercano o igual al especificado en el manual mexicano no cumpla para el manual de Bolivia.

Tabla 5.52. Revisión diseño en planta con el MCVI. Primera parte.

# PI	Tipo Curva	Sentido de la Curva	Radio Mínimo	Peralte Máximo	Velocidad Específica	Peralte Curva	Pendiente Rampa Peralte		Entretangencia		Relacion Radios Consecutivos	Longitud Espiral Entrada		Longitud Espiral Salida	
							Mínima	Máxima	Mínima	Máxima		Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
1	ESPIRAL-ESPIRAL	D					X								
2	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D													
3	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I	X												
4	ESPIRAL-ESPIRAL	D	X				X								
5	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D													
6	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D	X												
7	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I	X				X								
8	ESPIRAL-ESPIRAL	I					X								
9	ESPIRAL-ESPIRAL	I	X				X								
10	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D													
11	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I	X												
12	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D													
13	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D													
14	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I													
15	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D									X		X		
16	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I									X		X		
17	ESPIRAL-ESPIRAL	I									X		X		
18	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I									X		X		
19	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D								X	X		X		
20	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I	X												
21	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D													
22	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I													
23	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D													
24	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I								X					

Nota. Obtenido del software TOPO3

Tabla 5.53. Revisión diseño en planta con el MCVI. Segunda parte.

# PI	Tipo Curva	Sentido de la Curva	Radio Mínimo	Peralte Máximo	Velocidad Específica	Peralte Curva	Pendiente Rampa Peralte		Entretangencia		Relacion Radios	Longitud Espiral Entrada		Longitud Espiral Salida	
							Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Consecutivos	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
25	CIRCULAR	D					X				X				
26	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D													
27	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I													
28	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D									X				
29	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D	X												
30	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I													
31	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D													
32	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I									X	X		X	
33	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I	X												
34	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D													
35	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D									X				
36	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I	X												
37	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D					X								
38	ESPIRAL-ESPIRAL	I													
39	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D													
40	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I													
41	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D													
42	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D									X	X		X	
43	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D									X	X		X	
44	CIRCULAR	D					X				X				
45	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I													
46	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D													
47	ESPIRAL-ESPIRAL	D													
48	ESPIRAL-ESPIRAL	I													
49	ESPIRAL-ESPIRAL	D													
50	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D									X				
51	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I													
52	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D													
53	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I													
54	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D													
55	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I													

Nota. Obtenido del software TOPO3

Tabla 5.54. Elementos de curvas horizontales con el MCVI. Primera parte.

# PI	Tipo de Curva	Radio (m)			Longitud Espiral (m)		Peralte (%)	De flexion	Entretangencia Chequeo	Vch Avance	Vch Contra	Radio		L_Transición Mínimo		Le Entrada (m)		L_Transición Máximo
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Entrada						Mínimo	Máximo	Entrada				
Inicial									135.804	60								
1	Espiral-Espiral	195	50.329	50.329	7	14,47,17 D	243.471	60	60	120	129	1141	19.65	48.37	95.19	73		
2	Espiral-Circulo-Espiral	140	57	57	7	38,9,27 D	73.917	60	60	120	95	367	19.65	40.99	84.76	73		
3	Espiral-Circulo-Espiral	119.85	60	60	7	64,26,21	80.463	60	60	120	81.9	248.4	19.65	37.92	79.37	73		
4	Espiral-Espiral	110	59.158	59.158	7	30,48,50 D	115.473	60	60	120	75	209	19.65	36.33	76.38	73		
5	Espiral-Circulo-Espiral	175.15	53	53	7	49,55,11 D	118.842	60	60	120	117.09	763.34	19.65	45.85	92.09	73		
6	Espiral-Circulo-Espiral	118.15	60	60	7	46,18,38 D	86.977	60	60	120	80.71	241.6	19.65	37.65	78.87	73		
7	Espiral-Circulo-Espiral	105	60	60	7	59,32,55 I	105.27	60	60	120	72	194	19.65	35.5	74.77	73		
8	Espiral-Espiral	140	59.248	59.248	7	24,14,51 I	106.133	60	60	120	95	367	19.65	40.99	84.76	73		
9	Espiral-Espiral	115	61.047	61.047	7	30,24,55 I	140.284	60	60	120	78.5	229	19.65	37.15	77.93	73		
10	Espiral-Circulo-Espiral	130	60	60	7	41,34,5 D	111.298	60	60	120	89	301	19.65	39.5	82.2	73		
11	Espiral-Circulo-Espiral	118.15	60	60	7	57,36,1 I	204.632	60	60	120	80.71	241.6	19.65	37.65	78.87	73		
12	Espiral-Circulo-Espiral	140	57	57	7	38,19,44 D	228.417	60	60	120	95	367	19.65	40.99	84.76	73		
13	Espiral-Circulo-Espiral	120	60	60	7	87,30,50 D	166.967	60	60	120	82	249	19.65	37.95	79.41	73		
14	Espiral-Circulo-Espiral	195	50	50	7	24,59,47 I	179.824	60	60	120	129	1141	19.65	48.37	95.19	73		
15	Espiral-Circulo-Espiral	205.15	49	49	7	26,58,41 D	89.183	60	60	120	135.09	1395.08	19.65	49.62	96.53	73		
16	Espiral-Circulo-Espiral	235.15	46	46	7	20,8,19 I	210.954	60	60	120	151.58	2473.87	19.65	53.12	99.63	73		
17	Espiral-Espiral	254.629	55	55	7	12,22,33 I	212.96	60	60	120	162.31	3533.31	19.65	55.28	101.05	73		
18	Espiral-Circulo-Espiral	214.85	48	48	7	22,53,42 I	52.028	60	60	120	140.43	1684.63	19.65	50.78	97.67	73		
19	Espiral-Circulo-Espiral	240.14	46	46	7	18,59,49 D	55.059	60	60	120	154.08	2705.59	19.65	53.68	100.03	73		
20	Espiral-Circulo-Espiral	118.85	60	60	7	57,29,41 I	79.242	60	60	120	81.2	244.4	19.65	37.77	79.08	73		
21	Espiral-Circulo-Espiral	140	57.02	57.02	7	36,59,4 D	244.962	60	60	120	95	367	19.65	40.99	84.76	73		
22	Espiral-Circulo-Espiral	164.85	54	54	7	36,2,25 I	174.013	60	60	120	110.91	617.08	19.65	44.48	90.2	73		
23	Espiral-Circulo-Espiral	175.15	53	53	7	47,4,26 D	63.255	60	60	120	117.09	763.34	19.65	45.85	92.09	73		
24	Espiral-Circulo-Espiral	134.85	58	58	7	98,50,22 I	77.994	60	60	120	91.91	333.01	19.65	40.23	83.47	73		

Nota. Obtenido del software TOPO3

Tabla 5.55. Elementos de curvas horizontales con el MCVI. Segunda parte.

# PI	Tipo de Curva	Radio (m)	Longitud Espiral (m)		Peralte (%)	Deflexión	Entretangencia	Vch Avance	Vch Contra	Radio	Radio Siguierte		L_Transición Mínimo		Le Entrada (m)		L_Transición Máximo
		Entrada	Entrada	Salida	Entrada	g, m, s /D	(m)	km/h	km/h	(m)	Mínimo	Máximo	Entrada	Mínimo	Máximo	Entrada	
25	Circular	2000			2.27	6,5,18 D	288.257	60	60	120	297	9999	6.37	222.22	3000	23.67	
26	Espiral-Círculo-Espiral	170	53	53	7	31,2,32 D	87.489	60	60	120	114	683	19.65	45.17	91.17	73	
27	Espiral-Círculo-Espiral	146	57	57	7	42,19,40 I	66.961	60	60	120	99.2	417.4	19.65	41.86	86.19	73	
28	Espiral-Círculo-Espiral	195.15	49.81	49.81	7	32,8,18 D	86.249	60	60	120	129.09	1144.42	19.65	48.39	95.22	73	
29	Espiral-Círculo-Espiral	118.25	60	60	7	152,14,22 D	238.626	60	60	120	80.78	242	19.65	37.67	78.9	73	
30	Espiral-Círculo-Espiral	185.85	52	52	7	27,59,30 I	140.786	60	60	120	123.51	948.98	19.65	47.22	93.85	73	
31	Espiral-Círculo-Espiral	185.15	52	52	7	26,40,3 D	201.947	60	60	120	123.09	935.82	19.65	47.14	93.74	73	
32	Espiral-Círculo-Espiral	204.75	49	49	7	118,37,43 I	171.817	60	60	120	134.85	1384.2	19.65	49.57	96.48	73	
33	Espiral-Círculo-Espiral	119.85	60	60	7	67,43,54 I	122.86	60	60	120	81.9	248.4	19.65	37.92	79.37	73	
34	Espiral-Círculo-Espiral	165.15	54	54	7	44,37,33 D	143.46	60	60	120	111.09	620.92	19.65	44.52	90.25	73	
35	Espiral-Círculo-Espiral	185	51.35	51.35	7	28,32,1 D	55.816	60	60	120	123	933	19.65	47.12	93.71	73	
36	Espiral-Círculo-Espiral	118.15	60	60	7	77,31,29 I	126.456	60	60	120	80.71	241.6	19.65	37.65	78.87	73	
37	Espiral-Círculo-Espiral	127.15	59	59	7	67,12,22 D	85.746	60	60	120	87.01	286.18	19.65	39.06	81.43	73	
38	Espiral-Espiral	200	52.459	52.459	7	15,1,42 I	84.084	60	60	120	132	1255	19.65	48.99	95.87	73	
39	Espiral-Círculo-Espiral	185.15	52	52	7	27,0,29 D	163.556	60	60	120	123.09	935.82	19.65	47.14	93.74	73	
40	Espiral-Círculo-Espiral	124.85	59	59	7	64,35,51 I	319.027	60	60	120	85.4	274.22	19.65	38.71	80.8	73	
41	Espiral-Círculo-Espiral	185.15	52	52	7	52,30,55 D	157.508	60	60	120	123.09	935.82	19.65	47.14	93.74	73	
42	Espiral-Círculo-Espiral	420	45	45	6.41	10,49,26 D	210.869	60	60	120	236	9999	18	70.99	106.39	66.85	
43	Espiral-Círculo-Espiral	216	48	48	7	21,37,42 D	112.835	60	60	120	141	1722	19.65	50.91	97.79	73	
44	Circular	3505.15			2	3,40,12 D	548.613	60	60	120	297	9999	5.62	389.46	5257.73	20.86	
45	Espiral-Círculo-Espiral	124.83	59	59	7	79,38,43 I	131.471	60	60	120	85.38	274.12	19.65	38.7	80.79	73	
46	Espiral-Círculo-Espiral	194.85	50	50	7	63,15,5 D	222.976	60	60	120	128.91	1137.58	19.65	48.35	95.17	73	
47	Espiral-Espiral	263.954	60	60	7	13,1,27 D	567.589	60	60	120	166.98	4171.74	19.65	56.28	101.6	73	
48	Espiral-Espiral	194.563	60	60	7	17,40,9 I	82.501	60	60	120	128.74	1131.03	19.65	48.32	95.13	73	
49	Espiral-Espiral	180.276	60	60	7	19,4,10 D	370.481	60	60	120	120.17	844.2	19.65	46.51	92.95	73	
50	Espiral-Círculo-Espiral	194.85	50	50	7	39,59,5 D	226.395	60	60	120	128.91	1137.58	19.65	48.35	95.17	73	
51	Espiral-Círculo-Espiral	125.15	59	59	7	46,15,42 I	87.574	60	60	120	85.61	275.78	19.65	38.75	80.88	73	
52	Espiral-Círculo-Espiral	142.15	57	57	7	72,5,28 D	195.849	60	60	120	96.51	385.06	19.65	41.3	85.29	73	
53	Espiral-Círculo-Espiral	154.85	55	55	7	141,31,51 I	127.171	60	60	120	104.91	501.44	19.65	43.11	88.16	73	
54	Espiral-Círculo-Espiral	155.15	55	55	7	33,49,39 D	80.341	60	60	120	105.09	504.56	19.65	43.15	88.23	73	
55	Espiral-Círculo-Espiral	190	51	51	7	26,20,35 I	44.196	60	60	120	126	1027	19.65	47.75	94.47	73	
Final									60								

