

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL**



UPLA
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

TESIS:

**PROPUESTA DE DISEÑO GEOMETRICO DEL
TRAMO JAUJA-HUERTAS SEGÚN LA NORMA
DE DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2018**

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

AUTOR:

Bach. ROJAS CUNYAS MARTIN EDUARDO

ASESOR:

Ing. PORRAS MAYTA JULIO FREDY

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:

TRANSPORTE Y URBANISMO

HUANCAYO – PERU

2023

DEDICATORIA

A Dios, que me da fuerza y conocimiento y camina a mi lado en cada momento. A mis padres, que me han guiado en mi educación y bienestar y me proporcionan la fortaleza y la motivación para perseguir mis metas.

Bach. Rojas Cunyas Martin Eduardo

AGRADECIMIENTO

A los instructores de la Universidad Peruana Los Andes, que nos dieron el tipo de educación que necesitábamos para convertirnos en profesionales de primer nivel.

Bach. Rojas Cunyas Martin Eduardo

CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0153- FI -2024

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la **TESIS**; Titulada:

PROPUESTA DE DISEÑO GEOMETRICO DEL TRAMO JAUJA-HUERTAS SEGÚN LA NORMA DE DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2018

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : BACH. ROJAS CUNYAS MARTIN EDUARDO

Facultad : INGENIERÍA

Escuela Académica : INGENIERÍA CIVIL

Asesor(a) : ING. PORRAS MAYTA JULIO FREDY

Fue analizado con fecha **04/04/2024**; con **128 págs.**; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

Excluye Bibliografía.

X

Excluye citas.

X

Excluye Cadenas hasta 20 palabras.

X

Otro criterio (especificar)

El documento presenta un porcentaje de similitud de **20** %.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°15 del Reglamento de uso de Software de Prevención de Plagio Versión 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: **Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.**

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.



Huancayo, 04 de abril de 2024.

MTRA. LIZET DORIELA MANTARI MINCAMI
JEFA

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS

Dr. Rubén Darío Tapia Silguera.

PRESIDENTE

Ing. David Ramos Piñas

JURADO

Ing. Nelfa Estrella Ayuque Almidon

JURADO

Ing. Henry Gustavo Pautrat Egoavil

JURADO

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza

SECRETARIO DOCENTE

CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
CONTENIDO DE TABLAS	viii
CONTENIDO DE FIGURAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN.....	13
CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	14
1.1.1. Espacial	15
1.1.2. Temporal	15
1.1.3. Económica.....	15
1.1.4. Limitaciones.....	15
1.2. Formulación del problema.....	15
1.2.1. Problema general	15
1.2.2. Problema específicos	16
1.3. Justificación	16
1.3.1. Social o práctica	16
1.3.2. Científica o teórica	16
1.3.3. Metodológica	16
1.4. Objetivos	16
1.4.1. Objetivo general.....	16
1.4.2. Objetivos específicos	17
CAPITULO II MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. Antecedentes.....	18
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	18
2.1.2. Antecedentes nacionales	19

2.2.	Base teórica.....	21
2.2.1.	Manual de diseño geométrico de carreteras.....	21
2.2.2.	Carretera.....	21
2.2.3.	Clasificación de carreteras	21
2.2.4.	Características de tráfico.....	23
2.2.5.	Velocidad del diseño (v).....	26
2.2.6.	Distancia de visibilidad.....	28
2.2.7.	Diseño geométrico en planta.....	36
2.2.8.	Diseño geométrico en perfil.....	47
2.2.9.	Diseño geométrico en sección transversal	56
2.3.	Marco conceptual.....	66
2.4.	Hipótesis	68
2.4.1.	Hipótesis general.....	68
2.4.2.	Hipótesis específicas.....	68
2.5.	Variables	69
2.5.1.	Definición conceptual de las variables	69
2.5.2.	Definición operacional de la variable	69
2.6.	Operacionalización de las variables.....	70
CAPITULO III METODOLOGIA		71
3.1.	Método de investigación.....	71
3.2.	Tipo de investigación.....	71
3.3.	Nivel de investigación	71
3.4.	Diseño de investigación	72
3.5.	Población y muestra.....	72
3.5.1.	Población	72
3.5.2.	Muestra	72

3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	73
3.7.	Técnicas de análisis de datos y procesamiento de información	73
3.8.	Aspectos éticos de la investigación	74
CAPITULO IV RESULTADOS		75
4.1.	Características Generales	75
4.2.	Consideraciones del proyecto	75
4.3.	Clasificación de la vía.....	77
4.4.	Vehículo de diseño	77
4.5.	Velocidad de diseño.....	78
4.6.	Trazo y diseño geométrico vial.....	79
4.7.	Determinación de Parámetros de Diseño.....	82
4.8.	El diseño geométrico de la sección transversal	85
4.9.	Diseño geométrico en planta	93
4.10.	Diseño geométrico en perfil.....	100
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS		107
CONCLUSIONES.....		108
RECOMENDACIONES		109
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS (APA, VANCOUVER E ISO 690).....		110
ANEXOS		111
ANEXO 1 “MATRIZ DE CONSISTENCIA”		111
ANEXO 2 “VOLUMEN DE TRÁFICO PROMEDIO DIARIO “E1”		113
ANEXO 3 “ PANEL FOTOGRÁFICO”		121
ANEXO 4 “PLANOS”		125

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1: Rango de velocidades de diseño teniendo en cuenta la orografía y demanda de la vía	28
Tabla 2: Distancia de visibilidad de parada (m)	30
Tabla 3: Distancia mínima de visibilidad requerida a lo largo de una vía de 7.20 metros de ancho.....	36
Tabla 4: Longitud mínima de curva	38
Tabla 5: Ángulos máximos de deflexión que no necesitan una curva horizontal	38
Tabla 6: Longitud de sección en tangente	39
Tabla 7: Partes de la curva.....	41
Tabla 8: Para diseño de carreteras, radios mínimos y peraltes máximos	42
Tabla 9: “Longitud mínima de la curva de transición”	44
Tabla 10: Radios circulares (m)	45
Tabla 11: Valores de pendientes máximas	49
Tabla 12: Cálculo de la longitud vertical convexa utilizando valores de índice K.....	54
Tabla 13: Valores del índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava.....	56
Tabla 14: Ancho mínimo de la calzada de tangente.....	59
Tabla 15: Ancho de berma	61
Tabla 16: Valores del bombeo de la calzada	62
Tabla 17: Valores de radio sin necesidad de peralte	63
Tabla 18: Valores de peralte máximo.....	64
Tabla 19: Valores de peralte mínimo	64
Tabla 20: Valores de referenciales para taludes en corte (h:v).....	65
Tabla 21: Taludes referenciales en zonas de relleno (Terraplenes)	65
Tabla 22: Operacionalización de las variables	70
Tabla 23: Puntos del proyecto	75

Tabla 24: Parámetros de diseño.....	80
Tabla 25: Resumen de las características técnicas	81
Tabla 26: De acuerdo con el Reglamento Vehicular Nacional (D.S. N° 058-2003-MTC o el que se encuentre vigente), se utiliza información básica sobre los automóviles tipo M para determinar el tamaño de la vía.....	83
Tabla 27: Semirremolque simple (T2S1) Ángulos y radios máximos/mínimos y ángulos...83	83
Tabla 28: Detalle de carretera con visibilidad adecuada (%)	84
Tabla 29: Porcentaje de peralte (p) utilizado para crear la tangente	89
Tabla 30: Tramos mínimos en tangente entre las curvas del mismo sentido.	89
Tabla 31: Sección transversal con un ancho mínimo de 0.30	90
Tabla 32: Tipo de cuneta	92
Tabla 33: longitud mínima de curva.....	93
Tabla 34: Ángulos de deflexión.....	93
Tabla 35: Longitudes de tramos en tangente	94
Tabla 36: Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carretera.....	96
Tabla 37: Radios circulares límites que permiten prescindir de la curva de transición	98
Tabla 38: Longitud mínima de curva de transición.....	98
Tabla 39: Variación de la aceleración transversal por unidad de tiempo.....	98
Tabla 40: factores de reducción del sobreebanco para anchos de calzada en tangente.....	99
Tabla 41: Pendiente máxima	101

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1: Distancia de visibilidad de parada	31
Figura 2: Distancia de visibilidad de adelanto	32
Figura 3: Distancia de visibilidad de paso	33
Figura 4: Visibilidad mínima del triángulo y distancia de visibilidad de la intersección .	34
Figura 5: Simbología de curva circular	40
Figura 6: Relación entre la velocidad de diseño, el radio y el peralte en regiones rurales	42
Figura 7: Elementos de las curvas de transición	44
Figura 8: Curva convexa vertical con longitud mínima y distancias visuales de parada..	52
Figura 9: Longitud mínima de curva vertical convexa con distancia de visibilidad de parada.....	53
Figura 10: Longitudes mínimas de las curvas verticales cóncavas	55
Figura 11: Ejemplo de Sección Transversal de caminos de uno y dos carriles en área rural	57
Figura 12: Casos de bombeo	63
Figura 13: Casos de borde	66
Figura 14: Reglamento Nacional de vehículos	78
Figura 15: Rango de velocidades de diseño determinado en función de la orografía de la vía y clasificación de la demanda	79
Figura 16: Sección típica a media ladera.....	85
Figura 17: Inclinación transversal de bermas.....	87
Figura 18: Tipos de cunetas en sección triangular	92
Figura 19: Elementos de una curva circular	95
Figura 20: Peralte en zona rural	97
Figura 21: Cálculo de sobreebanco	99
Figura 22: Elementos de la curva vertical simétrica.....	102
Figura 23: Longitud de curvas convexas.....	103
Figura 24: Curva vertical convexa con longitud mínima y distancias visuales de parada.....	104
Figura 25: Longitud de curvas cóncavas.....	105
Figura 26: Longitudes mínimas de curvas verticales cóncavas.....	106
Figura 27: Panel fotográfico N°1	122
Figura 28: Panel fotográfico N°2.....	122
Figura 29: Panel fotográfico N°3.....	123
Figura 30: Panel fotográfico N°4.....	123
Figura 31: Panel fotográfico N°5.....	124
Figura 32: Panel fotográfico N°6.....	124
Figura 33: Panel fotográfico N°7.....	125
Figura 34: Panel fotográfico N°8.....	125

RESUMEN

El presente trabajo denominado “Propuesta de diseño geométrico del tramo Jauja-Huertas según la Norma de Diseño Geométrico DG-2018”, será un trabajo en campo, dimensionamiento y diseño, de los análisis de la carretera actual de los lugares ya mencionados. Como problema principal se plantea: ¿Cuál es el diagnóstico de la propuesta de diseño geométrico del tramo Jauja-Huertas según la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras DG - 2018? El objetivo principal será: Determinar el diagnóstico de la propuesta de diseño geométrico del tramo Jauja-Huertas según la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras DG – 2018. Como hipótesis se plantea lo siguiente: La propuesta del diseño geométrico del tramo Jauja-Huertas según la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras DG - 2018 se ajusta a las especificaciones de diseño recogidas en la normativa aplicable.

El estudio empleará un diseño no experimental y el tipo de técnica científica aplicada a nivel descriptivo-comparativo. Desde el kilómetro 0+000 (ruta 610) en el distrito de Jauja, a una altitud de 3.390,00 m.s.n.m., hasta el kilómetro 3+000 (ruta 610) en el distrito de Huertas, a una altitud de 3.380,00 m.s.n.m., será la población y muestra. Se utilizarán las siguientes técnicas e instrumentos de observación, conteo y clasificación vehicular, entre otros. Se realizará el análisis de los datos recabados en cada área de investigación para procesar la información. Por último, se considerará la propuesta de diseño de acuerdo con la Norma de Diseño Geométrico para Carreteras 2018 DG.

Palabras clave: Secciones transversales, evaluación de planos, diseño geométrico y carreteras de tercera clase.

ABSTRACT

This work called "Proposal to update the geometric design of the San Jauja- Huertas section according to the DG-2018 Geometric Design Standard", will be a field work, dimensioning and design, of the analysis of the current road of the places already mentioned.

The main problem is: ¿What is the diagnosis of the proposal to update the geometric design of the Jauja-Huertas section according to the DG - 2018 Standard for Geometric Design of Roads? The main objective will be: To determine the diagnosis of the proposal to update the geometric design of the Jauja-Huertas section according to the DG - 2018 Standard for Geometric Design of Roads. As a hypothesis, the following is proposed: The proposal to update the geometric design of the section Jauja-Huertas, according to the DG - 2018 Geometric Design Standard for Roads, conforms to the design specifications of the applicable standards.

The study will employ a non-experimental design and the applied type of scientific technique at the descriptive-explanatory level. From kilometer 0+000 (route 610) in the Jauja district, at an altitude of 3390.00 m.a.s.l., to kilometer 3+000 (route 610) in the Huertas district, at an altitude of 3,380.00 m.a.s.l., will be the population and sample. The following techniques and instruments for observation, topographic survey, among others, will be used. The analysis of the data collected in each research area will be performed to process the information. Finally, the design proposal will be considered in accordance with the Geometric Design Standard for Roads 2018 DG.

Key words: cross sections, plan evaluation, geometric design, and third class roads.

INTRODUCCIÓN

La modernización de la infraestructura vial de acuerdo a la DG-2018 de Jauja a Huertas nos permite utilizar nuestro amplio conocimiento en el campo del diseño vial para buscar optimizar el diseño de acuerdo al terreno y topografía.

El parque automotor del Perú está en constante crecimiento, lo que genera más viajes de pasajeros entre diferentes puntos del país, por lo que es necesario analizar cuidadosamente los tipos de vías que existen actualmente y su capacidad de planificación y diseño en consecuencia a usar. Y tener en cuenta las necesidades esperadas del usuario para elegir la ruta.

Asimismo, también se debe priorizar la seguridad de los usuarios para evitar los accidentes de tránsito, que lamentablemente son la nueva causa de muerte en nuestro país.

Por todo lo mencionado en este artículo, se analizarán y describirán los componentes que nos permiten tener un camino moderno y seguro para la satisfacción del usuario.

Esta investigación se ha desarrollado en los siguientes capítulos:

Capítulo I: Se ha identificado y definido el problema; también se ha justificado y delimitado; el proceso concluye con la expresión de los objetivos.

Capítulo II: Además de los antecedentes, los fundamentos teóricos y el marco conceptual, también comprende el marco teórico, que incluye asimismo las variables de estudio, las hipótesis y la operacionalización de las variables relacionadas.

Capítulo III: Aquí se elaboraron los datos demográficos, la muestra, los métodos de recogida de datos, el procesamiento de datos, el análisis de datos y el nivel y diseño de la investigación.

Capítulo IV: Los resultados del estudio se recogen en este capítulo.

Capítulo V: Se refiere a la discusión de los resultados.

Por último hay conclusiones, las recomendaciones, las referencias bibliográficas y se cierra con los anexos.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

A nivel internacional, es vital mantenerse al día con la dinámica de los nuevos conocimientos y herramientas a nivel social, cultural y económico, ya que diferentes países de todo el mundo luchan por un desarrollo integral basado en la eficacia y la calidad de los servicios, garantizando la seguridad a los inversores privados con el fin de facilitar las condiciones para invertir en todos los campos de la actividad económica.

A nivel nacional, dado que las carreteras tienen un gran impacto en la integración de una nación, son extremadamente importantes. La infraestructura viaria de nuestra nación es actualmente el principal problema de las carreteras, ya que contribuye al subdesarrollo y dificulta la interacción y comunicación entre las comunidades. El tamaño y el estado de la red de carreteras de un país tienen un impacto significativo en su desarrollo. La capacidad y velocidad de movilización de personas y productos están condicionadas por las carreteras y autopistas, factores que afectan directamente al avance social, político y económico.

A nivel regional, porque muchas carreteras se han construido sin tener en cuenta los requisitos de diseño, lo que ha dado lugar, entre otras cosas, a carreteras con radios mínimos, pendientes pronunciadas, anchuras de calzada inadecuadas y poca o ninguna visibilidad. Todo ello da lugar a carreteras que pueden considerarse incómodas e inseguras. Por esta razón, el propósito de esta tesis es sugerir un diseño geométrico entre dos distritos, basado en el Manual de Diseño Geométrico DG-2018, utilizando los conocimientos adquiridos de la formación profesional para abordar los problemas con

la infraestructura vial de la región central del país.

A nivel local, la evaluación de las características geométricas de estas carreteras locales es necesaria porque muchas de las carreteras y tramos de la provincia de Jauja fueron creados por los propios lugareños por la necesidad de disponer de las mismas para su comunicación y desarrollo con otros pueblos y ciudades. Esto sugiere que las carreteras tenían un diseño empírico que no se ajustaba a las directrices y especificaciones de las Normas de Diseño Geométrico. Debido a las deficiencias técnicas, la parte del distrito Jauja - Huertas se encuentra actualmente en mal estado de conservación. Por esta razón, este concepto sugiere un diseño geométrico para la misma. Como resultado, es imperativo que se realice un estudio técnico de acuerdo con los requisitos más recientes.

1.1.1. Espacial

El levantamiento se realizó en la provincia de Jauja, en la vía en la Av. Clodoaldo Espinoza bravo y la ruta a Huertas.

1.1.2. Temporal

El horizonte temporal es 2022, y será durante este año cuando se recojan y procesen los datos para comunicar las conclusiones.

1.1.3. Económica

Los recursos del estudio coinciden con los recursos personales del investigador, que los utilizó para realizar el trabajo de campo y recopilar los datos pertinentes.

1.1.4. Limitaciones

La investigación se desarrolló en plena pandemia de COVID-19, limitada por la normativa y las políticas existentes.

1.2 Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el diagnóstico de la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras DG - 2018 sobre el diseño geométrico propuesto para el tramo Jauja-Huertas?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿En qué mejorara la infraestructura en el tramo de Jauja-Huertas para la optimización del tráfico y la visibilidad para adelantar?
- b) ¿Cuál será la mejora para la seguridad del tránsito en el tramo de Jauja -Huertas?
- c) ¿Como mejorará la Infraestructura en el tramo de Jauja-Huertas para optimizar el diseño de la geometría vial?

1.3 Justificación

1.3.1. Social o práctica

El objetivo de este trabajo es llamar la atención sobre la importancia de las redes viarias y la imperiosa necesidad de contar con una red de carreteras eficaz que fomente el bienestar social y el progreso de las comunidades que utilizan el sector Jauja-Huertas.

1.3.2. Científica o teórica

La necesidad de examinar y mejorar las características del diseño geométrico de las carreteras, garantizando al mismo tiempo el cumplimiento de los requisitos técnicos establecidos en la DG-2018, sirve de justificación para esta tarea.

1.3.3. Metodológica

De acuerdo al manual DG-2018 para el tramo de Jauja -Huertas a partir del análisis de la información recogida en los proyectos de investigación creados para actualizar la infraestructura viaria, se aplica el proceso de investigación, donde se busca la optimización y seguridad de la infraestructura vial, de tal manera cumpla con las ventajas técnicas mínimas indicadas en el manual DG-2018.

Las características del diseño geométrico de las carreteras facilitan la identificación de los problemas funcionales de cualquier vía o carretera, lo que nos permite adoptar medidas preventivas para reducir el número de accidentes de tráfico.

1.4 Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Conocer el diagnóstico del diseño geométrico conforme a la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras DG – 2018.

1.4.2. Objetivos específicos

- a) Determinar los parámetros del tramo Jauja-Huertas, provincia de Jauja, Región Junín
- b) Determinar las características actuales del diseño geométrico del tramo Jauja-Huertas en comparación con las dispuestas en la Norma de Diseño Geométrico DG-2018.
- c) Determinar el diseño geométrico para el tramo Jauja-Huertas de acuerdo con la Norma de Diseño Geométrico DG-2018.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Segùn: Jholman, A. et al (2006), en su trabajo de tesis titulado “Propuesta de un Manual de Diseño Geométrico de Carreteras para El Salvador”. En su tesis evaluó el crecimiento de numerosos proyectos de carreteras, señalando que las elevadas inversiones en carreteras son el resultado de las continuas demandas de tráfico. Cuando se realizan este tipo de construcciones no se respetan unas normas totalmente adaptadas a las características únicas de nuestra región, como la topografía, el coste y las condiciones sociales. El problema radica en que, a pesar de que la norma para el diseño geométrico de obras viarias tiene su propio conjunto de reglas, se dan muchas circunstancias o detalles del proyecto -como los diseños de pasos elevados y túneles- que no están incluidos en este manual. En consecuencia, para abordar todos los componentes del diseño, el proyectista debe recurrir a manuales mundialmente reconocidos. A veces, por diversas razones, como la topografía o incluso cuestiones de espacio, ni siquiera es factible utilizar alguno de estos criterios. Debido a las malas decisiones tomadas a la hora de determinar los criterios para llevar a cabo los diseños y, en ocasiones, a la mala calidad de los trabajos realizados posteriormente, todo ello provoca retrasos en la ejecución de los proyectos y eleva sus gastos. Por todo ello, tenemos previsto crear un documento que combine las normas de numerosos manuales y especificaciones con el conocimiento de los diseños creados por las empresas nacionales. Prevemos que este tipo de investigaciones ayudarán a identificar el curso de acción óptimo para resolver los problemas de diseño de carreteras de la nación.

Según: Barrera, L. (2010), en su tesis de Investigación “Parámetros de Seguridad Vial para el Diseño Geométrico de Carreteras” de la Universidad Pontificia Bolivariana – Bucaramanga. En este estudio se exponen los factores que deben tenerse en cuenta al diseñar geoméricamente las carreteras para ofrecer el máximo nivel de seguridad vial. La importancia de las infraestructuras viarias queda parcialmente demostrada por el análisis y la explicación exhaustivos de estos criterios. Por esta razón, es pertinente discutir los factores de riesgo potenciales y los accidentes que podrían resultar de omitir estos parámetros. También es crucial destacar la responsabilidad de la ingeniería a la hora de tener en cuenta estos factores durante el proceso de diseño, haciendo hincapié en la necesidad de tener en cuenta un verdadero diseño de una carretera que sea segura, asequible y cómoda.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Según: García, L. (2016), en su tesis titulada “Evaluación del Diseño Geométrico de la carretera Casma –Huaraz, Tramo KM 135+000 al Km 145+600, Aplicando el Manual de Diseño Geométrico DG -2014 año 2016”. El objetivo de la presente investigación de tesis era evaluar el diseño geométrico -sin duda el componente más significativo de una infraestructura viaria- desde el punto de ideación hasta la finalización de una obra civil desde una perspectiva de ingeniería técnica. La geometría de la carretera se crea de forma iterativa mediante un modelo espacial que se evalúa constantemente en función de todas las condiciones y objetivos del diseño. Esto permite introducir modificaciones en la carretera para optimizar su realidad física y funcional final. En consecuencia, la investigación de esta tesis se centra en la evaluación de la carretera Casma-Huaraz, específicamente en el tramo comprendido entre el km 135+000 y el km 145+600, permitiendo realizar una investigación descriptiva del estado actual del tramo.

Según: Quispe, L. (2015), en su tesis titulada “Evaluación del Diseño Geométrico en la carretera Tramo Puno – Tiquillaca, 2014”. El objetivo de esta tesis fue evaluar una muestra dada para valorar el diseño geométrico del tramo carretero Puno - Tiquillaca teniendo en cuenta los requisitos mínimos establecidos por la norma DG-2013 para lograr el más alto nivel de seguridad vial. Estos son examinados y evaluados minuciosamente para ver si cumplen con los criterios requeridos. Por esta razón, es pertinente discutir los factores de riesgo potenciales y los percances que podrían

derivarse de su exclusión del diseño geométrico. Esto ilustra el deber de la ingeniería de tener en cuenta estos factores al diseñar el proyecto y subraya la necesidad de considerar seriamente la gestión de la seguridad. Además, se facilitan las expresiones que se tendrán en cuenta para el correspondiente análisis, que servirán de apoyo al enfoque elegido.

Según: Reinoso, V. (2013), en su tesis titulada “Análisis de las Características Geométricas de la Ruta pe-06 a en la Región de Lambayeque con Propuesta de Solución al Empalme pe-1n en el área Metropolitana de Chiclayo. En esta tesis se describe en detalle el tránsito entre Lambayeque y la sierra de Cajamarca por la ruta PE-06 A. Se sugiere un empalme con la ruta PE-1N en la zona de Mocce para mejorar la seguridad del tránsito y de los usuarios. También se realiza un análisis detallado de las propiedades geométricas de la primera carretera mencionada dentro de la provincia de Chiclayo. El tema enfatiza lo crucial que es comprender las realidades del diseño y del transporte, así como identificar los elementos geométricos y su correcta ubicación. Adquirir un conocimiento preciso de las condiciones geométricas de la carretera es el objetivo principal. La sección transversal y la alineación, tanto horizontal como vertical, son los factores independientes. Los resultados se obtuvieron por comparación directa y se basan en las leyes actuales del MTC (Jerarquía de Carreteras, Tráfico, Diseño de Carreteras y Vehículos).

2.2 Base Teórica

2.2.1. Manual de diseño geométrico de carreteras

En este documento se regulan y sistematizan los procesos y normas necesarios para planificar las infraestructuras viarias de acuerdo con sus objetivos y trayectoria, así como el cumplimiento de determinados requisitos particulares. Comprende datos básicos para diferentes enfoques de diseño geométrico de proyectos basados en el nivel de servicio y la categoría, así como otras leyes vigentes de gestión de infraestructuras viarias..

2.2.2. Carretera

Las carreteras terrestres son redes de transporte creadas especialmente para segmentos clave de la red viaria. Están pensadas para garantizar un flujo de tráfico constante tanto en el espacio como en el tiempo, manteniendo al mismo tiempo los más altos niveles de comodidad y seguridad.

2.2.3. Clasificación de carreteras

Según: Cárdenas Grisales, James para determinar la clasificación de una carretera hay que tener en cuenta cinco factores: la competencia de la carretera, sus características, el tipo de terreno, su función y la velocidad de diseño.

El manual de la DG-2018 esboza un procedimiento para elegir la velocidad de diseño, que tiene en cuenta dos factores: la clasificación de la demanda de la carretera y la clasificación de sus características orográficas.

2.2.3.1. Clasificación por demanda

A continuación se muestra cómo se clasifican las carreteras en Perú en función de la demanda:

- ✓ **Autopista de Primera Clase-** Se considera este criterio cuando el IMDA supera los 6.000 vehículos por día, con vías separadas por una divisoria central de no menos de 6,00 m de ancho. Debe haber dos o más carriles de 3,60 metros de ancho en cada carril.

