

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO EN PERFIL PARA
CAMINOS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO DE LA PROVINCIA
DE CANTA**

TESIS

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

PRESENTADO POR:

Bach. BALBÍN ARAUCO, SANTIAGO

Bach. BALDEÓN PRADO, DIEGO PAUL

ASESOR: Mg. Ing. ARÉVALO LAY, VICTOR

LIMA-PERÚ

2019

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, hermanos, compañeros y amigos quienes me brindaron consejos, apoyo y durante esta etapa importante de mi vida.

Balbín Arauco, Santiago

Esta tesis está dedicada a mis padres y hermanos; quienes, en conjunto, han sido el soporte perfecto para nunca decaer y siempre mantenerme firme en cada etapa del proceso del desarrollo de esta tesis.

Baldeón Prado, Diego Paul

AGRADECIMIENTO

Nuestro sincero agradecimiento a nuestra alma mater, por habernos brindado los conocimientos de esta maravillosa carrera; a nuestro asesor por abrirnos sus puertas al conocimiento de la presente tesis; y a todas personas que de alguna manera nos apoyaron en el desarrollo de la tesis, entre ellos amigos y familiares.

Santiago Balbín y Diego Baldeón

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCION	1
CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. Descripción de la realidad de la problemática	3
1.2. Formulación del Problema.....	4
1.2.1. Problema General	4
1.2.2. Problema Especifico	4
1.3. Objetivo de la Investigación	5
1.3.1. Objetivo principal	5
1.3.2. Objetivo secundarios.....	5
1.4. Importancia y justificación del estudio.....	5
1.4.1. Conveniencia	5
1.4.2. Relevancia Social.....	5
1.4.3. Implicancia práctica.....	5
1.5. Limitaciones de la Investigación	6
CAPITULO II MARCO TEÓRICO	7
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	7
2.1.1. En el ámbito Internacional.....	7
2.1.2. En el ámbito Nacional.....	7
2.2. Bases teóricas.....	9
2.3. Definiciones conceptuales	15
2.4. Estructura teórica y científica que sustenta la investigación	15
2.4.1. Vehículo de Diseño.....	15
2.4.2. Pendiente.....	24
2.4.3. Longitud en Pendiente	34
2.5. Formulación de hipótesis	44
2.5.1. Hipótesis general.....	44
2.5.2. Hipótesis específicas.....	44
2.6. Variables	44
2.6.1. Definición Conceptual de las Variables.....	44
2.6.2. Operalización de las Variables	44
CAPITULO III DISEÑO METODOLÓGICO	46
3.1. Tipo y nivel.....	46
3.2. Diseño de investigación	46
3.3. Población y muestra.....	47
3.4. Técnicas de recolección de datos.....	47
3.4.1. Tipos de técnicas e instrumentos	47
3.4.2. Criterio de validez y confiabilidad de los instrumentos	47
3.4.3. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos	47
CAPITULO IV DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	48
4.1. Diagnostico	48

4.1.1	Provincia de Canta	48
4.1.2	División política de la provincia de Canta.....	49
4.2.	Descripción de la toma de datos	49
4.3.	Estándares Pendientes.....	64
4.3.1	Longitud Pendiente Máxima.....	64
CAPITULO V PROPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN		76
5.1.	Propuesta de estándar de pendientes.....	76
5.2.	Vehículo de diseño.....	76
5.3.	Capacidad de ascenso de los vehículos.....	77
5.4.	Efectos de las pendientes en los vehículos	80
5.5.	Longitud crítica en pendiente	93
CAPITULO VI PRESENTACION DE RESULTADOS		95
6.1.	Resultados de la Investigación.....	95
6.1.1.	Resultados de la visita de campo	95
6.1.2.	Resultados de cálculo en gabinete	97
6.2.	Análisis e interpretación de los resultados.....	103
6.3.	Contrastación de Hipótesis	104
6.3.1.	Contrastación de la Hipótesis Especifica N° 01	104
6.3.2.	Contrastación de la Hipótesis Especifica 2.....	105
6.3.3.	Contrastación de la Hipótesis General.....	106
CONCLUSIONES		107
RECOMENDACIONES.....		108
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		109
ANEXOS 01 MATRIZ DE CONSISTENCIA.....		111
ANEXOS 02 FOTOS DE VISITA A CAMPO		112
ANEXOS 03 TABLAS PARA CAMION FUSO.....		121
ANEXOS 04 TABLAS PARA CAMION HINO.....		144
PLANOS.....		166

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Comparación de normas del MTC.....	3
Tabla N° 2: Pendientes Máximas del año 1978.....	10
Tabla N° 3: Longitudes máximas de pendientes máximas del año 1978.....	10
Tabla N° 4: Pendientes máximas del año 2001.....	11
Tabla N° 5: Pendientes máximas del año 2013.....	13
Tabla N° 6: Pendientes Máximas del año 2018.....	14
Tabla N° 7: Características de automóviles, camiones y autobuses.....	16
Tabla N° 8: Clasificación general de los vehículos.....	17
Tabla N° 9: Resistencia sobre el tipo de superficie en contacto.....	22
Tabla N° 10: Área frontal para tipo vehículo.....	23
Tabla N° 11: Resultados de la resistencia del aire.....	23
Tabla N° 12: Pendiente máxima de acuerdo al pavimento.....	25
Tabla N° 13: Pendientes Máximas de carreteras modernas.....	25
Tabla N° 14: Relación entre pendiente máxima y velocidad de proyecto (caminos principales).....	26
Tabla N° 15: Pendientes máximas excepcionales.....	32
Tabla N° 16: Coeficiente de fricción longitudinal en el frenado.....	41
Tabla N° 17: Formulas para el cálculo de la Fuerza Disponible.....	42
Tabla N° 18: Velocidad de proyecto en km/h.....	43
Tabla N° 19: Operacionalización de las Variables.....	45
Tabla N° 20: División política de la provincia de Canta.....	49
Tabla N° 21: Pendientes de la Ruta N° 01.....	65
Tabla N° 22: Pendientes de Ruta N° 02 desde la progresiva 0+000.00 hasta 4+744.40.....	66
Tabla N° 23: Pendientes de Ruta N° 02 desde la progresiva 4+744.40 hasta 9+207.39.....	67
Tabla N° 24: Pendientes de Ruta N° 02 desde la progresiva 9+207.39 hasta 15+001.95.....	68
Tabla N° 25: Pendientes de Ruta N° 02 desde la progresiva 15+001.95 hasta 21+643.76.....	69
Tabla N° 26: Pendientes de Ruta N° 02 desde la progresiva 21+643.76 hasta 25+844.95.....	70
Tabla N° 27: Pendientes de Ruta N° 02 desde la progresiva 25+844.95 hasta 29+694.51.....	71
Tabla N° 28: Pendientes de Ruta N° 02 desde la progresiva 29+822.41 hasta 35+902.20.....	72
Tabla N° 29: Pendientes de Ruta N° 02 desde progresiva 35+902.20 hasta 38+123.03.....	73
Tabla N° 30: Datos del Camión Fuso FA 917.....	77
Tabla N° 31: Datos del Camión Hino Serie 500.....	77
Tabla N° 32: Velocidades para pendientes de 1 al 24% para Camión Fuso.....	81
Tabla N° 33: Distancias parciales para cada velocidad-Camión Fuso.....	83
Tabla N° 34: Velocidades para pendientes de 1 al 24%-Camión Hino.....	88
Tabla N° 35: Distancias parciales para cada velocidad-Camión Hino.....	89
Tabla N° 36: Distancias parciales para cada velocidad-Camión Fuso.....	94
Tabla N° 37: Longitudes de pendientes de 10% al 24% según visita de campo.....	97
Tabla N° 38: Velocidad de régimen del Camión Hino y Fuso en pendientes 1% a 10%.....	98
Tabla N° 39: Velocidad de régimen del Camión Hino y Fuso en pendientes 11% a 24%.....	99
Tabla N° 40: Longitudes para pendientes de 15% y 17%.....	102
Tabla N° 41: Comparativa de pendientes mínimas.....	103
Tabla N° 42: Comparativa de pendientes máximas.....	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Disminución de Velocidad en Pendiente en DG-2001.	12
Figura N° 2: Longitud Crítica en Pendiente en DG-2001.	12
Figura N° 3: Clasificación de los vehículos por clases.....	19
Figura N° 4: Distribución de las cargas útiles en los ejes en Camiones.....	20
Figura N° 5: Distribución de cargas útiles en ejes en camión tractor semi-remolque.....	20
Figura N° 6: Distribución de las cargas útiles en los ejes en camión-tractor y remolque. ...	21
Figura N° 7: Fuerzas sobre un vehículo en movimiento	27
Figura N° 8: Pendiente Media	32
Figura N° 9: Disminución de Velocidad en pendiente	35
Figura N° 10: Longitud Crítica en Pendiente	35
Figura N° 11: Curvas de velocidad-distancia de un típico camión de 134 Kg/HP para desaceleración.....	36
Figura N° 12: Curvas de velocidad-distancia de un típico camión de 134 Kg/HP para aceleración.	37
Figura N° 13: Esquema de pasos para cálculo de pendiente crítica.	38
Figura N° 14: Resistencia que opone la pendiente al avance del vehículo.....	41
Figura N° 15: Esquema de calcula para la distancia recorrida.	43
Figura N° 16: División Política de la Provincia de Canta	48
Figura N° 17: Primera ruta de 5.31 km.....	49
Figura N° 18: Segunda ruta de 38.42 km.....	50
Figura N° 19: Inicio del primer tramo	50
Figura N° 20: Fin del primer tramo	51
Figura N° 21: Inicio del segundo tramo.....	51
Figura N° 22: Fin del segundo tramo.....	52
Figura N° 23: GPS Garmin 60CSX	52
Figura N° 24: Configuración de GPS para inicio – Plaza de Armas	53
Figura N° 25: Configuración de GPS para inicio – Carretera de Lachin	53
Figura N° 26: Vehículo utilizado para la toma de datos.....	54
Figura N° 27: Mapa sin conexión Perú-Sur.....	55
Figura N° 28: Lista de actividades.....	55
Figura N° 29: Pantalla de para grabar recorrido	56
Figura N° 30: Pagina descarga desde la ruta cargada	56
Figura N° 31: Opciones de descarga.....	57
Figura N° 32: Configuración del Global Mapper	57
Figura N° 33: Abrir el archivo en extensión .gpx.....	58
Figura N° 34: Exportar en formato XYZ.....	58
Figura N° 35: Datos en el Block de notas.....	59
Figura N° 36: Datos del Block de notas en Excel.....	59
Figura N° 37: Creación del terreno en Civil 3D	60
Figura N° 38: Perfil Longitudinal en Civil 3D	60
Figura N° 39: Datos del Perfil Longitudinal en Civil 3D	61
Figura N° 40: Datos de pendientes en Microsoft Excel	61

Figura N°41: Exportando del Global Mapper en formato KMZ.....	62
Figura N°42: Perfil de velocidades en Google Earth.....	62
Figura N°43: Vehículos visto en ruta Lachaqui-Quives.....	63
Figura N°44: Camión Nissan Condor.....	63
Figura N°45: San Buenaventura a Tambo de 5.31 km - ruta N 1.....	64
Figura N°46: Lachaqui –Quives de 38.42 km - ruta N° 2.....	64
Figura N°47: Perfil de Velocidades de San Buenaventura a Tambo - Ruta 1.....	74
Figura N°48: Perfil de Velocidades de Lachaqui a Quives - Ruta 2.....	74
Figura N°49: Velocidades de San Buenaventura a Tambo - Ruta 1.....	75
Figura N°50: Velocidades de Lachaqui a Quives - Ruta 2.....	75
Figura N° 51: Camión Fuso FA 917 hasta 6.2 ton.....	76
Figura N° 52: Camión Hino Serie 500 hasta 12.5 ton.....	76
Figura N° 53: Curvas de deceleración en pendientes de 1% a 10%-Camión Fuso.....	84
Figura N° 54: Curvas de deceleración en pendientes de 11% a 17%-Camión Fuso.....	85
Figura N° 55: Curvas de deceleración en pendientes de 18% a 24%-Camión Fuso.....	86
Figura N° 56: Curvas de deceleración en pendientes de 1% a 10%-Camión Hino.....	90
Figura N° 57: Curvas de deceleración en pendientes de 11% a 17%-Camión Hino.....	91
Figura N° 58: Curvas de deceleración en pendientes de 18% a 24%-Camión Hino.....	92
Figura N° 59: Pendiente Máxima y Mínima de la Ruta N°1.....	95
Figura N° 60: Fotografía en la pendiente Máxima y Mínima de la Ruta N°1.....	95
Figura N° 59: Pendiente Máxima de la Ruta N° 2.....	96
Figura N° 60: Fotografía en la Pendiente Máxima de la Ruta N° 2.....	96
Figura N° 63: Curvas de deceleración en pendientes de 15%-Camión Fuso e Hino.....	100
Figura N° 64: Curvas de deceleración en pendientes de 17%-Camión Fuso e Hino.....	101

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación (1): Carga útil en eje delantero de Camión	20
Ecuación (2): Carga útil en eje trasero de Camión	20
Ecuación (3): Peso total en eje delantero de Camión	20
Ecuación (4): Peso total en eje trasero de Camión	20
Ecuación (5): Carga útil en eje de remolque de Camión Tractor	21
Ecuación (6): Peso total en eje de remolque de Camión Tractor.....	21
Ecuación (7): Peso total en eje delantero de silleta de Camión Tractor	21
Ecuación (8): Carga útil en eje delantero de Camión Tractor	21
Ecuación (9): Carga útil en eje trasero de Camión Tractor	21
Ecuación (10): Peso total en eje trasero de Camión Tractor.....	21
Ecuación (11): Peso total en eje delantero de Camión Tractor.....	21
Ecuación (12): Resistencia debido al aire.....	23
Ecuación (13): Fuerzas que actúan sobre un vehículo.....	27
Ecuación (14): Fuerzas que actúan sobre un vehículo en rampa.....	28
Ecuación (15): Potencia indicada	28
Ecuación (16): Potencia al freno.....	28
Ecuación (17): Potencia útil en caballos	29
Ecuación (18): Potencia fiscal	29
Ecuación (19): Cilindrada del motor	29
Ecuación (20): Velocidad calculada en milla por hora.....	30
Ecuación (21): Esfuerzo tractor de un vehículo.....	30
Ecuación (22): Coeficiente de rendimiento	30
Ecuación (23): Capacidad de ascenso según Paraud	30
Ecuación (24): Capacidad de ascenso según SAE J2469	31
Ecuación (25): Pendiente promedio.....	33
Ecuación (26): Fuerza disponible de un vehículo.....	39
Ecuación (27): Fuerza tractiva.....	40
Ecuación (28): Resistencia del aire.....	40
Ecuación (29): Resistencia al rodamiento	40
Ecuación (30): Resistencia por fricción.....	40
Ecuación (31): Resistencia por pendiente.....	42
Ecuación (32): Distancia recorrida por un vehículo	42

RESUMEN

La presente tesis “Propuesta de diseño geométrico en perfil para caminos de bajo volumen de tránsito de la provincia de Canta” es una investigación tipo descriptiva que tuvo como objetivo proponer los estándares de las pendientes longitudinales que facilitara el diseño geométrico en perfil de caminos de bajo volumen de tránsito para el vehículo tipo de la provincia de Canta. Para el desarrollo de esta investigación, se realizó una recolección de datos mediante el uso de un GPS navegador de mano y el GPS propio del celular en conjunto con la app Wikiloc para obtener las pendientes que utilizan la carretera de San Buenaventura a Tambo y Lachaqui a Quives, además se observó el vehículo tipo de la zona. Luego, se obtuvo las longitudes y pendientes máximas, siendo este último superior a lo establecido en la norma peruana. Con esta información, se propuso que la pendiente máxima sea de 15% y excepcionalmente de 17% con longitudes de 100 m y de 75 m respectivamente, descritos en el capítulo V, como lo establece AASHTO para caminos rurales. Finalmente, se determinó que la propuesta de pendientes cumple los criterios matemáticos, método de Paraud y SEA, y los perfiles de velocidad (curvas de deceleración), con el método de Aritmético de Aproximaciones Sucesivas, para el vehículo tipo de la zona con una velocidad de diseño de 20 km/h.

Palabras Claves: Pendiente, vehículo y longitud.

ABSTRACT

This thesis “Proposal of geometric design in profile for low traffic roads of the province of Canta” is a descriptive type of research that aimed to propose the protocols of the longitudinal slopes that facilitate geometric design in the profile of low roads traffic volume for the type vehicle of the province of Canta. For the development of this investigation, a data collection was carried out through the use of a handheld GPS navigator and the mobile's own GPS in conjunction with the Wikiloc application to obtain the slopes that used the road from San Buenaventura to Tambo and Lachaqui to You also want to find the type vehicle of the area. Then, I obtained the maximum lengths and slopes, the latter being superior to what was established in the Peruvian norm. With this information, it was proposed that the maximum slope be 15% and exceptionally 17% with lengths of 100 m and 75 m respectively, specified in Chapter V, as established by AASHTO for rural roads. Finally, the proposal of slopes was determined to meet the mathematical criteria, Paraud method and SEA, and the speed profiles (deceleration curves), with the method of Successive Approach Arithmetic, for the type vehicle of the area with a speed of 20 km / h design.

Keywords: Slope, vehicle and length.

INTRODUCCION

La presente investigación tiene como propósito proponer los estándares de las pendientes longitudinales que facilitara el diseño geométrico en perfil de caminos de bajo volumen de tránsito para el vehículo tipo de la provincia de Canta

En el Capítulo I, se describió la problemática y la justificación de la investigación, la cual dio origen la tesis, donde el objetivo general fue proponer los estándares de las pendientes longitudinales que facilitara el diseño geométrico en perfil de caminos de bajo volumen de tránsito para el vehículo tipo de la provincia de Canta, de igual manera los objetivos específicos consistieron en determinar la pendiente máxima y la longitud crítica en pendiente.

En el Capítulo II, se presenta el marco teórico donde se recopila la información bibliográfica de diferentes libros peruanos, tesis y publicaciones extranjera relacionadas con el tema, en base a ello se desarrolló la estructura teórica y científica, con la finalidad de obtener un marco teórico que sustenta la investigación.

En el Capítulo III, se presenta la metodología que se usó para la investigación de la presente tesis, describiendo el tipo y nivel, así como también el universo, población y muestra y las técnicas de relación de datos y su criterio de validez.

En el Capítulo IV, se describió el lugar y la información recopilado de la visita a campo que se realizó, con la finalidad de tener información suficiente para proponer los estándares de pendientes.

En el Capítulo V, se propuso los estándares de pendiente máxima y máxima excepcional en base la información recopilado, luego se calculó la capacidad de ascenso y el comportamiento del vehículo en pendientes para obtener perfiles de deceleración con la finalidad de tener información suficiente determinar la longitud crítica.

En el Capítulo VI, se presentó los resultados obtenidos en campo y en gabinete, luego se análisis e interpretó los resultados, para finalmente contrastar las hipótesis y presentar las conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad de la problemática

En el Perú existe una red de caminos rurales que normalmente esta constituidos por caminos de tierras afirmada o sin afirmar, cuya función es la de vincular los centros poblados de una determinada zona, que, conectadas a las vías secundarias, permiten el acceso a trabajos agrícolas o comercialización de productos de los pobladores. Por lo que, un inadecuado planteamiento genera un alto costo de construcción y mantenimiento, por lo cual la vía no se ajustaría al nivel socio-económico del lugar y la topografía accidentada que predomina en el territorio peruano.

La norma publicada por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones en el año 1978, establecía que las pendientes máximas no debían ser superiores al 12% y excepcionalmente al 14% con longitudes de 200 m y 100 m respectivamente. Posteriormente, se disminuyó este parámetro al 12% hasta la publicación de la norma DG-2013. Luego, en la norma actual, DG-2018, establece que, para carreteras de tercera clase con orografía tipo IV, es decir terreno escarpado, la pendiente máxima será de 10%, tal como se muestra en la tabla N° 01.

Tabla N° 1: Comparación de normas del MTC.

Fuentes de información	Pendiente máxima	Criterio
Manual de diseño geométrico para carreteras (2018)	10%	Tercera clase y terreno escarpado
Manual de diseño geométrico de carreteras (2013)	12%	Tercera clase y terreno escarpado
Manual de diseño geométrico de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (2008)	12%	Terreno escarpado
Manual de diseño geométrico para carreteras (2001)	12%	Tercera clase y tercera Clase
Normas para el diseño de caminos vecinales (1978)	12%	Trochas Carrozables

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, los vehículos de la zona que recorren las carreteras rurales se enfrentan a pendientes mayores a lo indicado en la norma actual, ya que fueron diseñados bajo otros criterios, por lo que, la longitud crítica en pendiente que recorre será diferente, ya que en la norma actual establece ábacos calculados en base a otros vehículos distintos y con características superiores al típico de la zona.

Sin embargo, los proyectistas se basan en la norma DG-2018 para realizar el diseño de futuros proyectos viales, además de efectuar rehabilitación y mejoramiento las vías ya construidas, por lo que, serán diseñados y evaluados con criterios de carreteras de tercera clase, ya que, en la norma actual no presenta información para carreteras de cuarta clase o trochas carrozables. Es decir que, el diseño geométrico en perfil para carreteras de bajo volumen, que presentan una demanda menor a los 200 veh/día y características diferentes a las carreteras de tercera clase, tendrán un mayor trazo y, por ende, el costo será mayor que al diseñarlo con pendientes superiores al 10%.

Por lo tanto, al no tener información actualizada para realizar un diseño adecuado para los caminos de bajo volumen de tránsito en las zonas rurales, con vehículos tipo de la zona que transitan por la topografía accidentada, conllevan a realizar diseños que no se ajustan a esas características, lo que genera un diseño inadecuado.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿Cómo la estandarización de las pendientes longitudinales facilitará el diseño geométrico en perfil de caminos de bajo volumen de tránsito para el vehículo tipo de la provincia de Canta?

1.2.2. Problema Especifico

- a) ¿De qué manera el cálculo de la longitud en pendiente de los caminos de bajo volumen de tránsito determinará la pendiente máxima para el vehículo tipo de la provincia de Canta?
- b) ¿De qué manera la pendiente máxima excepcional de los caminos de bajo volumen de tránsito determinará la longitud crítica en pendiente para el vehículo tipo de la provincia de Canta?

1.3. Objetivo de la Investigación

1.3.1. Objetivo principal

Proponer los estándares de las pendientes longitudinales que facilitará el diseño geométrico en perfil de caminos de bajo volumen de tránsito para el vehículo tipo de la provincia de Canta.

1.3.2. Objetivo secundarios

- a) Obtener la longitud en pendiente de los caminos de bajo volumen de tránsito para determinar la pendiente máxima para el vehículo tipo de la provincia de Canta.
- b) Obtener la pendiente máxima excepcional de los caminos de bajo volumen de tránsito para determinar la longitud crítica en pendiente para el vehículo tipo de la provincia de Canta.

1.4. Importancia y justificación del estudio

1.4.1. Conveniencia

La investigación contribuirá con la información real de campo de las pendientes longitudinales de los caminos ya construidos y funcionales, por lo que, brindará una base con la cual se siga investigando para agregar al Manual de Diseño Geométrico de Carreteras o actualizar el Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen, para ciudades o pueblos alejados que tengan un IMDA menor a 200 vehículos, o también llamado trochas carrozables.

1.4.2. Relevancia Social

Será de provecho para los pobladores de las diferentes zonas rurales porque al tener un manual de diseño geométrico acorde a la topografía de la zona, en el cual podrán apoyarse para sus próximos proyectos de interconexión vial para el progreso de la zona.

1.4.3. Implicancia práctica

Con los resultados de la investigación se obtendrá un estándar de pendientes para el uso en el diseño geométrico de caminos de bajo volumen de tránsito que estén acorde a la topografía y los vehículos que transitan en una determinada zona. Con lo cual brindará

facilidad de acceso y mejores condiciones para el tránsito que conlleva a un ahorro de tiempo para labores diarias, además justificará la inversión evitando malos diseños que generen un gasto en replanteo y mantenimiento antes de lo previsto.

1.5. Limitaciones de la Investigación

La presente investigación tiene las siguientes limitaciones:

- Los datos topográficos serán obtenidos en los caminos vecinales de la provincia de Canta – Lima.
- Comprenderá un periodo de 6 meses entre mayo y octubre del 2019.
- La muestra se tomará en las vías que conecta pueblos de la provincia de Canta.
- Se utilizará instrumentos de medición y referenciación geográfica (GPS).
- Se solicitará el permiso a la municipalidad o centro poblado para la toma de datos de los caminos en la provincia de Canta.
- El financiamiento es personal
- Fuentes bibliográficas limitadas
- Escasos antecedentes investigativo.
- El diseño geométrico en perfil solo se realizará para las pendientes, mas no para las curvas verticales.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. En el ámbito Internacional

Echeveguren, T; Carrasco, D (2015), en su investigación mencionan que la Norma Chilena usan perfiles de velocidad con un vehículo de diseño, con una potencia típica y con una velocidad única, para pendientes uniformes de hasta 10%, lo cual no refleja en su flota de vehículos pesados, lo que les conlleva a realizar esta investigación a proponer nuevos perfiles de velocidades de camiones en pendientes ascendentes. Se basaron en modelos teóricos de Bester (2000) y Rakha y Yu (2004), para poder simular perfiles de velocidad, con la combinación de la Relación Peso / Potencia (RPP) de 120, 150, 263 Kg/kw y tres velocidades de entrada a la pendiente de 80, 90, 100 Km/hr. Lo cual llegan a obtener 9 perfiles de velocidades y poder proponer nuevos grafios de longitud crítica para definir pendientes longitudinales máximas para caminos bidireccionales. Al mostrar sus resultados visualizan que a medida que la relación Peso /Potencia aumenta, la velocidad de trepada disminuye, por lo cual necesariamente la longitud crítica resulta menor. Por ultimo hace una comparación entre lo propuesto por AASHTO y con sus resultados obtenidos en su investigación, así como también, con el Manual de Carreteras de Chile, hallando una gran diferencia con las dos guías para diseño de carreteras y los valores de longitud crítica propuestos en la investigación.

2.1.2. En el ámbito Nacional

Cabanillas, G; Infantes M (2018), en su tesis describe la situación actual del tramo Coypin-Caumayda, las características de la vía, así como también, el tipo del terreno y justificando teóricamente que se realizara el diseño basándose en el manual de carreteras DG-2018, cuyo objetivo general es “realizar el diseño para el mejoramiento de la trocha carrozable Coypin-Caumyda, distrito de Santiago de Chuco – Santiago de Chuco, La Libertad 2018” (Pág. 30). En donde concluye que, “el diseño geométrico de la vía se rigió a los parámetros establecidos en al DG-

2018, se consideró una carretera de tercera clase, con un velocidad de 30 Km/hr y 20 Km/hr para tramos peligrosos con pendientes máximas de 10% y pendiente mínima de 0.50%, calzada de 6.00 m dividida en dos carriles de 3.00m cada lado con bombeo de 2.50% y con bermas a cada extremo de 0.5m, además se consideró como radio mínimo de acuerdo a la velocidad como mínimo de 25 m y 15 m para curvas de vuelta”. (pág. 122).

Medina, C; López, S (2018), en su tesis menciona “Con el afán de mejorar las condiciones de transpirabilidad tanto peatonal como vehicular y dar condiciones de vida más favorable para las comunidades de los caseríos de Shamboyacu, Chambina y Vista Alegre” (Pág. 2). Con objetivos específicos de “realizar el levantamiento topográfico del área de la vía, considerando la afectación en uso predial y áreas donde se proyectarán obras de arte y drenaje”[...], “realizar estudios de Mecánica de Suelos, identificando las características físicas, mecánicas, químicas”[...], “realizar estudios hidrológicos de la zona, elaborar el diseño geométrico de la vía y obras de arte, de acuerdo a las normas del MTC” [...], “realizar el estudio de Impacto Ambiental con la finalidad de evaluar el medio ambiente antes, durante, y después del proyecto”(Pág. 12). Llegó a concluir que “el Mantenimiento Periódico de caminos beneficiará directamente a los usuarios de la vía, es decir, a pobladores de la zona por el incremento de las facilidades de transporte, comercialización y a turistas a consecuencias de la reducción del costo de desplazamiento de vehículos”. (pág. 78)

Saravia A, Diana I (2017) Menciona los caminos de bajo volumen de transito de la región de Huánuco presentaban dificultades que son perceptibles por el usuario que lo recorre con la finalidad de llegar a su destino, por ejemplo, los volúmenes de polvo, estancamiento de agua por las lluvias del lugar y las elevadas pendientes que deben transitar. Esto se debía principalmente porque no existía documentación sobre diseño, construcción y mantenimiento para los caminos vecinales con la cual trabajar. Además, verificó que existía dificultades en el dialogo entre los formuladores del proyecto y las jefaturas del lugar. Por ello, efectuó una evaluación de los trazos empírico realizado por parte de la municipalidad que afecta en diseño, mantenimiento y construcción del proyecto: “Creación de los

servicios de transpirabilidad desde el caserío de primavera hacia el caserío de Alto Alianza del CC. PP. De Aucayacu, distrito de José Crespo y Castillo - Leoncio Prado – Huánuco” (Pág. 8). Con ello, realizó un mejoramiento y apertura de infraestructura camionera para beneficiar a los productores campesinos apoyándose en el manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito del año 2008, manteniendo las características técnicas del tramo en estudio. Para así, mejorar las condiciones socio-económicas de los productores campesinos, y la comunicación vial con garantía de un buen tránsito y seguridad.

Huaman, S; Yataco, F (2014), en su tesis explica la importancia de intervenir en las vías actuales del tipo de caminos vecinales de nuestro país, que representan un gran porcentaje de nuestro Sistema Nacional de Carreteras del Perú, la cual hace su investigación fijarse en los proyectos de Inversión Pública, así como también en el estudio de las condiciones de la vías por distintos tipo de métodos como: Condición de superficie de rodadura (URCI), Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y el Modelo DETOUR. Haciendo la aplicación de la metodología del Snip para el camino vecinal, llegando a escoger el Tramo II de la vía. Para plantear alternativas de solución para el mejoramiento de la vía. Haciendo una evaluación económica que no necesariamente cumpla con el ciclo de vida para el cual fue diseñado.

2.2. Bases teóricas

MTC (1978). En el Proyecto de Normas Técnicas para el Diseño de Caminos Vecinales (1978), se clasificó para los caminos vecinales con un IMD mayor de 100 y menor de 200 vehículos/día como caminos CV-1, para IMD mayor a 30 y menor que 100 vehículos/día como caminos CV-2, para IMD menores de 30 vehículos/día como caminos CV-3 y las trochas carrozables no tenían un IMD definido. Para esta clasificación de tráfico de bajo volumen, se establecieron para las pendientes máximas y mínimas lo siguiente:

- Para las pendientes mínimas, no debían ser inferiores al 0.5% y de ser necesario menos, se debía dotar de cunetas que garanticen el drenaje.

- Para las pendientes máximas, los límites fueron fijados en la tabla N° 02 que corresponden a la seguridad y capacidad del tránsito de vehículos más pesados que podían circular por el camino, además consideraban la pérdida de potencia cuando estaban por encima de los 3000 m.s.n.m.

Tabla N° 2: Pendientes Máximas del año 1978.

Pendiente Máxima	Clasificación de Camino			
	CV-1	CV-2	CV-3	Trocha
Sobre los 3,000 m.s.n.m	6%	7%	8.5%	11%
Debajo de los 3,000 m.s.n.m	7%	8%	10%	12%
Excepcional	14%			

Fuente: Tabla VIII 3.2.4-Proyecto de Normas Técnicas para el diseño de Caminos Vecinales-1978, pág. 24.

- Los tramos de ascenso continuo de 3 km con pendiente mayor al 4%, se debía proyectar descanso no mayor al 2.5% de pendiente con longitud de 500 m.
- Las longitudes de las pendientes máximas indicadas en la tabla N° 02 no deberán exceder a lo establecido en la tabla N° 03.

Tabla N° 3: Longitudes máximas de pendientes máximas del año 1978.

Clasificación del Camino Vecinal	Topografía				
	Plana	Ondulada	Accidentada	Muy Accidentada	Excepcional Accidentada
CV-1	700 m	700 m	400 m	400 m	
CV-2	600 m	500 m	300 m	300 m	
CV-3	500 m	400 m	300 m	200 m	100 m
Trocha Carrozable	400 m	400 m	300 m	200 m	

Fuente: Tabla VIII 3.3-Proyecto de Normas Técnicas para el diseño de Caminos Vecinales-1978, pág. 25.

(pág. 23-25)

MTC (2001). En el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2001) clasificó las carreteras de acuerdo a la demanda como carreteras de primera clase, cuando su IMDA son mayores de 2001 y menores de 4000 veh/día; carreteras de segunda clase, cuando su IMDA entre 2000 a 400 veh/día; para carreteras de tercera clase cuando esta entre 400 y 200 veh/día; y, para un IMDA menor que las anteriores, eran considerados como trochas carrozables. (pág. 27)

Para la pendiente mínima, se mantuvo el criterio que no será menor al 0.5%. Pero para las pendientes máximas, se planteó que debían ser 12% para velocidades no mayores de 30 km/h para orografías tipo 4, terreno escarpado, y carreteras de tercera clase, tal como se muestra en la tabla N° 04. (pág. 140)

Tabla N° 4: Pendientes máximas del año 2001.

CLASIFICACION	SUPERIOR								PRIMERA CLASE				SEGUNDA CLASE				TERCERA CLASE			
TRAFICO VEH/DIA (1)	> 4000								4000 - 2001				2000-400				< 400			
CARACTERÍSTICAS	AP (2)				MC				DC				DC				DC			
OROGRAFÍA TIPO	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
VELOCIDAD DE DISEÑO:																				
30 KPH																			10,00	12,00
40 KPH																	9,00	8,00	9,00	10,00
50 KPH											7,00	7,00			8,00	9,00	8,00	8,00		
60 KPH					6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	7,00	8,00	9,00	8,00	8,00		
70 KPH			5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	7,00	7,00		7,00			
80 KPH	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00		6,00	6,00			7,00			
90 KPH	4,50	5,00	5,00		5,00	5,00	6,00		5,00	5,00			6,00							
100 KPH	4,50	4,50	4,50		5,00	5,00	6,00		5,00				6,00							
110 KPH	4,00	4,00			4,00															
120 KPH	4,00	4,00			4,00															
130 KPH	3,50																			
140 KPH	3,00																			
150 KPH																				

Fuente: Tabla 403.01-Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, pág. 144.

Además, se mantuvo los descansos de 500 m, pero con pendiente no mayores del 2% en tramos de cada 3 kilómetros con un pendiente mayor al 5%. Para la longitud en pendiente presentaron los efectos que tienen sobre las velocidades de operación desde 10 km/h hasta 60 km/h, tal como se muestra en la figura N° 01. La figura N° 02 ilustra el concepto de la longitud crítica cuando la velocidad de operación no presentaba caídas de velocidad de 25 km/h. (pág. 145, 146)

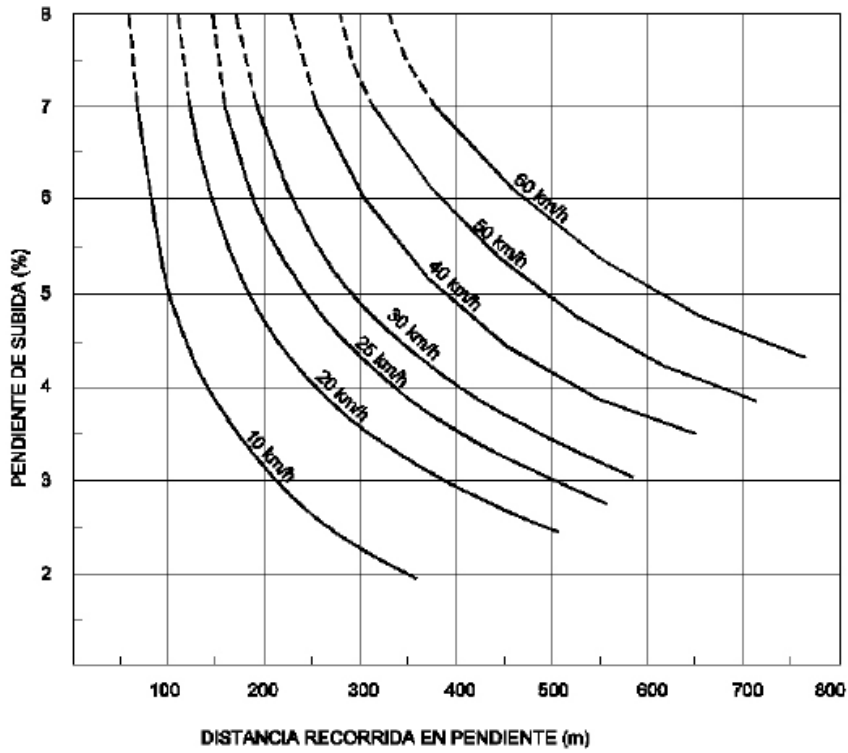


Figura N° 1: Disminución de Velocidad en Pendiente en DG-2001.

Fuente: Figura 403.4a de Manual de Diseño Geométrico de Carreteras-2001, pág. 147.

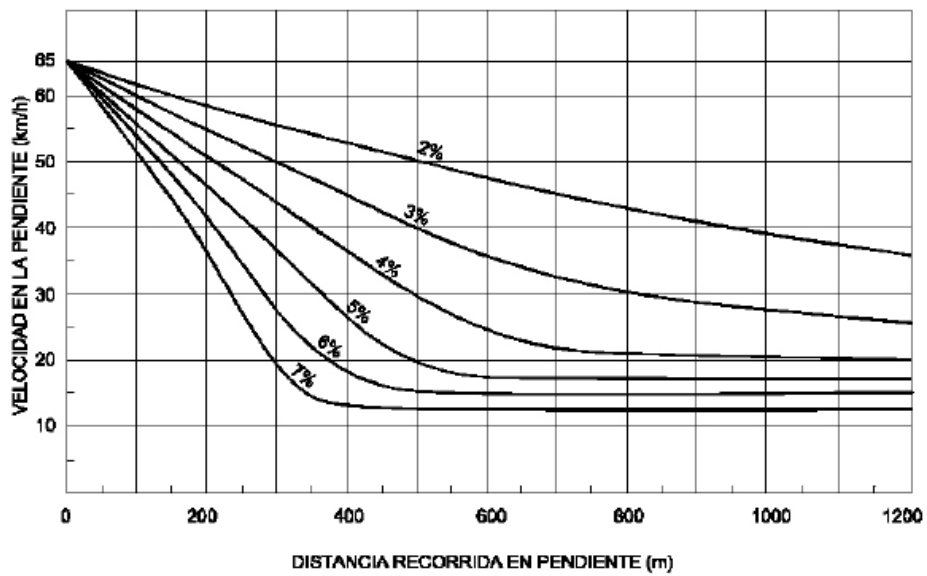


Figura N° 2: Longitud Crítica en Pendiente en DG-2001.

Fuente: Figura 403.4b de Manual de Diseño Geométrico de Carreteras-2001, pág. 147.

MTC (2008). En el Manual De Diseño De Carreteras No Pavimentado de Bajo Volumen de Tránsito (2008), mantiene los mismos criterios que las publicaciones anteriores del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, pero agregó para las pendientes mayores al 10% no debían exceder tramos de 180 m de longitud y las pendientes máximas en terreno escarpado serán de 12% y 10% para velocidades de 20 km/h y 40 km/h respectivamente. Además, indicaban que la máxima pendiente en un tramo de 2 km no debía superar el 6% de pendiente. (pág. 56-57)

MTC (2013). El Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2013) amplio los criterios a considerar para la pendiente mínima, las mismas que se detallan a continuación:

- La pendiente mínima puede ser hasta 0.2%, siempre y cuando el bombeo de la calzada sea de 2%. En el caso que la pendiente sea cero, la calzada deberá de 2.5%.
- De existir bermas en la sección transversal, las pendientes adoptaran como mínimo de 0.5% y en caso excepcionales, con justificación técnica y económica, hasta 0.35%.
- En el caso de que la pendiente transversal sea nula en la transición del peralte, la pendiente longitudinal deberá ser como mínimo del 0.5%.

Tabla N° 5: Pendientes máximas del año 2013.

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera			
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Vehículos/día	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 20 km/h																	8,00	9,00	10,00	12,00
30 km/h																	8,00	9,00	10,00	12,00
40 km/h																9,00	8,00	9,00	10,00	10,00
50 km/h											7,00	7,00			8,00	9,00	8,00	8,00	8,00	8,00
60 km/h					6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	7,00	8,00	9,00	8,00	8,00	8,00	8,00
70 km/h			5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	7,00	7,00		7,00	7,00	7,00	7,00
80 km/h	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00		6,00	6,00			7,00	7,00	7,00	7,00
90km/h	4,50	5,00	5,00		5,00	5,00	6,00		5,00	5,00			6,00			6,00	6,00	6,00	6,00	
100km/h	4,50	4,50	4,50		5,00	5,00	6,00		5,00				6,00							
110 km/h	4,00	4,00			4,00															
120 km/h	4,00	4,00			4,00															
130 km/h	3,50																			

Fuente: Tabla 303.01-Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2013, pág. 188.

Las pendientes máximas se mantuvieron bajo el mismo criterio, pero agregaron dos consideraciones adicionales para ellas:

- Si en la zona donde se ubica el proyecto tiene una altitud superior a 3,000 msnm, los valores de las pendientes de la tabla N° 04 se reducirán en 1%.
- En las autopistas se podrá considerar hasta 2% más que lo establecido en la tabla N°04 para las pendientes de bajada.

El manual también presenta consideraciones adicionales para las pendientes máximas excepcionales, que son los siguientes:

- Las pendientes se podrán aumentar 1% para todos los casos con un sustento técnico y económico.
- La longitud de los tramos que sean mayores a 2 km no tendrán una pendiente mayor al 6%. (pág. 187-189)

MTC (2018). En el Manual de Carreteras (DG-2018) se redujo el valor de la pendiente máxima, para la carretera de la tercera clase y con tipo de orografía 4, a 10% con velocidades de diseño de 30 km/h, además, menciona que se podrá incrementarse el valor de la pendiente máxima hasta en 1% para todos los casos de la tabla N° 06, lo cual deberá justificarse técnica y económicamente dicho aumento. Los demás criterios presentados en la publicación anterior, se mantuvieron. (pág. 170)

Tabla N° 6: Pendientes Máximas del año 2018

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

Fuente: Tabla 303.01 del Manual de Carreteras: DG-2018, pág. 171.