Nota. Obtenido del software TOPO3

5.2.7.2 DISEÑO VERTICAL.

La tabla 5.56 indica los parámetros que no se cumplen en el diseño en perfil de la vía y el número de repeticiones de estos criterios. Además, se muestra que el parámetro que más se incumple es la longitud de la curva vertical.

Tabla 5.56. Parámetros que incumplen el diseño en perfil.

Parámetros	Número de repeticiones
Longitud de curva vertical	28
K mínima	1
K máxima	20
Longitud de tangente vertical máxima	19

Nota. Elaboración propia.

En las tablas 5.57 y 5.58 se observan los valores de referencia usados en la revisión de los distintos criterios en el diseño en perfil.

Por otro lado, en las tablas 5.59 y 5.60 se indica la revisión del diseño vertical, en donde, parámetros como la longitud de curva vertical, el parámetro K mínimo y máximo y la longitud de tangente vertical máxima no cumplen con lo especificado. Este último sugiere que el manual de Bolivia es más exigente con respecto al mexicano, por ejemplo, según la norma boliviana, el PIV 11 debe cumplir con una longitud de tangente vertical igual o menor a 346.6 m, mientras que para México es de 2464.3 m.

Tabla 5.57. Valores de referencia curvas verticales. Primera parte.

#PIV	Longitud CV (m)		K		Pendiente TV (%)		Longitud TV (m)	
	Mínima	Máxima	Mínimo	Máximo	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
0					0.5	8	10	673.7
1	60	390.12	12	50	0.5	8	10	1442.7
2	60	50.29	14	50	0.5	8	10	2456.4
3	60	76.23	12	50	0.5	8	10	701.1
4	60	298.51	14	50	0.5	8	10	2417.9
5	60	75.13	14	50	0.5	8	10	1874.7
6	60	455.78	12	50	0.5	8	10	367
7	60	262.93	14	50	0.5	8	10	9999
8	60	142.33	12	50	0.5	8	10	1883.1
9	60	170.92	12	50	0.5	8	10	309
10	60	235.29	14	50	0.5	8	10	2428.8
11	60	408.09	14	50	0.5	8	10	346.6
12	60	43.57	14	50	0.5	8	10	298.1
13	60	11.62	12	50	0.5	8	10	310.6
14	60	12.26	14	50	0.5	8	10	297.4
15	60	15.99	12	50	0.5	8	10	314.8
16	60	12.96	12	50	0.5	8	10	329.4
17	60	38.13	12	50	0.5	8	10	374.3
18	60	65.37	14	50	0.5	8	10	299.2
19	60	46.35	12	50	0.5	8	10	350.9
20	60	44.14	14	50	0.5	8	10	301.6
21	60	43.47	12	50	0.5	8	10	350.1
22	60	43.93	14	50	0.5	8	10	301.1
23	60	43.77	12	50	0.5	8	10	350
24	60	46.6	14	50	0.5	8	10	298.1

Nota. Obtenido del software TOPO3

COMPARACIÓN DE ESPECIFICACIONES DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS DE MÉXICO Y BOLIVIA CON COLOMBIA, UTILIZANDO EL SOFTWARE TOPO3

Tabla 5.58. Valores de referencia curvas verticales. Segunda parte.

#PIV	Longitud CV (m)		K		Pendiente TV (%)		Longitud TV (m)	
	Mínima	Máxima	Mínimo	Máximo	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
25	60	47.66	12	50	0.5	8	10	351.2
26	60	45.26	14	50	0.5	8	10	300.6
27	60	43.71	12	50	0.5	8	10	349.4
28	60	39.56	14	50	0.5	8	10	305.1
29	60	43.49	12	50	0.5	8	10	354
30	60	45.34	14	50	0.5	8	10	303.1
31	60	56.15	12	50	0.5	8	10	367.4
32	60	60.09	14	50	0.5	8	10	298.9
33	60	75.15	12	50	0.5	8	10	386.1
34	60	71.12	14	50	0.5	8	10	303.2
35	60	65.83	12	50	0.5	8	10	379.5
36	60	67.19	14	50	0.5	8	10	301.8
37	60	35.58	12	50	0.5	8	10	341.4
38	60	36.34	14	50	0.5	8	10	301
39	60	46.34	12	50	0.5	8	10	352.8
40	60	49.41	14	50	0.5	8	10	297.7
41	60	37.55	12	50	0.5	8	10	339.4
42	60	22.58	14	50	0.5	8	10	313.9
43	60	35.07	12	50	0.5	8	10	353.5
44	60	47.65	14	50	0.5	8	10	300.2
45	60	122.94	12	50	0.5	8	10	585.5

Nota. Obtenido del software TOPO3

Tabla 5.59. Revisión del diseño en perfil, curvas verticales. Primera parte.

#PIV	Longitud CV	K		Pendiente		Longitud TV	
		Mínimo	Máximo	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
0							
1		X					
2	X						
3	X						
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							X
12	X						X
13	X		X				X
14	X		X				
15	X		X				
16	X		X				X
17	X						
18	X						X
19	X						
20	X		X				X
21	X						X
22	X						X
23	X		X				X
24	X		X				X

Nota. Obtenido del software TOPO3

Tabla 5.60. Revisión del diseño en perfil, curvas verticales. Segunda parte.

#PIV	Longitud CV	K		Pendiente		Longitud TV	
		Mínimo	Máximo	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
25	X		X				X
26							X
27							
28	X		X				
29							X
30	X		X				
31	X		X				
32							X
33	X		X				X
34	X		X				X
35							
36	X		X				
37	X		X				
38	X		X				X
39							
40	X		X				
41	X		X				
42	X		X				X
43	X		X				X
44							
45							

Nota. Obtenido del software TOPO3

5.2.8 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL MDGC Y MCVI.

La tabla 5.61 muestra un resumen de la revisión del diseño en planta para Colombia y Bolivia. En esta se observa que, para la totalidad de las curvas y los parámetros analizados, se presenta un cumplimiento similar de las especificaciones de los manuales. Pero, en el caso de Colombia el principal criterio que no cumple es la relación de radios consecutivos, un parámetro de menor importancia respecto a otros como el radio mínimo o la longitud de espiral.

Tabla 5.61. Resumen del diseño en planta.

Parámetros	Número de repeticiones	
	Colombia	Bolivia
Radio mínimo	3	10
Pendiente de la rampa de paralte máxima	5	0
Pendiente de la rampa de paralte mínima	5	6
Relación de radios consecutivos	15	10
Longitud de espiral de entrada mínima	5	8
Longitud de espiral de salida mínima	5	8
% de cumplimiento	94.69	94.13

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 5.62 se indica el resumen de la revisión del diseño en perfil. En donde se muestra que igualmente los porcentajes de cumplimiento son similares, destacando las diferencias en la longitud de curva vertical y la longitud de tangente vertical máxima.

Tabla 5.62. Resumen del diseño en perfil.

Parámetros	Número de repeticiones	
	Colombia	Bolivia
Longitud de curva vertical	22	28
K mínima	0	1
K máxima	20	20
Longitud de tangente vertical mínima	3	0
Longitud de tangente vertical máxima	25	19
% de cumplimiento	78.26	78.88

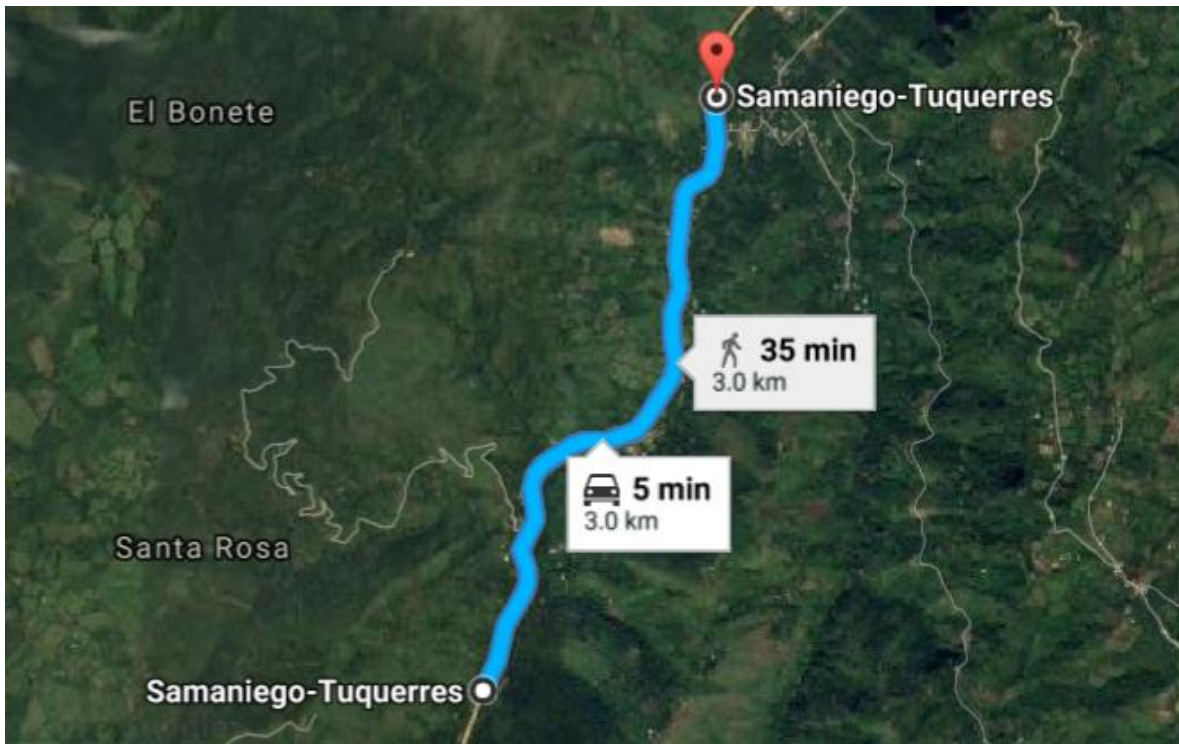
Nota. Elaboración propia.