- ✓ **Autopista de Segunda Clase-** Este enfoque se puede considerar cuando IMDA tiene de 6.000 a 4.001 vehículos por día, las vías están separadas por un divisor central y la distancia puede ser de 6,00 ma 1,00 m. Debe haber dos o más carriles de 3,60 metros de ancho en cada carril.
- ✓ **Carretera de Primera Clase-** Cuando el IMDA tenga al menos una carretera de dos carriles de 3,60 m de anchura y entre 4.000 y 2.001 coches diarios, podrá tomarse en consideración esta estrategia.
- ✓ **Carretera de Segunda Clase-** Cuando haya 2000-400 coches al día en el IMDA y al menos una carretera de dos carriles de 3,30 m de anchura, se podrá tener en cuenta esta estrategia.
- ✓ **Carretera de Tercera Clase-** Cuando haya al menos una carretera de dos carriles de 3,00 metros de ancho y el IMDA tenga menos de 400 vehículos diarios, podrá tomarse en consideración esta estrategia. Ciertas carreteras pueden tener un carril de 2,50 metros de longitud, en cuyo caso es necesario apuntalarlo adecuadamente.
- ✓ **Trocha Carrozables-** El IMDA de estas carreteras suele ser inferior a 200 vehículos diarios, por lo que no alcanzan la geometría de autopista. La anchura mínima de la calzada suele ser de 4,00 metros.

2.2.3.2. Clasificación por orografía

En el Perú, el siguiente es el sistema establecido para clasificar las carreteras en base a la orografía:

- ✓ **Terreno Plano (tipo 1)-**La pendiente longitudinal del eje de la carretera no puede ser superior al 3%, y su pendiente lateral no puede ser inferior o igual al 10%.
- ✓ **Terreno ondulado (tipo 2)-** Tiene en cuenta la pendiente lateral del eje vial, entre el 11% y el 50%, y su pendiente longitudinal entre el 3% y el 6%.

- ✓ **Terreno Accidentado (tipo 3)**- Tiene en cuenta la pendiente lateral del eje vial, entre el 51% y el 100%, y su pendiente longitudinal entre el 6% y el 8%.
- ✓ **Terreno escarpado (tipo 4)**- Se considera una pendiente lateral mayor al 100% y una pendiente longitudinal mayor al 8%.

2.2.4. Características de tráfico

Se trata de una referencia a las propiedades del tráfico, como la cantidad y el tipo de vehículos, la expansión prevista de esos vehículos a lo largo de la duración del proyecto y cualquier modificación prevista. La métrica principal para clasificar el tráfico según el tipo de vehículo y proyectar el crecimiento futuro es el Índice Medio Anual, o IMA.

2.2.4.1. Índice Medio Diario Anual (IMDA)

Muestra la media aritmética de los volúmenes diarios de todos los días del año, previstos o no, en un determinado tramo de carretera. Su comprensión permite calcular la viabilidad económica de la carretera y proporciona una evaluación cuantitativa de su importancia en el segmento considerado. Los valores IMDA de los distintos tramos de carretera proporcionan al diseñador los datos que necesita para identificar las características de diseño de la carretera, clasificarla y crear planes de mantenimiento y mejora.

Las cifras de vehículos/día son cruciales para evaluar las iniciativas de seguridad y cuantificar el nivel de servicio prestado por el transporte motorizado. La demanda media diaria que debe satisfacerse hasta el final del periodo de diseño se computa como el volumen de tráfico para el que está destinada la vía.

2.2.4.2. Diseño de clasificación basada en el tipo de vehículo

Según el Reglamento Nacional de Vehículos, el porcentaje de participación de cada categoría de vehículos en el IMDA es el siguiente:

CATEGORIA L: Son vehículos que tienen menos de cuatro ruedas.

- **L1:** Vehículo de 2 ruedas, máx. 50 cm³, máx. velocidad 50 km/h.
- **L2:** Vehículo con 3 ruedas, máximo 50 cm³, máx. velocidad 50 km/h.
- **L3:** Vehículos de 2 ruedas, mayores a 50 cm³ o con una velocidad mayor de 50 km/h
- **L4:** Vehículos de tamaño superior a 50 cm³ o que tengan velocidades superiores a 50 km/h, o que tengan 3 ruedas asimétricas con respecto al eje longitudinal del vehículo.
- **L5:** Vehículos de tamaño superior a 50 cm³ o que tengan una velocidad superior a 50 km/h, tengan tres ruedas simétricas a su eje longitudinal y no pesen más de una tonelada en total.

CATEGORIA M: Son automóviles destinados al transporte de pasajeros que tienen cuatro ruedas o más.

- **M1:** Automóviles con no más de ocho asientos, sin contar el asiento del conductor.
- **M2:** Automóviles con más de ocho asientos, pero no el asiento del conductor, y automóviles que pesen menos de cinco toneladas en total combinados.
- **M3:** Los automóviles con más de ocho asientos (pero no el del conductor) y los que pesen más de cinco toneladas en total.

Las personalidades de los pasajeros se tienen en cuenta a la hora de clasificar los vehículos de las categorías M2 y M3:

- ❖ **Clase I:** Las áreas construidas para pasajeros de pie permiten que sus vehículos se muevan con frecuencia.
- ❖ **Clase II:** Además de estar fabricados principalmente para el transporte de personas sentadas, estos vehículos también pueden acomodar pasajeros de pie en pasillos y/o espacios que no ocupen más de dos asientos dobles.
- ❖ **Clase III:** Un vehículo diseñado específicamente para transportar personas en asientos.

CATEGORIA N: Automóviles de cuatro ruedas o más destinados al transporte de carga.

- **N1:** automóviles con un límite de peso bruto vehicular no superior a 3,5 toneladas.
- **N2:** Vehículos con un peso entre 3,5 y 12 toneladas de peso bruto vehicular.
- **N3:** Automóviles que pesen más de 12 toneladas brutas.

CATEGORIA O: Semirremolques y remolques

- **O1:** Remolques que no pesen más de 0,75 toneladas de peso bruto del vehículo.
- **O2:** Remolques que pesen entre 0,75 y 3,5 toneladas de peso bruto vehicular.
- **O3:** Remolques que pesen entre cinco y diez toneladas de peso bruto vehicular.
- **O4:** Remolques que pesen más de diez toneladas de peso bruto vehicular.

COMBINACIONES ESPECIALES

Además, los vehículos clasificados como M, N u O que se utilizan para el transporte de pasajeros o mercancías y que tienen funciones específicas que requieren una carrocería y/o equipo determinado se clasifican de la siguiente manera:

- **SA:** Casa rodante.
- **SB:** Camiones blindados para el transporte de objetos de valor.
- **SC:** Ambulancia.
- **SD:** Carro funerario.

2.2.4.3. Crecimiento del tráfico

Durante el transcurso de su vida útil, se debe construir una carretera que pueda soportar el volumen de tráfico previsto. Sin embargo, es necesario evaluar las diferencias en los parámetros primarios en cada segmento de carretera para determinar durante cuánto tiempo será útil una carretera. Este proceso puede resultar complicado debido a cambios inesperados en el uso del suelo o al envejecimiento de la infraestructura, que pueden alterar los volúmenes, los patrones y las demandas de movilidad del tráfico.

No sólo se debe tener en cuenta la cantidad de tráfico en una carretera determinada al construir otras nuevas, sino que también es importante examinar cuántos automóviles se prevé que utilizarán la ruta en el futuro. Determinar el volumen de tránsito en el año de inicio del proyecto así como el año que corresponde al diseño es crucial. Esto permitirá la creación de un plan de construcción por fases que tenga en cuenta los requisitos de demanda futura, además de determinar algunas características del proyecto.

A continuación se exponen los métodos para investigar la demanda de tráfico:

$$P_f = P_o * (1 + T_c)^n$$

Donde:

P_f = Tráfico final

P_o = Tráfico inicial (año base)

T_c = Tasa anual de crecimiento para cada tipo de automóvil

n = Año que se estima.

La proyección del tráfico tiene dos secciones: una para vehículos y otra para camiones. Mientras que la estimación para los camiones se basa en la tasa de crecimiento de la economía, la proyección para los vehículos de pasajeros se basa en la tasa de crecimiento de la población. La mayoría de estas tasas de crecimiento se establecen utilizando datos estadísticos de tendencias del pasado.

2.2.5. Velocidad del Diseño (v)

Se tienen en cuenta una serie de consideraciones al determinar la velocidad de diseño, que incluyen:

- El tipo de carretera que se construirá.
- Las topografías de las zonas.
- Los tráficos esperados.
- Factores económicos.

Según: Ministerio de Transporte y comunicaciones , “La velocidad que se seleccionó para el diseño es la que se utilizará para conocer las propiedades geométricas de una nueva vía durante el proyecto, asumiendo que será la máxima que se podrá mantener de manera segura y placentera.

"La seguridad de los usuarios de la vía debe ser la primera consideración a la hora de determinar la Velocidad de Diseño. En consecuencia, el ritmo al que se diseña la ruta debe ser tal que los conductores no se vean desconcertados por variaciones bruscas o frecuentes en la velocidad a la que pueden navegar con seguridad la ruta.

“El proyectista debe encontrar zonas homogéneas en todo el recorrido a las que se pueda asignar la misma velocidad debido a las características topográficas para garantizar la coherencia de la velocidad. Las características de los elementos geométricos contenidos en el tramo homogéneo se definen en función de esta velocidad, que se conoce como Velocidad de Diseño de la sección homogénea. Para poder identificar piezas homogéneas y determinar su Velocidad de Diseño se deben cumplir los siguientes requisitos:

- ✓ La distancia mínima del tramo de vía para una velocidad de diseño específica es de tres (3,0) kilómetros para velocidades entre veinte y cincuenta (20 y 50 km/h) y de cuatro (4,0) kilómetros para velocidades entre sesenta y ciento veinte (60 y 120 km/h). h).
- ✓ La disparidad en la Velocidad de Diseño entre las partes adyacentes no debe ser mayor a 20 km/h.

No obstante, si fuera necesario establecer un tramo del trazado con una longitud inferior a la designada por un cambio notorio en el tipo de terreno en un breve sector, la diferencia en su Velocidad de Diseño con la de los tramos vecinos Diez kilómetros por hora es el máximo que se debe alcanzar.

Velocidad de diseño de tramo homogéneo

Para calcular la Velocidad de Diseño se utiliza la clasificación de demanda u orografía de la vía a desarrollar. La Velocidad de Diseño se puede configurar para cada segmento homogéneo dentro del rango mostrado en la Tabla N°1.

Tabla 1: Rango de velocidades de diseño teniendo en cuenta la orografía y demanda de la vía

CLASIFICACIÓN	OROGRAFÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO PARA UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)											
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
Autopista De Primera Clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Autopista De Segunda Clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera De Primera Clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera De Segunda Clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera De Tercera Clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												

Fuente: Elaboración propia / Manual – DG-2018-MTC (Tabla 204.01)

2.2.6. Distancia de visibilidad

El término "distancia de visibilidad" describe la cantidad de línea recta que un conductor puede ver para navegar con seguridad por una ruta.

El diseño tiene en cuenta dos distancias: la distancia mínima necesaria para que un vehículo alcance a otro y la distancia visual necesaria para detener el vehículo de forma segura (denominada "distancia visual de parada"). moviéndose en la misma dirección a una velocidad más lenta (a veces denominada "distancia de cruce de carretera" o "distancia de visibilidad del tráfico").

Estas dos ubicaciones tienen un impacto en el diseño del camino en terrenos amplios porque consideran un camino nivelado, recto y con pendiente constante.

2.2.6.1. Distancia de visibilidad de parada

La distancia mínima que debe pasar antes de que un automóvil que se mueve a la velocidad de diseño se detenga frente a un objetivo estacionario que se encuentra en su camino se conoce como distancia de visibilidad de parada. Cuando un obstáculo tiene una altura igual o superior a 0,15 metros y los ojos del conductor están a 1,07 metros por encima del eje del carril de circulación, se considera un obstáculo. Se puede utilizar la siguiente fórmula para determinar la distancia de frenado en pavimentos mojados:

$$D_p = 0.278 * V * t_p + 0.039 \frac{V^2}{a}$$

Dónde:

D_p : Distancia de parada (m)

V : Velocidad de diseño (km/h)

t_p : Tiempo de percepción + reacción (s)

a : Deceleración en m/s^2 (será función del coeficiente de fricción y de la pendiente longitudinal del tramo)

La primera parte de la ecuación, denotada como d_{tp} , es la distancia recorrida mientras el conductor frena hasta que el automóvil se detiene por completo, y la segunda parte, denotada como d_f , es la distancia recorrida durante ese período de tiempo.

El tiempo de respuesta de frenado mide cuánto tiempo espera un automovilista para aplicar los frenos después de ver un peligro en la carretera. Se cree que dos segundos es el tiempo de reacción mínimo aceptable para una conducción segura.

Al calcular en caminos con pendientes superiores al 3%, ya sea cuesta arriba o cuesta abajo, utilice la siguiente fórmula:

Donde:

$$D_p = 0.278 * V_{tp} + \frac{V^2}{254 \left(\frac{a}{9.81} \pm i \right)}$$

D : Distancia de frenado en metros

V : Velocidad de diseño en km/h.

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

I : Pendiente longitudinal (tanto por uno)

+I : Subidas respecto al sentido de circulación

-I : Bajadas respecto al sentido de circulación .

La distancia de frenado también está dominada por la pendiente. Para valores de inclinación o gradiente => 6% y para velocidades de diseño > 70 km/h, esta dominancia tiene implicaciones prácticas.

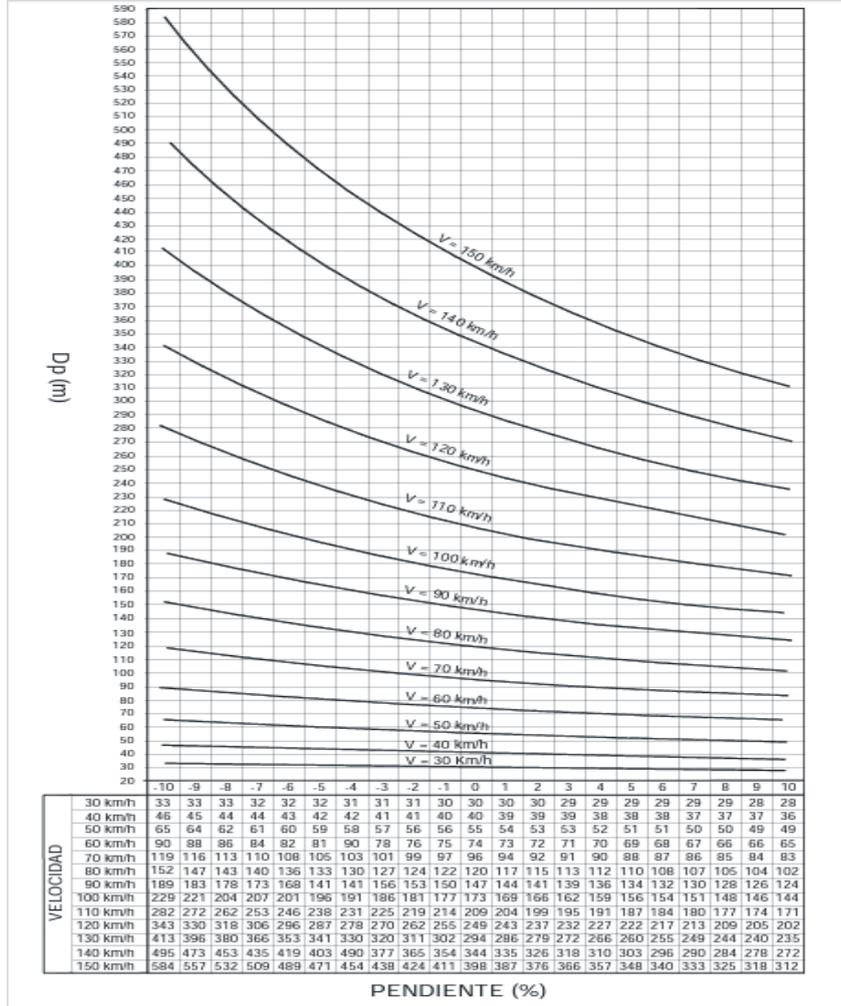
Tabla 2: Distancia de visibilidad parada (m)

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

Fuente: Elaboración propia / Manual de Diseño de Carreteras – DG 2018 -MTC (Tabla205.01)

También se puede "determinar" la "visibilidad" y la "distancia" de la "parada" utilizando lo siguiente:

Figura 1: Distancia de visibilidad de parada

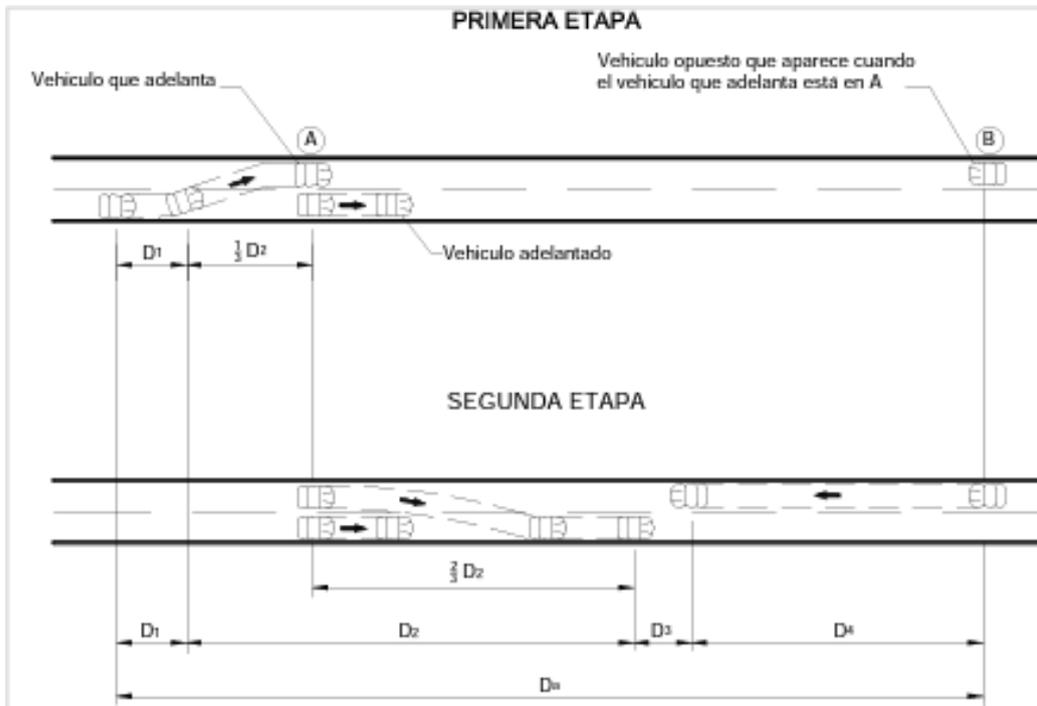


Fuente: manual de diseño de carreteras – DG-2018 -MTC (Figura 205.01)

2.2.6.2. Distancia de visibilidad de Paso o adelantamiento

El espacio más pequeño necesario para adelantar de forma segura a un coche que se mueve más lentamente con una velocidad diferencial de 15 km/h en la misma dirección se conoce como distancia de visión de adelantamiento. Siempre que un tercer vehículo que circula en sentido contrario sea visible desde el inicio del adelantamiento, la maniobra se considerará segura.

Figura 2: Distancia de visibilidad de adelanto



Fuente: manual de diseño de carreteras – DG-2018-MTC (Figura 205.02)

La figura N°2 indica que la distancia de visibilidad de paso es la suma de cuatro distancias, que son las siguientes:

$$D_a = D_1 + D_2 + D_3 + D_4$$

Dónde:

D_a: Distancia de visibilidad de adelantamiento, (m) .

D₁: Distancia recorrida en el tiempo de ‘percepción y reacción, (m) .

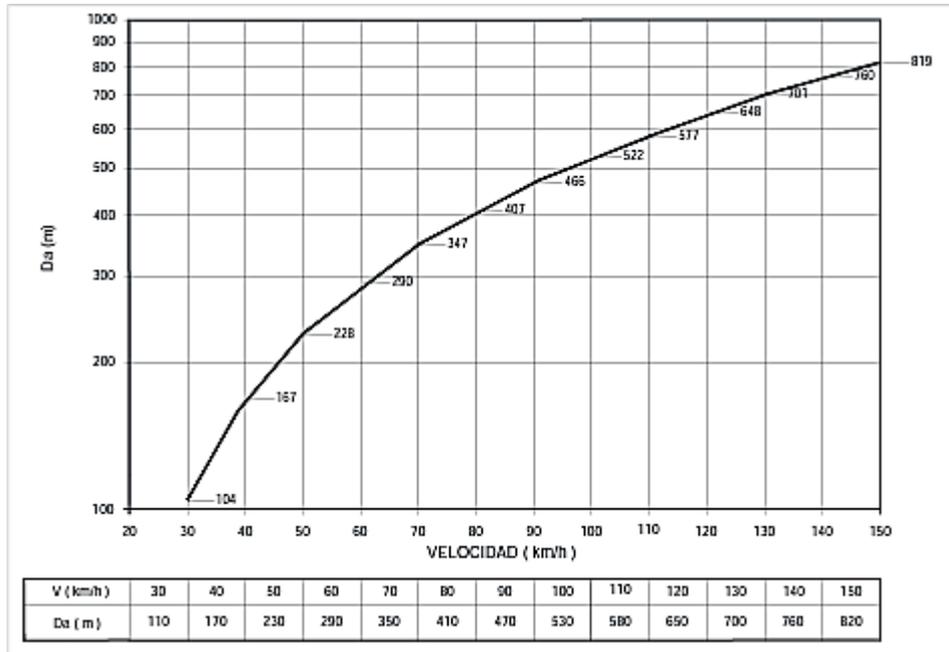
D₂: Distancia recorrida por el vehículo que adelante durante el tiempo desde que invade el carril de sentido contrario hasta que regresa a su carril, (m).

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

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

También se puede determinar la distancia de visibilidad de paso utilizando lo siguiente:

Figura 3: Distancia de visibilidad de paso



Fuente: manual de diseño de carreteras – DG-2018 -MTC (Figura 205.03)

2.2.6.3. Distancia de visibilidad de cruce

La visibilidad requerida para un cruce seguro se basa en suposiciones sobre el estado de la intersección y el comportamiento de conducción del conductor y depende de una serie de factores, incluida la velocidad del vehículo y la duración de reacción y frenado.

El tiempo que tarda un vehículo en detenerse en una carretera secundaria y la distancia que recorre a la velocidad de diseño en la carretera principal en el mismo período de tiempo determinan la distancia de visibilidad para un vehículo que se detiene en la carretera principal para ejecutar una maniobra de cruce. Se debe utilizar la siguiente fórmula para determinar el intervalo mínimo de visibilidad de cruce necesario a lo largo de la carretera principal:

$$d = 0.278 V_e(t_1 + t_2)$$

Dónde:

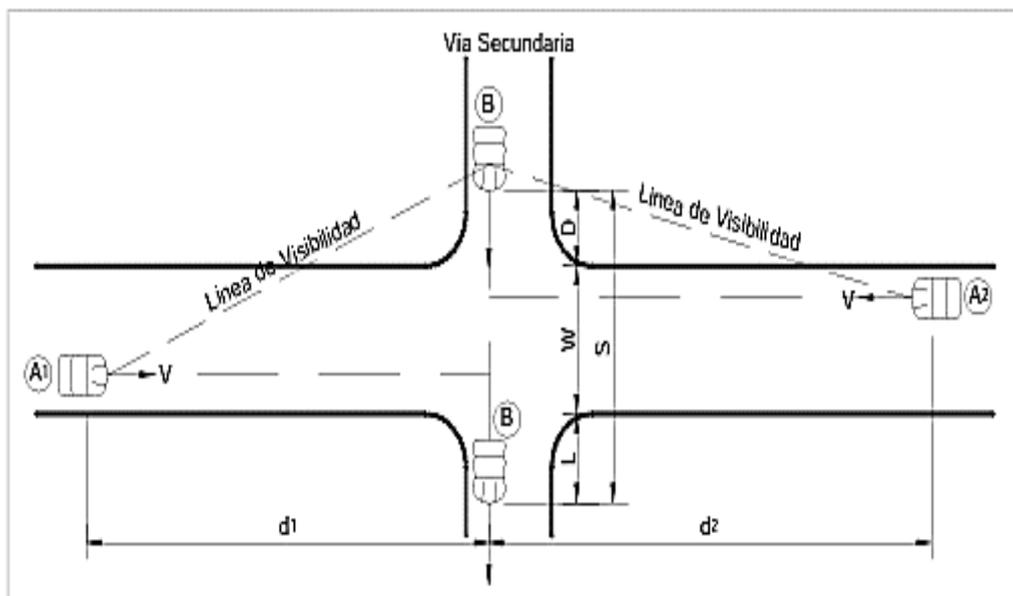
d : Medida desde la intersección, la distancia mínima aceptable de visibilidad lateral a lo largo de la ruta principal se expresa en metros. Corresponde a las distancias d_1 y d_2 de la **Figura 2**.

V_e : La velocidad específica de la carretera principal, expresada en km/h. Coincide con la velocidad específica del elemento de carretera principal justo antes del lugar del cruce.

t_1 : Tiempo de percepción: respuesta del conductor que cruza, que tardó 2,5 segundos en adoptar.

t_2 : La cantidad de tiempo necesario para acelerar y cruzar la carretera principal en segundos cubriendo la distancia S .

Figura 4: Visibilidad mínima del triángulo y distancia de visibilidad de la intersección



Fuente: Manual de Diseño de Carreteras – DG-2018 -MTC (Figura 205.04)

En el tiempo t_1 : Se incluye la necesidad de que el conductor de un automóvil detenido en una señal de alto en una carretera menor deba mirar a ambos lados de la carretera principal para ver si hay suficiente espacio para cruzarla de forma segura.

El tiempo t_2 : requerida para el viaje la aceleración de cada vehículo determina la distancia S . La siguiente suma se utiliza para calcular la distancia S :

$$S = D+W+L$$

Dónde:

D: Distancia entre el vehículo parado y la orilla de la vía principal, adoptada como tres metros (3 m) .

W: Ancho de la vía principal, en metros .

L: Longitud total del vehículo, en metros .

Por tanto, el valor de t_2 , se obtiene mediante la siguiente fórmula :

$$t_2 = \sqrt{\frac{2(D + W + L)}{9.8 a}}$$

Dónde:

D : Tres metros (3 m) .