2.3. Definiciones conceptuales

- **Velocidad de diseño:** “Máxima velocidad con que se diseña una vía en función a un tipo de vehículo y factores relacionados a: topografía, entorno ambiental, usos de suelos adyacentes, características del tráfico y tipo de pavimento previsto”. (Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, 2018, pág. 23).
- **Caminos vecinales:** “Es un camino que pertenece al sistema vial vecinal y que es competencia de los Gobiernos Locales. Sirven para dar acceso a los centros poblados, caseríos o predios rurales”. (MEF, 2011, pág. 48).
- **Pendiente de carretera:** “Inclinación del eje longitudinal de la carretera”. (Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, 2018, pág. 17).
- **Perfil longitudinal:** “Trazo del eje longitudinal de la carretera con inclinación de cotas y distancias”. (Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, 2018, pág. 17).
- **Trocha carrozable:** “Es una carretera sin afirmar a nivel de subrasante o aquella donde la superficie de rodadura ha perdido el afirmado”. (Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, 2018, pág. 22).

2.4. Estructura teórica y científica que sustenta la investigación

2.4.1. Vehículo de Diseño

Vehículo

Se define como “todo medio capaz de desplazarse que sirve para transportar personas o mercancías y que se encuentra comprendido dentro de la clasificación vehicular del Anexo I del Reglamento Nacional de Vehículos”. (Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, 2018, pág. 22).

Tipo de Vehículo

Fuentes (1996). Establece tres tipos de vehículos que se deben considerar para los proyectos de ingeniería vial: Los automóviles, que son vehículos destinados al transporte público desde 2 hasta 8 personas, tales como los autos convencionales,

los jeeps y camionetas rurales; mientras que, los autobuses tienen la capacidad de transportar hasta máximo 52 personas y pueden trabajar con combustión interna o energía eléctrica dotados por cables aéreos; por otro lado, los camiones, están destinados al transporte de carga, que va desde camión simple, que usa el motor y la tolva de carga sobre el mismo chasis, hasta un camión combinado, que utiliza una unidad tractora articulada al remolque, semirremolque o ambas a la vez. En la tabla N° 07, se presenta un resumen de las características de los tipos de vehículos antes descritos. (pág. 15)

Tabla N° 7: Características de automóviles, camiones y autobuses.





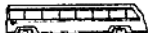


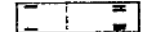
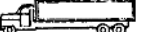


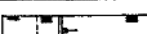
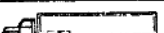


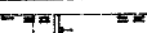


CARACTERISTICAS		AUTOMOVILES		AUTOBUSES		CAMIONES	
		Mín.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Ancho	m	1.14	2.06		2.44	1.69	2.44
Largo	m	2.56	6	7.15	12.25	3.75	11
Alto	m	1.25	1.75	2.44	2.9	1.75	3.81
Distancia de ejes	m	1.5	3.73	3.71	6.86	2.03	6.48
Peso veh. Vacío	k	1.3	2.19	4.37	9.84	1.58	68000
Potencia freno	HP	80	210	101	220	72	350
Capacidad		2p	8p	21p	52p	635 kg	47 800 kg

Fuente: Caminos I, pág. 15.

SCT (1991). Indica que los vehículos que transita por una carretera se dividen en vehículos ligeros, pesados y especiales, también considera como vehículos no clasificados, todos aquellos que sean usadas en deporte y de tracción animal. Los vehículos ligeros son aquellos que tienen 2 y 4 ejes, para el transporte de carga y/o personas; en cambio, los vehículos pesados son destinados al transporte de carga o de pasajeros con 2 o más ejes y 6 o más ruedas; por último, los vehículos especiales, que son destinados al transporte minerales, troncos y productos voluminosos. En la tabla N° 08, se presenta la clasificación general de vehículos para las carreteras de México.

Debido a que los proyectos viales requieren una proyección a un determinado número de años, no es recomendable proyectarse camiones con características de vehículos actuales, sino deberá ver las tendencias de las modificaciones para el futura proyecto.

Tabla N° 8: Clasificación general de los vehículos.

TIPO DE VEHICULO		NUM DE EJES	ESQUEMAS		SIMBOLO	PORCENTAJE RESPECTO AL TOTAL DE CAMIONES	PORCENTAJE RESPECTO AL TOTAL DE VEHICULOS		
			PERFIL	PLANTA					
VEHICULOS LIGEROS	AUTOMOVILES	2			Ap	---	46	58	
	CAMIONETAS				Ac		12		
VEHICULOS PESADOS	AUTOBUSES	2			B	---	12	42	
	CAMIONES	2			C2	73	100		30
		3			C3	13			
					T2-S1				
		4			T2-S2	7			
		5			T3-S2	7			
					T2-S1-R2				
		OTRAS COMBINACIONES							
VEHICULOS ESPECIALES	CAMIONES Y/O REMOLQUES ESPECIALES	VARIABLE			En variable	VARIABLE			
	MAQUINARIA AGRICOLA								
	BICICLETAS Y MOTOCICLETAS								
	OTROS								

Fuente: Manual de proyecto Geométrico de Carreteras, pág. 69.

Además, en el Manual indica que las características geométricas y de operación de los vehículos son los siguientes:

- Dimensiones: Las dimensiones necesarias que se deben tomar en cuenta para el proyecto son los siguientes: Longitud total del vehículo, distante entre los ejes más alejados de la unidad, distancia entre los ejes más alejados del tractor, distancia entre la articulación y el eje del semi-remolque y el vuelo delantero.
- Radio de giro: Es el radio de la circunferencia definida por la trayectoria de la rueda delantera externa del vehículo, cuando este efectúa un giro.
- Relación de Peso/Potencia: Es la relación del peso total del vehículo cargado en kilogramos y la potencia neta del motor en caballos de fuerza (HP). Esta

relación tiene una mayor importancia en el alineamiento vertical y en el análisis de la capacidad del camino.

- Aceleración y desaceleración: Se dice que un vehículo acelera cuando la fuerza tractiva de un vehículo es mayor que las resistencias que se oponen a su movimiento, en caso contrario, el vehículo desacelera. Se dice también que, cuando la fuerza tractiva y la suma de la resistencia son iguales, el vehículo se mueve a una velocidad constante. (pág. 68-74)

AASHTO (1994). Establece tres tipos de vehículos: los vehículos de pasajeros, camiones y recreacionales:

- Los Vehículos de pasajeros, no presentan, generalmente en bajo tránsito, pérdidas de velocidad al recorrer pendientes no mayores de 4 o 5 por ciento de inclinación, y cuando la pendiente ascendente aumenta, la velocidad disminuye progresivamente. Cabe mencionar que, en pendientes de bajada, la velocidad aumenta ligeramente con respecto a tramos horizontales.
- Los camiones. Para este vehículo, la inclinación pronunciada tiene una mayor incidencia en la velocidad, ya que puede incrementarse hasta un 5 por ciento cuando es de bajada, mientras que, en la subida, disminuye hasta un 7 por ciento.
- Vehículos recreacionales. Son aquellos vehículos tipo casa rodante con motores incorporados, camionetas para acampar y los remolques de grandes tamaños. Este tipo de vehículo sobre las pendientes no es tan crítico como los camiones, por lo tanto, no se incluirá dentro de este capítulo. (pág. II-1)

Kraemer et al. (2003). Clasifica al vehículo en carros, bicicletas, vehículos de tracción mecánica, que su a vez la tracción mecánica se subdivide en vehículos de dos ruedas, vehículos ligeros y vehículos pesados, ver figura N° 03.

Los vehículos de tracción animal ya no son usados en las carreteras y las bicicletas sin motor son utilizados, en su mayoría, en zonas urbanas o sub urbanas. Por otro lado, los vehículos de mayor uso son los vehículos de tracción mecánica.



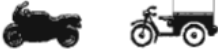






Tipo	Clases	Componentes	Definición
	Carros	A 	Vehículos de tracción animal
	Ciclos	B 	(1) Bicicletas (2) Ciclomotores de 2, 3 o 4 ruedas (cilindrada inferior a 50 cm ³ y velocidad máxima inferior a 45 km/h)
I Motos	Motos	1 	Motocicletas con o sin transportín, scooters, motonetas, motocarros y otros triciclos a motor
II Vehículos ligeros	Coches	2 	Automóviles de turismo y microbuses destinados al transporte de personas (hasta 9 plazas)
	Camionetas (4 ruedas)	3 	Vehículos destinados al transporte de mercancías, dotados sólo de cuatro ruedas, es decir, furgonetas y camionetas (C. máx. ≤ 1 t), camiones ligeros (1 t < C. máx. ≤ 2 t) y tractores industriales sin remolque
	Tractores agrícolas	4 	Tractores agrícolas de ruedas, con o sin remolque
III Vehículos pesados	Camiones sin remolque	5 	Camiones rígidos (carga máxima > 2 t) dedicados al transporte de mercancías, de más de 4 ruedas y sin remolque
	Camiones con remolque y trenes de carretera	6 	Camiones rígidos con uno o varios remolques, camiones articulados y trenes de carretera
	Autocares	7 	Vehículos dedicados al transporte de personas con más de 9 plazas

Figura N° 3: Clasificación de los vehículos por clases.

Fuente: Figura N° 4.1 del libro de Ingeniería de Carreteras, pág. 38.

Los vehículos de tracción mecánica tales como los vehículos ligeros y pesados son los que generan mayor tránsito en las carreteras, siendo en su mayoría los coches de transporte de 4 o 5 personas. Siguiendo en importancia, los vehículos de transporte de mercancías, entre estas tenemos las que realizan transporte de corta distancia hasta los grandes camiones que realizan largas distancias. Estas últimas se distinguen los camiones rígidos con 2, 3 o 4 ejes; vehículos articulados formados por un vehículo tractor y semirremolque, y los trenes de carreteras que están formados por un camión rígido que arrastra uno o dos remolques. (pág. 37,38)

Cálculo de la carga por eje de un camión y de un remolque cargado.

Fuentes (1996). Propone para saber el peso que recae sobre cada eje de un camión y de un remolque, se debe conocer el peso propio del carro en cada eje, peso de la carga útil y la distancia entre ejes y al centro de la carga útil desde cada eje. Para ello se considera lo siguiente:

a) En la figura N° 04, se calculará el peso de un camión con uno o dos ejes posteriores, teniendo los siguientes datos:

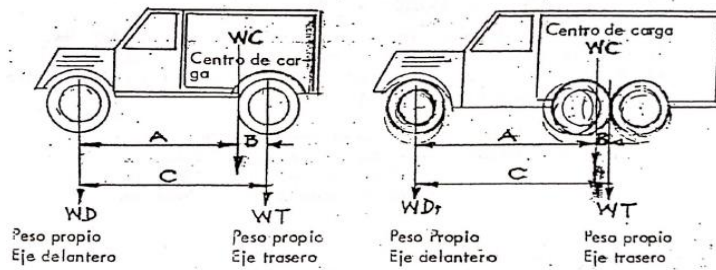


Figura N° 4: Distribución de las cargas útiles en los ejes en Camiones.

Fuente: Caminos I, pág. 19.

Con los datos anteriores se calcula la carga útil en el eje delantero (Ec. N° 01), la carga útil en el eje trasero (Ec. N° 02) para luego calcular el peso WD (Ec. N° 03) y WT (Ec. N° 04):

$$\text{Carga útil en el eje delantero} = \frac{\text{Distancia } A}{\text{Distancia } C} \times \text{Carga útil} \quad (1)$$

$$\text{Carga útil en el eje trasero} = \frac{\text{Distancia } B}{\text{Distancia } C} \times \text{Carga útil} \quad (2)$$

$$W_T = \text{Carga útil en eje trasero} + \text{Peso en eje trasero} \quad (3)$$

$$W_D = \text{Carga útil en eje delantero} + \text{Peso en eje delantero} \quad (4)$$

b) En la figura N° 05, se calculará el peso de un camión tractor semi-remolque, para ello se calculará la carga para el semi-remolque con las ecuaciones N° 05, 06, 07:

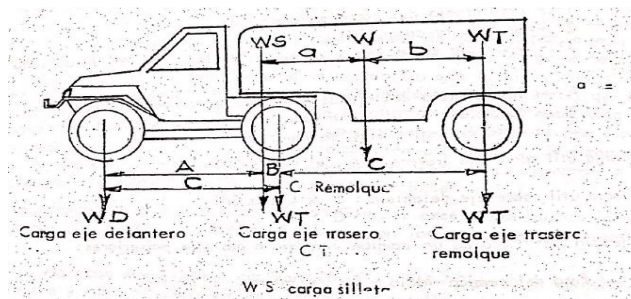


Figura N° 5: Distribución de cargas útiles en ejes en camión tractor semi-remolque.

Fuente: Caminos I, pág. 20.

$$\text{Carga útil en el eje del remolque} = \frac{\text{Distancia } a}{\text{Distancia } C} \times \text{Carga útil} \quad (5)$$

$$W = \text{Carga útil eje remolque} + \text{Peso vacío del semiremolque} \quad (6)$$

$$W_S = \text{Carga útil en eje delantero} + \text{Peso vacío en la silleta} \quad (7)$$

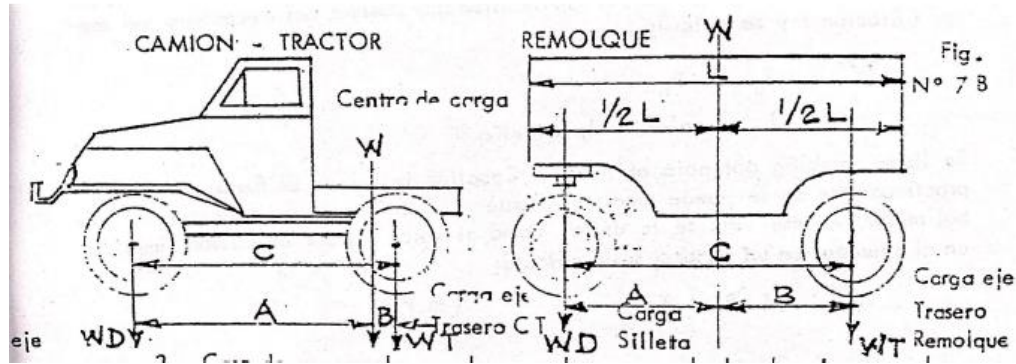


Figura N° 6: Distribución de las cargas útiles en los ejes en camión-tractor y remolque.

Fuente: Caminos I, 21 pag.

Considerando que la carga útil para el camión-tractor es el peso que recae en la silleta (WS), ver figura N° 06, puede calcular la carga útil en el eje delantero y posterior con las ecuaciones N° 08 y N° 09, para luego calcular los pesos WD y WT con las ecuaciones N° 10 y N° 11 respectivamente:

$$\text{Carga útil en el eje delantero} = \frac{\text{Distancia } A}{\text{Distancia } C} * \text{Carga útil} \quad (8)$$

$$\text{Carga útil en el eje trasero} = \frac{\text{Distancia } B}{\text{Distancia } C} * \text{Carga útil} \quad (9)$$

$$W_T = \text{Carga útil en eje trasero} + \text{Peso vacío del eje trasero} \quad (10)$$

$$W_D = \text{Carga útil en eje delantero} + \text{Peso vacío del eje delantero} \quad (11)$$

(pág. 19-21)

La velocidad máxima para vehículos pesados

Fuentes (1996). La máxima velocidad que puede mantener un camión en un pendiente depende principalmente de la relación peso/ potencia, la longitud, la pendiente, la velocidad de entrada, el tipo de superficie de rodadura, la resistencia al aire y la

habilidad del conductor; estas últimas producen pequeñas variaciones en la velocidad.

La resistencia que se opone al movimiento de un vehículo está compuesta por las siguientes:

- a) La resistencia debido a la pendiente (R_p): La resistencia debido a la pendiente se presenta cuando el vehículo ingresa a tramos inclinados, lo cual genera una descomposición del peso del vehículo con respecto al ángulo de inclinación, que así mismo produce que el componente paralelo al camino se oponga al movimiento del vehículo, lo cual hace que descienda. Por ello, es necesario vencer dicha resistencia. Por lo tanto, es expresada como el producto del peso en kilogramos por la pendiente del camino. Este valor es positivo si el vehículo asciende y negativo, si desciende.
- b) La resistencia propias del vehículo (R_o): Cuando el vehículo se mueve a pequeñas velocidades sobre una superficie dada, se presenta una resistencia que se opone al movimiento, producto del rozamiento de la llanta sobre la calzada que depende del tipo y estado de la superficie. Esta resistencia viene a estar expresada por el producto del peso del vehículo (P) por la resistencia (r_o) ya antes mencionada. En la tabla N° 09, se muestra los valores de las resistencia para el tipo de superficie.

Tabla N° 9: Resistencia sobre el tipo de superficie en contacto.

Tipo de superficie	Resistencia (r_o)
Hoja de asfalto	0.010
Macadam asfáltico	0.012
Concreto	0.010
Ladrillo	0.010
Macadam hidráulico	0.030
Tierra en buen estado	0.040
Tierra en mediano estado	0.050
Tierra en mal estado	0.130

Fuente: Caminos I, pág. 33.

c) La resistencia debido al aire (R_a): La resistencia debido al aire se genera debido a la presión que ejerce sobre el frente del carro cuando este está en movimiento y es expresado en la ecuación N° 23:

$$R_a = 0.0054 \times S \times V^2 \quad (12)$$

Dónde: V = Velocidad del vehículo en km/h.

S = Área de superficie del frente del vehículo.

La tabla N° 10 indica el área aproximada del frente del vehículo para los camiones, automoviles de turismo y automoviles cerrados:

Tabla N° 10: Área frontal para tipo vehículo.

Tipo de vehículo	Área (m ²)
Camiones	7.50 a 10.00
Automoviles de turismo	2.00
Automoviles cerrados	3.00

Fuente: Caminos I, pág. 34.

Mostraron los resultados en la tabla N° 11 la resistencia para un automovil de turismo ($S=2.00$ m²) para las velocidades comprendidas entre 20 km/h hasta 100 km/h. En base a esto, se determinó que para las velocidades menores a 40 km/h se puede prescindir de la resistencia al aire, debido a que los valores obtenidos fueron mínimas. Además, se calculó la potencia absorbida, siendo el producto de la resistencia del aire por la velocidad en caballos de fuerza.

Tabla N° 11: Resultados de la resistencia del aire.

Velocidad	$R_a = 0.0054 \times S \times V^2$ (kg)	$N_a = 0.0002 \times S \times V^3$ (H.P.)
V= 20 km/h	Ra= 4.32	Na= 0.32
V= 40 km/h	Ra= 17.28	Na= 2.56
V= 60 km/h	Ra= 38.88	Na= 8.54
V= 80 km/h	Ra= 69.12	Na= 20.48
V= 100 km/h	Ra= 108.00	Na= 40.00

Fuente: Caminos I, pág. 34.

Entonces se concluyó que los resultados para velocidades menores al 40 km/h, la resistencia del aire y la potencia absorbidas no influyen mucho en el vehículo, como lo hace las velocidades por encima de los 100 km/h.

(pág. 33,34)

2.4.2. Pendiente

Céspedes (2001) define la pendiente como “la tangente trigonométrica del ángulo de inclinación cuando el radio es igual a la unidad”. (pág. 245)

Pendiente Mínima

Paraud (1964) Menciona, generalmente al construir carreteras a nivel, los vehículos no tienen mayor resistencia a las pendientes, por lo que el principal problema para estos caminos es el estancamiento de las aguas de las lluvias en las depresiones que se presenta en las carreteras, ayudando en el ablandamiento del terreno y un rápido deterioro del material con el que fueron construidos, agrandando el coste de conservación y mantenimiento. (pág. 85)

SCT (1991). Estableció generalmente como un mínimo del 0.5% para asegurar el drenaje, pero en el caso de terraplenes, se puede considerar como nula. (pág. 351)

Kraemer et al. (2003). Del mismo, en el libro de Ingeniería de Carreteras coincide que la inclinación no debería ser menor de 0.5% pero agrega un límite de 25 m de longitud de recorrido del agua para que salga de la plataforma. (pág. 205)

MTC (2018). Ambas fuentes coinciden con el Manual de Carreteras DG-2018, sección 303 Diseño Geométrico en Perfil, menciona que se debe asegurar que la pendiente mínima a usar sea de 0.5%, pero para ciertos casos particulares depende del grado del bombeo y la presencia de bermas logrando llegar hasta un 0.2% en lo más mínimo cuando presenta un bombeo de 2%. (pág. 170)

Pendiente máxima

Céspedes (2001). Indica que las pendientes de las carreteras están relacionadas con los esfuerzos de tracción, al tipo de terreno, la diferencia de alturas y la distancia que hay entre dos puntos a unir.

En la construcción de una carretera hay ciertos límites que se deben de tener en cuenta y que no deben exceder por la seguridad de tránsito principalmente en bajada, a medida que la pendiente sea muy pronunciada, lo cual hace que los vehículos utilicen los frenos bruscamente para controlar las velocidades ganadas, adicionando la condición de la superficie de rodadura (ver tabla N° 12) y las estaciones de lluvias o nevadas hacen un aumento del peligro de accidentes.

Tabla N° 12: Pendiente máxima de acuerdo al pavimento

Tipo de Pavimento	Pendiente Máxima
Block de madera	3%
Concreto	7%
Asfalto	8%
Ladrillo	10%
Bocks de granito	12%

Fuente: Tabla 6.33 del “Carreteras - Diseño Moderno” José Céspedes, pág. 247

Estableció también que las pendientes máximas para las condiciones convenientes y tolerables, ver tabla N°13, lo cual el proyectista debe considerar para resolver problemas específicos. (pág. 247, 248)

Tabla N° 13: Pendientes Máximas de carreteras modernas

Velocidad de Diseño Km/h	Pendiente Máxima %	
	Conveniente	Tolerable
45	6	8
60	6	7
75	4	6
90	3	5
110	3	4

Fuente: Tabla 6.28 del “Carreteras - Diseño Moderno” José Céspedes, pág. 248

SCT (1991). Por otro lado, establece que la pendiente máxima está determinada por el volumen y la composición del tránsito previsto, además de la configuración del terreno.

Recomienda que los caminos principales se deben considerar lo indicado en la tabla N°14, mientras que, para los caminos secundarios, estos valores se pueden incrementar hasta un 2%. (pág. 352)

Tabla N° 14: Relación entre pendiente máxima y velocidad de proyecto (caminos principales)

Tipo de terreno	Porcentaje en pendiente máxima para diversas velocidades de proyecto en km/h						
	50	60	70	80	90	100	110
Plano	6	5	4	4	3	3	3
Lomerío	7	6	5	5	4	4	4
Montañoso	9	8	7	7	6	5	5

Fuente: Tabla 8-A del “Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras”, pág. 352

AASHTO (2011). Bajo el mismo criterio, considera que las pendientes máximas adecuadas para velocidades de 110 km/h son de 5% y para una velocidad de 50 km/h, de 7 a 12% dependiendo de la topografía. Para caminos importantes es adecuado establecer como inclinación máxima entre 7 y 8%, considerando una velocidad directriz de 50 km/h. En caso de tramos cortos de 150 m de longitud y las bajadas de un solo sentido, se puede considerar como pendiente máxima hasta 1% más pronunciadas que en otros lugares. Sin embargo, la pendiente máxima está vinculada a la capacidad que tiene un vehículo para afrontarla, por lo tanto, es conveniente calcularlo en base a la información técnica del vehículo de diseño. Esta capacidad depende del esfuerzo de tracción que es capaz de desarrollar para vencer las resistencias que se oponen al movimiento. Debe permitir la transmisión

de los esfuerzos de tracción proporcionados por las ruedas motrices y los esfuerzos de frenado que suministran las ruedas de frenantes. (pág. 3-94)

Por otro lado, para caminos rurales nos indica que la pendiente máxima puede ser 17% con velocidad de 20 km/h terrenos montañosos. (pág. 5-3)

De la Torre (2010). Detalla las fuerzas que actúan sobre un vehículo en subida, ver figura N°07, y que está dada por la Ecuación N° 13:

$$P_a * f = (P_c + P_r) * (r_d + r_a + i_{max} + 102 * a) \quad (13)$$

Donde:

f = Coeficiente de adherencia

P_a = Peso adherente (rueda motriz)

P_c = Peso del Camión

P_r = Peso del remolque

r_d = Coeficiente de resistencia al rodamiento

r_a = Coeficiente de resistencia específica del aire

i_{max} = Pendiente de longitud máxima

a = aceleración del vehículo

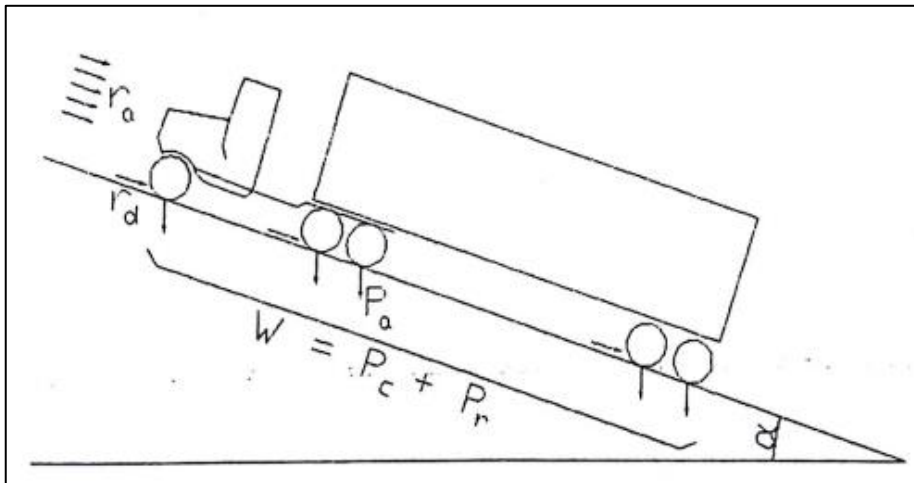


Figura N° 7: Fuerzas sobre un vehículo en movimiento

Fuente: Figura A.1 "Alineamiento Altimétrico" Alfonso de la Torre, pág. 6.

Si se considera el vehículo ascendente una rampa con una pendiente longitudinal máxima de una determinada velocidad sostenida ($a=0$), lo mencionada anteriormente se reduce a la siguiente ecuación N° 14:

$$P_a * f = (P_c + P_r) * (r_d + r_a + i_{max}) \quad (14)$$

Las relaciones P_a/P corresponden aproximadamente a los siguientes valores:

- Automóvil : $P_a / P = 0.50$
- Camión : $P_a / P = 0.65$
- Camión con acoplado : $P_a / P = 0.25$ a 0.40

(Pág.6)

Paraud (1964). Describe las fórmulas para el cálculo de las diversas características de los motores, tales son:

a) Potencias diversos tipos

1. Potencia Indicada: Es la desarrollada en los cilindros, se calcula con la ecuación N° 15:

$$p_i = \frac{p * S * N * c * n}{9000}, \text{ en caballos} \quad (15)$$

Donde:

p: es la presión media en los cilindros en kg por cm²

S: la superficie del embolo en cm²

N: el número de cilindros

c: la carrera del embolo en metros

n: el número de revoluciones de árbol motor

2. Potencia útil o al freno: Es la potencia aprovechable del motor, se calcula con la ecuación N° 16:

$$P_u = p_i - f, \text{ en caballos, siendo } f \text{ el valor de la fricción} \quad (16)$$

Se le llama también potencia al freno, porque prácticamente se le puede medir mediante el freno de Prony aplicando al árbol motor, en ese caso se le define como el valor de par de torsión medido en el cigüeñal en un minuto, se le calcula con la ecuación N° 17:

$$P_u = \frac{T * n}{5252.1}, \text{ en caballos} \quad (17)$$

Siendo T el torque en libras-pies y n, numero de revoluciones por minuto. En un vehículo puede estimarse la potencia útil en las ruedas motrices multiplicando el valor de la potencia indicada p_i por 0.75 cuando está enganchado en directa y por 0.60 para otras marchas.

3. Potencia fiscal: Es la calculada por formulas simples basadas en elementos fáciles de medir en todo carro, se le usa comúnmente para la aplicación de impuestos. La más conocida es la propuesta por la Asociación de Ingeniería Automotriz (SAE) en función del número de cilindros y de su diámetro expresada en la ecuación N° 18:

$$P_f = \frac{D^2 * N}{16}, \text{ en caballos} \quad (18)$$

Donde:

D: es el diámetro de los cilindros en centímetros

N: es el número de cilindros

- b) Cilindrada del motor: Es la capacidad de la mezcla explosiva de los cilindros del motor, se calcula con la ecuación N° 19:

$$C = a * c * N \quad (19)$$

Donde:

a: es el área del cilindro

c: la carrera del embolo

N: el número de cilindros

- c) Revoluciones del neumático por milla: Es el número de veces que tiene que girar un neumático para recorrer una milla. Lo dan los manuales de los fabricantes.
- d) Desmultiplicación de engranaje: relacione entre el número de dientes del engranaje de mando y el del engranaje mandado. Ese cociente indica, entonces, la relación de revoluciones entre uno y otro.

- e) Velocidad calculada en milla por hora: los manuales de los fabricantes dan la velocidad en en millas por hora conociendo el número de revoluciones del motor. Esa velocidad se puede calcularse mediante la ecuación N° 20:

$$V_m = \frac{n * 60}{R * M}, \text{ en millas por hora} \quad (20)$$

Donde:

n: es el número de revoluciones del motor, en un minuto

R: es la desmultiplicación de engranajes

M: es el número de revoluciones del neumático por milla

- f) Esfuerzo tractor de un vehículo: es la medida del esfuerzo ejercido por las redas métricas en su punto de contacto con el suelo. Se calcula con la ecuación N° 21:

$$E_t = 0.00119 * T * E * R * M \quad (21)$$

Donde:

T: es el valor de par de fuerzas en libras-pies

E: la diferencia de la línea de propulsión

R: la desmultiplicación en engranajes

M: el número de revoluciones del neumático por milla

El valor de E es de 0.90 e directa y 0.85 en otras marchas

- g) Coeficiente de rendimiento: es la tracción de la rueda en libras por 1000 libras de peso bruto del vehículo. Puede también considerarse como un coeficiente de tracción ya que expresa la relación entre el esfuerzo de tracción y el bruto del vehículo P_b . Se calcula con la ecuación N° 22:

$$C_p = \frac{E_t * 1000}{P_b} \quad (22)$$

- h) Capacidad de ascenso: Se llama capacidad de ascenso de un vehículo al tato por ciento de pendiente que puede ascender en una carretera con una carga determinada. Se calcula resolviendo la ecuación N°23:

$$Pendiente = \frac{C_t - R_r}{10} \quad (23)$$

Donde:

C_r : es el valor del coeficiente de rendimiento

R_r : la resistencia a la rodadura de pavimento por cada 1000 libras de peso bruto, este factor será descrito en detalle al tratar de la resistencia al movimiento de los vehículos.

Los valores de R_r son los siguientes:

Para concreto liso	$R_r = 10$
Para asfalto	$R_r = 12$
Para grava apisonada	$R_r = 15$
Para tierras duras ásperas	$R_r = 20$
Para adoquinado bueno	$R_r = 30$
Para tierra suelta	$R_r = 30$ a 40
Para grava suelta	$R_r = 75$ a 100
Para arena	$R_r = 100$ a 150
Para fango	$R_r = 37$ a 150

(pág. 30 – 34)

Este procedimiento coincide con el libro de Caminos I del Ingeniero Fuentes Llaguno por lo cual se denominará como Método de Paraud.

Fabela et al. (2019). Por otro lado, expone una fórmula para calcular esta capacidad de ascenso siendo esta la ecuación N° 24, la cual se llamará Método de SAE J2469:

$$S = \frac{Te * Rt * Ra}{125 * P * re} \quad (24)$$

Donde:

S= Capacidad de ascenso.

Te = Torque del motor en N.m.

Rt = Relación de transmisión en primera.

Ra = Relación diferencial del eje posterior.

P = Peso bruto vehicular en toneladas.

re = Radio de la rueda en metros.

(pág. 12)

Pendientes máximas excepcionales

Céspedes (2001). Menciona considerando el criterio de que los límites máximos de las pendientes de diseño se establecen teniendo en cuenta la seguridad de la circulación de los vehículos más pesados, en condiciones más desfavorables de pavimentos, la tabla N°15 se indica los milites máximos de pendientes considerados como excepcionales. (pág. 249)

Tabla N° 15: Pendientes máximas excepcionales

Altitudes menores de 3000 msnm	8%
Altitudes mayores de 3000 msnm	7%

Fuente: Tabla 6.33 del “Carreteras - Diseño Moderno” José Céspedes, pág. 249.

Pendiente Media

Céspedes (2001). Establece que la pendiente media es el promedio de las pendientes de una carretera para tramos de longitud y la ecuación que presenta es en base a la figura N°08. Teniendo la sumatoria de las alturas acumuladas y de la longitud acumulada:

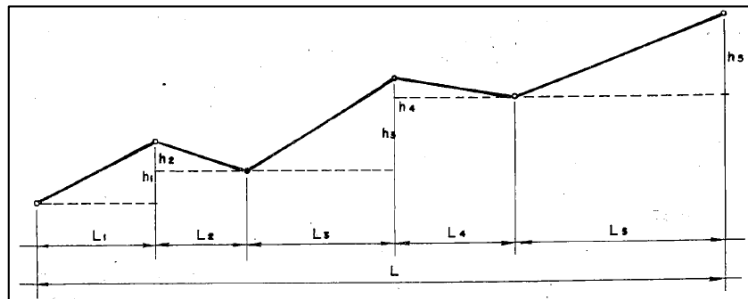


Figura N° 8: Pendiente Media

Fuente: Tabla 6.33 del “Carreteras - Diseño Moderno” José Céspedes, pág. 249.

$$\sum \Delta h = \Delta h \text{ acumulada} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5$$
$$\sum L = \text{Longitud acumulada} = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5$$

Entonces al dividir ambas expresiones obtenemos ecuación N° 25 que representa la pendiente promedio:

$$i_p = \frac{\Delta h \text{ acumulada}}{\text{longitud acumulada}} * 100 = \frac{\sum \Delta h}{\Delta L} * 100 \quad (25)$$

(pág. 249)

MTC (2018). El DG-2018 menciona que para tramos mayores a 2 km de longitud el promedio de las pendientes no excederá en 6%. (pág. 172)

Influencia de la pendiente por su longitud y la altitud sobre las pendientes

Céspedes (2001). Propone dos casos para la influencia de la pendiente por su longitud que se describe a continuación:

- a) Si los tramos son muy cortos: cuando los caminos tienen cambios de pendientes continuos y de menor longitud, produce incomodidad en los pasajeros del vehículo, lo cual se produce por el cambio muy continuo de la posición en la que se encontraban antes de ingresar a una pendiente.
- b) Si los tramos con pendientes límites son muy largos: cuando hay pendientes con longitudes muy largas hace que los vehículos asciendan en primera o segunda de la caja de velocidades, generando un calentamiento del motor y hierva el agua del radiador.

Por la presencia de disminución de la potencia en relación a la altura, se ve la necesidad de emplear pendientes moderadas.

A medida que un vehículo asciende, la presión atmosférica disminuye y como consecuencia la mezcla admitida para la combustión en los cilindros del motor no sea la misma generada a nivel del mar, debido a la disminución de la cantidad de oxígeno de la mezcla, dificultando la carburación con la pérdida del poder explosivo y la pérdida de potencia.

Hay dos formas de compensar las pérdidas de potencia:

- a) Dotando a los motores de supercargadores, que inyectan la mezcla explosiva a presión.
- b) Compensando las pendientes con las alturas que es lo usual. (pág. 251)

Contrapendientes y desarrollo

Céspedes (2001). El contrapendiente es aquella carretera que estando en constante ascenso se le intercala con un tramo de descanso, lo cual permite que el vehículo continúe con su ascenso sin forzar al motor. Generalmente suelen utilizarse en terrenos difíciles y con el simple hecho de utilizarlos producen una pérdida de altura y por consiguiente un aumentando en la longitud de la carretera.

Por otro lado, en el desarrollo de la pendiente es normal tener problemas al unir dos puntos con una pendiente determinada, entre estos puntos hay cierta diferencia de altura lo cual tiene que ir alargando la longitud para ir ganando altura. La longitud no se determina con la distancia horizontal entre estos puntos, sino con la relación que hay entre la diferencia de alturas y la pendiente permitida. (pág. 252, 253)

2.4.3. Longitud en Pendiente

MTC (2018). En el DG-2018, sección 303: Diseño Geométrico en Perfil, nos indica que el alineamiento vertical deberá permitir el tránsito ininterrumpido, tratando de mantener la velocidad de diseño en la mayor longitud posible. También menciona el control que tiene la topografía, el alineamiento, distancia de visibilidad de proyecto, seguridad, costos de construcción, categoría de la vía, valores estéticos y drenaje, para definir un perfil longitudinal. Además, si las pendientes superan la longitud crítica, es deseable que se incluyan carriles para tránsito lento. Por otro lado, para pendientes en bajada y pronunciadas es preferible que se cuente con carriles de emergencia para maniobras de frenado.

En la figura N°09, se muestra un ábaco que está elaborado para camiones pesados que representa la flota de camiones con remolques o semirremolques con una relación Peso/Potencia de 150 a 180 Kg/Hp y es independiente de la velocidad de entrada a la pendiente por lo cual se considera a la rasante de aproximación como horizontal. Muestra también la caída de velocidades de un camión con remolque o semirremolque con una relación Peso/Potencia de 150kg/hp con una velocidad de entrada a la pendiente de 65km/h.

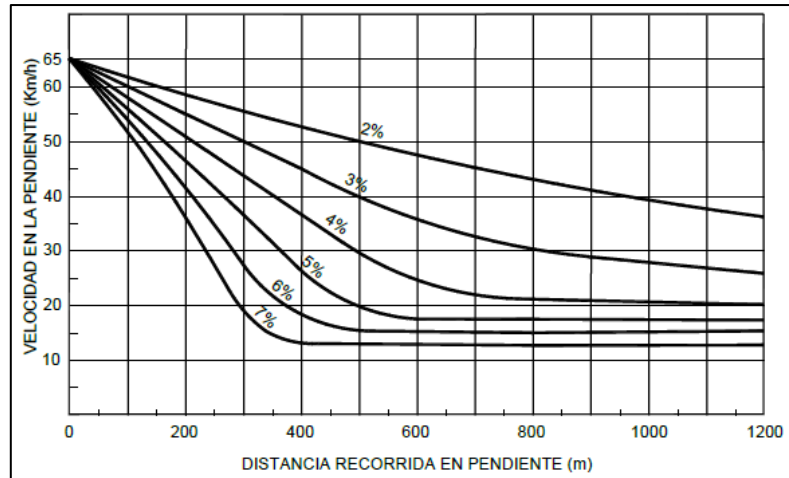


Figura N° 9: Disminución de Velocidad en pendiente

Fuente: Figura 303.01 de Manual de Carreteras: DG-2018. Pág. 173

En la Figura N°10, se expresa la longitud crítica en pendiente, dada una combinación entre magnitud y longitud de pendiente que causa un descenso de velocidad para la operación de camiones con distintas velocidades. (pág. 172)

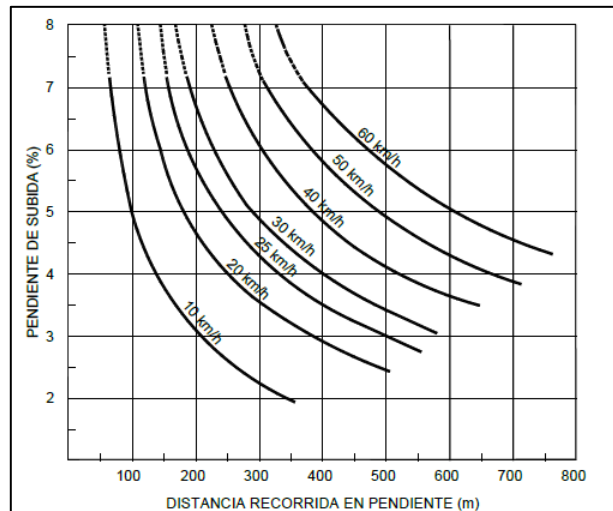


Figura N° 10: Longitud Crítica en Pendiente

Fuente: Figura 303.01 de Manual de Carreteras: DG-2018. Pág. 173

Por ultimo menciona que: “Si la longitud y magnitud de una pendiente inevitable produce descensos superiores a los 25 km/h, en especial en caminos bidireccionales dónde no existe visibilidad para adelantar, debe realizarse un

análisis técnico económico a fin de establecer la factibilidad de proyectar carriles de ascenso”. (MTC, 2018, pág. 172)

AASHTO (1994). Menciona que la máxima velocidad se puede expresar en función de la longitud, pendiente y la relación Peso/Potencia. Cabe mencionar que existen otros factores que afectan la velocidad en pendiente, tales como la velocidad de entrada, la resistencia del viento y la habilidad del operador, sin embargo, estas dos últimas no causan grandes variaciones en la velocidad media. (pág. III-119)

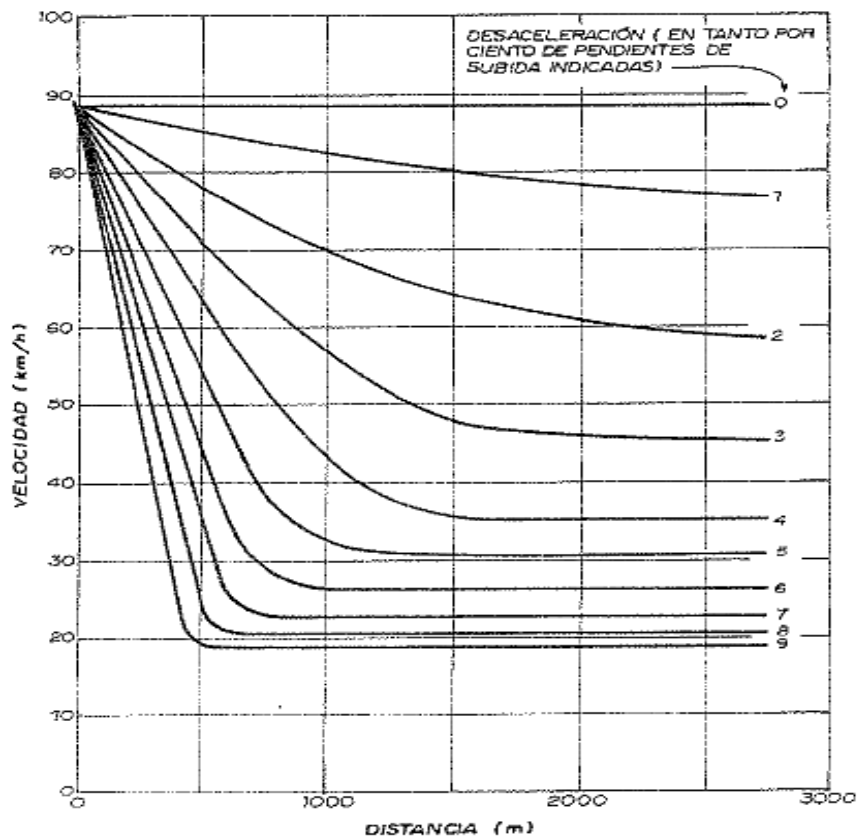


Figura N° 11: Curvas de velocidad-distancia de un típico camión de 134 Kg/HP para desaceleración.

Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras y calles, AASHTO-1994, pág. III- 120.

En la figura N° 11, se puede determinar la longitud que recorre un camión que tiene una velocidad arriba de los 90 km/h y teniendo una relación Peso/Potencia (PP) de 134 kg/HP, para ello se necesita tres datos: la velocidad, longitud y pendiente. Por ejemplo, para determinar la velocidad de llegada, si suponemos que

se debe recorrer 500 m con una pendiente del 6 por ciento de ascenso y una velocidad de 90 km/h, la velocidad al final del recorrido será de 40 km/h.

Otro caso, cuando la velocidad de entrada es de 48 km/h, ya no 90 km/h, y se debe recorrer 300 m con una pendiente de ascenso del 6 por ciento, para ello se debe ubicar a que distancia se encuentra con la velocidad de entrada y la pendiente indicada anteriormente, luego se debe avanzar la longitud de 300 m en la ordenada e intersectar con la curva del 6 por ciento y finalmente, ubicar en la abscisa la velocidad en esa intersección, que es, para este caso, de 27 km/h.

En la figura N° 12, se presenta el comportamiento que tiene un camión de una PP de 134 km/h, cuando se aproxima a ingresar a una pendiente. La aceleración que puede alcanzar mayores a 40 km/h, lo realizará sobre pendiente menores al 3.5 por ciento según como indica la figura. (pág. III-119, 120)

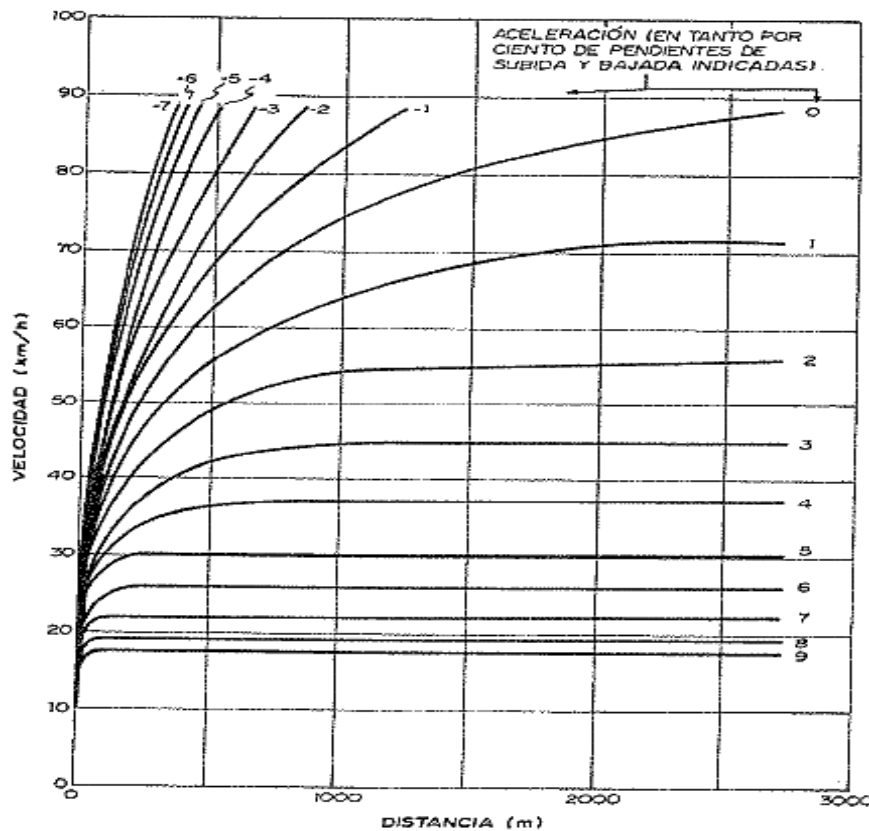


Figura N° 12: Curvas de velocidad-distancia de un típico camión de 134 Kg/HP para aceleración.

Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras y calles, AASHTO-1994, pág. III- 121.

SCT (1991). Dice que la longitud crítica en una pendiente es la máxima longitud permitida con la que un camión con carga puede subir sin una reducción brusca de velocidad, que se determina a partir del vehículo, la configuración del terreno, el volumen y composición del tránsito.

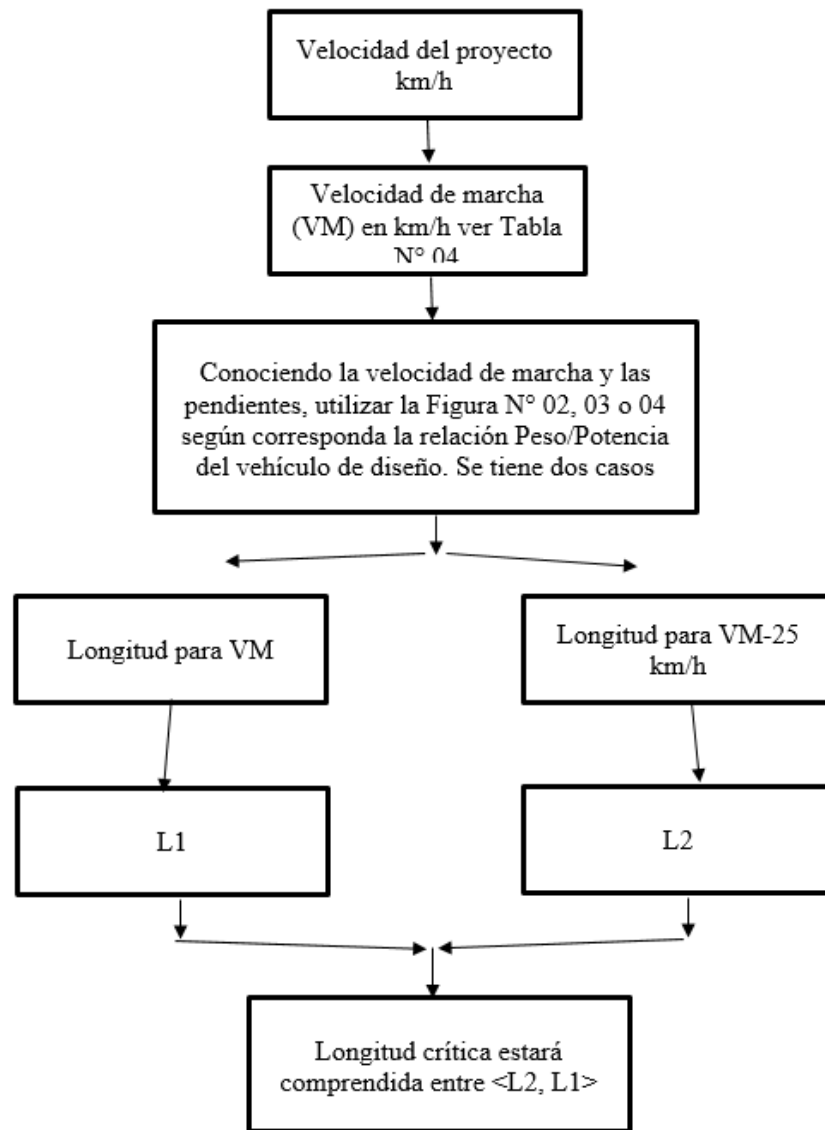


Figura N° 13: Esquema de pasos para cálculo de pendiente crítica.

Fuente: Elaboración Propia.

Se establece que la longitud crítica en pendiente es aquella que genera una reducción de 25 km/h en la velocidad de marcha del vehículo. Entonces se

establece el Método aritmético de aproximación sucesiva para obtener la longitud crítica, ver la figura N° 13:

Del esquema de la figura N°13, se puede entender que la longitud crítica está comprendida entre la longitud L2 y L1 cuando la velocidad tiene una caída de 25 km/h. Sin embargo, estos ábacos están en función a vehículos con diseños de antaño. Por lo tanto, es necesario proponer un método de cálculo para la estimación de la longitud y la longitud crítica. (pág. 352-354)

Cálculo de la longitud en pendiente

De la Torre (2010). Menciona en uno de sus temas de Alineamiento Altimétrico que la pendiente máxima no es por si sola un elemento de control en un diseño geométrico, es necesario también considerar la longitud de capa pendiente en particular para determinar las condiciones de operación deseables de un vehículo [...]. Para establecer la longitud crítica es necesario determinar la capacidad de los camiones para superar las pendientes, por lo que se debe ver los siguientes aspectos: del tipo de superficie de rodamiento que depende directamente del coeficiente de adherencia o de rozamiento, de la relación Peso /Potencia de un tipo de vehículo de diseño y de la velocidad de entrada del vehículo a la pendiente. (pág. 11)

SCT (1991). Propone que la fuerza que utiliza para acelerar y desacelerar un vehículo se llama fuerza disponible (Fd) expresada en kilogramos y viene a estar dada por la siguiente ecuación N° 26:

$$Fd = Ft (Ra + Rr + Rf + Rp) \quad (26)$$

A continuación, se describirá los componentes de la expresión anterior:

1) Fuerza tractiva (Ft): La ecuación N° 27 representa la fuerza neta de un vehículo en kg que es generado por el motor, los mecanismos internos de transición y las pérdidas producidas por la altura sobre el nivel del mar.

$$F_t = \frac{270 HP}{V} K \quad (27)$$

Dónde: V = Velocidad del vehículo en m/s.
 K = Valor que varía entre 0.70 y 0.95.

2) Resistencia del aire (R_a): Es aquella resistencia que se opone al movimiento siendo proporcional al área del vehículo al viento y al cuadrado de la velocidad del vehículo, tal resistencia está representada en la ecuación N° 28. Como depende del cuadrado de la velocidad, se puede despreciar esta resistencia para las velocidades pequeñas.

$$R_a = K_A A V_a^2 \quad (28)$$

Dónde: V_a = Velocidad del viento en km/h igual al vehículo.
 A = Área frontal del vehículo.
 K_A = Valor que varía entre 0.005 y 0.006.

3) Resistencia al rodamiento (R_r): Es aquella resistencia producida por la resistencia, se define de la siguiente ecuación N° 29:

$$R_r = K_R W \quad (29)$$

Dónde: W = Peso total del vehículo en kg.
 K_R = Factor empírico para superficie de tierra es 0.08 a 0.16

4) Resistencia por fricción (R_f): Es aquella resistencia producida por fricción generada entre la llanta y el pavimento expresada en la ecuación N° 30:

$$R_f = W f \quad (30)$$

Dónde: W = Peso total del vehículo en kg.
 f = Coeficiente longitudinal entre la llanta y el pavimento

En la tabla N° 16, se indica los valores para del coeficiente de fricción longitudinal para pavimento seco y mojado para velocidad de 30 a 110 km/h.

Tabla N° 16: Coeficiente de fricción longitudinal en el frenado

Velocidad en km/h	Coeficiente de fricción longitudinal (f)	
	Pavimento seco	Pavimento mojado
30	0.650	0.400
40	0.630	0.380
50	0.620	0.360
60	0.600	0.340
70	0.590	0.325
80	0.580	0.310
90	0.560	0.305
100	0.560	0.300
110	0.550	0.295

Fuente: Manual de proyecto Geométrico de Carreteras, pág. 77.

- 5) Resistencia por pendiente (R_p): Es aquella resistencia producida por la pendiente que se deduce de la figura N° 14:

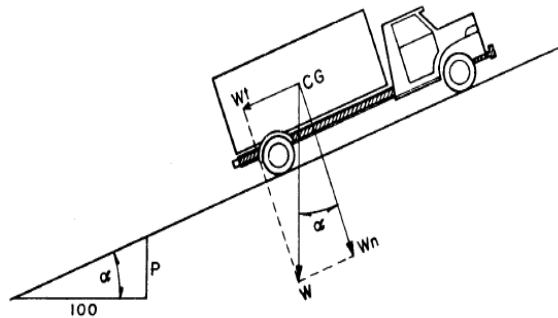


Figura N° 14: Resistencia que opone la pendiente al avance del vehículo

Fuente: Manual de proyecto Geométrico de Carreteras, pág. 78.

Entonces por descomposición de fuerza y empleando la sumatoria de fuerzas paralela al plano inclinado igual a cero, obtenemos la ecuación N°31 para la resistencia por pendiente:

$$R_p = W \sin \alpha = \frac{WP}{100} \quad (31)$$

Dónde: W= Peso total del vehículo en kg.

P= Inclinación de pendiente en por ciento.

De los cinco puntos antes descritos se puede resumir las formulas en la tabla N° 17 para posteriormente reemplazar en la ecuación N° 26:

Tabla N° 17: Formulas para el cálculo de la Fuerza Disponible.

Fuerza tractiva	$F_t = \frac{270 HP}{V} K$
Resistencia al aire	$R_a = K_A A V_a^2$
Resistencia al rodamiento	$R_r = K_R W$
Resistencia por fricción	$R_f = W f$
Resistencia por pendiente	$R_p = \frac{WP}{100}$

Fuente: Elaboración propia.

Una vez calculada la fuerza disponible, se puede determinar la distancia que puede recorrer empleando la segunda ley de Newton y una ecuación del movimiento uniformemente acelerado, entonces se reemplaza la aceleración obtenida por la segunda ley de Newton en la ecuación del movimiento. Este procedimiento se detalla en el siguiente esquema de la figura N° 15 y con velocidades de marcha indicadas en la tabla N° 18.

Entonces tenemos presente que para calcular la distancia recorrida por un vehículo se usará la ecuación N° 32:

$$\Delta l = \frac{W}{254 Fd} (V_2^2 - V_1^2) \quad (32)$$

Siguiendo el criterio que nos recomienda el manual, la longitud crítica en pendiente es la suma de distancias obtenidas por el método de Aritmético de Aproximaciones Sucesivas con cambios de velocidad de 2 km/h hasta llegar a una caída máxima de 25 km/h, tal como lo recomienda. (pág. 74-79)

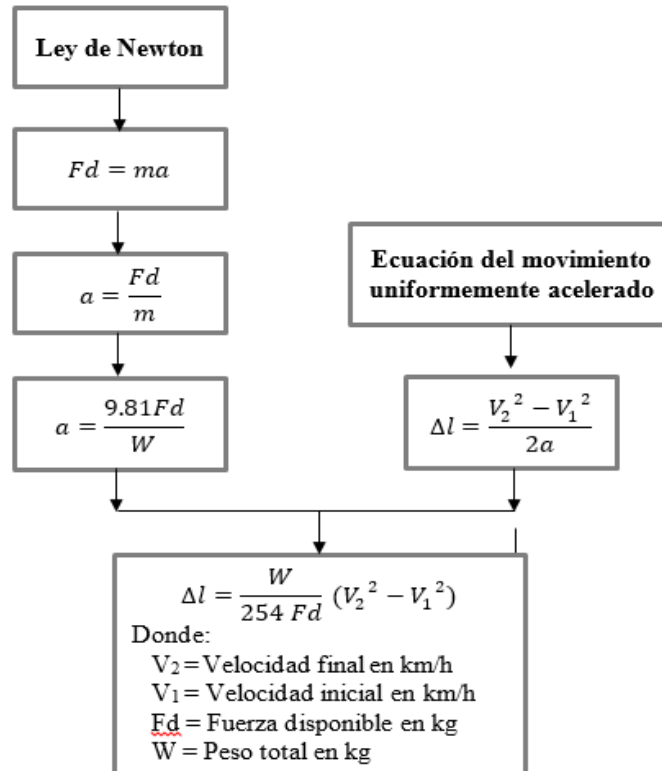


Figura N° 15: Esquema de calcula para la distancia recorrida.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 18: Velocidad de proyecto en km/h

Velocidad de Proyecto en km/h	Velocidad de Marcha en km/h		
	Volumen de transito bajo	Volumen de transito intermedio	Volumen de transito alto
25	24	23	22
30	28	27	26
40	37	35	34
50	46	44	42
60	55	51	48
70	63	59	53
80	71	66	57
90	79	73	59
100	86	79	60
110	92	85	61

Fuente: Manual de proyecto Geométrico de Carreteras, pág. 105.

2.5. Formulación de hipótesis

2.5.1. Hipótesis general

La estandarización de las pendientes longitudinales facilita el diseño geométrico en perfil de los caminos de bajo volumen de tránsito para el vehículo tipo de la provincia de Canta.

2.5.2. Hipótesis específicas

- a) La longitud en pendiente de los caminos de bajo volumen de tránsito determina la pendiente máxima para el vehículo tipo de la provincia de Canta.
- b) La pendiente máxima excepcional de los caminos de bajo volumen de tránsito determina la longitud crítica en pendiente para el vehículo tipo de la provincia de Canta.

2.6. Variables

2.6.1. Definición Conceptual de las Variables

- Estándares de Pendientes Longitudinales: Establecer valores de pendientes longitudinales de referencia para un diseño geométrico adecuado.
- Diseño Geométrico en perfil de caminos de bajo volumen: Es la técnica que consiste en realizar un trazo de una carretera o vía, que permita conectar dos lugares para interconectarlos en beneficio de ambos lugares

2.6.2. Operalización de las Variables

A continuación, se presente la operacionalización de las variables en la tabla N° 19:

Tabla N° 19: Operacionalización de las Variables

Variable en estudio	Dimensiones	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador	Índice
Estándares de las pendientes longitudinales	Longitud en pendiente	Es la distancia entre dos puntos ubicados en un plano inclinado.	Es la longitud del tramo a estudiar que presenta cierta pendiente	>5% en longitud	Descriptivo
				>10% en longitud	Descriptivo
	Pendientes máximas excepcionales	Es la pendiente máxima permitida luego de incrementarse hasta 1% a lo establecido.	Es la máxima pendiente que se da cuando hay una justificación técnica y económica.	Topografía	Descriptivo
				Tipo vehículo	Descriptivo
Variable en estudio	Dimensiones	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador	Índice
Diseño Geométrico en perfil de caminos de bajo volumen de tránsito	Pendiente máxima	Son los límites de una longitud de pendiente que cumple con los parámetros de funcionalidad, técnicos y económicos.	Consiste en obtener las pendiente máximas y mínimas en tramos determinados	Bombeo	Descriptivo
				Tipo de terreno	Descriptivo
	Longitud crítica en pendiente	Es la máxima longitud permitida con la que un camión con carga puede subir sin una reducción brusca de velocidad.	La longitud máxima con la que un vehículo puede transitar sin cambio de velocidad.	Relación Peso/Potencia	Descriptivo
				Velocidad de entrada	Descriptivo

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO III

DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y nivel

Tipo de investigación

Existen condiciones o principios que ayude al desarrollo de un propósito investigativo: es aplicado porque se ayuda de otras ciencias, según la intervención del investigador es observacional, según la planificación de las mediciones (recolección de datos) es prospectivo, según el número de mediciones de la variable el estudio es transversal (en un momento dado), según el número de variables es analítica por tratarse de dos variables.

Nivel de investigación

La clasificación de los estudios en niveles es una necesidad para definir la línea de investigación, para el presente es:

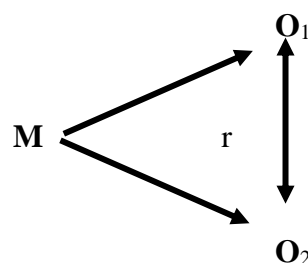
- Estudio Correlacional: La característica más importante de este nivel es que posee análisis de datos bivariado (de dos variables), porque la investigación relacionará las pendientes longitudinales con el diseño geométrico en perfil.

3.2. Diseño de investigación

Un diseño es una estrategia metodológica puntual para el desarrollo de un trabajo de investigación. La estructura u organización esquematizada es para el presente estudio es:

Donde:

- M: Muestra o grupo de trabajo
- O1: Observación de la Variable 1
- O2: Observación de la Variable 2
- r: Relación de O1 y O2



Método de investigación

- Método Empírico Práctico: con el empleo de la observación y la medición de las variables.

- b) Método Hipotético - Deductivo: Porque a través del análisis y razonamiento de un estudio de campo se podrá dar con una hipótesis.

3.3. Población y muestra

- a) Población: Los caminos de bajo volumen de tránsito de la Provincia de Canta.
b) Muestra: Los caminos de San Buenaventura Tambo y de Lachaqui a Quives.

3.4. Técnicas de recolección de datos

3.4.1. Tipos de técnicas e instrumentos

Técnica

La técnica a utilizar es la observación.

- Se apoyó en la medición (GPS).
- Se realizó el estudio in situ, por la toma de datos en terreno existente
- Se realizó el estudio en grupo, por tratarse de dos personas.
- Equipo de oficina: laptops, lapiceros, libros, papel bond, celulares, calculadoras, Usb's, impresora.

Instrumento

Guía de observación

- Instrumentos de medición y apoyo de equipos: GPS satelital, aplicativo de GPS de celular, wincha.

3.4.2. Criterio de validez y confiabilidad de los instrumentos

Para que el instrumento tenga validez y confiabilidad se sometió a criterio del experto lo mismo que son recomendados para la reformulación de los ítems en el instrumento de investigación.

3.4.3. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos

Para recopilar datos y ordenar los resultados de la estandarización de las pendientes longitudinales y el diseño geométrico en perfil de los caminos de bajo volumen de tránsito se utilizó los datos obtenidos en campo mediante el empleo de equipo Gps navegador y aplicativo de Gps en celular, plasmándolos en planos.

CAPITULO IV

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Diagnostico

El estudio de la presente tesis se desarrolla en el distrito de Canta, Provincia de Canta y departamento de Lima, en el cual se realizó una selección de una carretera, el cual su IMDA sea menor de 200 Vehículos/Día, denominado como trocha carrozable.

4.1.1 Provincia de Canta

Según la página oficial de la Provincia de Canta, menciona que fue declarada como provincia el 12 de febrero de 1821, y está delimitada distritalmente por el Norte con la Provincia de Huaral; por el Sur, con la provincia de Huarochirí; por el oeste, con la provincia de Lima y por el Este con la provincia de Yauli del departamento de Junín, ver Figura N° 16.



Figura N° 16: División Política de la Provincia de Canta

Fuente: Página Oficial de la Provincia de Canta

4.1.2 División política de la provincia de Canta

La tabla N° 20 describe las principales características de la provincia de Canta, está comprendida por los distritos de Canta, Arahua y, Huamantanga, Huaros, Lachaqui, San Buenaventura y Santa Rosa de Quives. La tabla N° 20 describe las principales características de la provincia.

Tabla N° 20: División política de la provincia de Canta.

Distrito	Capital	Altitudes (msnm)	Superficie (km2)	Región Natural
Canta	Canta	2,819	123.09	Quechua
Arahua y	Arahua y	2,505	134.29	Quechua
Huamantanga	Huamantanga	3,392	487.93	Quechua
Huaros	Huaros	3,583	333.45	Quechua
Lachaqui	Lachaquí	3,668	137.87	Suni
San Buenaventura	San Buenaventura	2,702	106.26	Quechua
Santa Rosa de Quives	Yangas	940	364.40	Yunga

Fuente: www.cantalimeaperu2015.wordpress.com.

4.2. Descripción de la toma de datos

4.2.1 Tramo de la carretera para estudio

Para el presente trabajo se eligió dos vías para su estudio, la primera de longitud de 5.31 km y la segunda de 38.42 km de distancia que se distinguen en el trazado de color verde de las figuras N° 17 y N° 18 respectivamente.



Figura N° 17: Primera ruta de 5.31 km

Fuente: Google Earth

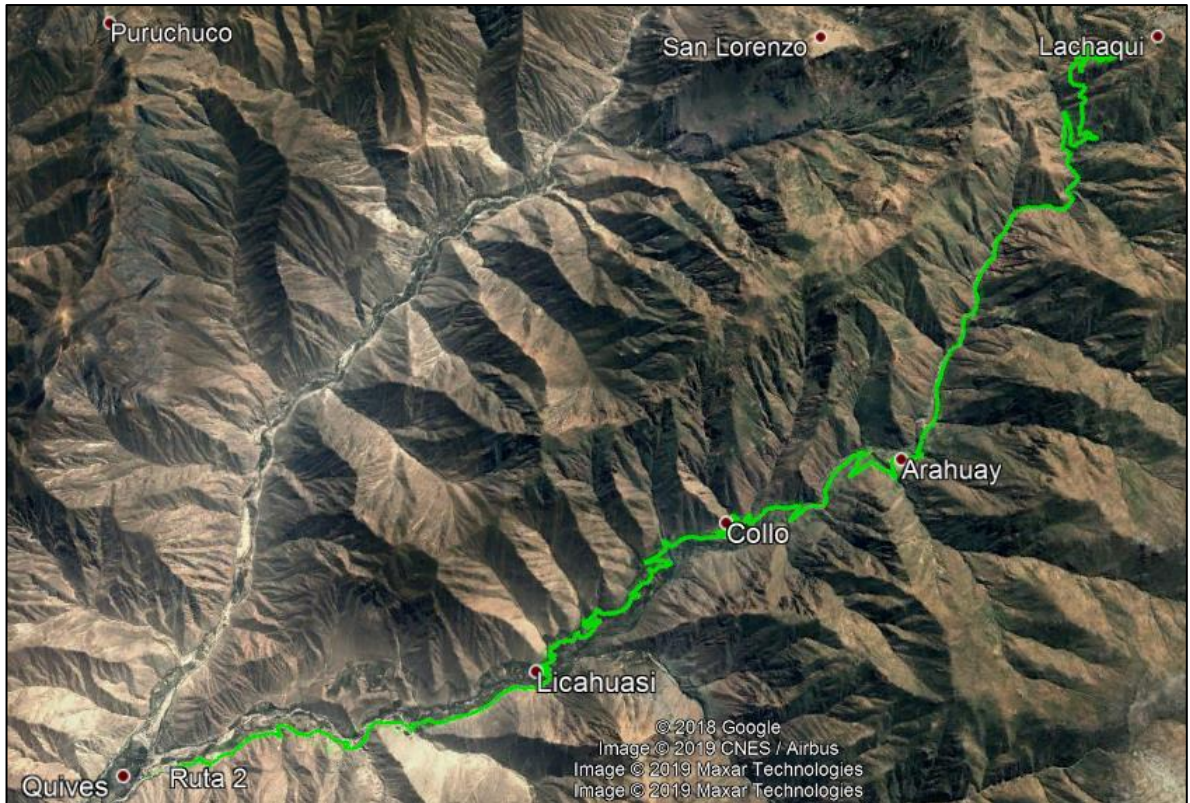


Figura N° 18: Segunda ruta de 38.42 km

Fuente: Google Earth

El primer tramo de 5.31 km abarca desde Plaza de Armas de San Buenaventura (Figura N° 19) hasta la intersección de salidas a los distritos de San Buenaventura y Obrajillo (Figura N° 20).



Figura N° 19: Inicio del primer tramo

Fuente: Elaboración Propia



Figura N° 20: Fin del primer tramo

Fuente: Elaboración Propia

El segundo tramo tiene una distancia longitud de 61.90 km que comienza desde la salida a la carretera Lachaqui (ver figura N°21) hasta el parque de Quives (ver figura N°22), pasando por los distritos de Pariamarca, Carhua, Lachaqui, Arahuary, Collo, Lichuasi y Quives.



Figura N° 21: Inicio del segundo tramo

Fuente: Elaboración Propia



Figura N° 22: Fin del segundo tramo

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2 Levantamiento de campo

La recolección de datos para la elaboración del perfil longitudinal de los tramos anteriormente descritos, se utilizó dos métodos que son los siguientes:

GPS Navegador

Se considerará los criterios del levantamiento de campo indicados en el Capítulo III del Manual Inventarios Viales que nos indica que se debe realizar un GPS navegador de mano, para este caso se utilizó el GPS Garmin 60CSX (ver figura N° 23).



Figura N° 23: GPS Garmin 60CSX

Fuente: Elaboración Propia

MTC (2015). En el Manual de Inventarios Viales nos indica lo siguiente con respecto al uso del navegador de mano:

- Recomienda que la toma de datos con el navegador de mano debe realizarse cada 5 o 10 metros de distancia. Entonces se configuró el tracking del navegador de mano para recolecta puntos cada 10 metros debido a su gran extensión tal como se puede observar en la figura N°24 y N°25.



Figura N° 24: Configuración de GPS para inicio – Plaza de Armas

Fuente: Elaboración Propia



Figura N° 25: Configuración de GPS para inicio – Carretera de Lachin

Fuente: Elaboración Propia

- Si se utiliza un vehículo (ver foto N°26), este debe correr el camino con una velocidad de 5 km/h cuando entra a curvas de volteo porque se requiere tomar

más datos de lo mencionado en el punto anterior. Lo que permitirá una mejor precisión para generar la curva. Para este caso, se debe configurar el GPS navegador en modo Track para que recolecte los datos cada 1 segundo.



Figura N° 26: Vehículo utilizado para la toma de datos

Fuente: Elaboración Propia

- La toma de datos con el navegador tendrá un error de 5 y 10% respecto al verdadero valor, lo cual aumenta cuando el camino es más sinuoso, además de ello, el vehículo debe estar en buenas condiciones para evitar un error mayor a lo previsto.

(pág. 16, 17)

Aplicación Wikiloc

La app Wikiloc es una aplicación utilizada para grabar, almacenar y compartir rutas realizadas en actividades al aire libre mediante el uso del GPS y Waypoints. La app puede grabar rutas hechas al igual que función tracking del GPS navegador, para ello se debe tener presente lo siguiente:

- La app utiliza el posicionamiento en tiempo real con la ayuda del GPS que tiene incorporado el dispositivo móvil. Para lugares con poca cobertura de datos de internet es conveniente descargar el mapa sin conexión que proporciona la aplicación, por lo tanto, para esta investigación se descargó el mapa de Perú-Sur, tal como se indica en la figura N°27.

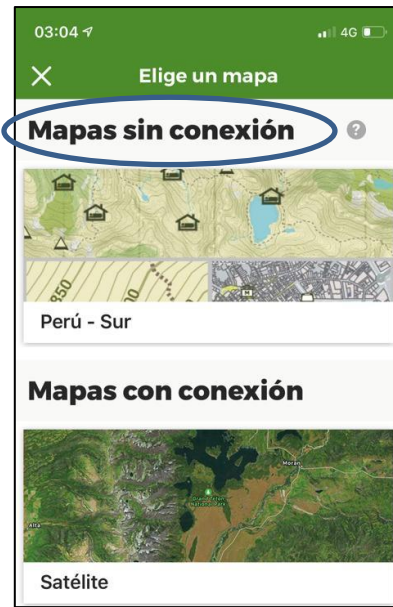


Figura N° 27: Mapa sin conexión Perú-Sur

Fuente: Elaboración Propia

- Luego se eligió la actividad que se va realizar entre las diferentes actividades listadas propias de la aplicación, en este caso es con un coche, tal como se muestra en la figura N°28.



Figura N° 28: Lista de actividades

Fuente: Elaboración Propia

- Se procedió a grabar el recorrido en “Empezar a seguir” y una vez terminado esto, se asignó un nombre y se subió la ruta a la nube, ver figura N°29.

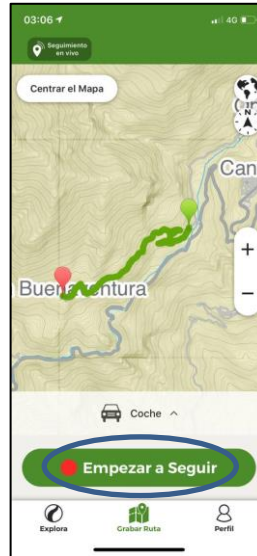


Figura N° 29: Pantalla de para grabar recorrido

Fuente: Elaboración Propia

- Luego, en la página oficial de Wikiloc, se ingresó con la propia cuenta con la que se utilizó la aplicación para descargar los puntos recolectados en formato GPX, ver fotos N°30 y N°31.

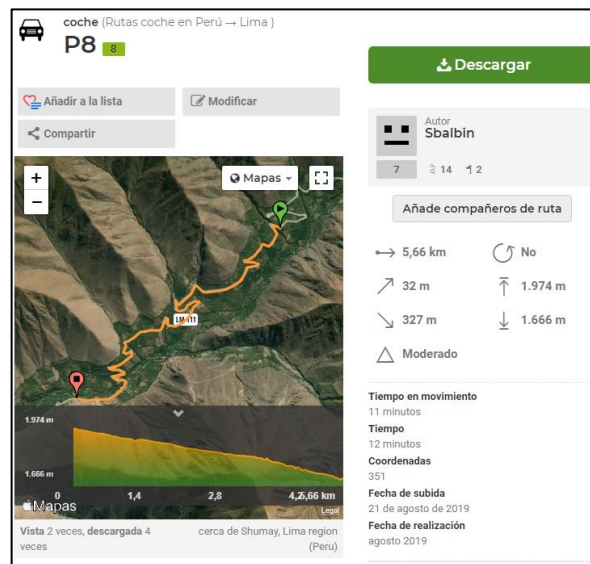


Figura N° 30: Pagina descarga desde la ruta cargada

Fuente: <https://es.wikiloc.com>

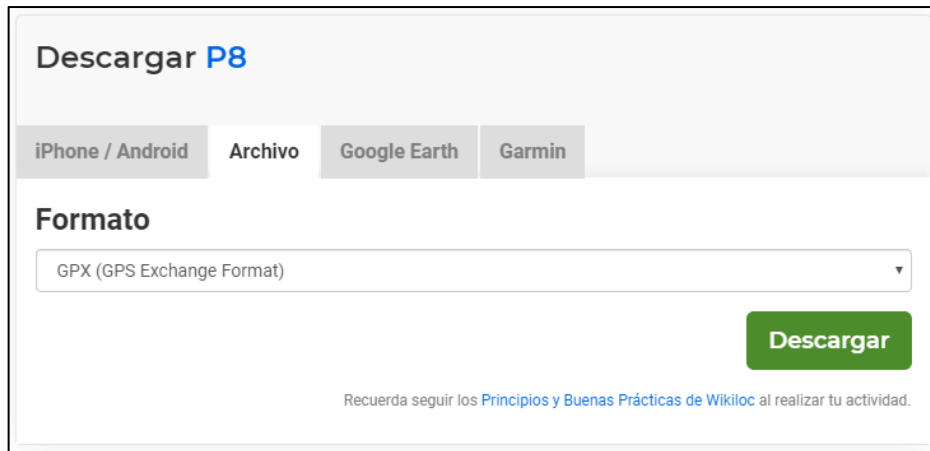


Figura N° 31: Opciones de descarga

Fuente: <https://es.wikiloc.com>

- Con la data descargada, se procedió a importarlo al Global Mapper, configurada previamente según el hemisferio al que pertenece los puntos (ver figura N°32), entonces se procedió a abrir el archivo en formato GPX (ver figura N°33) y luego se descarga los puntos en formato XYZ (ver figura N°34).

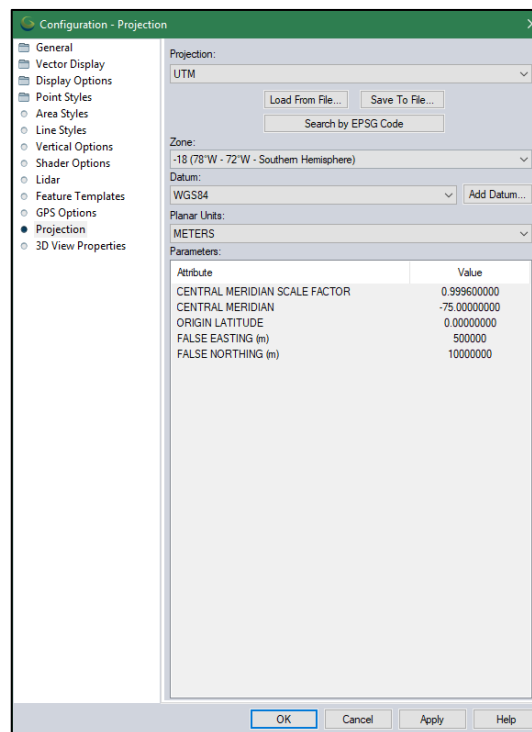


Figura N° 32: Configuración del Global Mapper

Fuente: Elaboración Propia

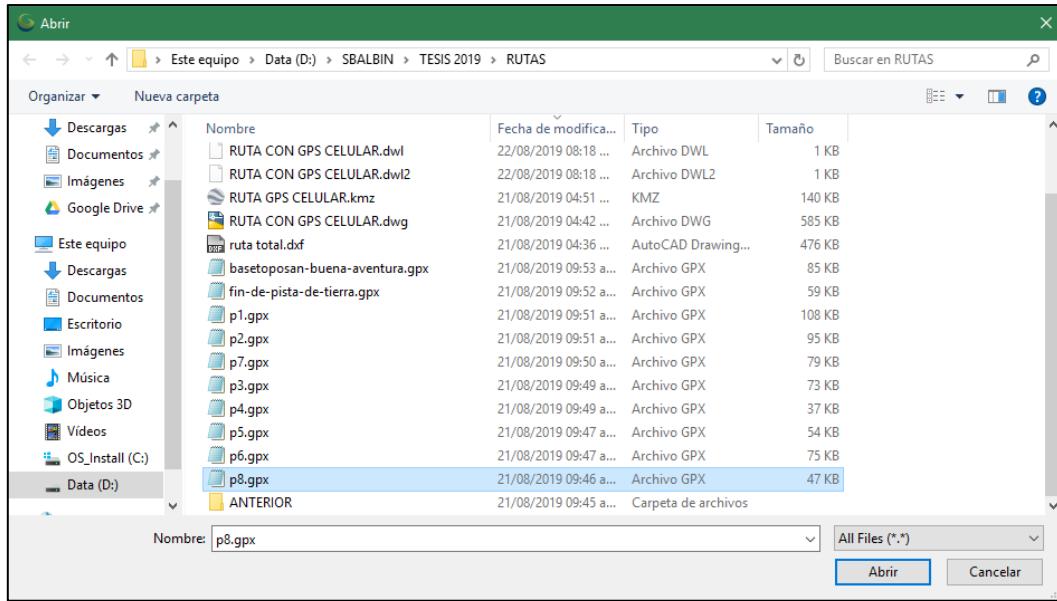


Figura N° 33: Abrir el archivo en extensión .gpx

Fuente: Elaboración Propia

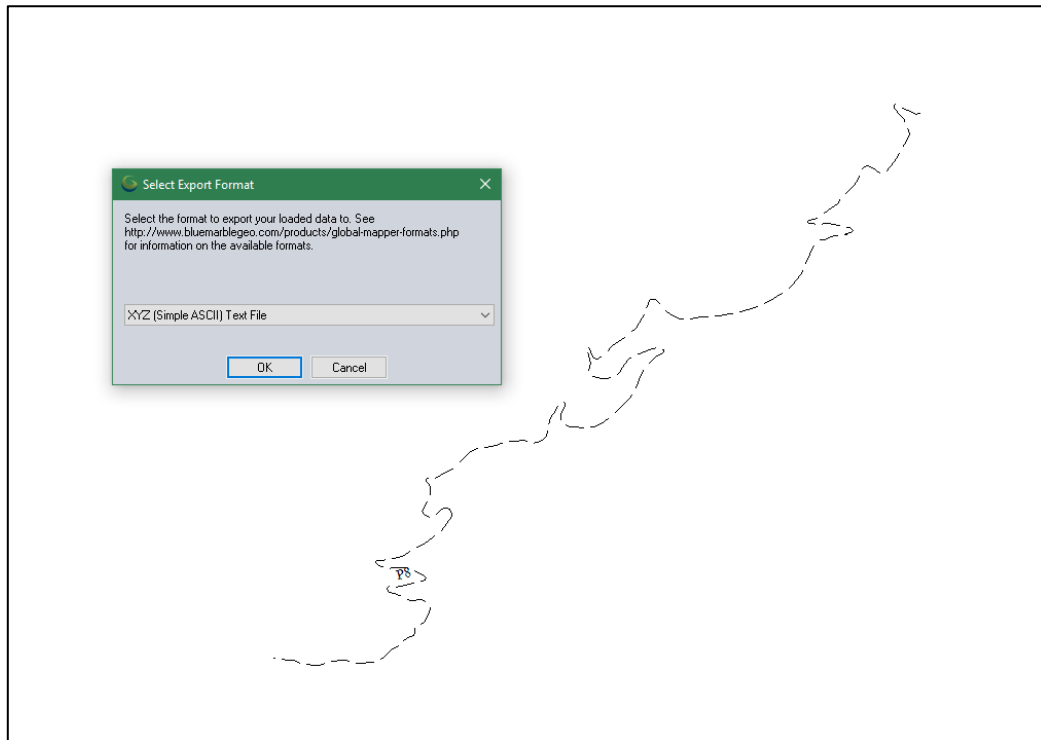


Figura N° 34: Exportar en formato XYZ

Fuente: Elaboración Propia

- Una vez obtenida los datos de los puntos en el block de notas (Ver Figura N°35) se procedió a dar el formado en Excel para poder ingresar los datos al programa Civil 3D (ver figura N° 36).

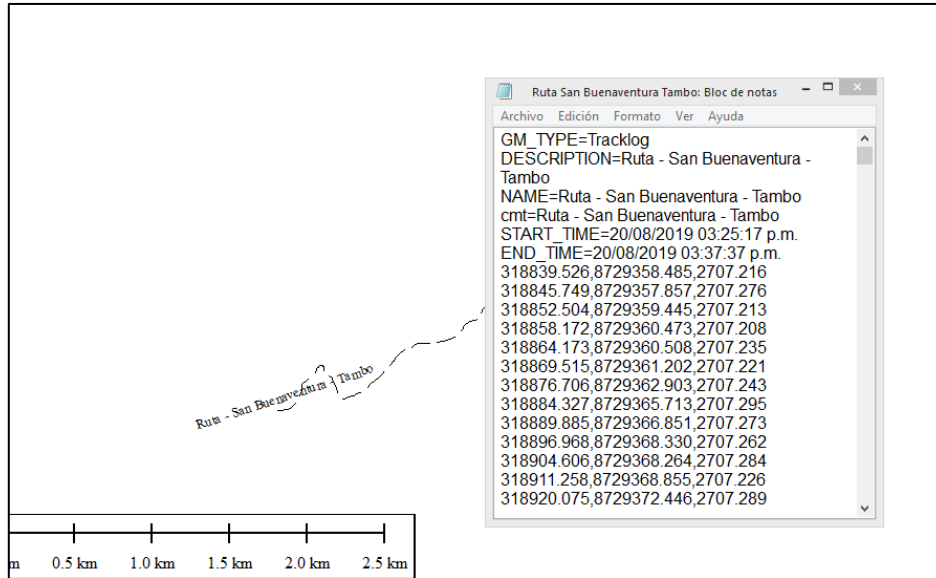


Figura N° 35: Datos en el Block de notas

Fuente: Elaboración Propia

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Norte	Este	Elevación	Distancia									
2	318839.526	8729358.49	2707.216	0	0.000	2707.216			1	N	E	Z	D
3	318845.749	8729357.86	2707.276	6.255	6.255	2707.276	6.255		2	0	6.255	2707.276	
4	318852.504	8729359.45	2707.213	6.939	13.194	2707.213	6.939		3	0	13.194	2707.213	
5	318858.172	8729360.47	2707.208	5.760	18.954	2707.208	5.760		4	0	18.954	2707.208	
6	318864.173	8729360.51	2707.235	6.001	24.955	2707.235	6.001		5	0	24.955	2707.235	
7	318869.515	8729361.2	2707.221	5.387	30.342	2707.221	5.387		6	0	30.342	2707.221	
8	318876.706	8729362.9	2707.243	7.389	37.732	2707.243	7.389		7	0	37.732	2707.243	
9	318884.327	8729365.71	2707.295	8.123	45.854	2707.295	8.123		8	0	45.854	2707.295	
10	318889.885	8729366.85	2707.273	5.673	51.528	2707.273	5.673		9	0	51.528	2707.273	
11	318896.968	8729368.33	2707.262	7.236	58.763	2707.262	7.236		10	0	58.763	2707.262	
12	318904.606	8729368.26	2707.284	7.638	66.402	2707.284	7.638		11	0	66.402	2707.284	
13	318911.258	8729368.86	2707.226	6.678	73.080	2707.226	6.678		12	0	73.080	2707.226	
14	318920.075	8729372.45	2707.289	9.520	82.600	2707.289	9.520		13	0	82.600	2707.289	
15	318926.257	8729378.9	2707.206	8.936	91.536	2707.206	8.936		14	0	91.536	2707.206	
16	318929.837	8729382.46	2707.226	5.049	96.584	2707.226	5.049		15	0	96.584	2707.226	
17	318937.224	8729387.92	2707.008	9.188	105.772	2707.008	9.188		16	0	105.772	2707.008	
18	318944.283	8729393.6	2707.312	9.062	114.834	2707.312	9.062		17	0	114.834	2707.312	
19	318950.685	8729399.84	2707.538	8.934	123.768	2707.538	8.934		18	0	123.768	2707.538	
20	318954.691	8729405.06	2707.69	6.582	130.350	2707.690	6.582		19	0	130.350	2707.690	
21	318958.046	8729409.83	2707.312	5.837	136.187	2707.312	5.837		20	0	136.187	2707.312	
22	318962.492	8729414.62	2707.19	6.530	142.717	2707.190	6.530		21	0	142.717	2707.190	
23	318967.472	8729421.28	2706.659	8.321	151.037	2706.659	8.321		22	0	151.037	2706.659	

Figura N° 36: Datos del Block de notas en Excel

Fuente: Elaboración Propia

- Luego de importado los puntos al programa Autodesk Civil 3D, se procedió a dar la superficie del terreno con el alineamiento de la vía (Ver Figura N°37), posteriormente se creó el perfil longitudinal (Ver Figura N°38). para que proporcione las pendientes a lo largo de la vía (Ver Figura N°39).

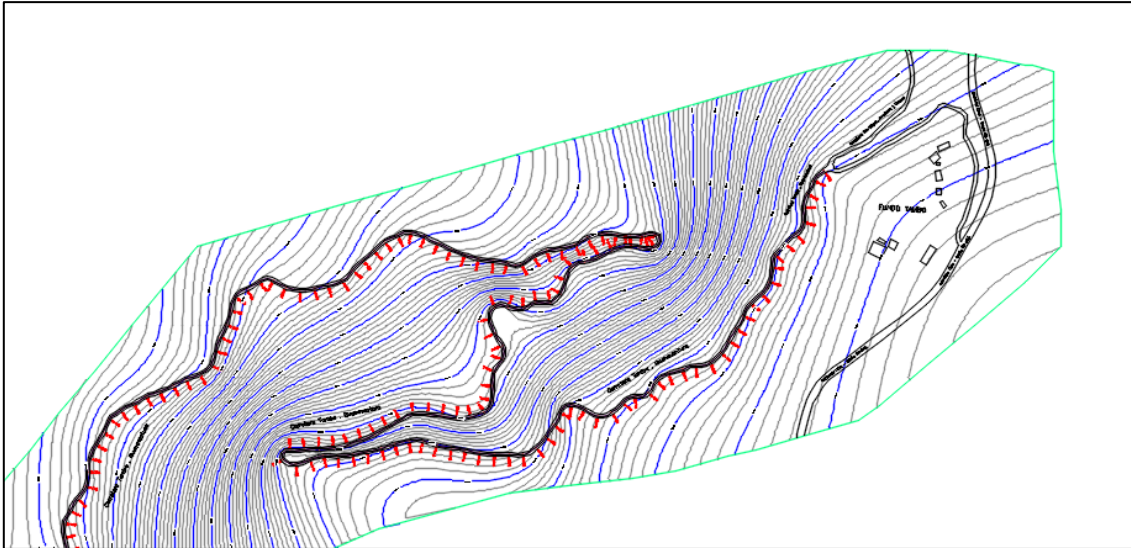


Figura N° 37: Creación del terreno en Civil 3D

Fuente: Elaboración Propia

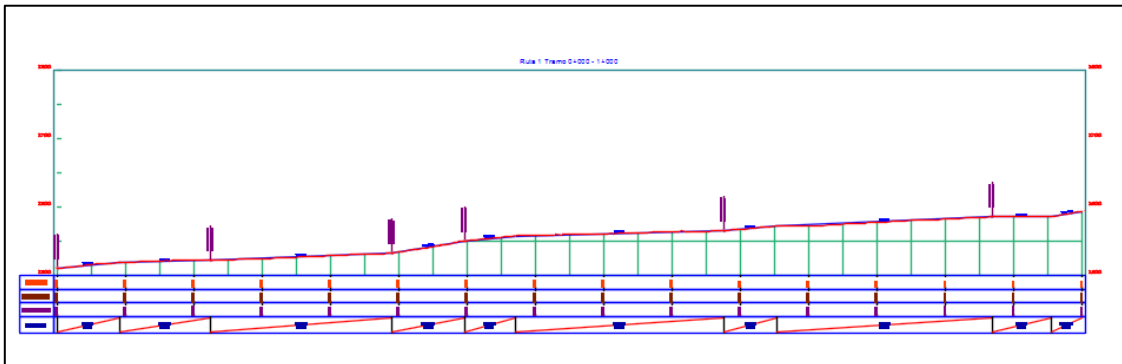


Figura N° 38: Perfil Longitudinal en Civil 3D

Fuente: Elaboración Propia

No.	PVI Station	PVI Elevation	Grade In	Grade Out	A (Grade Change)
1	0+000.00m	2510.490m		9.11%	
2	0+091.31m	2518.809m	9.11%	2.21%	6.90%
3	0+224.87m	2521.761m	2.21%	3.96%	1.75%
4	0+490.77m	2532.298m	3.96%	16.92%	12.95%
5	0+597.07m	2550.279m	16.92%	9.95%	6.97%
6	0+670.23m	2557.556m	9.95%	2.50%	7.45%
7	0+976.37m	2565.199m	2.50%	8.44%	5.94%
8	1+054.29m	2571.775m	8.44%	4.41%	4.03%
9	1+368.95m	2585.646m	4.41%	0.21%	4.20%
10	1+455.73m	2585.828m	0.21%	17.03%	16.82%
11	1+502.87m	2593.854m	17.03%	3.58%	13.45%
12	1+664.08m	2599.623m	3.58%	6.24%	2.66%
13	1+916.44m	2615.360m	6.24%	9.71%	3.47%
14	2+114.94m	2634.633m	9.71%	3.62%	6.08%
15	2+219.35m	2638.417m	3.62%	9.29%	5.66%
16	2+378.58m	2653.208m	9.29%	5.22%	4.07%
17	2+899.32m	2680.396m	5.22%	2.57%	2.65%
18	3+339.99m	2691.725m	2.57%	0.29%	2.28%
19	3+452.54m	2692.050m	0.29%	-1.82%	2.10%
20	4+037.98m	2681.419m	-1.82%	2.79%	4.60%
21	4+451.92m	2692.953m	2.79%	5.14%	2.36%
22	4+594.37m	2700.278m	5.14%	1.28%	3.86%
23	4+948.16m	2704.811m	1.28%	-0.35%	1.63%
24	5+055.68m	2704.439m	-0.35%	7.52%	7.87%
25	5+100.12m	2707.781m	7.52%	-0.45%	7.97%

Figura N° 39: Datos del Perfil Longitudinal en Civil 3D

Fuente: Elaboración Propia

- Una vez obtenida las pendientes se procedió a exportarlo al programa Microsoft Excel para evaluar las pendientes obtenidas del Autodesk Civil 3D (Ver Figura N°40).

No.	Progresiva (m)	Elevación (m)	Distancia (m)	Dif. Altura (m)	Pendiente %	Clasificación
1	0+000.000	2510.490m				
2	0+091.310	2518.809m	91.310m	8.319	9.11%	Pendiente Maxima
3	0+224.870	2521.761m	133.860m	2.952	2.21%	Pendiente Minima
4	0+490.770	2532.298m	265.900m	10.537	3.96%	Pendiente Minima
5	0+597.070	2550.279m	106.300m	17.981	16.92%	Pendiente Maxima Excepcional
6	0+670.230	2557.556m	73.160m	7.277	9.95%	Pendiente Maxima
7	0+976.370	2565.199m	306.140m	7.643	2.50%	Pendiente Minima
8	1+054.290	2571.775m	77.920m	6.576	8.44%	Pendiente Maxima
9	1+368.950	2585.646m	314.660m	13.871	4.41%	Pendiente Minima
10	1+455.730	2585.828m	86.780m	0.182	0.21%	Pendiente Minima
11	1+502.870	2593.854m	47.140m	8.026	17.03%	Pendiente Maxima Excepcional
12	1+664.080	2599.623m	161.210m	5.769	3.58%	Pendiente Minima
13	1+916.440	2615.360m	252.360m	15.737	6.24%	Pendiente Maxima
14	2+114.940	2634.633m	198.500m	19.273	9.71%	Pendiente Maxima
15	2+219.350	2638.417m	104.410m	3.784	3.62%	Pendiente Minima
16	2+378.580	2653.208m	159.230m	14.791	9.29%	Pendiente Maxima
17	2+899.320	2680.396m	520.740m	27.188	5.22%	Pendiente Maxima
18	3+339.990	2691.725m	440.670m	11.329	2.57%	Pendiente Minima
19	3+452.540	2692.050m	112.550m	0.325	0.29%	Pendiente Minima
20	4+037.980	2681.419m	585.340m	10.691	1.82%	Pendiente Minima
21	4+451.920	2692.953m	413.940m	11.594	2.79%	Pendiente Minima
22	4+594.370	2700.278m	142.450m	7.325	5.14%	Pendiente Maxima
23	4+948.160	2704.811m	353.790m	4.533	1.28%	Pendiente Minima
24	5+055.680	2704.439m	107.520m	0.372	0.35%	Pendiente Minima
25	5+100.120	2707.781m	66.440m	3.343	7.52%	Pendiente Maxima

Figura N° 40: Datos de pendientes en Microsoft Excel

Fuente: Elaboración Propia

- También se obtuvo el registro de velocidades durante el recorrido a lo largo de la carretera, para ello fue necesario exportar de la data del Gobl Mapper en formato kmz (ver figura N° 41) y luego se importó al Google Earth (ver figura N°42).

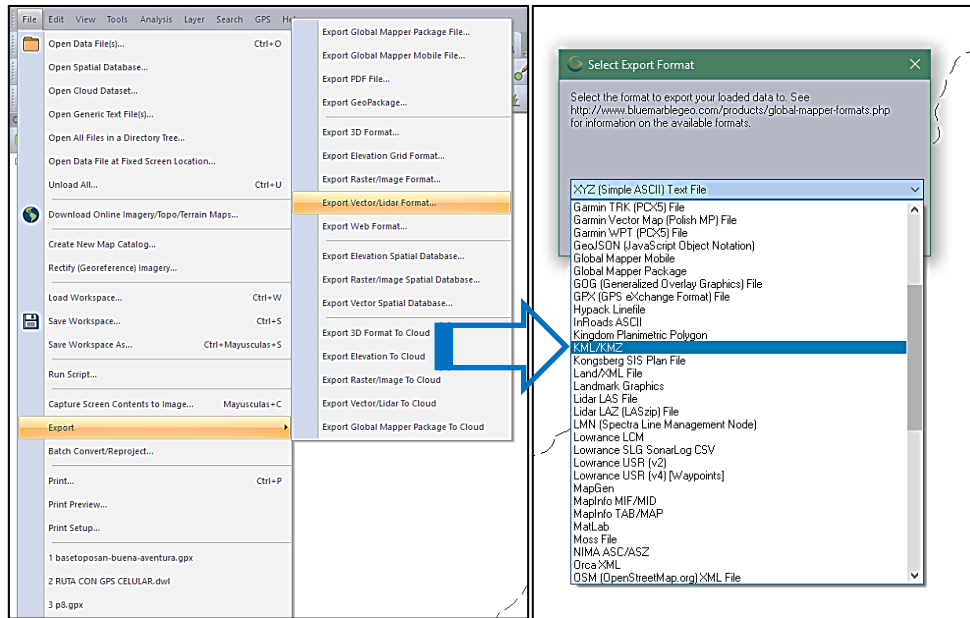


Figura N°41: Exportando del Global Mapper en formato KMZ.

Fuente: Google Earth

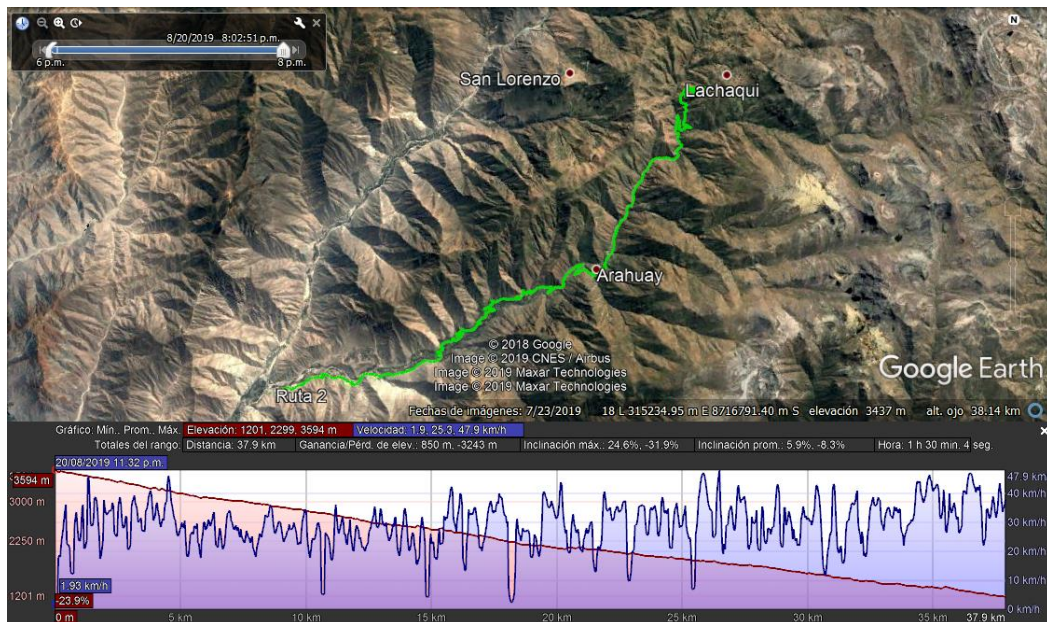


Figura N°42: Perfil de velocidades en Google Earth.

Fuente: Google Earth

4.2.3 Vehículo tipo de la provincia de Canta

Durante la visita a campo, los vehículos vistos durante las 8 horas de estancia en la carretera más crítica, ruta Lachaqui - Quives, se observó minivans, camiones de carga para comercio y volquetes tal como se muestra en la figura N° 43. Sin embargo, este último se trasladaba al distrito de Quives, ver Anexo 03.

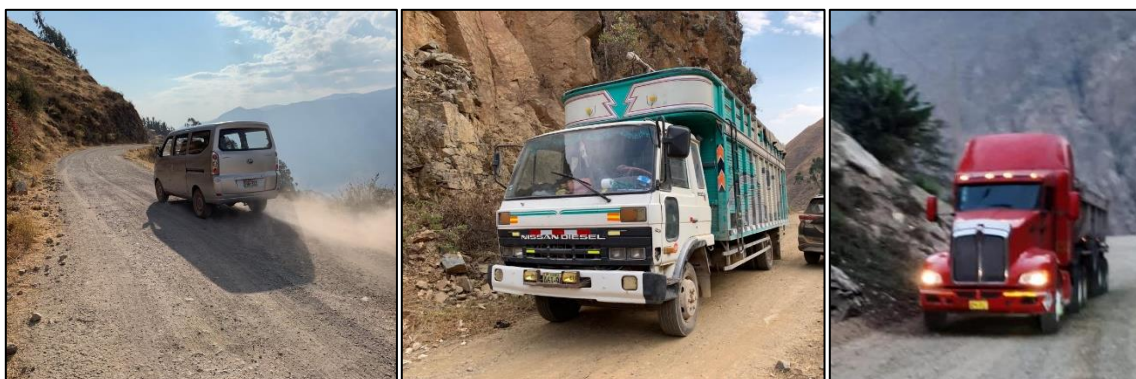


Figura N°43: Vehículos visto en ruta Lachaqui-Quives

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, se considerará como el vehículo tipo el Camión Nissan Condor, ver figura N° 44, debido a que, se observó en diferentes puntos de ambas carreteras recorridas y debido al tipo de comercio predominante en la zona, siendo esta la agricultura y la ganadería.



Figura N°44: Camión Nissan Condor

Fuente: Elaboración propia

4.3. Estándares Pendientes

4.3.1 Longitud Pendiente Máxima

Luego de procesar la información de campo se obtuvo las pendientes para la primera ruta N°01 (ver figura N° 45) y la ruta N°02 (ver figura N° 46) con la ayuda del programa Autodesk Civil 3D con la que se pudo revisar si cumple con la norma DG-2018, según lo descrito en el capítulo II, que indica que para la pendiente mínima debe ser 0.5% y para la pendiente máxima debe ser 10%.

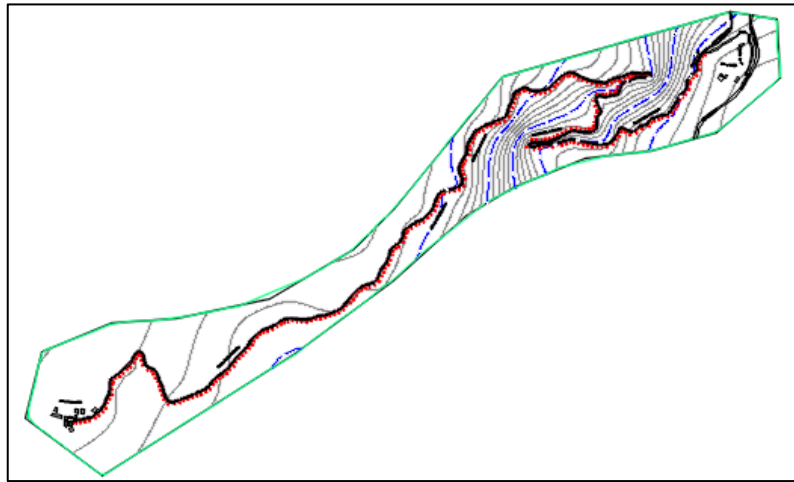


Figura N°45: San Buenaventura a Tambo de 5.31 km - ruta N 1

Fuente: Elaboración propia

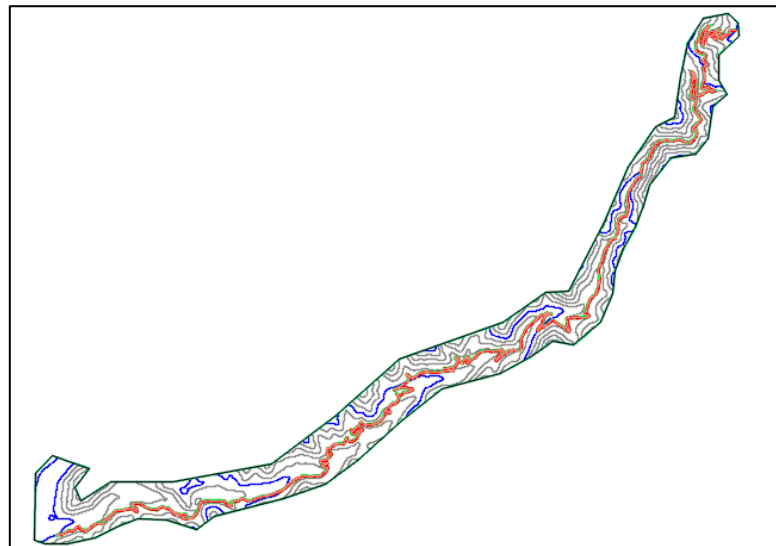


Figura N°46: Lachaqui –Quives de 38.42 km - ruta N° 2

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N° 21, se observó que los tramos 9, 18, 23 y 25 son menores que el 0.5% indicado en la norma DG-2018, mientras que, en los tramos 4 y 10, las pendientes son superiores al 10%. Entonces, la pendiente mínima y máxima para la ruta N° 01 es de 17.03% y 0.21% con una longitud de 47.14 m y 86.78 m respectivamente.

Tabla N° 21: Pendientes de la Ruta N° 01

Tramo	Progresiva (m)	Elevación (m)	Distancia (m)	Altura (m)	Pendiente	Norma DG-2018
0	0+000.000	2510.490				
1	0+091.310	2518.809	91.310	8.319	9.11%	Cumple
2	0+224.870	2521.761	133.560	2.952	2.21%	Cumple
3	0+490.770	2532.298	265.900	10.537	3.96%	Cumple
4	0+597.070	2550.279	106.300	17.981	16.92%	No cumple
5	0+670.230	2557.556	73.160	7.277	9.95%	Cumple
6	0+976.370	2565.199	306.140	7.643	2.50%	Cumple
7	1+054.290	2571.775	77.920	6.576	8.44%	Cumple
8	1+368.950	2585.646	314.660	13.871	4.41%	Cumple
9	1+455.730	2585.828	86.780	0.182	0.21%	No cumple
10	1+502.870	2593.854	47.140	8.026	17.03%	No cumple
11	1+664.080	2599.623	161.210	5.769	3.58%	Cumple
12	1+916.440	2615.360	252.360	15.737	6.24%	Cumple
13	2+114.940	2634.633	198.500	19.273	9.71%	Cumple
14	2+219.350	2638.417	104.410	3.784	3.62%	Cumple
15	2+378.580	2653.208	159.230	14.791	9.29%	Cumple
16	2+899.320	2680.396	520.740	27.188	5.22%	Cumple
17	3+339.990	2691.725	440.670	11.329	2.57%	Cumple
18	3+452.540	2692.050	112.550	0.325	0.29%	No cumple
19	4+037.980	2681.419	585.440	10.631	1.82%	Cumple
20	4+451.920	2692.953	413.940	11.534	2.79%	Cumple
21	4+594.370	2700.278	142.450	7.325	5.14%	Cumple
22	4+948.160	2704.811	353.790	4.533	1.28%	Cumple
23	5+055.680	2704.439	107.520	0.372	0.35%	No cumple
24	5+100.120	2707.781	44.440	3.342	7.52%	Cumple
25	5+227.030	2707.216	126.910	0.565	0.45%	No cumple

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 22, se observó las pendientes hasta la progresiva 4+744.40 de la ruta N° 02, indica que los tramos 7, 9, 11, 13, 15, 16, 17, 20, 22 y 24 son superiores al 10% indicados en la norma DG-2018, siendo la máxima de 23.94% con una longitud de 38.65 m.

Tabla N° 22: Pendientes de Ruta N° 02 desde la progresiva 0+000.00 hasta 4+744.40

Tramo	Progresiva (m)	Elevación (m)	Distancia (m)	Altura (m)	Pendiente	Norma DG-2018
0	0+000.000	3604.183				
1	0+387.960	3582.962	387.96	21.221	5.47%	Cumple
2	0+722.790	3552.536	334.830	30.426	9.09%	Cumple
3	0+844.470	3548.041	121.680	4.495	3.69%	Cumple
4	1+312.710	3502.890	468.240	45.151	9.64%	Cumple
5	1+539.540	3489.325	226.830	13.565	5.98%	Cumple
6	2+072.790	3443.116	533.250	46.209	8.67%	Cumple
7	2+186.860	3427.313	114.070	15.803	13.85%	No cumple
8	2+394.190	3418.324	207.330	8.989	4.34%	Cumple
9	2+595.120	3398.047	200.930	20.277	10.09%	No cumple
10	2+661.620	3396.928	66.500	1.119	1.68%	Cumple
11	2+819.580	3372.136	157.960	24.792	15.70%	No cumple
12	3+082.370	3357.045	262.790	15.091	5.74%	Cumple
13	3+121.020	3347.791	38.650	9.254	23.94%	No cumple
14	3+149.770	3345.391	28.750	2.400	8.35%	Cumple
15	3+240.050	3336.157	90.280	9.234	10.23%	No cumple
16	3+402.240	3316.857	162.190	19.300	11.90%	No cumple
17	3+449.500	3310.084	47.260	6.773	14.33%	No cumple
18	3+567.130	3300.545	117.630	9.539	8.11%	Cumple
19	3+847.180	3285.210	280.050	15.335	5.48%	Cumple
20	3+902.950	3277.360	55.770	7.850	14.08%	No cumple
21	4+157.180	3262.574	254.230	14.786	5.82%	Cumple
22	4+442.550	3232.250	285.370	30.324	10.63%	No cumple
23	4+543.190	3226.168	100.640	6.082	6.04%	Cumple
24	4+690.970	3210.305	147.780	15.863	10.73%	No cumple
25	4+744.400	3209.410	53.430	0.895	1.68%	Cumple

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 23, se observó la clasificación de pendientes desde la progresiva 4+744.40 hasta 9+207.39 de la ruta N° 02, indica que los tramos 28, 32, 40 y 43 son superiores al 10% indicados en la norma DG-2018, siendo la máxima 14.03% con una longitud de 63.21 m.

Tabla N° 23: Pendientes de Ruta N° 02 desde la progresiva 4+744.40 hasta 9+207.39

Tramo	Progresiva (m)	Elevación (m)	Distancia (m)	Altura (m)	Pendiente	Norma DG-2018
26	5+214.790	3165.662	470.390	43.748	9.30%	Cumple
27	5+577.190	3146.646	362.400	19.016	5.25%	Cumple
28	5+640.400	3137.779	63.210	8.867	14.03%	No cumple
29	5+668.470	3135.297	28.070	2.482	8.84%	Cumple
30	5+712.080	3133.040	43.610	2.257	5.18%	Cumple
31	5+819.800	3122.830	107.720	10.210	9.48%	Cumple
32	6+004.790	3101.495	184.990	21.335	11.53%	No cumple
33	6+054.970	3098.668	50.180	2.827	5.63%	Cumple
34	6+398.590	3073.205	343.620	25.463	7.41%	Cumple
35	6+531.270	3060.351	132.680	12.854	9.69%	Cumple
36	6+762.390	3048.270	231.120	12.081	5.23%	Cumple
37	7+321.040	3015.465	558.650	32.805	5.87%	Cumple
38	7+638.790	2989.411	317.750	26.054	8.20%	Cumple
39	7+968.980	2980.259	330.190	9.152	2.77%	Cumple
40	8+125.630	2959.392	156.650	20.867	13.32%	No cumple
41	8+188.980	2956.138	63.350	3.254	5.14%	Cumple
42	8+257.860	2950.708	68.880	5.430	7.88%	Cumple
43	8+297.910	2945.623	40.050	5.085	12.70%	No cumple
44	8+424.280	2942.227	126.370	3.396	2.69%	Cumple
45	8+536.200	2934.844	111.920	7.383	6.60%	Cumple
46	8+624.990	2927.970	88.790	6.874	7.74%	Cumple
47	8+742.490	2924.654	117.500	3.316	2.82%	Cumple
48	8+945.180	2909.258	202.690	15.396	7.60%	Cumple
49	9+030.920	2907.753	85.740	1.505	1.76%	Cumple
50	9+207.390	2893.273	176.470	14.480	8.21%	Cumple

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 24, se observó la clasificación de pendientes desde la progresiva 9+207.39 hasta 15+0.001.95 de la ruta N° 02, indica que los tramos 52,53,57,61,63,65,68 y 75 son superiores al 10% indicados en la norma DG-2018, siendo la máxima 20.80% con una longitud de 54.07 m.

Tabla N° 24: Pendientes de Ruta N° 02 desde la progresiva 9+207.39 hasta 15+001.95

Tramo	Progresiva (m)	Elevación (m)	Distancia (m)	Altura (m)	Pendiente	Norma DG- 2018
51	9+622.280	2875.517	414.890	17.756	4.28%	Cumple
52	9+647.140	2872.568	24.860	2.949	11.86%	No cumple
53	9+701.210	2861.321	54.070	11.247	20.80%	No cumple
54	9+765.000	2858.087	63.790	3.234	5.07%	Cumple
55	9+843.750	2850.766	78.750	7.321	9.30%	Cumple
56	9+964.940	2846.800	121.190	3.966	3.27%	Cumple
57	10+222.370	2819.343	257.430	27.457	10.67%	No cumple
58	10+470.390	2799.940	248.020	19.403	7.82%	Cumple
59	10+738.990	2781.839	268.600	18.101	6.74%	Cumple
60	10+860.540	2770.511	121.550	11.328	9.32%	Cumple
61	11+128.020	2739.943	267.480	30.568	11.43%	No cumple
62	11+715.590	2713.767	587.570	26.176	4.45%	Cumple
63	11+914.190	2687.612	198.600	26.155	13.17%	No cumple
64	12+057.270	2680.331	143.080	7.281	5.09%	Cumple
65	12+165.130	2665.912	107.860	14.419	13.37%	No cumple
66	12+288.710	2658.020	123.580	7.892	6.39%	Cumple
67	12+981.520	2607.317	692.810	50.703	7.32%	Cumple
68	13+053.560	2597.880	72.040	9.437	13.10%	No cumple
69	13+201.420	2595.826	147.860	2.054	1.39%	Cumple
70	13+284.370	2588.911	82.950	6.915	8.34%	Cumple
71	13+866.940	2576.423	582.570	12.488	2.14%	Cumple
72	14+074.180	2563.976	207.240	12.447	6.01%	Cumple
73	14+621.880	2549.048	547.700	14.928	2.73%	Cumple
74	14+735.600	2544.533	113.720	4.515	3.97%	Cumple
75	15+001.950	2511.687	266.350	32.846	12.33%	No cumple

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 25, se observó la clasificación de pendientes desde la progresiva 15+0.001.95 hasta 21+643.76 de la ruta N° 02, indica que el tramo 95 es inferior al 0.5% y los tramos 82, 87, 88 y 89 son superiores al 10% indicado en la norma DG-2018, siendo la mínima y máxima de 0.35% y 20.80% con una longitud de 323.02 m y 54.07 m respectivamente.

Tabla N° 25: Pendientes de Ruta N° 02 desde la progresiva 15+001.95 hasta 21+643.76

Tramo	Progresiva (m)	Elevación (m)	Distancia (m)	Altura (m)	Pendiente	Norma DG- 2018
76	15+240.140	2494.704	238.190	16.983	7.13%	Cumple
77	15+639.480	2482.135	399.340	12.569	3.15%	Cumple
78	16+235.980	2429.988	596.500	52.147	8.74%	Cumple
79	16+568.470	2420.938	332.490	9.050	2.72%	Cumple
80	16+758.900	2411.867	190.430	9.071	4.76%	Cumple
81	16+966.690	2393.583	207.790	18.284	8.80%	Cumple
82	17+018.500	2385.732	51.810	7.851	15.15%	No cumple
83	17+362.560	2369.909	344.060	15.823	4.60%	Cumple
84	17+592.960	2356.283	230.400	13.626	5.91%	Cumple
85	17+911.440	2329.111	318.480	27.172	8.53%	Cumple
86	18+057.680	2320.467	146.240	8.644	5.91%	Cumple
87	18+222.700	2287.987	165.020	32.480	19.68%	No cumple
88	18+416.200	2254.836	193.500	33.151	17.13%	No cumple
89	18+501.350	2243.019	85.150	11.817	13.88%	No cumple
90	18+817.980	2220.261	316.630	22.758	7.19%	Cumple
91	19+383.980	2193.007	566.000	27.254	4.82%	Cumple
92	19+748.630	2169.517	364.650	23.490	6.44%	Cumple
93	19+865.720	2159.429	117.090	10.088	8.62%	Cumple
94	20+110.180	2148.812	244.460	10.617	4.34%	Cumple
95	20+433.200	2147.674	323.020	1.138	0.35%	No cumple
96	20+701.180	2143.138	267.980	4.536	1.69%	Cumple
97	20+900.670	2148.812	199.490	5.674	2.84%	Cumple
98	21+099.350	2144.257	198.680	4.555	2.29%	Cumple
99	21+296.540	2132.928	197.190	11.329	5.75%	Cumple
100	21+643.760	2120.319	347.220	12.609	3.63%	Cumple

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 26, se observó la clasificación de pendientes desde la progresiva 21+643.76 hasta 25+844.95 de la ruta N° 02, indica que los tramos 103, 104, 109, 117, 119, 120 y 123 son superiores al 10% indicado en la norma DG-2018, siendo la máxima de 23.18% con una longitud de 26.76 m.

Tabla N° 26: Pendientes de Ruta N° 02 desde la progresiva 21+643.76 hasta 25+844.95

Tramo	Progresiva (m)	Elevación (m)	Distancia (m)	Altura (m)	Pendiente	Norma DG- 2018
101	21+973.860	2118.000	330.100	2.319	0.70%	Cumple
102	22+774.400	2073.764	800.540	44.236	5.53%	Cumple
103	22+857.880	2062.558	83.480	11.206	13.42%	No cumple
104	22+884.640	2056.355	26.760	6.203	23.18%	No cumple
105	22+952.990	2051.575	68.350	4.780	6.99%	Cumple
106	23+046.920	2047.813	93.930	3.762	4.01%	Cumple
107	23+159.230	2049.282	112.310	1.469	1.31%	Cumple
108	23+191.810	2047.793	32.580	1.489	4.57%	Cumple
109	23+255.520	2040.698	63.710	7.095	11.14%	No cumple
110	23+352.200	2038.661	96.680	2.037	2.11%	Cumple
111	24+090.080	2004.394	737.880	34.267	4.64%	Cumple
112	24+264.330	1998.960	174.250	5.434	3.12%	Cumple
113	24+359.720	1990.110	95.390	8.850	9.28%	Cumple
114	24+490.090	1988.771	130.370	1.339	1.03%	Cumple
115	24+698.390	1980.715	208.300	8.056	3.87%	Cumple
116	24+796.360	1975.158	97.970	5.557	5.67%	Cumple
117	24+895.650	1963.836	99.290	11.322	11.40%	No cumple
118	25+054.410	1960.337	158.760	3.499	2.20%	Cumple
119	25+091.230	1956.413	36.820	3.924	10.66%	No cumple
120	25+143.800	1947.891	52.570	8.522	16.21%	No cumple
121	25+401.190	1940.081	257.390	7.810	3.03%	Cumple
122	25+448.180	1935.668	46.990	4.413	9.39%	Cumple
123	25+482.820	1928.570	34.640	7.098	20.49%	No cumple
124	25+572.250	1924.075	89.430	4.495	5.03%	Cumple
125	25+844.950	1920.150	272.700	3.925	1.44%	Cumple

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 27, presenta la clasificación de pendientes desde la progresiva 25+844.95 hasta 29+694.51 de la ruta N° 02, indica que los tramos 132 y 148 son superiores al 10% indicado en la norma DG-2018, siendo la máxima de 23.18% con una longitud de 26.76 m.

Tabla N° 27: Pendientes de Ruta N° 02 desde la progresiva 25+844.95 hasta 29+694.51

Tramo	Progresiva (m)	Elevación (m)	Distancia (m)	Altura (m)	Pendiente	Norma DG- 2018
126	25+897.170	1918.116	52.220	2.034	3.90%	Cumple
127	26+046.340	1907.357	149.170	10.759	7.21%	Cumple
128	26+301.560	1899.527	255.220	7.830	3.07%	Cumple
129	26+415.540	1895.968	113.980	3.559	3.12%	Cumple
130	26+481.630	1891.697	66.090	4.271	6.46%	Cumple
131	26+620.400	1885.290	138.770	6.407	4.62%	Cumple
132	26+712.750	1874.653	92.350	10.637	11.52%	No cumple
133	26+791.820	1872.497	79.070	2.156	2.73%	Cumple
134	26+902.700	1865.399	110.880	7.098	6.40%	Cumple
135	26+976.580	1864.688	73.880	0.711	0.96%	Cumple
136	27+154.490	1854.742	177.910	9.946	5.59%	Cumple
137	27+370.660	1850.451	216.170	4.291	1.99%	Cumple
138	27+703.410	1832.675	332.750	17.776	5.34%	Cumple
139	27+787.980	1834.058	84.570	1.383	1.64%	Cumple
140	27+941.020	1828.994	153.040	5.064	3.31%	Cumple
141	28+123.530	1821.693	182.510	7.301	4.00%	Cumple
142	28+426.550	1806.642	303.020	15.051	4.97%	Cumple
143	28+499.630	1805.483	73.080	1.159	1.59%	Cumple
144	28+915.280	1778.799	415.650	26.684	6.42%	Cumple
145	29+119.820	1761.288	204.540	17.511	8.56%	Cumple
146	29+232.360	1758.970	112.540	2.318	2.06%	Cumple
147	29+364.630	1748.536	132.270	10.434	7.89%	Cumple
148	29+477.530	1735.703	112.900	12.833	11.37%	No cumple
149	29+561.060	1734.543	83.530	1.160	1.39%	Cumple
150	29+694.510	1727.588	133.450	6.955	5.21%	Cumple

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 28, se observó la clasificación de pendientes desde la progresiva 25+844.95 hasta 29+694.51 de la ruta N° 02, indica que el tramo 175 es menor al 0.5% y los tramos 154, 156, 157, 158 y 164 son superiores al 10% indicado en la norma DG-2018, siendo la mínima y máxima son de 0.21% y 23.13% con longitudes de 554.82 m y 85.43 m.

Tabla N° 28: Pendientes de Ruta N° 02 desde la progresiva 29+822.41 hasta 35+902.20

Tramo	Progresiva (m)	Elevación (m)	Distancia (m)	Altura (m)	Pendiente	Norma DG- 2018
151	29+822.410	1714.795	127.900	12.793	10.00%	Cumple
152	29+917.560	1711.317	95.150	3.478	3.66%	Cumple
153	30+695.260	1674.078	777.700	37.239	4.79%	Cumple
154	30+854.140	1655.392	158.880	18.686	11.76%	No cumple
155	31+274.270	1629.361	420.130	26.031	6.20%	Cumple
156	31+341.830	1618.447	67.560	10.914	16.15%	No cumple
157	31+427.260	1598.686	85.430	19.761	23.13%	No cumple
158	31+505.300	1587.925	78.040	10.761	13.79%	No cumple
159	31+698.760	1578.773	193.460	9.152	4.73%	Cumple
160	31+876.440	1569.458	177.680	9.315	5.24%	Cumple
161	32+212.940	1536.998	336.500	32.460	9.65%	Cumple
162	32+484.970	1526.463	272.030	10.535	3.87%	Cumple
163	32+730.910	1524.145	245.940	2.318	0.94%	Cumple
164	32+835.700	1511.372	104.790	12.773	12.19%	No cumple
165	32+886.750	1509.054	51.050	2.318	4.54%	Cumple
166	33+098.090	1490.464	211.340	18.590	8.80%	Cumple
167	33+427.780	1476.553	329.690	13.911	4.22%	Cumple
168	33+554.600	1475.292	126.820	1.261	0.99%	Cumple
169	33+820.460	1469.496	265.860	5.796	2.18%	Cumple
170	34+129.070	1453.286	308.610	16.210	5.25%	Cumple
171	34+399.920	1435.897	270.850	17.389	6.42%	Cumple
172	34+681.860	1426.623	281.940	9.274	3.29%	Cumple
173	34+966.550	1409.193	284.690	17.430	6.12%	Cumple
174	35+347.380	1398.719	380.830	10.474	2.75%	Cumple
175	35+902.200	1399.878	554.820	1.159	0.21%	No cumple

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 29, se observó la clasificación de pendientes desde la progresiva 35+902.20 hasta 38+123.03 de la ruta N° 02, indica que los tramos 178, 180, 182 y 187 son superiores al 10% indicado en la norma DG-2018, siendo la máxima de 13.41% con una longitud de 12.14 m.

Tabla N° 29: Pendientes de Ruta N° 02 desde progresiva 35+902.20 hasta 38+123.03

Tramo	Progresiva (m)	Elevación (m)	Distancia (m)	Altura (m)	Pendiente	Norma DG- 2018
176	36+208.920	1369.696	306.720	30.182	9.84%	Cumple
177	36+270.410	1367.378	61.490	2.318	3.77%	Cumple
178	36+330.920	1359.263	60.510	8.115	13.41%	No cumple
179	36+459.680	1353.466	128.760	5.797	4.50%	Cumple
180	36+652.590	1332.559	192.910	20.907	10.84%	No cumple
181	36+862.850	1319.725	210.260	12.834	6.10%	Cumple
182	37+048.510	1300.017	185.660	19.708	10.62%	No cumple
183	37+265.650	1283.706	217.140	16.311	7.51%	Cumple
184	37+488.040	1281.918	222.390	1.788	0.80%	Cumple
185	37+787.280	1255.334	299.240	26.584	8.88%	Cumple
186	37+908.240	1247.880	120.960	7.454	6.16%	Cumple
187	37+964.450	1241.058	56.210	6.822	12.14%	No cumple
188	38+123.030	1235.853	158.580	5.205	3.28%	Cumple

Fuente: Elaboración Propia

Velocidad durante la toma de datos

Con la app Wikiloc se registró la información en tiempo real y procesados en conjunto con los programas Global Mapper y con el Google Earth, se obtuvo los perfiles de velocidades a lo largo del recorrido en cada ruta, los mismos que se pueden apreciar en la figura N°47 y figura N° 48 para el tramo de San Buenaventura a Tambo de 5.31 km y tramo de Lachaqui –Quives de 38.42 km respectivamente.

En la figura N° 45, el perfil de velocidad muestra que lo máxima con lo que se recorrió fue de 39.70 km/h para la ruta N° 01, mientras que, en la figura N° 46, la velocidad máxima fue de 47.90 km/h para la ruta N° 02. Este último es mayor que la velocidad registrada en la ruta N° 01, debido a que, en el tramo final de la ruta N° 02, la carretera estaba en buenas condiciones por lo cual la camioneta aceleró.

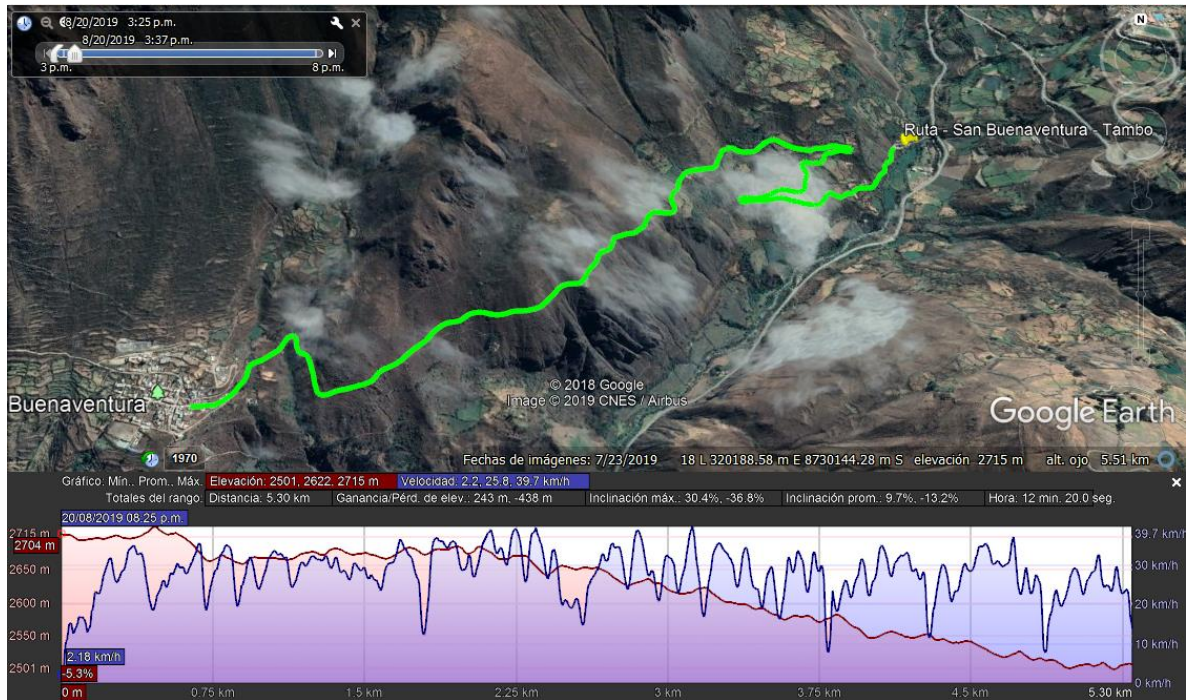


Figura N°47: Perfil de Velocidades de San Buenaventura a Tambo - Ruta 1

Fuente: Google Earth

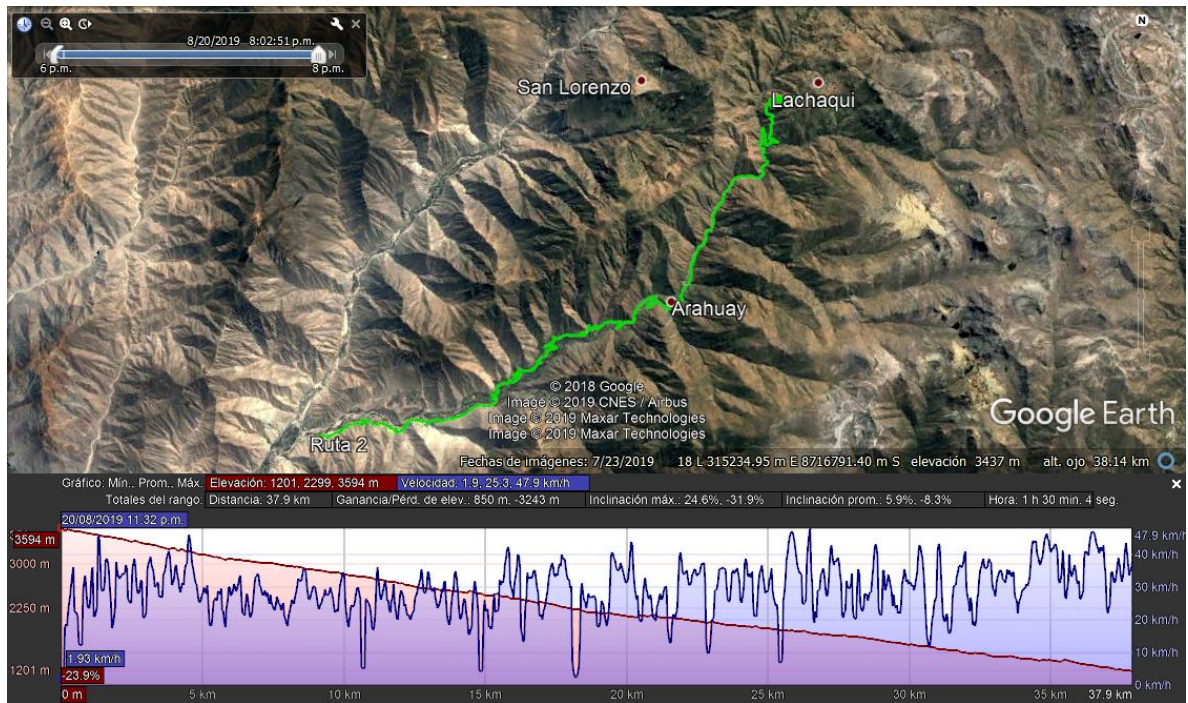


Figura N°48: Perfil de Velocidades de Lachaqui a Quives - Ruta 2

Fuente: Google Earth

Los perfiles de velocidad proporcionaron información con la que se recorrió ambas rutas con la camioneta Toyota. Entonces tenemos que, en la figura N° 49, la velocidad media es de 25.80 km/h, siendo la máxima y mínima de 39.70 km/h y 2.2 km/h respectivamente para la ruta N° 01, mientras que, para la ruta N° 02, según la figura N° 50, la velocidad media es 25.30 km/h, y la máxima y mínima es de 47.90 km/h y 1.90 km/h respectivamente.



Figura N°49: Velocidades de San Buenaventura a Tambo - Ruta 1

Fuente: Google Earth



Figura N°50: Velocidades de Lachaqui a Quives - Ruta 2

Fuente: Google Earth

CAPITULO V

PROPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Propuesta de estándar de pendientes

Se propone que la pendiente máxima de 10%, según el DG-2018, se eleve a 15% y excepcionalmente, a 17% tal como lo indica AASHTO, descrito en el capítulo II, además que las longitudes máximas sean de 100 m y 75 m respectivamente.

5.2. Vehículo de diseño

El vehículo tipo de la zona es un Nissan Condor, tal como se describió en el capítulo IV, pero se considerará como vehículo de diseño los camiones de las marcas Fuso (Mitsubishi) e Hino por ser las más vendidas en el año 2018 según la Asociación Automotriz del Perú. De la marca Fuso se evaluará el modelo FA 917 (figura N°51) y de la marca Hino, el camión Hino Serie 500 (figura N°52).



Figura N° 51: Camión Fuso FA 917 hasta 6.2 ton

Fuente: www.fuso.com.pe



Figura N° 52: Camión Hino Serie 500 hasta 12.5 ton

Fuente: www.hinoperu.com.pe

Se tomó la información de las especificaciones técnicas descritas en la página web de cada marca de los camiones a evaluar y se presenta la tabla N° 30 y N° 31 con los datos relevantes, tales como el peso bruto vehicular, en el eje trasero, en el delantero, la potencia, el torque, la relación de transmisión en primera, la relación del diferencial en eje posterior y los neumáticos que utilizan los camiones:

Tabla N° 30: Datos del Camión Fuso FA 917.

Código de Modelo	=	FAV1PK2L	
Peso bruto en eje trasero	=	6090.00	kg
Peso bruto en eje delantero	=	3510.00	kg
Peso bruto vehicular	=	9600.00	kg
Peso seco	=	3395.00	kg
Capacidad de carga bruta	=	6205.00	kg
Relación de transmisión en 1ra	=	5.40	
Relación del diferencial eje posterior	=	5.13	
Potencia	=	170	HP
Torque	=	53	Kgf-.m
Neumáticos	=	235/75 R17.5	

Fuente: www.fuso.com.pe

Tabla N° 31: Datos del Camión Hino Serie 500.

Código de Modelo	=	GD1226	
Peso bruto en eje trasero	=	8500.00	kg
Peso bruto en eje delantero	=	4500.00	kg
Peso bruto vehicular	=	12500.00	kg
Peso seco	=	3875.00	kg
Capacidad de carga bruta	=	8625.00	kg
Relación de transmisión en 1ra	=	6.746	
Relación del diferencial eje posterior	=	6.453	
Potencia	=	251	HP
Torque	=	75	Kgf-m
Neumáticos	=	255/70 R22.5	

Fuente: www.hinoperu.com.pe

5.3. Capacidad de ascenso de los vehículos

Se calculó la capacidad de ascenso para ambos camiones, mediante los dos métodos descritos en el Capítulo II y con la información de la tabla N° 30 y N° 31.

Para el camión Fuso FA 917

Por el Método de Paraud:

- a) Revoluciones del neumático por milla:

$$N = \frac{31673.23}{\pi * r} = \frac{31673.23}{\pi * 17.5} = 576.11$$

- b) Desmultiplicación de engranaje:

$$R = (R_{1ra}) * (R_{dif}) = 5.40 * 5.13 = 27.70$$

- c) Eficiencia en línea de propulsión:

$$E = 0.90 \text{ en primera}$$

- d) Par de fuerzas en libras-pie.

$$T = Torque * 7.233 = 53 * 7.233 = 311.02$$

- e) Esfuerzo tractor en libras:

$$Et = 0.00119 * T * E * R * N = 6187.20$$

- f) Coeficiente de rendimiento:

$$Cr = \frac{Et * 1000}{Pb} = \frac{6187.20 * 1000}{21164.35} = 292.34$$

- g) Capacidad de ascenso:

$$Pend = \frac{Cr - Rr}{10} = \frac{292.34 - 20}{10} = 28.95\%$$

Por el Método de la Asociación Ingeniería Automotriz (SAE J2469):

- a) Radio efectivo de rodado de las ruedas:

$$re = r * 0.0254 = 17.5 * 0.0254 = 0.4445 \text{ m}$$

- b) Peso bruto vehicular:

$$P = 9.60 \text{ ton}$$

- c) Razón de engranes para la primera marcha:

$$Rt = Relación \text{ en } 1ra = 5.40$$

- d) Razón de engranajes del eje diferencial:

$$Rt = Relación \text{ diferencial} = 5.13$$

- e) Par del motor:

$$Te = T * 9.81 = 53 * 9.81 = 519.93 \text{ N.m}$$

f) Capacidad de ascenso:

$$S = \frac{Te * Rt * Ra}{125 * P * re} = \frac{519.93 * 5.40 * 5.13}{125 * 9.60 * 0.4445} = 27\%$$

Para el camión Hino Serie 500

Por el Método de Paraud:

a) Revoluciones del neumático por milla:

$$N = \frac{31673.23}{\pi * r} = \frac{31673.23}{\pi * 22.5} = 448$$

b) Desmultiplicación de engranaje:

$$R = (R_{1ra}) * (R_{dif}) = 6.746 * 6.453 = 43.53$$

c) Eficiencia en línea de propulsión:

$$E = 0.90 \text{ en primera}$$

d) Par de fuerzas en libras-pie.

$$T = Torque * 7.233 = 75 * 7.233 = 542.475$$

e) Esfuerzo tractor en libras:

$$Et = 0.00119 * T * E * R * N = 11330.66$$

f) Coeficiente de rendimiento:

$$Cr = \frac{Et * 1000}{Pb} = \frac{11330.66 * 1000}{27557.75} = 411.16$$

g) Capacidad de ascenso:

$$Pend = \frac{Cr - Rr}{10} = \frac{411.16 - 20}{10} = 39.12\%$$

Por el Método de la Asociación de Ingeniería Automotriz (SAE J2469):

a) Radio efectivo de rodado de las ruedas:

$$re = r * 0.0254 = 22.5 * 0.0254 = 0.5715 \text{ m}$$

b) Peso bruto vehicular:

$$P = 12.50 \text{ ton}$$

c) Razón de engranes para la primera marcha:

$$Rt = Relación \text{ en } 1ra = 6.746$$

d) Razón de engranajes del eje diferencial:

$$Ra = \text{Relación diferencial} = 6.453$$

e) Par del motor:

$$Te = T * 9.81 = 75 * 9.81 = 735.75 \text{ N.m}$$

f) Capacidad de ascenso:

$$S = \frac{Te * Rt * Ra}{125 * P * re} = \frac{735.75 * 6.746 * 6.453}{125 * 12.50 * 0.5715} = 35.87\%$$

5.4. Efectos de las pendientes en los vehículos

Para obtener los efectos de las pendientes en ambos camiones, se necesitó conocer la velocidad de régimen.

Para el camión Fuso completamente cargado

Se tiene la siguiente expresión:

$$\frac{270 * HP}{V} * K = K_A * A * V_a^2 + K_R * W + \frac{W * P}{100}$$

Con la información presentada en la tabla N° 30, se procedió a reemplazar los datos en cada componente de la expresión anterior:

$$\text{Fuerza tractiva:} \quad Ft = \frac{270 * HP}{V} * K = \frac{270 * 170}{V} * 0.9$$

$$\text{Resistencia al aire:} \quad Ra = K_A * A * V_a^2 = 0.0054 * 8 * V^2$$

$$\text{Resistencia al rodamiento:} \quad Rn = K_R * W = 9600 * 0.05$$

$$\text{Resistencia por pendiente:} \quad Rp = \frac{W * P}{100} = 9600 * P$$

Reemplazando, se obtuvo una ecuación en función de la velocidad (V) y la pendiente (P):

$$\frac{270 * 170}{V} * 0.9 = 0.0054 * 8 * V^2 + 9600 * 0.05 + 9600 * P$$

$$41310 = 0.0432 * V^3 + (480 + 9600 * P) * V$$

Para la pendiente de 1%, se presenta la siguiente expresión:

$$0.0432 * V^3 + 576 * V - 41310 = 0$$

Por último, al resolver la ecuación cubica se obtuvo que la velocidad de régimen es de 57.48 km/h para la pendiente dada. Este procedimiento se volvió a realizar para pendientes de 2% hasta 24%, ver anexo N° 03, y se obtuvo las velocidades indicadas en la tabla N°32.

Tabla N° 32: Velocidades para pendientes de 1 al 24% para Camión Fuso.

P	Ecuación para cada valor de P	V (km/h)
1%	$0.0432 * V^3 + 576 * V - 41310 = 0$	57.48
2%	$0.0432 * V^3 + 672 * V - 41310 = 0$	52.28
3%	$0.0432 * V^3 + 768 * V - 41310 = 0$	47.69
4%	$0.0432 * V^3 + 864 * V - 41310 = 0$	43.65
5%	$0.0432 * V^3 + 960 * V - 41310 = 0$	40.12
6%	$0.0432 * V^3 + 1056 * V - 41310 = 0$	37.04
7%	$0.0432 * V^3 + 1152 * V - 41310 = 0$	34.34
8%	$0.0432 * V^3 + 1248 * V - 41310 = 0$	31.97
9%	$0.0432 * V^3 + 1344 * V - 41310 = 0$	29.88
10%	$0.0432 * V^3 + 1440 * V - 41310 = 0$	28.03
11%	$0.0432 * V^3 + 1536 * V - 41310 = 0$	26.38
12%	$0.0432 * V^3 + 1632 * V - 41310 = 0$	24.90
13%	$0.0432 * V^3 + 1728 * V - 41310 = 0$	23.58
14%	$0.0432 * V^3 + 1824 * V - 41310 = 0$	22.38
15%	$0.0432 * V^3 + 1920 * V - 41310 = 0$	21.30
16%	$0.0432 * V^3 + 2016 * V - 41310 = 0$	20.31
17%	$0.0432 * V^3 + 2112 * V - 41310 = 0$	19.41
18%	$0.0432 * V^3 + 2208 * V - 41310 = 0$	18.58
19%	$0.0432 * V^3 + 2304 * V - 41310 = 0$	17.82
20%	$0.0432 * V^3 + 2400 * V - 41310 = 0$	17.12
21%	$0.0432 * V^3 + 2496 * V - 41310 = 0$	16.47
22%	$0.0432 * V^3 + 2592 * V - 41310 = 0$	15.87
23%	$0.0432 * V^3 + 2688 * V - 41310 = 0$	15.31
24%	$0.0432 * V^3 + 2784 * V - 41310 = 0$	14.79

Fuente: Elaboración Propia

Con los datos obtenidos se observó que el camión Fuso con una velocidad aproximada de 20 km/h puede transitar pendientes de 15 % al 17%. Luego de calcular las velocidades de

régimen, se procedió a calcular la fuerza disponible y la distancia recorrida para caídas de velocidad cada 2 km/h para pendiente de 1%, entonces:

$$Fd = \frac{270 \text{ HP}}{V} K - (K_A A V_a^2 + K_R W + \frac{WP}{100})$$

Con los datos de la tabla N° 30 y considerando una velocidad de entrada de 90 km/h, se reemplazó en cada componente de la expresión anterior se obtiene lo siguiente:

$$\text{Fuerza tractiva: } Ft = \frac{270 * \text{HP}}{V} * K = \frac{270 * 170}{90} * 0.9$$

$$\text{Resistencia al aire: } Ra = K_A * A * V_a^2 = 0.0054 * 8 * 40^2$$

$$\text{Resistencia al rodamiento: } Rn = K_R * W = 9600 * 0.05$$

$$\text{Resistencia por pendiente: } Rp = \frac{W * P}{100} = 9600 * 0.01$$

Entonces, Fd es -466.92 kg, luego se reemplazó este valor en la ecuación N° 32, entonces el valor de Δl , cuando la velocidad de salida es 88 km/h, es la siguiente:

$$\Delta l = \frac{W * (V_2^2 - V_1^2)}{254 * Fd} = \frac{9600 * (88^2 - 90^2)}{254 * (-466.92)} = 28.82 \text{ m}$$

Este valor indica que el camión Fuso experimenta una caída de velocidad de 90 km/h a 88 km/h luego de recorrer 28.82 m en un tramo en pendiente de 1%.

En la tabla N° 33, se muestra las distancias para caídas de velocidad de 2 km/h hasta que llegar a su velocidad de régimen, luego se repitió el mismo procedimiento para las pendientes de 2% al 24% tal como se adjunta en el Anexo N° 03. Con esta información se graficaron las curvas de deceleración que se muestran en la figura N° 53, N° 54 y N° 55.

La figura N° 53, se observó que el comportamiento del camión Fuso para pendientes de 1% al 10%. Un ejemplo para entender estas curvas es cuando el camión ingresa con una velocidad de 90 km/h a una pendiente de 1% debe recorrer 1212.71 m para alcanzar su velocidad de régimen de 57.48 km/h. Otro ejemplo es para la pendiente de 2%, el vehículo debe recorrer una distancia de 967.86 m para alcanzar su velocidad de régimen de 52.28 km/h. En ambos casos, luego de alcanzar su velocidad de régimen, el camión recorre el tramo en pendiente sin presentar pérdida de velocidad.

Sin embargo, cuando la velocidad de entrada es diferente a a los 90 km/h, se ubica la velocidad que se quiere evaluar en el eje correspondiente, luego se intersecta con la pendiente

y se repite el proceso anteriormente descrito. Por ejemplo, si se considera una velocidad de entrada de 60 km/h, deberá recorrer 458.46 m hasta llegar a su velocidad de régimen.

Bajo el mismo criterio anteriormente descrito, se observó el comportamiento del camión Fuso para las pendientes del 10% al 17% y 18% al 24% en la figura N° 54 y N° 55 respectivamente, sin embargo, a diferencia de la figura N° 51, ambas presentan una mayor caída de velocidad en menor distancia recorrida. Por ejemplo, el camión Fuso ingresa con una velocidad de 90 km/h a una pendiente de 12%, deberá recorrer 325.23 m para llevar a su velocidad de régimen.

Tabla N° 33: Distancias parciales para cada velocidad-Camión Fuso.

V. Entrada (km/h)	V. Salida (km/h)	Fd (kg)	Δl (m)
90.00	88.00	-466.92	28.82
88.00	86.00	-441.11	58.63
86.00	84.00	-415.16	89.59
84.00	82.00	-389.03	121.84
82.00	80.00	-362.70	155.60
80.00	78.00	-336.11	191.14
78.00	76.00	-309.21	228.79
76.00	74.00	-281.97	269.00
74.00	72.00	-254.32	312.39
72.00	70.00	-226.20	359.85
70.00	68.00	-197.54	412.65
68.00	66.00	-168.26	472.85
66.00	64.00	-138.27	543.92
64.00	62.00	-107.48	632.54
62.00	60.00	-75.77	754.25
60.00	58.00	-43.02	961.59
58.00	57.48	-9.08	1212.71

Fuente: Elaboración Propia

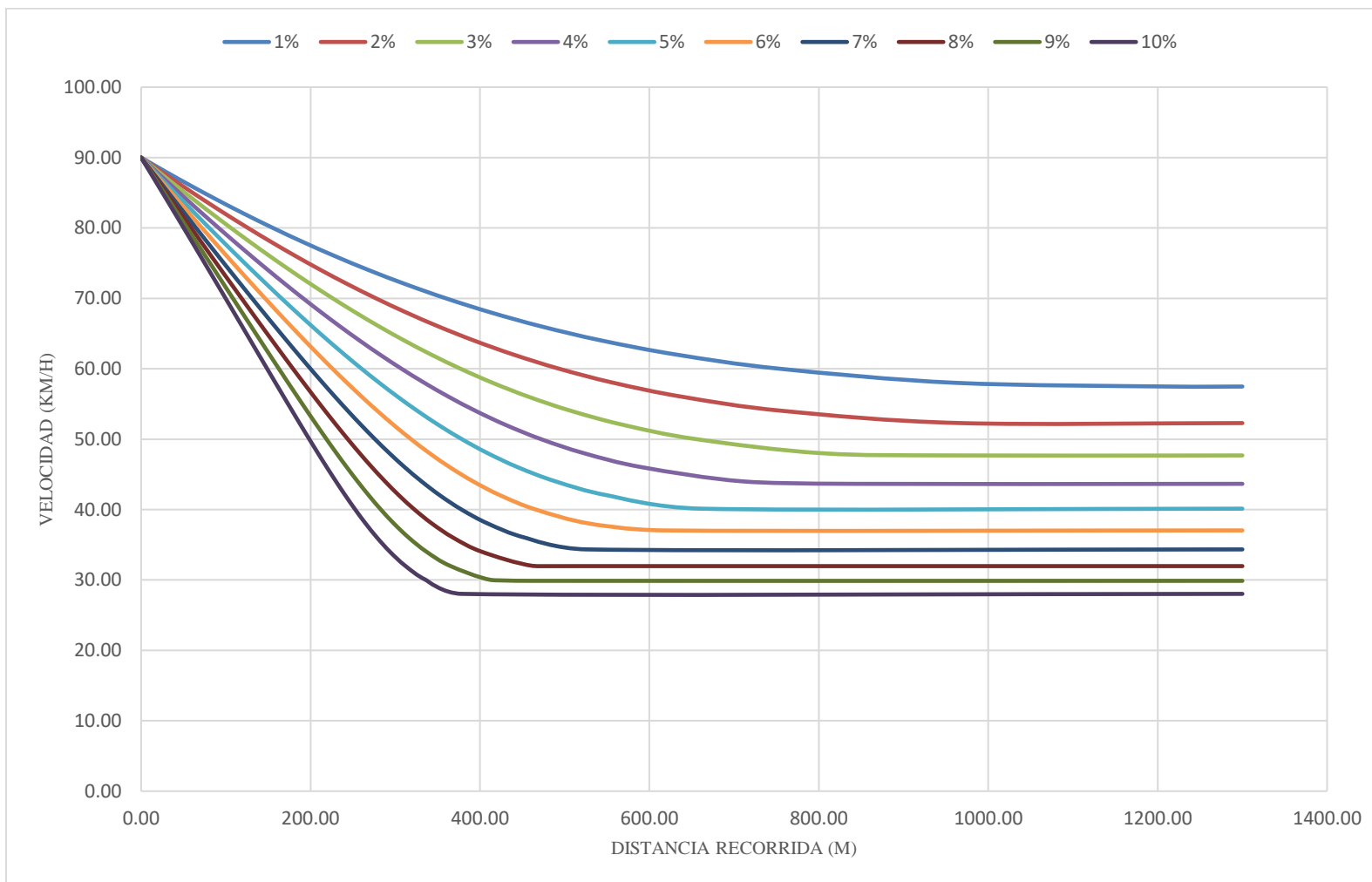


Figura N° 53: Curvas de deceleración en pendientes de 1% a 10%-Camión Fuso

Fuente: Elaboración Propia

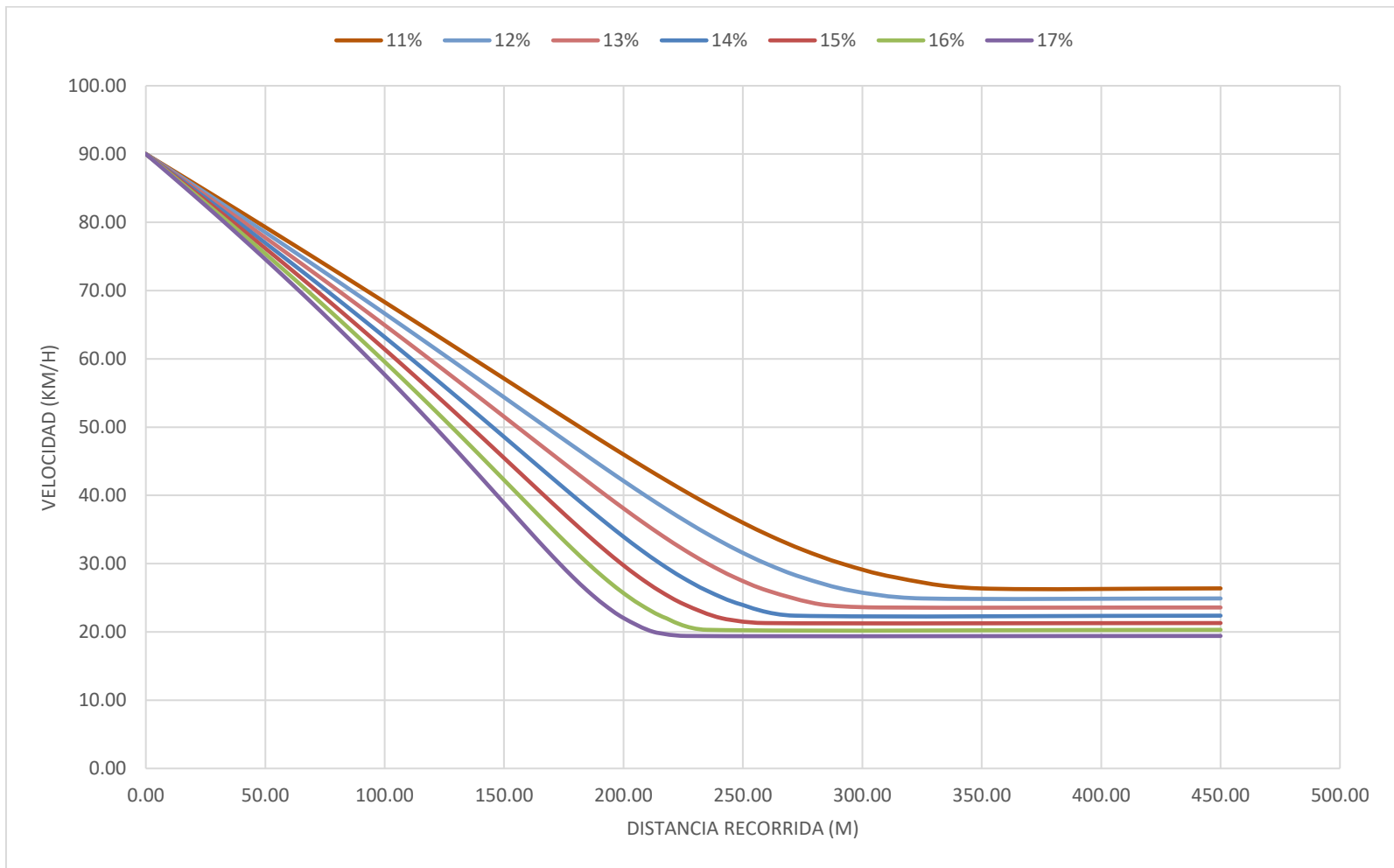


Figura N° 54: Curvas de deceleración en pendientes de 11% a 17%-Camión Fuso

Fuente: Elaboración Propia

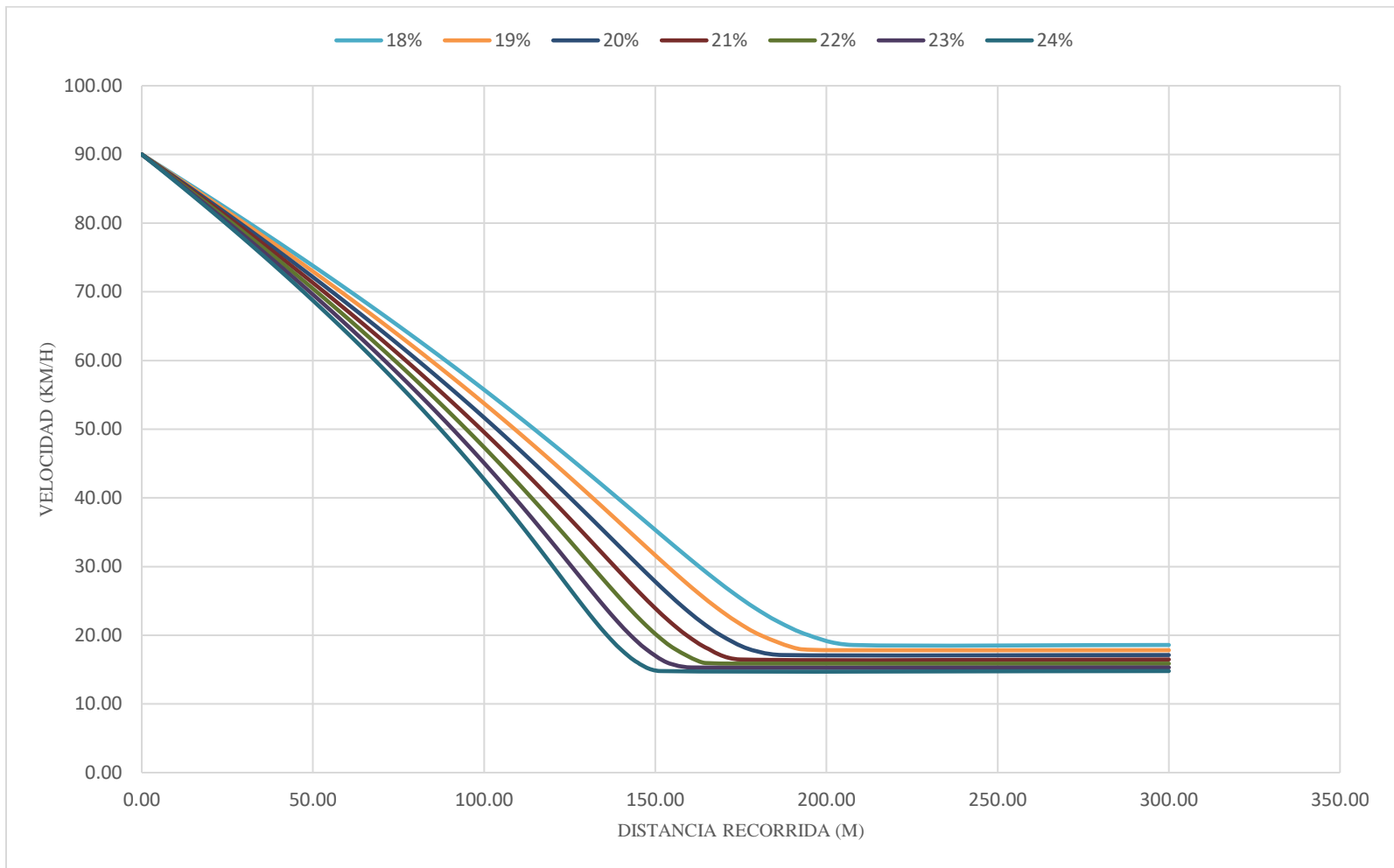


Figura N° 55: Curvas de deceleración en pendientes de 18% a 24%-Camión Fuso

Fuente: Elaboración Propia

Para el camión Hino Serie 500 completamente cargado

Se tiene la siguiente expresión:

$$\frac{270 * HP}{V} * K = K_A * A * V_a^2 + K_R * W + \frac{W * P}{100}$$

Con la información presentada en la tabla N° 31, se calculó cada componente de la expresión anterior:

$$\text{Fuerza tractiva:} \quad Ft = \frac{270 * HP}{V} * K = \frac{270 * 251}{V} * 0.9$$

$$\text{Resistencia al aire:} \quad Ra = K_A * A * V_a^2 = 0.0054 * 8 * V^2$$

$$\text{Resistencia al rodamiento:} \quad Rn = K_R * W = 12500 * 0.05$$

$$\text{Resistencia por pendiente:} \quad Rp = \frac{W * P}{100} = 12500 * P$$

Reemplazando en lo anterior, se obtuvo una ecuación en función de la velocidad (V) y de la pendiente (P):

$$\frac{270 * 251}{V} * 0.9 = 0.0054 * 8 * V^2 + 12500 * 0.05 + 12500 * P$$

$$\frac{41310}{V} = 0.0432 * V^2 + 6250 + 12500 * P$$

Despejando V:

$$41310 = 0.0432 * V^3 + 6250 * V + 12500 * P * V$$

Agrupando:

$$41310 = 0.0432 * V^3 + (6250 + 12500 * P) * V$$

Para una pendiente de 1%, se presenta la siguiente expresión:

$$41310 = 0.0432 * V^3 + (6250 + 12500 * 0.01) * V$$

Despejando a un solo lado:

$$0 = 0.0432 * V^3 + 750 * V - 60993$$

Por último, resolviendo la ecuación cubica se obtuvo que la velocidad de régimen es de 65.29 km/h para la pendiente dada. Este procedimiento se volvió a realizar para las pendientes de 2% hasta 24% como se presenta en la tabla N°34.

Con los datos obtenidos se observó en la tabla N° 34, que el camión Hino en pendientes de 15% y 17% pueden transitar con velocidades de 24 km/h y 22 km/h respectivamente.

Tabla N° 34: Velocidades para pendientes de 1 al 24%-Camión Hino.

P	Ecuación para cada valor de P	V (km/h)
1%	$0.0432 * V^3 + 750 * V - 60993 = 0$	65.29
2%	$0.0432 * V^3 + 875 * V - 60993 = 0$	59.37
3%	$0.0432 * V^3 + 1000 * V - 60993 = 0$	54.14
4%	$0.0432 * V^3 + 1125 * V - 60993 = 0$	49.55
5%	$0.0432 * V^3 + 1250 * V - 60993 = 0$	45.53
6%	$0.0432 * V^3 + 1375 * V - 60993 = 0$	42.03
7%	$0.0432 * V^3 + 1500 * V - 60993 = 0$	38.96
8%	$0.0432 * V^3 + 1625 * V - 60993 = 0$	36.27
9%	$0.0432 * V^3 + 1750 * V - 60993 = 0$	33.89
10%	$0.0432 * V^3 + 1875 * V - 60993 = 0$	31.79
11%	$0.0432 * V^3 + 2000 * V - 60993 = 0$	29.92
12%	$0.0432 * V^3 + 2125 * V - 60993 = 0$	28.24
13%	$0.0432 * V^3 + 2250 * V - 60993 = 0$	26.74
14%	$0.0432 * V^3 + 2375 * V - 60993 = 0$	25.38
15%	$0.0432 * V^3 + 2500 * V - 60993 = 0$	24.15
16%	$0.0432 * V^3 + 2625 * V - 60993 = 0$	23.03
17%	$0.0432 * V^3 + 2750 * V - 60993 = 0$	22.01
18%	$0.0432 * V^3 + 3000 * V - 60993 = 0$	21.07
19%	$0.0432 * V^3 + 3125 * V - 60993 = 0$	20.21
20%	$0.0432 * V^3 + 3125 * V - 60993 = 0$	19.42
21%	$0.0432 * V^3 + 3250 * V - 60993 = 0$	18.68
22%	$0.0432 * V^3 + 3375 * V - 60993 = 0$	18.00
23%	$0.0432 * V^3 + 3500 * V - 60993 = 0$	17.36
24%	$0.0432 * V^3 + 3625 * V - 60993 = 0$	16.77

Fuente: Elaboración Propia

Luego, se calculó la fuerza disponible y la distancia recorrida para cambios de velocidad cada 2 km/h. Entonces, para la pendiente de 1%, tenemos lo siguiente:

$$Fd = \frac{270 * HP}{V} * K - (K_A * A * V_a^2 + K_R * W + \frac{W * P}{100})$$

Con los datos de la tabla N° 31 y considerando una velocidad de entrada es 90 km/h.

$$\text{Fuerza tractiva: } Ft = \frac{270 * HP}{V} * K = \frac{270 * 251}{90} * 0.9$$

$$\text{Resistencia al aire: } Ra = K_A * A * V_a^2 = 0.0054 * 8 * 90^2$$

$$\text{Resistencia al rodamiento: } Rn = K_R * W = 12500 * 0.05$$

$$\text{Resistencia por pendiente: } Rp = \frac{W * P}{100} = 12500 * 0.01$$

Entonces, la $Fd = -422.22$ kg, considerando una velocidad de salida de 88 km/h se obtuvo:

$$\Delta l = \frac{W * (V_2^2 - V_1^2)}{254 * Fd} = \frac{1250 * (88^2 - 90^2)}{254 * (-422.22)} = 41.49 \text{ m}$$

En la tabla N° 35, se muestra las distancias para caídas de velocidad de 2 km/h, luego se repitió el mismo procedimiento para las pendientes de 2% al 24% (ver Anexo N° 04) y se graficó las curvas de deceleración tal como se muestra en las figuras N° 56, N° 57 y N° 58.

Tabla N° 35: Distancias parciales para cada velocidad-Camión Hino.

V. Entrada (km/h)	V. Salida (km/h)	Fuerza disponible (kg)	Δl (m)
90.00	88.00	-422.22	41.49
88.00	86.00	-391.44	43.75
86.00	84.00	-360.29	46.44
84.00	82.00	-328.71	49.70
82.00	80.00	-296.66	53.75
80.00	78.00	-264.07	58.89
78.00	76.00	-230.87	65.65
76.00	74.00	-196.98	74.95
74.00	72.00	-162.33	88.52
72.00	70.00	-126.82	110.20
70.00	68.00	-90.35	150.33
68.00	66.00	-52.80	249.79
66.00	65.29	-14.04	325.90

Fuente: Elaboración Propia

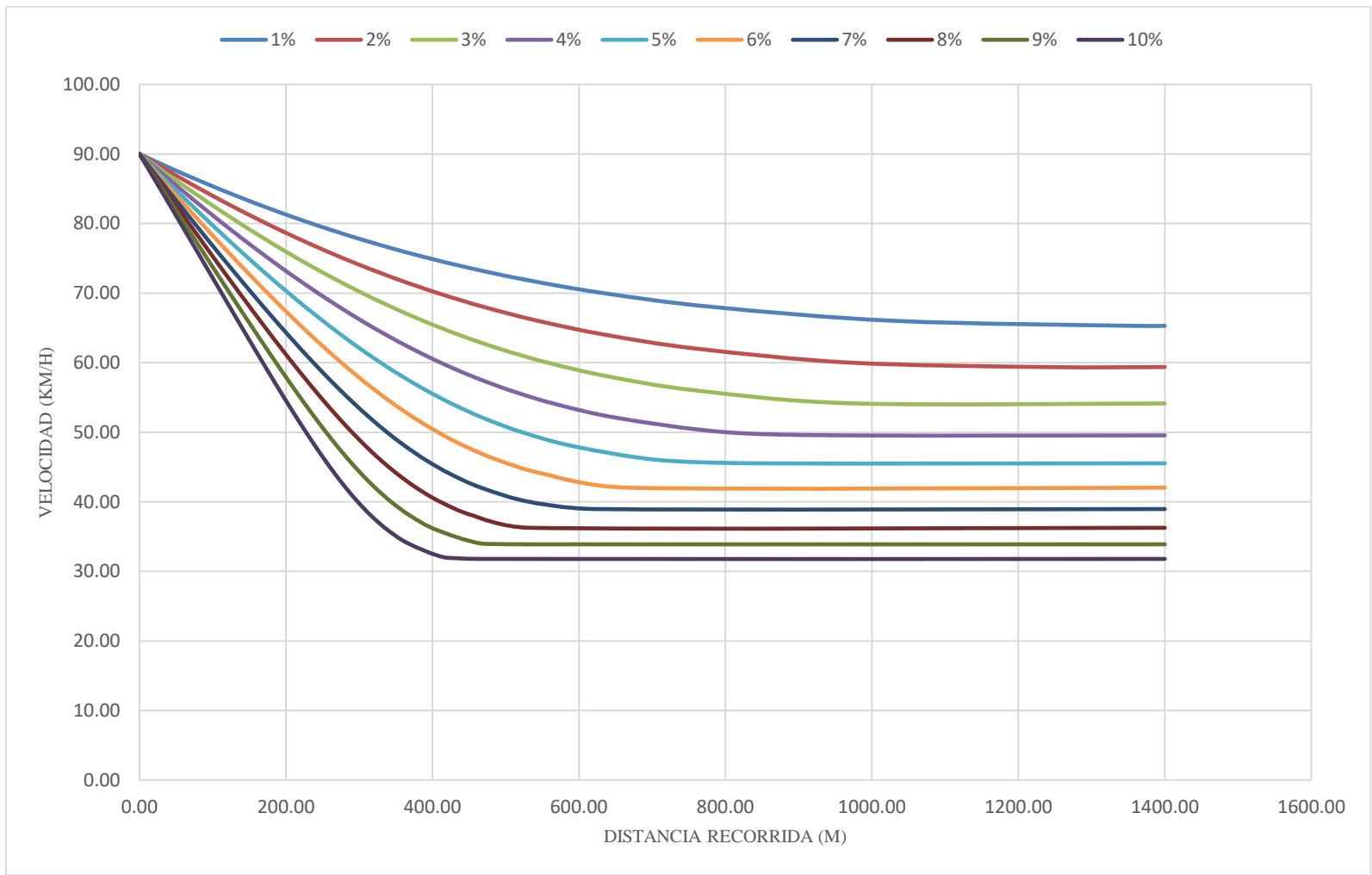


Figura N° 56: Curvas de deceleración en pendientes de 1% a 10%-Camión Hino

Fuente: Elaboración Propia

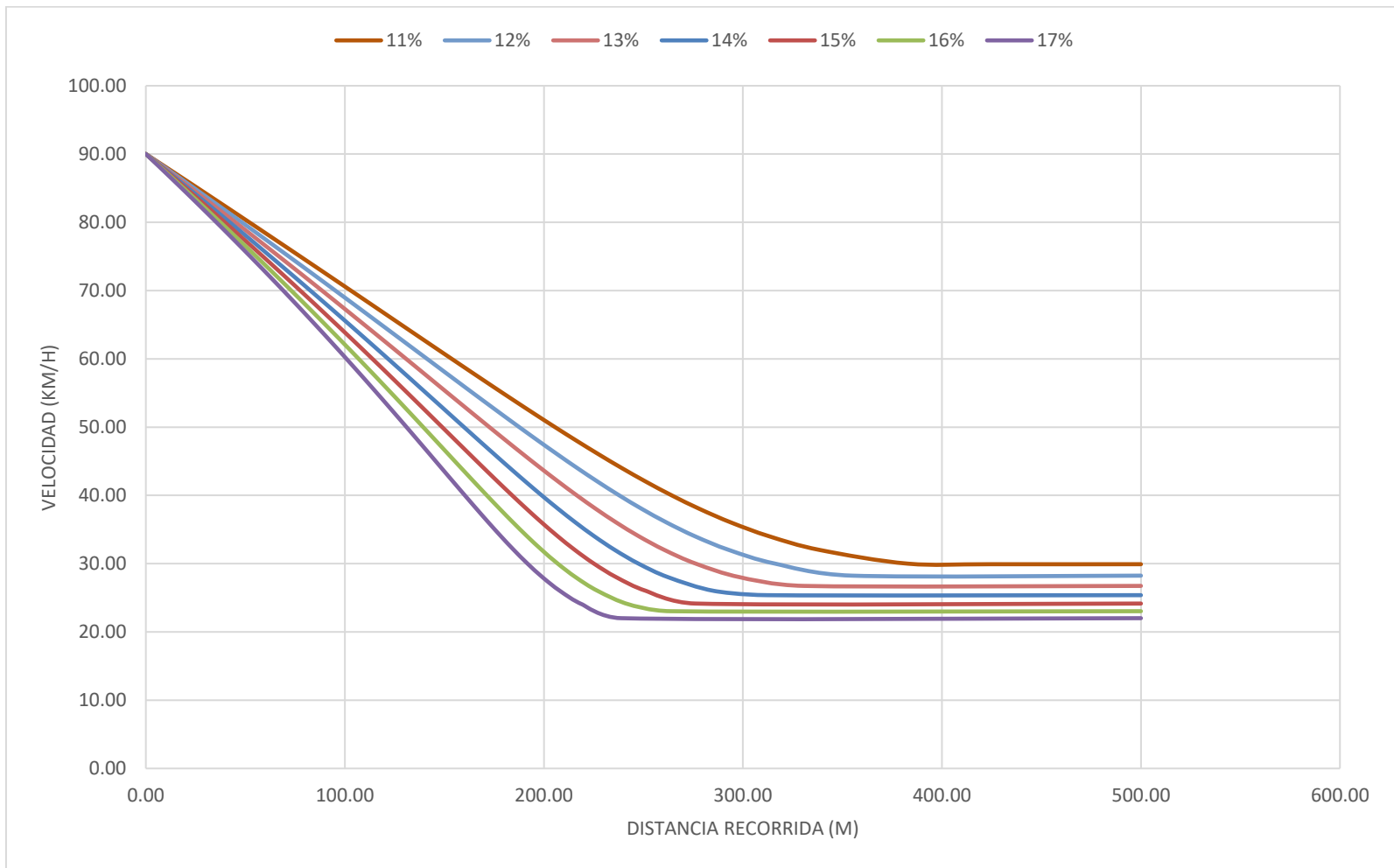


Figura N° 57: Curvas de deceleración en pendientes de 11% a 17%-Camión Hino

Fuente: Elaboración Propia

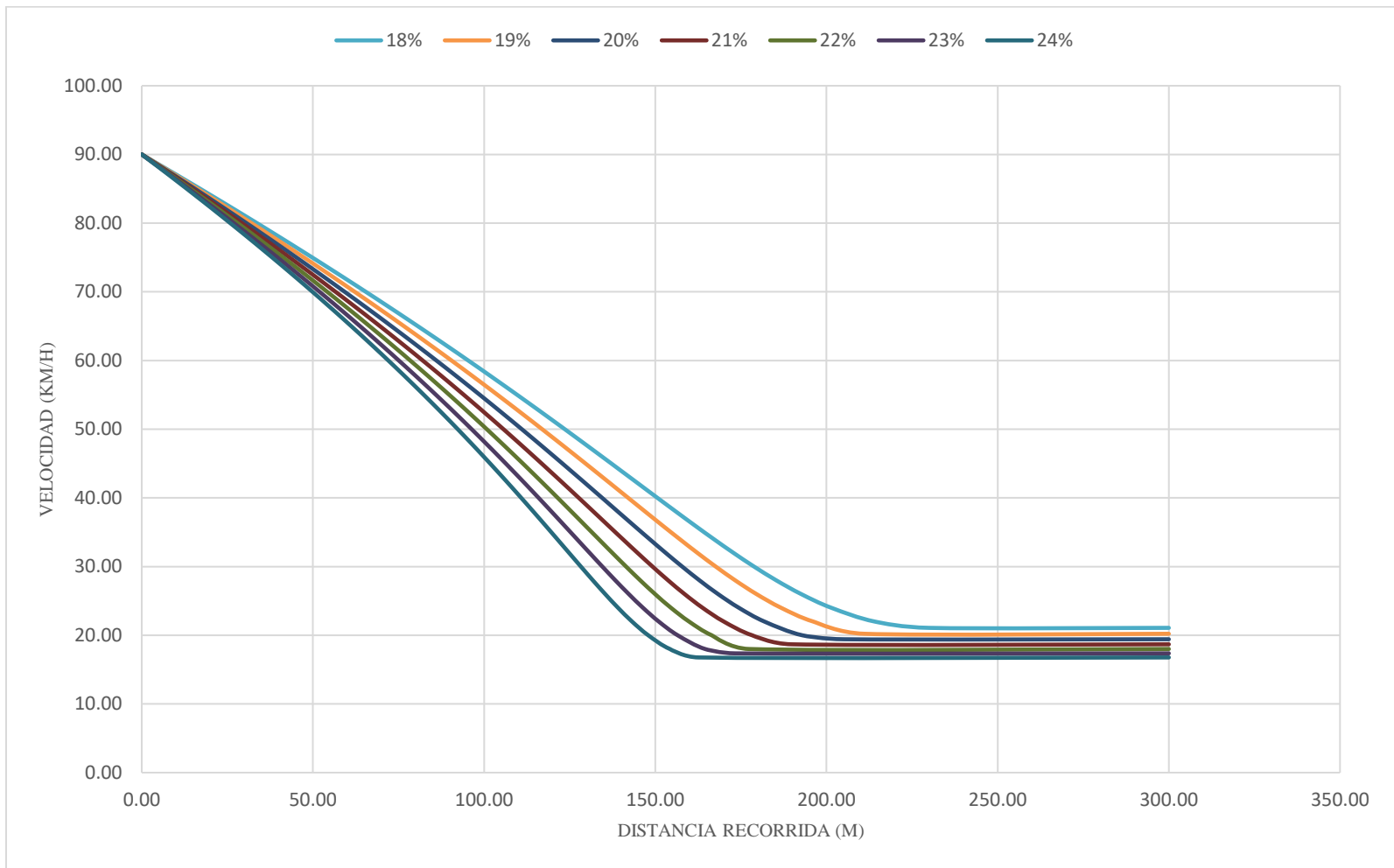


Figura N° 58: Curvas de deceleración en pendientes de 18% a 24%-Camión Hino

Fuente: Elaboración Propia

La figura N° 56, se observó que el comportamiento del camión Fuso para pendientes de 1% al 10%. Un ejemplo para entender estas curvas es cuando el camión ingresa con una velocidad de 90 km/h a una pendiente de 1% debe recorrer 1359.38 m para alcanzar su velocidad de régimen de 65.29 km/h. Otro ejemplo es para la pendiente de 2%, el vehículo debe recorrer una distancia de 1235.28 m para alcanzar su velocidad de régimen de 59.37 km/h. En ambos casos, luego de alcanzar su velocidad de régimen, el camión recorre el tramo en pendiente sin presentar pérdida de velocidad.

Bajo el mismo criterio anteriormente descrito, el mismo que para el camión Fuso, se observó el comportamiento del camión Fuso para las pendientes del 14% al 24% en la figura N° 57 y N° 58 pero presentó una mayor caída de velocidad en menor distancia recorrida, ver tablas del Anexo N° 04.

5.5. Longitud crítica en pendiente

Se calculó la longitud crítica considerando una velocidad de diseño de 40 km/h y el criterio de pérdida de velocidad de 25 km/h para los camiones Fuso FA 917 e Hino Serie 500.

Para el camión Fuso completamente cargado

Las pendientes de 6% a 23% según lo calculado en el punto 5.3, ver tabla N° 30, si el vehículo ingresa con una velocidad de 40 km/h experimentará una desaceleración hasta llegar a su velocidad de régimen. Sin embargo, para la pendiente de 24% cuya velocidad de régimen es de 14.79 km/h fue necesario determinar la longitud crítica porque tiene una diferencia mayor de 25 km/h.

Considerando una velocidad de entrada de 40 km/h y de salida de 38 km/h, siguiendo el mismo procedimiento que en el punto 5.3, se tiene la siguiente expresión:

$$Fd = \frac{270 * HP}{V} * K - (K_A * A * V_a^2 + K_R * W + \frac{W * P}{100})$$

Con la información anteriormente mencionada, se calculó cada componente de la expresión:

$$\text{Fuerza tractiva: } Ft = \frac{270 * HP}{V} * K = \frac{270 * 170}{40} * 0.9$$

$$\text{Resistencia al aire: } Ra = K_A * A * V_a^2 = 0.0054 * 8 * 40^2$$

$$\text{Resistencia al rodamiento: } Rn = K_R * W = 9600 * 0.05$$

$$\text{Resistencia por pendiente: } R_p = \frac{W * P}{100} = 9600 * 0.24$$

Entonces, se obtuvo que la fuerza disponible es de -1820.37 kg, el signo negativo indica que el camión desacelera, por lo tanto, se calculó la distancia recorrida cuando la velocidad presenta una caída 2 km/h, es decir que la velocidad de salida será de 38 km/h. Reemplazando en la ecuación N°31, obtenemos lo siguiente:

$$\Delta l = \frac{W * (V_2^2 - V_1^2)}{254 * Fd} = \frac{9600 * (38^2 - 40^2)}{254 * (-1820.37)} = 3.24 \text{ m}$$

Este mismo procedimiento se realiza nuevamente para caídas de 2 km/h hasta que la velocidad de salida sea de 15 km/h. La tabla N° 36 indica las distancias para velocidades de entrada de 40 km/h hasta 16 km/h. Esto quiere decir que la longitud crítica para una pendiente de 24% es de 45.97 m.

Tabla N° 36: Distancias parciales para cada velocidad-Camión Fuso.

Velocidad Entrada (km/h)	Velocidad Salida (km/h)	Fuerza Disponible (kg)	Distancia Δl (m)
40	38	-1820.37	3.24
38	36	-1759.28	3.18
36	34	-1692.49	3.13
34	32	-1618.94	3.08
32	30	-1537.30	3.05
30	28	-1445.88	3.03
28	26	-1342.51	3.04
26	24	-1224.36	3.09
24	22	-1087.63	3.20
22	20	-927.18	3.42
20	18	-735.78	3.90
18	16	-503.00	5.11
16	15	-213.18	5.50
Distancia total (m) =			45.97

Fuente: Elaboración Propia

Para el camión Hino Serie 500

Las pendientes de 6% a 24% según lo calculado en el punto 5.3, ver tabla N° 34, si el vehículo ingresa con una velocidad de 40 km/h experimentará una desaceleración hasta llegar a su velocidad de régimen, por lo tanto, no requiere mayor análisis porque con la velocidad de régimen el camión puede subir las pendientes dadas.

CAPITULO VI

PRESENTACION DE RESULTADOS

6.1. Resultados de la Investigación

6.1.1. Resultados de la visita de campo

En la ruta N° 1 (San Buenaventura – Tambo) se observa en la tabla N° 21, un tramo con pendiente de 17.03% y una distancia de 47.140m y un tramo anterior se observó que tienen una pendiente de 0.21% con una distancia de 86.78m, como se muestra en la figura N° 59 y figura N° 60.

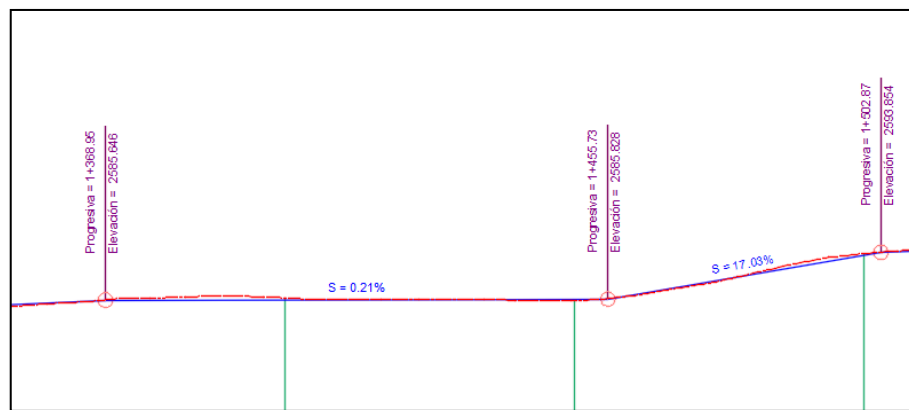


Figura N° 59: Pendiente Máxima y Mínima de la Ruta N°1

Fuente: Elaboración Propia



Figura N° 60: Fotografía en la pendiente Máxima y Mínima de la Ruta N°1

Fuente: Elaboración Propia

En la ruta N° 2 (Lachaqui – Quives) se observó pendientes mayores al 20%, lo cual se analizó para la pendiente más desfavorable que es de 23.94% con una distancia de 38.65m como se muestra en la figura N° 59 y figura N° 60.

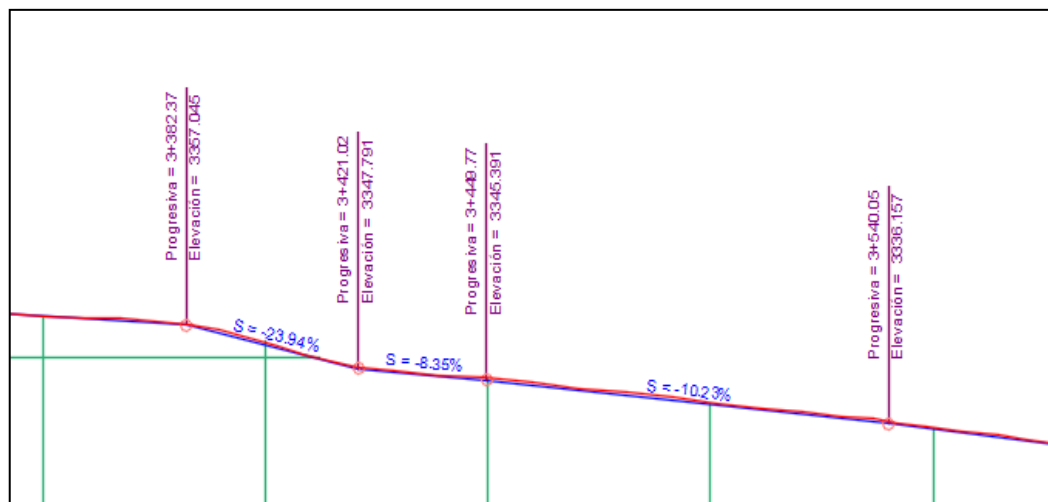


Figura N° 61: Pendiente Máxima de la Ruta N° 2

Fuente: Elaboración Propia



Figura N° 62: Fotografía en la Pendiente Máxima de la Ruta N° 2

Fuente: Elaboración Propia

En base de lo presentado anteriormente y a la información procesada de campo, descrita en el Capítulo IV, se presentó la tabla N° 37, en la cual se observó las pendientes de 10% a mas con sus respectivas longitudes en cada ruta. Las pendientes con mayores longitudes son de 10%, 11%, 12%, 13%, 15%, 17% y 20%; sin embargo, se recomendó como pendiente máxima un 15% y máxima excepcional de 17%, tal como recomienda AASHTO para caminos rurales. Sin embargo, las longitudes recomendadas para estas pendientes son de 100 m y 75 m respectivamente.

Tabla N° 37: Longitudes de pendientes de 10% al 24% según visita de campo .

Ruta N° 01		Ruta N° 02	
Pendiente (%)	Longitud (m)	Pendiente (%)	Longitud (m)
10%	-	10%	200.93
11%	-	11%	267.48
12%	-	12%	266.35
13%	-	13%	198.60
14%	-	14%	63.21
15%	-	15%	157.96
16%	-	16%	67.56
17%	106.30	17%	193.50
18%	-	18%	-
20%	-	20%	165.02
21%	-	21%	54.07
23%	-	23%	85.43
24%	-	24%	38.65

Fuente: Elaboración Propia

6.1.2. Resultados de cálculo en gabinete

Teniendo la propuesta de pendiente máxima de 15% y máxima excepcional de 17% se procedió a evaluar si los vehículos de diseño propuestos, Camión Fuso FA 917 e Hino Serie 500, tienen la capacidad de ascenso necesario y la longitud crítica cumple con lo propuesto.

Capacidad de ascenso

La capacidad de ascenso que se obtuvo por el método N° 01 y el método N° 02 para los camiones Fuso FA 917, y camión Hino Serie 500 son lo siguiente:

- a) Por el método N°01, el camión Fuso presentó una capacidad de ascenso de 28.95%, mientras que para el camión Hino fue de 39.12%.
- b) Por el método N°02, el camión Fuso presentó una capacidad de 27% y el camión Hino fue de 35.87%.

Efectos de las pendientes en los vehículos

Los resultados que se obtuvo con respecto a la velocidad de régimen para ambos camiones para las pendientes de 1% a 24% se muestran en las tablas N° 38 y N° 39. Esto quiere decir que para una pendiente de 10%, la velocidad con la que puede transitar sin presentar pérdidas durante su recorrido es de 28.03 km/h para el camión Fuso y 31.79 km/h para el camión Hino.

Tabla N° 38: Velocidad de régimen del Camión Hino y Fuso en pendientes 1% a 10%.

Pendiente (%)	Camión Fuso FA 917 V (km/h)	Camión Hino Serie 500 V (km/h)
1	57.48	65.29
2	52.28	59.37
3	47.69	54.14
4	43.65	49.55
5	40.12	45.53
6	37.04	42.03
7	34.34	38.96
8	31.97	36.27
9	29.88	33.89
10	28.03	31.79

Fuente: Elaboración Propia

Siguiendo este análisis, para las pendientes de 15%, los camiones Fuso e Hino son de 21.30 km/h y 24.15 km/h respectivamente, mientras que, para las pendientes de 17%, las velocidades deben ser 19.41 km/h para el camión Fuso y 22.01 km/h para el camión Hino. Por lo tanto, ambos vehículos pueden afrontar las pendientes de 15% y 17% con una velocidad de 20 km/h aproximadamente.

En base a esta información se obtuvo las curvas de deceleración en las figuras N° 63 y N° 64, donde se muestra el comportamiento de los dos vehículos para diferentes velocidades en pendiente de 15% y 17% respectivamente.

Tabla N° 39: Velocidad de régimen del Camión Hino y Fuso en pendientes 11% a 24%.

Pendiente (%)	Camión Fuso FA 917 V (km/h)	Camión Hino Serie 500 V (km/h)
11	26.38	29.92
12	24.90	28.24
13	23.58	26.74
14	22.38	25.38
15	21.30	24.15
16	20.31	23.03
17	19.41	22.01
18	18.58	21.07
19	17.82	20.21
20	17.12	19.42
21	16.47	18.68
22	15.87	18.00
23	15.31	17.36
24	14.79	16.77

Fuente: Elaboración Propia

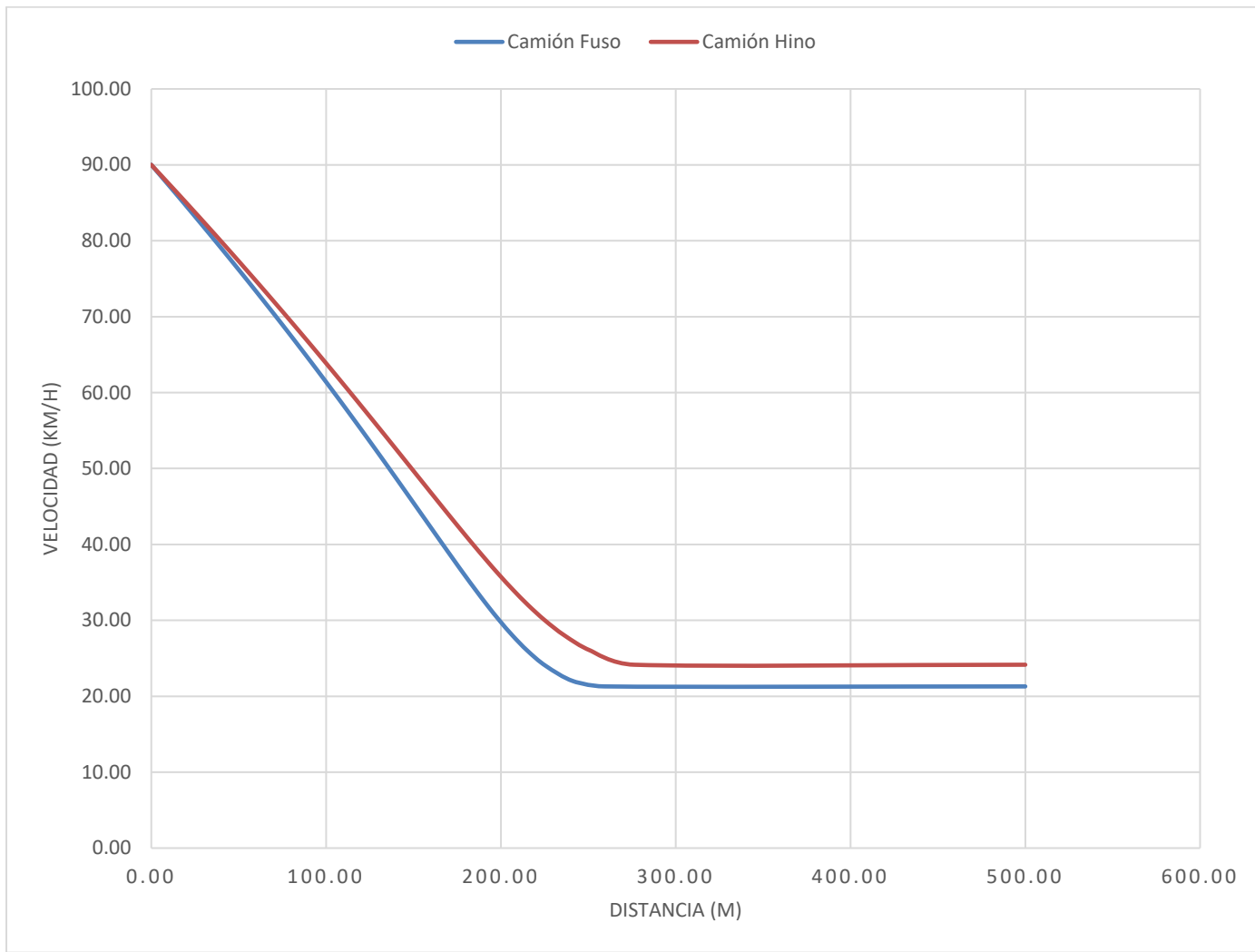


Figura N° 63: Curvas de deceleración en pendientes de 15%-Camión Fuso e Hino

Fuente: Elaboración Propia

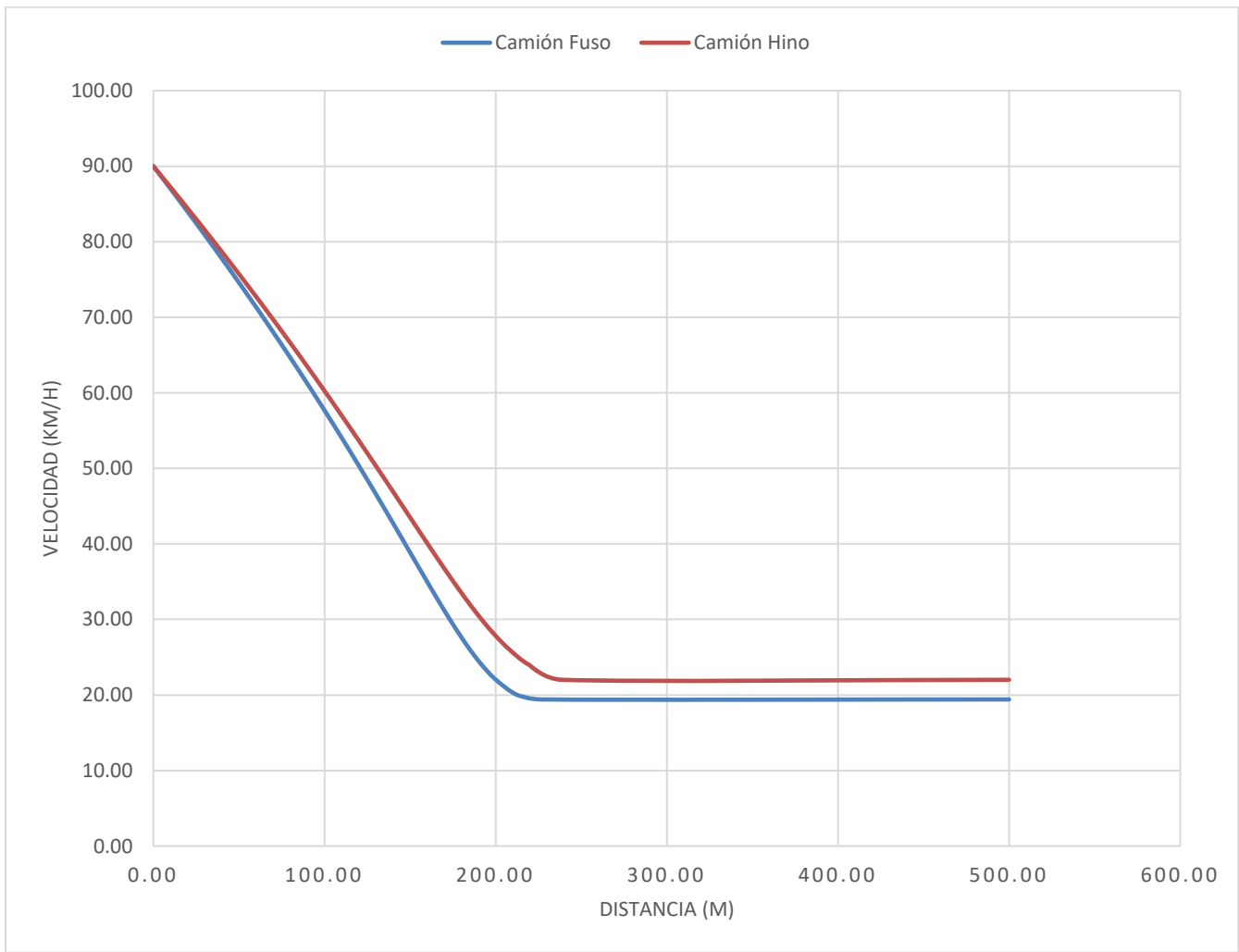


Figura N° 64: Curvas de deceleración en pendientes de 17%-Camión Fuso e Hino

Fuente: Elaboración Propia

Longitud Crítica

La longitud crítica se presenta cuando un vehículo pierde 25 km/h de velocidad, esto quiere decir que si la velocidad de entrada, la misma que la velocidad de diseño, es de 40 km/h, la velocidad con la que deberá salir del tramo en pendiente para lograr su máximo recorrido será de 15 km/h. Si analizamos la tabla N° 39 e igualamos la velocidad de régimen con la velocidad de salida del tramo en pendiente, se observó que la única que presentaba esta condición de caída de 25 km/h es un tramo en pendiente de 24%. Este mismo análisis se planteó en el punto 5.4 del capítulo V, donde indica que la longitud crítica calculada fue de 45.97 m.

Por lo tanto, las longitudes para la pendiente máxima de 15% y máxima excepcional de 17%, considerando una velocidad de ingreso de 45 km/h y manteniendo una caída máxima de 25 km/h, cumplen con lo propuesto anteriormente según la tabla N° 40.

Tabla N° 40: Longitudes para pendientes de 15% y 17%.

Pendiente 17%			Pendiente 15%		
Vi (km/h)	Vs (km/h)	Dist. (m)	Vi (km/h)	Vs (km/h)	Dist. (m)
45.00	43.00	5.19	45.00	43.00	6.11
43.00	41.00	5.16	43.00	41.00	6.11
41.00	39.00	5.14	41.00	39.00	6.14
39.00	37.00	5.14	39.00	37.00	6.20
37.00	35.00	5.16	37.00	35.00	6.31
35.00	33.00	5.22	35.00	33.00	6.48
33.00	31.00	5.33	33.00	31.00	6.76
31.00	29.00	5.52	31.00	29.00	7.21
29.00	27.00	5.85	29.00	27.00	7.96
27.00	25.00	6.41	27.00	25.00	9.33
25.00	23.00	7.46	25.00	23.00	12.32
23.00	21.00	9.82	23.00	21.30	19.39
21.00	20.00	9.45			
Total		80.84	Total		100.32

Fuente: Elaboración Propia

6.2. Análisis e interpretación de los resultados

Los resultados obtenidos de la visita de campo se corroboran con el diseño geométrico elaborado en el Capítulo V y presentados en la sección anterior para las pendientes del 1% al 24% siendo este último el más crítico encontrado, por ello se presenta la siguiente comparación:

- La pendiente mínima registrada en ambas rutas fue de 0.21% siendo menor a lo indicado en las normas del 1978 al 2018, tal como se muestra en la tabla N° 41. Si bien en la norma peruana indica que se puede utilizar como mínimo 0.2%, siempre y cuando el bombeo de la calzada sea del 2%, sin embargo, esta consideración es aplicada para vías asfaltadas.

Tabla N° 41: Comparativa de pendientes mínimas.

Ruta	Pendientes		Norma Peruana		
	Mínima	DG-2018	DG-2013	DG-2001	DG-1978
N° 01	0.21%	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%
N° 02	0.21%	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%

Fuente: Elaboración Propia

- Las pendientes máximas encontradas en la ruta N° 01 y la ruta N° 02 fueron de 17.03% y 23.94% respectivamente, comparando con la capacidad de ascenso teóricos descritas en el 6.1.2 del camión Fuso e Hino, ver tabla N° 42, se observó que ambas sobrepasan los valores antes mencionados. Sin embargo, según lo analizado en el Capítulo V, ambos camiones pueden transitar a una velocidad aproximada de 20 km/h un tramo en pendiente de 15% y excepcionalmente de 17%.

Tabla N° 42: Comparativa de pendientes máximas.

Ruta	Pendientes Máximas	Cap. Asc. - Camión Hino		Cap. Asc. - Camión Fuso	
		Met. N° 01	Met. N° 02	Met. N° 01	Met. N° 02
N° 01	17.03%	39.12%	35.87%	28.95%	27%
N° 02	23.94%	39.12%	35.87%	28.95%	27%

Fuente: Elaboración Propia

- La longitud crítica en pendiente obtenida de la información procesada de la visita a campo fue descrita en el capítulo IV y se resumió en la tabla N° 37 del presente capítulo, la cual indica que las longitudes para las pendientes de 10% al 24% de las rutas N° 01 y N° 02. siendo el más crítico la de 24% con una longitud de 38.65 m. Sin embargo, según lo analizado en el Capítulo V, ambos camiones, Fuso e Hino, son capaces de afrontar esta longitud, ya que el camión Hino no presenta una pérdida mayor a los 25 km/h y el camión Fuso puede recorrer 45.97 m. Además, siguiendo lo propuesto, las longitudes que se recomiendan para la pendiente máxima de 15% y máximas excepcional de 17% deben ser de 100 m y 75 m respectivamente, las mismas que cumplen la tabla N° 40.

6.3. Contrastación de Hipótesis

Al inicio de la presente investigación se propuso una hipótesis general y dos hipótesis específicas, que después de haber realizado los estudios, la recolección de datos y cálculos correspondientes, se presenta la comprobación de las hipótesis.

6.3.1. Contrastación de la Hipótesis Específica N° 01

Hipótesis Específica N° 01: La longitud en pendiente de los caminos de bajo volumen de tránsito determinara la pendiente máxima para el vehículo tipo de la provincia de Canta.

Con los datos obtenidos en campo que se describe en la tabla N°37 de este capítulo, en la cual se observa, que la ruta N° 01 tiene una pendiente máxima de 17% con una longitud de 106.30 m, en cambio en la ruta N° 02 se obtiene pendientes de 11% al 24%. con diferentes longitudes, sin embargo, resalta que la pendiente de 17% tiene una longitud de 193.5 m, siendo la de mayor pendiente con la mayor longitud.

En la publicación técnica de “Análisis de capacidad de arranque en pendiente de vehículos pesados considerados en la norma oficial mexicana de peso y dimensiones” indica que, mediante el método de la Asociación de Ingeniería Automotriz (SAE J2469) se obtiene la capacidad de ascenso en base a las especificaciones técnicas del vehículo. Por otro lado, el método de Paraud en su libro Camino I, también utiliza las especificaciones técnicas del vehículo para obtener la capacidad de ascenso. Con ambos métodos descritos en el capítulo

II, se obtuvo, que para el vehículo tipo de la zona, la capacidad de ascenso es superior a la pendiente máxima encontradas en ambas rutas.

Al fin de validar la hipótesis antes mencionada se plantea el siguiente análisis:

- a) Se puede terminar la pendiente máxima
- b) No se puede determinar la pendiente máxima.

Por lo tanto, se pudo determinar la pendiente máxima, por ende, se acepta la hipótesis a (a) de esta sección y se rechaza la hipótesis nula (b).

6.3.2. Contratación de la Hipótesis Especifica 2

Hipótesis 2: la pendiente máxima excepcional de los caminos de bajo volumen de tránsito determina la longitud crítica en pendiente para el vehículo tipo de la provincia de Canta

Con los datos obtenidos en campo que se describe en la tabla N° 37 de este capítulo, se observa que las pendientes máximas excepcionales, aquellas que son mayores al 10% establecidos en la norma de Diseño Geométrico 2018 (DG-2018), la ruta N° 01 y la ruta N° 02 presentan hasta un 24% según la tabla antes mencionada con sus respectivas longitudes.

En el presente estudio se determinó la longitud crítica mediante el Método Aritmético de Aproximaciones Sucesivas propuesto por el Instituto Mexicano de Transporte, a partir de los perfiles de velocidades para el vehículo tipo de la zona. Con esta información se compatibiliza con las longitudes de la tabla N° 37. La pendiente más crítica es de 24%, cuya longitud fue calculada en el Capítulo V, siendo esta de 45.97 m mayor a lo indicado en la tabla N° 37, es decir que se corrobora lo calculado con la información de campo.

En la investigación de Echeveguren y Carrasco del año 2015 determinaron los perfiles de velocidad para los vehículos con relación Peso/Potencia diferentes a lo establecido en la norma chilena, apoyándose en la investigación de Arellano del 2014, y obtuvo valores menores a lo que establece AASHTO, ya que el manual utilizado no se ajusta a la topografía de la zona, es por ello que obtuvo longitudes críticas superiores a lo indicado en su norma.

Al fin de validar la hipótesis antes mencionada se plantea el siguiente análisis:

- a) Se puede terminar la longitud crítica en pendiente.
- b) No se puede determinar la longitud crítica en pendiente.

Por lo tanto, se pudo determinar la longitud crítica en pendiente, por ende, se acepta la hipótesis (a) de esta sección y se rechaza la hipótesis nula (b).

6.3.3. Contratación de la Hipótesis General

La hipótesis general planteaba lo siguiente: La estandarización de las pendientes longitudinales facilita el diseño geométrico en perfil de los caminos de bajo volumen de tránsito para el vehículo tipo de la provincia de Canta.

Con la obtención de los resultados de la información recolectada de campo y el cálculo en gabinete, se pudo estandarizar la pendiente longitudinal que facilitara el diseño geométrico en perfil de los caminos de bajo volumen de tránsito para el vehículo tipo de la provincia de Canta; por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada.

CONCLUSIONES

1. La propuesta hecha permite el diseño geométrico en perfil para vehículo Fuso FA 917 e Hino Serie 500 con velocidad de 20 km/h para las carreteras de la provincia de Canta. Por lo cual, en la región Lima podría eventualmente trabajar con pendientes hasta 15% y excepcionalmente 17% como se calculó en la tabla N° 32 y N° 34, en el capítulo IV e igual que lo establece AASHTO.
2. Al obtener la longitud en pendiente de campo, presentados en la tabla N° 37 del capítulo VI, y luego de procesar los datos en gabinete con el vehículo tipo de la zona, se establece que la pendiente máxima debe ser de 15% con una velocidad de 20 km/h con una longitud no mayor a los 100 m tal como indica en la tabla N° 40 del capítulo VI.
3. Al obtener la pendiente máxima excepcional de 17% de la ruta N° 02 de la visita de campo, se establece que, mediante el cálculo en gabinete, la longitud crítica en pendiente debe ser de 75 m tal como se indica en la tabla N° 40 del capítulo VI.
4. El vehículo tipo de la zona observada en la visita a campo era un camión Nissan Condor, sin embargo, para esta investigación se trabajó con camiones más comerciales acorde a las marcas más vendidas en el año 2018 según la Asociación Automotriz del Perú, siendo estas el camión Fuso Fa 917 e Hino Serie 500, tal como se indicó en el capítulo V.
5. Los métodos matemáticos aplicados en esta investigación para determinar la capacidad de ascenso y los perfiles de deceleración de los vehículos, se ajustan más a la realidad de los caminos rurales en funcionamiento que los parámetros planteados en las normas.

RECOMENDACIONES

1. Es conveniente dar pautas para la recolección de datos para tener una mejor representación de la realidad:
 - Se recomienda que al utilizar el GPS navegador de mano es conveniente configurar el track, la toma de datos debe ser cada 10 metros para vías mayores a 5 kilómetros y transitar a una velocidad de 30 km/h o menos para curvas para una mejor toma de datos.
 - Para el caso de la aplicación Wikiloc, es conveniente transitar por la vía a una velocidad menor a 20 km/h para una mejor recolección de datos, ya que tiene una configuración predeterminada por intervalos de tiempo.
 - De preferencia circular por eje central de la vía ya que se puede desfasar los puntos GPS recolectado hacia los laterales.
2. Se debe seguir con la investigación de tipos de vehículos para establecer cuales son transitables para cada zona.
3. Realizar levantamientos topográficos de las rutas de caminos de bajo volumen para analizar el rango de pendientes utilizadas.
4. Seguir con la investigación de la interacción entre el tipo de vehículo de la zona y los caminos de bajo volumen ya construidos, para facilitar el diseño geométrico en perfil e implementarlo en la norma peruana.
5. Es conveniente realizar un capítulo dedicado al análisis y cálculo de pendientes en función de vehículos en el curso correspondiente al diseño geométrico de carreteras.
6. Si bien, las pendientes máximas registradas a partir de la información de campo son superiores a lo propuesto, las longitudes con las que trabajan indican que funcionan como conectoras entre pendientes menores.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- American Association of State Highway and Transportation Officials. (1994). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. Washington DC.
- American Association of State Highway and Transportation Officials. (2011). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. Washington DC.
- Cabanillas, G., & Infantes, M. (2018). *Diseño para el mejoramiento de la trocha carrozable Copyn-Caumayda, distrito de Santiago de Chuco - Santiago de Chuco, La Libertad 2018*. (Tesis de Título Profesional). Universidad César Vallejo, Chiclayo, Perú.
- Céspedes, J. (2001). *Carreteras: Diseño Moderno*. Cajamarca.
- De la Torre, A. (2010). *Diseño de Vías. Alineamiento Altimétrico: Carrera de Especialización en Ingeniería de Caminos de Montaña*. Universidad Nacional de San Juan, San Juan, Argentina.
- Echeveguren, T., & Carrasco, D. (2015). *Estimación de longitud crítica en pendientes ascendentes en caminos bidireccionales*. *Revista Ingeniería de Construcción*, 30 (1), 5-16. Retrieved from *Revista Ingeniería de construcción*.
- Fabela, M., Vázquez, D., Sánchez, L., Flores, O., Hernández, J., & Cruz, M. (2019). *Análisis de la capacidad de arranque en pendiente de vehículos pesados considerados en la Norma Oficial Mexicana de pesos y dimensiones*. Instituto Mexicano de Transporte, México.
- Huamán, S., & Yataco, F. (2014). *Perfil para el mejoramiento del camino vecinal integrador desde Malingas, Pueblo Libre, Monteverde Bajo, Las Salinas hasta Convento del Distrito de Tambogrande - Provincia de Piura*. (Tesis para Título Profesional). Universidad Ricardo Palma, Lima.
- Kramer, C., Pardillo, J., Rocci, S., Romana, M., Sanchez, V., & Del Val, M. (2003). *Ingeniería de Carreteras: Volumen I*. Madrid: McGraw-Hill.
- LLaguno, F. (1996). *Caminos I*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Medina, C., & Lopez, S. (2018). *Evaluación del diseño y proceso constructivo del mejoramiento del camino vecinal Shamboyacu - Chambira - Vista Alegre, Distrito de Shamboyacu - Picota - San Martín*. (Tesis para Título Profesional). Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, Tarapoto.

- Ministerio de Economía y Finanzas. (2011). *Caminos Vecinales: Guía para la formulación de proyectos de inversión exitosos*. Lima.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (1978). *Normas Técnicas para el diseño de Caminos Vecinales*. Lima.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2001). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2001*. Lima.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2008). *Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito*. Lima.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2013*. Lima.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2018). *Glosario de terminos de uso frecuente en proyectos de Infraestructura Vial*. Lima.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018*. Lima.
- R.Paraud. (1964). *Camino I -II*. lima: Ciencia.
- Saravia Alvarado, D. I. (2017). *Evaluación y alcances técnicos en el diseño, construcción y mantenimiento de caminos vecinales del distrito de José Crespo y Castillo*. Huanuco: Universidad de Huanuco.
- Secretaria de Comunicaciones y Transporte. (1991). *Manual de Proyectos Geométricos en Carreteras*. México.
- Sergio, H., & Yataca, F. (2014). *Perfil para el mejoramiento del camino vecinal integrador desde Malingas, Pueblo Libre, Monteverde Bajo, Las Salinas hasta Convento de Distrito de Tambogrande - Provincia de Piura*. (Tesis para Titulo Profesional). Universidad Ricardo Palma, Lima.

ANEXOS 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA					
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
Problema general	Objetivo General	Hipotesis General	X: Variable independiente	D1: X	I1: X
¿Cómo la estandarización de las pendientes longitudinales facilitará el diseño geométrico en perfil de caminos de bajo volumen de tránsito para el vehículo tipo de la provincia de Canta?	Proponer los estándares de las pendientes longitudinales que facilitará el diseño geométrico en perfil de caminos de bajo volumen de tránsito para el vehículo tipo de la provincia de Canta	La estandarización de las pendientes longitudinales facilita el diseño geométrico en perfil de los caminos de bajo volumen de tránsito para el vehículo tipo de la provincia de Canta	Estándares de las pendientes longitudinales	Longitud en pendiente	>5% en longitud
					>10% en longitud
				D2: X	I2: X
				Pendiente máxima excepcional	Topografía
					Tipo de vehículo
Problema Especifico	Objetivos Especificos	Hipótesis Especificos	Y: Variable dependiente	D1: Y	I1: Y
¿De qué manera el cálculo de la longitud en pendiente de los caminos de bajo volumen de tránsito determinará la pendiente máxima para el vehículo tipo de la provincia de Canta?	Obtener la longitud en pendiente de los caminos de bajo volumen de tránsito para determinar la pendiente máxima para el vehículo tipo de la provincia de Canta.	La longitud en pendiente de los caminos de bajo volumen de tránsito determina la pendiente máxima para el vehículo tipo de la provincia de Canta	Diseño geométrico en perfil de caminos de bajo volumen de tránsito	Pendiente máxima	Bombeo
					Tipo de terreno
¿De qué manera la pendiente máxima excepcional de los caminos de bajo volumen de tránsito determinará la longitud crítica en pendiente para el vehículo tipo de la provincia de Canta?	Obtener la pendiente máxima excepcional de los caminos de bajo volumen de tránsito para determinar la longitud crítica en pendiente para el vehículo tipo de la provincia de Canta.	La pendiente máxima excepcional de los caminos de bajo volumen de tránsito determina la longitud crítica en pendiente para el vehículo tipo de la provincia de Canta.	Diseño geométrico en perfil de caminos de bajo volumen de tránsito	D2: Y	I2: Y
				Longitud crítica en pendiente	Relación Peso/Potencia
					Velocidad de entrada

ANEXOS 02

FOTOS DE VISITA A CAMPO



Foto N° 01: Parque de Santa Rosa de Quives



Foto N° 02: Pendiente de 17% para el Ruta N° 01



Foto N° 03: Pendiente de 15% para el Ruta N° 02



Foto N° 04: Estado del camino recorrido



Foto N° 05: Actividad ganadera de la zona 1



Foto N° 06: Ingreso al distrito de Lachaqui



Foto N° 07: Tramo N° 01 en desarrollo del camino de la Ruta N° 02



Foto N° 08: Tramo N° 02 en desarrollo del camino de la Ruta N° 02



Foto N° 09: Tramo N° 03 en desarrollo del camino de la Ruta N° 02



Foto N° 10: Tramo N° 04 en desarrollo del camino de la Ruta N° 02



Foto N° 10: Tramo N° 05 unas de las pendientes pronunciadas de la Ruta N° 02



Foto N° 11: Tramo N° 06 unas de las pendientes pronunciadas de la Ruta N° 02



Foto N° 11: Vehículo tipo que recorre la zona en la Ruta N° 02.



Foto N° 12: Puente Cotobamba de la Ruta N° 02.



Foto N° 13: Pavimento rígido encontrada la Ruta N° 02 entrando al distrito de Arahua.



Foto N° 14: Pavimento rígido encontrada de la Ruta N° 02 saliendo del distrito de Arahua.



Foto N° 15: Tramos N° 01 de descanso para el vehículo de la Ruta N° 02.

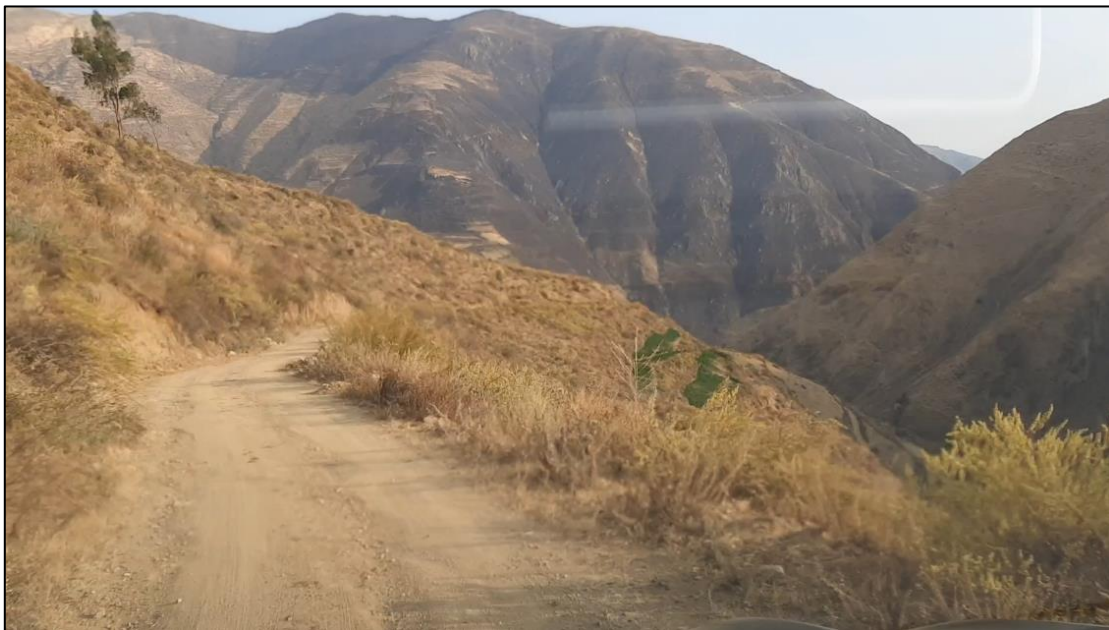


Foto N° 16: Tramos N° 02 de descanso para el vehículo de la Ruta N° 02.

ANEXOS 03

TABLAS PARA CAMION FUSO

Tabla 3.01: Distancia acumulada para Pendiente de 1%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-466.92	28.82	28.82
88.00	86.00	-441.11	29.82	58.63
86.00	84.00	-415.16	30.95	89.59
84.00	82.00	-389.03	32.25	121.84
82.00	80.00	-362.70	33.76	155.60
80.00	78.00	-336.11	35.53	191.14
78.00	76.00	-309.21	37.65	228.79
76.00	74.00	-281.97	40.21	269.00
74.00	72.00	-254.32	43.40	312.39
72.00	70.00	-226.20	47.45	359.85
70.00	68.00	-197.54	52.81	412.65
68.00	66.00	-168.26	60.20	472.85
66.00	64.00	-138.27	71.07	543.92
64.00	62.00	-107.48	88.62	632.54
62.00	60.00	-75.77	121.71	754.25
60.00	58.00	-43.02	207.34	961.59
58.00	57.48	-9.08	251.12	1212.71

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.02: Distancia acumulada para Pendiente de 2%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-562.92	23.90	23.90
88.00	86.00	-537.11	24.49	48.39
86.00	84.00	-511.16	25.14	73.53
84.00	82.00	-485.03	25.87	99.40
82.00	80.00	-458.70	26.70	126.10
80.00	78.00	-432.11	27.64	153.74
78.00	76.00	-405.21	28.73	182.47
76.00	74.00	-377.97	30.00	212.46

74.00	72.00	-350.32	31.50	243.97
72.00	70.00	-322.20	33.31	277.28
70.00	68.00	-293.54	35.54	312.82
68.00	66.00	-264.26	38.33	351.15
66.00	64.00	-234.27	41.95	393.10
64.00	62.00	-203.48	46.81	439.90
62.00	60.00	-171.77	53.69	493.59
60.00	58.00	-139.02	64.16	557.75
58.00	56.00	-105.08	82.00	639.76
56.00	54.00	-69.80	119.13	758.89
54.00	52.28	-32.97	208.97	967.86

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.03: Distancia acumulada para Pendiente de 3%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-658.92	20.42	20.42
88.00	86.00	-633.11	20.77	41.19
86.00	84.00	-607.16	21.16	62.36
84.00	82.00	-581.03	21.60	83.96
82.00	80.00	-554.70	22.08	106.03
80.00	78.00	-528.11	22.62	128.65
78.00	76.00	-501.21	23.23	151.87
76.00	74.00	-473.97	23.92	175.80
74.00	72.00	-446.32	24.73	200.52
72.00	70.00	-418.20	25.67	226.19
70.00	68.00	-389.54	26.78	252.97
68.00	66.00	-360.26	28.12	281.09
66.00	64.00	-330.27	29.75	310.84
64.00	62.00	-299.48	31.80	342.64
62.00	60.00	-267.77	34.44	377.08
60.00	58.00	-235.02	37.95	415.04
58.00	56.00	-201.08	42.85	457.89
56.00	54.00	-165.80	50.15	508.04
54.00	52.00	-128.97	62.13	570.17
52.00	50.00	-90.39	85.30	655.47
50.00	48.00	-49.80	148.75	804.22
48.00	47.69	-6.91	163.05	967.27

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.04: Distancia acumulada para Pendiente de 4%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-754.92	17.82	17.82
88.00	86.00	-729.11	18.04	35.86
86.00	84.00	-703.16	18.28	54.14
84.00	82.00	-677.03	18.53	72.67
82.00	80.00	-650.70	18.82	91.49
80.00	78.00	-624.11	19.14	110.63
78.00	76.00	-597.21	19.49	130.12
76.00	74.00	-569.97	19.89	150.01
74.00	72.00	-542.32	20.35	170.36
72.00	70.00	-514.20	20.87	191.24
70.00	68.00	-485.54	21.48	212.72
68.00	66.00	-456.26	22.20	234.92
66.00	64.00	-426.27	23.05	257.98
64.00	62.00	-395.48	24.08	282.06
62.00	60.00	-363.77	25.35	307.41
60.00	58.00	-331.02	26.95	334.36
58.00	56.00	-297.08	29.01	363.36
56.00	54.00	-261.80	31.76	395.12
54.00	52.00	-224.97	35.62	430.74
52.00	50.00	-186.39	41.37	472.11
50.00	48.00	-145.80	50.81	522.91
48.00	46.00	-102.91	69.05	591.96
46.00	44.00	-57.37	118.59	710.55
44.00	43.65	-8.77	130.98	841.53

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.05: Distancia acumulada para Pendiente de 5%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-850.92	15.81	15.81
88.00	86.00	-825.11	15.94	31.75
86.00	84.00	-799.16	16.08	47.83
84.00	82.00	-773.03	16.23	64.07
82.00	80.00	-746.70	16.40	80.46

80.00	78.00	-720.11	16.59	97.05
78.00	76.00	-693.21	16.79	113.84
76.00	74.00	-665.97	17.03	130.87
74.00	72.00	-638.32	17.29	148.16
72.00	70.00	-610.20	17.59	165.75
70.00	68.00	-581.54	17.94	183.69
68.00	66.00	-552.26	18.34	202.03
66.00	64.00	-522.27	18.82	220.84
64.00	62.00	-491.48	19.38	240.22
62.00	60.00	-459.77	20.06	260.28
60.00	58.00	-427.02	20.89	281.17
58.00	56.00	-393.08	21.92	303.09
56.00	54.00	-357.80	23.24	326.33
54.00	52.00	-320.97	24.96	351.29
52.00	50.00	-282.39	27.30	378.60
50.00	48.00	-241.80	30.64	409.23
48.00	46.00	-198.91	35.72	444.96
46.00	44.00	-153.37	44.36	489.32
44.00	42.00	-104.77	62.05	551.36
42.00	40.12	-52.63	110.61	661.98

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.06: Distancia acumulada para Pendiente de 6%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-946.92	14.21	14.21
88.00	86.00	-921.11	14.28	28.49
86.00	84.00	-895.16	14.36	42.84
84.00	82.00	-869.03	14.44	57.28
82.00	80.00	-842.70	14.53	71.81
80.00	78.00	-816.11	14.63	86.45
78.00	76.00	-789.21	14.75	101.20
76.00	74.00	-761.97	14.88	116.08
74.00	72.00	-734.32	15.03	131.11
72.00	70.00	-706.20	15.20	146.31
70.00	68.00	-677.54	15.40	161.70
68.00	66.00	-648.26	15.63	177.33
66.00	64.00	-618.27	15.89	193.22
64.00	62.00	-587.48	16.21	209.44

62.00	60.00	-555.77	16.59	226.03
60.00	58.00	-523.02	17.05	243.08
58.00	56.00	-489.08	17.62	260.70
56.00	54.00	-453.80	18.32	279.03
54.00	52.00	-416.97	19.22	298.24
52.00	50.00	-378.39	20.38	318.62
50.00	48.00	-337.80	21.93	340.55
48.00	46.00	-294.91	24.09	364.64
46.00	44.00	-249.37	27.28	391.92
44.00	42.00	-200.77	32.38	424.30
42.00	40.00	-148.63	41.70	466.01
40.00	38.00	-92.37	63.83	529.84
38.00	37.04	-31.28	87.02	616.86

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.07: Distancia acumulada para Pendiente de 7%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-1042.92	12.90	12.90
88.00	86.00	-1017.11	12.93	25.83
86.00	84.00	-991.16	12.97	38.80
84.00	82.00	-965.03	13.00	51.80
82.00	80.00	-938.70	13.05	64.85
80.00	78.00	-912.11	13.09	77.94
78.00	76.00	-885.21	13.15	91.09
76.00	74.00	-857.97	13.22	104.31
74.00	72.00	-830.32	13.29	117.60
72.00	70.00	-802.20	13.38	130.98
70.00	68.00	-773.54	13.49	144.46
68.00	66.00	-744.26	13.61	158.07
66.00	64.00	-714.27	13.76	171.83
64.00	62.00	-683.48	13.94	185.77
62.00	60.00	-651.77	14.15	199.92
60.00	58.00	-619.02	14.41	214.33
58.00	56.00	-585.08	14.73	229.05
56.00	54.00	-549.80	15.12	244.18
54.00	52.00	-512.97	15.62	259.80
52.00	50.00	-474.39	16.25	276.05
50.00	48.00	-433.80	17.08	293.13

48.00	46.00	-390.91	18.18	311.30
46.00	44.00	-345.37	19.70	331.00
44.00	42.00	-296.77	21.91	352.91
42.00	40.00	-244.63	25.34	378.24
40.00	38.00	-188.37	31.30	409.55
38.00	36.00	-127.28	43.95	453.49
36.00	34.34	-60.49	72.93	526.42

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.08: Distancia acumulada para Pendiente de 8%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-1138.92	11.81	11.81
88.00	86.00	-1113.11	11.82	23.63
86.00	84.00	-1087.16	11.82	35.45
84.00	82.00	-1061.03	11.83	47.28
82.00	80.00	-1034.70	11.84	59.11
80.00	78.00	-1008.11	11.85	70.96
78.00	76.00	-981.21	11.86	82.82
76.00	74.00	-953.97	11.89	94.71
74.00	72.00	-926.32	11.91	106.62
72.00	70.00	-898.20	11.95	118.57
70.00	68.00	-869.54	12.00	130.57
68.00	66.00	-840.26	12.05	142.62
66.00	64.00	-810.27	12.13	154.75
64.00	62.00	-779.48	12.22	166.97
62.00	60.00	-747.77	12.33	179.30
60.00	58.00	-715.02	12.47	191.78
58.00	56.00	-681.08	12.65	204.43
56.00	54.00	-645.80	12.88	217.31
54.00	52.00	-608.97	13.16	230.46
52.00	50.00	-570.39	13.52	243.98
50.00	48.00	-529.80	13.98	257.96
48.00	46.00	-486.91	14.59	272.56
46.00	44.00	-441.37	15.41	287.97
44.00	42.00	-392.77	16.55	304.52
42.00	40.00	-340.63	18.20	322.72
40.00	38.00	-284.37	20.73	343.45
38.00	36.00	-223.28	25.05	368.51

36.00	34.00	-156.49	33.81	402.32
34.00	32.00	-82.94	60.15	462.47
32.00	31.97	-1.30	56.04	518.51

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.09: Distancia acumulada para Pendiente de 9%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-1234.92	10.90	10.90
88.00	86.00	-1209.11	10.88	21.77
86.00	84.00	-1183.16	10.86	32.63
84.00	82.00	-1157.03	10.85	43.48
82.00	80.00	-1130.70	10.83	54.31
80.00	78.00	-1104.11	10.82	65.13
78.00	76.00	-1077.21	10.81	75.93
76.00	74.00	-1049.97	10.80	86.73
74.00	72.00	-1022.32	10.80	97.53
72.00	70.00	-994.20	10.80	108.32
70.00	68.00	-965.54	10.80	119.13
68.00	66.00	-936.26	10.82	129.95
66.00	64.00	-906.27	10.84	140.79
64.00	62.00	-875.48	10.88	151.67
62.00	60.00	-843.77	10.93	162.60
60.00	58.00	-811.02	11.00	173.60
58.00	56.00	-777.08	11.09	184.69
56.00	54.00	-741.80	11.21	195.90
54.00	52.00	-704.97	11.37	207.26
52.00	50.00	-666.39	11.57	218.83
50.00	48.00	-625.80	11.84	230.67
48.00	46.00	-582.91	12.19	242.86
46.00	44.00	-537.37	12.66	255.52
44.00	42.00	-488.77	13.30	268.82
42.00	40.00	-436.63	14.20	283.01
40.00	38.00	-380.37	15.50	298.52
38.00	36.00	-319.28	17.52	316.04
36.00	34.00	-252.49	20.96	336.99
34.00	32.00	-178.94	27.88	364.87
32.00	30.00	-97.30	48.17	413.04

30.00	29.88	-5.88	46.50	459.54
-------	-------	-------	-------	--------

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.10: Distancia acumulada para Pendiente de 10%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-1330.92	10.11	10.11
88.00	86.00	-1305.11	10.08	20.19
86.00	84.00	-1279.16	10.05	30.23
84.00	82.00	-1253.03	10.01	40.25
82.00	80.00	-1226.70	9.98	50.23
80.00	78.00	-1200.11	9.95	60.18
78.00	76.00	-1173.21	9.92	70.10
76.00	74.00	-1145.97	9.89	80.00
74.00	72.00	-1118.32	9.87	89.87
72.00	70.00	-1090.20	9.85	99.71
70.00	68.00	-1061.54	9.83	109.54
68.00	66.00	-1032.26	9.81	119.35
66.00	64.00	-1002.27	9.80	129.16
64.00	62.00	-971.48	9.80	138.96
62.00	60.00	-939.77	9.81	148.77
60.00	58.00	-907.02	9.83	158.61
58.00	56.00	-873.08	9.87	168.48
56.00	54.00	-837.80	9.92	178.40
54.00	52.00	-800.97	10.00	188.41
52.00	50.00	-762.39	10.11	198.52
50.00	48.00	-721.80	10.26	208.78
48.00	46.00	-678.91	10.47	219.25
46.00	44.00	-633.37	10.74	229.99
44.00	42.00	-584.77	11.12	241.11
42.00	40.00	-532.63	11.64	252.74
40.00	38.00	-476.37	12.38	265.12
38.00	36.00	-415.28	13.47	278.59
36.00	34.00	-348.49	15.18	293.77
34.00	32.00	-274.94	18.15	311.92
32.00	30.00	-193.30	24.25	336.17
30.00	28.03	-101.88	42.47	378.64

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.11: Distancia acumulada para Pendiente de 11%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-1426.92	9.43	9.43
88.00	86.00	-1401.11	9.39	18.82
86.00	84.00	-1375.16	9.34	28.16
84.00	82.00	-1349.03	9.30	37.46
82.00	80.00	-1322.70	9.26	46.72
80.00	78.00	-1296.11	9.21	55.94
78.00	76.00	-1269.21	9.17	65.11
76.00	74.00	-1241.97	9.13	74.24
74.00	72.00	-1214.32	9.09	83.33
72.00	70.00	-1186.20	9.05	92.37
70.00	68.00	-1157.54	9.01	101.39
68.00	66.00	-1128.26	8.98	110.36
66.00	64.00	-1098.27	8.95	119.31
64.00	62.00	-1067.48	8.92	128.23
62.00	60.00	-1035.77	8.90	137.14
60.00	58.00	-1003.02	8.89	146.03
58.00	56.00	-969.08	8.89	154.92
56.00	54.00	-933.80	8.90	163.83
54.00	52.00	-896.97	8.93	172.76
52.00	50.00	-858.39	8.98	181.74
50.00	48.00	-817.80	9.06	190.80
48.00	46.00	-774.91	9.17	199.97
46.00	44.00	-729.37	9.33	209.30
44.00	42.00	-680.77	9.55	218.85
42.00	40.00	-628.63	9.86	228.71
40.00	38.00	-572.37	10.30	239.01
38.00	36.00	-511.28	10.94	249.95
36.00	34.00	-444.49	11.90	261.85
34.00	32.00	-370.94	13.45	275.30
32.00	30.00	-289.30	16.20	291.50
30.00	28.00	-197.88	22.16	313.66
28.00	26.38	-94.51	35.27	348.92

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.12: Distancia acumulada para Pendiente de 12%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-1522.92	8.84	8.84
88.00	86.00	-1497.11	8.79	17.62
86.00	84.00	-1471.16	8.73	26.36
84.00	82.00	-1445.03	8.68	35.04
82.00	80.00	-1418.70	8.63	43.67
80.00	78.00	-1392.11	8.58	52.25
78.00	76.00	-1365.21	8.53	60.78
76.00	74.00	-1337.97	8.47	69.25
74.00	72.00	-1310.32	8.42	77.67
72.00	70.00	-1282.20	8.37	86.05
70.00	68.00	-1253.54	8.32	94.37
68.00	66.00	-1224.26	8.27	102.64
66.00	64.00	-1194.27	8.23	110.87
64.00	62.00	-1163.48	8.19	119.05
62.00	60.00	-1131.77	8.15	127.20
60.00	58.00	-1099.02	8.12	135.32
58.00	56.00	-1065.08	8.09	143.41
56.00	54.00	-1029.80	8.07	151.48
54.00	52.00	-992.97	8.07	159.55
52.00	50.00	-954.39	8.08	167.63
50.00	48.00	-913.80	8.11	175.74
48.00	46.00	-870.91	8.16	183.90
46.00	44.00	-825.37	8.24	192.14
44.00	42.00	-776.77	8.37	200.51
42.00	40.00	-724.63	8.55	209.06
40.00	38.00	-668.37	8.82	217.88
38.00	36.00	-607.28	9.21	227.10
36.00	34.00	-540.49	9.79	236.89
34.00	32.00	-466.94	10.68	247.57
32.00	30.00	-385.30	12.16	259.73
30.00	28.00	-293.88	14.92	274.65
28.00	26.00	-190.51	21.43	296.08
26.00	24.90	-72.36	29.15	325.23

Tabla 3.13: Distancia acumulada para Pendiente de 13%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-1618.92	8.31	8.31
88.00	86.00	-1593.11	8.26	16.57
86.00	84.00	-1567.16	8.20	24.77
84.00	82.00	-1541.03	8.14	32.91
82.00	80.00	-1514.70	8.08	40.99
80.00	78.00	-1488.11	8.03	49.02
78.00	76.00	-1461.21	7.97	56.99
76.00	74.00	-1433.97	7.91	64.89
74.00	72.00	-1406.32	7.85	72.74
72.00	70.00	-1378.20	7.79	80.53
70.00	68.00	-1349.54	7.73	88.26
68.00	66.00	-1320.26	7.67	95.93
66.00	64.00	-1290.27	7.62	103.55
64.00	62.00	-1259.48	7.56	111.11
62.00	60.00	-1227.77	7.51	118.62
60.00	58.00	-1195.02	7.46	126.08
58.00	56.00	-1161.08	7.42	133.51
56.00	54.00	-1125.80	7.39	140.89
54.00	52.00	-1088.97	7.36	148.25
52.00	50.00	-1050.39	7.34	155.59
50.00	48.00	-1009.80	7.34	162.93
48.00	46.00	-966.91	7.35	170.28
46.00	44.00	-921.37	7.38	177.66
44.00	42.00	-872.77	7.45	185.11
42.00	40.00	-820.63	7.55	192.66
40.00	38.00	-764.37	7.71	200.37
38.00	36.00	-703.28	7.95	208.33
36.00	34.00	-636.49	8.31	216.64
34.00	32.00	-562.94	8.86	225.50
32.00	30.00	-481.30	9.74	235.24
30.00	28.00	-389.88	11.25	246.49
28.00	26.00	-286.51	14.25	260.73
26.00	24.00	-168.36	22.45	283.18
24.00	23.58	-31.63	23.96	307.14

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.14: Distancia acumulada para Pendiente de 14%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-1714.92	7.85	7.85
88.00	86.00	-1689.11	7.79	15.63
86.00	84.00	-1663.16	7.73	23.36
84.00	82.00	-1637.03	7.67	31.02
82.00	80.00	-1610.70	7.60	38.63
80.00	78.00	-1584.11	7.54	46.17
78.00	76.00	-1557.21	7.48	53.64
76.00	74.00	-1529.97	7.41	61.05
74.00	72.00	-1502.32	7.35	68.40
72.00	70.00	-1474.20	7.28	75.68
70.00	68.00	-1445.54	7.22	82.90
68.00	66.00	-1416.26	7.15	90.05
66.00	64.00	-1386.27	7.09	97.14
64.00	62.00	-1355.48	7.03	104.16
62.00	60.00	-1323.77	6.97	111.13
60.00	58.00	-1291.02	6.91	118.04
58.00	56.00	-1257.08	6.86	124.89
56.00	54.00	-1221.80	6.81	131.70
54.00	52.00	-1184.97	6.76	138.46
52.00	50.00	-1146.39	6.73	145.19
50.00	48.00	-1105.80	6.70	151.89
48.00	46.00	-1062.91	6.68	158.57
46.00	44.00	-1017.37	6.69	165.26
44.00	42.00	-968.77	6.71	171.97
42.00	40.00	-916.63	6.76	178.73
40.00	38.00	-860.37	6.85	185.58
38.00	36.00	-799.28	7.00	192.58
36.00	34.00	-732.49	7.22	199.81
34.00	32.00	-658.94	7.57	207.38
32.00	30.00	-577.30	8.12	215.50
30.00	28.00	-485.88	9.02	224.52
28.00	26.00	-382.51	10.67	235.19
26.00	24.00	-264.36	14.30	249.49
24.00	22.38	-127.63	22.22	271.70

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.15: Distancia acumulada para Pendiente de 15%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-1810.92	7.43	7.43
88.00	86.00	-1785.11	7.37	14.80
86.00	84.00	-1759.16	7.30	22.10
84.00	82.00	-1733.03	7.24	29.34
82.00	80.00	-1706.70	7.18	36.52
80.00	78.00	-1680.11	7.11	43.63
78.00	76.00	-1653.21	7.04	50.67
76.00	74.00	-1625.97	6.97	57.64
74.00	72.00	-1598.32	6.90	64.55
72.00	70.00	-1570.20	6.84	71.38
70.00	68.00	-1541.54	6.77	78.15
68.00	66.00	-1512.26	6.70	84.85
66.00	64.00	-1482.27	6.63	91.48
64.00	62.00	-1451.48	6.56	98.04
62.00	60.00	-1419.77	6.50	104.53
60.00	58.00	-1387.02	6.43	110.97
58.00	56.00	-1353.08	6.37	117.33
56.00	54.00	-1317.80	6.31	123.64
54.00	52.00	-1280.97	6.26	129.90
52.00	50.00	-1242.39	6.21	136.10
50.00	48.00	-1201.80	6.16	142.27
48.00	46.00	-1158.91	6.13	148.40
46.00	44.00	-1113.37	6.11	154.51
44.00	42.00	-1064.77	6.11	160.62
42.00	40.00	-1012.63	6.12	166.74
40.00	38.00	-956.37	6.17	172.90
38.00	36.00	-895.28	6.25	179.15
36.00	34.00	-828.49	6.39	185.54
34.00	32.00	-754.94	6.61	192.15
32.00	30.00	-673.30	6.96	199.11
30.00	28.00	-581.88	7.53	206.64
28.00	26.00	-478.51	8.53	215.17
26.00	24.00	-360.36	10.49	225.66
24.00	22.00	-223.63	15.55	241.21
22.00	21.30	-63.18	18.18	259.38

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.16: Distancia acumulada para Pendiente de 16%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-1906.92	7.06	7.06
88.00	86.00	-1881.11	6.99	14.05
86.00	84.00	-1855.16	6.93	20.97
84.00	82.00	-1829.03	6.86	27.84
82.00	80.00	-1802.70	6.79	34.63
80.00	78.00	-1776.11	6.72	41.35
78.00	76.00	-1749.21	6.65	48.01
76.00	74.00	-1721.97	6.58	54.59
74.00	72.00	-1694.32	6.51	61.11
72.00	70.00	-1666.20	6.44	67.55
70.00	68.00	-1637.54	6.37	73.92
68.00	66.00	-1608.26	6.30	80.22
66.00	64.00	-1578.27	6.23	86.44
64.00	62.00	-1547.48	6.15	92.60
62.00	60.00	-1515.77	6.08	98.68
60.00	58.00	-1483.02	6.01	104.70
58.00	56.00	-1449.08	5.95	110.64
56.00	54.00	-1413.80	5.88	116.52
54.00	52.00	-1376.97	5.82	122.34
52.00	50.00	-1338.39	5.76	128.10
50.00	48.00	-1297.80	5.71	133.81
48.00	46.00	-1254.91	5.66	139.47
46.00	44.00	-1209.37	5.63	145.10
44.00	42.00	-1160.77	5.60	150.70
42.00	40.00	-1108.63	5.59	156.29
40.00	38.00	-1052.37	5.60	161.89
38.00	36.00	-991.28	5.64	167.54
36.00	34.00	-924.49	5.72	173.26
34.00	32.00	-850.94	5.86	179.12
32.00	30.00	-769.30	6.09	185.22
30.00	28.00	-677.88	6.47	191.68
28.00	26.00	-574.51	7.10	198.79
26.00	24.00	-456.36	8.28	207.07
24.00	22.00	-319.63	10.88	217.95
22.00	20.31	-159.18	16.96	234.91

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.17: Distancia acumulada para Pendiente de 17%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-2002.92	6.72	6.72
88.00	86.00	-1977.11	6.65	13.37
86.00	84.00	-1951.16	6.59	19.96
84.00	82.00	-1925.03	6.52	26.47
82.00	80.00	-1898.70	6.45	32.92
80.00	78.00	-1872.11	6.38	39.30
78.00	76.00	-1845.21	6.31	45.61
76.00	74.00	-1817.97	6.24	51.85
74.00	72.00	-1790.32	6.16	58.01
72.00	70.00	-1762.20	6.09	64.11
70.00	68.00	-1733.54	6.02	70.12
68.00	66.00	-1704.26	5.94	76.07
66.00	64.00	-1674.27	5.87	81.94
64.00	62.00	-1643.48	5.80	87.73
62.00	60.00	-1611.77	5.72	93.45
60.00	58.00	-1579.02	5.65	99.10
58.00	56.00	-1545.08	5.58	104.68
56.00	54.00	-1509.80	5.51	110.19
54.00	52.00	-1472.97	5.44	115.63
52.00	50.00	-1434.39	5.38	121.00
50.00	48.00	-1393.80	5.31	126.32
48.00	46.00	-1350.91	5.26	131.58
45.00	43.00	-1281.48	5.19	136.77
43.00	41.00	-1231.18	5.16	141.92
41.00	39.00	-1177.06	5.14	147.06
39.00	37.00	-1118.48	5.14	152.20
37.00	35.00	-1054.65	5.16	157.36
35.00	33.00	-984.63	5.22	162.58
33.00	31.00	-907.23	5.33	167.91
31.00	29.00	-820.93	5.52	173.44
29.00	27.00	-723.85	5.85	179.28
27.00	25.00	-613.49	6.41	185.69
25.00	23.00	-486.60	7.46	193.15
23.00	21.00	-338.77	9.82	202.97
21.00	20.00	-163.91	9.45	212.42
19.00	19.41	46.62	12.77	225.19

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.18: Distancia acumulada para Pendiente de 18%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-2098.92	6.41	6.41
88.00	86.00	-2073.11	6.34	12.75
86.00	84.00	-2047.16	6.28	19.03
84.00	82.00	-2021.03	6.21	25.24
82.00	80.00	-1994.70	6.14	31.38
80.00	78.00	-1968.11	6.07	37.45
78.00	76.00	-1941.21	6.00	43.45
76.00	74.00	-1913.97	5.92	49.37
74.00	72.00	-1886.32	5.85	55.22
72.00	70.00	-1858.20	5.78	61.00
70.00	68.00	-1829.54	5.70	66.70
68.00	66.00	-1800.26	5.63	72.32
66.00	64.00	-1770.27	5.55	77.88
64.00	62.00	-1739.48	5.48	83.35
62.00	60.00	-1707.77	5.40	88.75
60.00	58.00	-1675.02	5.33	94.08
58.00	56.00	-1641.08	5.25	99.33
56.00	54.00	-1605.80	5.18	104.51
54.00	52.00	-1568.97	5.11	109.61
52.00	50.00	-1530.39	5.04	114.65
50.00	48.00	-1489.80	4.97	119.62
48.00	46.00	-1446.91	4.91	124.53
46.00	44.00	-1401.37	4.85	129.39
44.00	42.00	-1352.77	4.81	134.19
42.00	40.00	-1300.63	4.77	138.96
40.00	38.00	-1244.37	4.74	143.70
38.00	36.00	-1183.28	4.73	148.42
36.00	34.00	-1116.49	4.74	153.16
34.00	32.00	-1042.94	4.78	157.95
32.00	30.00	-961.30	4.88	162.82
30.00	28.00	-869.88	5.04	167.86
28.00	26.00	-766.51	5.33	173.19
26.00	24.00	-648.36	5.83	179.02
24.00	22.00	-511.63	6.80	185.81
22.00	20.00	-351.18	9.04	194.85
20.00	18.58	-159.78	12.93	207.78

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.19: Distancia acumulada para Pendiente de 19%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-2194.92	6.13	6.13
88.00	86.00	-2169.11	6.06	12.19
86.00	84.00	-2143.16	6.00	18.19
84.00	82.00	-2117.03	5.93	24.12
82.00	80.00	-2090.70	5.86	29.97
80.00	78.00	-2064.11	5.79	35.76
78.00	76.00	-2037.21	5.71	41.47
76.00	74.00	-2009.97	5.64	47.12
74.00	72.00	-1982.32	5.57	52.68
72.00	70.00	-1954.20	5.49	58.18
70.00	68.00	-1925.54	5.42	63.59
68.00	66.00	-1896.26	5.34	68.93
66.00	64.00	-1866.27	5.27	74.20
64.00	62.00	-1835.48	5.19	79.39
62.00	60.00	-1803.77	5.11	84.50
60.00	58.00	-1771.02	5.04	89.54
58.00	56.00	-1737.08	4.96	94.50
56.00	54.00	-1701.80	4.89	99.39
54.00	52.00	-1664.97	4.81	104.20
52.00	50.00	-1626.39	4.74	108.94
50.00	48.00	-1585.80	4.67	113.61
48.00	46.00	-1542.91	4.61	118.22
46.00	44.00	-1497.37	4.54	122.76
44.00	42.00	-1448.77	4.49	127.25
42.00	40.00	-1396.63	4.44	131.68
40.00	38.00	-1340.37	4.40	136.08
38.00	36.00	-1279.28	4.37	140.46
36.00	34.00	-1212.49	4.36	144.82
34.00	32.00	-1138.94	4.38	149.20
32.00	30.00	-1057.30	4.43	153.63
30.00	28.00	-965.88	4.54	158.17
28.00	26.00	-862.51	4.73	162.90
26.00	24.00	-744.36	5.08	167.98
24.00	22.00	-607.63	5.72	173.70
22.00	20.00	-447.18	7.10	180.80
20.00	18.00	-255.78	11.23	192.03

18.00 17.82 -23.00 10.39 202.42

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.20: Distancia acumulada para Pendiente de 20%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-2290.92	5.87	5.87
88.00	86.00	-2265.11	5.81	11.68
86.00	84.00	-2239.16	5.74	17.42
84.00	82.00	-2213.03	5.67	23.09
82.00	80.00	-2186.70	5.60	28.69
80.00	78.00	-2160.11	5.53	34.22
78.00	76.00	-2133.21	5.46	39.68
76.00	74.00	-2105.97	5.38	45.06
74.00	72.00	-2078.32	5.31	50.37
72.00	70.00	-2050.20	5.24	55.60
70.00	68.00	-2021.54	5.16	60.76
68.00	66.00	-1992.26	5.08	65.85
66.00	64.00	-1962.27	5.01	70.86
64.00	62.00	-1931.48	4.93	75.79
62.00	60.00	-1899.77	4.85	80.64
60.00	58.00	-1867.02	4.78	85.42
58.00	56.00	-1833.08	4.70	90.12
56.00	54.00	-1797.80	4.63	94.75
54.00	52.00	-1760.97	4.55	99.30
52.00	50.00	-1722.39	4.48	103.77
50.00	48.00	-1681.80	4.40	108.18
48.00	46.00	-1638.91	4.34	112.51
46.00	44.00	-1593.37	4.27	116.78
44.00	42.00	-1544.77	4.21	120.99
42.00	40.00	-1492.63	4.15	125.14
40.00	38.00	-1436.37	4.10	129.25
38.00	36.00	-1375.28	4.07	133.32
36.00	34.00	-1308.49	4.04	137.36
34.00	32.00	-1234.94	4.04	141.40
32.00	30.00	-1153.30	4.06	145.46
30.00	28.00	-1061.88	4.13	149.59
28.00	26.00	-958.51	4.26	153.85

26.00	24.00	-840.36	4.50	158.35
24.00	22.00	-703.63	4.94	163.29
22.00	20.00	-543.18	5.84	169.13
20.00	18.00	-351.78	8.17	177.30
18.00	17.12	-119.00	9.79	187.09

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.21: Distancia acumulada para Pendiente de 21%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-2386.92	5.64	5.64
88.00	86.00	-2361.11	5.57	11.21
86.00	84.00	-2335.16	5.50	16.71
84.00	82.00	-2309.03	5.43	22.14
82.00	80.00	-2282.70	5.36	27.51
80.00	78.00	-2256.11	5.29	32.80
78.00	76.00	-2229.21	5.22	38.03
76.00	74.00	-2201.97	5.15	43.17
74.00	72.00	-2174.32	5.08	48.25
72.00	70.00	-2146.20	5.00	53.25
70.00	68.00	-2117.54	4.93	58.18
68.00	66.00	-2088.26	4.85	63.03
66.00	64.00	-2058.27	4.77	67.80
64.00	62.00	-2027.48	4.70	72.50
62.00	60.00	-1995.77	4.62	77.12
60.00	58.00	-1963.02	4.54	81.66
58.00	56.00	-1929.08	4.47	86.13
56.00	54.00	-1893.80	4.39	90.52
54.00	52.00	-1856.97	4.31	94.84
52.00	50.00	-1818.39	4.24	99.08
50.00	48.00	-1777.80	4.17	103.24
48.00	46.00	-1734.91	4.10	107.34
46.00	44.00	-1689.37	4.03	111.37
44.00	42.00	-1640.77	3.96	115.33
42.00	40.00	-1588.63	3.90	119.23
40.00	38.00	-1532.37	3.85	123.08
38.00	36.00	-1471.28	3.80	126.88
36.00	34.00	-1404.49	3.77	130.65
34.00	32.00	-1330.94	3.75	134.40

32.00	30.00	-1249.30	3.75	138.15
30.00	28.00	-1157.88	3.79	141.93
28.00	26.00	-1054.51	3.87	145.81
26.00	24.00	-936.36	4.04	149.84
24.00	22.00	-799.63	4.35	154.19
22.00	20.00	-639.18	4.97	159.16
20.00	18.00	-447.78	6.41	165.57
18.00	16.47	-215.00	9.25	174.83

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.22: Distancia acumulada para Pendiente de 22%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-2482.92	5.42	5.42
88.00	86.00	-2457.11	5.35	10.77
86.00	84.00	-2431.16	5.29	16.06
84.00	82.00	-2405.03	5.22	21.28
82.00	80.00	-2378.70	5.15	26.42
80.00	78.00	-2352.11	5.08	31.50
78.00	76.00	-2325.21	5.01	36.51
76.00	74.00	-2297.97	4.93	41.44
74.00	72.00	-2270.32	4.86	46.30
72.00	70.00	-2242.20	4.79	51.09
70.00	68.00	-2213.54	4.71	55.80
68.00	66.00	-2184.26	4.64	60.44
66.00	64.00	-2154.27	4.56	65.00
64.00	62.00	-2123.48	4.49	69.49
62.00	60.00	-2091.77	4.41	73.90
60.00	58.00	-2059.02	4.33	78.23
58.00	56.00	-2025.08	4.26	82.48
56.00	54.00	-1989.80	4.18	86.66
54.00	52.00	-1952.97	4.10	90.76
52.00	50.00	-1914.39	4.03	94.79
50.00	48.00	-1873.80	3.95	98.75
48.00	46.00	-1830.91	3.88	102.63
46.00	44.00	-1785.37	3.81	106.44
44.00	42.00	-1736.77	3.74	110.18
42.00	40.00	-1684.63	3.68	113.86
40.00	38.00	-1628.37	3.62	117.48

38.00	36.00	-1567.28	3.57	121.05
36.00	34.00	-1500.49	3.53	124.58
34.00	32.00	-1426.94	3.50	128.07
32.00	30.00	-1345.30	3.48	131.56
30.00	28.00	-1253.88	3.50	135.05
28.00	26.00	-1150.51	3.55	138.60
26.00	24.00	-1032.36	3.66	142.26
24.00	22.00	-895.63	3.88	146.14
22.00	20.00	-735.18	4.32	150.46
20.00	18.00	-543.78	5.28	155.74
18.00	16.00	-311.00	8.26	164.01
16.00	15.87	-21.18	7.34	171.35

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.23: Distancia acumulada para Pendiente de 23%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-2578.92	5.22	5.22
88.00	86.00	-2553.11	5.15	10.37
86.00	84.00	-2527.16	5.08	15.45
84.00	82.00	-2501.03	5.02	20.47
82.00	80.00	-2474.70	4.95	25.42
80.00	78.00	-2448.11	4.88	30.30
78.00	76.00	-2421.21	4.81	35.11
76.00	74.00	-2393.97	4.74	39.84
74.00	72.00	-2366.32	4.66	44.51
72.00	70.00	-2338.20	4.59	49.10
70.00	68.00	-2309.54	4.52	53.61
68.00	66.00	-2280.26	4.44	58.06
66.00	64.00	-2250.27	4.37	62.42
64.00	62.00	-2219.48	4.29	66.71
62.00	60.00	-2187.77	4.22	70.93
60.00	58.00	-2155.02	4.14	75.07
58.00	56.00	-2121.08	4.06	79.13
56.00	54.00	-2085.80	3.99	83.12
54.00	52.00	-2048.97	3.91	87.03
52.00	50.00	-2010.39	3.84	90.86
50.00	48.00	-1969.80	3.76	94.62
48.00	46.00	-1926.91	3.69	98.31

46.00	44.00	-1881.37	3.62	101.93
44.00	42.00	-1832.77	3.55	105.47
42.00	40.00	-1780.63	3.48	108.96
40.00	38.00	-1724.37	3.42	112.37
38.00	36.00	-1663.28	3.36	115.74
36.00	34.00	-1596.49	3.31	119.05
34.00	32.00	-1522.94	3.28	122.33
32.00	30.00	-1441.30	3.25	125.58
30.00	28.00	-1349.88	3.25	128.83
28.00	26.00	-1246.51	3.27	132.10
26.00	24.00	-1128.36	3.35	135.45
24.00	22.00	-991.63	3.51	138.96
22.00	20.00	-831.18	3.82	142.78
20.00	18.00	-639.78	4.49	147.27
18.00	16.00	-407.00	6.31	153.58
16.00	15.31	-117.18	6.96	160.54

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.24: Distancia acumulada para Pendiente de 24%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-2674.92	5.03	5.03
88.00	86.00	-2649.11	4.96	10.00
86.00	84.00	-2623.16	4.90	14.89
84.00	82.00	-2597.03	4.83	19.73
82.00	80.00	-2570.70	4.76	24.49
80.00	78.00	-2544.11	4.69	29.18
78.00	76.00	-2517.21	4.62	33.81
76.00	74.00	-2489.97	4.55	38.36
74.00	72.00	-2462.32	4.48	42.84
72.00	70.00	-2434.20	4.41	47.25
70.00	68.00	-2405.54	4.34	51.59
68.00	66.00	-2376.26	4.26	55.85
66.00	64.00	-2346.27	4.19	60.04
64.00	62.00	-2315.48	4.11	64.15
62.00	60.00	-2283.77	4.04	68.19
60.00	58.00	-2251.02	3.96	72.15
58.00	56.00	-2217.08	3.89	76.04
56.00	54.00	-2181.80	3.81	79.85

54.00	52.00	-2144.97	3.74	83.59
52.00	50.00	-2106.39	3.66	87.25
50.00	48.00	-2065.80	3.59	90.83
48.00	46.00	-2022.91	3.51	94.35
46.00	44.00	-1977.37	3.44	97.79
44.00	42.00	-1928.77	3.37	101.16
42.00	40.00	-1876.63	3.30	104.46
40.00	38.00	-1820.37	3.24	107.70
38.00	36.00	-1759.28	3.18	110.88
36.00	34.00	-1692.49	3.13	114.01
34.00	32.00	-1618.94	3.08	117.09
32.00	30.00	-1537.30	3.05	120.14
30.00	28.00	-1445.88	3.03	123.17
28.00	26.00	-1342.51	3.04	126.21
26.00	24.00	-1224.36	3.09	129.30
24.00	22.00	-1087.63	3.20	132.49
22.00	20.00	-927.18	3.42	135.92
20.00	18.00	-735.78	3.90	139.82
18.00	16.00	-503.00	5.11	144.93
16.00	14.79	-213.18	6.61	151.54

Fuente: Elaboración Propia

ANEXOS 04

TABLAS PARA CAMION HINO

Tabla 4.01: Distancia acumulada para Pendiente de 1%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-422.22	41.49	41.49
88.00	86.00	-391.44	43.75	85.25
86.00	84.00	-360.29	46.44	131.69
84.00	82.00	-328.71	49.70	181.39
82.00	80.00	-296.66	53.75	235.14
80.00	78.00	-264.07	58.89	294.03
78.00	76.00	-230.87	65.65	359.69
76.00	74.00	-196.98	74.95	434.63
74.00	72.00	-162.33	88.52	523.16
72.00	70.00	-126.82	110.20	633.36
70.00	68.00	-90.35	150.33	783.69
68.00	66.00	-52.80	249.79	1033.48
66.00	65.29	-14.04	325.90	1359.38

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.02: Distancia acumulada para Pendiente de 2%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-547.22	32.02	32.02
88.00	86.00	-516.44	33.16	65.18
86.00	84.00	-485.29	34.48	99.66
84.00	82.00	-453.71	36.01	135.67
82.00	80.00	-421.66	37.81	173.48
80.00	78.00	-389.07	39.97	213.45
78.00	76.00	-355.87	42.59	256.05
76.00	74.00	-321.98	45.85	301.90
74.00	72.00	-287.33	50.01	351.91
72.00	70.00	-251.82	55.50	407.41
70.00	68.00	-215.35	63.07	470.48
68.00	66.00	-177.80	74.18	544.66

66.00	64.00	-139.04	92.02	636.69
64.00	62.00	-98.93	125.36	762.04
62.00	60.00	-57.30	209.55	971.59
60.00	59.37	-13.97	263.69	1235.28

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.03: Distancia acumulada para Pendiente de 3%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-672.22	26.06	26.06
88.00	86.00	-641.44	26.70	52.76
86.00	84.00	-610.29	27.42	80.18
84.00	82.00	-578.71	28.23	108.41
82.00	80.00	-546.66	29.17	137.58
80.00	78.00	-514.07	30.25	167.83
78.00	76.00	-480.87	31.52	199.35
76.00	74.00	-446.98	33.03	232.38
74.00	72.00	-412.33	34.85	267.23
72.00	70.00	-376.82	37.09	304.32
70.00	68.00	-340.35	39.91	344.23
68.00	66.00	-302.80	43.56	387.79
66.00	64.00	-264.04	48.46	436.25
64.00	62.00	-223.93	55.38	491.63
62.00	60.00	-182.30	65.87	557.49
60.00	58.00	-138.97	83.57	641.07
58.00	56.00	-93.72	119.72	760.79
56.00	54.14	-46.31	217.89	978.68

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.04: Distancia acumulada para Pendiente de 4%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-797.22	21.98	21.98
88.00	86.00	-766.44	22.34	44.32
86.00	84.00	-735.29	22.76	67.08
84.00	82.00	-703.71	23.22	90.29
82.00	80.00	-671.66	23.74	114.03
80.00	78.00	-639.07	24.33	138.37
78.00	76.00	-605.87	25.02	163.39

76.00	74.00	-571.98	25.81	189.20
74.00	72.00	-537.33	26.74	215.94
72.00	70.00	-501.82	27.85	243.79
70.00	68.00	-465.35	29.19	272.98
68.00	66.00	-427.80	30.83	303.81
66.00	64.00	-389.04	32.89	336.70
64.00	62.00	-348.93	35.54	372.24
62.00	60.00	-307.30	39.08	411.32
60.00	58.00	-263.97	44.00	455.31
58.00	56.00	-218.72	51.30	506.61
56.00	54.00	-171.31	63.20	569.81
54.00	52.00	-121.47	85.89	655.70
52.00	50.00	-68.87	145.77	801.47
50.00	49.55	-13.14	169.39	970.86

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.05: Distancia acumulada para Pendiente de 5%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-922.22	19.00	19.00
88.00	86.00	-891.44	19.21	38.21
86.00	84.00	-860.29	19.45	57.66
84.00	82.00	-828.71	19.72	77.37
82.00	80.00	-796.66	20.01	97.39
80.00	78.00	-764.07	20.35	117.74
78.00	76.00	-730.87	20.74	138.48
76.00	74.00	-696.98	21.18	159.66
74.00	72.00	-662.33	21.70	181.36
72.00	70.00	-626.82	22.30	203.66
70.00	68.00	-590.35	23.01	226.66
68.00	66.00	-552.80	23.86	250.52
66.00	64.00	-514.04	24.89	275.41
64.00	62.00	-473.93	26.17	301.58
62.00	60.00	-432.30	27.78	329.36
60.00	58.00	-388.97	29.86	359.22
58.00	56.00	-343.72	32.64	391.86
56.00	54.00	-296.31	36.54	428.40
54.00	52.00	-246.47	42.33	470.73
52.00	50.00	-193.87	51.78	522.51
50.00	48.00	-138.14	69.83	592.34

48.00	46.00	-78.85	117.34	709.68
46.00	45.53	-15.48	136.19	845.87

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.06: Distancia acumulada para Pendiente de 6%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-1047.22	16.73	16.73
88.00	86.00	-1016.44	16.85	33.58
86.00	84.00	-985.29	16.98	50.56
84.00	82.00	-953.71	17.13	67.69
82.00	80.00	-921.66	17.30	84.99
80.00	78.00	-889.07	17.49	102.48
78.00	76.00	-855.87	17.71	120.19
76.00	74.00	-821.98	17.96	138.16
74.00	72.00	-787.33	18.25	156.41
72.00	70.00	-751.82	18.59	175.00
70.00	68.00	-715.35	18.99	193.98
68.00	66.00	-677.80	19.46	213.44
66.00	64.00	-639.04	20.02	233.47
64.00	62.00	-598.93	20.71	254.17
62.00	60.00	-557.30	21.55	275.72
60.00	58.00	-513.97	22.60	298.31
58.00	56.00	-468.72	23.94	322.25
56.00	54.00	-421.31	25.70	347.95
54.00	52.00	-371.47	28.09	376.04
52.00	50.00	-318.87	31.48	407.52
50.00	48.00	-263.14	36.66	444.18
48.00	46.00	-203.85	45.39	489.56
46.00	44.00	-140.48	63.06	552.62
44.00	42.03	-72.43	115.36	667.98

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.07: Distancia acumulada para Pendiente de 7%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-1172.22	14.95	14.95
88.00	86.00	-1141.44	15.00	29.95
86.00	84.00	-1110.29	15.07	45.02

84.00	82.00	-1078.71	15.15	60.17
82.00	80.00	-1046.66	15.23	75.40
80.00	78.00	-1014.07	15.34	90.74
78.00	76.00	-980.87	15.45	106.19
76.00	74.00	-946.98	15.59	121.78
74.00	72.00	-912.33	15.75	137.53
72.00	70.00	-876.82	15.94	153.47
70.00	68.00	-840.35	16.16	169.63
68.00	66.00	-802.80	16.43	186.06
66.00	64.00	-764.04	16.75	202.81
64.00	62.00	-723.93	17.13	219.94
62.00	60.00	-682.30	17.60	237.54
60.00	58.00	-638.97	18.18	255.71
58.00	56.00	-593.72	18.90	274.61
56.00	54.00	-546.31	19.82	294.43
54.00	52.00	-496.47	21.01	315.45
52.00	50.00	-443.87	22.62	338.06
50.00	48.00	-388.14	24.85	362.91
48.00	46.00	-328.85	28.13	391.05
46.00	44.00	-265.48	33.37	424.42
44.00	42.00	-197.43	42.87	467.29
42.00	40.00	-123.99	65.09	532.38
40.00	38.96	-44.30	91.32	623.70

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.08: Distancia acumulada para Pendiente de 8%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-1297.22	13.51	13.51
88.00	86.00	-1266.44	13.52	27.03
86.00	84.00	-1235.29	13.55	40.57
84.00	82.00	-1203.71	13.57	54.15
82.00	80.00	-1171.66	13.61	67.76
80.00	78.00	-1139.07	13.65	81.41
78.00	76.00	-1105.87	13.71	95.12
76.00	74.00	-1071.98	13.77	108.89
74.00	72.00	-1037.33	13.85	122.74
72.00	70.00	-1001.82	13.95	136.69
70.00	68.00	-965.35	14.07	150.76
68.00	66.00	-927.80	14.22	164.98

66.00	64.00	-889.04	14.39	179.37
64.00	62.00	-848.93	14.61	193.98
62.00	60.00	-807.30	14.87	208.85
60.00	58.00	-763.97	15.20	224.05
58.00	56.00	-718.72	15.61	239.67
56.00	54.00	-671.31	16.13	255.79
54.00	52.00	-621.47	16.79	272.58
52.00	50.00	-568.87	17.65	290.23
50.00	48.00	-513.14	18.80	309.03
48.00	46.00	-453.85	20.39	329.41
46.00	44.00	-390.48	22.69	352.10
44.00	42.00	-322.43	26.25	378.35
42.00	40.00	-248.99	32.41	410.76
40.00	38.00	-169.30	45.35	456.11
38.00	36.27	-82.30	77.00	533.11

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.09: Distancia acumulada para Pendiente de 9%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-1422.22	12.32	12.32
88.00	86.00	-1391.44	12.31	24.63
86.00	84.00	-1360.29	12.30	36.93
84.00	82.00	-1328.71	12.30	49.22
82.00	80.00	-1296.66	12.30	61.52
80.00	78.00	-1264.07	12.30	73.82
78.00	76.00	-1230.87	12.31	86.14
76.00	74.00	-1196.98	12.33	98.47
74.00	72.00	-1162.33	12.36	110.83
72.00	70.00	-1126.82	12.40	123.24
70.00	68.00	-1090.35	12.46	135.70
68.00	66.00	-1052.80	12.53	148.22
66.00	64.00	-1014.04	12.62	160.84
64.00	62.00	-973.93	12.73	173.57
62.00	60.00	-932.30	12.88	186.45
60.00	58.00	-888.97	13.06	199.52
58.00	56.00	-843.72	13.30	212.82
56.00	54.00	-796.31	13.60	226.41
54.00	52.00	-746.47	13.98	240.39

52.00	50.00	-693.87	14.47	254.86
50.00	48.00	-638.14	15.12	269.97
48.00	46.00	-578.85	15.98	285.96
46.00	44.00	-515.48	17.18	303.14
44.00	42.00	-447.43	18.92	322.06
42.00	40.00	-373.99	21.58	343.64
40.00	38.00	-294.30	26.09	369.73
38.00	36.00	-207.30	35.13	404.86
36.00	34.00	-111.74	61.66	466.52
34.00	33.89	-6.03	59.81	526.33

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.10: Distancia acumulada para Pendiente de 10%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-1547.22	11.32	11.32
88.00	86.00	-1516.44	11.29	22.62
86.00	84.00	-1485.29	11.27	33.88
84.00	82.00	-1453.71	11.24	45.12
82.00	80.00	-1421.66	11.22	56.34
80.00	78.00	-1389.07	11.20	67.53
78.00	76.00	-1355.87	11.18	78.71
76.00	74.00	-1321.98	11.17	89.88
74.00	72.00	-1287.33	11.16	101.04
72.00	70.00	-1251.82	11.16	112.21
70.00	68.00	-1215.35	11.18	123.38
68.00	66.00	-1177.80	11.20	134.58
66.00	64.00	-1139.04	11.23	145.81
64.00	62.00	-1098.93	11.29	157.10
62.00	60.00	-1057.30	11.36	168.46
60.00	58.00	-1013.97	11.45	179.91
58.00	56.00	-968.72	11.58	191.49
56.00	54.00	-921.31	11.75	203.24
54.00	52.00	-871.47	11.97	215.22
52.00	50.00	-818.87	12.26	227.48
50.00	48.00	-763.14	12.64	240.12
48.00	46.00	-703.85	13.14	253.26
46.00	44.00	-640.48	13.83	267.09
44.00	42.00	-572.43	14.79	281.88

42.00	40.00	-498.99	16.17	298.05
40.00	38.00	-419.30	18.31	316.36
38.00	36.00	-332.30	21.92	338.28
36.00	34.00	-236.74	29.10	367.38
34.00	32.00	-131.03	49.58	416.96
32.00	31.79	-13.21	50.06	467.02

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.11: Distancia acumulada para Pendiente de 11%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-1672.22	10.48	10.48
88.00	86.00	-1641.44	10.43	20.91
86.00	84.00	-1610.29	10.39	31.30
84.00	82.00	-1578.71	10.35	41.65
82.00	80.00	-1546.66	10.31	51.96
80.00	78.00	-1514.07	10.27	62.23
78.00	76.00	-1480.87	10.24	72.47
76.00	74.00	-1446.98	10.20	82.67
74.00	72.00	-1412.33	10.17	92.84
72.00	70.00	-1376.82	10.15	103.00
70.00	68.00	-1340.35	10.13	113.13
68.00	66.00	-1302.80	10.12	123.25
66.00	64.00	-1264.04	10.12	133.38
64.00	62.00	-1223.93	10.13	143.51
62.00	60.00	-1182.30	10.16	153.66
60.00	58.00	-1138.97	10.20	163.86
58.00	56.00	-1093.72	10.26	174.12
56.00	54.00	-1046.31	10.35	184.47
54.00	52.00	-996.47	10.47	194.94
52.00	50.00	-943.87	10.64	205.57
50.00	48.00	-888.14	10.86	216.43
48.00	46.00	-828.85	11.16	227.60
46.00	44.00	-765.48	11.57	239.17
44.00	42.00	-697.43	12.14	251.31
42.00	40.00	-623.99	12.93	264.24
40.00	38.00	-544.30	14.10	278.35
38.00	36.00	-457.30	15.93	294.27
36.00	34.00	-361.74	19.05	313.32
34.00	32.00	-256.03	25.37	338.69

32.00	30.00	-138.21	44.15	382.85
30.00	29.92	-5.78	41.80	424.65

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.12: Distancia acumulada para Pendiente de 12%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-1797.22	9.75	9.75
88.00	86.00	-1766.44	9.70	19.44
86.00	84.00	-1735.29	9.64	29.09
84.00	82.00	-1703.71	9.59	38.68
82.00	80.00	-1671.66	9.54	48.21
80.00	78.00	-1639.07	9.49	57.70
78.00	76.00	-1605.87	9.44	67.14
76.00	74.00	-1571.98	9.39	76.53
74.00	72.00	-1537.33	9.35	85.88
72.00	70.00	-1501.82	9.31	95.19
70.00	68.00	-1465.35	9.27	104.46
68.00	66.00	-1427.80	9.24	113.69
66.00	64.00	-1389.04	9.21	122.90
64.00	62.00	-1348.93	9.19	132.10
62.00	60.00	-1307.30	9.19	141.28
60.00	58.00	-1263.97	9.19	150.47
58.00	56.00	-1218.72	9.21	159.68
56.00	54.00	-1171.31	9.24	168.92
54.00	52.00	-1121.47	9.30	178.22
52.00	50.00	-1068.87	9.39	187.62
50.00	48.00	-1013.14	9.52	197.14
48.00	46.00	-953.85	9.70	206.84
46.00	44.00	-890.48	9.95	216.79
44.00	42.00	-822.43	10.29	227.08
42.00	40.00	-748.99	10.78	237.85
40.00	38.00	-669.30	11.47	249.32
38.00	36.00	-582.30	12.51	261.83
36.00	34.00	-486.74	14.15	275.99
34.00	32.00	-381.03	17.05	293.04
32.00	30.00	-263.21	23.18	316.22
30.00	28.24	-130.78	38.48	354.70

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.13: Distancia acumulada para Pendiente de 13%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-1922.22	9.11	9.11
88.00	86.00	-1891.44	9.05	18.17
86.00	84.00	-1860.29	8.99	27.16
84.00	82.00	-1828.71	8.93	36.10
82.00	80.00	-1796.66	8.87	44.97
80.00	78.00	-1764.07	8.82	53.79
78.00	76.00	-1730.87	8.76	62.55
76.00	74.00	-1696.98	8.70	71.25
74.00	72.00	-1662.33	8.64	79.89
72.00	70.00	-1626.82	8.59	88.48
70.00	68.00	-1590.35	8.54	97.02
68.00	66.00	-1552.80	8.49	105.52
66.00	64.00	-1514.04	8.45	113.97
64.00	62.00	-1473.93	8.41	122.38
62.00	60.00	-1432.30	8.38	130.76
60.00	58.00	-1388.97	8.36	139.13
58.00	56.00	-1343.72	8.35	147.48
56.00	54.00	-1296.31	8.35	155.83
54.00	52.00	-1246.47	8.37	164.20
52.00	50.00	-1193.87	8.41	172.61
50.00	48.00	-1138.14	8.47	181.08
48.00	46.00	-1078.85	8.58	189.66
46.00	44.00	-1015.48	8.72	198.38
44.00	42.00	-947.43	8.93	207.32
42.00	40.00	-873.99	9.23	216.55
40.00	38.00	-794.30	9.67	226.22
38.00	36.00	-707.30	10.30	236.51
36.00	34.00	-611.74	11.26	247.78
34.00	32.00	-506.03	12.84	260.61
32.00	30.00	-388.21	15.72	276.33
30.00	28.00	-255.78	22.32	298.65
28.00	26.74	-105.55	32.14	330.79

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.14: Distancia acumulada para Pendiente de 14%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-2047.22	8.56	8.56
88.00	86.00	-2016.44	8.49	17.05
86.00	84.00	-1985.29	8.43	25.48
84.00	82.00	-1953.71	8.36	33.84
82.00	80.00	-1921.66	8.30	42.14
80.00	78.00	-1889.07	8.23	50.37
78.00	76.00	-1855.87	8.17	58.54
76.00	74.00	-1821.98	8.10	66.64
74.00	72.00	-1787.33	8.04	74.68
72.00	70.00	-1751.82	7.98	82.66
70.00	68.00	-1715.35	7.92	90.58
68.00	66.00	-1677.80	7.86	98.44
66.00	64.00	-1639.04	7.81	106.25
64.00	62.00	-1598.93	7.76	114.00
62.00	60.00	-1557.30	7.71	121.71
60.00	58.00	-1513.97	7.67	129.38
58.00	56.00	-1468.72	7.64	137.02
56.00	54.00	-1421.31	7.62	144.64
54.00	52.00	-1371.47	7.61	152.25
52.00	50.00	-1318.87	7.61	159.86
50.00	48.00	-1263.14	7.64	167.50
48.00	46.00	-1203.85	7.69	175.18
46.00	44.00	-1140.48	7.77	182.95
44.00	42.00	-1072.43	7.89	190.84
42.00	40.00	-998.99	8.08	198.92
40.00	38.00	-919.30	8.35	207.27
38.00	36.00	-832.30	8.75	216.02
36.00	34.00	-736.74	9.35	225.38
34.00	32.00	-631.03	10.29	235.67
32.00	30.00	-513.21	11.89	247.56
30.00	28.00	-380.78	14.99	262.55
28.00	26.00	-230.55	23.05	285.61
26.00	25.38	-58.32	26.72	312.33

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.15: Distancia acumulada para Pendiente de 15%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-2172.22	8.07	8.07
88.00	86.00	-2141.44	8.00	16.06
86.00	84.00	-2110.29	7.93	23.99
84.00	82.00	-2078.71	7.86	31.85
82.00	80.00	-2046.66	7.79	39.64
80.00	78.00	-2014.07	7.72	47.36
78.00	76.00	-1980.87	7.65	55.02
76.00	74.00	-1946.98	7.58	62.60
74.00	72.00	-1912.33	7.51	70.11
72.00	70.00	-1876.82	7.45	77.56
70.00	68.00	-1840.35	7.38	84.94
68.00	66.00	-1802.80	7.32	92.26
66.00	64.00	-1764.04	7.25	99.51
64.00	62.00	-1723.93	7.19	106.70
62.00	60.00	-1682.30	7.14	113.84
60.00	58.00	-1638.97	7.09	120.93
58.00	56.00	-1593.72	7.04	127.97
56.00	54.00	-1546.31	7.00	134.97
54.00	52.00	-1496.47	6.97	141.94
52.00	50.00	-1443.87	6.95	148.89
50.00	48.00	-1388.14	6.95	155.84
48.00	46.00	-1328.85	6.96	162.81
46.00	44.00	-1265.48	7.00	169.81
44.00	42.00	-1197.43	7.07	176.87
42.00	40.00	-1123.99	7.18	184.05
40.00	38.00	-1044.30	7.35	191.41
38.00	36.00	-957.30	7.61	199.01
36.00	34.00	-861.74	8.00	207.01
34.00	32.00	-756.03	8.59	215.60
32.00	30.00	-638.21	9.56	225.16
30.00	28.00	-505.78	11.29	236.45
28.00	26.00	-355.55	14.95	251.40
26.00	24.15	-183.32	24.86	276.26

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.16: Distancia acumulada para Pendiente de 16%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-2297.22	7.63	7.63
88.00	86.00	-2266.44	7.56	15.18
86.00	84.00	-2235.29	7.49	22.67
84.00	82.00	-2203.71	7.41	30.08
82.00	80.00	-2171.66	7.34	37.42
80.00	78.00	-2139.07	7.27	44.69
78.00	76.00	-2105.87	7.20	51.89
76.00	74.00	-2071.98	7.13	59.02
74.00	72.00	-2037.33	7.05	66.07
72.00	70.00	-2001.82	6.98	73.05
70.00	68.00	-1965.35	6.91	79.96
68.00	66.00	-1927.80	6.84	86.81
66.00	64.00	-1889.04	6.77	93.58
64.00	62.00	-1848.93	6.71	100.29
62.00	60.00	-1807.30	6.64	106.93
60.00	58.00	-1763.97	6.58	113.51
58.00	56.00	-1718.72	6.53	120.04
56.00	54.00	-1671.31	6.48	126.52
54.00	52.00	-1621.47	6.43	132.96
52.00	50.00	-1568.87	6.40	139.35
50.00	48.00	-1513.14	6.37	145.73
48.00	46.00	-1453.85	6.36	152.09
46.00	44.00	-1390.48	6.37	158.46
44.00	42.00	-1322.43	6.40	164.86
42.00	40.00	-1248.99	6.46	171.33
40.00	38.00	-1169.30	6.57	177.89
38.00	36.00	-1082.30	6.73	184.62
36.00	34.00	-986.74	6.98	191.60
34.00	32.00	-881.03	7.37	198.98
32.00	30.00	-763.21	8.00	206.97
30.00	28.00	-630.78	9.05	216.02
28.00	26.00	-480.55	11.06	227.08
26.00	24.00	-308.32	15.96	243.04
24.00	23.03	-108.51	20.60	263.65

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.17: Distancia acumulada para Pendiente de 17%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-2422.22	7.23	7.23
88.00	86.00	-2391.44	7.16	14.39
86.00	84.00	-2360.29	7.09	21.48
84.00	82.00	-2328.71	7.02	28.50
82.00	80.00	-2296.66	6.94	35.44
80.00	78.00	-2264.07	6.87	42.31
78.00	76.00	-2230.87	6.79	49.11
76.00	74.00	-2196.98	6.72	55.83
74.00	72.00	-2162.33	6.65	62.47
72.00	70.00	-2126.82	6.57	69.04
70.00	68.00	-2090.35	6.50	75.54
68.00	66.00	-2052.80	6.42	81.97
66.00	64.00	-2014.04	6.35	88.32
64.00	62.00	-1973.93	6.28	94.60
62.00	60.00	-1932.30	6.21	100.82
60.00	58.00	-1888.97	6.15	106.96
58.00	56.00	-1843.72	6.09	113.05
56.00	54.00	-1796.31	6.03	119.08
54.00	52.00	-1746.47	5.97	125.05
52.00	50.00	-1693.87	5.93	130.98
50.00	48.00	-1638.14	5.89	136.87
48.00	46.00	-1578.85	5.86	142.73
46.00	44.00	-1515.48	5.85	148.57
44.00	42.00	-1447.43	5.85	154.42
42.00	40.00	-1373.99	5.87	160.29
40.00	38.00	-1294.30	5.93	166.22
38.00	36.00	-1207.30	6.03	172.26
36.00	34.00	-1111.74	6.20	178.45
34.00	32.00	-1006.03	6.46	184.91
32.00	30.00	-888.21	6.87	191.78
30.00	28.00	-755.78	7.55	199.34
28.00	26.00	-605.55	8.78	208.11
26.00	24.00	-433.32	11.36	219.47
24.00	22.01	-233.51	19.28	238.75

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.18: Distancia acumulada para Pendiente de 18%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-2547.22	6.88	6.88
88.00	86.00	-2516.44	6.81	13.68
86.00	84.00	-2485.29	6.73	20.42
84.00	82.00	-2453.71	6.66	27.07
82.00	80.00	-2421.66	6.58	33.66
80.00	78.00	-2389.07	6.51	40.17
78.00	76.00	-2355.87	6.43	46.60
76.00	74.00	-2321.98	6.36	52.96
74.00	72.00	-2287.33	6.28	59.24
72.00	70.00	-2251.82	6.21	65.45
70.00	68.00	-2215.35	6.13	71.58
68.00	66.00	-2177.80	6.06	77.64
66.00	64.00	-2139.04	5.98	83.62
64.00	62.00	-2098.93	5.91	89.53
62.00	60.00	-2057.30	5.84	95.36
60.00	58.00	-2013.97	5.77	101.13
58.00	56.00	-1968.72	5.70	106.83
56.00	54.00	-1921.31	5.64	112.47
54.00	52.00	-1871.47	5.57	118.04
52.00	50.00	-1818.87	5.52	123.56
50.00	48.00	-1763.14	5.47	129.03
48.00	46.00	-1703.85	5.43	134.46
46.00	44.00	-1640.48	5.40	139.86
44.00	42.00	-1572.43	5.38	145.24
42.00	40.00	-1498.99	5.38	150.63
40.00	38.00	-1419.30	5.41	156.04
38.00	36.00	-1332.30	5.47	161.50
36.00	34.00	-1236.74	5.57	167.07
34.00	32.00	-1131.03	5.74	172.82
32.00	30.00	-1013.21	6.02	178.84
30.00	28.00	-880.78	6.48	185.32
28.00	26.00	-730.55	7.28	192.60
26.00	24.00	-558.32	8.81	201.41
24.00	22.00	-358.51	12.63	214.04
22.00	21.07	-123.50	15.89	229.93

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.19: Distancia acumulada para Pendiente de 19%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-2672.22	6.56	6.56
88.00	86.00	-2641.44	6.48	13.04
86.00	84.00	-2610.29	6.41	19.45
84.00	82.00	-2578.71	6.34	25.79
82.00	80.00	-2546.66	6.26	32.05
80.00	78.00	-2514.07	6.19	38.23
78.00	76.00	-2480.87	6.11	44.34
76.00	74.00	-2446.98	6.03	50.38
74.00	72.00	-2412.33	5.96	56.33
72.00	70.00	-2376.82	5.88	62.21
70.00	68.00	-2340.35	5.80	68.02
68.00	66.00	-2302.80	5.73	73.74
66.00	64.00	-2264.04	5.65	79.40
64.00	62.00	-2223.93	5.58	84.97
62.00	60.00	-2182.30	5.50	90.47
60.00	58.00	-2138.97	5.43	95.90
58.00	56.00	-2093.72	5.36	101.26
56.00	54.00	-2046.31	5.29	106.55
54.00	52.00	-1996.47	5.23	111.78
52.00	50.00	-1943.87	5.16	116.94
50.00	48.00	-1888.14	5.11	122.05
48.00	46.00	-1828.85	5.06	127.11
46.00	44.00	-1765.48	5.02	132.13
44.00	42.00	-1697.43	4.99	137.12
42.00	40.00	-1623.99	4.97	142.09
40.00	38.00	-1544.30	4.97	147.06
38.00	36.00	-1457.30	5.00	152.06
36.00	34.00	-1361.74	5.06	157.11
34.00	32.00	-1256.03	5.17	162.29
32.00	30.00	-1138.21	5.36	167.65
30.00	28.00	-1005.78	5.68	173.32
28.00	26.00	-855.55	6.21	179.54
26.00	24.00	-683.32	7.20	186.74
24.00	22.00	-483.51	9.36	196.10
22.00	20.21	-248.50	14.95	211.05

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.20: Distancia acumulada para Pendiente de 20%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-2797.22	6.26	6.26
88.00	86.00	-2766.44	6.19	12.45
86.00	84.00	-2735.29	6.12	18.57
84.00	82.00	-2703.71	6.04	24.61
82.00	80.00	-2671.66	5.97	30.58
80.00	78.00	-2639.07	5.89	36.47
78.00	76.00	-2605.87	5.82	42.29
76.00	74.00	-2571.98	5.74	48.03
74.00	72.00	-2537.33	5.66	53.70
72.00	70.00	-2501.82	5.59	59.28
70.00	68.00	-2465.35	5.51	64.79
68.00	66.00	-2427.80	5.43	70.22
66.00	64.00	-2389.04	5.36	75.58
64.00	62.00	-2348.93	5.28	80.86
62.00	60.00	-2307.30	5.20	86.06
60.00	58.00	-2263.97	5.13	91.19
58.00	56.00	-2218.72	5.06	96.25
56.00	54.00	-2171.31	4.99	101.24
54.00	52.00	-2121.47	4.92	106.15
52.00	50.00	-2068.87	4.85	111.01
50.00	48.00	-2013.14	4.79	115.80
48.00	46.00	-1953.85	4.74	120.53
46.00	44.00	-1890.48	4.69	125.22
44.00	42.00	-1822.43	4.64	129.86
42.00	40.00	-1748.99	4.61	134.48
40.00	38.00	-1669.30	4.60	139.08
38.00	36.00	-1582.30	4.60	143.68
36.00	34.00	-1486.74	4.63	148.32
34.00	32.00	-1381.03	4.70	153.02
32.00	30.00	-1263.21	4.83	157.85
30.00	28.00	-1130.78	5.05	162.90
28.00	26.00	-980.55	5.42	168.32
26.00	24.00	-808.32	6.09	174.41
24.00	22.00	-608.51	7.44	181.85
22.00	20.00	-373.50	11.07	192.92
20.00	19.42	-92.63	12.22	205.13

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.21: Distancia acumulada para Pendiente de 21%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-2922.22	6.00	6.00
88.00	86.00	-2891.44	5.92	11.92
86.00	84.00	-2860.29	5.85	17.77
84.00	82.00	-2828.71	5.78	23.54
82.00	80.00	-2796.66	5.70	29.25
80.00	78.00	-2764.07	5.63	34.87
78.00	76.00	-2730.87	5.55	40.42
76.00	74.00	-2696.98	5.47	45.90
74.00	72.00	-2662.33	5.40	51.29
72.00	70.00	-2626.82	5.32	56.61
70.00	68.00	-2590.35	5.24	61.86
68.00	66.00	-2552.80	5.17	67.02
66.00	64.00	-2514.04	5.09	72.11
64.00	62.00	-2473.93	5.01	77.13
62.00	60.00	-2432.30	4.94	82.06
60.00	58.00	-2388.97	4.86	86.93
58.00	56.00	-2343.72	4.79	91.71
56.00	54.00	-2296.31	4.71	96.43
54.00	52.00	-2246.47	4.64	101.07
52.00	50.00	-2193.87	4.58	105.65
50.00	48.00	-2138.14	4.51	110.16
48.00	46.00	-2078.85	4.45	114.61
46.00	44.00	-2015.48	4.40	119.00
44.00	42.00	-1947.43	4.35	123.35
42.00	40.00	-1873.99	4.31	127.66
40.00	38.00	-1794.30	4.28	131.94
38.00	36.00	-1707.30	4.27	136.20
36.00	34.00	-1611.74	4.27	140.48
34.00	32.00	-1506.03	4.31	144.79
32.00	30.00	-1388.21	4.40	149.19
30.00	28.00	-1255.78	4.55	153.73
28.00	26.00	-1105.55	4.81	158.54
26.00	24.00	-933.32	5.27	163.81
24.00	22.00	-733.51	6.17	169.99
22.00	20.00	-498.50	8.29	178.28

20.00	18.68	-217.63	11.54	189.82
-------	-------	---------	-------	--------

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.22: Distancia acumulada para Pendiente de 22%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-3047.22	5.75	5.75
88.00	86.00	-3016.44	5.68	11.43
86.00	84.00	-2985.29	5.60	17.03
84.00	82.00	-2953.71	5.53	22.56
82.00	80.00	-2921.66	5.46	28.02
80.00	78.00	-2889.07	5.38	33.40
78.00	76.00	-2855.87	5.31	38.71
76.00	74.00	-2821.98	5.23	43.94
74.00	72.00	-2787.33	5.16	49.10
72.00	70.00	-2751.82	5.08	54.18
70.00	68.00	-2715.35	5.00	59.18
68.00	66.00	-2677.80	4.93	64.10
66.00	64.00	-2639.04	4.85	68.95
64.00	62.00	-2598.93	4.77	73.73
62.00	60.00	-2557.30	4.70	78.42
60.00	58.00	-2513.97	4.62	83.04
58.00	56.00	-2468.72	4.55	87.59
56.00	54.00	-2421.31	4.47	92.06
54.00	52.00	-2371.47	4.40	96.46
52.00	50.00	-2318.87	4.33	100.79
50.00	48.00	-2263.14	4.26	105.05
48.00	46.00	-2203.85	4.20	109.25
46.00	44.00	-2140.48	4.14	113.38
44.00	42.00	-2072.43	4.08	117.47
42.00	40.00	-1998.99	4.04	121.51
40.00	38.00	-1919.30	4.00	125.51
38.00	36.00	-1832.30	3.98	129.48
36.00	34.00	-1736.74	3.97	133.45
34.00	32.00	-1631.03	3.98	137.43
32.00	30.00	-1513.21	4.03	141.46
30.00	28.00	-1380.78	4.13	145.60
28.00	26.00	-1230.55	4.32	149.92
26.00	24.00	-1058.32	4.65	154.57

24.00	22.00	-858.51	5.27	159.84
22.00	20.00	-623.50	6.63	166.47
20.00	18.00	-342.63	10.93	177.40

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.23: Distancia acumulada para Pendiente de 23%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-3172.22	5.52	5.52
88.00	86.00	-3141.44	5.45	10.97
86.00	84.00	-3110.29	5.38	16.35
84.00	82.00	-3078.71	5.31	21.66
82.00	80.00	-3046.66	5.23	26.89
80.00	78.00	-3014.07	5.16	32.05
78.00	76.00	-2980.87	5.08	37.14
76.00	74.00	-2946.98	5.01	42.15
74.00	72.00	-2912.33	4.93	47.08
72.00	70.00	-2876.82	4.86	51.94
70.00	68.00	-2840.35	4.78	56.72
68.00	66.00	-2802.80	4.71	61.43
66.00	64.00	-2764.04	4.63	66.06
64.00	62.00	-2723.93	4.55	70.61
62.00	60.00	-2682.30	4.48	75.09
60.00	58.00	-2638.97	4.40	79.49
58.00	56.00	-2593.72	4.33	83.81
56.00	54.00	-2546.31	4.25	88.07
54.00	52.00	-2496.47	4.18	92.25
52.00	50.00	-2443.87	4.11	96.35
50.00	48.00	-2388.14	4.04	100.39
48.00	46.00	-2328.85	3.97	104.37
46.00	44.00	-2265.48	3.91	108.28
44.00	42.00	-2197.43	3.85	112.13
42.00	40.00	-2123.99	3.80	115.93
40.00	38.00	-2044.30	3.76	119.68
38.00	36.00	-1957.30	3.72	123.40
36.00	34.00	-1861.74	3.70	127.10
34.00	32.00	-1756.03	3.70	130.80
32.00	30.00	-1638.21	3.73	134.53
30.00	28.00	-1505.78	3.79	138.32

28.00	26.00	-1355.55	3.92	142.24
26.00	24.00	-1183.32	4.16	146.40
24.00	22.00	-983.51	4.60	151.00
22.00	20.00	-748.50	5.52	156.53
20.00	18.00	-467.63	8.00	164.52
18.00	17.36	-125.50	8.85	173.37

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.24: Distancia acumulada para Pendiente de 24%

Velocidad (km/h)		F. Disponible (kg)	D. Recorrida (m)	D. Acumulada (m)
Inicial	Final			
90.00	88.00	-3297.22	5.31	5.31
88.00	86.00	-3266.44	5.24	10.56
86.00	84.00	-3235.29	5.17	15.73
84.00	82.00	-3203.71	5.10	20.83
82.00	80.00	-3171.66	5.03	25.86
80.00	78.00	-3139.07	4.95	30.81
78.00	76.00	-3105.87	4.88	35.69
76.00	74.00	-3071.98	4.81	40.50
74.00	72.00	-3037.33	4.73	45.23
72.00	70.00	-3001.82	4.66	49.88
70.00	68.00	-2965.35	4.58	54.46
68.00	66.00	-2927.80	4.50	58.97
66.00	64.00	-2889.04	4.43	63.40
64.00	62.00	-2848.93	4.35	67.75
62.00	60.00	-2807.30	4.28	72.03
60.00	58.00	-2763.97	4.20	76.23
58.00	56.00	-2718.72	4.13	80.36
56.00	54.00	-2671.31	4.05	84.41
54.00	52.00	-2621.47	3.98	88.39
52.00	50.00	-2568.87	3.91	92.30
50.00	48.00	-2513.14	3.84	96.14
48.00	46.00	-2453.85	3.77	99.91
46.00	44.00	-2390.48	3.71	103.61
44.00	42.00	-2322.43	3.64	107.26
42.00	40.00	-2248.99	3.59	110.84
40.00	38.00	-2169.30	3.54	114.38
38.00	36.00	-2082.30	3.50	117.88
36.00	34.00	-1986.74	3.47	121.35

34.00	32.00	-1881.03	3.45	124.80
32.00	30.00	-1763.21	3.46	128.26
30.00	28.00	-1630.78	3.50	131.76
28.00	26.00	-1480.55	3.59	135.35
26.00	24.00	-1308.32	3.76	139.12
24.00	22.00	-1108.51	4.08	143.20
22.00	20.00	-873.50	4.73	147.93
20.00	18.00	-592.63	6.31	154.24
18.00	16.77	-250.50	8.41	162.65

Fuente: Elaboración Propia

PLANOS