5.3 DISEÑO VIAL EMPLEANDO EL MCVI.

5.3.1 GENERALIDADES.

El tercer tramo de vía consiste en 2974 metros, ubicado en Nariño, entre Túquerres y Samaniego. En la gráfica 15 se muestra una vista satelital del tramo.

Gráfica 15. Tramo vial entre Túquerres-Samaniego (Nariño).



Nota. Obtenido de GoogleEarth.

5.3.2 PARÁMETROS DE DISEÑO.

Para Bolivia, el MCVI indica que los caminos de desarrollo están destinados a conectar zonas aisladas y por ellas transitarán vehículos motorizados y vehículos a tracción animal. Sus características responden a las mínimas consultadas para los caminos públicos, siendo su función principal la de posibilitar el tránsito permanente aunque las velocidades sean reducidas. Debido a lo anterior, fue seleccionado este tipo de vía, ya que posee una pendiente longitudinal entre 4 a 9% se establece como tipo de terreno el montañoso, y una velocidad de proyecto de 30 km/h.

5.3.3 ELEMENTOS EN CURVAS HORIZONTALES.

Con los diseños realizados y comprobados, se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 5.63. Se observa que hay parámetros constantes, tales como, la velocidad y el radio mínimo. Además, se resalta que el peralte se mantiene en 7%, esto es debido a que en la relación entre peralte y radio se requieren valores muy elevados de este último para que el peralte disminuya.

Tabla 5.63. Elementos del diseño en planta, curvas horizontales.

#PI	Tipo de Curva	Radio (m)	Longitud Espiral (m)		Peralte (%)	Deflexion	Entretangencia	Vch	Vch	Radio	Radio Siguiente (m)		L_Transición	Le Entrada (m)		L_Transición	
		Entrada	Entrada	Salida	Entrada	g,m,s l/D	(m)	km/h	km/h	(m)	Mínimo	Máximo	Entrada	Mínimo	Máximo	Entrada	
Inicial							150.981	30									
1	Espiral-Espiral	149	44.173	44.17	7	16,59,10 I	97.475	30	30	25	101.3	442.6	14	42.28	86.88	60	
2	Espiral-Espiral	102	47.803	47.8	7	26,51,7 D	108.308	30	30	25	70.2	185	14	34.99	73.77	60	
3	Espiral-Espiral	71	31.377	31.38	7	25,19,14 I	61.944	30	30	25	48.7	122.6	14	29.19	62.03	60	
4	Espiral-Espiral	50	29.746	29.75	7	34,5,11 I	67.368	30	30	25	33	80	14	24.49	52.49	60	
5	Espiral-Circulo-Espiral	57	30	30	7	54,43,35 D	87.849	30	30	25	37.9	96.1	14	26.15	55.82	60	
6	Espiral-Espiral	75	54.757	54.76	7	41,49,51 I	83.309	30	30	25	51.5	129	14	30	63.7	60	
7	Espiral-Circulo-Espiral	127	42	42	7	65,1,1 D	102.028	30	30	25	86.9	285.4	14	39.04	81.39	60	
8	Espiral-Circulo-Espiral	204	50	50	7	35,48,47 D	55.504	30	30	25	134.4	1363.8	14	49.48	96.39	60	
9	Espiral-Circulo-Espiral	216	51	51	7	56,25,4 I	177.827	30	30	25	141	1722	14	50.91	97.79	60	
10	Espiral-Circulo-Espiral	148	43	43	7	46,42,13 I	52.673	30	30	25	100.6	434.2	14	42.14	86.65	60	
11	Espiral-Espiral	202	49.375	49.38	7	14,0,17 D	91.294	30	30	25	133.2	1309.4	14	49.23	96.13	60	
12	Espiral-Espiral	68	32.981	32.98	7	27,47,23 D	45.507	30	30	25	46.4	117.4	14	28.57	60.75	60	
13	Espiral-Circulo-Espiral	68	30	30	7	43,9,5 I	61.046	30	30	25	46.4	117.4	14	28.57	60.75	60	
14	Espiral-Espiral	100	35.815	35.82	7	20,31,14 D	261.647	30	30	25	69	179	14	34.64	73.09	60	
15	Espiral-Circulo-Espiral	69	29	29	7	54,28,53 D	73.584	30	30	25	47.2	119.2	14	28.77	61.18	60	
16	Espiral-Circulo-Espiral	65	30	30	7	54,4,19 I	129.458	30	30	25	44	112	14	27.93	59.44	60	
17	Espiral-Espiral	168	52.45	52.45	7	17,53,16 I	50.165	30	30	25	112.8	657.4	14	44.9	90.79	60	
Final									30								

Nota. Obtenido del software TOPO3

5.3.4 REVISIÓN DEL DISEÑO EN PLANTA MEDIANTE EL SOFTWARE.

En la tabla 5.64 se observa la revisión del diseño en donde el radio mínimo, el peralte máximo, el peralte de la curva y la pendiente de la rampa de peralte mínima y máxima cumplen con lo especificado en el manual.

La única excepción la representa el PI 11 en donde no se respeta el criterio de la relación de radios consecutivos, debido a que las limitantes del terreno no permiten realizar un cambio significativo en el radio para que este parámetro cumpla.

Tabla 5.64. Revisión del diseño en planta.

# PI	Tipo Curva	Sentido de la Curva	Radio Mínimo	Peralte Máximo	Peralte Curva	Pendiente Rampa Peralte Mínima	Pendiente Rampa Peralte Máxima	Entretangencia Mínima	Entretangencia Máxima	Relacion Radios Consecutivos	Longitud Espiral Mínima Entrada	Longitud Espiral Máxima Entrada	Longitud Espiral Mínima Salida	Longitud Espiral Máxima Salida
1	ESPIRAL-ESPIRAL	I												
2	ESPIRAL-ESPIRAL	D												
3	ESPIRAL-ESPIRAL	I												
4	ESPIRAL-ESPIRAL	I												
5	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D												
6	ESPIRAL-ESPIRAL	I												
7	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D												
8	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D												
9	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I												
10	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I												
11	ESPIRAL-ESPIRAL	D								X				
12	ESPIRAL-ESPIRAL	D												
13	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I												
14	ESPIRAL-ESPIRAL	D												
15	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D												
16	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I												
17	ESPIRAL-ESPIRAL	I												

Nota. Obtenido del software TOPO3

5.3.5 DISEÑO Y REVISIÓN DE LAS CURVAS VERTICALES.

La tabla 5.65 indica los parámetros que son usados en la revisión del diseño en perfil.

Tabla 5.65. Parámetros de revisión constantes y variables en el diseño vertical.

Parámetros de revisión	
Constante	Variable
Longitud de curva vertical mínima	Longitud de curva vertical máxima
K máximo	K mínimo
Pendiente de la tangente vertical mínima	
Pendiente de la tangente vertical máxima	
Longitud de la tangente vertical mínima	Longitud de la tangente vertical máxima

Nota. Elaboración propia.

Los elementos de las curvas verticales son los indicados en la tabla 5.66, en donde se observa que, los valores de la velocidad se mantienen constante. Ahora bien, los valores de referencia para el diseño fueron los mostrados en la tabla 5.67, en esta se observa que los valores de pendiente máxima y mínima, la longitud de curva vertical mínima, la entretangencia vertical mínima y el parámetro K máximo se mantienen constantes.

El software TOPO3 permite realizar la revisión del diseño, la cual es mostrada en la tabla 5.68 cumpliendo con las especificaciones.

Tabla 5.66. Elementos del diseño en perfil, curvas verticales.

# PIV	Longitud (m)		Pendiente (%)		A (%)	Tipo de curva	K		Velocidad CV (km/h)	Tangente Vertical (m)	Velocidad TV (km/h)
	Entrada	Salida	Entrada	Salida			Entrada	Salida			
0										97.819	30
1	10	10	-3.9	-6.11	-2.215	Convexa	9.03	9.03	30	142.181	30
2	10	10	-6.11	-2.49	3.623	Concava	5.52	5.52	30	116.159	30
3	10	10	-2.49	-4.28	-1.79	Convexa	11.17	11.17	30	124.263	30
4	12	12	-4.28	1.26	5.542	Concava	4.33	4.33	30	120.708	30
5	10	10	1.26	-4.08	-5.34	Convexa	3.75	3.75	30	162.286	30
6	10	10	-4.08	-7.42	-3.343	Convexa	5.98	5.98	30	111.808	30
7	14	14	-7.42	-0.73	6.687	Concava	4.19	4.19	30	212.558	30
8	10	10	-0.73	-4.14	-3.404	Convexa	5.88	5.88	30	79.313	30
9	13	13	-4.14	2.3	6.436	Concava	4.04	4.04	30	101.656	30
10	13	13	2.3	-5.45	-7.748	Convexa	3.36	3.36	30	280.935	30
11	10	10	-5.45	-2.91	2.537	Concava	7.88	7.88	30	168.857	30
12	10	10	-2.91	-5.05	-2.136	Convexa	9.36	9.36	30	52.828	30
13	10	10	-5.05	-3.15	1.902	Concava	10.52	10.52	30	117.696	30
14	10	10	-3.15	0.67	3.82	Concava	5.24	5.24	30	45.11	30
15	10	10	0.67	-2.89	-3.566	Convexa	5.61	5.61	30	227.824	30
16	10	10	-2.89	-3.65	-0.756	Convexa	26.46	26.46	30	169.138	30
17	10	10	-3.65	-2.97	0.676	Concava	29.58	29.58	30	158.863	30
18	10	10	-2.97	-0.65	2.322	Concava	8.61	8.61	30	232	30
19	10	10	-0.65	0.85	1.499	Concava	13.34	13.34	30	143	30
20	10	10	0.85	3.84	2.996	Concava	6.68	6.68	30	111.07	30

Nota. Obtenido del software TOPO3

Tabla 5.67. Valores de referencia curvas verticales.