W : Ancho de la vía principal, en metros .

L : Depende del tipo de vehículo, así :

- 20.50 m para vehículos articulados (tracto camión con semirremolque) .
- 12.30 m para camión de dos ejes
- 5.80 m para vehículos livianos

a : velocidad del vehículo que ejecuta la maniobra de cruce , en m/s².

- 0.055 para vehículos articulados .
- 0.075 para camiones de dos ejes (2).
- 0.150 para vehículos livianos

La **Tabla No. 3** enumera las distancias mínimas de visibilidad para varios tipos de vehículos necesarias para cruzar de manera segura una intersección en ángulo recto de una carretera principal con un ancho de superficie de rodadura de 7,20 metros. Los tramos comienzan en el punto de descanso de la vía secundaria y finalizan en la señal de STOP.

Tabla 3: Distancia mínima de visibilidad requerida a lo largo de una vía de 7.20 metros de ancho.

VELOCIDAD ESPECIFICA EN LA VÍA PRINCIPAL Km/h	DISTANCIA A LO LARGO DE LA VÍA PRINCIPAL A PARTIR DE LA INTERSECCIÓN d1, d2		
	TIPO DE VEHÍCULO QUE REALIZA EL CRUCE		
	LIVIANO L=5.80m	CAMIÓN DE DOS EJES L=12.30 m	TRACTOR CAMIÓN DE TRES EJES CON SEMIREMOLQUE DE DOS EJES L= 20.50 m
40	80	112	147
50	100	141	184
60	120	169	221
70	140	197	158
80	160	225	259
90	180	253	332
100	200	281	369
110	219	316	403
120	239	344	440
130	259	373	475

Fuente: Elaboración propia / Manual de Diseño de Carreteras – DG-2018-MTC (Tabla 205.06)

2.2.7. Diseño geométrico en planta

2.2.7.1. Alineamiento horizontal

Con una transición suave entre alineamientos rectos y curvas circulares, así como entre dos curvas circulares con diferentes curvaturas, se crean diseños geométricos de alineamiento plano u horizontal combinando alineamientos rectos, curvas circulares y líneas de contorno con curvaturas variables.

Permitir la circulación ininterrumpida de vehículos y mantener una velocidad direccional constante durante el mayor tiempo posible son los objetivos de las alineaciones horizontales.

El radio de la curva horizontal y la velocidad de diseño están determinados por el relieve del terreno, mientras que la distancia de visión está gobernada por la velocidad de diseño.

Los proyectos que involucran caminos de un solo carril pueden utilizar varios ejes o pendientes para adaptarse al terreno. Los ejes que definen los puntos de cada lado se denominan definición del diseño en planta y, a menudo, se eligen arbitrariamente.

En autopistas.

- El centro del divisor central tiene un ancho constante o presenta una fluctuación de ancho aproximadamente simétrica.
- Es necesario proyectar el margen interior de la carretera en caso de duplicación.
- El borde interior de cada dos cajas se desplaza.

En carreteras de vía única.

- El centro de la superficie de rodadura .

2.2.7.2. Consideraciones de diseño

Puntos específicos a tener en cuenta para el diseño en planta :

- ❖ Se recomienda mantenerse alejado de tramos de carretera muy largos y en línea recta, ya que pueden resultar aburridos durante el día y aumentar la posibilidad de cegar al tráfico que viene en sentido contrario durante la noche.
- ❖ Lo ideal sería sustituir las líneas masivas por curvas con radios gigantes.
- ❖ En lugar de utilizar tangentes anchas, el diseño de carreteras de primer y segundo grado debe incluir curvas de radio amplio.
- ❖ Cuando se trata de ángulos de deflexión (Δ) de 5° o menos, el radio debe ser lo suficientemente grande como para producir una longitud de curva mínima L, según lo determinado por la siguiente fórmula:

$$L > 30 (10-\Delta), \Delta < 5^\circ$$

(L en metros ; Δ en grados).

Nunca emplearemos ángulos de deflexión inferiores a 59' (minutos).

Habrá una longitud mínima de curva (L) de:

Tabla 4: longitud mínima de curva

Carretera Red Nacional	L (m)
Autopistas	6V
Carretera de dos Carriles.	3V

$V =$ velocidad de diseño (km/h)

Fuente: Elaboración propia / Manual de Diseño de Carreteras – DG-2018 -MTC (p, 125.)

- ❖ No hay necesidad de una curva horizontal si el ángulo de deflexión es modesto. Los ángulos de flexión máximos en los que no son necesarias curvas horizontales se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 5: Ángulos máximos de deflexión que no necesitan una curva horizontal.

Velocidad Directriz Km/h	Deflexión máxima aceptable sin curva circular
30	2°30'
40	2°15'
50	1°50'
60	1°30'
70	1°20'
80	1°10'

Fuente: Elaboración propia / Manual de Diseño de Carreteras – DG-2018-MTC (p, 126 .)

Para ángulos de deflexión mayores que los de la tabla anterior, es preferible que la longitud de la curva sea de al menos 150 m para evitar la aparición de una alineación irregular o irregular. La longitud se puede encontrar usando la fórmula $L = 3V$, donde V es la velocidad en km/h y L es la longitud de la curva en metros, si la velocidad de diseño es menor que 50 km/h y el ángulo de deflexión es mayor que 5.

- ❖ "Los extremos de las curvas continuas que apuntan en direcciones opuestas y que tienen curvas de transición coincidirán o estarán separados por breves extensiones tangenciales". La transición de peralte en curvas inversas que carecen de hélice debe permitirse mediante el alargamiento más pequeño de la tangente intermedia.
- ❖ En realidad, lo que se debe buscar es un diseño homogéneo, donde las curvas y las tangentes fluyan entre sí de manera agradable.

2.2.7.3. Secciones en tangente

La tabla muestra la longitud máxima sugerida y la longitud más baja permitida para tramos rectos, que dependen de la velocidad de diseño.

Tabla 6 : Longitud de sección en tangente

Longitudes de Tramos en Tangente			
V (Km/h)	L _{mín.s} (m)	L _{mín.o} (m)	L máx (m)
30	4	84	500
40	56	111	668
50	69	139	835
60	83	167	1002
70	97	194	1169
80	111	222	1336
90	125	250	1503
100	139	278	1670
110	153	306	1837
120	167	333	2004
130	180	362	2171

Fuente: Elaboración propia / Manual de Diseño de Carreteras – DG-2018 -MTC (tabla. 302.01.)

Se utilizarán las siguientes fórmulas para determinar las longitudes de las secciones tangentes:

$$L_{min.s} = 1.39 V$$

$$L_{min.o} = 2.78 V$$

$$L_{máx} = 16.70 V$$

Donde:

$L_{min.s}$ = Longitud mínima (m) para trazados en forma de S: (alineamiento lineal entre alineamientos curvos con radios de curvatura opuestos).

$L_{min.o}$ = Longitud mínima (en metros) para el resto de circunstancias (alineación lineal entre alineaciones curvas con radios de curvatura paralelos).

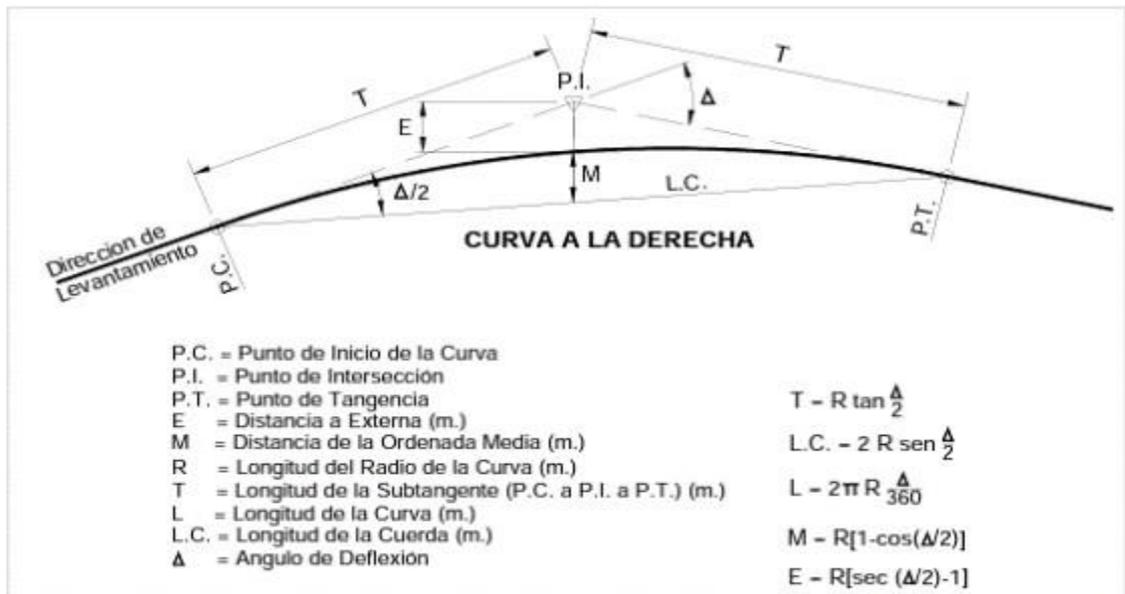
$L_{m\acute{a}x}$ = Longitud máxima (metros).

V_d = Velocidad de dise\~no (Km/h).

2.2.7.4. Curvas horizontales o circulares

La proyecci3n horizontal de curvas reales o espaciales est\~a formada por arcos circulares de un solo radio que unen dos tangentes sucesivas; estas curvas se conocen como curvas circulares simples o curvas horizontales.

Figura 5: Simbolog\~a de la curva circular



Fuente: Manual de Dise\~no de Carreteras – DG-2018-MTC (Figura 302.01)

Donde:

P.C. : Punto de inicio de la curva

P.I. : Punto de Intersecci3n de dos alineaciones consecutivas

P.T. : Punto de tangencia

- E : Distancia a externa (m)
- M : Distancia de la ordenada media (m)
- R : Longitud radio de la curva (m)
- T : Longitud de la subtangente (P.C a P.I. y P.I. a P.T.) (m)
- L : Longitud de la curva (m)
- L.C : Longitud de la' cuerda (m)
- Δ : Ángulo de deflexión (°) p Peralte ; valor máximo de la inclinación transversal de la calzada, asociado al diseño de la curva (%) .
- Sa : Es posible que sea necesario un ancho adicional en las curvas para compensar el aumento del espacio lateral que encuentran los automóviles al girar (m).

Nota: Las medidas angulares se expresan en grados sexagesimales .

Tabla 7: Partes de la curva

Elemento	Símbolo	Fórmula
Tangente'	T	$T = R \tan (\Delta / 2)$
Longitud de Cuerda	LC	$LC = 2R \operatorname{sen} \Delta / 2$
Longitud de curva	C	$L = 2\pi R \Delta / 360$
Distancia a externa	E	$E = R [\operatorname{Sec} (\Delta / 2) - 1]$
Distancia de ordenada media	M	$M = R [1 - \operatorname{Cos} (\Delta / 2)]$

Fuente: Elaboración propia / Manual de Diseño de Carreteras – DG-2018 -MTC (p.128.)

2.2.7.4.1. Radios mínimos

Los radios de curvatura horizontal más bajos que se pueden atravesar a la velocidad de diseño y la tasa de peralte máxima manteniendo niveles aceptables de comodidad y seguridad se conocen como radios mínimos de curvatura horizontal y se pueden calcular usando la siguiente fórmula:

$$R_{\min} = \frac{v^2}{127(P_{\max} + f_{\max})}$$

Donde :

$R_{mín}$: radio mínimo

V : Velocidad de diseño

$P_{máx}$: Peralte máximo asociado a V (en tanto por uno).

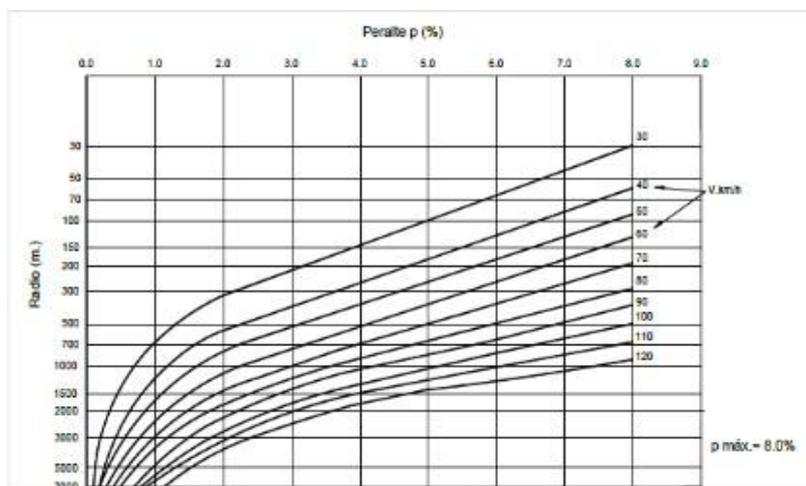
$F_{máx}$: Coeficiente de fricción transversal máximo asociado a V .

Tabla 8: Para diseño de carreteras, radios mínimos y peraltes máximos.

Ubicación de la Vía	Velocidad de Diseño	$P_{máx}$ (%)	$F_{máx}$	Radio Calculado	Radio Redondeado
<i>Área Rural (accidentado ondulado)</i>	30	8	0.17	28.3	30
	40	8	0.17	50.4	50
	50	8	0.16	82.0	85
	60	8	0.15	123.2	125
	70	8	0.14	175.4	175
	80	8	0.14	229.1	230
	90	8	0.13	303.7	305
	100	8	0.12	393.7	395
	110	8	0.11	501.5	500
	120	8	0.09	667.0	670
	130	8	0.08	831.7	835

Fuente: Elaboración propia / Manual de Diseño de Carreteras – DG-2018 -MTC(tabla 302.02)

Figura 6: Relación entre la velocidad de diseño, el radio y el peralte en regiones rurales



Fuente: Manual de Diseño de Carreteras – DG-2018 -MTC (Figura 302.03)

2.2.7.5. Curvas de transición

Las curvas de transición son espirales diseñadas para brindar los mismos niveles de comodidad, seguridad y belleza que las otras partes de la línea para evitar discontinuidades en la curvatura de la línea.

Por esta razón, se debe insertar un elemento de diseño con una longitud en la que se realiza el cambio gradual, conocida como longitud de transición, para pasar de la sección transversal con abultamiento (correspondiente a los tramos tangentes) a la sección de la curva. tramos dotados de peralte y sobreancho.

2.2.7.5.1. Tipo de curva de transición

La clotoide, que tiene los siguientes beneficios, siempre se utilizará como curva de transición:

- A medida que el vehículo se acerca o sale de una curva horizontal, la fuerza centrífuga aumenta o disminuye, manteniendo la velocidad del vehículo sin desviarse del eje de su carril, lo que permite una conducción consistente y cómoda para el conductor.
- La aceleración transversal no compensada de una trayectoria curva se puede gestionar graduando su crecimiento hasta un nivel en el que los ocupantes del vehículo no se sientan incómodos.
- Además, el peralte se desarrolla gradualmente de modo que a medida que la curva crece, la pendiente transversal de la carretera también aumenta.
- La adaptabilidad de la clotoide al paisaje preserva la continuidad al tiempo que mejora la armonía y el atractivo estético de la carretera. La siguiente es la ecuación de la clotoide (Euler):

$$RL = A^2$$

Dónde:

R : Radio de curvatura en cualquier punto.

L : Longitud de curva entre el punto de radio R y su punto de inflexión ($R=\infty$).

A : Parámetro de la clotoide, característico de la misma. En el punto de inicio, cuando $L = 0$, $R = \infty$, y a su vez, cuando $L = \infty$, $R = 0$

2.2.7.5.2. Determinación de la longitud de la curva de transición

La siguiente fórmula se utiliza para obtener los valores mínimos de longitud de la curva de transición:

$$L_{min} = \frac{V}{46.656j} \left[\frac{V^2}{R} - 1.27P \right]$$

Donde:

V : (Km/h)

R : (m)

J : m/s³

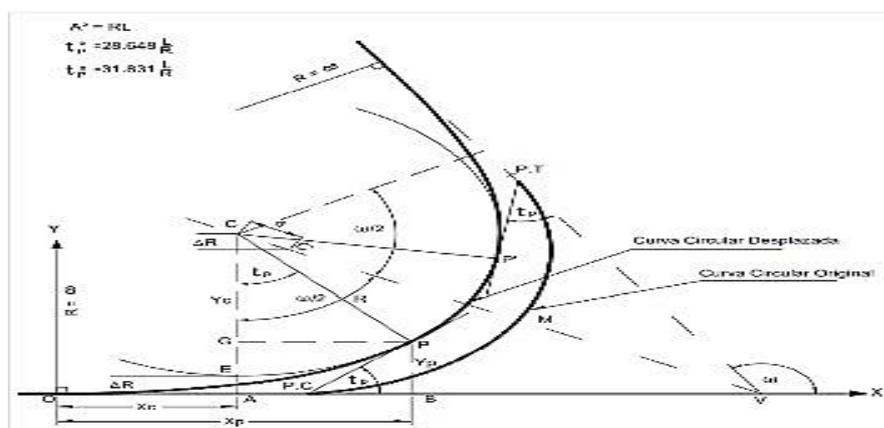
P : %

Tabla 9: “Longitud mínima de la curva de transición”

Velocidad km/h	Radio min. m	J m/s ³	Peralte máx.	Amin. m ²	Longitud de transición	
					Calculada m	Redondeada m
60	105	0.5	12	72	49	50
60	113	0.5	10	75	50	50
60	123	0.5	8	78	49	50
60	135	0.5	6	81	49	50
60	149	0.5	4	86	50	50
60	167	0.5	2	90	49	50

Fuente: Elaboración propia / Manual de Diseño de Carreteras – DG-2018 -MTC(tabla 302.10)

Figura 7: Elementos de las curvas de transición



Fuente: Manual de Diseño de Carreteras – DG-2018 -MTC (Figura 302.08)

Desplazamiento : $CE = CP = C'M = R$
 $\Delta R = EA = (PB-GE)$
 $\Delta R = Y_p - R (1 - \cos t_p)$

Desplazamiento Centro : $d = CC' = \frac{\Delta R}{\cos \frac{\omega}{2}}$

Origen Curva Enlace : $OV = X_p + AV - AB$
 $OV = X_p + (R + \Delta R) \tan \frac{\omega}{2} - R \text{sent}_p$

Coordenada de c : $X_c = X_p - R \text{sent}_p$
 $Y_c = Y_p + R \cos t_p = R + \Delta R$

Desarrollo circular : $PP' = \frac{R(\omega - 2t_p)}{57.296} \quad (o)$
 $PP' = \frac{R(\omega - 2t_p)}{63.662} \quad (g)$

2.2.7.5.3. Radios que permiten eliminar la curva de transición

En ausencia de una curva de transición, el desplazamiento natural del conductor con respecto al eje de su carril se reduce a medida que crece el radio de la curva circular.

Se cree que un desplazamiento de menos de 0,1 m es lo suficientemente pequeño como para eliminar la curva de transición que lo impediría. La Tabla 10 muestra los radios circulares límite que se calcularon, asumiendo un J_{max} de 0,4 m/s³ y teniendo en cuenta el hecho de que sólo el 70% del peralte requerido se habría producido en el punto inicial de la curva circular..

Tabla 10: Radios circulares(m)

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

Fuente: Elaboración propia / Manual de Diseño de Carreteras – DG-2018 -MTC(tabla 302.11A)

2.2.7.6. Curvas de vuelta

Se trataba de una curva que se proyectaba en una accidentada ladera con el objetivo de alcanzar mayores cotas sin sobrepasar la pendiente máxima ni ser accesible de ninguna otra manera.

Estas curvas no están diseñadas para su uso en carreteras; no obstante, pueden utilizarse en circunstancias excepcionales que sean técnica y financieramente viables en carreteras de primera clase. El radio interno mínimo para estas curvas es de 20 metros.

Los ramales suelen ser alineamientos rectos con una única curva de enlace intermedia; Estas alineaciones pueden divergir, ser paralelas entre sí o evolucionar de manera diferente según cómo se desarrolle la curva siguiente.

2.2.7.7. Sobreancho

Describe cómo se amplía el ancho de la carretera en los tramos con curvas para compensar el espacio extra que necesitan los coches.

El ensanchamiento debe colocarse en la parte inferior de la curva o dividirse uniformemente en el exterior y la parte inferior de una curva con una curva de transición. "La siguiente fórmula, desarrollada por VOSHELL y asesorada por AASHTO, ilustra la fórmula de cálculo:

Se utilizará la siguiente fórmula para calcular el ensanchamiento, que variará según la velocidad de diseño, el radio de curvatura y el modo de transporte:

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

Donde:

S_a = Sobreancho .

n = Número de carriles .

R_c = Radio de curvatura circular (m) .

L = Distancia entre eje posterior y parte frontal (m) .

V = Velocidad de diseño (km/h) .

2.2.8. Diseño geométrico en perfil

En perfil o alineación vertical, el diseño geométrico consiste en un conjunto de líneas rectas conectadas por curvas verticales parabólicas, a las cuales las rectas son tangentes. En este desarrollo, la dirección de las pistas está determinada por el kilometraje recorrido; Las pendientes positivas indican un aumento de la elevación, mientras que las pendientes negativas dan como resultado una disminución de la elevación.

En un intento por mantener la misma velocidad de diseño durante el tramo más largo posible de la ruta, la alineación vertical debe permitir que los autos operen de manera intermitente. El radio de las curvas verticales, que pueden ser cóncavas o convexas, y la velocidad de diseño, que a su vez determina la distancia de visibilidad, están determinados principalmente por el relieve del terreno.

La pendiente se suaviza mediante la suave transición entre pendientes de diferente tamaño y/o dirección, posible gracias a las curvas verticales que conectan dos pendientes sucesivas. Su adecuado diseño garantiza las distancias de visibilidad requeridas por el proyecto. La topografía, la alineación horizontal, las distancias visuales, la velocidad de diseño, los costos de construcción de seguridad, la categoría de la carretera, las cualidades estéticas y el drenaje son los principales factores que influyen en el perfil longitudinal.

2.2.8.1. Consideraciones para el diseño

- ❖ Este sitio tiene una pendiente por razones de drenaje que es mayor que la pendiente del terreno.
- ❖ Las pendientes de las parcelas irregulares deben modificarse para minimizar el crecimiento innecesario haciendo coincidir las parcelas lo más posible..
- ❖ La cuenca modificará el perfil en zonas más pronunciadas.
- ❖ Si es necesario, se pueden incorporar al diseño valores específicos para la longitud crítica y la pendiente máxima.
- ❖ Evite las pendientes "quebradas", que son dos curvas verticales en la misma dirección unidas por una breve línea recta. Si la curva es cóncava, la visibilidad del grupo es antiestética y conduce a estimaciones inexactas de curvatura y distancia, y si es convexa, forma largos sectores con poca visibilidad.

2.2.8.2. Pendientes

La pendiente es el ritmo al que varía la distancia horizontal entre dos perspectivas y su diferencia de altura.

a) Pendientes mínimas

En todos los puntos del recorrido, el drenaje de las aguas superficiales está garantizado mediante una pendiente mínima aproximada del 0,5%. Se pueden ofrecer las situaciones específicas que se enumeran a continuación.

- Se podrá adoptar cualquier sector con pendiente de hasta 0,2% si la vía tiene una capacidad de bombeo del 2% y no tiene escaleras ni cunetas.
- Puede adoptar una pendiente anormalmente similar a cero si su bombeo es del 2,5%.
- La pendiente menos excepcional es del 0,35%, mientras que la pendiente mínima deseable es del 0,5% si existen chaflanes.

b) Pendiente máxima

Aunque se debe tener en cuenta el gradiente máximo especificado, también debemos pensar en su uso aceptable en los siguientes casos:

- ❖ Regiones que se encuentran a más de tres mil metros sobre el nivel del mar.
Terreno empinado o accidentado resta un 1% al valor máximo.

Los tipos de camino, las velocidades y las pendientes máximas acordadas para el terreno se enumeran en la siguiente tabla.

Tabla 11: Pendientes máximas

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

Fuente: Manual de Diseño de Carreteras – DG-2018-MTC (tabla 303.01)

Nota:

Las carreteras de primera o segunda clase deben ajustar sus características al nivel más alto para poder hacer la transición a una autopista.

La autoridad responsable del MTC permitirá su uso con soporte técnico previo en circunstancias no contempladas en esta tabla.

c) Pendientes máximas excepcionales.

Sorprendentemente, la carga máxima en pendiente puede aumentar hasta un 1% en cada situación. Dichos cambios deben estar justificados tanto financiera como técnicamente.

También se deben tener en cuenta los siguientes factores para las carreteras:

Las partes del talud que se empleen cuando la pendiente sea superior al 10% no tendrán una longitud superior a 180 metros.

- ❖ En curvas con un radio inferior a 50 metros se deben evitar pendientes superiores al 8% para evitar que la pendiente dentro de la curva aumente notablemente.
- ❖ Los perfiles longitudinales en un diseño vertical se unen mediante arcos parabólicos verticales a los que son tangentes formando un talud.
- ❖ La muestra vertical que separa dos pendientes continuas permite simular el cambio de pendiente de una a otra sin tener que preocuparse por paradas bruscas en el ascenso. Su forma curva garantizará una visibilidad suficiente.

2.2.8.3. Curvas verticales

La curva vertical es el componente del diseño del perfil que permite la unión de dos tangentes verticales sucesivas. Como resultado, se ve impactado de una manera que hace que operar el vehículo sea seguro y agradable durante todo el cambio gradual de longitud desde la tangente de acceso a la tangente de salida.

Una vez que la diferencia de pendiente algebraica sea mayor al 1% para caminos pavimentados y al 2% para otras superficies, la porción continua de la pendiente se asociará con una curva parabólica vertical.

El límite de curvatura K, que equivale a la longitud de la curva en el plano horizontal, expresada en metros, por cada cambio de pendiente del 1%, determina la curva vertical de esta parábola. Se parece a esto:

$$K = L/A$$

Donde:

K : Parámetro de curvatura .

L : Longitud de la curva vertical .

A : Valor Absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes .

a) Tipo de curvas verticales

❖ Curvas convexas y cóncavas

La longitud de las curvas verticales convexas se puede medir utilizando las siguientes expresiones:

a) Los valores de longitud de la curva vertical deben utilizarse para tener visibilidad de parada (Dp).

b) Los datos de longitud de la curva vertical se utilizarán para obtener la visibilidad del sobrepaso (Da).