#PIV	Longitud CV (m)		K		Pendiente TV (%)		Longitud TV (m)	
	Mínima	Máxima	Mínimo	Máximo	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
1					0.5	12	10	2331.5
2	30	110.75	3	50	0.5	12	10	2445.8
3	30	181.15	4	50	0.5	12	10	2236.9
4	30	89.49	3	50	0.5	12	10	2362.1
5	30	277.1	4	50	0.5	12	10	2192.6
6	30	267.01	3	50	0.5	12	10	2345.9
7	30	167.16	3	50	0.5	12	10	1792
8	30	334.37	4	50	0.5	12	10	9999
9	30	170.19	3	50	0.5	12	10	2350.7
10	30	321.78	4	50	0.5	12	10	2229.4
11	30	387.38	3	50	0.5	12	10	2417.1
12	30	126.83	4	50	0.5	12	10	2253.4
13	30	106.79	3	50	0.5	12	10	2399.8
14	30	95.08	4	50	0.5	12	10	2271.4
15	30	191.02	4	50	0.5	12	10	9999
16	30	179.26	3	50	0.5	12	10	2253.4
17	30	36.85	3	50	0.5	12	10	2311.6
18	30	33.81	4	50	0.5	12	10	2257.4
19	30	116	4	50	0.5	12	10	9999
20	30	75.05	4	50	0.5	12	10	9999
21	30	149.78	4	50	0.5	12	10	2327.1

COMPARACIÓN DE ESPECIFICACIONES DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS DE MÉXICO Y BOLIVIA CON COLOMBIA, UTILIZANDO EL SOFTWARE TOPO3

Tabla 5.68. Revisión del diseño en perfil, curvas verticales.

#PIV	Longitud CV	K		Pendiente		Longitud TV	
		Mínimo	Máximo	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
0							
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

Nota. Obtenido del software TOPO3

5.3.6 COMPARACIÓN DEL DISEÑO REALIZADO CON EL MCVI CON EL MDGC.

5.3.6.1 DISEÑO HORIZONTAL.

Para Colombia, el MDGC indica que las vías terciarias son aquellas vías de acceso que unen las cabeceras municipales con sus veredas o unen veredas entre sí, además, su tipo de terreno se clasifica en montañoso, esto quiere decir que la velocidad de proyecto está en el rango de 20 a 40 km/h, por lo cual se establece una velocidad de 30 km/h para realizar el diseño geométrico.

Se observa en la tabla 5.70, que los parámetros que no cumplen con la norma colombiana son la pendiente de la rampa peralte mínima y la relación de radios consecutivos, además, en la tabla 5.69 se muestran los criterios antes mencionados con el número de repeticiones que se presentan en la revisión. También, se indica que el parámetro de radios consecutivos es más riguroso en el MDGC.

Tabla 5.69. Parámetros que incumplen el diseño horizontal.

Parámetros	Número de repeticiones
Pendiente de la rampa de peralte mínima	9
Relación de radios consecutivos	4

Nota. Elaboración propia.

Por otro lado, se observa en la tabla 5.71, que los peraltes propuestos son menores a los diseñados con el manual boliviano, lo que hace que la pendiente de la rampa de peralte disminuya y no cumpla en muchos de los PI's para el diseño colombiano.

Tabla 5.70. Revisión diseño en planta con el MDGC.

# PI	Tipo Curva	Sentido de la Curva	Radio Mínimo	Peralte Máximo	Peralte Curva	Pendiente Rampa Peralte Mínima	Pendiente Rampa Peralte Máxima	Entretangencia Mínima	Entretangencia Máxima	Relacion Radios Consecutivos	Longitud Espiral Mínima Entrada	Longitud Espiral Máxima Entrada	Longitud Espiral Mínima Salida	Longitud Espiral Máxima Salida
1	ESPIRAL-ESPIRAL	I				X								
2	ESPIRAL-ESPIRAL	D				X								
3	ESPIRAL-ESPIRAL	I								X				
4	ESPIRAL-ESPIRAL	I												
5	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D												
6	ESPIRAL-ESPIRAL	I				X				X				
7	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D				X				X				
8	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D				X								
9	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I				X								
10	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I				X								
11	ESPIRAL-ESPIRAL	D				X				X				
12	ESPIRAL-ESPIRAL	D												
13	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I												
14	ESPIRAL-ESPIRAL	D												
15	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D												
16	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I												
17	ESPIRAL-ESPIRAL	I				X								

Nota. Obtenido del software TOPO3

Tabla 5.71. Elementos de curvas horizontales con el MDGC.

#PI	Tipo de Curva	Radio (m)	Longitud Espiral (m)		Peralte (%)	Deflexión	Entretangencia	Vch	Vch	Radio	Radio Siguiente (m)		L_Transición	Le Entrada (m)		L_Transición	
		Entrada	Entrada	Salida	Entrada	g,m,s I/D	(m)	km/h	km/h	(m)	Mínimo	Máximo	Entrada	Mínimo	Máximo	Entrada	
Inicial							150.981	30									
1	Espiral-Espiral	149	44.173	44.17	3.23	16,59,10 I	97.475	30	30	21	99.3	230.3	7.57	29.9	180.29	32.32	
2	Espiral-Espiral	102	47.803	47.8	3.73	26,51,7 D	108.303	30	30	21	68.2	154	8.74	24.74	123.42	37.29	
3	Espiral-Espiral	71	31.377	31.38	4.22	25,19,14 I	61.944	30	30	21	50.3	106.5	9.9	20.64	85.91	42.22	
4	Espiral-Espiral	50	29.746	29.75	4.8	34,5,11 I	67.368	30	30	21	35	75	11.25	17.32	60.5	48	
5	Espiral-Círculo-Espiral	57	30	30	4.57	54,43,35 D	87.849	30	30	21	38.5	85.5	10.71	18.49	68.97	45.71	
6	Espiral-Espiral	75	54.757	54.76	4.14	41,49,51 I	83.309	30	30	21	51.5	112.5	9.7	21.21	90.75	41.4	
7	Espiral-Círculo-Espiral	127	42	42	3.46	65,1,1 D	102.028	30	30	21	84.9	193.2	8.11	27.6	153.67	34.6	
8	Espiral-Círculo-Espiral	204	50	50	2.67	35,48,47 D	55.504	30	30	21	133.4	341.2	6.26	34.99	246.84	26.73	
9	Espiral-Círculo-Espiral	216	51	51	2.57	56,25,4 I	177.827	30	30	21	140.6	370.6	6.02	36	261.36	25.67	
10	Espiral-Círculo-Espiral	148	43	43	4.07	46,42,13 I	52.673	30	40	43	98.6	228.6	12.73	29.8	179.08	40.74	
11	Espiral-Espiral	202	49.375	49.38	3.63	14,0,17 D	91.294	30	40	43	132.2	336.6	11.34	34.81	244.42	36.28	
12	Espiral-Espiral	68	32.981	32.98	5.48	27,47,23 D	45.507	30	40	43	48	102	17.11	20.3	82.28	54.75	
13	Espiral-Círculo-Espiral	68	30	30	5.48	43,9,5 I	61.046	30	40	43	48	102	17.11	20.3	82.28	54.75	
14	Espiral-Espiral	100	35.815	35.82	4.75	20,31,14 D	261.647	30	40	43	67	151	14.83	24.49	121	47.45	
15	Espiral-Círculo-Espiral	69	29	29	5.45	54,28,53 D	73.584	40	30	43	49	103.5	17.03	20.35	85.49	54.5	
16	Espiral-Círculo-Espiral	65	30	30	4.36	54,4,19 I	129.458	30	30	21	45	97.5	10.21	19.75	78.65	43.56	
17	Espiral-Espiral	168	52.45	52.45	3.02	17,53,16 I	50.165	30	30	21	110.8	265.2	7.08	31.75	203.28	30.22	
Final								30									

Nota. Obtenido del software TOPO3

5.3.6.2 DISEÑO VERTICAL.

En la tabla 5.72 se observa la variación de la velocidad a lo largo del trayecto, esta se da desde el PI 11 hasta el 18, además, en la tabla 5.75, donde se realiza la revisión se muestra que la mayoría de los parámetros que no cumplen se encuentran en este rango de PI's, por lo cual estos criterios son más rigurosos para el manual de Colombia.

Tabla 5.72. Velocidades en curvas verticales.

#PI	Velocidad (km/h)		#PI	Velocidad (km/h)	
	CV	TV		CV	TV
0		30	11	40	40
1	30	30	12	40	40
2	30	30	13	40	40
3	30	30	14	40	40
4	30	30	15	40	40
5	30	30	16	40	40
6	30	30	17	40	40
7	30	30	18	40	40
8	30	30	19	30	30
9	30	30	20	30	30
10	30	30			

Nota. Obtenido del software TOPO3

Los parámetros que no cumplen para la revisión son el parámetro K mínimo y la longitud mínima de tangente vertical. En la tabla 5.73 se presentan dichos parámetros y el número de repeticiones.

Tabla 5.73. Parámetros que incumplen el diseño en perfil.

Parámetros	Número de repeticiones
K mínimo	4
Longitud mínima de tangente vertical	2

Nota. Elaboración propia.

Para este caso en particular, se realizó el diseño de curvas verticales con el valor mínimo de longitud de la curva vertical, para ambos manuales éstos son iguales para la velocidad de 30 km/h, sin embargo, al aumentar la velocidad de diseño a 40

km/h, ocasiona que el parámetro en el manual colombiano sea mayor y no cumplan con el diseño. En la tabla 5.74 se indica los valores de referencia para los elementos de las curvas verticales.

Tabla 5.74. Valores de referencia curvas verticales.

#PIV	Longitud CV (m)		K		Pendiente TV (%)		Longitud TV (m)	
	Mínima	Máxima	Mínimo	Máximo	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
0					0.5	12	60	1981.5
1	20	110.75	2	50	0.5	12	60	659.6
2	20	181.15	6	50	0.5	12	60	1762
3	20	89.49	2	50	0.5	12	60	1696.5
4	20	277.1	6	50	0.5	12	60	1399.1
5	20	267.01	2	50	0.5	12	60	1919.6
6	20	167.16	2	50	0.5	12	60	521.9
7	20	334.37	6	50	0.5	12	60	9999
8	20	170.19	2	50	0.5	12	60	1853.6
9	20	321.78	6	50	0.5	12	60	1716.5
10	20	387.38	2	50	0.5	12	60	797.8
11	24	126.83	9	50	0.5	10	80	1982
12	24	106.79	4	50	0.5	10	80	701.4
13	24	95.08	9	50	0.5	10	80	1725.9
14	24	191.02	9	50	0.5	10	80	9999
15	24	179.26	4	50	0.5	10	80	1981.7
16	24	36.85	4	50	0.5	10	80	1292.2
17	24	33.81	9	50	0.5	10	80	1997.6
18	24	116	9	50	0.5	10	80	9999
19	20	75.05	6	50	0.5	12	60	9999
20	20	149.78	6	50	0.5	12	60	1973

Nota. Obtenido del software TOPO3

COMPARACIÓN DE ESPECIFICACIONES DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS DE MÉXICO Y BOLIVIA CON COLOMBIA, UTILIZANDO EL SOFTWARE TOPO3

Tabla 5.75. Revisión del diseño en perfil, curvas verticales.

#PIV	Longitud CV	K		Pendiente		Longitud TV	
		Mínimo	Máximo	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
0							
1							
2							
3							
4		X					
5							
6							
7		X					
8							
9		X					
10							
11							
12						X	
13							
14		X				X	
15							
16							
17							
18							
19							
20							

Nota. Obtenido del software TOPO3

5.3.7 COMPARACIÓN DEL DISEÑO REALIZADO CON EL MCVI CON EL MPGC.

5.3.7.1 DISEÑO HORIZONTAL.

Para México, el MPGC indica que para vías secundarias sin control de acceso debes ser clasificadas como tipo C o D, además, el tipo de terreno para esta carretera es montañoso. Por lo tanto, se considera la carretera como tipo D y se le asigna una velocidad de 30 km/h, igual a la empleada en el diseño según con el MCVI.

Se observa en la tabla 5.77 la revisión del diseño, en donde se muestra que los parámetros que no cumplen son la pendiente de rampa de peralte mínima y la longitud de espiral máxima. En la tabla 5.76 se presentan estos criterios con el número de repeticiones.

Tabla 5.76. Parámetros que incumplen el diseño horizontal.

Parámetros	Número de repeticiones
Pendiente de rampa de peralte máxima	4
Pendiente de rampa de peralte mínima	1

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 5.78 se muestra que los peraltes propuestos por el manual mexicano son mayores, así pues, la pendiente de rampa de peralte aumenta, lo que genera que éste parámetro no cumpla según el MPGC.

Tabla 5.77. Revisión diseño en planta con el MPGC.

# PI	Tipo Curva	Sentido de la Curva	Radio Mínimo	Peralte Máximo	Peralte Curva	Pendiente Rampa Peralte		Longitud Mínima Arco Circular	Radio Circular	Inicio o Final A	Entretangencia		Relacion Radios Consecutivos	Longitud Espiral Entrada		Longitud Espiral Salida	
						Mínima	Máxima				Mínima	Máxima		Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
1	ESPIRAL-ESPIRAL	I															
2	ESPIRAL-ESPIRAL	D															
3	ESPIRAL-ESPIRAL	I															
4	ESPIRAL-ESPIRAL	I					X										
5	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D					X										
6	ESPIRAL-ESPIRAL	I					X										
7	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D															
8	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D															
9	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I															
10	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I															
11	ESPIRAL-ESPIRAL	D															
12	ESPIRAL-ESPIRAL	D															
13	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I															
14	ESPIRAL-ESPIRAL	D															
15	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	D					X										
16	ESPIRAL-CIRCULO-ESPIRAL	I															
17	ESPIRAL-ESPIRAL	I				X											

Nota. Obtenido del software TOPO3

Tabla 5.78. Elementos de curvas horizontales con el MPGC.

# PI	Tipo de Curva	Radio (m)	Longitud Espiral (m)		Peralte (%)	Deflexion	Entretangencia	Vch	Vch	Radio	Radio Siguiente (m)		L_Transición	Le Entrada (m)		L_Transición	
		Entrada	Entrada	Salida	Entrada	g,m,s I/D	(m)	(Km/h)	(Km/h)	(m)	Mínimo	Máximo	Entrada	Mínimo	Máximo	Entrada	
Inicial							150.981	30									
1	Espiral-Espiral	149	44.173	44.17	3.88	16,59,10 I	97.956	30	30	20	0	10000	17.36	26.74	59.8	116306.29	
2	Espiral-Espiral	100	46.866	46.87	5.24	26,51,7 D	109.01	30	30	20	0	10000	23.48	21.91	48.99	157323.73	
3	Espiral-Espiral	70	30.935	30.94	6.34	25,19,14 I	62.17	30	30	20	0	10000	28.38	19.02	40.99	190154.39	
4	Espiral-Espiral	50	29.746	29.75	7.34	34,5,11 I	67.368	30	30	20	0	10000	32.89	22.03	34.64	220334.1	
5	Espiral-Circulo-Espiral	57	30	30	6.92	54,43,35 D	101.853	30	30	20	0	10000	30.97	20.75	36.99	207518.23	
6	Espiral-Espiral	39	28.473	28.47	8.14	41,49,51 I	97.313	30	30	20	0	10000	36.45	24.42	30.59	244241.76	
7	Espiral-Circulo-Espiral	127	42	42	4.41	65,1,1 D	102.028	30	30	20	0	10000	19.74	24.69	55.21	132279.07	
8	Espiral-Circulo-Espiral	204	50	50	3.05	35,48,47 D	55.504	30	30	20	0	10000	13.65	31.29	69.97	91440.4	
9	Espiral-Circulo-Espiral	216	51	51	2.92	56,25,4 I	177.827	30	30	20	0	10000	13.09	32.2	72	87686.49	
10	Espiral-Circulo-Espiral	148	43	43	3.9	46,42,13 I	51.689	30	30	20	0	10000	17.45	26.65	59.6	116914.81	
11	Espiral-Espiral	210	51.33	51.33	2.98	14,0,17 D	85.572	30	30	20	0	10000	13.36	31.75	70.99	89501.01	
12	Espiral-Espiral	87	42.197	42.2	5.74	27,47,23 D	40.77	30	30	20	0	10000	25.69	20.44	45.69	172095.24	
13	Espiral-Circulo-Espiral	68	30	30	6.39	43,9,5 I	56.501	30	30	20	0	10000	28.59	19.16	40.4	191579.57	
14	Espiral-Espiral	125	44.769	44.77	4.47	20,31,14 D	261.738	30	30	20	0	10000	20	24.49	54.77	134023.26	
15	Espiral-Circulo-Espiral	60	27	27	6.81	54,28,53 D	78.22	30	30	20	0	10000	30.49	20.43	37.95	204308.97	
16	Espiral-Circulo-Espiral	65	30	30	6.53	54,4,19 I	129.458	30	30	20	0	10000	29.23	19.59	39.5	195856	
17	Espiral-Espiral	168	52.45	52.45	3.53	17,53,16 I	50.165	30	30	20	0	10000	15.8	28.4	63.5	105874.79	
Final								30									

Nota. Obtenido del software TOPO3

5.3.7.2 DISEÑO VERTICAL.

En la tabla 5.79 se presenta el parámetro K que no cumple con el diseño y el número de repeticiones. En la tabla 5.80 se muestra los valores de referencia usados en la revisión del diseño.

Tabla 5.79. Parámetros que incumplen el diseño en perfil.

Parámetros	Número de repeticiones
K mínimo	5

Nota. Elaboración propia.

Por otro lado, se puede observar en la tabla 5.81 que el parámetro K no cumple con el valor mínimo permitido en cinco PIV's. Esto es debido a que el manual boliviano para este diseño de carreteras asume un valor mínimo mayor a que el manual de México.

Tabla 5.80. Valores de referencia curvas verticales.

#PIV	Longitud CV (m)		K		Pendiente TV (%)		Longitud TV (m)	
	Mínima	Máxima	Mínimo	Máximo	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
0					0.5	12	10	2488.5
1	20	101.89	2	46	0.5	12	10	989.3
2	20	166.66	6	46	0.5	12	10	2451.5
3	20	82.33	2	46	0.5	12	10	2495.8
4	20	254.94	6	46	0.5	12	10	2383.5
5	20	245.65	2	46	0.5	12	10	2492
6	20	153.78	2	46	0.5	12	10	763.4
7	20	307.62	6	46	0.5	12	10	9999
8	20	156.58	2	46	0.5	12	10	2493.1
9	20	296.04	6	46	0.5	12	10	2446.1
10	20	356.39	2	46	0.5	12	10	1205.3
11	20	116.68	6	46	0.5	12	10	2463.3
12	20	98.25	2	46	0.5	12	10	1350.1
13	20	87.47	6	46	0.5	12	10	2469.9
14	20	175.74	6	46	0.5	12	10	9999
15	20	164.91	2	46	0.5	12	10	2463.3
16	20	33.9	2	46	0.5	12	10	2483.7
17	20	31.1	6	46	0.5	12	10	2465
18	20	106.72	6	46	0.5	12	10	9999
19	20	69.05	6	46	0.5	12	10	9999
20	20	137.8	6	46	0.5	12	10	2487.5

Nota. Obtenido del software TOPO3

Tabla 5.81. Revisión del diseño en perfil, curvas verticales.

#PIV	Longitud CV	K		Pendiente		Longitud TV	
		Mínimo	Máximo	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
0							
1							
2		X					
3							
4		X					
5							
6							
7		X					
8							
9		X					
10							
11							
12							
13							
14		X					
15							
16							
17							
18							
19							
20							

Nota. Obtenido del software TOPO3

5.3.8 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL MDGC Y MCVI.

La tabla 5.82 muestra un resumen de la revisión del diseño en planta para Colombia y Bolivia. En esta se observa que, para la totalidad de las curvas y los parámetros analizados, se cumple en mayor porcentaje la especificación mexicana. Por otro lado, en Colombia se presentan inconvenientes en la pendiente de la rampa de peralte mínima y la relación de radios consecutivos.

Tabla 5.82. Resumen del diseño en planta.

Parámetros	Número de repeticiones	
	Colombia	México
Pendiente de la rampa de peralte máxima	0	4
Pendiente de la rampa de peralte mínima	9	1
Relación de radios consecutivos	4	0
Longitud de espiral máxima de entrada	0	0
Longitud de espiral máxima de salida	0	0
% de cumplimiento	94.12	97.74

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 5.83 se indica el resumen de la revisión del diseño en perfil. En donde se observa que igualmente los porcentajes de cumplimiento son similares, destacando que para Colombia no se cumpla en una curva con la longitud mínima de la tangente vertical.

Tabla 5.83. Resumen del diseño en perfil.