➤ **Curva tipo convexa**

Las siguientes fórmulas se utilizan para encontrar la longitud de curvas verticales convexas:

a) **Para que exista la Visibilidad De Parada (Dp)** . .

Cuando $D_p < L$;

$$L = \frac{AD_p^2}{100(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2}$$

Cuando $D_p > L$;

$$L = 2D_p - \frac{200(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{A}$$

Donde:

L = Longitud de curva vertical (m)

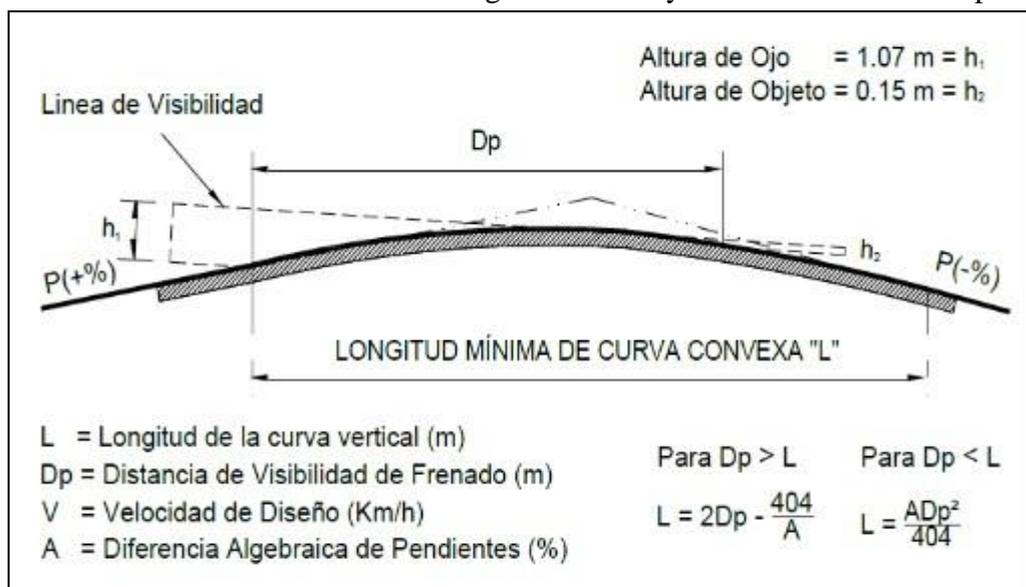
D_p = Distancia de la visibilidad de parada (m)

A = Diferencia algebraica de las pendientes (%)

h_1 = Altura de ojo sobre la rasante (m)

h_2 = Altura de objeto sobre a rasante (m)

Figura 8: Curva convexa vertical con longitud mínima y distancias visuales de parada



Fuente: Manual de Diseño de Carreteras – DG-2018 -MTC (Figura 303.06)

❖ Cuando $D_p < L$ $L = \frac{AD_p^2}{404}$

❖ Cuando $D_p > L$ $L = 2D_p - \frac{404}{A}$

b) **Para que exista la Visibilidad De Adelantamiento o paso (Da)**

Cuando $D_a < L$ $L = \frac{AD_a^2}{946}$

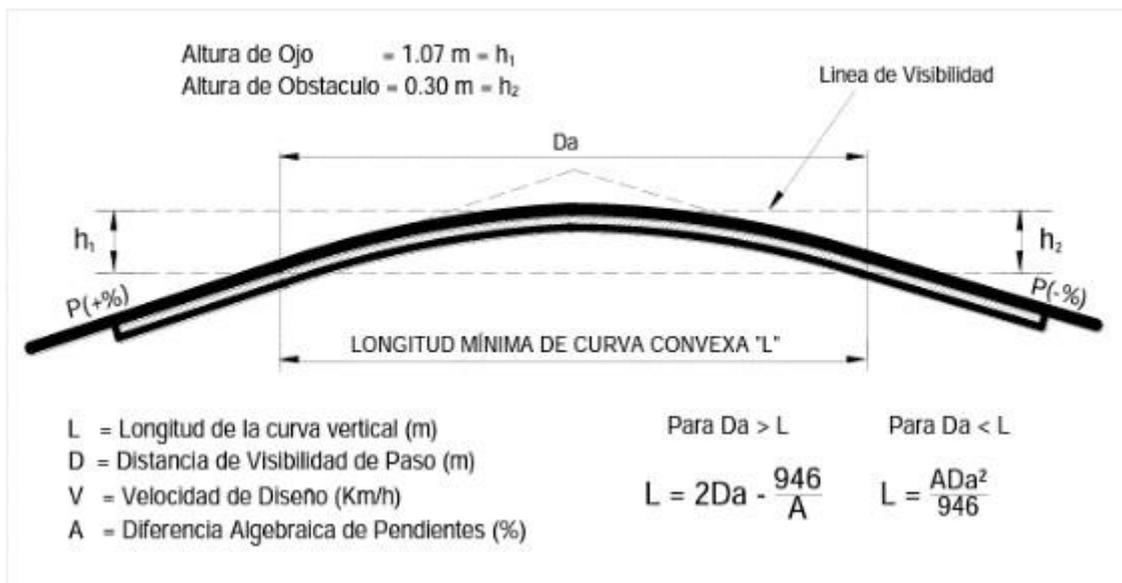
Cuando $D_a > L$ $L = 2D_a - \frac{946}{A}$

Donde:

L y A = Idem (a)

D_p = Distancia de visibilidad de adelantamiento o paso (m)

Figura 9: Curva convexa vertical con longitud mínima y distancias visuales de parada



Fuente: Manual de Diseño de Carretera – DG-2018 -MTC (figura 303.07)

Los valores del Índice K enumerados en la T se utilizarán para calcular las longitudes de las curvas verticales convexas para carreteras de Tercera Clase.

Tabla 12: Cálculo de la longitud de la curva vertical convexa utilizando valores de índice k

Velocidad de diseño km/h	Longitud controlada por visibilidad de parada		Longitud controlada por visibilidad de paso	
	Distancia de visibilidad de parada	Índice de curvatura K	Distancia de visibilidad de paso	índice de curvatura K
20	20	0.6		
30	35	1.9	200	46
40	50	3.8	270	84
50	65	6.4	345	138
60	85	11	410	195
70	105	17	485	272
80	130	26	540	338
90	160	39	615	438

Fuente: Elaboración propia / Manual de Diseño de Carretera – DG-2018-MTC (tabla 303.02)

➤ Curva cóncava

Se pueden utilizar las siguientes fórmulas para determinar la longitud de las curvas verticales cóncavas:

❖ Cuando $D < L$;
$$L = \frac{AD_p^2}{120+3.5D}$$

❖ Cuando $D > L$;
$$L = 2D - \frac{120+3.5D}{A}$$

Donde : _

D : La distancia entre los vehículos es el punto en el que los haces de los faros tocan la pendiente en un ángulo de un grado.

Tabla 13: Valores del índice K para calcular la longitud de una curva vertical cóncava

Velocidad de diseño (km/h)	Distancia de visibilidad de parada (m)	Índice de curvatura K
20	20	0.6
30	35	1.9
40	50	3.8
50	65	6.4
60	85	11
70	105	17
80	130	26
90	160	39

Fuente: Elaboración propia / Manual de Diseño de Carretera – DG-2018 -MTC (tabla 303.03)

2.2.9. Diseño geométrico en sección transversal

Las partes del camino, su tamaño en cada segmento y su conexión con la topografía natural circundante se indican en la sección transversal del camino, que está definida por un plano vertical que simboliza la línea horizontal.

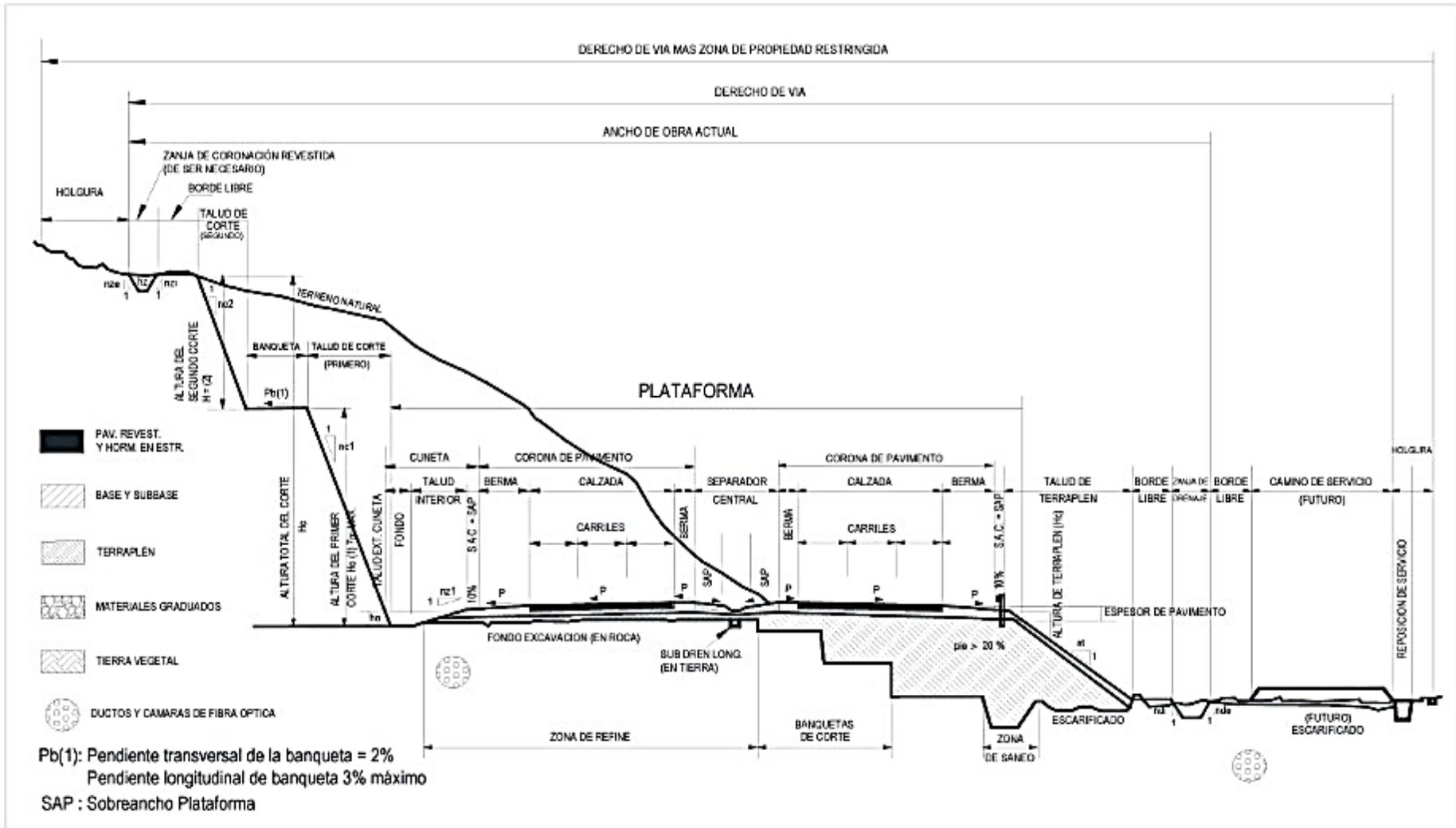
La sección transversal de la carretera varía a medida que viaja porque se compone de varias partes, cada una de cuyos tamaños, formas y conexiones están dictadas por su uso previsto, la topografía y el diseño de la carretera en esa ubicación particular.

El área de rodadura, también conocida como carretera, se considera el componente principal de la sección transversal de la carretera ya que sus dimensiones deben ser suficientes para garantizar el nivel de servicio especificado en el plan sin comprometer.

2.2.9.1. Elementos de la sección transversal.

Los recursos que componen la sección transversal de una carretera incluyen los carriles para el tránsito, la zona de rodadura, arcenes, cunetas, terraplenes y otros elementos complementarios que se sitúan en el plano de la servidumbre de vía, como vallas, barreras de estabilidad, conductos de aire y fibra. cámaras ópticas.

Figura 11: Ejemplo de sección transversal de caminos de uno y dos carriles en área rural



Fuente: Manual de Diseño de Carretera – DG-2018 -MTC (figura 304.02 B)

2.2.9.2. Calzada o superficie de rodadura

No existe berma en la parte de la vía que tiene uno o más carriles de circulación y está destinada a la circulación de vehículos. "La carretera está dividida en carriles que se mantienen para garantizar que el tráfico se mueva en una sola dirección.

El proyecto IMDA establece que el número de carriles en cada ruta está determinado por el volumen de tráfico previsto, las proyecciones y el nivel de servicio requerido. "Los carriles de ayuno no se calcularán por el número de carriles". "Los carriles que se utilizarán tendrán anchos de 3,00, 3,30 y 3,60 metros. Se tendrán en cuenta los siguientes factores.

En las autopistas, habrá un mínimo de dos carriles por trayecto. Habrá dos carriles en todas las vías privadas.

A) Ancho tangencial de la calzada

Una vez finalizado el proyecto, el ancho tangencial de la vía será determinado por el nivel de uso previsto, tomando en consideración el análisis de capacidad y nivel de servicio para establecer el número y ancho de carriles.

Tabla 14: Ancho mínimo de la calzada de tangente

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera							
Vehículos/día	> 6.000				6.000 - 4001				4.000 - 2.001				2.000 - 400				< 400							
características	Primera Clase				Segunda Clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera clase							
tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
velocidad de diseño 30 Km/h																							6.00	6.00
40Km/h																6.60	6.60	6.60	6.60					
50 Km/h											7.20	7.20			6.60	6.60	6.60	6.60	6.60					
60 Km/h					7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60					
70 Km/h			7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60		6.60	6.60						
80 Km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			6.60	6.60						
90 Km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			7.20				6.60	6.60						
100 Km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20				7.20											
110 Km/h	7.20	7.20			7.20																			
120 Km/h	7.20	7.20			7.20																			
130 Km/h	7.20																							

Fuente: Elaboración propia / Manual de Diseño de Carreteras – DG-2018 -MTC (tabla 304.01)

Nota:

Orografía: Empinada (4), Rugosa (3), Ondulada (2) y Plana (1)

En circunstancias extraordinarias podrán utilizarse vías de hasta 500 m en carreteras de tercera clase, siempre que se preste la asistencia financiera y técnica necesaria.

B) Superficie De Rodadura o Calzada

Se ensancha la curva para el ancho mínimo de vía en la tangente.

2.2.9.3. Bermas

Una berma es una franja que corre paralela a la carretera o área de circulación, sirve como superficie fronteriza y está destinada a proporcionar un lugar estable para estacionar automóviles en caso de emergencia. El área de rodadura o inclinación de la calzada, también conocida como peralte, se construye sobre la superficie de la vía con los materiales adecuados y está definida por los avances técnicos y financieros del proyecto.

Las bermas protegen el pavimento y su capa subyacente, mejoran las condiciones y la estabilidad del tráfico y permiten movimientos de parada y emergencia en proporción a su amplitud. De este modo, los arcenes proporcionan estabilidad a los coches. El área de estabilidad es crucial porque brinda a los automóviles un lugar seguro para aterrizar en caso de que se salgan de la carretera, permitiéndoles realizar movimientos de emergencia para evitar colisiones. Esto se logra configurando adecuadamente el margen de la zona de rodadura.

El ancho de berma según la clasificación de la vía, velocidad de diseño y características topográficas se muestra en la **Tabla N°15**.

Tabla 15: Ancho de la berma

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera			
Vehículos/día	> 6.000				6.000 - 4001				4.000 - 2.001				2.000 - 400				< 400			
Características	Primera Clase				Segunda Clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera clase			
tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
velocidad de diseño 30 Km/h																			0.50	0.50
40Km/h																1.20	1.20	0.90	0.50	
50 Km/h											2.60	2.60			1.20	1.20	1.20	0.90	0.50	
60 Km/h					3.00	3.00	2.60	2.60	3.00	3.00	2.60	2.60	2.00	2.00	1.20	1.20	1.20	1.20		
70 Km/h			3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	1.20		1.20	1.20		
80 Km/h	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00		2.00	2.00			1.20	1.20		
90 Km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00	3.00			2.00				1.20	1.20		
100 Km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00				2.00							
110 Km/h	3.00	3.00			3.00															
120 Km/h	3.00	3.00			3.00															
130 Km/h	3.00																			

Fuente: Elaboración propia / Manual de Diseño de Carretera – DG-2018 -MTC (tabla 304.02)

2.2.9.4. Bombeo

Para que las aguas superficiales puedan escurrir, las porciones tangentes y curvas ascendentes deben tener una pendiente transversal mínima. El término "bombeo", o está pendiente, cambia según el tipo de zona de rodadura y la cantidad de precipitación en su interior.

Los valores mínimos de pendiente transversal (bombeo) del camino se detallan en la **Tabla N°16**. Pueden ocurrir desniveles, por lo que el diseñador debe seleccionar la pendiente correcta teniendo en cuenta el tipo de zona de balanceo y el nivel de precipitación.

Tabla 16: Valores el bombeo de calzada

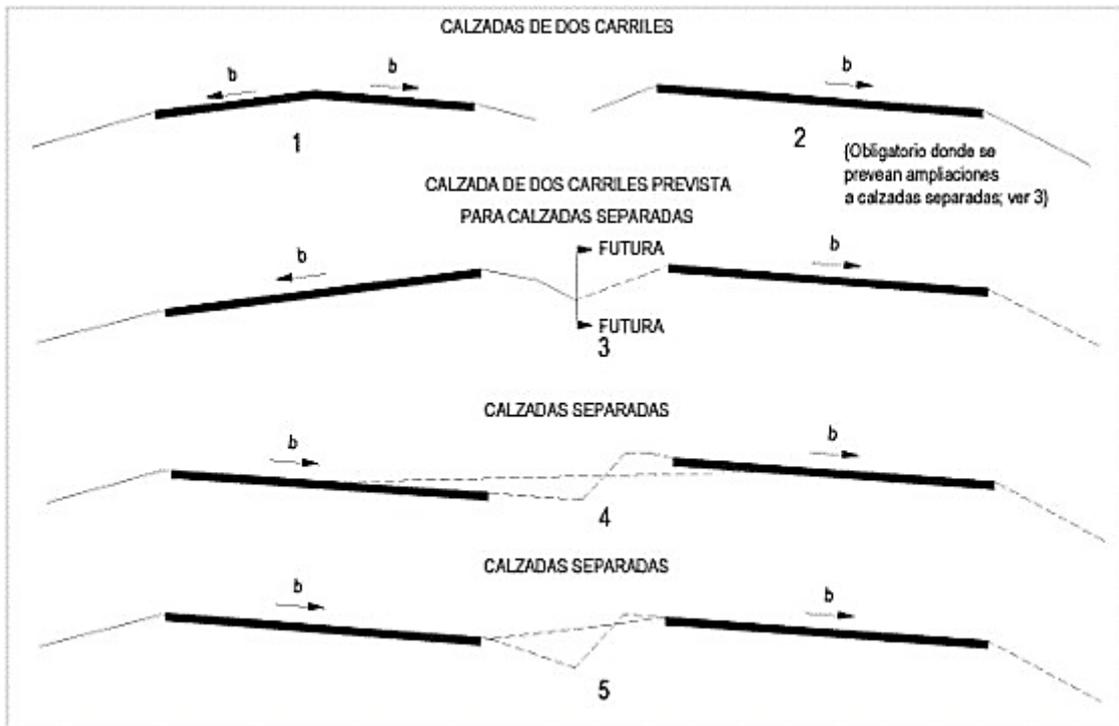
Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación < 500 'mm/ año	Precipitación > 500 'mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto Portland	2.0	2.5
Tratamiento superficial	2.5	2.5 - 3.0
Afirmado	3.0 - 3.5	3.0 - 4.0

Fuente: Elaboración propia / Manual de Diseño de Carretera – DG-2018 - MTC (tabla 304.03)

Para el bombeo se pueden utilizar varios métodos, entre ellos los siguientes, dependiendo del tipo de camino y de lo conveniente que sea evacuar correctamente el agua:

- El llamado dos aguas, que tiene una pendiente que comienza en la mitad del camino y avanza hacia los bordes.
 - Bombear una sola agua manteniendo un borde de la carretera más alto que el otro.
- Un método para resolver las pendientes transversales es este.

Figura 12: Casos de bombeo



Fuente: Manual de Diseño de Carretera – DG-2018 -MTC (figura 304.04)

2.2.9.5. Peralte

La fuerza centrífuga del vehículo se contrarresta mediante la pendiente transversal de la superficie de rodadura en las partes curvadas..

- **Valores de Peralte (mínimos y máximos)**

Los valores para curvas horizontales se establecen en la tabla; estas son las únicas situaciones en las que la curva no debe tener peralta.

Tabla 17 : Valores de radio sin necesidad de peralte

Velocidad Km/h)	40	60	80	≥ 100
Radio (m)	3,500	3,500	3,500	7,500

Fuente: Elaboración propia / Manual de Diseño de Carretera – DG-2018 -MTC (tabla 304.04)

Tabla 18: Valores de peralte máximo

Pueblo o Ciudad	Peralte Máximo (P)	
	Absoluto	Normal
Atravesamiento de zona Urbana	6.0 %	4.0 %
Zona rural (Plano, ondulado o Accidentado)	8.0 %	6.0 %
Zona rural (T. Accidentado, escarpado)	12.0 %	8.0 %
Zona rural con peligro de hielo	8.0 %	6.0 %

Fuente: Elaboración propia / Manual de Diseño de Carretera – DG-2018-MTC(tabla 304.05)

Es necesario un peralte de al menos el 2% para los radios y velocidades de diseño que se muestran en la siguiente tabla..

Tabla 19: Valores de peralte mínimo

Velocidad de Diseño (Km/h)	Radios de curvatura
$V \geq 100$	$5,000 \leq R < 7,500$
$40 \leq V < 100$	$2,500 \leq R < 3,500$

Fuente: Elaboración propia / Manual de Diseño de Carretera – DG-2018 -MTC(tabla 304.06)

2.2.9.6. Taludes

El término "pendiente" describe la inclinación del terreno a lo largo de una carretera, ya sea en un terraplén o en un tramo de excavación. La tangente del ángulo formado entre el plano del terreno y la hipotética línea horizontal es la pendiente de esta pendiente.

Las cualidades geomecánicas de la topografía, la elevación, la inclinación y otros elementos de diseño afectarán la pendiente de la sección transversal de una carretera. Para determinar los ángulos de las pendientes es necesaria una evaluación de las condiciones de drenaje en la superficie y el subsuelo del terreno, así como una investigación geológica o de mecánica de suelos. Dependiendo de la situación, se deben desarrollar los requisitos previos para garantizar la seguridad en el diseño.

En la siguiente tabla se muestran los valores de referencia para las propensiones de corte y relleno según el tipo de suelo y el grado de corte o relleno.

Tabla 20: Valores referenciales para taludes en corte (h:v)

Talud		Roca Fija	Roca Suelta	Material		
				Gravas	Limo Arcilloso o Arcilla	Arenas
Clasificación de materiales de corte						
Altura De Corte	< 5 m	1 : 10	1 : 6 – 1 : 4	1 : 1 – 1 : 3	1 : 1	2 : 1
	5-10 m	1 : 10	1 : 4 – 1 : 2	1 : 1	1 : 1	*
	> 10 m	1 : 8	1 : 2	*	*	*

(*)

Requerimiento de banquetas y/o estudio de estabilidad .

Fuente: Elaboración propia / Manual de Diseño de Carretera – DG-2018 - MTC (tabla 304.10)

El ángulo de inclinación de los taludes de una zona de terraplén está definido por las propiedades de los materiales utilizados en la creación de la zona.

Tabla 21: Talud de referencia en zona de relleno (Terraplenes)

Materiales	Talud (V:H)		
	Altura (m)		
	< 5	5 - 10	> 10
Gravas Limo Arcilloso o Arcilla	1 : 1.5	1 : 1.75	1 : 2
Arenas	1 : 2	1 : 2.25	1 : 2.5
Enrocado	1 : 1	1 : 1.25	1 : 1.5

Fuente: Elaboración propia / Manual de Diseño de Carretera – DG-2018 -MTC (tabla 304.11)

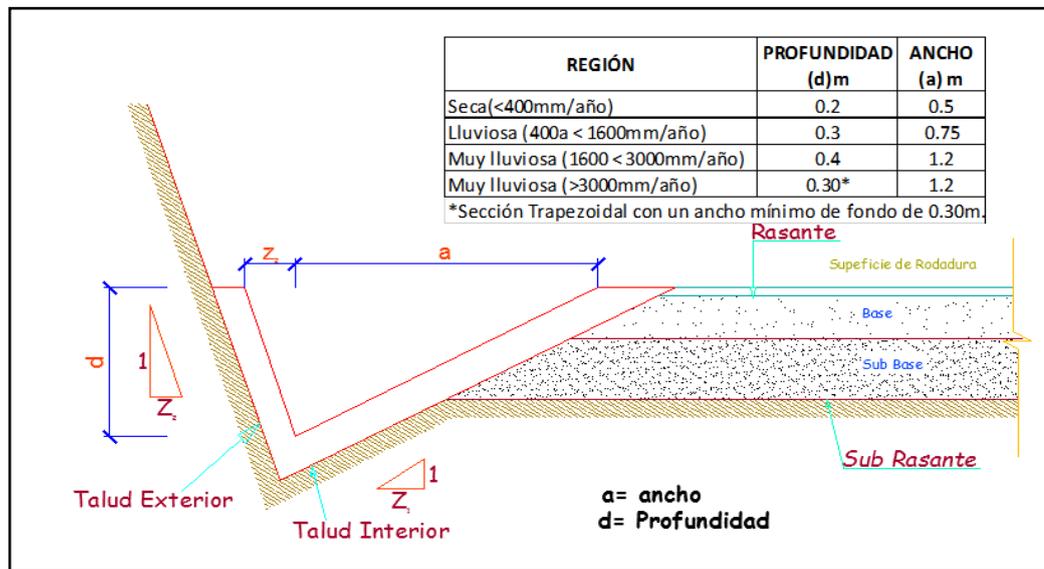
2.2.9.7. Cunetas

Para salvaguardar las estructuras, estos canales construidos lateralmente están destinados a conducir la escorrentía superficial y subterránea desde plataformas, taludes y regiones circundantes.

Dependiendo de las normas urbanísticas locales, las partes laterales de la carretera pueden estar revestidas o no, abiertas o cerradas, o adaptarse mejor al tramo lateral de la carretera. Proporcionan estabilidad en la carretera. Podría tener otra forma. Se pueden incluir zanjas ocultas en diseños de bermas en entornos urbanos o situaciones en las que el espacio es escaso.