Parámetros	Número de repeticiones	
	Colombia	México
K mínimo	4	5
Longitud mínima de tangente vertical	1	0
% de cumplimiento	96.43	96.43

Nota. Elaboración propia.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- En el diseño en planta:
 - El MCVI es más exigente con el radio mínimo, ya que presenta valores mayores que los otros manuales analizados.
 - El MPGC realiza recomendaciones al diseñador acerca de los radios consecutivos; sin embargo, no indica valores al respecto.
 - En el manual de Bolivia, es frecuente que el peralte sea igual al máximo permitido, debido a que la relación Radio-Peralte así lo determina.
 - El MCVI es, para los diseños realizados, el manual que restringe la longitud de espiral en un rango que se adapta mejor a las condiciones del terreno.
 - El MPGC no especifica una rampa de peralte mínima.
 - El parámetro J es muy variable entre cada uno de los países. En Bolivia utiliza valores altos en comparación a Colombia; por otro lado, México considera un valor constante para todas las velocidades de proyecto, lo que generaría una variación en los cálculos de la longitud de la clotoide.

- En el diseño en perfil:
 - El MCVI tiene mayores valores de longitud mínima de curvas verticales, lo que genera mayor comodidad al usuario. Por otro lado, lo planteado en los manuales de Colombia y México es similar.
 - El MPGC define el parámetro K en un rango más amplio, lo que proporciona un mejor diseño; a diferencia de los manuales de Bolivia y Colombia, no posee un error al aumentar la velocidad de diseño.
 - Con respecto a la pendiente, los tres manuales son similares a excepción del MDGC que permite en terrenos planos emplear una pendiente mínima de 0.3%.
 - El MDGC es más estricto con referencia a la tangente mínima vertical.

- El MDGC especifica el cambio de velocidad de diseño según diferentes parámetros, lo que debería ser implementado en los manuales de diseño de carreteras de México y Bolivia, ya que esto aumenta la rigidez de la norma.

- Existen diferentes parámetros entre los tres manuales, que podrían ser complementarios entre ellos.

- Hay parámetros que presentan inconsistencias en cada uno de los manuales, los que deben ser revisados y corregidos por la Entidad Gubernamental correspondientes.

COMPARACIÓN DE ESPECIFICACIONES DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS DE MÉXICO Y BOLIVIA CON COLOMBIA, UTILIZANDO EL SOFTWARE TOPO3

- Se deben realizar investigaciones que relacionen el número de accidentes o situaciones de riesgo que presente una vía diseñada con los manuales en estudio; esto se podría realizar encontrando carreteras que sean similares en cada uno de los países o empleando un software que permita esta evaluación, de este modo se corroboraría con mayor precisión qué manual satisface las necesidades de seguridad y comodidad para los usuarios en la vía.
- Se debe tener en cuenta que cada país tiene diferente cultura, es decir, en el momento de realizar un diseño geométrico de vías, además de la normatividad, se debe tener en cuenta el factor humano.
- Con este trabajo se les permite a los diseñadores de vías de México y Bolivia, tener una herramienta más para realizar un diseño geométrico.

7 BIBLIOGRAFIA.

ADMINISTRADORA BOLIVIANA DE CARRETERAS, ABC. Manual de Carreteras Volumen I. La Paz, Bolivia. 2008.

ADMINISTRADORA BOLIVIANA DE CARRETERAS, ABC. Manual de Dispositivos de Control de Tránsito. La Paz, Bolivia. 2007.

CÁRDENAS, J (2013). Diseño Geométrico de Carreteras. 2ª ed. Bogotá D.C. ECOE ediciones.

CHOCONTÁ, P (2004). Diseño Geométrico de Vías. 2ª ed. Bogotá D.C. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, MINISTERIO DE TRANSPORTE. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. Bogotá, Colombia. 2008

MINISTERIO DE TRANSPORTE. Manual de Señalización Vial. Bogotá, Colombia. 2015.

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES. Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras. México D.F., México. 2016.

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES. Manual de Señalización Vial y Dispositivos de Seguridad. 6ª ed. México D.F., México. 2014.

SOLANO, E. TOPO3 (Versión 1.87) [Software]. Recuperado de <http://www.topo3.com/>

APENDICE

Tabla. Radios (R) según velocidad específica (V_{CH}) y peraltes (e)

Categoría	Vch (Km/h)	R (m)	e (%)
ET	70	152.79	10
ET	70	158.06	10
ET	70	163.7	10
ET	70	169.77	9.9
ET	70	176.3	9.9
ET	70	183.35	9.8
ET	70	190.99	9.7
ET	70	199.29	9.6
ET	70	208.35	9.4
ET	70	218.27	9.3
ET	70	229.18	9.1
ET	70	241.25	8.9
ET	70	254.65	8.7
ET	70	269.63	8.5
ET	70	286.48	8.2
ET	70	305.58	8
ET	70	327.41	7.7
ET	70	352.59	7.4
ET	70	381.97	7
ET	70	416.7	6.7
ET	70	458.37	6.3
ET	70	509.3	5.9
ET	70	572.96	5.4
ET	70	654.81	4.9
ET	70	763.95	4.3
ET	70	916.74	3.7
ET	70	1145.92	3
ET	70	1527.89	2.3
ET	70	2291.84	2
ET	70	4583.68	2
ET	80	208.35	10
ET	80	218.27	10
ET	80	229.18	9.9

Categoría	Vch (Km/h)	R (m)	e (%)
ET	80	241.25	9.9
ET	80	254.65	9.7
ET	80	269.63	9.6
ET	80	286.48	9.4
ET	80	305.58	9.2
ET	80	327.41	8.9
ET	80	352.59	8.6
ET	80	381.97	8.3
ET	80	416.7	7.9
ET	80	458.37	7.5
ET	80	509.3	7
ET	80	572.96	6.5
ET	80	654.81	6
ET	80	763.95	5.3
ET	80	916.74	4.6
ET	80	1145.92	3.8
ET	80	1527.89	3
ET	80	2291.84	2.1
ET	80	4583.68	2
ET	90	286.48	10
ET	90	305.58	9.9
ET	90	327.41	9.8
ET	90	352.59	9.6
ET	90	381.97	9.3
ET	90	416.7	9
ET	90	458.37	8.6
ET	90	509.3	8.2
ET	90	572.96	7.6
ET	90	654.81	7.1
ET	90	763.95	6.4
ET	90	916.74	5.6
ET	90	1145.92	4.7
ET	90	1527.89	3.7

Categoría	Vch (Km/h)	R (m)	e (%)
ET	90	2291.84	2.6
ET	90	4583.68	2
ET	100	352.59	10
ET	100	381.97	9.9
ET	100	416.7	9.8
ET	100	458.37	9.6
ET	100	509.3	9.2
ET	100	572.96	8.7
ET	100	654.81	8.1
ET	100	763.95	7.4
ET	100	916.74	6.6
ET	100	1145.92	5.6
ET	100	1527.89	4.4
ET	100	2291.84	3.1
ET	100	4583.68	2
ET	110	458.37	10
ET	110	509.3	9.9
ET	110	572.96	9.6
ET	110	654.81	9.1
ET	110	763.95	8.4
ET	110	916.74	7.6
ET	110	1145.92	6.5
ET	110	1527.89	5.2
ET	110	2291.84	3.7
ET	110	4583.68	2
A	70	152.79	10
A	70	158.06	10
A	70	163.7	10
A	70	169.77	9.9
A	70	176.3	9.9
A	70	183.35	9.8
A	70	190.99	9.7
A	70	199.29	9.6
A	70	208.35	9.4
A	70	218.27	9.3
A	70	229.18	9.1
A	70	241.25	8.9
A	70	254.65	8.7

Categoría	Vch (Km/h)	R (m)	e (%)
A	70	269.63	8.5
A	70	286.48	8.2
A	70	305.58	8
A	70	327.41	7.7
A	70	352.59	7.4
A	70	381.97	7
A	70	416.7	6.7
A	70	458.37	6.3
A	70	509.3	5.9
A	70	572.96	5.4
A	70	654.81	4.9
A	70	763.95	4.3
A	70	916.74	3.7
A	70	1145.92	3
A	70	1527.89	2.3
A	70	2291.84	2
A	70	4583.68	2
A	80	208.35	10
A	80	218.27	10
A	80	229.18	9.9
A	80	241.25	9.9
A	80	254.65	9.7
A	80	269.63	9.6
A	80	286.48	9.4
A	80	305.58	9.2
A	80	327.41	8.9
A	80	352.59	8.6
A	80	381.97	8.3
A	80	416.7	7.9
A	80	458.37	7.5
A	80	509.3	7
A	80	572.96	6.5
A	80	654.81	6
A	80	763.95	5.3
A	80	916.74	4.6
A	80	1145.92	3.8
A	80	1527.89	3
A	80	2291.84	2.1

COMPARACIÓN DE ESPECIFICACIONES DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS DE MÉXICO Y BOLIVIA CON COLOMBIA, UTILIZANDO EL SOFTWARE TOPO3

Categoría	Vch (Km/h)	R (m)	e (%)
A	80	4583.68	2
A	90	286.48	10
A	90	305.58	9.9
A	90	327.41	9.8
A	90	352.59	9.6
A	90	381.97	9.3
A	90	416.7	9
A	90	458.37	8.6
A	90	509.3	8.2
A	90	572.96	7.6
A	90	654.81	7.1
A	90	763.95	6.4
A	90	916.74	5.6
A	90	1145.92	4.7
A	90	1527.89	3.7
A	90	2291.84	2.6
A	90	4583.68	2
A	100	352.59	10
A	100	381.97	9.9
A	100	416.7	9.8
A	100	458.37	9.6
A	100	509.3	9.2
A	100	572.96	8.7
A	100	654.81	8.1
A	100	763.95	7.4
A	100	916.74	6.6
A	100	1145.92	5.6
A	100	1527.89	4.4
A	100	2291.84	3.1
A	100	4583.68	2
A	110	458.37	10
A	110	509.3	9.9
A	110	572.96	9.6
A	110	654.81	9.1
A	110	763.95	8.4
A	110	916.74	7.6

Categoría	Vch (Km/h)	R (m)	e (%)
A	110	1145.92	6.5
A	110	1527.89	5.2
A	110	2291.84	3.7
A	110	4583.68	2
B	50	67.41	10
B	50	71.62	10
B	50	76.39	9.9
B	50	81.85	9.8
B	50	88.15	9.6
B	50	95.49	9.4
B	50	104.17	9.1
B	50	106.6	9
B	50	109.14	8.9
B	50	111.8	8.8
B	50	114.59	8.7
B	50	117.53	8.6
B	50	120.62	8.5
B	50	123.88	8.4
B	50	127.32	8.3
B	50	130.96	8.2
B	50	134.81	8.2
B	50	138.9	8
B	50	143.24	7.9
B	50	147.86	7.8
B	50	152.79	7.6
B	50	158.06	7.5
B	50	163.7	7.4
B	50	169.77	7.3
B	50	176.3	7.1
B	50	183.35	7
B	50	190.99	6.8
B	50	199.29	6.7
B	50	208.35	6.5
B	50	218.27	6.4
B	50	229.18	6.2
B	50	241.25	6

Categoría	Vch (Km/h)	R (m)	e (%)
B	50	254.65	5.8
B	50	269.63	5.6
B	50	286.48	5.3
B	50	305.58	5.1
B	50	327.41	4.8
B	50	352.59	4.6
B	50	381.97	4.3
B	50	416.7	4
B	50	458.37	3.7
B	50	509.3	3.4
B	50	572.96	3
B	50	654.81	2.7
B	50	763.95	2.4
B	50	916.74	2
B	50	1145.92	2
B	50	1527.89	2
B	50	2291.84	2
B	50	4583.68	2
B	60	104.17	10
B	60	106.6	10
B	60	109.14	10
B	60	111.8	10
B	60	114.59	9.9
B	60	117.53	9.9
B	60	120.62	9.9
B	60	123.88	9.8
B	60	127.32	9.8
B	60	130.96	9.7
B	60	134.81	9.6
B	60	138.9	9.5
B	60	143.24	9.4
B	60	147.86	9.3
B	60	152.79	9.2
B	60	158.06	9.1
B	60	163.7	9
B	60	169.77	8.8
B	60	176.3	8.7
B	60	183.35	8.6

Categoría	Vch (Km/h)	R (m)	e (%)
B	60	190.99	8.4
B	60	199.29	8.2
B	60	208.35	8.1
B	60	218.27	7.9
B	60	229.18	7.7
B	60	241.25	7.5
B	60	254.65	7.3
B	60	269.63	7
B	60	286.48	6.8
B	60	305.58	6.6
B	60	327.41	6.3
B	60	352.59	6
B	60	381.97	5.7
B	60	416.7	5.4
B	60	458.37	5
B	60	509.3	4.6
B	60	572.96	4.2
B	60	654.81	3.7
B	60	763.95	3.3
B	60	916.74	2.8
B	60	1145.92	2.3
B	60	1527.89	2
B	60	2291.84	2
B	60	4583.68	2
B	70	152.79	10
B	70	158.06	10
B	70	163.7	10
B	70	169.77	9.9
B	70	176.3	9.9
B	70	183.35	9.8
B	70	190.99	9.7
B	70	199.29	9.6
B	70	208.35	9.4
B	70	218.27	9.3
B	70	229.18	9.1
B	70	241.25	8.9
B	70	254.65	8.7
B	70	269.63	8.5

COMPARACIÓN DE ESPECIFICACIONES DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS DE MÉXICO Y BOLIVIA CON COLOMBIA, UTILIZANDO EL SOFTWARE TOPO3

Categoría	Vch (Km/h)	R (m)	e (%)
B	70	286.48	8.2
B	70	305.58	8
B	70	327.41	7.7
B	70	352.59	7.4
B	70	381.97	7
B	70	416.7	6.7
B	70	458.37	6.3
B	70	509.3	5.9
B	70	572.96	5.4
B	70	654.81	4.9
B	70	763.95	4.3
B	70	916.74	3.7
B	70	1145.92	3
B	70	1527.89	2.3
B	70	2291.84	2
B	70	4583.68	2
B	80	208.35	10
B	80	218.27	10
B	80	229.18	9.9
B	80	241.25	9.9
B	80	254.65	9.7
B	80	269.63	9.6
B	80	286.48	9.4
B	80	305.58	9.2
B	80	327.41	8.9
B	80	352.59	8.6
B	80	381.97	8.3
B	80	416.7	7.9
B	80	458.37	7.5
B	80	509.3	7
B	80	572.96	6.5
B	80	654.81	6
B	80	763.95	5.3
B	80	916.74	4.6
B	80	1145.92	3.8
B	80	1527.89	3

Categoría	Vch (Km/h)	R (m)	e (%)
B	80	2291.84	2.1
B	80	4583.68	2
B	90	286.48	10
B	90	305.58	9.9
B	90	327.41	9.8
B	90	352.59	9.6
B	90	381.97	9.3
B	90	416.7	9
B	90	458.37	8.6
B	90	509.3	8.2
B	90	572.96	7.6
B	90	654.81	7.1
B	90	763.95	6.4
B	90	916.74	5.6
B	90	1145.92	4.7
B	90	1527.89	3.7
B	90	2291.84	2.6
B	90	4583.68	2
B	100	352.59	10
B	100	381.97	9.9
B	100	416.7	9.8
B	100	458.37	9.6
B	100	509.3	9.2
B	100	572.96	8.7
B	100	654.81	8.1
B	100	763.95	7.4
B	100	916.74	6.6
B	100	1145.92	5.6
B	100	1527.89	4.4
B	100	2291.84	3.1
B	100	4583.68	2
C	40	38.2	10
C	40	39.51	10
C	40	40.93	10
C	40	42.44	9.9
C	40	44.07	9.9

Categoría	Vch (Km/h)	R (m)	e (%)
C	40	45.84	9.8
C	40	47.75	9.7
C	40	49.82	9.6
C	40	52.09	9.5
C	40	54.57	9.4
C	40	57.3	9.2
C	40	60.31	9
C	40	63.66	8.9
C	40	67.41	8.7
C	40	71.62	8.4
C	40	76.39	8.2
C	40	81.85	8
C	40	88.15	7.7
C	40	95.49	7.4
C	40	104.17	7.1
C	40	106.6	7
C	40	109.14	7
C	40	111.8	6.9
C	40	114.59	6.8
C	40	117.53	6.7
C	40	120.62	6.6
C	40	123.88	6.6
C	40	127.32	6.5
C	40	130.96	6.4
C	40	134.81	6.3
C	40	138.9	6.2
C	40	143.24	6.1
C	40	147.86	6
C	40	152.79	5.9
C	40	158.06	5.8
C	40	163.7	5.6
C	40	169.77	5.5
C	40	176.3	5.4
C	40	183.35	5.2
C	40	190.99	5.1
C	40	199.29	4.9
C	40	208.35	4.8
C	40	218.27	4.6

Categoría	Vch (Km/h)	R (m)	e (%)
C	40	229.18	4.4
C	40	241.25	4.3
C	40	254.65	4.1
C	40	269.63	3.9
C	40	286.48	3.7
C	40	305.58	3.5
C	40	327.41	3.3
C	40	352.59	3.1
C	40	381.97	2.9
C	40	416.7	2.7
C	40	458.37	2.5
C	40	509.3	2.3
C	40	572.96	2
C	40	654.81	2
C	40	763.95	2
C	40	916.74	2
C	40	1145.92	2
C	40	1527.89	2
C	40	2291.84	2
C	40	4583.68	2
C	50	67.41	10
C	50	71.62	10
C	50	76.39	9.9
C	50	81.85	9.8
C	50	88.15	9.6
C	50	95.49	9.4
C	50	104.17	9.1
C	50	106.6	9
C	50	109.14	8.9
C	50	111.8	8.8
C	50	114.59	8.7
C	50	117.53	8.6
C	50	120.62	8.5
C	50	123.88	8.4
C	50	127.32	8.3
C	50	130.96	8.2
C	50	134.81	8.1
C	50	138.9	8

COMPARACIÓN DE ESPECIFICACIONES DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS DE MÉXICO Y BOLIVIA CON COLOMBIA, UTILIZANDO EL SOFTWARE TOPO3

Categoría	Vch (Km/h)	R (m)	e (%)
C	50	143.24	7.9
C	50	147.86	7.8
C	50	152.79	7.6
C	50	158.06	7.5
C	50	163.7	7.4
C	50	169.77	7.3
C	50	176.3	7.1
C	50	183.35	7
C	50	190.99	6.8
C	50	199.29	6.7
C	50	208.35	6.5
C	50	218.27	6.4
C	50	229.18	6.2
C	50	241.25	6
C	50	254.65	5.8
C	50	269.63	5.6
C	50	286.48	5.3
C	50	305.58	5.1
C	50	327.41	4.8
C	50	352.59	4.6
C	50	381.97	4.3
C	50	416.7	4
C	50	458.37	3.7
C	50	509.3	3.4
C	50	572.96	3
C	50	654.81	2.7
C	50	763.95	2.4
C	50	916.74	2
C	50	1145.92	2
C	50	1527.89	2
C	50	2291.84	2
C	50	4583.68	2
C	60	104.17	10
C	60	106.6	10
C	60	109.14	10
C	60	111.8	10

Categoría	Vch (Km/h)	R (m)	e (%)
C	60	114.59	9.9
C	60	117.53	9.9
C	60	120.62	9.9
C	60	123.88	9.8
C	60	127.32	9.8
C	60	130.96	9.7
C	60	134.81	9.6
C	60	138.9	9.5
C	60	143.24	9.4
C	60	147.86	9.3
C	60	152.79	9.2
C	60	158.06	9.1
C	60	163.7	9
C	60	169.77	8.8
C	60	176.3	8.7
C	60	183.35	8.6
C	60	190.99	8.4
C	60	199.29	8.2
C	60	208.35	8.1
C	60	218.27	7.9
C	60	229.18	7.7
C	60	241.25	7.5
C	60	254.65	7.3
C	60	269.63	7
C	60	286.48	6.8
C	60	305.58	6.6
C	60	327.41	6.3
C	60	352.59	6
C	60	381.97	5.7
C	60	416.7	5.4
C	60	458.37	5
C	60	509.3	4.6
C	60	572.96	4.2
C	60	654.81	3.7
C	60	763.95	3.3
C	60	916.74	2.8

Categoría	Vch (Km/h)	R (m)	e (%)
C	60	1145.92	2.3
C	60	1527.89	2
C	60	2291.84	2
C	60	4583.68	2
C	70	152.79	10
C	70	158.06	10
C	70	163.7	10
C	70	169.77	9.9
C	70	176.3	9.9
C	70	183.35	9.8
C	70	190.99	9.7
C	70	199.29	9.6
C	70	208.35	9.4
C	70	218.27	9.3
C	70	229.18	9.1
C	70	241.25	8.9
C	70	254.65	8.7
C	70	269.63	8.5
C	70	286.48	8.2
C	70	305.58	8
C	70	327.41	7.7
C	70	352.59	7.4
C	70	381.97	7
C	70	416.7	6.7
C	70	458.37	6.3
C	70	509.3	5.9
C	70	572.96	5.4
C	70	654.81	4.9
C	70	763.95	4.3
C	70	916.74	3.7
C	70	1145.92	3
C	70	1527.89	2.3
C	70	2291.84	2
C	70	4583.68	2
C	80	208.35	10
C	80	218.27	10
C	80	229.18	9.9
C	80	241.25	9.9