Se utilizan cálculos hidráulicos para estimar el tamaño de la zanja, teniendo en cuenta factores como la pendiente longitudinal, las precipitaciones, el área de drenaje y las características del sitio. Pendiente de corte: Para zanjas revestidas, la pendiente longitudinal mínima absoluta es del 0,2%; para zanjas sin revestimiento, es del 0,5%.

Figura 13: Casos de bordes



Fuente: (14) (14 pág. 179)

2.3. Marco conceptual

- **Carretera**

Las vías utilizadas para el transporte de vehículos automotores de dos o más ruedas deberán cumplir con los criterios técnicos más recientes del MTC en cuanto a sus características geométricas, incluyendo sección transversal, superficie de rodadura, pendientes longitudinales y transversales, entre otros aspectos.

- **Derecho de vía**

Una franja de propiedad de ancho variable que contiene la carretera y todos sus componentes, servicios, áreas previstas para futuros proyectos de ampliación o mejora y zonas de seguridad para los usuarios. El titular de la autoridad competente correspondiente dicta la resolución que determina su alcance.

- **Sección transversal**

una parte de la vía mostrada transversalmente al eje y a intervalos predeterminados, con los elementos que la componen listados y escalados dentro del Derecho de Vía. Las secciones transversales se presentan en dos variedades: generales y especiales.

- **Características del tránsito**

Las características y el trazado de una carretera deben estar claramente determinados por la cantidad de tráfico que verá y las circunstancias requeridas para su funcionamiento.

- **Velocidad de diseño**

Esta velocidad se seleccionó para el diseño sabiendo que será la más alta que se pueda conducir en un tramo concreto de carretera de forma segura y agradable.

- **Velocidad de operación**

Es lo más rápido que los automóviles pueden viajar en un determinado tramo de carretera en proporción a la velocidad de diseño, dado el volumen de tráfico, la calidad de la superficie, el clima y el grado de proximidad de la carretera a propiedades cercanas y otras carreteras.

- **Berma**

En caso de emergencia, las franjas paralelas que corren al lado de la superficie de una carretera sirven como barrera para la circulación y como lugar seguro para estacionar.

- **Peralte**

La pendiente lateral de la carretera en el tramo de curva mencionado actúa como contrapeso a la fuerza centrífuga del vehículo.

- **Faja con propiedad restringida**

Habrá una franja de terreno a ambos lados del derecho de vía conocida como propiedad restringida, donde estará prohibido construir de forma permanente cualquier cosa que pueda perjudicar la visión o la seguridad vial o dificultar la circulación.

- **Conservación vial**

Conjunto de trabajos técnicos, de carácter regular o esporádico, que tienen como objetivo mantener de forma sostenible y constante el excelente estado de la infraestructura viaria para prestar el mejor servicio posible al usuario.

- **Cuneta**

Estos son canales laterales que se construyen al lado de la carretera con el objetivo de proteger las formaciones de pavimento dirigiendo la escorrentía superficial y subterránea fuera de las plataformas, pendientes y regiones circundantes de la carretera.

- **Bombeo**

Es la pendiente transversal de la plataforma tangente.

- **Distancia de adelanto**

Distancia requerida en presencia de un tercero conduciendo en dirección opuesta para que un transporte pase con seguridad a otro vehículo que se mueve más lentamente. En términos generales, es la distancia total recorrida durante la operación de adelantamiento real.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

En el tramo de Jauja -Huertas la modernización de la infraestructura vial lograra la optimización y seguridad vehicular en función al diseño geométrico de carretera DG-2018.

2.4.2. Hipótesis específicas

a) Se modernizará la infraestructura vial del tramo Jauja-Huertas, lo que permitirá maximizar la visibilidad y seguridad vial tanto para vehículos ligeros como para pesados.

- b) Se modernizará el diseño de la geometría vial con la modernización de la infraestructura vial en el tramo Jauja-Huertas.
- c) Se modernizará la infraestructura vial del tramo Jauja-Huertas, lo que permitirá maximizar la seguridad vehicular tanto para el transporte de vehículos livianos como pesados.

2.5. Variables

2.5.1. Definición Conceptual de la variable

- VARIABLE DEPENDIENTE- OPTIMIZACION Y SEGURIDAD VIAL

Tiene que ver con mejorar los procedimientos y sistemas que garanticen el flujo regular del tráfico, el uso responsable de la vía pública a través de leyes y directrices y la prevención de accidentes de tráfico.

- VARIABLE INDEPENDIENTE -MODERNIZACION DE LA INFRAESTRUCTURA
Relacionado principalmente con la mejora de las condiciones operativas y de seguridad, esto se puede lograr mediante la modificación de ejes, la ampliación de caminos y la mejora de pavimentos.

2.5.2. Definición Operacional de la variable

La optimización vial y la seguridad se cuantifican mediante el diseño geométrico, la seguridad y la visibilidad de los vehículos, el número de vehículos ligeros y pesados, la velocidad de curva horizontal, la velocidad de curva vertical, la velocidad de tangente horizontal, la velocidad de tangente vertical, la velocidad de viaje, la distancia visual de estacionamiento y los adelantamientos. distancia.

La modernización de la infraestructura vial se cuantifica por topografía, alineamiento vertical, alineamiento horizontal y bombeo; se mide en terreno accidentado, terreno escarpado, curvas horizontales, curvas verticales, pendientes, ancho de camino, ancho excesivo y peralte.

2.6. Operacionalización de la Variable

Tabla 22: Operacionalización de las Variables

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
OPTIMIZACION Y SEGURIDAD VIAL	Relacionada a la mejora de los procedimientos y sistemas que garanticen el flujo regular del tráfico, el uso responsable de la vía pública a través de leyes y directrices y la prevención de accidentes de tráfico.	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño geométrico • Seguridad Vehicular • Visibilidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de vehículos livianos y pesados • Velocidad en curvas horizontales • Velocidad en curvas verticales • Velocidad en tangente horizontal • Velocidad en tangente vertical • Velocidad en marcha • Distancia de visibilidad de parada • Distancia de visibilidad de adelantamiento
DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL	Principalmente está relacionada a mejorar el estado de operación y seguridad, esto se puede dar a través de la modificación del eje, ampliación de la calzada y el mejoramiento del pavimento.	<ul style="list-style-type: none"> • Topografía • Alineamiento horizontal • Alineamiento vertical • Bombeo 	<ul style="list-style-type: none"> • Terreno accidentado • Terreno escarpado • Curvas horizontales • Curvas verticales • Pendientes • Ancho de calzada • Sobreelevaciones • Peralte

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 Método de investigación

Para poder responder a las preguntas, este proyecto de investigación empleará el método científico, el cual se ajustará a un protocolo de estudio de las interrogantes.

El método científico según Sabino (2008, p. 19) dice: "El método científico es el enfoque utilizado en la investigación científica; influye en todo el proceso y no depende del tema en estudio". Sin embargo, debido a que cada campo científico es único, habrá cierta variación en las herramientas utilizadas en cada situación".

3.2 Tipo de investigación

Tipo de investigación aplicada, ya que la teoría y los conceptos básicos se vinculan con la solución de un problema práctico, el cual se mejora a partir de la modernización de la infraestructura vial en el tramo Jauja- Huertas.

3.3 Nivel de investigación

El estudio por el nivel de profundidad fue Descriptivo – comparativo según Bernal (2000), manifiesta “permite describir las manifestaciones de las variables, además compararlas, para identificar las diferencias”. En el sentido que se debe describir la realidad del campo en el tramo de Jauja- Huertas para luego vincular variables de optimización y seguridad vial a la modernización de la infraestructura vial para explicar este fenómeno y posibles soluciones específicas.

3.4 Diseño de la investigación

El diseño del estudio fue no experimental debido que no se realizaron ninguna prueba de laboratorio

3.5 Población y muestra

3.5.1. Población

Según Sampieri, (2014, p. 65), “Una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones”. El estudio tendrá como población la misma que la muestra asumida por el investigador.

La infraestructura vial del Tramo Jauja-Huertas, que se extiende en promedio 2.7 kilómetros desde la vía de Evitamiento con la Avenida Clodoaldo Espinoza Bravo hasta la plaza principal de Huertas, constituye la población de estudio.

3.5.2. Muestra

El tipo de muestreo fue no aleatorio, direccional o estacional, según la naturaleza del estudio, y para fines de factibilidad se muestreó el tramo de Jauja a Huertas.

En conclusión, es necesario obtener información del sitio que permita trabajar en el gabinete, para luego analizar los resultados obtenidos, para lo cual es necesario desarrollar las siguientes etapas:

- **Recolección de información:** Una fuente principal y una fuente secundaria proporcionan los datos fundamentales necesarios para preparar la muestra., La primera fuente es la recopilación de datos de campo, lo que permitirá actualizar, verificar y/o complementar los datos secundarios que ya son accesibles. Las principales fuentes de datos son: (a) Encuestas de origen-destino (OD), (b) Flujos de tránsito diarios y semanales, y (c) Registros de velocidad promedio tomados entre dos lugares en la misma porción de la carretera que están igualmente espaciados. Las fuentes secundarias incluyen datos sobre tráfico recopilados de organizaciones públicas y/o privadas, así como datos adicionales complementarios e incluidos en documentos oficiales, como el Factor de Corrección (FCE) y el Índice Promedio Anual Diario (IMDA). La ruta bajo investigación y otras vías cercanas están bajo jurisdicción del Ministerio de Transporte (MTC).

- Trabajo de Campo- Con el fin de optimizar el trabajo, los sitios predeterminados en el gabinete se determinaron en el sitio antes de realizar el trabajo de campo. Posteriormente se determinó la ubicación del sitio en base a las actividades a realizar (conteo, levantamiento origen- destino y medición de velocidad), desvío de vehículos, condiciones físicas e instalaciones que permitieran realizar correctamente el levantamiento. información.

3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

“Es un conjunto de procedimientos organizados para recolectar datos correctos que conllevan a medir una o más variables” (Córdova, 2013, p107); por lo que aplicaremos la observación, resaltando que la muestra está conformada por puntos estratégicos en el tramo de Jauja a Huertas.

- Se realizó el conteo y la clasificación Vehicular.
- Medición de pendientes transversales y longitudinales.
- Técnica documental a través de fuentes secundarias.

3.7 Técnicas de análisis de datos y procesamiento de información

El objetivo del procesamiento de la información es proporcionar datos ordenados y organizados que faciliten al investigador el análisis de los datos de acuerdo con los objetivos, teorías y preguntas de investigación que ha desarrollado.

Para completar el procedimiento de información se considerarán los siguientes enfoques de instrumentos de medición y recopilación de información: El índice de tráfico diario promedio anual (IMDA), que se deriva del recuento de tráfico, será el primer paso para determinar la clasificación de la carretera como se especifica en el Manual de Diseño Geométrico DG-2018.-2018 .

El segundo paso consistirá en clasificar los datos de pendientes transversales y longitudinales en función de la orografía de acuerdo con los lineamientos proporcionados en el Manual de Diseño Geométrico DG-2018.

Para determinar el número de accidentes de tránsito, se empleó la técnica documental a través de fuentes secundarios, del sistema de registros efectuados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (22).

The screenshot shows the INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática) website. The header includes the INEI logo and a world map. Below the header is a dark blue banner. The main content area is divided into two columns. The left column contains a vertical menu with the following items: ESTADÍSTICAS, BIBLIOTECA VIRTUAL, SISTEMAS DE CONSULTA, and BASES DE DATOS. The right column shows a breadcrumb trail: Inicio > Estadísticas > Índice Temático > Accidentes de Tránsito. Below the breadcrumb trail is the title 'ACCIDENTES DE TRÁNSITO' in orange. Underneath the title are two search results, each preceded by a green square icon with a white 'x': 'Denuncias de accidentes de tránsito no fatales por tipo, según departamento' and 'Víctimas de accidentes de tránsito fatales, según departamento'.

Aspectos éticos de la investigación

Mi asesor y los jurados de tesis de investigación revisaron y aprobaron el proyecto una vez presentado. Además, durante el estudio se aseguró el cumplimiento de los estándares éticos previstos en el reglamento de las carreras y títulos de la Facultad de Ingeniería, manteniendo los principios de beneficencia, no maleficencia, justicia y autonomía. La inclusión en el estudio de una revisión documental de campo garantizó que se mantuviera el principio de autonomía. Cuando fue necesario se citaron los conceptos de beneficencia y no maleficencia, la recopilación de datos de campo realizada por nosotros y las fuentes bibliográficas consultadas para nuestra tesis. Principio de justicia, no hubo discriminación de ningún tipo; se eligieron para formar parte de la investigación todas las posibles tesis participantes que cumplieron con los requisitos de inclusión y no contaron con los criterios de exclusión. La investigación fue íntegramente autofinanciada.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1 Características Generales

El proyecto se propone la ejecución de la ruta Jauja – Huertas, un aproximado de 3 km.

Tabla 23: Puntos del proyecto

ITEM	PROGRESIVA	COORDENADA (*)		COTA (m.s.n.m.)
		NORTE (m)	ESTE (m)	
Inicio	Km 0+000	-11.770955°	-75.491762°	3367
Fin	Km 3+000	-11.759052°	-75.466788°	3379

4.2 Consideraciones del proyecto

Se mejorarán las actuales condiciones del tránsito vehicular en el tramo Jauja – Huertas; por lo tanto, para crear una carretera con servicios y seguridad adecuados, se deben revisar y analizar los conceptos básicos de diseño y los requisitos objetivos de construcción durante el proceso de desarrollo.

Los fundamentos del diseño y construcción de carreteras se refieren a la seguridad de los usuarios en la vía; sin embargo, también se consideran otros factores al determinar las características básicas de la vía, que a menudo equivalen a un camino seguro con un solo peligro y una velocidad superior a la velocidad que determina las características principales de la vía.

Condiciones a tener en cuenta:

- Se requiere una definición precisa e imparcial del tipo y calibre de servicios que debe ofrecer la vía.
- La seguridad del usuario es un componente crucial que no se descuida en favor de otros factores.
- El desembolso inicial para carreteras es sólo un aspecto de los gastos del proyecto; debe compararse constantemente con los costos de mantenimiento y operación.
- Los daños pueden prevenirse o reducirse teniendo en cuenta el efecto ambiental del proyecto.

Normatividad

El diseño geométrico se, lleva a cabo considerando la recomendación del Manual de Carreteras, Diseño Geométrico DG-2018 del MTC.

El manual de carreteras constituye, un documento técnico de carácter normativo que rige en todo el país y su cumplimiento es sumamente obligatorio en todo lo concerniente a la gestión de infraestructura vial.

Topografía

La base cartográfica del estudio se obtuvo mediante levantamiento topográfico directo. Teniendo en cuenta las líneas de corte, los puntos del terreno obtenido en el sitio se procesan digitalmente para seguir las líneas de detalle de los arroyos, senderos y caminos pavimentados existentes; de esta manera, se genera un Modelo Digital del Terreno (DTM) o TIN, que se siguió para la geometría del camino. se ajusta horizontal y verticalmente y se calcula el volumen de movimiento de tierras. El sistema de coordenadas utilizado es UTM, Datum WGS84 Zona 18 Sur.

4.3. Clasificación de la vía

Clasificación por su función

De acuerdo al Clasificador de Rutas del Sistema Nacional de Carreteras (DS N° 012-2013-MTC), el tramo de carretera a reemplazar está clasificado como Red Vial Vecinal o Rural.

Clasificación por orografía

En cuanto a la ubicación del proyecto, la orografía debe verse como el rasgo que describe el relieve del terreno. De acuerdo con este criterio, el Manual de Diseño de Carreteras DG-2018 clasifica el terreno en función de sus características, es decir, las características del terreno normal al eje longitudinal de la vía, y cómo el estado de las unidades pesadas en la rampa afecta la apariencia de la rampa y velocidad.

- ✓ El trazo de la vía atraviesa es de terreno plano (Tipo 1)

Clasificación de acuerdo a la Demanda

El estándar utiliza el valor del índice medio diario (IMD) para clasificar las carreteras porque las carreteras en sí mismas no existen. Por lo tanto, en la vía en estudio, al ser una avenida de un solo carril con un carril en cada sentido, es necesario generar análisis y explicaciones que nos puedan predecir el IMD de la vía en servicio, con base en estudios de tráfico. El IDMA proyectado hasta 2032 se resume a continuación:

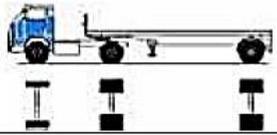
- ✓ Estación E1: 456 vehículos por día

Según el estudio de tráfico se tienen los resultados de que la vía tiene un valor de IMDS para el año 2022 de 300 vehículos y un valor proyectado de 456 vehículos proyectados al año 2032; por lo cual la clasificación es de CARRETERA DE TERCERA CLASE

4.4. Vehículo de diseño

Los vehículos pesados que suponen el 1% del tráfico vehicular total en el tramo Jauja-huertas servirán de modelo para el diseño geométrico del trazado.

Figura 14: Reglamento nacional de vehículos

TABLA DE PESOS Y MEDIDAS								
Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehículos	Long. Max. (m)	Peso Máximo (t)				Peso Bruto Max. (t)	
			Eje Delantero	Conjunto de ejes Posteriores				
				1°	2°	3°		4°
T2S1		20,50	7	11	11	—	—	29

4.5. Velocidad de diseño

La velocidad de diseño es la velocidad máxima que un diseño de carretera determinado puede soportar sin condiciones meteorológicas o adversas del terreno. Estose conoce como velocidad de diseño y depende del uso previsto de la carretera, por ejemplo, si está destinado a automóviles de pasajeros o camiones pesados. Los factores adicionales que determinan la velocidad de diseño incluyen la presencia de factores ambientales como la presión del aire, la humedad y la temperatura del suelo, así como el terreno y los patrones de tráfico

Para asegurar la viabilidad de un proyecto, se deben considerar sus efectos económicos. Además, las carreteras deben estar diseñadas para adaptarse a las velocidades más altas que sean aceptables para la seguridad vial, la movilidad y la eficiencia. Además, estas decisiones deben tener en cuenta las limitaciones estéticas y ambientales, así como las preocupaciones sociales y políticas.

La topografía accidentada pone a prueba continuamente el diseño en términos de flexibilidad, al mismo tiempo que mantiene los parámetros de seguridad requeridos por las pautas estándar. Muchos elementos de diseño deben adaptarse a las duras geometrías del terreno.

Con la velocidad de diseño establecida, los diseñadores pueden determinar los detalles del diseño de la carretera, como el ancho del carril, el radio de curvatura y las pendientes. También pueden determinar las distancias de visibilidad para diseñar el trazado de la carretera, como la inclinación en las secciones curvas y pendientes.

La siguiente tabla nos da a conocer los rangos de velocidad de diseño para varias condiciones y tipos de caminos. El rango de velocidad de diseño homogéneo de 40 a 90 km/h para una carretera de tercera clase con orografía Tipo 1.

Figura 15: Rango de velocidades de diseño determinado en función de la orografía de la vía y clasificación de la demanda.

CLASIFICACIÓN	OROGRAFÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)											
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
Autopista de primera clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Autopista de segunda clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera de primera clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera de segunda clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera de tercera clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												

4.6. Trazo y diseño geométrico vial

Al funcionar como un ciclo de retroalimentación, un diseño de vial adecuado incorpora numerosas consideraciones para producir los mejores resultados. Estos incluyen la clase de carretera, la intensidad del proyecto, la distancia a los obstáculos, el ancho de los carriles y otras consideraciones funcionales. Más importante aún, estos elementos mejoran la seguridad vial al separar a los peatones de los automóviles, necesitarás carriles de frenado de emergencia y más. Las mejoras adicionales incorporan rampas, señales reflectantes, carriles más amplios y orientación direccional.

Cualquier intento de crear un conjunto estandarizado de reglas falla debido a la amplia variedad de áreas del proyecto. La necesidad de estándares ecológicos y económicos para los proyectos de construcción permanece, ya que estos dos elementos mantienen una relación importante entre sí.

Descripción de trazo

El tramo de Jauja-Huertas será una vía que integrará a nuevos espacios terrestres de la zona rural; además, mejorará el flujo vehicular del tramo de la vía existente. El diseño del acceso definitivo se ha enmarcado dentro de las buenas prácticas de ingeniería y teniendo presente las recomendaciones de las normas para este tipo de obras.

Parámetros básicos de diseño

Tabla 24: Parámetros de diseño

PARÁMETRO	VALORES
IMDA (veh/día)	339 veh/día.
Clasificación de Carretera	Tercera clase
Orografía	Plana (Tipo I).
Velocidad de Diseño	50 Km/h.
Vehículo de Diseño	T2-S1
Nº de Vías	1
Nº de carriles de la calzada	2
Ancho de calzada	6.60 m
Ancho de carril	3.30 m
Berma	1.20 m
Bombeo de la calzada	2 % en tangente
Pendiente Máxima longitudinal	12 %
Pendiente Máxima excepcional	8 %
Pendiente Mínima longitudinal	0.50 %
Radio Mínimo	80 m
Sobre ancho de curva	0.40 m – 1.65 m.
Longitud de Transición	45m.
Peralte máximo de curva	8 %

Tabla 25: Resumen de las características técnicas

ELEMENTOS PARA EL DISEÑO DEL TRAZO		
	Funcional: Red Vial rural tramo jauja - huertas	Clasificador de Rutas del SINAC
Clasificación de la Vía	Por Relieve: plano Por Demanda: Carretera de Tercera Clase	DG-2018, Topografía DG-2018, Estudio de tráfico
Ancho Derecho de Vía	25 m. mínimo con centro en el eje de la vía 50 Km/hr.	DG-2018, Tabla 304.09
Velocidad de Diseño	50 km/hr. en sectores con topografía accidentada	DG-2018, Tabla 204.01
Vehículo de Diseño tráfico Orografía	Semirremolque Simple T2-S1 plano (Tipo 1)	Estudio de DG-2018

ALINEAMIENTO HORIZONTAL		
Radio Mínimo	Para Vd=50 Km/hr. R = 80 m.	DG-2018, Tabla 302.04
Peralte Máximo Normal	12 %	DG-2018, Tabla 302.02
Ancho Derecho de Vía	25 m. mínimo con centro en el eje de la vía 304.09 60 Km/hr.	DG-2018, Tabla
Longitud de tangente mínima curvas en "S"	La necesaria para la transición del Peralte	DG-2018
Longitud de tangente mínima curvas en "C"	La necesaria para la transición del Peralte	DG-2018

ALINEAMIENTO VERTICAL		
Pendiente máxima	7%	DG-2018, Tabla 303.01
Pendiente máxima excepcional	8 %p	DG-2018, Tabla 303.03.03
Pendiente mínima	0.50 % (en zonas de corte)	DG-2018, 303.03.01
Curvas Verticales	Parabólicas Simétricas	DG-2018, 303.04

SECCION TRANSVERSAL		
Ancho de Carril (en tangente)	3.30 m.	DG-2018, Tabla 304.01
Calzada (en tangente)	6.60 m.	DG-2018, Tabla 304.01 DG-2018, Tabla 304.02 Nota: c)
Berma lateral	1.20 m.	Tópico 211.03
Bombeo	2 %	DG-2018, 304.03
Sobreechancho	Calculado para el vehículo de diseño	DG-2018, Figura 302.18
Ensanche de Calzada	3 m. x 40 m., cada 2 Km en Promedio	DG-2018, Tabla 304.12

Cuneta Tipo	Según DG-2018	DG-2018
-------------	---------------	---------

4.7. Determinación de Parámetros de Diseño

Las normas de carreteras de tercera clase estipulan ciertos requisitos geométricos que deben cumplirse.

Relación entre clasificaciones

Todos los aspectos del diseño deben mantener una velocidad determinada para equilibrar el proyecto. Una vez elegida, esta velocidad debe respetarse en todos los aspectos del diseño. Los cambios en las carreteras son más evidentes cuando se ajustan a un ritmo constante. Esto incluye características como la distancia visual, la elevación y las curvas en el plano horizontal de la carretera.

En el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018, las futuras carreteras se clasifican según su importancia. El Manual de diseño geométrico de carreteras establece que la elección de la velocidad de diseño para una carretera depende de la clasificación y la velocidad del tráfico. También tiene en cuenta las características topográficas, el terreno, las condiciones ambientales y las consideraciones económicas. Como se indica en el manual, también se toman en consideración las estructuras de control de acceso a las carreteras y la ayuda financiera de fuentes externas.

La Sección 204 del Manual de Diseño de Carreteras DG-2018 integra una serie de métricas y categorías previamente definidas con una métrica básica como la velocidad de diseño. La Tabla 204.01 de esta sección combina estas métricas y categorías con la velocidad de diseño.

El proyecto está categorizado como red de caminos rurales, caminos secundarios y caminos de terreno de tipo III e II. Los parámetros de seguridad de la norma deben estabilizarse al diseñar con alta velocidad debido al alto costo de usar alta velocidad cuando la viabilidad económica está en riesgo. Para este proyecto, la Tabla 24 indica que una velocidad de diseño básica de 50 km/h es adecuada; sin embargo, cabe señalar que es necesario lograr la geometría necesaria en terrenos accidentados.

Dimensión de vehículos

Debido al tamaño de los vehículos, muchas carreteras parecen irregulares. Esto se debe a que los vehículos estándar ponen un énfasis significativo en el diseño de las carreteras.

Al diseñar una nueva carretera, los analistas deben elegir un vehículo ya estandarizado para poder concentrarse en los aspectos más restrictivos del diseño.

Tabla 26: De acuerdo con el Reglamento Vehicular Nacional (D.S. N° 058-2003-MTC o el vigente), se utiliza información básica sobre los automóviles tipo M para determinar el tamaño de la vía.

Tipo de vehículo	Alto total	Ancho Total	Vuelo lateral	Ancho ejes	Largo total	Vuelo delantero	Separación ejes	Vuelo trasero	Radio mín. rueda exterior
Vehículo ligero (VL)	1.30	2.10	0.15	1.80	5.80	0.90	3.40	1.50	7.30
Ómnibus de dos ejes (B2)	4.10	2.60	0.00	2.60	13.20	2.30	8.25	2.65	12.80
Ómnibus de tres ejes (B3-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	14.00	2.40	7.55	4.05	13.70
Ómnibus de cuatro ejes (B4-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	15.00	3.20	7.75	4.05	13.70
Ómnibus articulado (BA-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	18.30	2.60	6.70 / 1.90 / 4.00	3.10	12.80
Semirremolque simple (T2S1)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	1.20	6.00 / 12.50	0.80	13.70
Remolque simple (C2R1)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	10.30 / 0.80 / 2.15 / 7.75	0.80	12.80
Semirremolque doble (T3S2S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	5.40 / 6.80 / 1.40 / 6.80	1.40	13.70
Semirremolque remolque (T3S2S1S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	5.45 / 5.70 / 1.40 / 2.15 / 5.70	1.40	13.70
Semirremolque simple (T3S3)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	1.20	5.40 / 11.90	2.00	1

Radio mínimo

Un giro de 180 grados requiere al menos tres metros de espacio. el seguimiento de la rueda delantera izquierda de un vehículo define un movimiento dado.

A su paso por el exterior hay que tener en cuenta el tramo en voladizo entre el primer eje y el paragolpes. También se debe tener en cuenta el espacio más allá del camino exterior

Ángulo trayectoria	R máx. Exterior Vehículo (E)	R mín. interior Vehículo (I)	Ángulo máximo dirección	Ángulo máximo articulación
30°	14.08 m	8.73 m	17.6°	15.1°
60°	14.20 m	6.89 m	23.2°	29.23°
90°	14.24 m	5.41 m	25.0°	41.1°
120°	14.26 m	4.19 m	25.7°	50.8°
150°	14.26 m	3.14 m	25.9°	58.5°
180°	14.27 m	2.22 m	25.9°	65.4°

Visibilidad de paso y de parada

Desde la perspectiva del conductor de un vehículo móvil, la visibilidad representa la longitud de la carretera despejada frente al vehículo.

La visibilidad del canal de un vehículo es la distancia mínima que debe recorrer en la misma dirección a una velocidad reducida para pasar a través de una obstrucción u otro evento imprevisto. Por el contrario, la distancia mínima que un coche necesita para frenar en caso de un impedimento u otra circunstancia imprevista se conoce como visibilidad de frenado.

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

Para la visibilidad de avance, los valores porcentuales de la longitud de la vía para la que debe haber suficiente visibilidad para adelantar se dan en la Tabla 18. Para proyectos con terrenos planos, el porcentaje mínimo es del 50% y la distancia requerida es superior al 5%. Estos valores se obtienen a partir de planos de planta.

Tabla 28: Detalle de carretera con visibilidad adecuada (%)

Porcentaje de la carretera con visibilidad adecuada		
Condiciones orográficas	% mínimo	% deseable
Terreno plano Tipo 1	50	> 70
Terreno ondulado Tipo 2	33	> 50
Terreno accidentado Tipo 3	25	> 35
Terreno escarpado Tipo 4	15	> 25

4.8. El Diseño Geométrico de la sección Transversal

La sección transversal de la carretera sigue la forma del terreno con una intención específica. El diseño abstracto muestra cómo los caminos se cruzan con la naturaleza y también cómo cambia con cada parte de la ruta.

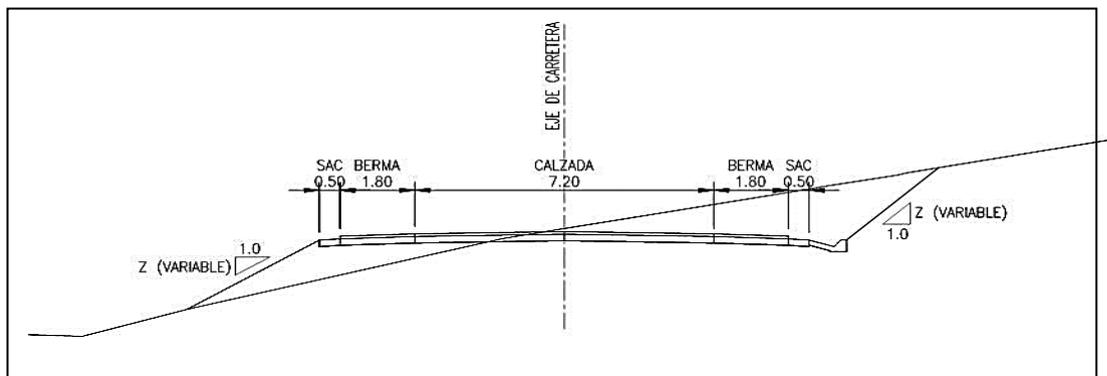
La sección transversal varía de un punto a otro debido a la disposición del terreno, así como al tamaño, forma e interrelación de sus elementos constituyentes. Esta es la razón por la que los diseñadores prestan atención a cómo estos factores interactúan entre sí durante las diferentes funciones de la carretera. Esto incluye factores como el diámetro y la posición de la rueda.

El nivel de servicio previsto del proyecto se puede lograr sin dañar otros elementos clave, como canaletas, terraplenes y pasarelas. Además, el ancho de la carretera se adapta a otros aspectos importantes del diseño, como los carriles laterales y las aceras.

Componentes de una sección transversal

En la sección transversal del proyecto, los componentes están representados por lo siguiente: cemento vial, drenaje de bermas y terraplén. La siguiente imagen muestra un ejemplo de una sección típica de un proyecto.

Figura 16: Sección típica a media ladera



Superficie de rodadura o calzada

En el tramo de una carretera es la parte de la calzada que no está dividida en carriles para el tráfico vehicular. En cambio, es el área entre carriles la que se usa para mover los autos hacia adelante. Una carretera se divide en dos carriles, con un carril que va en cada dirección.

El número de carriles en una carretera está determinado por su diseño y el nivel de servicio planificado. El ancho habitual del carril es de 3,30 metros.

Ancho de la calzada en tangente

La Tabla se enumera los anchos de vía óptimos para diferentes velocidades de diseño. Estas cifras reflejan el ancho apropiado del camino en la tangente para diferentes estados de clasificación de carreteras (Clase III, tipos de terreno plano tipo I). Cada clasificación tiene requisitos tangentes específicos que dependen de la velocidad del proceso de diseño.

La tabla también muestra el ancho de calzada ideal para el tramo de Jauja – Huertas que el ancho de calzada es de 6.60 metros.

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera			
	> 6,000				6,000 – 4,001				4,000-2.001				2,000-400				< 400			
Tipo	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase			
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30km/h																				
40 km/h																	6.60	6.60	6.60	5.00
50 km/h											7.20	7.20					6.60	6.60	6.60	5.00
60 km/h					7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60
70 km/h			7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60		6.60	6.60
80 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20					6.60	6.60
90 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20	7.20									6.60	6.60
100 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20				7.20							
110 km/h	7.20	7.20			7.20															
120 km/h	7.20	7.20			7.20															
130 km/h	7.20																			

Berma

las franjas longitudinales paralelas y contiguas a la carretera sirven como zonas seguras para los automóviles durante emergencias o cualquier otro evento no planificado. El ancho de estas franjas coincide con el espacio del arcén de la carretera de la Tabla, con un margen de 1,2 metros. Esto se basa en límites predeterminados que ya han sido establecidos por otras nociones predeterminadas.

Clasificación	Autopista				Carretera				Carretera				Carretera								
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400				
Tráfico 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																				0.50	0.50
40 km/h																1.2	1.20	0.90	0.50		
50 km/h										2.60	2.60			1.20	1.2	1.20	0.90	0.90			
60 km/h					3.00	3.00	2.60	2.60	3.00	3.00	2.60	2.60	2.00	2.00	1.20	1.20	1.20	1.20			
70 km/h			3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	1.20	1.20	1.20	1.20			
80 km/h	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00		2.00	2.00			1.20	1.20			
90 km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00	3.00			2.00				1.20	1.20			
100 km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00				2.00								
110 km/h	3.00	3.00			3.00																
120 km/h	3.00	3.00			3.00																
130 km/h	3.00																				

El Manual de Carreteras DG-2018 especifica que las carreteras de Clase III, como las autopistas, a veces pueden tener anchos de arco más pequeños que los enumerados anteriormente. Esto solo se permite cuando se cumplen circunstancias especiales y se proporciona el soporte técnico adecuado. Asimismo, los carriles de emergencia para el estacionamiento de automóviles deben ser informados al ente regulador del MTC.

Ensanche de Plataforma

En caso de emergencia, el Manual de Carreteras DG-2018 recomienda utilizar extensiones de plataforma vial colocadas a ambos lados. Estos otorgan mayor seguridad para bermas de menos de 2,6 metros.

Orografía	Dimensiones mínimas		Separación máxima a cada lado (m)		
	Ancho (m)	Largo (m)	Carretera de Primera Clase	Carretera de Segunda Clase	Carretera de Tercera Clase
Plano	3.0	30.0	1,000	1,500	2,000
Ondulado	3.0	30.0	1,000	1,500	2,000
Accidentado	3.0	25.0	2,000	2,500	2,500
Escarpado	2.5	25.0	2,000	2,500	2,500

Inclinación de las bermas

Será necesaria la inclinación de la berma para el escurrimiento correcto del agua hacia la cuneta; para el proyecto según la norma y el diseño geométrico de carreteras.

Figura 17: Inclinación transversal de bermas

Superficie de las Bermas	INCLINACIONES TRANSVERSALES MÍNIMAS DE LAS BERMAS	
	INCLINACIONES NORMAL (IN)	INCLINACION ESPECIAL
Pav. o Tratamiento	4%	0% (2)
Grava o Afirmado	4% - 6% (1)	
Césped	8%	

Para este proyecto se consideran los siguientes puntos:

- En la parte tangente, la berma tendrá una pendiente del 4% hacia el exterior de la plataforma.
- Cuando el valor de la pendiente excede el 4%, las bermas en la cara inferior del no pueden seguir la pendiente. En defecto de tales circunstancias, la pendiente de la berma será del 4%.
- Existen bermas en las tramos peraltado. Para que fluya hacia la zanja, la inclinación contra la pendiente es lo más cercana posible al 4%.

Bombeo

Las carreteras deben bombear al menos el 2% de su volumen total cuando se encuentran en tramos curvos o tangentes. Esto se suma a cualquier bombeo que se realice normalmente durante el bombeo. La Tabla 34 enumera los pendientes laterales mínimos para carreteras. Su pavimento es bituminoso y las precipitaciones anuales son inferiores a los 500 mm.

Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación <500 mm/año	Precipitación >500 mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto Portland	2,0	2,5
Tratamiento superficial	2,5	2,5-3,0
Afirmado	3,0-3,5	3,0-4,0

Peralte

Valores de peralte máximo

Para la determinación del peralte, considerando que En el tramo de jauja - huertas se encuentra en una zona rural y de orografía plana, se toma un peralte absoluto de 8%.

Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación <500 mm/año	Precipitación >500 mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto Portland	2.0	2.5
Tratamiento superficial	2.5	2.5-3.0
Afirmado	3.0-3.5	3.0-4.0

Transición del bombeo al peralte

Esto ocurre en alineaciones horizontales cuando es necesario cambiar progresivamente la pendiente de la vía desde una bóveda a la pendiente equivalente de la curva para pasar de un tramo tangente a otro segmento curvo. Este cambio ocurre a lo largo de la curva de transición. La dispersión es parcialmente tangente y parcialmente sobre la curva en ausencia de una curva de transición. La conexión de peralte que se desarrolló en la tangente se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 29: Porcentaje de peralte (p) utilizado para crear la tangente

$p < 4,5\%$	$4,5\% < p < 7\%$	$p > 7\%$
0,5 p	0,7 p	0,8 p

Desarrollo de peralte entre curvas sucesivas

Para transiciones de peralte adecuadas entre dos curvas consecutivas y en la misma dirección, existe una longitud de tangente mínima, los cuales se verifican en la siguiente tabla.

Tabla 30: Tramos mínimos en tangente entre las curvas del mismo sentido

Velocidad (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Longitud mín. (m)	40	55	70	85	100	110	125	140	155	170	190

Cualquier transición de peralte que no sea en espiral debe ser absorbida por la mesa. También puede manejar cualquier transición de peralte que no sea en espiral sin problemas. También es posible hacer cualquier giro pequeño o de ángulo cero en una sola curva de hélice.

Drenaje de carreteras longitudinalmente

Se requieren sistemas de canaletas para desviar o eliminar el agua que fluye cuesta abajo. Por lo general, esto se logra colocando canaletas junto a la pendiente y dirigiendo el flujo de agua a través de ellas.

Diseño de zanja o cuneta

Para captar, dirigir y evacuar suficientemente los flujos de agua superficial, se colocan zanjas longitudinales a ambos lados de la carretera.

Para el diseño de estas zanjas se tuvieron en cuenta los siguientes factores:

- **Talud interno de la cuneta**

La pendiente interna de la zanja, dada la velocidad de diseño de la vía de 50 km/h, será de 3H:1V, según el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje.

- **Recubrimiento**

Debido a las pendientes de la vía, para el recubrimiento de las cunetas se utilizará concreto con un espesor de 0,075 metros y un f'c de 175 kg/cm².

- **Dimensiones mínimas**

Las dimensiones mínimas de la zanja se obtuvieron de la tabla siguiente.

Tabla 31: Sección transversal con un ancho mínimo de 0.30

Región	Profundidad (m)	Ancho (m)
Seca (<400 mm/año)	0.20	0.50
Lluviosa (de 400 a 1600 mm/año)	0.30	0.75
Muy lluviosa (de 1600 a 3000 mm/año)	0.40	1.20
Muy lluviosa (>3000 mm/año)	0.30*	1.20

- **Desagüe de las cunetas**

Con excepción de los lugares donde no exista dónde descargar aprovechando esta longitud, la longitud máxima de las zanjas será de 250 metros.

- **Diseño hidráulico**

Utilizando la fórmula de Manning, el diseño hidráulico de las acequias se basó en la idea de flujo en canales abiertos.

La fórmula de Manning dice lo siguiente:

$$v = \frac{R^{2/3} + s^{1/2}}{n}$$

Dónde:

v=velocidad (m/s)

R=radio hidráulico

(m)= A/P A=área

mojada (m²)

P=perímetro mojado

(m) s=pendiente del

fondo (m/m)

n=coeficiente de

Manning

$$Q = v \times A$$

Además:

Dónde: Q=Caudal (m³/s)

V=velocidad

(m/s) A= Área

mojada (m²)

El coeficiente de Manning utilizado es el siguiente:Concreto n=0.014

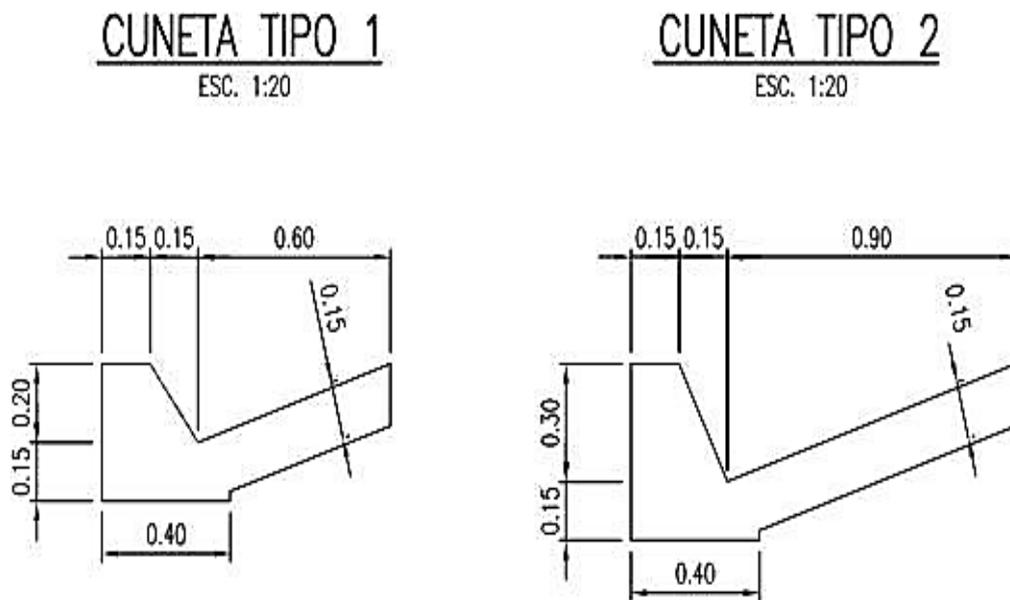
El diseño de las cunetas se muestra en la siguiente tabla
 Para que la sección cumpla, debe haber un flujo más fuerte de diseño (diseño Q) que de aporte (aporte Q).

Progresiva de inicio	Progresiva final	Pendiente mínima	altura	ancho	a	p	r	n	v(m/s)	Q diseño	Q aporte de lado izquierdo	Q aporte margen derecho
0+000	0+750	1.20%	0.2	0.6	0.25	0.85	0.07	0.014	1.625	0.147	0	0
0+800	1+850	1.15%	0.3	0.9	0.8	1.2	0.21	0.014	2.443	0.294	0.73	0
1+850	3+000	1.15%	0.3	0.9	0.8	1.2	0.21	0.014	2.443	0.294	0	0

Tabla 32: Tipo de cuneta

Tipo	Ancho (m)	Altura (m)
1	0.60	0.20
2	0.90	0.30

Figura 18: Tipos de cuneta en sección triangular



4.9. Diseño geométrico en planta

Consideraciones de diseño

Evite los viajes largos y monótonos de los conductores de automóviles, así como la luz solar excesiva o el deslumbramiento nocturno. Esto se muestra mejor en la Sección 01, que presenta un terreno plano.

Para ángulos menores de 5 grados con cualquier precisión, se debe usar la siguiente fórmula para determinar las longitudes y radios de curvatura requeridos:

10 grados menos que L ($30 - L$) metros es $L > 30$ (L con un valor de 10 es L). La longitud de curva mínima requerida para un objeto dado es L .

Tabla 33: Longitud mínima de curva

Carretera red nacional	L (m)
Autopista de primer y segunda clase	6 V
Primera , segunda y tercera clase	3 V

Donde:

V=Velocidad de diseño

El ángulo de desviación mínimo para el tipo de carretera del proyecto del tramo de jauja-Huertas se refleja en la siguiente tabla. Esto se debe a que se deben cumplir las condiciones de este proyecto que se enumeran a continuación para poder una forma de curva no circular. El Angulo de desviación de $1^{\circ}50'$ es el mínimo para cualquier proyecto de carreteras en el tramo de jauja – huertas.

Tabla 34: Ángulos de deflexión

Velocidad de diseño Km/h	Deflexión máxima aceptable sin curva circular
30	$2^{\circ} 30'$
40	$2^{\circ} 15'$
50	$1^{\circ} 50'$
60	$1^{\circ} 30'$
70	$1^{\circ} 20'$
80	$1^{\circ} 10'$

El diseño incorpora varias curvas circulares y helicoidales, así como tangentes lineales para satisfacer adecuadamente las necesidades de la carretera.

Las curvas opuestas con espiral y sin espiral permiten la transición de peralte en los tramos en tangente entre las anteriores mencionadas.

Tramos en tangente

Para el proyecto, las longitudes mínimas en tangente a considerar son las siguientes:

Tabla 35: Longitudes de tramos en tangente

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

Dónde:

L_{min.s} = Longitud mínima (m) para trazados en “S” (alineamientos rectos entre alineamientos con radios de curvatura de sentido contrario)

L_{min.o} = Longitud mínima (m) para el resto de casos (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura del mismo sentido)

L_{máx} = Longitud máxima deseable

(m). V = Velocidad de diseño.

El manual de diseño geométrico DG-2018 recomienda considerar “la curva opuesta de la hélice” para los diseños de carreteras que carecen de una curva con hélice. En este caso, el diseño de una carretera debe incorporar una curva de transición que conecte los lados de las curvas desde direcciones opuestas. Esta recomendación se debe a la disposición del Manual de Carreteras de que “una curva continua en sentido contrario, dotada de una curva de transición, cuyos extremos deben coincidir o estar separados por una pequeña prolongación de la tangente. En ausencia de la curva opuesta de la hélice, la extensión mínima de la tangente media debe permitir una transición inclinada”. También se observa que esta recomendación impulsa los diseños de caminos para crear tantas transiciones helicoidales como sea posible.

Curvas circulares

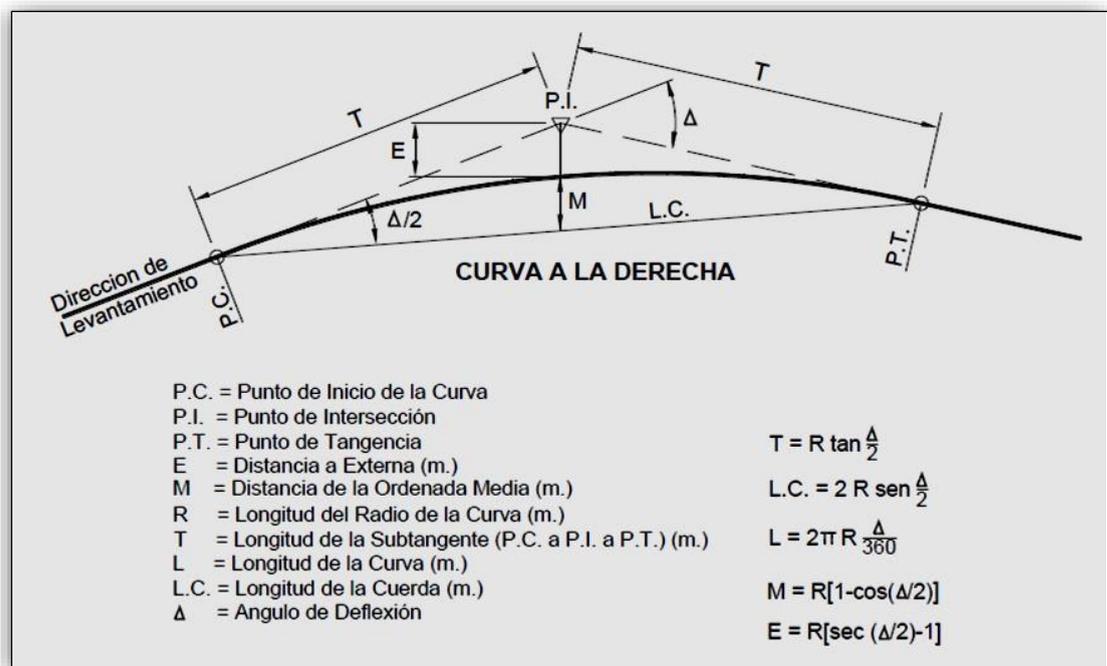
Un arco circular de un solo radio que une dos tangentes sucesivas para generar la proyección horizontal de una curva sólida o una curva especial se conoce como curva horizontal circular simple.

Partes de una curva circular:

Los siguientes elementos y terminología relacionados con curvas horizontales circulares deben usarse exactamente como están escritos:

- P.C.: Punto de inicio de la curva
- P.I. : Punto de Intersección de 2 alineaciones consecutivas P.T.: Punto de tangencia
- E : Distancia a externa (m)
- M : Distancia de la ordenada media (m) R: Longitud del radio de la curva(m)
- T : Longitud de la subtangente (P.C a P.I. y P.I. a P.T.) (m) L: Longitud de la curva (m)
- L.C : Longitud de la cuerda (m) Δ : Angulo de deflexión ($^\circ$)
- P : Peralte; valor máximo de la inclinación transversal de la calzada, asociado al diseño de la curva (%)
- Sa : Sobreocho que pueden requerir las curvas para compensar el aumento de espacio lateral que experimentan los vehículos al describir la curva (m).

Figura 19: Elementos de una curva circular



Para este proyecto es necesario un radio mínimo de 105 metros. Es para el área más pequeña por la que uno puede viajar rápida y cómodamente. El radio designado para este proyecto es el más lejano que puede ir a la velocidad diseñada y permanecer seguro y cómodo. Durante un segmento de 2 kilómetros y 45 metros, se actualizará un diámetro mínimo de 45 metros.

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

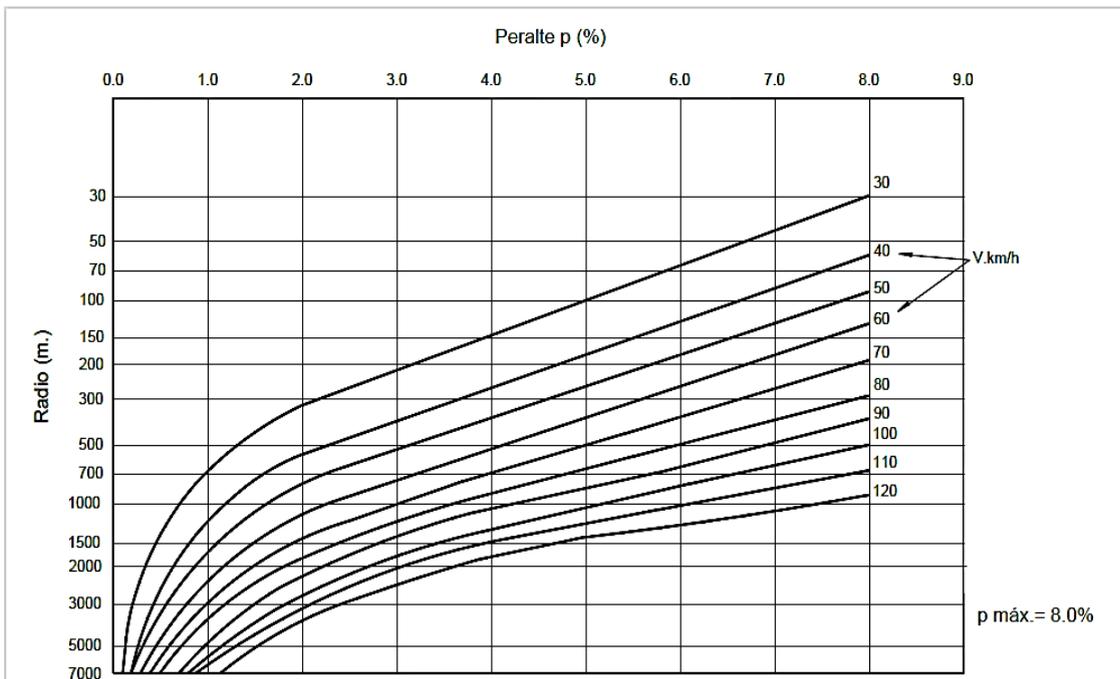
Tabla 36: Para diseño de carreteras, radios mínimos y peraltes máximos.

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	P máx. (%)	f máx.	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
Área urbana	30	4.00	0.17	33.7	35
	40	4.00	0.17	60.0	60
	50	4.00	0.16	98.4	100
	60	4.00	0.15	149.2	150
	70	4.00	0.14	214.3	215
	80	4.00	0.14	280.0	280
	90	4.00	0.13	375.2	375
	100	4.00	0.12	492.10	495
	110	4.00	0.11	635.2	635
Área rural (con peligro de hielo)	120	4.00	0.09	872.2	875
	130	4.00	0.08	1,108.9	1,110
	30	6.00	0.17	30.8	30
	40	6.00	0.17	54.8	55
	50	6.00	0.16	89.5	90
	60	6.00	0.15	135.0	135
	70	6.00	0.14	192.9	195
	80	6.00	0.14	252.9	255
	90	6.00	0.13	335.9	335
Área rural (plano u ondulada)	100	6.00	0.12	437.4	440
	110	6.00	0.11	560.4	560
	120	6.00	0.09	755.9	755
	130	6.00	0.08	950.5	950
	30	8.00	0.17	28.3	30
	40	8.00	0.17	50.4	50
	50	8.00	0.16	82.0	85
	60	8.00	0.15	123.2	125
	70	8.00	0.14	175.4	175
Área rural (accidentada o escarpada)	80	8.00	0.14	229.1	230
	90	8.00	0.13	303.7	305
	100	8.00	0.12	393.7	395
	110	8.00	0.11	501.5	500
	120	8.00	0.09	667.0	670
	130	8.00	0.08	831.7	835
	30	12.00	0.17	24.4	25
	40	12.00	0.17	43.4	45
	50	12.00	0.16	70.3	70
60	12.00	0.15	105.0	105	
70	12.00	0.14	148.4	150	
80	12.00	0.14	193.8	195	
90	12.00	0.13	255.1	255	
100	12.00	0.12	328.1	330	
110	12.00	0.11	414.2	415	
120	12.00	0.09	539.9	540	
130	12.00	0.08	665.4	665	

Velocidad específica, radio y relación de peralte.

La siguiente imagen nos permite obtener la inclinación y el radio de la curva a proyectar sobre la calzada, teniendo en cuenta las velocidades específicas de diseño de 50 km/h para tramos críticos, y reglaje (p máx. = 12 %).

Figura 20: Peralte en zona rural



Curvas de transición

Podemos brindar los mismos niveles de seguridad, comodidad y belleza que los otros elementos del diseño porque la curva de transición es helicoidal, lo que evita discontinuidades en la curvatura de la curva. El tramo de transición sirve de transición entre una parte tangencial, que está abovedada, y un segmento con peralte y sección curva ensanchada.

Radio que permiten eliminar la curva de transición.

Las vías secundarias desarrollan naturalmente curvas y radios horizontales más largas que las carreteras circulares a las que se conectan. Esto lleva a que las curvas de transición se dejen de lado en la **Tabla 46** al calcular el radio de una carretera circular y la altura de sus curvas horizontales. Como tal, un conductor desplaza instintivamente su posición a lo largo de la dirección de su carril disminuyendo a medida que aumenta el radio de curva.

Tabla 37: Radios circulares límites que permiten prescindir de la curva de transición

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

El radio que permite prescindir de la curva de transición con una velocidad de diseño y, para V=50 km/h, y Radio es de 150 m.

Tabla 38: Longitud mínima de curva de transición

Velocidad Km/h	Radio mín. m	J m/s ³	Peralte máx. %	A mín. m ²	Longitud de transición (L)	
					Calculada m	Redondeada m
30	24	0.5	12	26	28	30
30	26	0.5	10	27	28	30
30	28	0.5	8	28	28	30
30	31	0.5	6	29	27	30
30	34	0.5	4	31	28	30
30	37	0.5	2	32	28	30
40	43	0.5	12	40	37	40
40	47	0.5	10	41	36	40
40	50	0.5	8	43	37	40
40	55	0.5	6	45	37	40
40	60	0.5	4	47	37	40
40	66	0.5	2	50	38	40
50	70	0.5	12	55	43	45
50	76	0.5	10	57	43	45
50	82	0.5	8	60	44	45
50	89	0.5	6	62	43	45
50	98	0.5	4	66	44	45
50	109	0.5	2	69	44	45
60	105	0.5	12	72	49	50
60	113	0.5	10	75	50	50
60	123	0.5	8	78	49	50
60	135	0.5	6	81	49	50
60	149	0.5	4	86	50	50
60	167	0.5	2	90	49	50
70	148	0.5	12	89	54	55
70	161	0.5	10	93	54	55
70	175	0.5	8	97	54	55
70	193	0.5	6	101	53	55
70	214	0.5	4	107	54	55
70	241	0.5	2	113	53	55

La Tabla 39 muestra la fluctuación de la aceleración lateral por unidad de tiempo (J), donde J = 0,5 m/s³ es la aceleración lateral por unidad de tiempo para la velocidad de diseño V = 50 km/h.

Tabla 39: Cambios en la aceleración transversal con respecto al tiempo.

V (km/h)	V < 80	80 < V < 100	100 < V < 120	V > 120
J (m/s ³)	0,5	0,4	0,4	0,4
Jmáx (m/s ³)	0,7	0,8	0,5	0,4

Sobreechancho

Hacer la curva más ancha hace que sea más difícil mantener a los vehículos en el carril de la parte curva; esto da como resultado una trayectoria más larga del vehículo.

Cuando circulan vehículos como un semirremolque T2S1 en una curva pequeña o mediana, se necesita espacio adicional para evitar curvas cerradas.

Valor de sobreechancho

El ensanchamiento se calculará utilizando la siguiente fórmula y variará según el tipo de vehículo, el radio de la esquina y la velocidad de diseño:

Figura 21: Cálculo de sobreechancho

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

Dónde:

- S_a : Sobreechancho (m)
- N : Número de carriles
- R : Radio (m)
- L : Distancia entre eje posterior y parte frontal (m)
- V : Velocidad de diseño (km/h)

El valor mínimo de ensanchamiento de radio pequeño y mediano considerado en la norma es de 0,4m. Para la optimización del valor de ensanche de la vía, según el Manual de Diseño Geométrico para vías de 7,20 m de carril DG-2018.

Tabla 40: Factores de reducción de sobreechancho para anchos de calzada en tangente

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

4.10. Diseño geométrico en perfil

Las parábolas conectan líneas que parecen tangentes en una alineación vertical. Esta palabra también se usa para referirse a la alineación horizontal de las líneas. El desarrollo de este concepto se originó con el movimiento de un marcador de milla a lo largo de la pendiente. Al determinar la dirección de una pendiente, tenga en cuenta la dirección en la que cambia de altura a medida que aumenta el kilometraje.

Los vehículos que circulan en línea vertical se mueven limpiamente. Minimizar el efecto de los cambios en el grado de la carretera mediante la incorporación de giros graduales. Este enfoque minimiza el tiempo dedicado a subir o bajar cuestas.

La distancia desde la carretera, las líneas de visión, la alineación de las curvas y la velocidad de diseño se utilizan para cuantificar las curvas longitudinales. La topografía, la alineación horizontal y las consideraciones de seguridad pueden cambiar esto. Por otro lado, la distancia visual podría producir una curva vertical.

Varios criterios rigen la creación de perfiles longitudinales. Estos incluyen el terreno, la pendiente, la distancia visual, la alineación y la velocidad de diseño.

Consideraciones de Diseño

En el tramo de Jauja a Huertas presenta un terreno plano con pequeñas pendientes por ser distancia corta, la ruta se adapta al terreno, la cual se contrala el presupuesto.

Pendiente

Pendiente mínima

Las carreteras deben tener una inclinación mínima del 0,5 % para garantizar que el agua drene fuera de la carretera en todos los puntos. Alternativamente, algunas carreteras pueden bombear para mantener su pendiente por debajo del 0,5 %.

Pendiente máxima

Por conveniencia se debe tener en cuenta las pendientes máximas indicadas en la tabla y el trazado longitudinal por ser terreno (orografía) la cual la pendiente máxima es de un 8 %.

En concreto, este pendiente especial del 7% cubría la necesidad de adecuar el drenaje en el tramo de Jauja a Huertas. Marcada con una definición específica, esta opción nos permite elegir esta opción de acuerdo con los criterios establecidos: la máxima Pendiente especial: 1% de aumento en cualquier otro valor de pendiente.

Tabla 41: Pendiente máxima

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

Curva vertical

Por cada cambio del 1% en la pendiente, el parámetro K-metro de la parábola muestra qué tan larga es la curva del plano horizontal. Las curvas parabólicas verticales están conectadas a segmentos de gradiente continuos si la diferencia algebraica del gradiente es superior al 2%.

$$K = L/A$$

Dónde:

K: Parámetro de curvatura

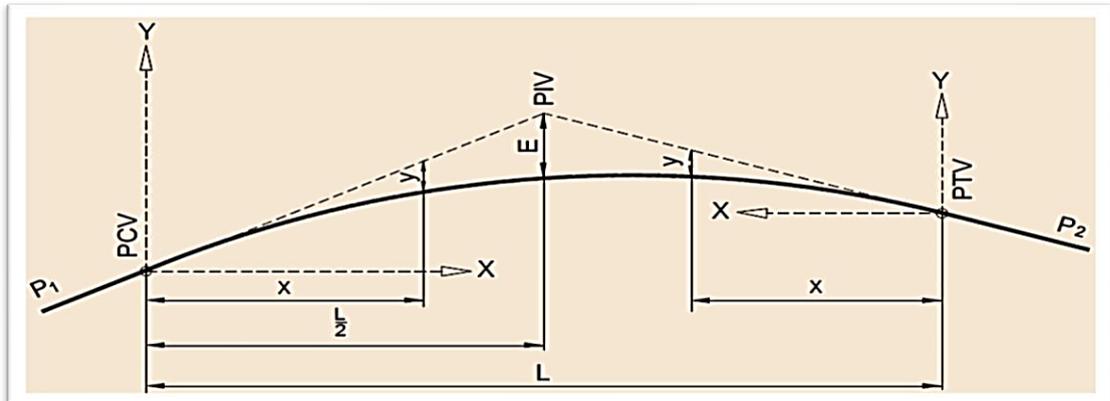
L: Longitud de la curva vertical

A: Valor Absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes

Curva vertical simétrica

Está formado por dos parábolas enlazadas de igual longitud que se sitúan en la proyección vertical del PIV. La curva vertical sugerida es una parábola cuadrática, y los siguientes son sus componentes principales y fórmulas matemáticas, como se ve en la siguiente imagen:

Figura 22: Elementos de la curva vertical simétrica



$$E = AL/800$$

Dónde:

PCV : Principio de la curva vertical

PIV : Punto de intersección de las tangentes verticales PTV: Término de la curva vertical

L : Longitud de la curva vertical, medida por su proyección horizontal, en metros (m).

A : Diferencia algebraica de pendientes, en porcentaje (%).

$$A=|S1-S2$$

S1 : Pendiente de la tangente de entrada, en porcentaje (%)

S2 : Pendiente de la tangente de salida, en porcentaje (%)

E : Externa. Ordenada vertical desde el PIV a la curva, en metros (m).

$$Y = x^2(A/200L)$$

- X : Distancia horizontal a cualquier punto de la curva desde el PCV o desde el PTV.
- Y : Ordenada vertical en cualquier punto, también llamada corrección de la curva vertical.

Criterios de diseño

Al curvarse gradualmente en ángulos verticales más estrechos, se logra una mayor comodidad mediante la reducción gradual de pendientes. Esta combinación de gravedad y fuerzacentrífuga proporciona una marcha suave

El Coordinador del Proyecto del tramo de jauja – huertas espera que las curvas verticales estén alineadas simétricamente siempre que sea posible.

Al crear curvas de seguridad, la alta visibilidad es crucial. Esto es así porque las distancias de visibilidad necesarias para las curvas de seguridad deben ser mayores que las distancias de frenado que se consideran adecuadas para su desarrollo. Para algunos proyectos se deben crear curvas verticales y líneas de visión frontal.

Longitud de las curvas convexas

Figura 23: Longitud de curvas convexas

Cuando $D_p < L$;

$$L = \frac{A D_p^2}{100(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2}$$

Cuando $D_p > L$;

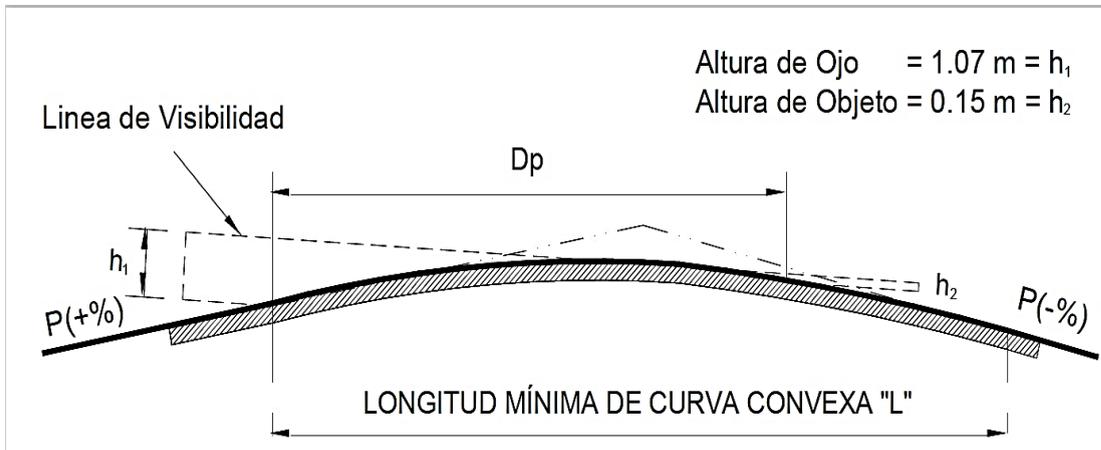
$$L = 2D_p - \frac{200(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{A}$$

Fuente: Manual de Diseño de Carreteras – DG-2018-MTC

Donde, para todos los casos:

- L : Longitud de la curva vertical (m)
- D_p : Distancia de visibilidad de parada (m)
- A : Diferencia algebraica de pendientes (%)
- h_1 : Altura del ojo sobre la rasante (m)
- h_2 : Altura del objeto sobre la rasante (m)

Figura 24: Curva vertical convexa con longitud mínima y distancias visuales de parada



L = Longitud de la curva vertical (m)

D_p = Distancia de Visibilidad de Frenado (m)

V = Velocidad de Diseño (Km/h)

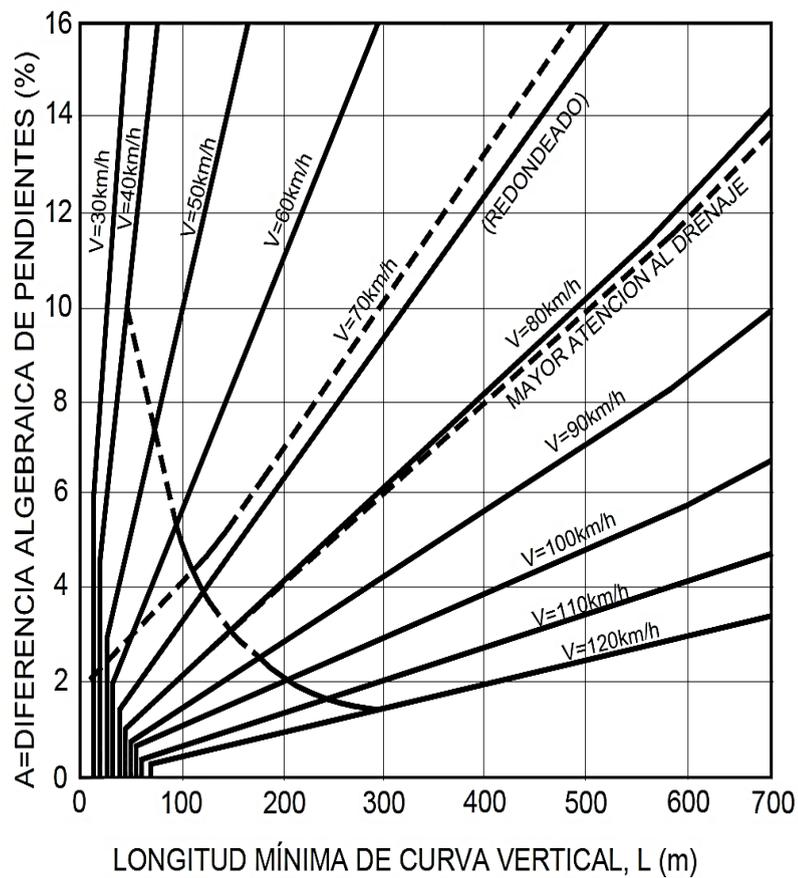
A = Diferencia Algebraica de Pendientes (%)

Para $D_p > L$

Para $D_p < L$

$$L = 2D_p - \frac{404}{A}$$

$$L = \frac{AD_p^2}{404}$$



Para el cálculo de longitud de curva vertical convexa en el PI vertical más crítico(Km 1+900) se presenta lo siguiente:

El valor va a realizar que Vd=60 km/Hr. Se recurre al cuadro se obtiene una Lcv=2.60 mt

Velocidad de diseño km/h	Longitud controlada por visibilidad de parada		Longitud controlada por visibilidad de paso	
	Distancia de visibilidad de parada	Índice de curvatura K	Distancia de visibilidad de paso	Índice de curvatura K
20	20	0.6		
30	35	1.9	200	46
40	50	3.8	270	84
50	65	6.4	345	138
60	85	11	410	195
70	105	17	485	272
80	130	26	540	338
90	160	39	615	438

Longitud de las curvas cóncavas

Se pueden utilizar las siguientes fórmulas para calcular la longitud de las curvas verticales cóncavas:

Figura 25: Longitud de curvas cóncavas

Cuando : $D < L$

$$L = \frac{A D^2}{120 + 3.5D}$$

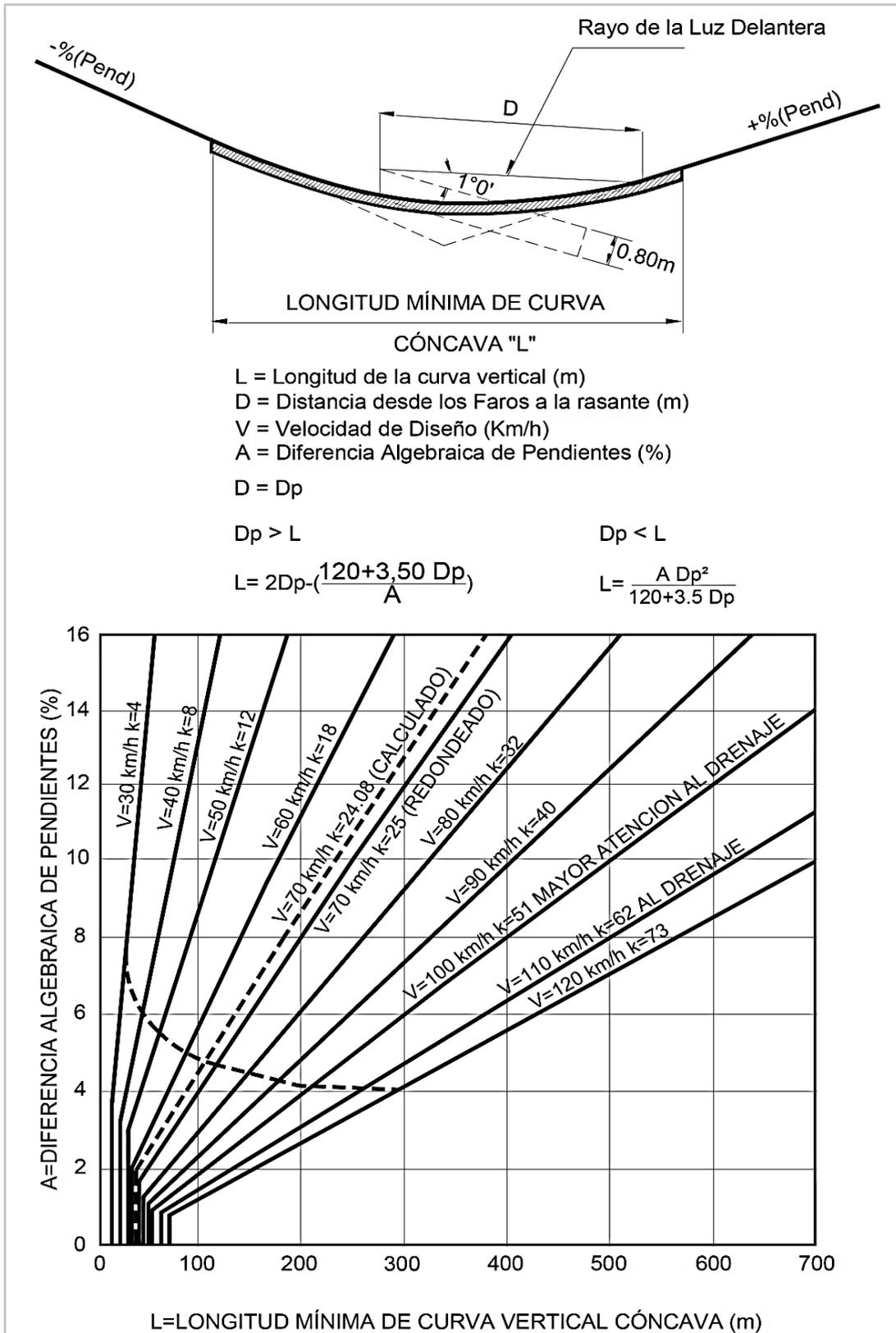
Cuando : $D > L$

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

Dónde:

- D: Se mide la distancia entre el coche y el lugar donde se mide el 1º ángulo de intersección de los faros con el suelo.
- D = Dp se utiliza en el contexto de seguridad y la imagen resultante muestra el resultado.

Figura 26: Longitudes mínimas de curvas verticales cóncavas



CAPÍTULO V

DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Con el trabajo realizado llegamos que el IMDs es de 300 veh/día y el IMDa es de 339 veh/día y con el cálculo llegamos que para el 2032 será de 456 vehículos por día.

En la actualidad la vía es de dos carriles, cada calzada tiene un ancho de 3.00 metros y un radio mínimo de la curva es de 15.00 metros la pendiente máxima es 2.0 % en toda la vía en las cuales no existe ni zanjas un drenaje solo para el rio yacus no cuenta con plazas ni bermas de seguridad , con el estudio realizado verificamos que la vía cuenta con demasiados fallas y no satisface la demanda de los vehículos, ni la seguridad vehicular ni la capacidad por eso se debe realizar la modernización de ésta según el diseño geométrico. DG-2018

Debe ser modernizado de acuerdo con los requisitos del Manual de Carreteras DG-2018 del Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

Los resultados de estudios previos de Torres Vargas, Hernández García, Pérez Sánchez y Lelis Zaragoza, 2002; Quispe, 2015; Pérez & Ruíz, 2015; Pinchi & Gómez 2018; están relacionados con éste. Estos estudios anteriores decían que se deben realizar mejoras en la infraestructura de las rutas de transporte para mejorar la distribución de mercancías y pasajeros. Esto afecta el desarrollo de las economías locales. Así lo afirman también (Perez & Ruiz, 2015), así como (Quispe, 2015).

CONCLUSIONES

- La modernización del tramo de Jauja-Huerta en el distrito de Jauja del departamento de Junín mejora el tránsito, la visibilidad y la seguridad de los vehículos, dando la seguridad respectiva en todo el tramo.
- La modernización de la infraestructura vial de Jauja-Huerta en el distrito de Jauja del departamento de Junín se mejorará las características geométricas de acuerdo al manual de carreteras DG-2018 Del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- El tráfico proyectado según el estudio realizado para el año del 2032 es de 456 de estos 438 son vehículos livianos y 18 son vehículos pesados de por ende según el manual de carreteras diseño geométrico DG-2018 la carretera es de tercera clase.
- El proyecto reemplazará el tramo de estudio que empieza en el Cruce de la vía evitamiento con la avenida Clodoaldo Espinoza bravo y concluyen la plaza principal de huertas que por ende para el conductor será más cómodo viajar y realizará un menor tiempo de viaje y brindara la seguridad respectiva, al presentar menor pendiente y mayor visibilidad
- De acuerdo al ministerio de transporte y comunicaciones el promedio de carretera construida asciende entre los 8000 y 1 000 000 de dólares, ya que la nueva carretera tiene una longitud de 3+000 km el costo aproximado del proyecto es de 2,7 millones de dólares
- El diseño del proyecto cumple con todos estándares que son planteados en el manual de carreteras diseño geométrico DG-2018 que está en vigencia en nuestro país.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda aplicar este estudio de modernización de infraestructura vial a otras localidades con realidades similares. Esto debe hacerse dentro del ámbito regional o nacional más amplio.
- La infraestructura vial modernizada requiere intervalos de mantenimiento preventivo para mantener un rendimiento óptimo.
- Para maximizar el uso de la infraestructura vial actualizada, se deben incorporar varios diseños de arte y señalización en cualquier diseño geométrico vial. Los diseños geotécnicos, de pavimento, de drenaje también y de obras de arte adicionales deben incorporarse al diseño de conformidad con las reglamentaciones pertinentes.
- Se sugiere realizar futuros análisis en los tramos siguientes que no fueron incluidos en el proyecto.
- La modernización de esta vía podría plantearse financieramente como un proyecto de Asociación Pública Privada u Obras por impuestos.
- Se debe verificar los materiales en la construcción y la mano de obra para que se cumpla con la norma técnica.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS (APA, VANCOUVER E ISO 690)

- **MTC. (2018).** Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Obtenido de http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf
- https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf
- **Torres Vargas , Hernandez Garcia, Perez Sanchez, & Lelis Zaragoza. (2002).** Modernización de caminos rurales: La evaluación económica como herramienta en la toma de decisiones. Obtenido de <http://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt216.pdf>
- **Perez, B., & Ruiz, C. (2015).** Diseño de la carretera de acceso desde centro poblado La Conga - La Palma al centro poblado Mitopampa, distrito de Yauyucan, provincia de santa Cruz, departamento de Cajamarca. (Tesis de Grado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque.
- **Quispe, J. (2015).** Auditoria de seguridad vial en la red vial departamental de la región Ayacucho. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- **Pinchi Flores, M. A., & Gómez Ruiz, L. F. (2018).** Estudio definitivo del camino vecinal SM-676, tramo, PE-5N DV - CC.NN. - Pucallpa - CC.NN. Alto Pucalpillito - EPM. SM-104, Distrito de Shanao - Lamas – San Martín. (Tesis de Grado). Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto.
- **Céspedes Abanto, J. M. (2001).** Carreteras Diseño Moderno. Cajamarca: Universitaria UNC.
- **MTC. (2003).** Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Obtenido de <http://www.mtc.gob.pe/transportes/terrestre/documentos/REGLAMENTO%20NACIONAL%20DE%20VEHICULOS%20%20actualizado%20al%2023.08.2016.pdf>
- L. S. Alvarado Peralta, Wilder Eduardo; Martínez Cárdenas, “Propuesta para la actualización del diseño geométrico de la carretera Chancos – Vicos – Wíash según criterios de seguridad y economía,” Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), 2017.

ANEXOS

ANEXO 1 -MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES DE ESTUDIO	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO	JUSTIFICACIÓN
¿Cuál es el diagnóstico de la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras DG - 2018 sobre el diseño geométrico propuesto para el tramo Jauja-Huertas?	Conocer el diagnóstico del diseño geométrico conforme a la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras DG – 2018.	En el tramo de Jauja -Huertas la modernización de la infraestructura vial lograra la optimización y seguridad vehicular en función al diseño geométrico de carretera DG-2018.	Optimización y Seguridad Vial (Variable Dependiente)	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño geométrico • Seguridad vehicular • Visibilidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de vehículos livianos y pesados • Velocidad en curvas horizontales • Velocidad en curvas verticales • Velocidad en tangente horizontal • Velocidad en tangente vertical • Velocidad en marcha • Distancia de visibilidad de parada • Distancia de visibilidad de adelantamiento 	MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN: (Científico)	<p>Social o práctica El objetivo de este trabajo es llamar la atención sobre la importancia de las redes viarias y la imperiosa necesidad de contar con una red de carreteras eficaz que fomente el bienestar social y el progreso de las comunidades que utilizan el sector Jauja-Huertas..</p> <p>Teórica La necesidad de examinar y mejorar las características del diseño geométrico de las carreteras, garantizando al mismo tiempo el cumplimiento de los requisitos técnicos establecidos en la DG-2018, sirve de justificación para esta tarea.</p> <p>Metodológica De acuerdo al manual DG-2018 para el tramo de Jauja -Huertas a partir del análisis de la información recogida en los proyectos de investigación creados para actualizar la infraestructura viaria, se aplica el proceso de investigación, donde se busca la optimización y seguridad de la infraestructura vial, de tal manera cumpla con las ventajas técnicas mínimas indicadas en el manual DG-2018. Las características del diseño geométrico de las carreteras facilitan la identificación de los problemas funcionales de cualquier vía o carretera, lo que nos permite adoptar medidas preventivas para reducir el número de accidentes de tráfico.</p>
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVO ESPECÍFICO	HIPÓTESIS ESPECIFICAS					
¿En qué mejorara la infraestructura en el tramo de Jauja-Huertas para la optimización del tráfico y la visibilidad para adelantar?	Determinar los parámetros del tramo San Jauja-Huertas, provincia de Jauja, Región Junín	Se modernizará la infraestructura vial del tramo Jauja-Huertas, lo que permitirá maximizar la visibilidad y seguridad vial tanto para vehículos ligeros como para pesados.					
¿Cuál será la mejora para la seguridad del tránsito en el tramo de Jauja - Huertas?	Determinar las características actuales del diseño geométrico del tramo Jauja- Huertas en comparación con las dispuestas en la Norma de Diseño Geométrico DG-2018.	Se modernizará el diseño de la geometría vial con la modernización de la infraestructura vial en el tramo Jauja-Huertas.	Diseño geométrico de la infraestructura vial (Variable Independiente)	<ul style="list-style-type: none"> • Topografía • Alineamiento horizontal • Alineamiento vertical • Bombeo 	<ul style="list-style-type: none"> • Terreno accidentado • Terreno escarpado • Curvas horizontales • Curvas verticales • Pendientes • Ancho de calzada • Sobreanchos • Peraltes 		
¿Como mejorará la Infraestructura en el tramo de Jauja-Huertas para optimizar el diseño de la geometría vial??	Determinar el diseño geométrico para el tramo Jauja-Huertas de acuerdo con la Norma de Diseño Geométrico DG-2018.	Se modernizará la infraestructura vial del tramo Jauja-Huertas, lo que permitirá maximizar la seguridad vehicular tanto para el transporte de vehículos livianos como pesados.					

ANEXO 2 -VOLÚMEN DE TRÁFICO PROMEDIO DIARIO – “E1”

ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO		E-1										SENTIDO										AMBOS									
DIA		LUNES										FECHA										02/10/2022									
Dia	Autos	S-Wagon	Pick Up / Panel	C. Rural	Micro	Omnibus			Camion			8X4	Semi Tráiler						Tráiler				total	%							
						B2	B3	B4	C2	C3	C4		T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3	T3S4	C2R 2	C2R 3	C3R 2				C3R 3	C3R 4				
00-01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
01-02	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1%	
02-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
03-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
04-05	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1%		
05-06	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1%		
06-07	2	0	3	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	6%		
07-08	6	2	2	2	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	13%		
08-09	3	5	4	2	7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	15%		
09-10	1	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	4%			
10-11	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4%			
11-12	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4%			
12-13	2	1	3	1	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	8%			
13-14	3	0	2	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	7%			
14-15	2	1	5	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	8%			
15-16	0	1	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4%			
16-17	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3%			
17-18	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2%			
18-19	3	1	4	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	11%			
19-20	2	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	6%			
20-21	1	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4%			
21-22	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1%			
22-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%		
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%		
TOTAL	27	13	36	13	49	0	4	0	0	0	0	0	142	100%	142																
%	19%	9%	25%	9%	35%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%		

ESTUDIO DE TRAFICO																												
TRAMO		E-1										SENTIDO										AMBOS						
DIA		MARTES										FECHA										03/10/2022						
Dia	Autos	S-Wagon	Pick Up / Panel	C. Rural	Micro	Omnibus			Camion			8X4	Semi Tráiler				Tráiler				total	%						
						B2	B3	B4	C2	C3	C4		T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3	T3S4	C2R 2				C2R 3	C3R 2	C3R 3	C3R 4	
00-01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
01-02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
02-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
03-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
04-05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
05-06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
06-07	2	0	4	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	5%	
07-08	6	2	4	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	11%	
08-09	3	3	4	3	9	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	13%	
09-10	2	0	3	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	5%	
10-11	1	0	2	1	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	5%	
11-12	1	1	2	0	5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	6%	
12-13	1	2	4	1	5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	8%	
13-14	3	1	3	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	7%	
14-15	2	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	6%	
15-16	1	1	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	5%	
16-17	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2%	
17-18	1	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3%	
18-19	3	1	3	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	7%	
19-20	2	0	8	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	9%	
20-21	1	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	3%	
21-22	2	1	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	5%	
22-23	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1%	
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
TOTAL	31	12	51	13	62	0	4	0	0	0	0	173	100%	173														
%	18%	7%	29%	8%	36%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	%

ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO		E-1												SENTIDO						AMBOS								
DIA		MIERCOLES												FECHA						04/10/2022								
Dia	Autos	S-Wagon	Pick Up / Panel	C. Rural	Micro	Omnibus			Camion			8X4	Semi Tráiler						Tráiler				total	%				
						B2	B3	B4	C2	C3	C4		T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3	T3S4	C2R 2	C2R 3	C3R 2				C3R 3	C3R 4	
00-01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
01-02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
02-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
03-04	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1%	
04-05	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1%	
05-06	1	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3%	
06-07	2	0	3	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	4%	
07-08	6	2	3	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	9%	
08-09	3	5	4	2	6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	11%	
09-10	2	0	7	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	7%	
10-11	1	0	4	1	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	6%	
11-12	2	0	3	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	6%	
12-13	2	1	5	1	5	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	8%	
13-14	1	0	6	1	5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	7%	
14-15	1	0	4	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	5%	
15-16	1	0	5	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	6%	
16-17	1	0	5	1	7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	8%	
17-18	1	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	3%	
18-19	4	0	4	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	8%	
19-20	2	0	3	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	5%	
20-21	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2%	
21-22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
22-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
23-24	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1%	
TOTAL	31	8	64	14	67	0	7	0	0	0	0	0	0	191	100%	191												
%	16%	4%	34%	7%	35%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	%												

ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO		E-1										SENTIDO										AMBOS								
DIA		JUEVES										FECHA										05/10/2022								
Dia	Autos	S-Wagon	Pick Up / Panel	C. Rural	Micro	Omnibus			Camion			8X4	Semi Tráiler							Tráiler				total	%					
						B2	B3	B4	C2	C3	C4		T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3	T3S4	C2R 2	C2R 3	C3R 2	C3R 3				C3R 4			
00-01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
01-02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
02-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
03-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
04-05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
05-06	5	0	5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	5%	
06-07	3	1	5	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	7%	
07-08	6	2	2	2	7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	9%	
08-09	3	5	7	2	5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	10%	
09-10	2	1	4	1	5	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	7%	
10-11	1	1	3	2	3	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	5%	
11-12	1	0	7	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	6%	
12-13	2	1	5	1	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	6%	
13-14	3	0	8	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	8%	
14-15	2	1	5	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	5%	
15-16	0	2	8	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	7%	
16-17	1	0	6	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	5%	
17-18	4	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	4%	
18-19	4	0	6	2	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	8%	
19-20	2	0	3	2	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	7%	
20-21	1	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	2%	
21-22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
22-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
TOTAL	40	14	80	18	67	0	8	0	0	0	0	0	0	227	100%	227														
%	18%	6%	35%	8%	30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	

ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO		E-1												SENTIDO					AMBOS											
DIA		VIERNES												FECHA					06/10/2022											
Dia	Autos	S-Wagon	Pick Up / Panel	C. Rural	Micro	Omnibus			Camion			8X4	Semi Tráiler				Tráiler				total	%								
						B2	B3	B4	C2	C3	C4		T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3	T3S4	C2R2				C2R3	C3R2	C3R3	C3R4			
00-01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%			
01-02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%		
02-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%		
03-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%		
04-05	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0%		
05-06	3	0	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	2%		
06-07	4	0	5	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	3%		
07-08	5	2	4	1	7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	5%		
08-09	4	3	7	2	5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	5%		
09-10	2	1	7	2	7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	5%		
10-11	5	0	6	3	5	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	5%		
11-12	15	5	23	2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55	13%		
12-13	18	4	19	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	11%		
13-14	3	0	11	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	5%		
14-15	4	1	6	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	3%		
15-16	16	2	35	3	18	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75	17%		
16-17	4	0	12	1	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	6%		
17-18	3	0	9	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	5%		
18-19	4	1	15	2	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	7%		
19-20	3	1	4	2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	5%		
20-21	3	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	2%		
21-22	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0%		
22-23	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0%		
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
TOTAL	97	20	175	22	113	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	435	100%	435							
%	22%	5%	40%	5%	26%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%		

ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO		E-1										SENTIDO										AMBOS						
DIA		SABADO										FECHA										07/10/2022						
Dia	Autos	S-Wagon	Pick Up / Panel	C. Rural	Micro	Omnibus			Camion			8X4	Semi Trailer				Trailer					total	%					
						B2	B3	B4	C2	C3	C4		T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3	T3S4	C2R2	C2R3			C3R2	C3R3	C3R4		
00-01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
01-02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
02-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
03-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
04-05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
05-06	0	1	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	2%	
06-07	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0%	
07-08	3	1	5	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	3%	
08-09	3	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	2%	
09-10	5	2	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	3%	
10-11	1	0	5	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	3%	
11-12	22	12	34	3	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	20%	
12-13	27	0	33	1	19	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85	18%	
13-14	3	5	18	2	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	8%	
14-15	10	1	20	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	9%	
15-16	19	2	29	2	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63	14%	
16-17	6	0	8	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	4%	
17-18	4	0	16	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	5%	
18-19	4	1	10	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	5%	
19-20	3	1	4	2	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	4%	
20-21	1	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	1%	
21-22	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0%	
22-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
TOTAL	111	26	201	13	104	0	5	0	0	0	0	460	100%	460														
%	24%	6%	44%	3%	23%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	100%	100%															

ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO		E-1										SENTIDO										AMBOS								
DIA		DOMINGO															FECHA					08/10/2022								
Dia	Autos	S-Wagon	Pick Up / Panel	C. Rural	Micro	Omnibus			Camion			8X4	Semi Tráiler							Tráiler				total	%					
						B2	B3	B4	C2	C3	C4		T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3	T3S4	C2R 2	C2R 3	C3R 2	C3R 3				C3R 4			
00-01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
01-02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
02-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
03-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
04-05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
05-06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
06-07	0	0	1	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	2%		
07-08	1	3	2	5	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	4%		
08-09	3	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	1%		
09-10	2	2	3	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	2%		
10-11	1	0	9	2	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	4%		
11-12	16	9	22	3	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62	13%		
12-13	28	3	35	0	22	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	93	20%		
13-14	3	5	18	2	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	7%		
14-15	10	0	22	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	9%		
15-16	24	5	33	1	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	78	16%		
16-17	4	6	22	5	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	10%		
17-18	1	0	5	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	2%		
18-19	2	0	9	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	4%		
19-20	2	0	6	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	3%		
20-21	1	0	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	2%		
21-22	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0%		
22-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
TOTAL	98	33	192	23	122	0	5	0	0	0	0	0	473	100%	473															
%	21%	7%	41%	5%	26%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	%															

ANEXO 3 -PANEL FOTOGRÁFICO

Figura 27: Panel fotográfico N°1



Figura 28: Panel fotográfico N°2



Figura 29: Panel fotográfico N°3



Figura 30: Panel fotográfico N°4



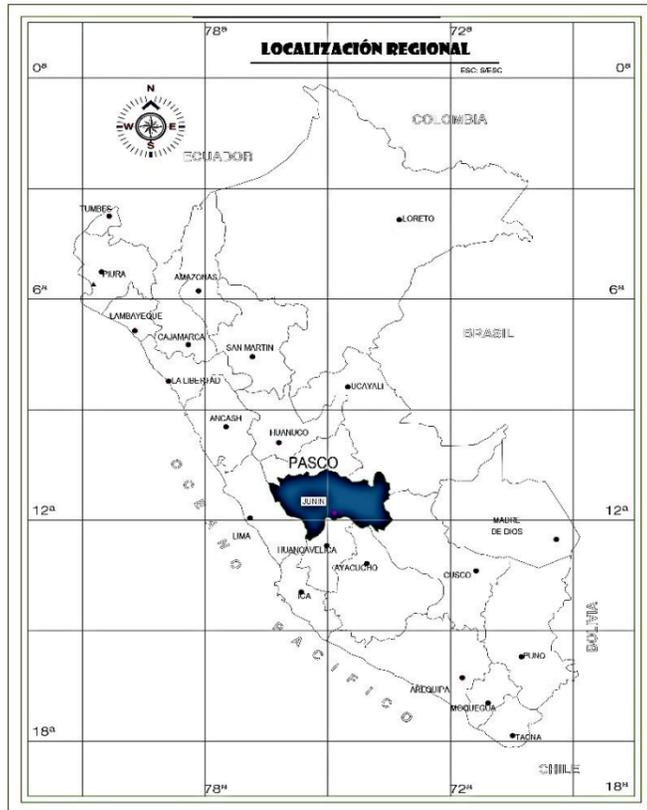
Figura 31: Panel fotográfico N°5



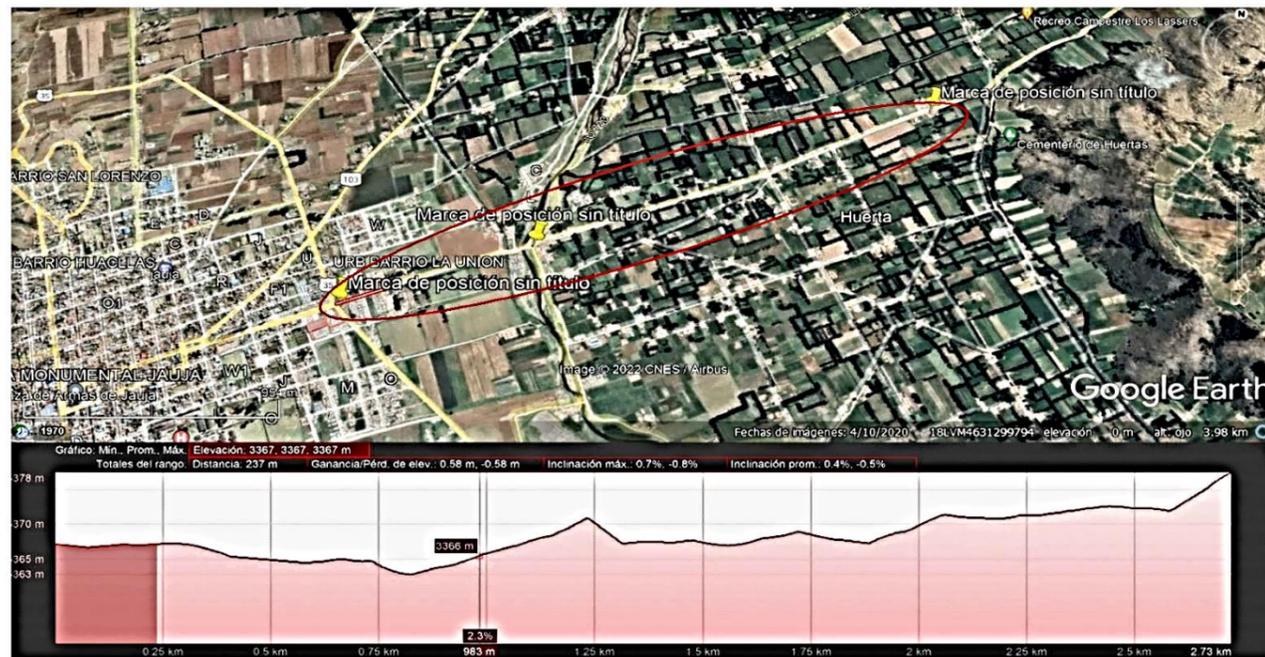
Figura 32 -Panel fotográfico N°6



ANEXO 4 -PLANOS



LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



UNIVERSIDAD
PERUANA
LOS ANDES

ASESOR:

JULIO PORRAS MAYTA

TESISTA:

MARTIN ROJAS CUNYAS

UBICACIÓN

REGIÓN:

JUNIN

PROVINCIA:

JAUJA

DISTRITO:

HUERTAS

JURADOS

PRIMER JURADO:

DAVID RAMOS PIÑAS

SEGUNDO JURADO:

NELFA AYUQUE ALMIDON

TERCER JURADO:

HENRY PAUTRAT EGOAVIL

NOMBRE DE LÁMINA:

PLANO GENERAL

CARACTERÍSTICA DE LÁMINA:

PLANO DE UBICACIÓN

PROYECTO:

**"PROPUESTA DE
DISEÑO GEOMÉTRICO
DEL TRAMO JAUJA
-HUERTAS
SEGÚN LA NORMA
DE DISEÑO
GEOMÉTRICO
DG-2018"**

LÁMINA:

PU-01



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

ASESOR:
JULIO PORRAS MAYTA

TESISTA:
MARTIN ROJAS CUNYAS

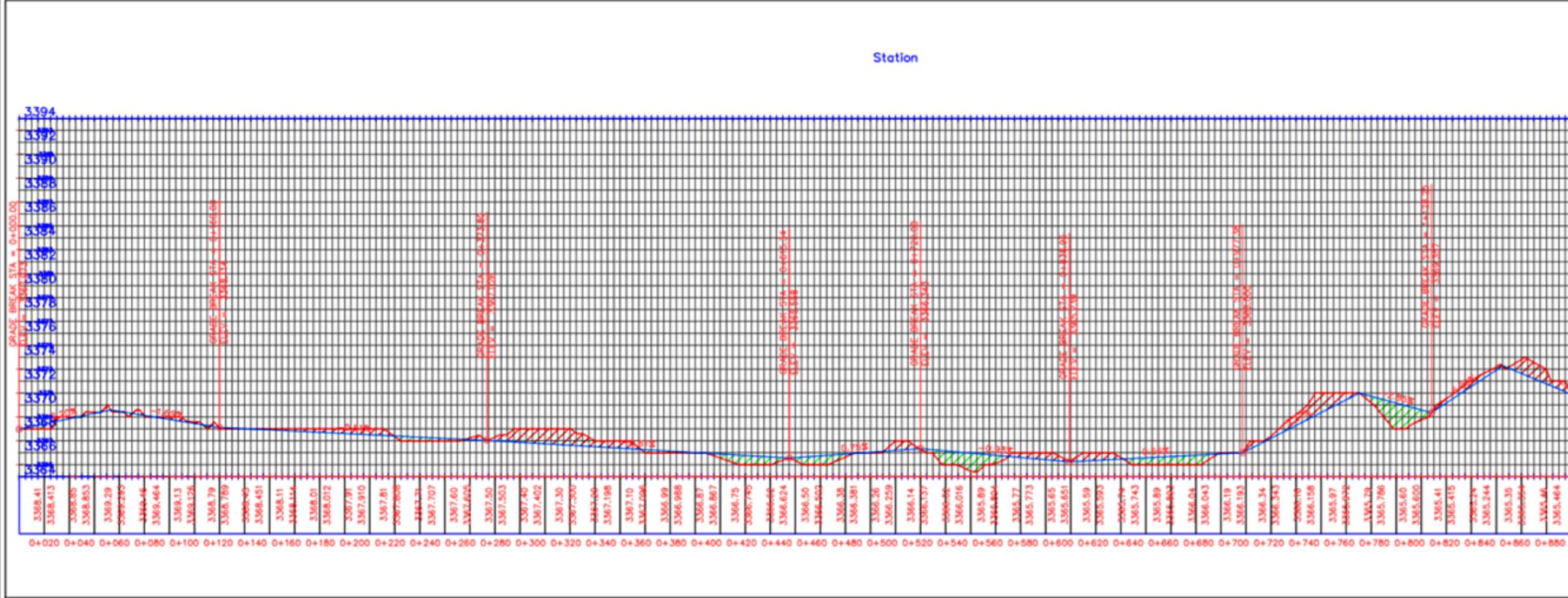
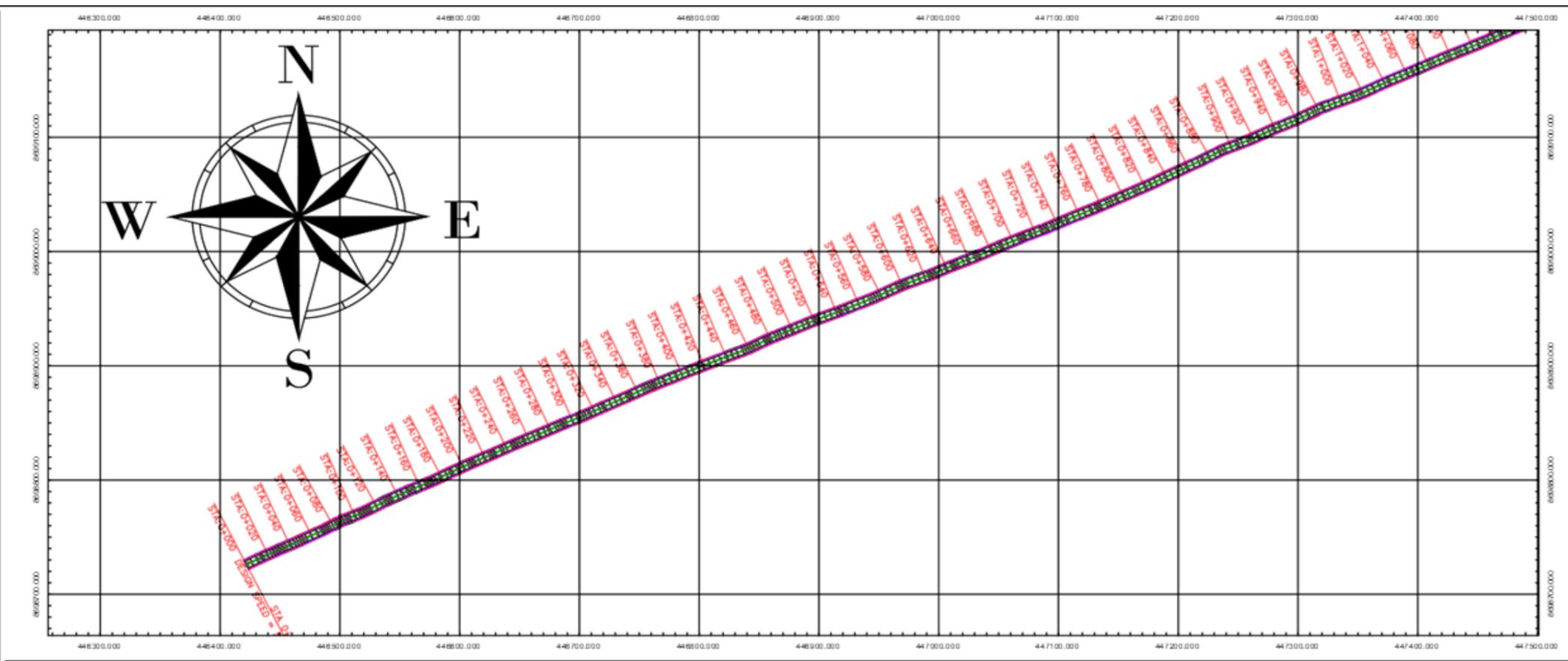
UBICACIÓN
REGION: JUNIN
PROVINCIA: JAUJA
DISTRITO: HUERTAS

JURADOS
PRIMER JURADO: DAVID RAMOS PIÑAS
SEGUNDO JURADO: NELFA AYUQUE ALMIDON
TERCER JURADO: HENRY PAUTRAT EGOAVIL

NOMBRE DE LAMINA:
PLANO GENERAL
CARACTERISTICA DE LAMINA:
PLANO DE PLANTA Y PERFIL

PROYECTO:
"PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL TRAMO JAUJA -HUERTAS SEGÚN LA NORMA DE DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2018"

LÁMINA:
CT-01





EUNIVERSIDA
DPERUANA
LOS ANDES

ASESOR:

JULIO PORRAS MAYTA

TESISTA:

MARTIN ROJAS CUNYAS

UBICACIÓN

REGION:

JUNIN

PROVINCIA:

JAUJA

DISTRITO:

HUERTAS

JURADOS

PRIMER JURADO:

DAVID RAMOS PIÑAS

SEGUNDO JURADO:

NELFA AYUQUE ALMIDON

TERCER JURADO:

HENRY PAUTRAT EGOAVIL

NOMBRE DE LAMINA:

PLANO GENERAL

CARACTERISTICA DE LAMINA:

SECCIONES TRANSVERSALES

PROYECTO:

"PROPUESTA DE
DISEÑO GEOMÉTRICO
DEL TRAMO JAUJA
-HUERTAS
SEGÚN LA NORMA
DE DISEÑO
GEOMÉTRICO
DG-2018"

LÁMINA:

ST-01