Categoría	Vch (Km/h)	R (m)	e (%)
C	80	254.65	9.7
C	80	269.63	9.6
C	80	286.48	9.4
C	80	305.58	9.2
C	80	327.41	8.9
C	80	352.59	8.6
C	80	381.97	8.3
C	80	416.7	7.9
C	80	458.37	7.5
C	80	509.3	7
C	80	572.96	6.5
C	80	654.81	6
C	80	763.95	5.3
C	80	916.74	4.6
C	80	1145.92	3.8
C	80	1527.89	3
C	80	2291.84	2.1
C	80	4583.68	2
C	90	286.48	10
C	90	305.58	9.9
C	90	327.41	9.8
C	90	352.59	9.6
C	90	381.97	9.3
C	90	416.7	9
C	90	458.37	8.6
C	90	509.3	8.2
C	90	572.96	7.6
C	90	654.81	7.1
C	90	763.95	6.4
C	90	916.74	5.6
C	90	1145.92	4.7
C	90	1527.89	3.7
C	90	2291.84	2.6
C	90	4583.68	2
C	100	352.59	10
C	100	381.97	10
C	100	416.7	9.8
C	100	458.37	9.6

COMPARACIÓN DE ESPECIFICACIONES DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS DE MÉXICO Y BOLIVIA CON COLOMBIA, UTILIZANDO EL SOFTWARE TOPO3

Categoría	Vch (Km/h)	R (m)	e (%)
C	100	509.3	9.2
C	100	572.96	8.7
C	100	654.81	8.1
C	100	763.95	7.5
C	100	916.74	6.6
C	100	1145.92	5.6
C	100	1527.89	4.4
C	100	2291.84	3.1
C	100	4583.68	2
D	30	19.1	10
D	30	19.76	10
D	30	20.46	9.9
D	30	21.22	9.9
D	30	22.04	9.8
D	30	22.92	9.8
D	30	23.87	9.7
D	30	24.91	9.6
D	30	26.04	9.5
D	30	27.28	9.3
D	30	28.65	9.2
D	30	30.16	9
D	30	31.83	8.8
D	30	33.7	8.6
D	30	35.81	8.4
D	30	38.2	8.2
D	30	40.93	8
D	30	44.07	7.7
D	30	47.75	7.5
D	30	52.09	7.2
D	30	57.3	6.9
D	30	60.31	6.8
D	30	63.66	6.6
D	30	67.41	6.4
D	30	71.62	6.3
D	30	76.39	6.1
D	30	81.85	5.9

Categoría	Vch (Km/h)	R (m)	e (%)
D	30	88.15	5.7
D	30	95.49	5.4
D	30	104.17	5.1
D	30	106.6	5
D	30	109.14	4.9
D	30	111.8	4.9
D	30	114.59	4.8
D	30	117.53	4.7
D	30	120.62	4.6
D	30	123.88	4.5
D	30	127.32	4.4
D	30	130.96	4.3
D	30	134.81	4.2
D	30	138.9	4.1
D	30	143.24	4
D	30	147.86	3.9
D	30	152.79	3.8
D	30	158.06	3.7
D	30	163.7	3.6
D	30	169.77	3.5
D	30	176.3	3.4
D	30	183.35	3.3
D	30	190.99	3.2
D	30	199.29	3.1
D	30	208.35	3
D	30	218.27	2.9
D	30	229.18	2.7
D	30	241.25	2.6
D	30	254.65	2.5
D	30	269.63	2.4
D	30	286.48	2.2
D	30	305.58	2.1
D	30	327.41	2
D	30	352.59	2
D	30	381.97	2
D	30	416.7	2

Categoría	Vch (Km/h)	R (m)	e (%)
D	30	458.37	2
D	30	509.3	2
D	30	572.96	2
D	30	654.81	2
D	30	763.95	2
D	30	916.74	2
D	30	1145.92	2
D	30	1527.89	2
D	30	2291.84	2
D	30	4583.68	2
D	40	38.2	10
D	40	40.93	10
D	40	44.07	9.9
D	40	47.75	9.7
D	40	52.09	9.5
D	40	57.3	9.2
D	40	60.31	9
D	40	63.66	8.9
D	40	67.41	8.7
D	40	71.62	8.4
D	40	76.39	8.2
D	40	81.85	8
D	40	88.15	7.7
D	40	95.49	7.4
D	40	104.17	7.1
D	40	106.6	7
D	40	109.14	7
D	40	111.8	6.9
D	40	114.59	6.8
D	40	117.53	6.7
D	40	120.62	6.6
D	40	123.88	6.6
D	40	127.32	6.5
D	40	130.96	6.4
D	40	134.81	6.3
D	40	138.9	6.2
D	40	143.24	6.1
D	40	147.86	6

Categoría	Vch (Km/h)	R (m)	e (%)
D	40	152.79	5.9
D	40	158.06	5.8
D	40	163.7	5.6
D	40	169.77	5.5
D	40	176.3	5.4
D	40	183.35	5.2
D	40	190.99	5.1
D	40	199.29	4.9
D	40	208.35	4.8
D	40	218.27	4.6
D	40	229.18	4.4
D	40	241.25	4.3
D	40	254.65	4.1
D	40	269.63	3.9
D	40	286.48	3.7
D	40	305.58	3.5
D	40	327.41	3.3
D	40	352.59	3.1
D	40	381.97	2.9
D	40	416.7	2.7
D	40	458.37	2.5
D	40	509.3	2.3
D	40	572.96	2
D	40	654.81	2
D	40	763.95	2
D	40	916.74	2
D	40	1145.92	2
D	40	1527.89	2
D	40	2291.84	2
D	40	4583.68	2
D	50	67.41	10
D	50	71.62	10
D	50	76.39	9.9
D	50	81.85	9.8
D	50	88.15	9.6
D	50	95.49	9.4
D	50	104.17	9.1
D	50	106.6	9

COMPARACIÓN DE ESPECIFICACIONES DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS DE MÉXICO Y BOLIVIA CON COLOMBIA, UTILIZANDO EL SOFTWARE TOPO3

Categoría	Vch (Km/h)	R (m)	e (%)
D	50	109.14	8.9
D	50	111.8	8.8
D	50	114.59	8.7
D	50	117.53	8.6
D	50	120.62	8.5
D	50	123.88	8.4
D	50	127.32	8.3
D	50	130.96	8.2
D	50	134.81	8.1
D	50	138.9	8
D	50	143.24	7.9
D	50	147.86	7.8
D	50	152.79	7.6
D	50	158.06	7.5
D	50	163.7	7.4
D	50	169.77	7.3
D	50	176.3	7.1
D	50	183.35	7
D	50	190.99	6.8
D	50	199.29	6.7
D	50	208.35	6.5
D	50	218.27	6.4
D	50	229.18	6.2
D	50	241.25	6
D	50	254.65	5.8
D	50	269.63	5.6
D	50	286.48	5.3
D	50	305.58	5.1
D	50	327.41	4.8
D	50	352.59	4.6
D	50	381.97	4.3
D	50	416.7	4
D	50	458.37	3.7
D	50	509.3	3.4
D	50	572.96	3
D	50	654.81	2.7

Categoría	Vch (Km/h)	R (m)	e (%)
D	50	763.95	2.4
D	50	916.74	2
D	50	1145.92	2
D	50	1527.89	2
D	50	2291.84	2
D	50	4583.68	2
D	60	104.17	10
D	60	106.6	10
D	60	109.14	10
D	60	111.8	10
D	60	114.59	9.9
D	60	117.53	9.9
D	60	120.62	9.9
D	60	123.88	9.8
D	60	127.32	9.8
D	60	130.96	9.7
D	60	134.81	9.6
D	60	138.9	9.5
D	60	143.24	9.4
D	60	147.86	9.3
D	60	152.79	9.2
D	60	158.06	9.1
D	60	163.7	9
D	60	169.77	8.8
D	60	176.3	8.7
D	60	183.35	8.6
D	60	190.99	8.4
D	60	199.29	8.2
D	60	208.35	8.1
D	60	218.27	7.9
D	60	229.18	7.7
D	60	241.25	7.5
D	60	254.65	7.3
D	60	269.63	7
D	60	286.48	6.8
D	60	305.58	6.6

Categoría	Vch (Km/h)	R (m)	e (%)
D	60	327.41	6.3
D	60	352.59	6
D	60	381.97	5.7
D	60	416.7	5.4
D	60	458.37	5
D	60	509.3	4.6
D	60	572.96	4.2
D	60	654.81	3.7
D	60	763.95	3.3
D	60	916.74	2.8
D	60	1145.92	2.3
D	60	1527.89	2
D	60	2291.84	2
D	60	4583.68	2
D	70	152.79	10
D	70	158.06	10
D	70	163.7	10
D	70	169.77	9.9
D	70	176.3	9.9
D	70	183.35	9.8
D	70	190.99	9.7
D	70	199.29	9.6
D	70	208.35	9.4
D	70	218.27	9.3
D	70	229.18	9.1
D	70	241.25	8.9
D	70	254.65	8.7
D	70	269.63	8.5
D	70	286.48	8.2
D	70	305.58	8
D	70	327.41	7.7
D	70	352.59	7.4
D	70	381.97	7

Categoría	Vch (Km/h)	R (m)	e (%)
D	70	416.7	6.7
D	70	458.37	6.3
D	70	509.3	5.9
D	70	572.96	5.4
D	70	654.81	4.9
D	70	763.95	4.3
D	70	916.74	3.7
D	70	1145.92	3
D	70	1527.89	2.3
D	70	2291.84	2
D	70	4583.68	2
D	80	208.35	10
D	80	218.27	10
D	80	229.18	9.9
D	80	241.25	9.9
D	80	254.65	9.7
D	80	269.63	9.6
D	80	286.48	9.4
D	80	305.58	9.2
D	80	327.41	8.9
D	80	352.59	8.6
D	80	381.97	8.3
D	80	416.7	7.9
D	80	458.37	7.5
D	80	509.3	7
D	80	572.96	6.5
D	80	654.81	6
D	80	763.95	5.3
D	80	916.74	4.6
D	80	1145.92	3.8
D	80	1527.89	3
D	80	2291.84	2.1
D	80	4583.68	2

Nota. Adaptado del "Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras"