



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**INFLUENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO Y EL ÍNDICE DE
RUGOSIDAD INTERNACIONAL, SOBRE LA SEGURIDAD VIAL
DE LA CARRETERA JULIACA PUNO TRAMO KM 1347+300 AL
KM 1353+300 HUERTA HUARAYA – PUNO.**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. BERNARDO ALEXANDER RAMOS PAREDES

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2023



NOMBRE DEL TRABAJO

INFLUENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO Y EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL, SOBRE LA SEGURIDAD VIAL DE LA CARRETERA JULIACA PUNO TRAMO KM 1347+300 AL KM 1353+300 HUERTA HUARAYA - PUNO

AUTOR

BERNARDO ALEXANDER RAMOS PAREDES

RECuento de palabras

36534 Words

RECuento de caracteres

172463 Characters

RECuento de páginas

178 Pages

Tamaño del archivo

8.4MB

Fecha de entrega

Jun 25, 2023 9:08 PM GMT-5

Fecha del informe

Jun 25, 2023 9:10 PM GMT-5

● **17% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base

- 17% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 7% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)


Ing. Samuel Huancayo Cáceres
DOCENTE UNIVERSITARIO
COD. UNA Nº 2007537


Ing. Emilio Castillo Aroni
DOCENTE UNIVERSITARIO
COD. UNA Nº 920514

Resumen



DEDICATORIA

La presente investigación se la dedico especialmente a Dios, a la vida, por haberme permitido llegar a esta etapa de mi vida, de la cual me siento satisfecho y orgulloso.

Dedico de manera especial a mis hermanos por su incondicional y constante apoyo; para así poder realizarme en este largo y difícil camino, por confiar y ayudarme en confiar en mí y en la vida.

A mi tía Marcelina y mi primo Christian, por el apoyo que me brindaron en una etapa importante de mi formación profesional.

Bernardo Alexander RAMOS PAREDES



AGRADECIMIENTOS

Mi más profundo agradecimiento a Dios, por la oportunidad de vida y darme sabiduría para culminar exitosamente este proyecto.

A los docentes la escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Altiplano; que contribuyeron en cada etapa de mi formación profesional.

A mi asesor Dr. Samuel Huaquisto Cáceres, por haberme guiado y aportado conocimientos y experiencia profesional.

A la Policía Nacional del Perú (X MACREPOL PUNO), a la empresa Concesionaria Vial del Sur S.A. (COVISUR S.A.), por haberme brindado toda información solicitada.

Gracias de manera general a todas aquellas personas que me brindaron su apoyo y colaboración desinteresada.

Bernardo Alexander RAMOS PAREDES



INDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

INDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 15

ABSTRACT..... 16

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 19

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 22

1.2.1. Problema General 22

1.2.2. Problemas Específicos 22

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN 22

1.3.1. Hipótesis General..... 22

1.3.2. Hipótesis Específicas 23

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO..... 23

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... 24

1.5.1. Objetivo General..... 24

1.5.2. Objetivos Específicos 24

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MARCO TEÓRICO 32



| | |
|---|----|
| 2.1.1. Clasificación de la Carreteras | 32 |
| 2.1.2. Velocidad de Diseño | 35 |
| 2.1.3. Diseño Geométrico De Vía..... | 41 |
| 2.1.4. Índice de Rugosidad Internacional (International Roughness Index - IRI) .. | 67 |

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

| | |
|---|-----------|
| 3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO | 74 |
| 3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO | 74 |
| 3.3. PROCEDENCIA DEL MATERIAL UTILIZADO..... | 75 |
| 3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO | 75 |
| 3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO | 75 |
| 3.6. PROCEDIMIENTO | 76 |
| 3.7. VARIABLES | 76 |
| 3.8. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS..... | 77 |
| 3.8.1. Tráfico Vehicular (<i>IMDA</i>) | 77 |
| 3.8.2. Topografía..... | 79 |
| 3.8.3. Determinación del índice de rugosidad internacional empleando el rugosímetro Merlín. | 90 |
| 3.8.4. Accidente de tránsito. | 99 |

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

| | |
|---|------------|
| 4.1. RESULTADOS | 102 |
| 4.1.1. Accidentalidad | 102 |
| 4.1.2. Análisis del Diseño Geométrico Existente | 104 |
| 4.2. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS..... | 144 |



| | |
|---|------------|
| 4.2.1. Accidentes de Tránsito..... | 144 |
| 4.2.2. Volumen de Tránsito | 145 |
| 4.2.3. Análisis de Diseño Geométrico | 145 |
| 4.2.4. Análisis del Índice de Rugosidad Internacional | 147 |
| 4.2.5. Análisis final de resultados | 147 |
| 4.3. COMPROBACIÓN DE LAS HIPÓTESIS | 156 |
| 4.4. PROPUESTA DE RESULTADO..... | 157 |
| 4.4.1. Propuesta de diseño geométrico | 158 |
| 4.4.2. Propuesta económica para su ejecución..... | 169 |
| V. CONCLUSIONES..... | 171 |
| VI. RECOMENDACIONES | 173 |
| VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 174 |
| ANEXOS..... | 179 |

ÁREA: Transportes

TEMA: Causas de los accidentes de tránsito

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Transportes y gestión vial

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 14 de julio del 2023



ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 Ranking Sub índices del Pilar de la Infraestructura de la Calidad (Perú) The Global Competitiveness Index 2018 Rankings | 20 |
| Figura 2 Índice de Calidad en los modos de transporte sobre una escala de 1 a 7 | 21 |
| Figura 3 Resultado gráfico de connected pepers | 25 |
| Figura 4 Simbología de la curva circular | 45 |
| Figura 5 Tipos de curvas verticales convexas y cóncavas..... | 53 |
| Figura 6 Tipos de curvas verticales asimétricas | 54 |
| Figura 7 Long. mínima de curva vertical convexa con distancias de visibilidad de parada | 55 |
| Figura 8 Long. mínima de curva vertical convexa con distancias de visibilidad de parada | 55 |
| Figura 9 Long. mínima de curvas verticales convexas con distancias de visibilidad de paso..... | 56 |
| Figura 10 Long. mínima de curvas verticales convexas con distancias de visibilidad de paso..... | 57 |
| Figura 11 Longitudes mínimas de curvas verticales cóncavas | 58 |
| Figura 12 Longitudes mínimas de curvas verticales cóncavas | 58 |
| Figura 13 Distancia de visibilidad de paso (Da)..... | 60 |
| Figura 14 Peralte en cruce de áreas urbanas | 63 |
| Figura 15 Peralte en zona rural (Tipo 1, 2 ó 3)..... | 64 |
| Figura 16 Peralte en zona rural (Tipo 3 ó 4)..... | 64 |
| Figura 17 Peralte en zonas con peligro de hielo | 65 |
| Figura 18 Escala de Regularidad para Pavimentos..... | 69 |
| Figura 19 Esquema del Rugosímetro MERLIN | 71 |



| | |
|--|-----|
| Figura 20 Mapa vial del Perú..... | 74 |
| Figura 21 Tráfico Vehicular IMDA por Tipo de Vehículo (veh/día)..... | 78 |
| Figura 22 Conteo Vehicular por Tipo de vehículo. | 79 |
| Figura 23 Puntos de Control en la Ruta de Estudio desde la Progresiva Km 1347+300 al 1349+540..... | 81 |
| Figura 24 Puntos de Control en la Ruta de Estudio desde la Progresiva Km 1349+540 al 1350+480..... | 81 |
| Figura 25 Puntos de Control en la Ruta de Estudio desde la Progresiva Km 1350+480 al 1352+170..... | 82 |
| Figura 26 Puntos de Control en la Ruta de Estudio desde la Progresiva Km 1352+170 al 1353+300..... | 82 |
| Figura 27 Recolección de Información Topográfica en el Tramo de Estudio. | 83 |
| Figura 28 Mosaico de Fotos | 84 |
| Figura 29 Clasificación de la Superficie por Pendientes | 85 |
| Figura 30 Pendientes Transversales para Diferentes Tramos de la Vía. | 86 |
| Figura 31 Pendientes Transversales para Diferentes Tramos de la Vía. | 87 |
| Figura 32 Delimitación de Tramos por Tipo de Orografía..... | 88 |
| Figura 33 Medición de Rugosidad con el Equipo MERLIN | 91 |
| Figura 34 Formato para Recolección de Datos del IRI en Campo | 92 |
| Figura 35 Configuración de tablero del MERLIN..... | 94 |
| Figura 36 Histograma de la distribución de frecuencias. | 95 |
| Figura 37 Ubicación de los Accidentes en el Tramo de Estudio..... | 103 |
| Figura 38 Accidentes por año | 103 |
| Figura 39 Porcentajes por tipos de accidente | 104 |
| Figura 40 Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 2..... | 110 |



| | | |
|------------------|--|-----|
| Figura 41 | Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 3..... | 111 |
| Figura 42 | Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 4..... | 112 |
| Figura 43 | Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 5..... | 113 |
| Figura 44 | Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 6..... | 114 |
| Figura 45 | Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 7..... | 115 |
| Figura 46 | Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 8..... | 116 |
| Figura 47 | Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 9..... | 117 |
| Figura 48 | Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 10..... | 118 |
| Figura 49 | Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 11..... | 119 |
| Figura 50 | Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 12..... | 120 |
| Figura 51 | Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 13..... | 121 |
| Figura 52 | Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 14..... | 122 |
| Figura 53 | Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 15..... | 123 |
| Figura 54 | Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 16..... | 124 |
| Figura 55 | Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 17..... | 125 |
| Figura 56 | Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 18..... | 126 |
| Figura 57 | Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 19..... | 127 |
| Figura 58 | Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 20..... | 128 |
| Figura 59 | Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 21..... | 129 |
| Figura 60 | Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 22..... | 130 |
| Figura 61 | Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 23..... | 131 |
| Figura 62 | Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 24..... | 132 |
| Figura 63 | Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 25..... | 133 |
| Figura 64 | Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 26..... | 134 |
| Figura 65 | Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 27..... | 135 |



| | |
|--|-----|
| Figura 66 Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 28..... | 136 |
| Figura 67 Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 29..... | 137 |
| Figura 68 Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 30..... | 138 |
| Figura 69 Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 31..... | 139 |
| Figura 70 Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 32..... | 140 |
| Figura 71 Pendiente Longitudinal del Km 1347+300 al Km 1353+300 | 141 |
| Figura 72 Elementos de curva circular a diseñar | 160 |
| Figura 73 Alineamiento de las Tangentes | 161 |
| Figura 74 Representación geométrica del alineamiento de la vía propuesta..... | 162 |
| Figura 75 Longitudes de Transición de Peralte. | 166 |



ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Clasificación de Carreteras por Demanda | 34 |
| Tabla 2 Clasificación de Carreteras por Orografía | 35 |
| Tabla 3 Longitudes mínimas para cambios de velocidad | 35 |
| Tabla 4 Rangos de la Velocidad de Diseño en un tramo homogéneo | 37 |
| Tabla 5 Velocidades de marcha teóricas..... | 38 |
| Tabla 6 Ecuaciones de Fitzpatrick para la estimación de velocidades de operación..... | 39 |
| Tabla 7 Valores de velocidades máximas de operación | 40 |
| Tabla 8 Longitud mínima de Curva (L)..... | 42 |
| Tabla 9 Deflexión máxima aceptable sin curva circular..... | 43 |
| Tabla 10 Longitudes de tramos en tangente | 44 |
| Tabla 11 Radios mínimos y peraltes máximos | 47 |
| Tabla 12 Variación de la aceleración transversal por unidad de tiempo | 48 |
| Tabla 13 Radios circulares límites que permiten prescindir de la curva de transición.. | 50 |
| Tabla 14 Pendientes máximas (%)..... | 52 |
| Tabla 15 Distancia de visibilidad de parada (Dp) con relación a la Pendiente en % | 59 |
| Tabla 16 Anchos mínimos de calzada en tangente | 61 |
| Tabla 17 Anchos mínimos de berma | 62 |
| Tabla 18 Valores del bombeo de la calzada..... | 62 |
| Tabla 19 Valores de radio a partir de los cuales no es necesario peralte..... | 65 |
| Tabla 20 Valores de peralte máximo | 65 |
| Tabla 21 Peralte mínimo | 66 |
| Tabla 22 Proporción del peralte (p) a desarrollar en tangente | 66 |
| Tabla 23 Valores referenciales para taludes en corte (Relación H:V)..... | 67 |
| Tabla 24 Taludes referenciales en zonas de relleno (terraplenes) | 67 |



| | |
|---|-----|
| Tabla 25 Rugosidad Inicial IRI (m/km) Según Tipo de Carretera..... | 70 |
| Tabla 26 Tráfico Vehicular IMDA por Tipo de Vehículo (veh/día) | 77 |
| Tabla 27 Coordenadas Puntos de Control Topográfico UTM WGS-84..... | 79 |
| Tabla 28 Porcentaje de orografía en el tramo de estudio..... | 85 |
| Tabla 29 Resumen de Pendientes Calculadas. | 88 |
| Tabla 30 Promedio de las Mediciones de Velocidades..... | 89 |
| Tabla 31 Percentil 85 de las Mediciones de Velocidades en (km/h) | 90 |
| Tabla 32 Resumen del Ensayo de Rugosidad | 99 |
| Tabla 33 Resumen del Ensayo de Rugosidad | 100 |
| Tabla 34 Parámetros de Diseño Establecido por MTC en el Contrato de Concesión . | 105 |
| Tabla 35 Elementos de curva de la vía actual | 108 |
| Tabla 36 Datos de los Elementos de Curvas Verticales | 142 |
| Tabla 37 Distancia de Parada de Ida y Vuelta | 143 |
| Tabla 38 Resumen de Accidentes de Tránsito por Año..... | 144 |
| Tabla 39 Resumen de accidente de tránsito por progresiva..... | 144 |
| Tabla 40 Resumen de cumplimiento a la norma DG-2018..... | 146 |
| Tabla 41 Resumen de cumplimiento a la Manual de Carreteras, Suelo, Geología y Pavimentos. | 147 |
| Tabla 42 Resumen de Resultados y Análisis | 148 |
| Tabla 43 Resumen de Datos para el Diseño Geométrico Propuesto | 167 |
| Tabla 44 Resumen de Datos Para el Diseño Geométrico en Perfil Propuesto..... | 169 |
| Tabla 45 Resumen del Presupuesto Planteado..... | 170 |



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

- **AASHTO:** American Association of State Highway and Transportation Officials.
- **AASHTO:** Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transportes.
- **IMDA:** índice Medio Diario Anual.
- **IRI:** International Roughness Index.
- **IRI:** Índice de Rugosidad Internacional.
- **MERLIN:** Machine for Evaluating Roudhness using Low –cost Instrumentation.
- **MTC:** Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- **TCA:** Tramos de concentración de accidentes.
- **WGS-84:** World Geodetic System 1984 (Sistema geodésico mundial 1984)
- **UTM:** Universal Transversal De Mercator
- **V85 o P85:** Percentil 85 de velocidad



RESUMEN

El departamento de Puno tiene una de las vías terrestres binacional, el Corredor Vial Interoceánico Sur Perú – Brasil (Tramo N° 5) y parte de este tramo es la carretera Juliaca-Puno, en donde de acuerdo a los estudios, estadísticas y reportes policiales existe un tramo en donde se concentra la mayor cantidad de accidentes de tránsito, por lo cual la presente investigación tiene por objetivo determinar la influencia del diseño geométrico y el índice de rugosidad internacional sobre la seguridad vial de la carretera Juliaca – Puno, tramo Km 1347+300 al Km 1353+300 – Huerta Huaraya – Puno, con un enfoque de investigación cuantitativo, de nivel explicativo cuasi experimental. Para lo cual se realizó un estudio de volumen de tránsito a través de datos primarios y secundarios, además del levantamiento topográfico de todo el tramo de estudio y así se pudo determinar el diseño geométrico de la vía, para luego realizar una comparación con la información plasmada en el Manual de Diseño Geométrico para Carreteras MTC (2018), paralelamente se realizó estudios sobre la calidad de la superficie de rodadura de la vía mediante el índice de rugosidad internacional utilizando el equipo “Rugosímetro de Merlín”. De donde se llegó que el IMDA supera lo establecido por el MTC (2018), las velocidades de operación superan ampliamente a la velocidad de diseño, así mismo los parámetros de diseño geométrico se cumple para: radios en 83,87%, longitud de curva en 3,23%, longitud de tramo en tangente en 46,21% y para elementos en sección transversal no se cumple en un 100%. Finalmente se determinó la relación que existe entre las características geométricas determinadas y el IRI con el índice de accidentes de tránsito.

Palabras clave: Seguridad vial, diseño geométrico, velocidad de diseño, índice de rugosidad internacional.



ABSTRACT

The department of Puno has one of the binational land routes, the South Peru-Brazil Interoceanic Road Corridor (Section No. 5) and part of this section is the Juliaca-Puno highway, where according to studies, statistics, and police reports there is a section where the greatest number of traffic accidents is concentrated, for which the present investigation aims to determine the influence of the geometric design and the international roughness index on the road safety of the Juliaca - Puno highway, section Km 1347 +300 to Km 1353+300 – Huerta Huaraya – Puno, with a quantitative research approach, of a quasi-experimental explanatory level. For which a traffic volume study was carried out through primary and secondary data, in addition to the topographic survey of the entire study section and thus the geometric design of the road could be determined, to then make a comparison with the information captured. In the Geometric Design Manual for MTC Highways (2018), in parallel, studies were carried out on the quality of the road surface through the international roughness index using the "Merlin Roughness Meter" equipment. From where it was concluded that the IMDA exceeds what is established by the MTC (2018), the operating speed far exceeds the design speed, likewise the geometric design parameters are met for: 83.87% radii, curve length in 3.23%, length of section in tangent in 46.21% and for elements in cross section it is not fulfilled in 100%. Finally, the relationship between the determined geometric characteristics and the IRI with the rate of traffic accidents was determined.

Keywords: Road safety, geometric design, design speed, international roughness index.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Para el Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC (2008), los caminos, son vías terrestres, en la cual, se da el tránsito de vehículos que pueden ser motorizados o no, peatones y animales, no estando incluido en este concepto las vías férreas. Estos caminos, permiten el desarrollo de las naciones, pues se logra el ciclo económico, donde los agentes económicos, como son familias, gobierno y organizaciones se mueven entre los mercados laboral, de bienes, de servicios y de capital, para lograr satisfacer sus necesidades, Manrique y Revollar (2012), ese movimiento es de personas que se da los 365 días del año; se indica que los primeros caminos de alto impacto fueron los romanos, y permitían que los pueblos se conecten , sin embargo, el día de hoy, los caminos permiten que el flujo económico se facilite, pues se aproximan, productores, ofertantes y demandantes. Para la Agencia Central de Inteligencia, de los Estados Unidos, al 2018, se tenía en el Mundo, alrededor de 64 285,009 Km de carreteras construidas. Agencia Central de Inteligencia de Estados Unidos (2018). Para el Perú, según el MTC (2015), se proyectó al 2016 un total de 20 235 Km de carreteras, que componen la red vial terrestre. A lo largo de estos kilómetros, es que se aprecia siempre el traslado de las personas. Cuando se da un accidente en los caminos, con consecuencias fatales, es que reconoce que la vida es invaluable; en los registros presentados por el MTC (2022), señaló que, durante los primeros ocho meses del año 2022, se dieron 55 697 accidentes, donde fallecieron 2 147 personas. Los caminos, pueden ser el mudo testigo de accidentes, con personas heridas o fallecidas. Puede darse el caso que las personas que transitan por estos caminos, que son parte de la red vial del país, lo hacen sobre vías cuyas características geométricas y la calidad de su superficie de rodadura, influye negativamente en la



seguridad vial. En la vía Juliaca Puno, en el tramo que va desde el Km 1347+300 al Km 1353+300, se da el tránsito de personas, por lo que el planteamiento del problema fue el determinar si existe una influencia del diseño geométrico y el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) sobre la seguridad vial de las personas que transitan en ese tramo. Si bien es cierto, la sugerencia mundial y la normativa nacional, establecen diferentes características y excepciones en la construcción de carreteras, se justificó el desarrollo del presente trabajo, pues al encontrarse un resultado no favorable, se brindó sugerencias, que permitieran disminuir el riesgo que se presenta en este tramo, que puede ser tomado como modelo para otros tramos, donde se presente una circunstancia similar, pues las vidas, como se indicó, son invaluable. Esto permitió establecer como objetivo el determinar la influencia del diseño geométrico y el Índice de Rugosidad Internacional sobre la vía sobre la seguridad vial de la carretera Juliaca-Puno, tramo Km 1347+300 al Km 1353+300 - Huerta Huaraya – Puno, para lo cual se evaluó las características geométricas de la vía tanto en planta, perfil y secciones transversales, y el estado de la superficie de rodadura de la vía de acuerdo al Índice de regularidad internacional. Por ello es que se planteó la hipótesis que las características geométricas y la calidad de la superficie de rodadura de la vía Juliaca Puno, tramo Km 1347+300 al Km 1353+300, influyen en forma negativa sobre la seguridad vial.

El trabajo de investigación se presentó en cinco capítulos, en el primero, se aprecia las generalidades, que guiaron el desarrollo de la investigación, seguido del capítulo segundo, que muestra la revisión literaria, mientras que, en el capítulo tercero, se muestra lo relacionado con la metodología, en el capítulo cuarto se muestra y discute los resultados y para en el último capítulo se muestra las conclusiones y recomendaciones respectivas.



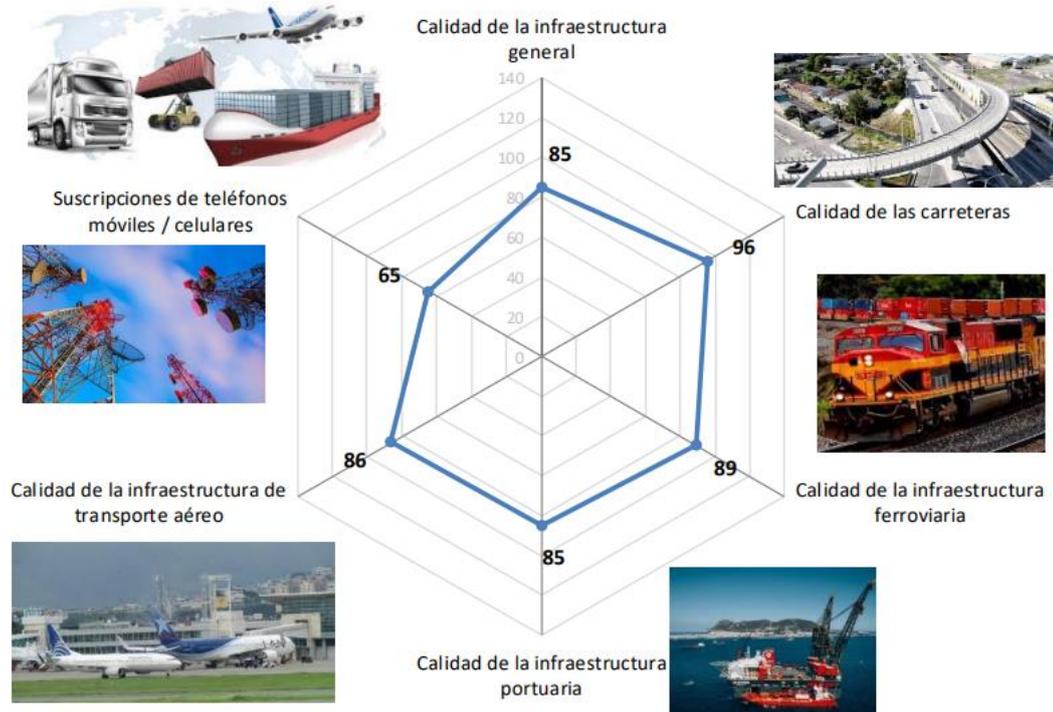
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La región de Puno, ubicada al sur del Perú, tiene 1 172 697 habitantes, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2018), siendo su mayor concentración de población en la provincia de San Román, con 307 417 personas. Se registró un crecimiento poblacional intercensal del 2007 al 2017, de 2.5% en promedio anual, siendo menor en zonas como la Chucuito, cuya población disminuye de 126 259 personas a 89 002, del 2007 al 2017. Estas cifras permiten reconocer que las personas que usan los caminos, son cada vez más, por lo menos en la provincia de San Román como la principal. El Ministerio de Transportes y Comunicaciones es el ente rector de estas vías terrestres que usan las personas, en su Plan Estratégico Sectorial Multianual 2018-2026 (PESEM 2018-2026), (MTC, 2022) se apreció que en los últimos años Puno ha registrado un aumento importante de la Red Vial Pavimentada, siendo de 1 676 Km. También se apreció que, por la insuficiente inversión en infraestructura, los departamentos de la Sierra y la Selva sean menos competitivos con los de la Costa, por lo que Provías Nacional planteó la meta de culminar el 100% del pavimentado de la Longitudinal de la Sierra, siendo Puno parte de la Red Vial Nacional pavimentada en buen estado con solución definitiva con 1 235,7 Km. En este mismo documento, se apreció también que el sector es pilar fundamental de la competitividad, identificando a la infraestructura como el 2° pilar de requisitos básicos y este mantiene indicadores de calidad de la infraestructura general y calidad de las carreteras

Las carreteras son fundamentales para el desarrollo de las poblaciones, en el caso de Perú, se aprecia en la figura 1:

Figura 1

Ranking Sub índices del Pilar de la Infraestructura de la Calidad (Perú) The Global Competitiveness Index 2018 Rankings

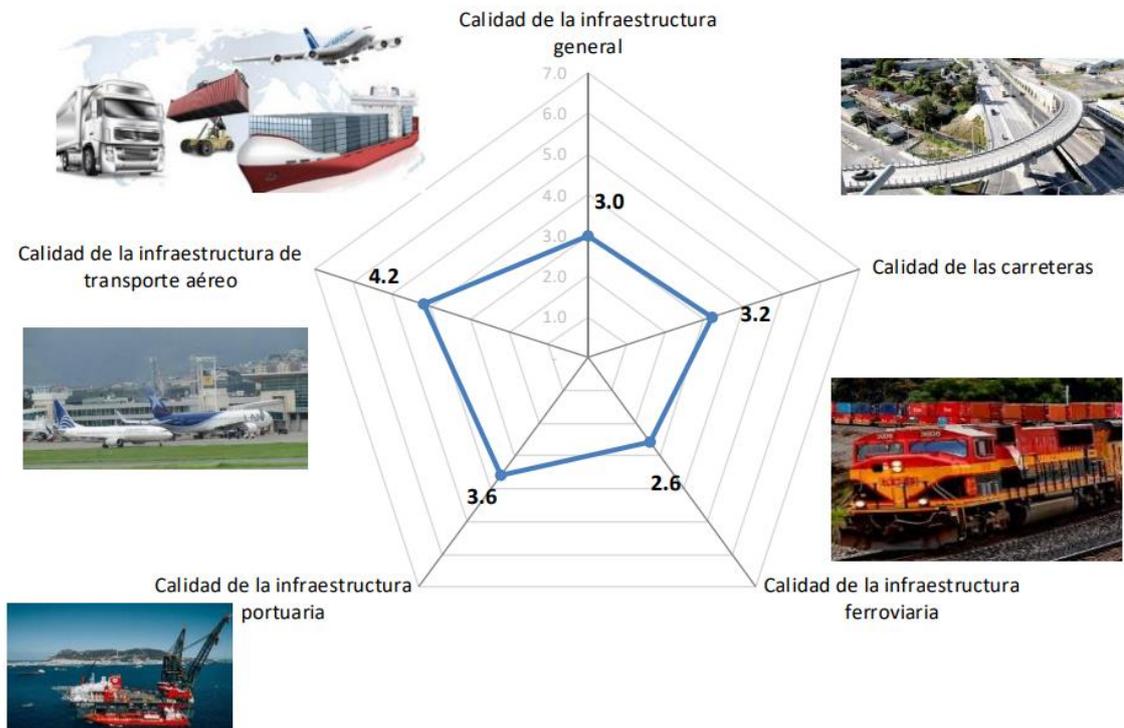


Nota. El grafico muestra el ranking mundial sobre 140 países en el pilar de infraestructura, MTC (2022)

En el Perú, la calidad de infraestructura en general ocupa el puesto 85 sobre 140 según el informe mostrado, la calidad de carreteras ocupa el puesto 96/140, para completar esta información se tomó en cuenta lo indicado en la figura 2.

Figura 2

Índice de Calidad en los modos de transporte sobre una escala de 1 a 7



Nota. El gráfico muestra el índice de modos de transporte en el Perú, MTC (2022)

La calidad de transporte en las carreteras obtuvo 3,2/7 puntos. Entonces, las personas de Puno, usan las carreteras, las mismas que permiten el desarrollo de las poblaciones por la competitividad que se da y estas carreteras, que son regentadas por el MTC, tienen una calidad de 96/100 y los modos de transporte que se da por ellas logra estar por debajo de la mediana de 7, con un 3,2 de calificación. Parte de estas carreteras es la que se da de Juliaca-Puno, tramo Km 1347+300 al Km 1353+300 - Huerta Huaraya – Puno, y con una construcción que supera los 20 años y que se da en concesión por el año 2007, lo que se presenta como problema, es que si esa construcción cumple con las características mencionadas en la normativa peruana y con las sugerencias internacionales, además de saber si el cómo está construida, ahora es una influencia negativa en la seguridad de las personas que la usan, pues las vida son invaluable y se



puede desarrollar propuestas que reviertan los resultados de ser desfavorables o mejorables.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema General

¿Existe una influencia del diseño geométrico y del índice de rugosidad internacional sobre la seguridad vial de la carretera Juliaca Puno tramo km 1347+300 al km 1353+300 Huerta Huaraya – Puno?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿El volumen de tránsito de la vía carretera Juliaca Puno tramo km 1347+300 al km 1353+300 Huerta Huaraya – Puno es superior al proyectado?
- ¿Existe diferencia entre el diseño geométrico actual de la vía Juliaca-Puno Km 1347+300 al Km 1353+300 y el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú?
- ¿De acuerdo a la escala de regularidad para pavimentos, es deficiente el índice de rugosidad internacional en carretera Juliaca Puno tramo km 1347+300 al km 1353+300 Huerta Huaraya – Puno?

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Hipótesis General

Si existe una influencia del diseño geométrico y del índice de rugosidad internacional sobre la seguridad vial de la carretera Juliaca Puno tramo km 1347+300 al km 1353+300 Huerta Huaraya – Puno.



1.3.2. Hipótesis Específicas

- El volumen de tránsito de la vía carretera Juliaca Puno tramo km 1347+300 al km 1353+300 Huerta Huaraya – Puno es superior al proyectado.
- Si existe diferencia entre el diseño geométrico actual de la vía Juliaca-Puno Km 1347+300 al Km 1353+300 y el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú.
- De acuerdo a la escala de regularidad para pavimentos, es deficiente el índice de rugosidad internacional en carretera Juliaca Puno tramo km 1347+300 al km 1353+300 Huerta Huaraya – Puno

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Las carreteras, son empleadas todos los días, no solo por acercar a las personas en sus poblaciones, sino principalmente por la competitividad que da estas al desarrollo social de las personas. La justificación social del presente trabajo, radica en determinar la seguridad vial que puedan tener las personas que usan el tramo km 1347+300 al km 1353+300 Huerta Huaraya - Puno, pues esta carretera fue construida en el año XX y puede ser que no esté acorde con la normativa actual existente y esto permitiría establecer recomendaciones que pueden ser implementadas en otros puntos de la red vial del Perú, donde se presente similar situación. Se justificó en lo académico, porque los resultados conforman parte de los estados del arte, que son escasos en este tipo de tema, para la continuidad de la línea de investigación identificada. La justificación económica, se planteó desde lo invaluable que es la vida de las personas, los destrozos de los vehículos siniestrados y los gastos adicionales que se requieren para atender accidentes de tránsito. Entonces la justificación del presente trabajo se encontró en que los resultados pueden ser



empleados con referencia para continuidad de investigación y aplicados en otros trabajos de la red vial de Perú.

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar si existe una influencia del diseño geométrico y del índice de rugosidad internacional sobre la seguridad vial de la carretera Juliaca Puno tramo km 1347+300 al km 1353+300 Huerta Huaraya – Puno

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

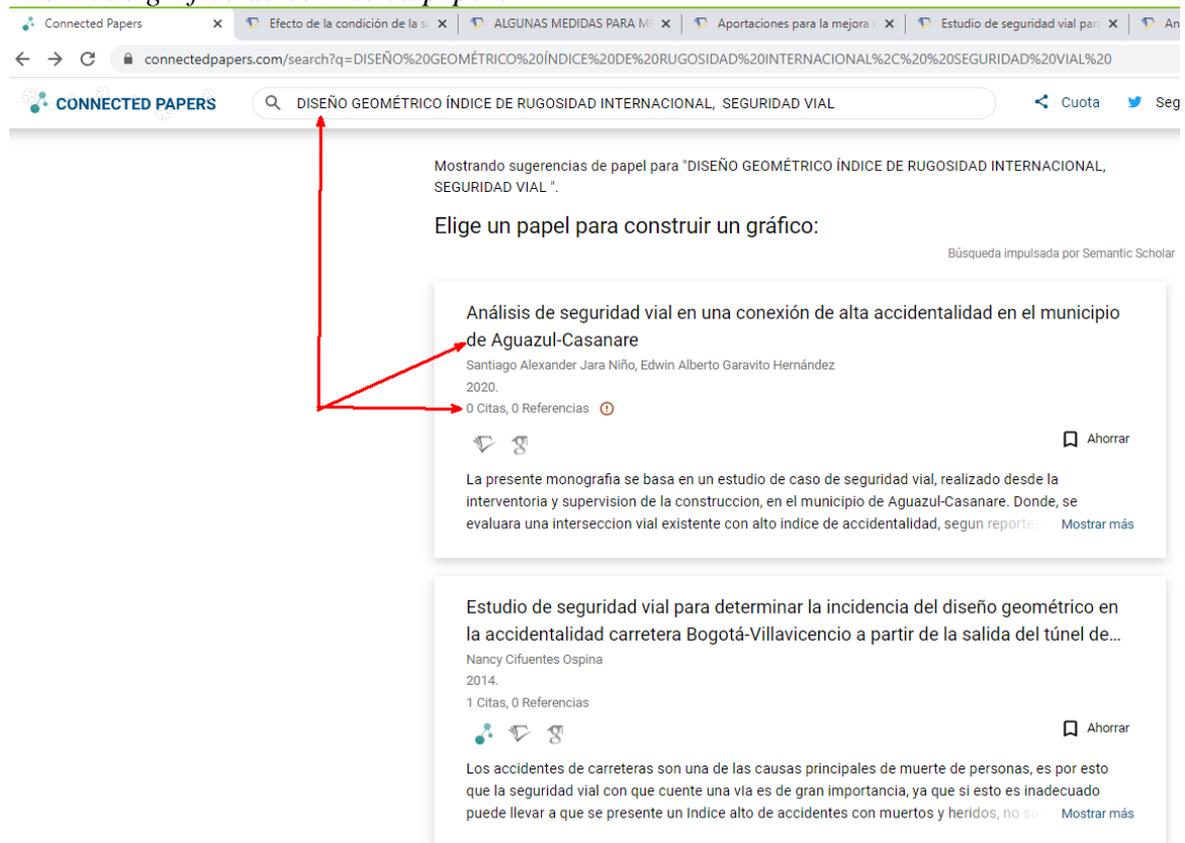
- Analizar si el volumen de tránsito de la vía carretera Juliaca Puno tramo km 1347+300 al km 1353+300 Huerta Huaraya – Puno es superior al proyectado.
- Determinar si existe diferencia entre el diseño geométrico actual de la vía Juliaca-Puno Km 1347+300 al Km 1353+300 y el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú.
- Determinar si de acuerdo con la escala de regularidad para pavimentos, el índice de rugosidad internacional es deficiente en carretera Juliaca Puno tramo km 1347+300 al km 1353+300 Huerta Huaraya – Puno.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

Para el caso de la revisión bibliográfica, identificada como estado del arte, se presentó la cadena de búsqueda: diseño geométrico índice de rugosidad internacional seguridad vial, en el connected papers, que mostró 11 resultados. Como se ve en la figura 3, no se puede determinar una gráfica de antecedentes anteriores o posteriores a pesar de ser del año 2020.

Figura 3
Resultado gráfico de connected papers



Nota. La imagen muestra los resultados para la cadena de búsqueda “diseño geométrico índice de rugosidad internacional seguridad vial”

De estos resultados los tres internacionales que tienen relación con el tema fueron:



Jara y Mestre (2020), en su tesis que les permitió el título de Especialista en Interventoría y Supervisión de la Construcción, de la Universidad Santo Tomas de Bogotá, titulada: Análisis de seguridad vial en una intersección de alta accidentalidad en el municipio de Aguazul-Casanare: plantearon la revisión del tramo de la carretera con la normativa vigente y poder determinar si existe diferencia entre lo hecho y lo exigido. Sus resultados permitieron concluir que el diseño geométrico de la intersección si cumple con los principales parámetros Normativos, plasmado en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras INVIAS (2008), por lo que no era necesario modificaciones constructivas, ni ampliaciones o la construcción de elementos adicionales, por lo que no se da un riesgo alto que ocasionen accidentes, solo se apreció un desgaste superficial, propio al uso de la carretera. La señalética, debe actualizarse a la normativa existente, tomando en consideración las velocidades máximas y mínimas. Por eso es que plantearon una propuesta, para reducir los riesgos, relacionado con la señalética.

Cifuentes (2014), presentó su tesis doctoral intitulada: Estudio de seguridad vial para determinar la incidencia del diseño geométrico en la accidentalidad carretera Bogotá-Villavicencio a partir de la salida del túnel de Boquerón a puente Quetame, de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, planteó la relación entre el diseño geométrico y los accidentes que se presentan en un tramo de la carretera. Revisó la normativa vigente y comparó con lo encontrado en el tramo, esto le permitió concluir que, al ser la vía de una sola calzada, con tránsito bidireccional, el riesgo vial siempre existirá, pues tiene un TPD >5000 , siendo mayor el riesgo de choque frontal. La vía presentó inconsistencia en las curvas de radio pequeño ubicadas a una distancia corta distancia de la finalización de curvas de radio grande. Por los 830 accidentes registrados entre el 2010 y 2012, se tiene un total de 276,66 accidentes en promedio por año, siendo el de mayor incidencia el que se ubica en Chipaque y Caqueza en el sentido Bogotá- Villavicencio.



La sugerencia que plantea el autor, es mejorar la señalización, y dar controles periódicos a la velocidad que se presenta en la zona, para reducir el riesgo de accidentes. Al mismo tiempo, señaló que en los accidentes detectados no identifica la causa de los mismos, por lo que no puede dar mayores recomendaciones. Indicó que la geometría de la ruta en etapa de diseño en los tramos estudiados presenta riesgos de accidentalidad por los taludes de corte empinados los cuales se deben diseñar con criterios de seguridad para que los vehículos sean encausados nuevamente en el momento de un accidente. En cuanto al diseño geométrico la vía está diseñada con arreglos espiral - circular – espiral, lo que minimiza las longitudes de entre tangencia. En los diseños transversales no se identifican zonas despejadas, ni zona de servicios para la instalación señalización, ductos y postes de SOS. Para terminar, insiste en que debe evaluarse la relación del diseño geométrico en la accidentalidad de una carretera, para la construcción de proyectos y lograr infraestructuras más seguras.

Chavarria et al. (1996) en su artículo publicado en el Instituto Mexicano del Transporte, con el título: Algunas medidas para mejorar la seguridad vial en las carreteras nacionales, analizaron la situación de seguridad vial en la red Federal de México, determinando que los accidentes, mantienen diferentes consecuencias económicas, sociales y políticas. Su trabajo, presentado en foros internacionales, relacionó la infraestructura con las responsabilidades de política pública. Concluyen que a corto plazo, se tiene que establecer criterios para asignar los niveles de riesgo que se dan en puntos donde se presentaron accidentes, con la intervención de instrumentos diseñados para ello, y modificar las velocidades en dichos puntos, mejorando los tiempos en los que los servicios públicos de carga y pasajeros puedan transitar.

En el caso de los trabajos nacionales se encontraron los siguientes:



Briones (2017) con la tesis que le permitió el título de ingeniero civil, denominada: Incidencia de la geometría en la seguridad vial de la Avenida Héroes del Cenepa, Cajamarca, planteo como objetivo determinar la incidencia de la geometría en la seguridad vial de la avenida Héroes del Cenepa, Cajamarca, por lo cual concluye que:

El análisis que el autor realizó determinó que, tanto las brechas como el ancho de las calzadas, en su totalidad (100%), están fuera de lo exigido por la norma, así también concluye que un 22.96% del bombeo cumple con lo establecido en la normativa y por último, para la pendiente longitudinal, llega a comprobar que un 42,86% no cumplió con lo que señaló la normativa. Además, se pudo apreciar en la tesis, que la metodología aplicada con relación a la seguridad sustantiva, fue buscar información de siniestralidad, proveniente de los registros de serenazgo de Cajamarca; esta información permitió ver que 32 accidentes de tránsito se presentaron en el período del 2011 al 2017. Esta información, permitió el análisis de las causas que provocaron estos siniestros, y se determinó que: el ancho de calzada, la pendiente, el exceso de velocidad, la imprudencia (factor humano), la falta de señales de tránsito y el pavimento en mal estado son las causas que provocaron estos siniestros. La contrastación de los resultados para lograr el objetivo principal y que se planteó en la conclusión fue que la geometría que se presenta en la avenida Héroes del Cenepa tuvo una incidencia del 78.00% en la seguridad vial y el 22.00% restante a otros factores.

Para Diaz (2021) en su investigación que le permitió lograr su título profesional de ingeniero civil, en su trabajo titulado: Análisis de la influencia del diseño geométrico en los accidentes de tránsito de la carretera Chiclayo-Chongoyape en los años 2015-2019, planteó como objetivo, analizar la influencia que el diseño geométrico puede tener en el



índice de accidentes que se presentan en la carretera Chiclayo – Chogoyape, concluyendo con lo siguiente:

Que la Carretera Chiclayo – Chogoyape, con extensión del estudio hasta el distrito de Llama, se presentaron un total de 508 accidentes entre los años 2015-2019, en los cuales, resultaron heridas un aproximado de 373 personas y fallecieron un aproximado de 12 personas. Además, el autor concluye que el radio mínimo de las curvas es cumplido en un 94% y basado en las verificaciones de los parámetros geométricos de la Carretera de estudio, en función de la normativa empleada en su momento para el diseño geométrico y la normativa actualizada, se establece que el diseño geométrico de la Carretera Chiclayo-Chongoyape, con extensión del estudio hasta el distrito de Llama, no influye de forma significativa en los accidentes ocurridos en la misma, lo cual daría a entender que el factor humano es el que predomina en la causalidad de los accidentes.

Para Córdova (2019), en su trabajo para optar el grado de ingeniero civil, titulado: Evaluación de las características geométricas del camino vecinal cruce Tamborillo, caserío Huaranguillo, El Faique Santa Fé, distrito de San José del Alto, provincia de Jaén-Cajamarca, de acuerdo con las normas de diseño geométrico, planteó como objetivo el comprobar el diseño geométrico con un tramo de la carretera mencionada, lo cual le llevó a dos conclusiones:

En las características geométricas de diseño, se pudo ver que algunos de los parámetros no cumplen con lo que se exige en la actual normativa plasmada en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2018), esto se puede ver en la siguiente tabla, donde se aprecian los porcentajes de evaluación, por lo que la carretera no es garantía, para que se dé, el adecuado tránsito vehicular, por lo que el riesgo de las personas que transitan por la misma, es constante.



En lo que se refiere a los antecedentes locales, se tienen los siguientes:

Chambi y Suaña (2017) plantearon, en tu tesis que les permitió lograr sus títulos profesionales de ingeniero civil, un objetivo general que era el analizar, bajo la normatividad vigente de ese año, el diseño geométrico de la vía y los dispositivos de control de tránsito, siendo estos los factores que influyen en los tramos de concentración de accidentes en la vía Puno – Juliaca, para desarrollar propuestas de mejora en relación a la prevención. Cuyos resultados indican que son 10 los tramos de concentración de accidentes de tránsito, resultados obtenidos por medio de la metodología de índice de peligrosidad; mientras que con la metodología TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB) se identificó 28 tramos, comprendidos entre el Km 1347+000 al Km 1348+000, de igual forma en el tramo 32 ubicado entre el Km 1350+000 al Km 1351+000, el tramo 35 que comprende el Km 1353+000 al Km 1354+000. Además concluyeron que si existe una relación directa entre los elementos geométricos de la vía y los tramos de concentración de accidentes de tránsito, debido a que los elementos geométricos de las curvas y tramos rectos de los TCA, se encuentran fuera lo que señalado en el Manual del Ministerio de Transporte y Comunicaciones DG-2014.

Para Turpo (2018), en su tesis que le permitió lograr el título profesional de ingeniero civil, planteó como objetivo general, como es que influye la diferencia entre la velocidad de operación y velocidad de diseño en la consistencia del diseño geométrico, aplicado a la carretera Puno – Juliaca, en el tramo KM 1349+000 – KM 1353+000. Su trabajo de investigación le permite concluir que:

La velocidad de operación y velocidad de diseño en la carretera Puno – Juliaca, en el tramo KM 1349+000 – KM 1353+000, si tiene una diferencia estadísticamente significativa entre las dos velocidades. La velocidad de operación fue mayor a la de diseño. También, por el análisis de los percentiles,



para el caso de los vehículos ligeros, su velocidad de operación presentó una diferencia de hasta 30Km/h, para el caso de los buses, la diferencia llegó hasta los 20km/h, mientras que fue de 18km/h para el caso de los camiones y la diferencia que se observó en los tráileres llegó hasta los 12Km/h. Además cuando se da el rediseño geométrico, bajo la velocidad de operación, que se presenta en la Norma DG-2018, demuestra que el diseño geométrico está fuera de la mencionada norma, siendo la causal de la misma la antigüedad de la carretera. Así mismo se puede apreciar que las deficiencias resaltantes fueron la no aplicación de curvas espirales, longitud de curva, longitudes de tramos en tangente (S y O) peraltes, sobreanchos, ancho de calzada y berma; estas no brindan la seguridad para desarrollar con las velocidades de operación.

Sanga (2019), planteó como objetivo general, un análisis sobre la incidencia que tiene la geometría de la vía, en los cambios de pendientes que se dan sobre el Índice de Rugosidad Internacional y así lograr su título profesional de ingeniero civil. Concluye que:

El Índice de Rugosidad Internacional (IRI) que se registró en la Ruta Nacional PE-3SF, presentó un valor mínimo de 2,07 m/km y máximo de 5,42 m/km, siendo su media la de 3,51 m/km y presentó una amplitud de 3,35 m/km. Y al aplicar muestreos por cuotas en sectores con pendientes de cambios fuertes del levantamiento topográfico a nivel de Micropavimento, en el eje de la rasante de la Ruta Nacional PE-3SF, se pudo apreciar un mínimo de 0,37% y un máximo de 1,64%, por lo que la media fue de 1,04% y presentó una amplitud de 1,27%. En sectores con cambios de pendiente fuera del rango -0.83% a +0.83%, presentaron valores superiores a 3,0 m/km de IRI, los mismos que se encuentran ubicados con frecuencia en curvas verticales de longitudes cortas menores a 50 m, curvas de



volteo o de “desarrollo” en laderas, en zonas sinuosas con curvas compuestas tipo S (curvas y contra curvas), en sectores de la vía que fueron construidas por corte en matrices rocosas y que no cuentan con parámetros de diseño.

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Clasificación de la Carreteras

2.1.1.1. Clasificación por Demanda. Lo establecido en el Manual de Diseño Geométrico para carreteras, MTC (2018), las carreteras del Perú tienen una clasificación, basada en la demanda, siendo esta la siguiente:

A. Autopistas de primera clase

Las características de este tipo de carreteras son:

Más de 6 000 vehículos por día, siendo este su Índice Medio Diario Anual (IMDA), 6 m como mínimo de separación entre sus calzadas, con 3,60 m de ancho como mínimo por calzada y deberá contar con dos o más carriles, no permite cruces o pasos a niveles, en zonas urbanas se deberá ejecutar puentes peatonales y pavimento en toda la superficie de la carretera.

B. Autopistas de segunda clase

Las características de este tipo de carretera son:

De 4 001 a 6 000 vehículos por día, siendo este su Índice Medio Diario Anual (IMDA), de 6 m a 1 m de separación entre sus calzadas, con 3,60 m de ancho como mínimo por calzada y deberá contar con dos o más carriles, si está permitido los cruces o pasos a nivel, en zonas urbanas se deberá ejecutar puentes peatonales y pavimento en toda la superficie de la carretera.



C. Carreteras de primera clase

Las características de este tipo de carretera son:

De 2 001 a 4 000 vehículos por día, siendo este su Índice Medio Diario Anual (IMDA), con 3,60 m de ancho como mínimo por calzada y deberá contar con dos carriles, si está permitido los cruces o pasos a nivel, en zonas urbanas se recomienda que tengan puentes peatonales y en su ausencia tendrán dispositivos de seguridad vial, indicando en ella las velocidades de operación, dando así una mayor seguridad y con pavimento en toda la superficie de la carretera.

D. Carreteras de segunda clase

Las características de este tipo de carretera son:

De 400 a 2 000 vehículos por día, siendo este su Índice Medio Diario Anual (IMDA), con 3,30 m de ancho como mínimo por calzada y deberá contar con dos carriles, si está permitido los cruces o pasos a nivel, en zonas urbanas recomendable que tengan puentes peatonales y en su ausencia tendrán dispositivos de seguridad vial, indicando en ella las velocidades de operación, dando así una mayor seguridad, y pavimento en toda la superficie de la carretera.

E. Carreteras de tercera clase

Las características de este tipo de carretera son:

Menos de 400 vehículos por día, siendo este su Índice Medio Diario Anual (IMDA), con 3 m de ancho por calzada y deberá contar con dos carriles, puede tener 2,50 m. de ancho por calzada, si técnicamente se demuestra esta necesidad, no necesariamente debe ser pavimentada, si la vía es pavimentada, entonces se debe cumplir con las normativa para carreteras de segunda clase.

F. Trochas carrozables

Las características de este tipo de carretera son:

Menos de 200 vehículos por día, siendo este su Índice Medio Diario Anual (IMDA), con 4 m de ancho como mínimo para su calzada y deben contar con plazoletas de cruce a cada 500 m mínimamente, y la vía puede ser afirmada o sin afirmar.

Tabla 1

Clasificación de Carreteras por Demanda

| Clasificación por demanda | IMDA (Veh/día) | Separador central | Ancho carril mínimo | Ancho de calzada mínimo | Superficie de rodadura |
|-----------------------------|----------------|-------------------|---------------------|-------------------------|------------------------|
| Autopista de primera clase | >6 000 | 6m | 3,60m | 7,20m | Pavimentada |
| Autopista de segunda clase | 6 000 – 4 001 | 6m - 1m | 3,60m | 7,20m | Pavimentada |
| Carreteras de primera clase | 4 000 – 2 001 | No Requiere | 3,60m | 7,20m | Pavimentada |
| Carreteras de segunda clase | 2 000 – 400 | No Requiere | 3,30m | 6,60m | Pavimentada |
| Carreteras de tercera clase | <400 | No Requiere | 3m | 6m | Pavimentada o afirmada |
| Trochas carrozables | <200 | No Requiere | 2m | 4m | Afirmada o sin afirmar |

Nota. En la tabla se muestra el resumen de la clasificación de carreteras por demanda, MTC (2018)

2.1.1.1. Clasificación por Orografía. Lo establecido en el Manual de Diseño Geométrico para carreteras, MTC (2018), las carreteras del Perú tienen una clasificación, basada en la orografía predominante, siendo esta la siguiente:

A. Terreno plano (Tipo 1)

Con Pendiente transversal menores o iguales 10%, las pendiente longitudinal debe ser menor al 3%, en su trazado no se presenta dificultades, por lo que se da un mínimo movimiento de tierras.

B. Terreno ondulado (Tipo 2)

Con pendiente transversal entre 11% y 50%, las pendiente longitudinal debe estar entre 3% y 6%, en su trazado no se presenta mayores dificultades, por lo que se da un moderado movimiento de tierras.

C. Terreno accidentado (Tipo 3)

Con pendientes transversales entre 51% y 100%, las pendientes longitudinales debe estar entre 6% y 8%, su trazado se dificulta, por lo que se presenta importante movimiento de tierras.

D. Terreno escarpado (Tipo 4)

Con pendientes transversales mayores al 100%, las pendientes longitudinales excepcionalmente son superiores al 8%, su trazado presenta grandes dificultades, por ende se da un gran movimiento de tierras.

Tabla 2

Clasificación de Carreteras por Orografía

| Clasificación por orografía | Pendiente transversal | Pendiente longitudinal |
|------------------------------|-----------------------|------------------------|
| Terreno plano (tipo 1) | $\leq 10\%$ | $< 3\%$ |
| Terreno ondulado (tipo 2) | 11% - 50% | 3% - 6% |
| Terreno accidentado (tipo 3) | 51% - 100% | 6% - 8% |
| Terreno escarpado (tipo 4) | $> 100\%$ | $> 8\%$ |

Nota. En la tabla se muestra el resumen de la clasificación de carreteras por , MTC (2018)

2.1.2. Velocidad de Diseño

Según el Manual de Diseño Geométrico para carreteras MTC (2018), denomina así a la máxima velocidad escogida de manera que se brinde seguridad y comodidad a los que hagan uso de la vía. Esta velocidad máxima debe ser la óptima para que los usuarios no sean sorprendidos por cambios bruscos y/o muy frecuentes. La forma de identificar los tramos homogéneos considera los criterios que se muestran en la tabla 3, y no se puede exceder de una diferencia de 20 km/h, entre tramos adyacentes de la vía.

Tabla 3

Longitudes mínimas para cambios de velocidad

| Longitud mínima | Velocidad |
|-----------------|------------------|
| 3 km | 20Km/h - 50Km/h |
| 4 km | 60Km/h - 120Km/h |

Nota. MTC (2018)



AASHTO (2011) señala que la velocidad directriz y/o velocidad diseño es una velocidad seleccionada cuyo fin es determinar, en el diseño geométrico de la calzada, sus características, manteniendo una lógica con respecto a la velocidad de operación prevista, la topografía, el uso del suelo adyacente, y clasificación funcional del camino.

Cárdenas (2013) menciona que la velocidad de diseño o velocidad de proyecto de un tramo de carretera es la velocidad guía o de referencia que permite definir las características geométricas mínimas de todos los elementos del trazado, en condiciones de comodidad y seguridad. Por lo tanto, ella representa una referencia mínima.

2.1.2.1. Velocidad de diseño del tramo homogéneo. En el Manual de Diseño Geométrico para carreteras MTC (2018), se pudo observar que las velocidades de diseño de una carretera, se definen por la clasificación de demanda u orografía. La tabla 4, muestra los rangos que corresponde a tramos homogéneos para la velocidad de diseño.



- Del valor de la Velocidad de Diseño del Tramo Homogéneo en que se encuentra incluido el elemento. Se espera que el tramo presente la mayoría de los elementos geométricos a los cuales se les da como velocidad de diseño de tramo a la velocidad específica.
- De la geometría, teniendo en cuenta el sentido de circulación del vehículo.

2.1.2.3. Velocidad de Marcha. En el Manual de Diseño Geométrico para carreteras MTC (2018), define como la división entre la distancia recorrida y el tiempo durante el cual el vehículo estuvo en movimiento, dará como resultado la velocidad de marcha o velocidad crucero, tomando en cuenta condiciones prevalecientes del tránsito, vía y dispositivos de control. Los volúmenes de tránsito, ocasionan una variación de la misma en el día, pues esta es una medida de calidad que da información a los conductores.

Tabla 5
Velocidades de marcha teóricas

| Velocidad de diseño | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 |
|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| Velocidad media de marcha | 27 | 36 | 45 | 54 | 63 | 72 | 81 | 90 | 99 | 108 | 117. |
| Rangos de velocidad media | 25,5 @ | 34,0 @ | 42,5 @ | 51,0 @ | 59,5 @ | 68,0 @ | 76,5 @ | 85,0 @ | 93,5 @ | 102,0 @ | 110,5 @ |
| | 28,5 | 38,0 | 47,5 | 57,0 | 66,5 | 76,0 | 85,5 | 95,0 | 104,5 | 114,0 | 123,5 |

Nota. La tabla muestra los rangos de velocidades media y de marcha, MTC (2018)

2.1.2.4. Velocidad de Operación. En el Manual de Diseño Geométrico para carreteras MTC (2018), define a esta como la velocidad máxima que pueden circular, bajo las condiciones persistentes de tránsito, pavimento, meteorología y grado de relación con otras condiciones adyacentes. También, para la valoración de esta velocidad se utiliza el percentil 85 de la velocidad, esta metodología del indica de cual es la velocidad a la

que circula el 85% de los vehículos, en la tabla 6 se aprecia los cálculos de estas velocidades de operación.

Tabla 6

Ecuaciones de Fitzpatrick para la estimación de velocidades de operación

| Condiciones de alineamiento | | Ecuación |
|-----------------------------|--|---|
| 1 | Curva horizontal sobre pendiente (-9% < i < -4%) | $V_{85} = 102,10 - \frac{3\,077,13}{R}$ |
| 2 | Curva horizontal sobre pendiente (-4% < i < 0%) | $V_{85} = 105,98 - \frac{3\,709,90}{R}$ |
| 3 | Curva horizontal sobre pendiente (0% < i < 4%) | $V_{85} = 104,82 - \frac{3\,574,51}{R}$ |
| 4 | Curva horizontal sobre pendiente (4% < i < 9%) | $V_{85} = 96,61 - \frac{2\,752,19}{R}$ |
| 5 | Curva horizontal combinada con curvas cóncavas (sag) | $V_{85} = 105,32 - \frac{3\,438,19}{R}$ |
| 6 | Curva horizontal combinada con curvas convexas sin limitación de visibilidad | (Nota 2) |
| 7 | Curva horizontal combinada con curvas convexas con limitación de visibilidad ($K \leq 43$ m / %) | $V_{85} = 103,24 - \frac{3\,576,51}{R}$ (nota 2) |
| 8 | Curva vertical cóncava sobre recta horizontal | $V_{85} =$ Se asume como la velocidad deseada |
| 9 | Curva vertical convexa con distancia de visibilidad no limitada ($K > 43$ m / %) sobre recta horizontal | $V_{85} =$ Se asume como la velocidad deseada |
| 10 | Curva vertical convexa con distancia de visibilidad limitada ($K \leq 43$ m / %) sobre recta horizontal | $V_{85} = 105,08 - \frac{149,69}{K}$ |

Nota. Para cada condición se aplica las ecuaciones de Fitzpatrick y determinar velocidades de operación, MTC (2018)

Para la aplicación de la tabla 6, se considera también lo siguiente:

- 1) En pendientes descendentes, se debe emplear la menor velocidad calculada con las ecuaciones 1 o 2 y en el caso de las pendientes ascendentes las ecuaciones y 3 o 4.
- 2) Además, emplear el menor que resulte de la comparación de pendientes descendentes con ecuaciones 1 o 2 y ascendentes con ecuaciones 3 o 4, para así

asegurar que la velocidad estimada a lo largo de curvas combinadas no será mejor que si sólo la curva horizontal está presente.

Donde:

V85 : Percentil 85 de velocidad de automóviles (Km/h)

R : Radio de curva (m)

En la siguiente tabla 7 se muestran las máximas velocidades de operación, tomando en cuenta la clasificación de la carretera, tres tipos de vehículo y sus condiciones orográficas.

Tabla 7
Valores de velocidades máximas de operación

| Clasificación de la carretera | Velocidad máxima de operación (km/h) | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|-------------------|-------------------|--------------|
| | | Vehículos ligeros | Vehículos pesados | |
| | | | Buses | Camiones (5) |
| Autopista 1ra clase | (1) | 130 | 100 | 90 |
| | (2) | 120 | 90 | 80 |
| | (3) | 100 | 80 | 70 |
| | (4) | 90 | 70 | 60 |
| Autopista 2da clase | (1) | 120 | 90 | 80 |
| | (2) | 120 | 90 | 80 |
| | (3) | 100 | 80 | 70 |
| | (4) | 90 | 70 | 60 |
| Carretera 1ra clase | (1) | 100 | 90 | 80 |
| | (2) | 100 | 80 | 70 |
| | (3) | 90 | 70 | 60 |
| | (4) | 80 | 60 | 50 |

Nota. MTC (2018)

La tabla 7, se debe tener en consideración lo siguiente:

(1) se refiere a orografía plana, (2) orografía ondulada, (3) orografía accidentada, y (4) a Orografía escarpada. También se debe tener en consideración que en el caso de



vehículos que transportan lo calificado como mercancía peligrosa, la velocidad es de 70 km/h o la que señale en su momento el Reglamento Nacional de Tránsito.

Cada vía puede presentar determinadas particularidades por lo que la autoridad competente, establecería velocidades de operación inferiores a las mostradas en la tabla 7. Así mismo cuando se presentan las señalizaciones de máxima velocidad, la autoridad competente, lo debe hacer principalmente al inicio de cada Tramo Homogéneo. También la autoridad competente, puede establecer la velocidad máxima de operación, por las particularidades que presenten las carreteras de Segunda y Tercera Clase.

2.1.3. Diseño Geométrico De Vía

Cárdenas (2013) define que una carretera se establece geoméricamente por el trazado de su eje en planta y en perfil, además por el trazado de su sección transversal, esto se sustenta en la correlación de elementos físicos y la operación de un vehículo, fusionando la física y la geometría.

En Manual de Diseño Geométrico para carreteras MTC (2018), se pudo leer que las carreteras se diseñan geoméricamente, tomando en cuenta las características de los vehículos, sus dimensiones y sus pesos, así como las señaladas en el Reglamento Nacional de Vehículos, vigente.

La franja tridimensional, que muestra todos los elementos que en conjunto son las condiciones reales de operación a las cuales se someterán los usuarios, sale del diseño de la carretera, que toma por separado la planta, perfil y la sección transversal y los relaciona, con lo que se garantiza la circulación ininterrumpida de los vehículos, este cálculo considera también las condiciones probables de operación vehicular, y su entorno, para evitar sobrecostos que se presentarían si se dieran correcciones en su construcción.

2.1.3.1 Diseño Geométrico en Planta. Se tiene lo siguiente:

A. Generalidades

En el Manual de Diseño Geométrico para carreteras, MTC (2018), hace referencia que un diseño geométrico para carreteras en planta, se compone por trazos rectos, circulares y puede ser de curvatura variable, esta permitira una suave transición entre zonas rectas y curvas de la vía. Este diseño permite una fluidez de vehículos, considerando una velocidad permanente en la mayor parte del tramo.

B. Consideraciones de diseño

Para el diseño geométrico en planta se debe tomar en cuenta que para ángulos de deflexión Δ pequeños, iguales o inferiores a 5° , los radios deberán ser suficientemente grandes para proporcionar longitud de curva mínima L obtenida con la fórmula siguiente:

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

Donde, L en metros y Δ en grados sexagesimales

Así mismo se debe evitar ángulos de deflexión que sean menores de $59'$.

Tabla 8

Longitud mínima de Curva (L)

| Carretera red nacional | L (m) |
|----------------------------|-------|
| Autopistas | $6V$ |
| Carreteras de dos carriles | $3V$ |

Nota. MTC (2018)

Donde, “ V ” es la velocidad de diseño en Km/h

En la tabla 9 muestra valores para deflexiones máximas que permite prescindir de curva circular para carreteras de tercera clase.



Tabla 9

Deflexión máxima aceptable sin curva circular

| Velocidad de diseño 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' |

Nota. MTC (2018)

El MTC (2018), recomienda no utilizar en el diseño curvas adyacentes en un mismo sentido si el tramo tangente es menor que 500 m, de presentarse el caso, esta deberá ser sustituida por una sola curva extensa o en su defecto sustituir por una curva compuesta. Para carreteras de tercera clase la tangente podrá ser inferior o quizá ser sustituida por una espiral o una transición en espiral dotada de peralte.

Cuando se presentan las curvas sucesivas, pero con sentido opuesto, dotadas de curvas de transición, entonces, sus extremos deberán coincidentes o separados por extensiones en tangente. Por lo tanto deberá buscarse que el trazo en planta sea homogéneo, con tangentes y curvas exista una transición armónica.

C. Tramos en tangente

Tomando en consideración la velocidad de diseño, es que se muestra en la tabla 10 las longitudes mínimas admisibles y máximas deseables para los diferentes tramos en tangente.

Tabla 10*Longitudes de tramos en tangente*

| V (Km/h) | Calculadas | | | Adoptadas DG-2018 | | |
|----------|-----------------|-----------------|---------------|-------------------|-----------------|---------------|
| | L min. S (m) | L min. O (m) | L máx. (m) | L min. S (m) | L min. O (m) | L máx. (m) |
| 30 | 41,70 | 83,40 | 501 | 42 | 84 | 500 |
| 40 | 55,60 | 111,20 | 668 | 56 | 111 | 668 |
| 50 | 69,50 | 139 | 835 | 69 | 139 | 835 |
| 60 | 83,40 | 166,80 | 1 002 | 83 | 167 | 1 002 |
| 70 | 97,30 | 194,60 | 1 169 | 97 | 194 | 1 169 |
| 80 | 111,20 | 222,40 | 1 336 | 111 | 222 | 1 336 |
| 90 | 125,10 | 250,20 | 1 503 | 125 | 250 | 1 503 |
| 100 | 139,00 | 278 | 1 670 | 139 | 278 | 1 670 |
| 110 | 152,90 | 305,80 | 1 837 | 153 | 306 | 1 837 |
| 120 | 166,80 | 333,60 | 2 004 | 167 | 333 | 2 004 |
| 130 | 180,70 | 361,40 | 2 171 | 180 | 362 | 2 171 |

Nota. MTC (2018)

Dónde:

- $L_{min.S}$: Es la mínima longitud en metros, para trazados de curvas en “S” (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura de sentido contrario).
- $L_{min.O}$: Es la mínima longitud en metros, para el resto de casos (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura del mismo sentido).
- $L_{máx}$: Es la máxima longitud deseable en metros.
- V : Es la Velocidad de diseño en Km/h.

Para el cálculo de datos de la tabla 10, se han empleado fórmulas:

$$L_{min.S} = 1,39V$$

$$L_{min.O} = 2,78V$$

$$L_{máx} = 16,70V$$

D. Curvas circulares

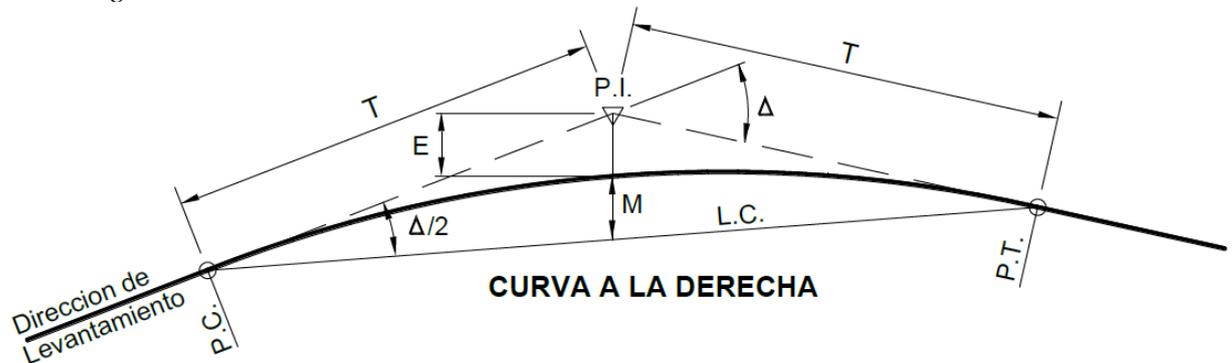
En el Manual de Carreteras Diseño Geométrico para carreteras, MTC (2018), se define como como arcos de circunferencia con un solo radio de curvatura que une las

tangentes de inicio y fin de la curvatura, sus componentes se puede apreciar en la figura

4.

Figura 4

Simbología de la curva circular



Nota. La imagen muestra los componentes de diseño geométrico para una curva circular, MTC (2018)

De los componentes de una curva circular que se muestra en la imagen 4, su simbología significa lo siguiente:

- P.C.: Es el punto de inicio de la curva circular.
- P.I. : Es el punto de intersección de 2 alineaciones adyacentes.
- P.T. : Es el punto de tangencia de la curva circular.
- E : Es la distancia a externa, en metros.
- M : Es la distancia de la ordenada media, en metros.
- R : Es la longitud del radio de curvatura, en metros.
- T : Son las longitudes de la subtangente (P.C. a P.I. y P.I. a P.T.), en metros.
- L : Es la longitud de la curva, en metros
- L.C : Es la longitud de la cuerda, en metros
- Δ : Es el ángulo de deflexión, en grados sexagesimales.
- p : Se refiere al peralte; que es el valor máximo de la inclinación transversal de la calzada, asociado al diseño de la curva, se mide en %.



- Sa : Se refiere al sobreebanco que pueden requerir las curvas para compensar el aumento de espacio lateral que experimentan los vehículos al describir la curva, medido en metros.

Fórmulas

- $T = R \tan \Delta / 2$
- $L.C. = 2 R \sin \Delta / 2$
- $L = 2 \pi R (\Delta / 360)$
- $M = R [1 - \cos (\Delta / 2)]$
- $E = R [\sec (\Delta / 2) - 1]$

E. Radios mínimos

En el Manual de Carreteras Diseño Geométrico para carreteras, MTC (2018), también se pudo ver también que los radios mínimos, se calculan con la fórmula siguiente:

$$R_{mín} = \frac{V^2}{127(P_{máx} + f_{máx})}$$

Dónde:

- $R_{mín}$: Es el radio Mínimo, en metros
- V : Es la velocidad de diseño, en Km/h
- $P_{máx}$: Es el Peralte máximo asociado a la velocidad (en tanto por uno).
- $f_{máx}$: Es el coeficiente de fricción transversal asociado a la velocidad.

Tabla 11
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 | 0,17 | 33,7 | 35 |
| | 40 | 4 | 0,17 | 60 | 60 |
| | 50 | 4 | 0,16 | 98,4 | 100 |
| | 60 | 4 | 0,15 | 149,2 | 150 |
| | 70 | 4 | 0,14 | 214,3 | 215 |
| | 80 | 4 | 0,14 | 280 | 280 |
| | 90 | 4 | 0,13 | 375,2 | 375 |
| | 100 | 4 | 0,12 | 835,2 | 495 |
| | 110 | 4 | 0,11 | 1,108,9 | 635 |
| | 120 | 4 | 0,19 | 872,2 | 875 |
| | 130 | 4 | 0,08 | 1 108,9 | 1,11 |
| Área rural (con peligro de hielo) | 30 | 6 | 0,17 | 30,8 | 30 |
| | 40 | 6 | 0,17 | 54,8 | 55 |
| | 50 | 6 | 0,16 | 89,5 | 90 |
| | 60 | 6 | 0,15 | 135 | 135 |
| | 70 | 6 | 0,14 | 192,9 | 195 |
| | 80 | 6 | 0,14 | 252,9 | 255 |
| | 90 | 6 | 0,13 | 335,9 | 335 |
| | 100 | 6 | 0,12 | 437,4 | 440 |
| | 110 | 6 | 0,11 | 560,4 | 560 |
| | 120 | 6 | 0,09 | 755,9 | 755 |
| | 130 | 6 | 0,08 | 950,5 | 950 |
| Área rural (plano u ondulada) | 30 | 8 | 0,17 | 28,3 | 30 |
| | 40 | 8 | 0,17 | 50,4 | 55 |
| | 50 | 8 | 0,16 | 82 | 90 |
| | 60 | 8 | 0,15 | 123,2 | 135 |
| | 70 | 8 | 0,14 | 175,4 | 195 |
| | 80 | 8 | 0,14 | 229,1 | 255 |
| | 90 | 8 | 0,13 | 303,7 | 335 |
| | 100 | 8 | 0,12 | 393,7 | 440 |
| | 110 | 8 | 0,11 | 501,5 | 560 |
| | 120 | 8 | 0,09 | 667 | 755 |
| | 130 | 8 | 0,08 | 831,7 | 950 |
| Área rural (accidentada o escarpada) | 30 | 12 | 0,17 | 24,4 | 25 |
| | 40 | 12 | 0,17 | 43,4 | 45 |
| | 50 | 12 | 0,16 | 70,3 | 70 |
| | 60 | 12 | 0,15 | 105 | 105 |
| | 70 | 12 | 0,14 | 148,4 | 150 |
| | 80 | 12 | 0,14 | 193,8 | 195 |
| | 90 | 12 | 0,13 | 255,1 | 255 |
| | 100 | 12 | 0,12 | 328,1 | 330 |
| | 110 | 12 | 0,11 | 414,2 | 415 |
| | 120 | 12 | 0,09 | 539,9 | 540 |
| | 130 | 12 | 0,08 | 665,4 | 665 |

Nota. La tabla muestra datos para radios mínimos y peraltes máximos, MTC (2018).

Para el cálculo de radios mínimos y peraltes máximos en carreteras de Tercera Clase, emplean la fórmula siguiente:

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127(0.01e_{\max} + f_{\max})}$$

Dónde:

- R_{\min} : Es el radio mínimo de curvatura.
- e_{\max} : Es el valor máximo del peralte.
- f_{\max} : Es el factor máximo de fricción.
- V : Es la velocidad específica de diseño.

F. Determinación del parámetro para una curva de transición

En el Manual de Carreteras Diseño Geométrico para carreteras, MTC (2018), establece que para el cálculo del parámetro mínimo (A_{\min}) que es correspondiente a una clotoide, esta para la distribución la aceleración transversal que no es compensada, a una tasa J acorde con la comodidad y seguridad, se utiliza la siguiente fórmula.

$$A_{\min} = \sqrt{\frac{VR}{46,656J} \left(\frac{V^2}{R} - 1,27p \right)}$$

Dónde:

- V : Es la velocidad de diseño, en (Km/h).
- R : Es el radio de curvatura, en (m).
- J : Es la variación uniforme de la aceleración, en (m/s²)
- p : Es el peralte correspondiente a velocidad y radio, en (%)

Tabla 12

Variación de la aceleración transversal por unidad de tiempo

| V (Km/h) | V < 80 | 80 < V < 100 | 100 < V < 120 | V > 120 |
|--------------------------------------|--------|--------------|---------------|---------|
| J (m/s ²) | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| J _{máx} (m/s ²) | 0.7 | 0.8 | 0.5 | 0.4 |

Nota. MTC (2018)



Se aplicarán los valores de $J_{máx}$, cuando un caso así lo justifique.

G. Determinación de la longitud de la curva de transición

Para esta determinación de los valores mínimos de curvas de transición se hace el cálculo con la fórmula que se muestra a continuación:

$$L_{mín} = \frac{V}{46,656j} \left[\frac{V^2}{R} - 1,27p \right]$$

Dónde:

- V: Es la velocidad de diseño, en (Km/h).
- R: Es el radio de curvatura, en (m).
- J: Es la variación uniforme de la aceleración, en (m/s²)
- p: Es el peralte correspondiente a velocidad y radio, en (%)

Todas las longitudes de transición deberán ser mayores a 30 m.

H. Parámetros mínimos y deseables

El conductor podrá percibir una curva de transición fácilmente si se cumple lo siguiente:

$$\frac{R}{3} \leq A \leq R$$

Además, la longitud de una curva de transición no puede superar en 1,5 veces referente a su longitud mínima.

I. Radios que permiten prescindir de la curva de transición

El Manual de Carreteras Diseño Geométrico para carreteras, MTC (2018), establece que, si no existe una curva de transición, se presenta un desplazamiento instintivo por parte del conductor, en base al eje de su carril, y esta disminuye conforme crece el radio de la curva circular.

Se puede calcular que para un recorrido menor que 0,10 m, es muy pequeño como para omitir y/o prescindir de la curva de transición que lo evitaría.

Para los radios circulares límite calculados, tomando un $J_{m\acute{a}x}$ de 0,4 m/s² y tomando en consideración que al punto inicial de la curva circular se habrá desarrollado sólo un 70% de peralte necesario, los mismos que se muestra en la tabla 13.

Tabla 13

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 |

Nota. MTC (2018)

J. Transición de Peralte

El Manual de Carreteras Diseño Geométrico para carreteras, MTC (2018), establece que, en los tramos de la curva de la carretera, se denomina transición de peralte a la inclinación transversal de la vía, y en esta se da el cambio gradual de la pendiente del borde de la vía, razón por la cual se contrarresta la fuerza centrífuga del vehículo, siendo entonces, esta se calcula considerando la siguiente fórmula:

$$ip_{m\acute{a}x} = 1,8 - 0,01V$$

Dónde:

- $ip_{m\acute{a}x}$: Es la inclinación máxima del borde de la calzada respecto al eje de la vía, y se mide en (%).
- V: Es la velocidad de diseño, en (km/h).

La longitud mínima del tramo de transición del peralte se calcula con la siguiente formula:

$$L_{m\acute{i}n} = \frac{p_f - p_i}{ip_{m\acute{a}x}} B$$

Dónde:

- $L_{m\acute{i}n}$: Es la mínima longitud del tramo de transición del peralte, en (m).



- P_f : Es el peralte final con su signo, en (%)
- P_i : Es el peralte inicial con su signo, en (%)
- B: Es la distancia del borde de la calzada al eje de giro del peralte, en (m).

K. Valores del sobreebanco

A la entrada y salida de las curvas, se tiene que desarrollar gradualmente el sobreebanco, con lo que se logra un alineamiento continuo en los bordes de la calzada. Esto es diferente para las curvas circulares simples, pues el sobreebanco debe desarrollarse linealmente a lo largo del lado interno de la calzada, en la misma longitud utilizada para la transición del peralte. El sobreebanco en las curvas con espiral, se da linealmente, en la longitud de la espiral. Los tipos de vehículo son los que hacen variar los sobreebanco, junto al radio de la curva y de la velocidad de diseño, considerando la fórmula siguiente para su cálculo:

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

Dónde:

- Sa : Se refiere al sobreebanco, en (m).
- n : Se refiere al número de carriles de la vía.
- R : Es el radio de curvatura, en (m).
- L : Es la distancia entre la parte frontal y eje posterior, en (m).
- V : Es la velocidad de diseño, en (Km/h)

2.1.2.2 Diseño Geométrico en Perfil. Para el Manual de Carreteras Diseño Geométrico para carreteras, MTC (2018), el Diseño Geométrico en Perfil es una constitución de una serie de rectas enlazadas por curvas verticales parabólicas, para las mismas, dichas rectas son tangentes, y el sentido de las pendientes se define según el avance de la progresivas de kilometraje, son positivos, para aquellos que aumentan su cota, y si disminuye su cota, se considera pendiente negativa.

Cárdenas (2013), señala que el diseño geométrico vertical de una carretera, alineamiento en perfil, es la proyección del eje real o espacial de la vía sobre una superficie vertical paralela al mismo.

A. Pendiente

Pendiente Mínima. Con tal de asegurar en todo punto de la calzada un drenaje de las aguas superficiales, conviene proveer de 0,5% la pendiente mínima

Pendiente Máxima. En la tabla 14 se muestran las pendientes máximas a considerar.

Tabla 14
Pendientes máximas (%)

| Vehículos/día | Autopistas | | | | Carretera | | | | Carretera | | | | Carretera | | | | | | | | |
|-------------------|---------------|-----|-----|---|---------------|---|---|---|---------------|---|---|---|---------------|---|---|---|---------------|---|----|-------|--|
| | >6 000 | | | | 6 000 – 4 001 | | | | 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 | |
| 30 km/h | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 10 10 | |
| 40 km/h | | | | | | | | | | | | | | | 9 | | 8 | 9 | 10 | | |
| 50 km/h | | | | | | | | | | | 7 | 7 | | | 8 | 9 | 8 | 8 | 8 | | |
| 60 km/h | | | | | | 6 | 6 | 7 | 7 | 6 | 6 | 7 | 7 | 6 | 7 | 8 | 9 | 8 | 8 | | |
| 70 km/h | | | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 7 | 6 | 6 | 7 | 7 | 6 | 6 | 7 | | 7 | 7 | | | |
| 80 km/h | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | | 6 | 6 | | | 7 | 7 | | | |
| 90 km/h | 4,5 | 4,5 | 5 | | 5 | 5 | 6 | | 5 | 5 | | | 6 | | | | 6 | 6 | | | |
| 100 km/h | 4,5 | 4,5 | 4,5 | | 5 | 5 | 6 | | 5 | | | | 6 | | | | | | | | |
| 110 km/h | 4 | 4 | | | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 120 km/h | 4 | 4 | | | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 130 km/h | 3,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Nota. La tabla muestra la pendientes máximas a adoptar de acuerdo a la clasificación de la vía en base a sus velocidades de diseño, MTC (2018).

B. Curvas verticales

Este tipo de curvas es definida por el parámetro de curvatura K , y esta es equivalente a la dimensión horizontal de la curva, se mide en metros, y que para 1% de que varía la pendiente, así:

$$K = L/A$$

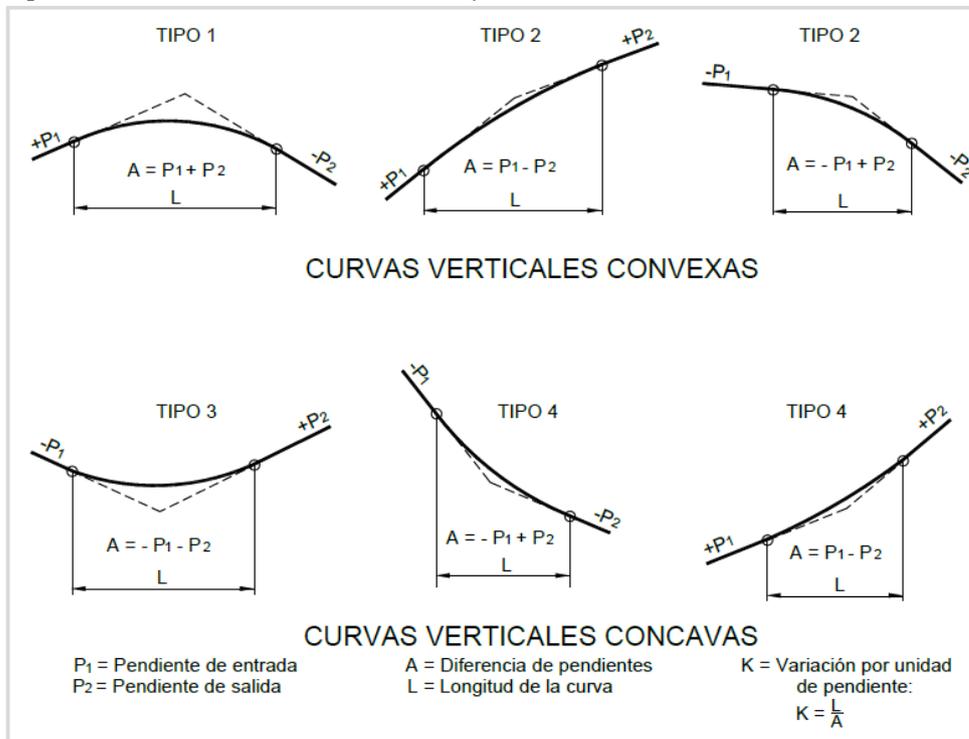
Dónde:

- K: Se refiere al parámetro de curvatura.
- L: Es la longitud de la curva vertical.
- A: Es la diferencia algebraica de las pendientes en valor absoluto.

Las curvas verticales se clasifican en curvas convexas y cóncavas, además en simétricas y asimétricas, esto de acuerdo con la dimensión entre su ramas.

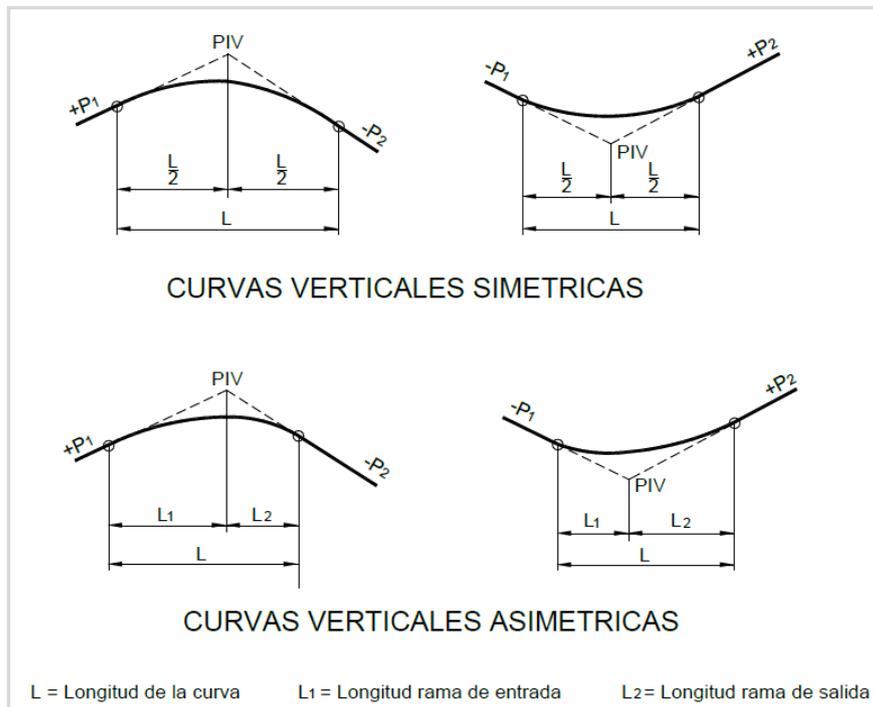
Figura 5

Tipos de curvas verticales convexas y cóncavas



Nota. MTC (2018)

Figura 6
Tipos de curvas verticales asimétricas



Nota. MTC (2018)

C. Longitud de las curvas convexas

Para contar con la visibilidad de parada (D_p).

- Para $D_p < L$:

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

- Para $D_p > L$:

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

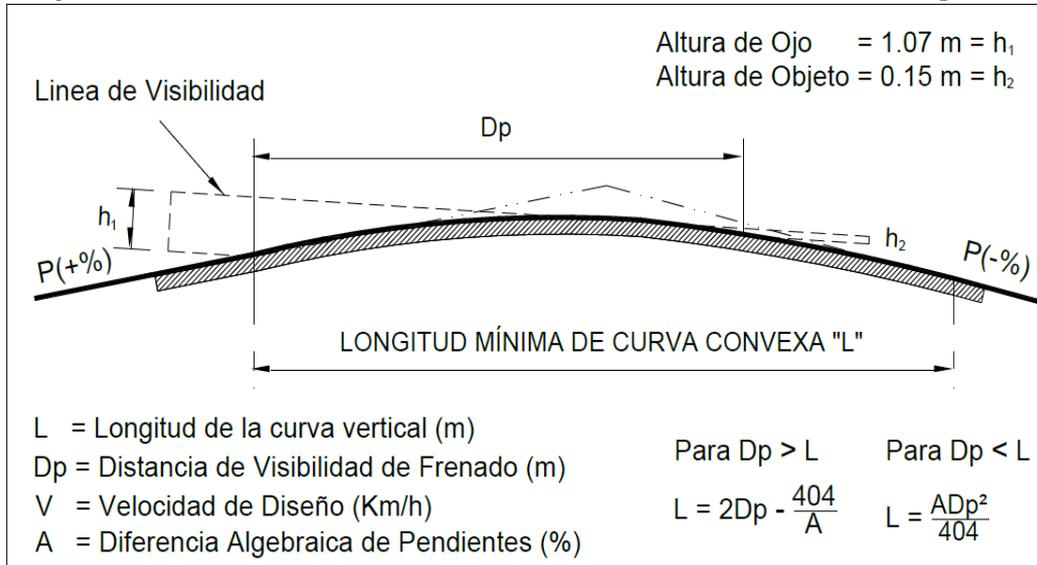
Dónde, para cada una de las fórmulas se tiene:

- L : Es la longitud de la curva vertical, en (m).
- D_p : Es la distancia de visibilidad de parada, en (m).
- A : Se refiere a la diferencia algebraica de pendientes, en (%).
- h_1 : Es la altura del ojo del conductor sobre la rasante, en (m).

- h_2 : Es la altura del objeto sobre la rasante, en (m)
- Para el caso más frecuente el $h_1 = 1,07$ m y $h_2 = 0,15$ m.

Figura 7

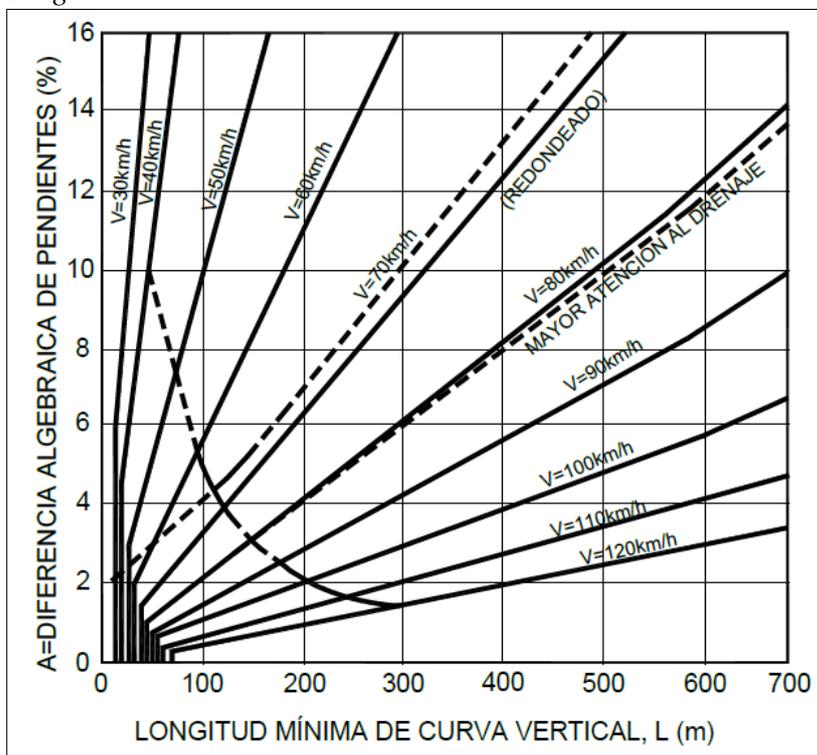
Long. mínima de curva vertical convexa con distancias de visibilidad de parada



Nota. MTC (2018)

Figura 8

Long. mínima de curva vertical convexa con distancias de visibilidad de parada



Nota. MTC (2018)

Para contar con la visibilidad de adelantamiento o paso (Da).

- Para $D_a < L$:

$$L = \frac{AD_a^2}{946}$$

- Para $D_a > L$:

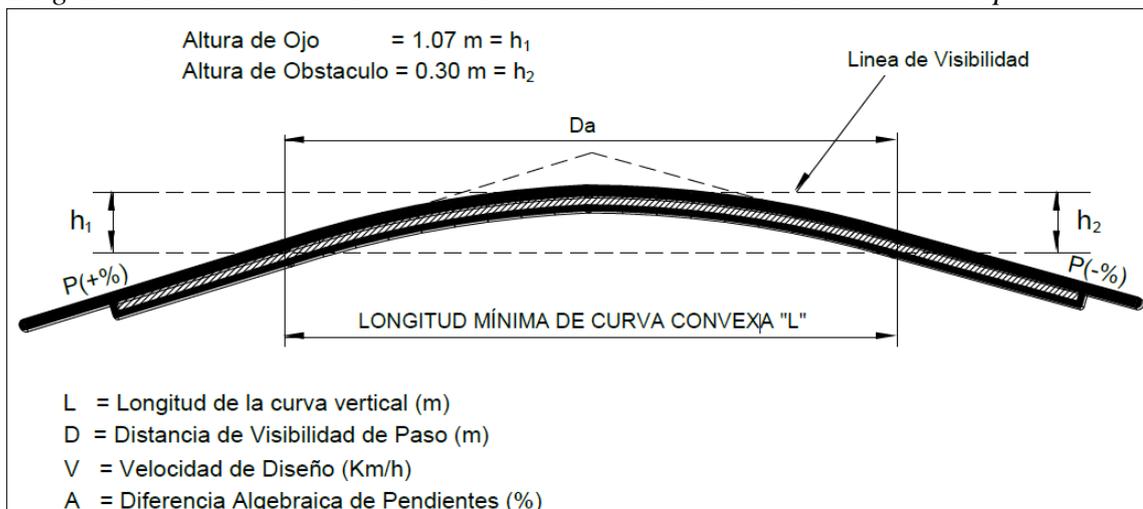
$$L = 2D_a - \frac{946}{A}$$

Dónde:

- L : Es la longitud de la curva vertical, en (m).
- D_p : Es la distancia de visibilidad de adelantamiento, en (m).
- A : Se refiere a la diferencia algebraica de pendientes, en (%).

Figura 9

Long. mínima de curvas verticales convexas con distancias de visibilidad de paso



Nota. MTC (2018)

Además:

- Para $D_a > L$

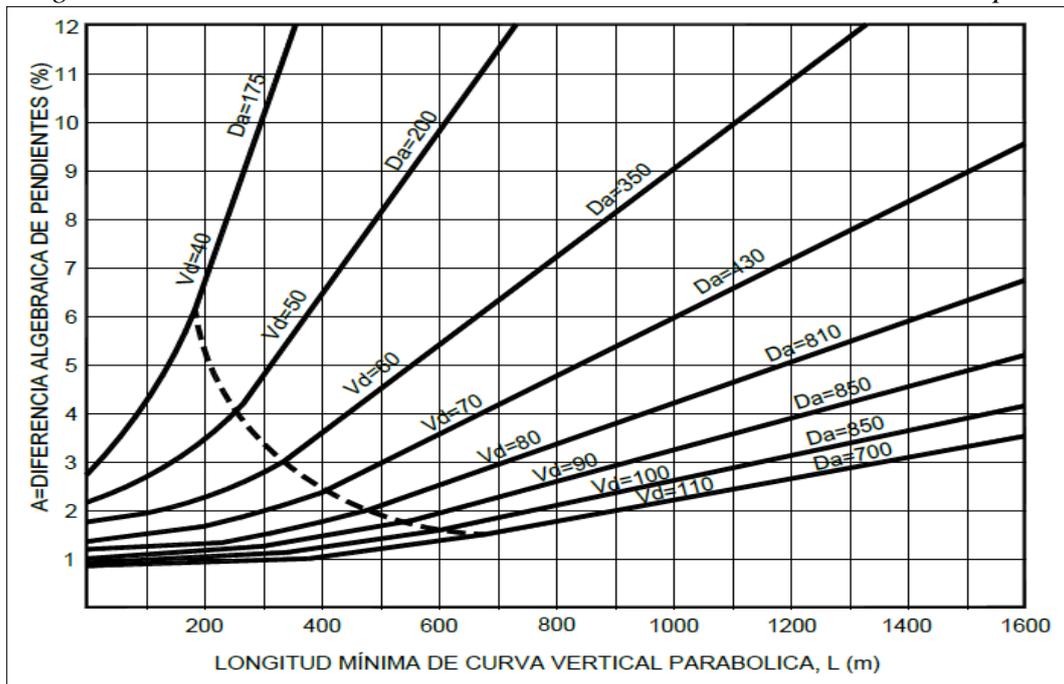
$$L = 2D_a - \frac{946}{A}$$

- Para $D_a < L$

$$L = \frac{AD_a^2}{946}$$

Figura 10

Long. mínima de curvas verticales convexas con distancias de visibilidad de paso



Nota. MTC (2018)

D. Longitud de las curvas cóncavas

- Cuando $D < L$:

$$L = \frac{AD^{2.1}}{120 + 3.5D}$$

- Cuando $D > L$:

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

Donde para ambas fórmulas:

D : Es la distancia entre el vehículo y el punto dónde con un ángulo de 1° , los rayos de luz de los faros, interseca a la rasante.

E. Distancia de visibilidad

Distancia de visibilidad de parada. Es la distancia mínima que se requiere para que un vehículo se detenga antes de impactar con un objetivo inmóvil, siempre tomando en consideración que el vehículo viaja a la velocidad de diseño,

Tabla 15

Distancia de visibilidad de parada (D_p) con relación a la Pendiente en %

| Vel. de diseño (Km/h) | -10 | -9 | -8 | -7 | -6 | -5 | -4 | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 30 | 33 | 33 | 33 | 32 | 32 | 32 | 31 | 31 | 31 | 30 | 30 | 30 | 30 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 28 | 28 |
| 40 | 46 | 45 | 44 | 44 | 43 | 42 | 42 | 41 | 41 | 40 | 40 | 39 | 39 | 39 | 38 | 38 | 38 | 37 | 37 | 37 | 36 |
| 50 | 65 | 64 | 62 | 61 | 60 | 59 | 58 | 57 | 56 | 56 | 55 | 54 | 53 | 53 | 52 | 51 | 51 | 50 | 50 | 49 | 49 |
| 60 | 90 | 88 | 86 | 84 | 82 | 81 | 90 | 78 | 76 | 75 | 74 | 73 | 72 | 71 | 70 | 69 | 68 | 67 | 66 | 66 | 65 |
| 70 | 119 | 116 | 113 | 110 | 108 | 105 | 103 | 101 | 99 | 97 | 96 | 94 | 92 | 91 | 90 | 88 | 87 | 86 | 85 | 84 | 83 |
| 80 | 152 | 147 | 143 | 140 | 136 | 133 | 130 | 127 | 124 | 122 | 120 | 117 | 115 | 113 | 112 | 110 | 108 | 107 | 105 | 104 | 102 |
| 90 | 189 | 183 | 178 | 173 | 168 | 161 | 141 | 156 | 153 | 150 | 147 | 144 | 141 | 139 | 136 | 134 | 132 | 130 | 128 | 126 | 124 |
| 100 | 229 | 221 | 204 | 207 | 201 | 196 | 191 | 186 | 181 | 177 | 173 | 169 | 166 | 162 | 159 | 158 | 154 | 151 | 148 | 146 | 144 |
| 110 | 282 | 272 | 262 | 253 | 146 | 238 | 231 | 225 | 219 | 214 | 209 | 204 | 199 | 195 | 191 | 187 | 184 | 180 | 177 | 174 | 171 |
| 120 | 343 | 330 | 318 | 306 | 296 | 287 | 278 | 270 | 262 | 255 | 249 | 243 | 237 | 232 | 227 | 222 | 217 | 213 | 209 | 205 | 202 |
| 130 | 413 | 396 | 380 | 366 | 353 | 341 | 330 | 320 | 311 | 302 | 294 | 286 | 279 | 272 | 266 | 260 | 255 | 249 | 244 | 240 | 235 |
| 140 | 495 | 473 | 453 | 435 | 419 | 403 | 490 | 377 | 365 | 354 | 344 | 335 | 326 | 318 | 310 | 303 | 296 | 290 | 284 | 278 | 272 |
| 150 | 584 | 557 | 532 | 509 | 489 | 471 | 454 | 438 | 424 | 411 | 398 | 387 | 376 | 366 | 357 | 348 | 340 | 333 | 325 | 318 | 312 |

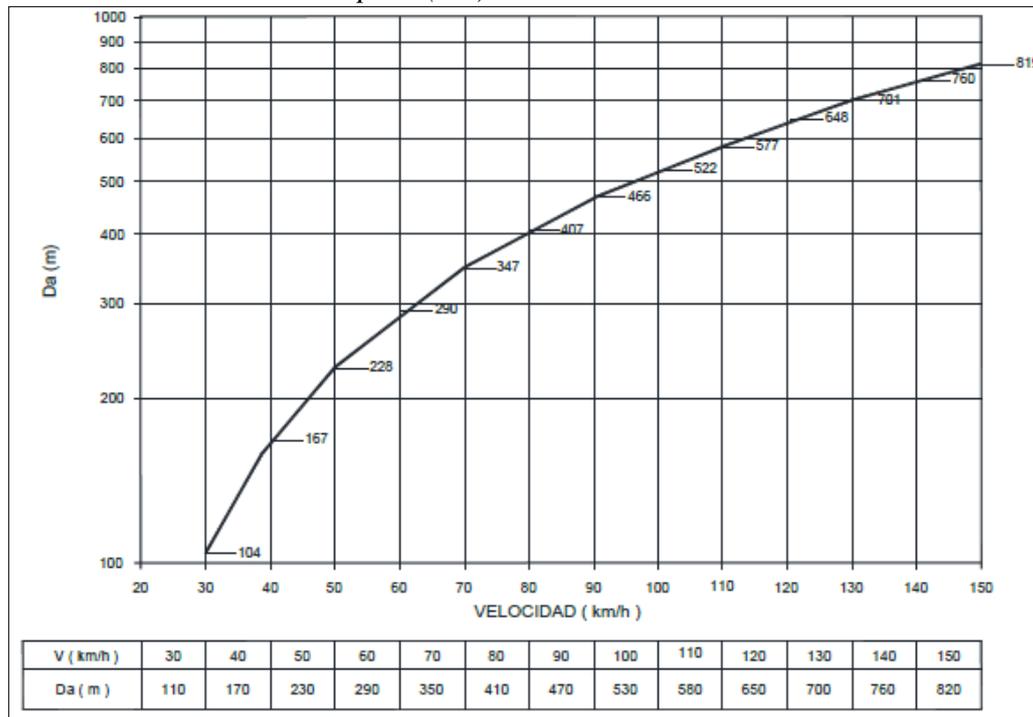
Nota. La tabla de doble entrada muestra las distancias de parada a adoptar de acuerdo a la velocidad de

diseño y las pendientes en la vía, MTC (2018)

Distancia de visibilidad de paso o adelantamiento. Considerada así a la distancia mínima que da seguridad y comodidad al conductor de un vehículo al sobrepasar a otro, que va a una velocidad menor y no ocasionar una alteración en la velocidad de un tercer vehículo que viaja en sentido contrario.

Figura 13

Distancia de visibilidad de paso (Da)



Nota. El Abaco muestra la distancia de visibilidad de paso, relacionado a la velocidad de diseño, MTC (2018)

2.1.2.3. Diseño Geométrico en Sección Transversal. El Manual de Carreteras

Diseño Geométrico para carreteras, MTC (2018), estipula lo siguiente:

A. Generalidades

Consiste en la descripción de los elementos de la carretera en un plano de corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual permite definir la disposición y dimensiones de dichos elementos, en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

La estructura destinada a la superficie de rodadura o calzada se toma como el elemento más importante de la sección transversal.

B. Elementos de la sección transversal

Está conformada por: carriles, calzada o superficie de rodadura, bermas, cunetas, taludes y elementos complementarios (barreras de seguridad, ductos y cámaras para fibra óptica, guardavías y otros), así como otros elementos que se están dentro del derecho de vía de la carretera.

C. Calzada o superficie de rodadura

Es un componente de la vía, donde los vehículos circula sobre ella, puede estar compuesto por mas de un carril, esta no incluye la berma. Además se tiene en consideración que para autopistas, debe contar con dos carriles por calzada mínimamente, y en carreteras de calzada única serán dos carriles por calzada.

Tabla 16

Anchos mínimos de calzada en tangente

| Vehículos/ día | Autopistas | | | | | | | | Carretera | | | | Carretera | | | | Carretera | | | | | | | |
|-------------------|---------------|-----|-----|-----|---------------|-----|-----|-----|---------------|-----|-----|-----|---------------|-----|-----|-----|---------------|-----|-----|---|------|---|--|--|
| | >6 000 | | | | | | | | 6 000 - 4 001 | | | | 4 000 - 2 001 | | | | 2 000 - 400 | | | | <400 | | | |
| | 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 | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6 | 6 | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | | | | 6,6 | | 6,6 | 6,6 | 6,6 | 6 | | | | |
| 50 | | | | | | | | | | | 7,2 | 7,2 | | | 6,6 | 6,6 | 6,6 | 6,6 | 6,6 | 6 | | | | |
| 60 | | | | | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 6,6 | 6,6 | 6,6 | 6,6 | | | | | | |
| 70 | | | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 6,6 | | 6,6 | 6,6 | | | | | | |
| 80 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | | 7,2 | 7,2 | | | 6,6 | 6,6 | | | | | | |
| 90 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | | 7,2 | 7,2 | 7,2 | | 7,2 | 7,2 | | | 7,2 | | | | 6,6 | 6,6 | | | | | | |
| 100 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | | 7,2 | 7,2 | 7,2 | | 7,2 | | | | 7,2 | | | | | | | | | | | |
| 110 | 7,2 | 7,2 | | | 7,2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 120 | 7,2 | 7,2 | | | 7,2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 130 | 7,2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Nota. MTC (2018)

D. Bermas

Es la franja longitudinal, paralela y adyacente a la calzada o superficie de rodadura de la carretera, es la zona de seguridad de emergencia para que se estacionen los vehículos, sus dimensiones son:

Tabla 17

Anchos mínimos de berma

| Clasificación | Autopistas | | | | 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 | | |
| 30 km/h | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,5 | 0,5 | | |
| 40 km/h | | | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 1,2 | 0,9 | 0,5 | | | |
| 50 km/h | | | | | | | | | | | 2,6 | 2,6 | | | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 0,9 | 0,9 | | | |
| 60 km/h | | | | | | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2,6 | 2,6 | 2 | 2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | | |
| 70 km/h | | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1,2 | | 1,2 | 1,2 | | | | |
| 80 km/h | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | | 2 | 2 | | | 1,2 | 1,2 | | | | |
| 90 km/h | 3 | 3 | 3 | | 3 | 3 | 3 | | 3 | 3 | | | 2 | | | | 1,2 | 1,2 | | | | |
| 100 km/h | 3 | 3 | 3 | | 3 | 3 | 3 | | 3 | | | | 2 | | | | | | | | | |
| 110 km/h | 3 | 3 | | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 120 km/h | 3 | 3 | | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 130 km/h | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Nota. MTC (2018)

Ante la berma pavimentada, se da una banda de mínima 0,5 m de ancho sin pavimentar, la que se llama sobrancho de compactación (s.a.c.), lugar donde se permite la ubicación de señalizaciones.

E. Bombeo

En tramos con tangente o en curvas en contraperalte, las calzadas tienen una inclinación para evacuar las aguas superficiales, a ello se le conoce como bombeo y estas dependen del tipo de superficie de rodadura y de los niveles de precipitación de la zona, como se muestra en la tabla 18.

Tabla 18

Valores del bombeo de la calzada

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

Nota. MTC (2018)

F. Peralte

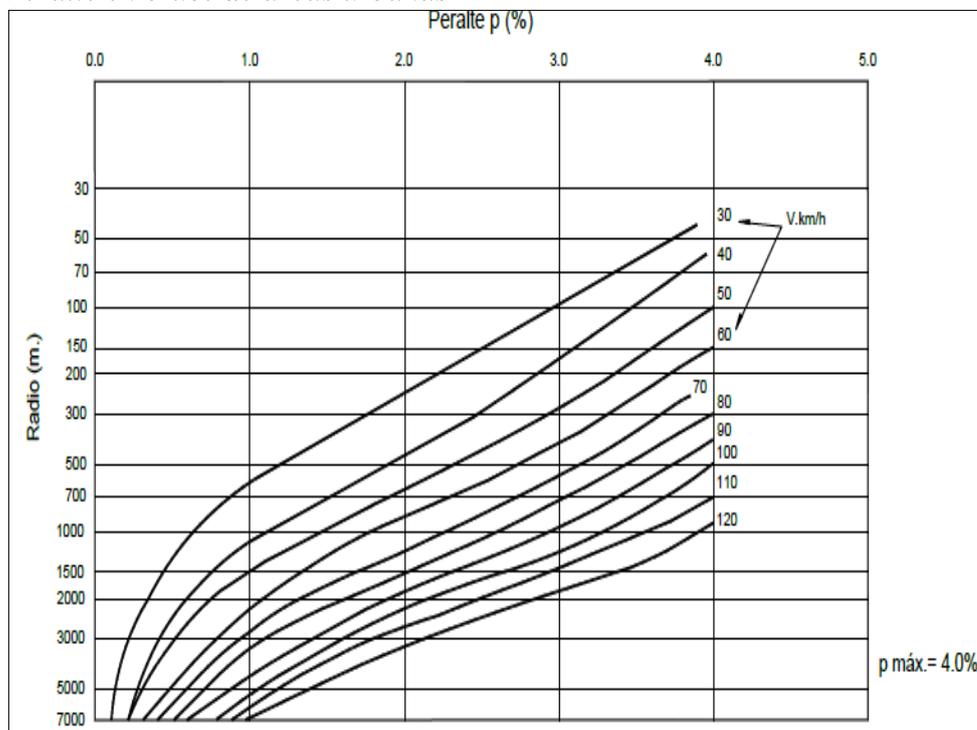
Cárdenas (2013), señala que es la única fuerza que se opone al deslizamiento lateral del vehículo, pues es la fuerza de fricción que se da entre las llantas y el pavimento.

El Manual de Carreteras Diseño Geométrico para carreteras, MTC (2018), la define como la inclinación de la vía en zonas de curva, con el fin de hacer frente a la fuerza centrífuga del vehículo.

G. Relación del peralte, radio y velocidad específica de diseño

Figura 14

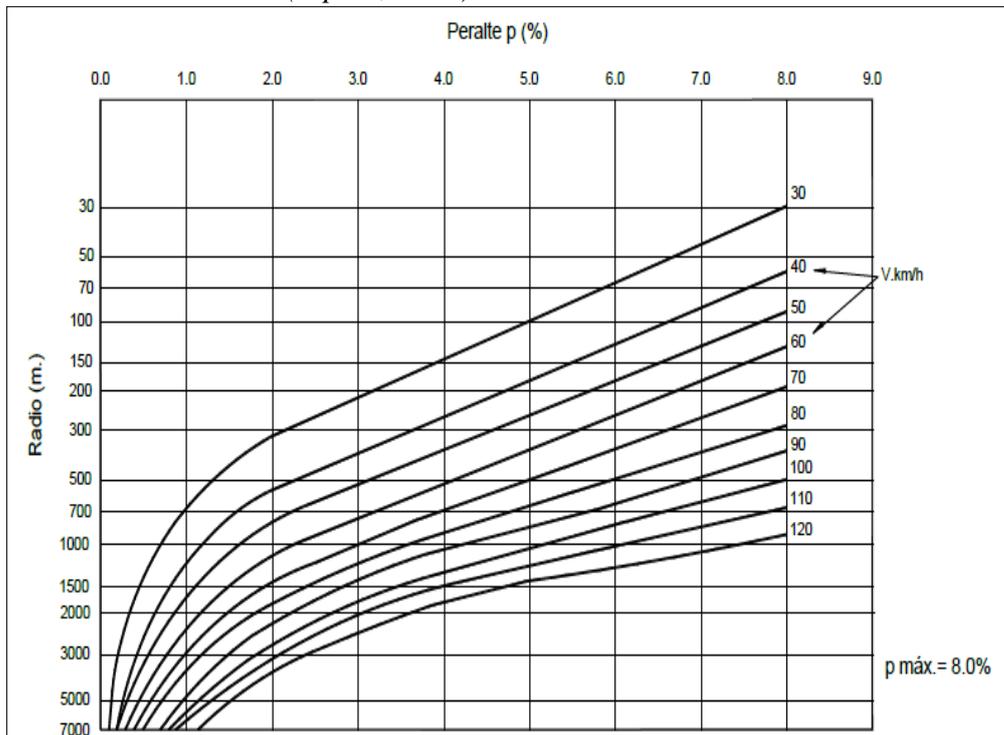
Peralte en cruce de áreas urbanas



Nota. MTC (2018)

Figura 15

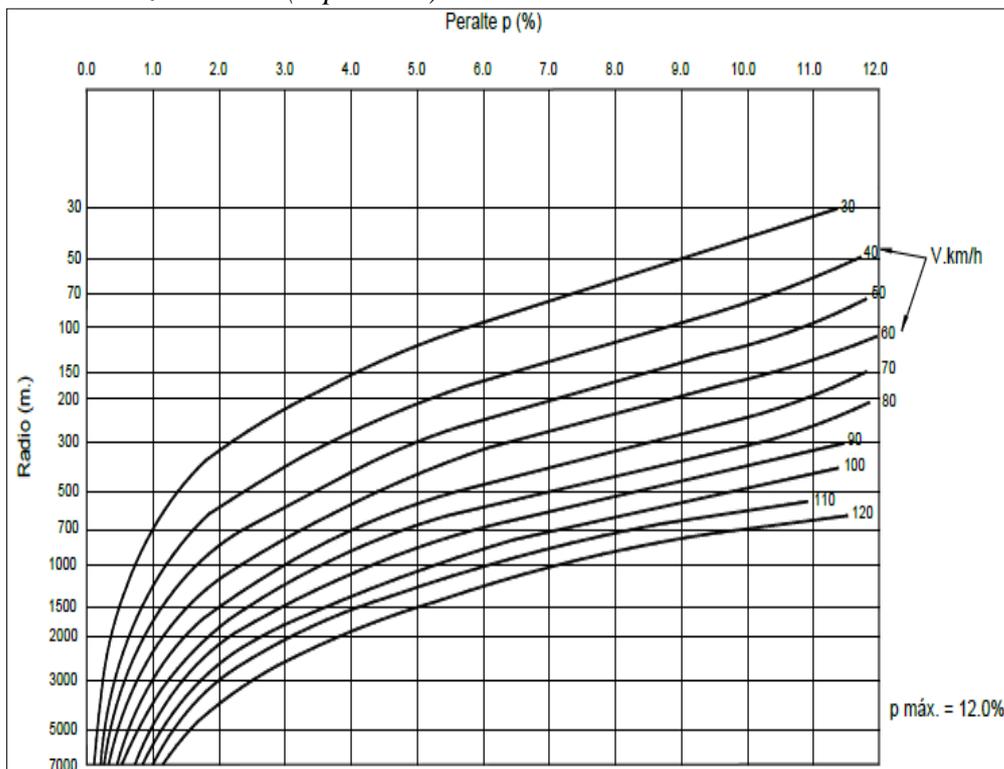
Peralte en zona rural (Tipo 1, 2 ó 3)



Nota. MTC (2018)

Figura 16

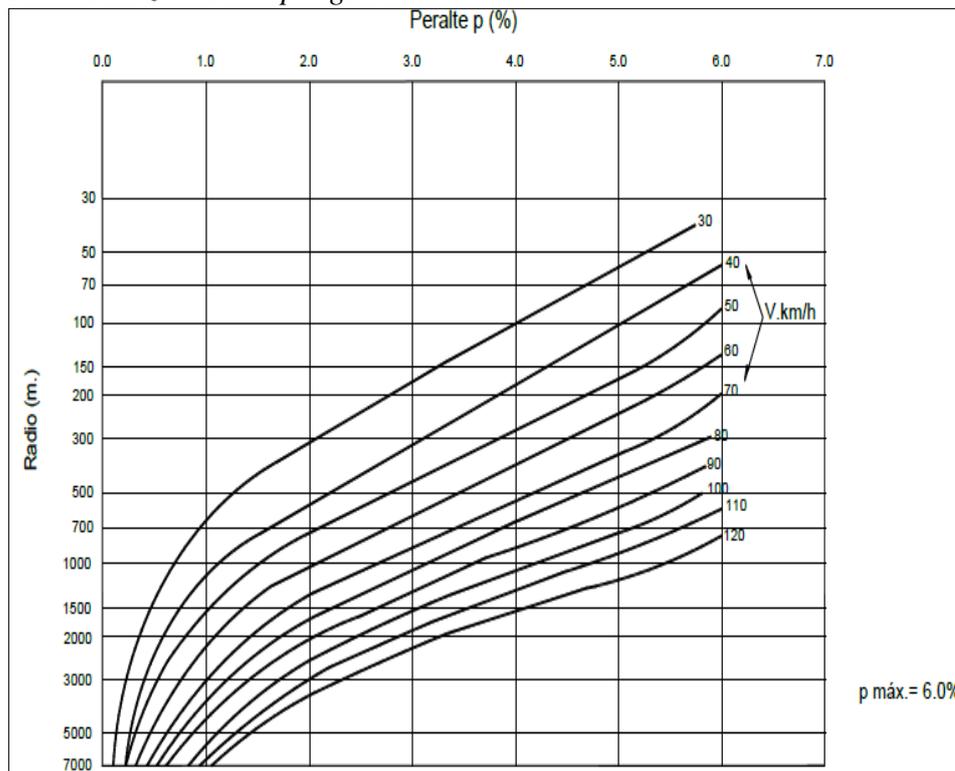
Peralte en zona rural (Tipo 3 ó 4)



Nota. MTC (2018)

Figura 17

Peralte en zonas con peligro de hielo



Nota. MTC (2018)

H. Valores del peralte (máximos y mínimos). Las curvas horizontales deben tener peralte, con excepción para los valores establecidos en la tabla 19.

Tabla 19

Valores de radio a partir de los cuales no es necesario peralte

| Velocidad (km/h) | 40 | 60 | 80 | ≥ 100 |
|------------------|------|------|------|------------|
| Radio (m) | 3500 | 3500 | 3500 | 7500 |

Nota. MTC (2018)

Tabla 20

Valores de peralte máximo

| Pueblo o ciudad | Peralte máximo (p) | |
|--|--------------------|--------|
| | Absoluto | Normal |
| Atravesamiento de zonas urbanas | 6% | 4% |
| Zona rural (Terreno Plano, Ondulado o Accidentado) | 8% | 6% |
| Zona rural (Terreno Accidentado o Escarpado) | 12% | 8% |
| Zona rural con peligro de hielo | 8% | 6% |

Nota. MTC (2018)



Su cálculo se da por medio de:

$$p = \frac{V^2}{127R} - f$$

Donde:

- p: Es el peralte máximo asociado a la velocidad de diseño, en (%)
- V: Es la velocidad de diseño, en (Km/h).
- R: Es el mínimo radio absoluto, en (m).
- f: Es el coeficiente de fricción lateral máximo asociado a la velocidad.

El MTC (2018), establece que el peralte mínimo debe ser de 2%, para las velocidades y radios indicados en la tabla 21.

Tabla 21

Peralte mínimo

| Velocidad de diseño km/h | Radios de curvatura |
|--------------------------|--------------------------|
| $V \geq 100$ | $5\ 000 \leq R < 7\ 500$ |
| $40 \leq V < 100$ | $2\ 500 \leq R < 3\ 500$ |

Nota. MTC (2018)

I. Transición del bombeo al peralte

De no presentarse curva de transición, esta se considera una parte en la zona de tangente y en la curvatura. La tabla 22 muestra las proporciones del peralte que se debe desarrollar en la zona tangente.

Tabla 22

Proporción del peralte (p) a desarrollar en tangente

| $p < 4.5\%$ | $4.5\% < p < 7\%$ | $p > 7\%$ |
|-------------|-------------------|-----------|
| 0.5 p | 0.7 p | 0.8 p |

Nota. MTC (2018)

J. Taludes

Denominada así a la inclinación de diseño dada al terreno lateral de la carretera, tanto en zonas de corte como en terraplenes, siendo la tangente del ángulo formado por

el plano de la superficie del terreno y la línea teórica horizontal. En las tablas 23 y 24, se muestran los valores referenciales para taludes:

Tabla 23

Valores referenciales para taludes en corte (Relación H:V)

| | Clasificación de materiales de corte | Roca fija | Roca suelta | Material | | |
|-----------------|--------------------------------------|-----------|-------------|----------|--------------------------|--------|
| | | | | Grava | Limo arcilloso o arcilla | Arenas |
| 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, MTC (2018)

Tabla 24

Taludes referenciales en zonas de relleno (terraplenes)

| Materiales | Talud (V:H) | | |
|--------------------------------|-------------|--------|-------|
| | Altura (m) | | |
| | <5 | 5-10 | >10 |
| Gravas, limo arenoso y arcilla | 1:1,5 | 1:1,75 | 1:2 |
| Arena | 1:2 | 1:2,25 | 1:2,5 |
| Enrocado | 1:1 | 1:2,25 | 1:1,5 |

Nota. MTC (2018)

K. Cunetas

El Manual de Diseño geométrico para carreteras, MTC (2018), establece que se encuentran a lo largo de las carreteras, construidos a los laterales de la misma, con el fin de conducir los escurrimientos superficiales y subsuperficiales, procedentes de la plataforma vial, taludes y áreas adyacentes, a fin de proteger la estructura del pavimento. Se pudo ver que las pendientes longitudinales mínimas absolutas serán 0,2%, para cunetas revestidas y 0,5% para cunetas sin revestir.

2.1.4. Índice de Rugosidad Internacional (International Roughness Index - IRI).

2.1.3.1. Definición del IRI. Como señaló Marcobal et al. (2017), el IRI, propuesto por el Banco Mundial, es una escala de la regularidad superficial de una vía, como estadística estándar de la rugosidad que determina la influencia del perfil



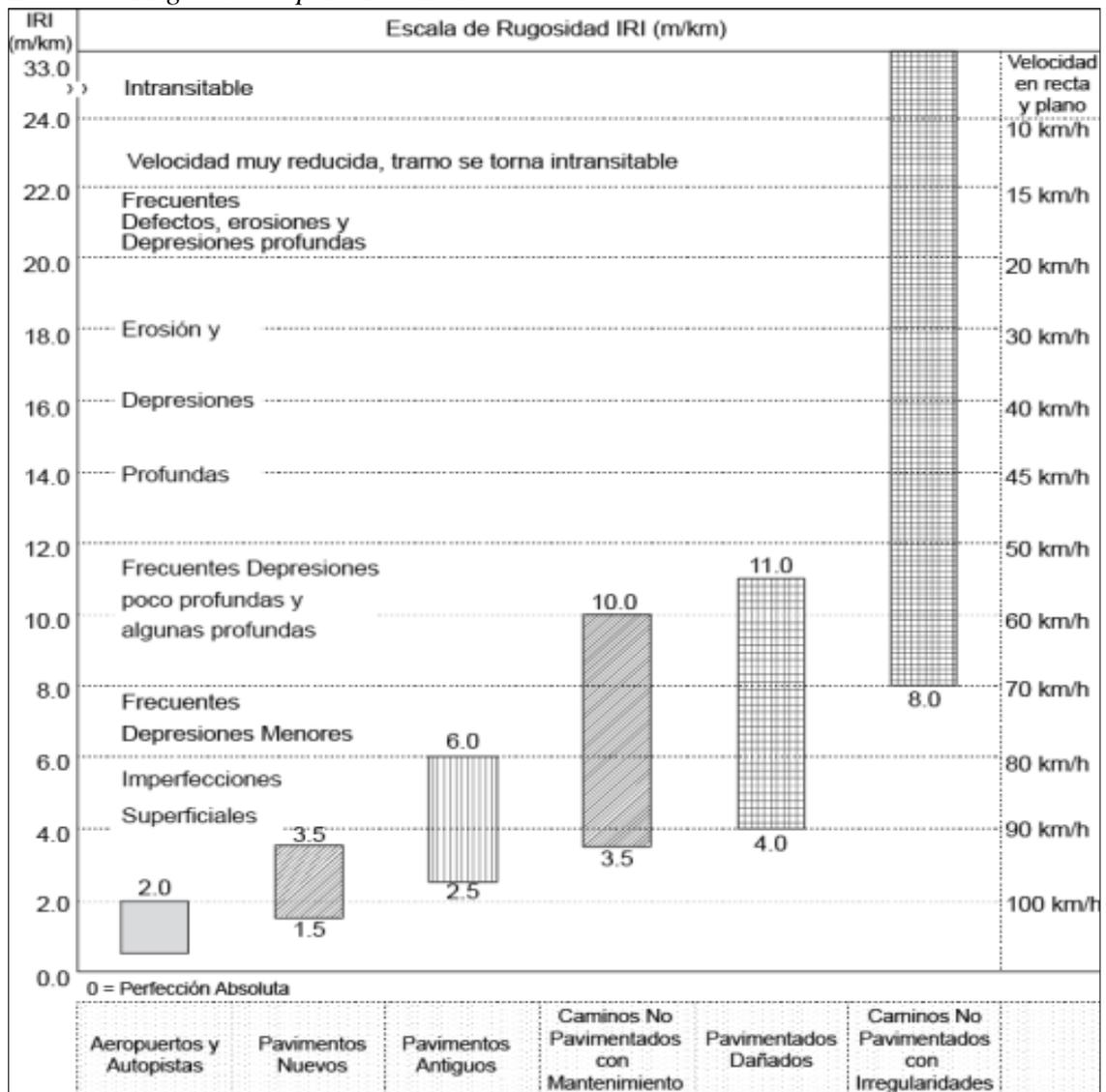
longitudinal de la carretera en la calidad de la rodadura, se expresa en metros por kilómetros. Mientras que para Sanga (2019), es un parámetro que se utiliza en superficies de rodadura, con el cual se puede determinar su regularidad y la comodidad en la conducción.

A partir de 1986, el IRI se mide para cada huella independientemente, antes de esta se hacia la medición para ambas huellas. En la norma ASTM E 1926-98 “Standard Practice for Computing International Roughness Index of Roads from Longitudinal Profile Measurements”, se considera que promediar los IRI de cada huella, es una mejor medida de la regularidad superficial de la carretera.

2.1.3.2. Valores de IRI Propuestos por el Banco Mundial y Especificaciones Internacionales. Con el objeto de conocer valores del Índice de Regularidad Internacional (IRI) establecidos en diferentes países, se presenta a continuación un resumen de los requisitos de IRI propuestos por el Banco Mundial y Especificaciones Internacionales; así como valores del IRI por diferentes Agencia Publicas.

A partir del estudio realizado por el banco mundial en 1989 (IRRE), se propuso una escala de medición de la regularidad superficial para diferentes tipos de vías, la cual se presenta en la figura 18.

Figura 18
Escala de Regularidad para Pavimentos



Nota. La figura muestra los valores establecidos de IRI para cada tipo de pavimento, MTC (2014).

El Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”, sección suelos y pavimentos, MTC (2014), no indica que se tiene que considerar también los valores que se muestran en la tabla 25.

Tabla 25
Rugosidad Inicial IRI (m/km) Según Tipo de Carretera

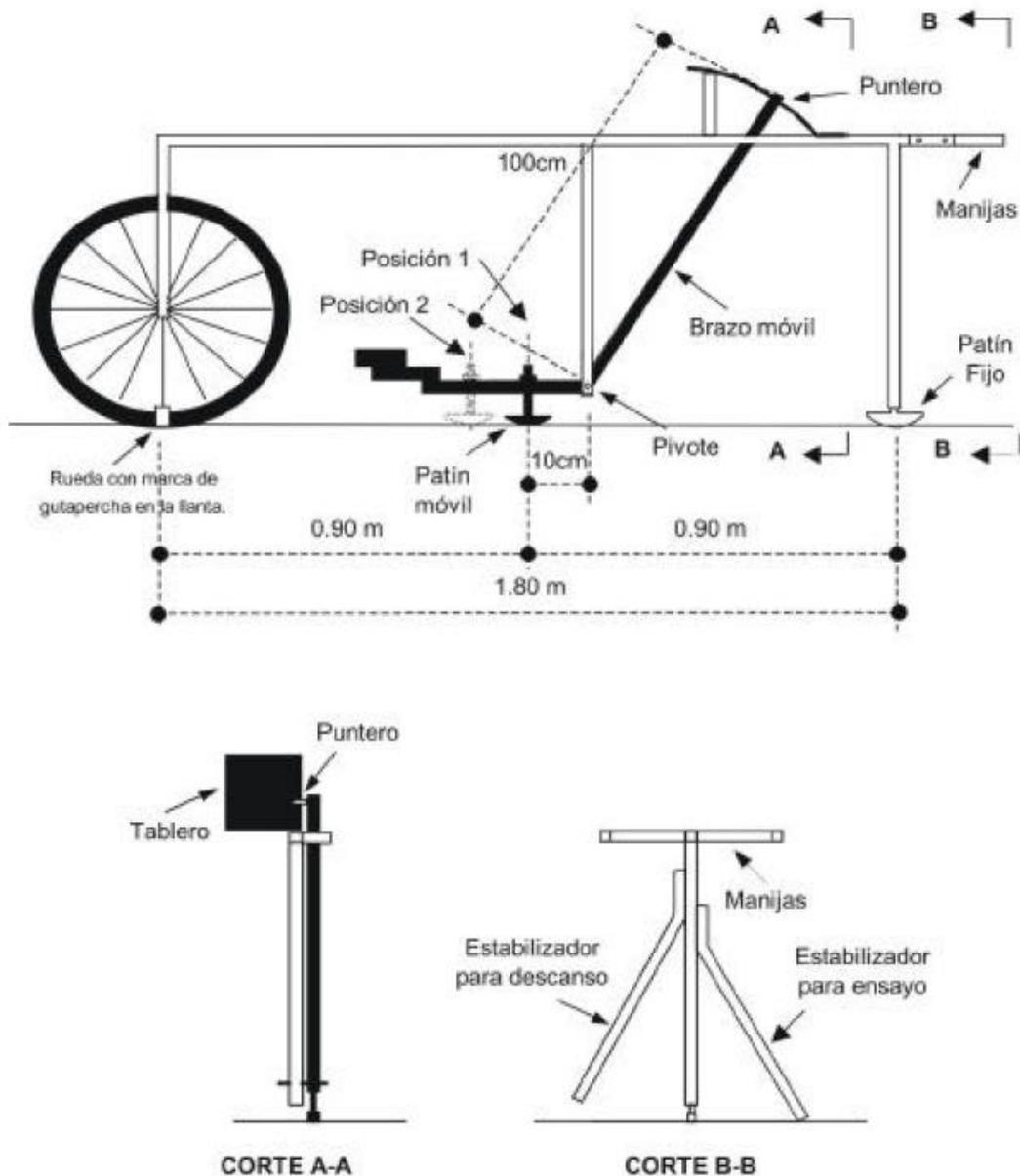
| Tipo de carretera | Rugosidad característica inicial pavimento nuevo IRI (m/Km) | Rugosidad característica inicial pavimento reforzado IRI (m/Km) | Rugosidad característica durante el período de servicio IRI (m/km) | Observación |
|--|---|---|--|---|
| Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles | 2 | 2,5 | 3,5 | Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 95% |
| Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más | 2 | 2,5 | 3,5 | Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 95% |
| Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000- 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles | 2,5 | 3 | 4 | Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 95% |
| Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000- 401 veh/día, de una calzada de dos carriles | 2,5 | 3 | 4 | Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 90% |
| Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400- 201 veh/día, de una calzada de dos carriles | 3 | 3,5 | 4,5 | Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 90% |
| Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA \leq 200 veh/día, de una calzada. | 3 | 3,5 | 4,5 | Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 85% |

Nota. MTC (2014)

2.1.3.3. El Rugosímetro Merlín. Del Aguila (1999), indicó que el rugosímetro Merlín, es un instrumento versátil, sencillo y económico, pensado especialmente para uso

en países en vías de desarrollo. Fue introducido en el Perú por iniciativa personal del autor en 1993, existiendo en la fecha (junio 1999) más de 15 unidades pertenecientes a otras tantas empresas constructoras y consultoras. Su esquema y características se muestran en la figura 19.

Figura 19
Esquema del Rugosímetro MERLIN



Nota. En la figura se aprecia las características y componentes del equipo Rugosímetro de Merlín, Del Águila (1999).



2.1.3.4. Influencia de la Geometría de la Vía en el Valor del IRI. Sanga (2019), señaló que el diseño geométrico contempla la definición tanto de la sección transversal, diseño horizontal y diseño vertical. El elemento básico para tal definición es el eje de la vía, cuyas proyecciones en planta y elevación constituyen el alineamiento horizontal y perfil longitudinal, respectivamente.

Cualquier perfil medible en la superficie del camino tendrá asociado un valor único de IRI, por lo tanto, el perfil longitudinal teórico tendrá también un valor de IRI asociado exclusivamente al diseño geométrico del camino.

Al definir el IRI como una propiedad del perfil longitudinal del camino, su cálculo debería ser independiente de la curvatura horizontal. Sin embargo, esto no es así, más aún, en vías de geometría restringida, en donde principalmente se presentan curvas de volteo o de desarrollo a media ladera, en donde se encuentra una diferencia de pendiente en tramos cortos (longitud horizontal). Adicionalmente, se genera en una curva horizontal una transición entre el bombeo natural de las pistas y el peralte máximo requerido por la curva, originando cambios en la cota del perfil longitudinal de la huella de circulación, y por lo tanto, provocado vibraciones en el vehículo. Esto último también se genera en zonas de curva y contra curva, en la cual las distancias para realizar esta transición son restringidas, lo que origina cambios de pendientes en corta longitud horizontal.

La existencia de curvas de volteo o de “desarrollo” y una serie de curvas y contra curvas en una distancia horizontal restringida puede llegar a incrementar el IRI hasta valores cercanos al límite individual permitido por las especificaciones. En el caso específico de caminos en terrenos accidentados o escarpados (clasificación por orografía 3 y 4), en donde el trazo geométrico normalmente se encuentra caracterizado por curvas sucesivas de radios reducidos y cortas distancias para el desarrollo de los peraltes, el análisis teórico del IRI se podrá incrementar sustancialmente debido al cambio de cotas



que representa en los segmentos con curva. Esta problemática se ha observado empíricamente en mediciones de IRI realizadas en el presente Corredor Vial, obteniéndose en los tramos 2 y 3 valores de IRI significativamente más altos a los esperados. Aun cuando en la literatura existen pocos estudios acerca de la influencia de las condiciones geométricas del camino en el valor del IRI, ésta problemática de determinación del IRI en caminos de geometría accidentada ha sido planteada en recientes Congresos Nacionales e Internacionales.

CAPITULO III

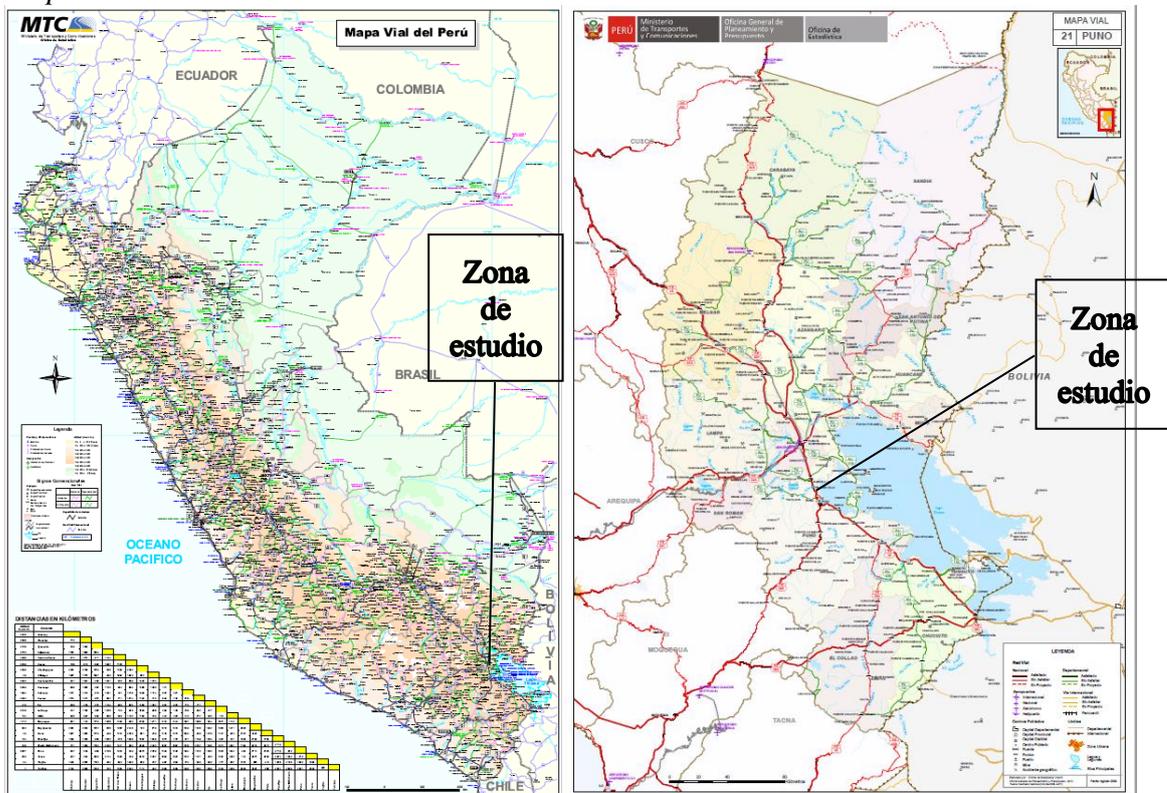
MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

El trabajo se desarrolló en la vía nacional PE-3S, carretera Juliaca Puno tramo km 1347+300 al km 1353+300 Huerta Huaraya – Puno,

Figura 20

Mapa vial del Perú



Nota. La figura muestra la zona de estudio, MTC (2016)

3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO

El estudio se ejecutó durante el año 2022



3.3. PROCEDENCIA DEL MATERIAL UTILIZADO

El material empleado es fuente primaria y fuente secundaria, en el caso de la primera, corresponde a las observaciones que se hicieron en campo, mientras que las segundas, provienen de registros que hay en instituciones como la Policía Nacional del Perú (PNP), del MTC y del INEI.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO

La población seleccionada fue la Ruta Nacional N° PE-3S (CARRETERA JULIACA – PUNO), siendo un total de 44,14 Km. Para el investigación se consideró como muestra el tramo Km 1347+300 al Km 1353+300) Huerta Huaraya, que alcanza los 6 Km.

3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO

Para establecer el diseño estadístico, es necesario identificar parte de la metodología que se ha ejecutado en el trabajo. La investigación, mantiene un enfoque epistemológico positivista, por lo que sus datos cuantitativos, pueden inferir los resultados (Manrique, 2019). Bajo la Norma Técnica Peruana NTP 732.001.2017, gestión de la I+D+i. Terminología y definiciones de las actividades de I+D+i, del Instituto Nacional de la Calidad, las investigaciones pueden ser de dos tipos básicas o aplicadas, en el caso del trabajo de investigación, es de tipo básico, pues a partir de esos resultados se da información para ser considerada en estados del arte posteriores. En el caso del nivel de la presente investigación, es descriptiva relacional, pues explica el comportamiento de una variable en función de otra (Hernandez et al, 2017). Por el grado de madurez tecnológico, está en un TRL 1, pues será una publicación de los resultados en la tesis, que se mantendrá en los repositorios institucionales (Manrique, 2019).



El planteamiento de las hipótesis, permiten la aplicación de un estadístico de asociatividad, y la comparación de medias, pues lo que está en la norma será el control a lo que se encuentre en el campo, dándose resultados dicotómicos.

3.6. PROCEDIMIENTO

Para el caso de la recolección de información, se ejecutó, la técnica de la observación, con su instrumento de ficha documental y con el instrumento ficha de observación, la primera para las fuentes secundarias y la segunda para las fuentes primarias. Los resultados se procesaron y se plantearon en tablas y figuras que se interpretaron para alcanzar las conclusiones y recomendaciones del caso.

3.7. VARIABLES

Se determinó las siguientes variables:

- V1: Diseño geométrico
 - Indicadores
 - IMDA (N° de vehículos/día)
 - Velocidad de diseño (Km/h)
 - Angulo de deflexión (°)
 - Radios mínimos (m).
 - Longitudes mínimas de curva (m)
 - Longitudes mínimas de tramos en tangente (m)
 - Longitudes mínimas de calzada (m)
 - Longitudes mínimas de carril (m)
 - Longitudes mínimas de berma (m)
 - Longitudes mínimas de sobreebanco (m)
 - Peralte mínimo (m)
- V2: Índice de rugosidad internacional



- Indicadores
 - Índice de Rugosidad Internacional (m/Km)
- V3: Seguridad vial
 - Indicadores
 - Accidentes de tránsito (N° de accidente de tránsito)

3.8. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los resultados, como documentos de origen y de recolección, fueron los siguientes:

3.8.1. Tráfico Vehicular (*IMDA*)

Para la presente investigación se realizó el conteo vehicular de acuerdo a la clasificación de vehículos establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones durante 12 horas al día, por un periodo de 7 días calendarios consecutivos. Se obtuvo 4,509 vehículos como Índice Medio Diario Anual en este sector, el mismo estuvo dado por vehículos ligeros, pesados y por ómnibus.

Tabla 26

Tráfico Vehicular IMDA por Tipo de Vehículo (veh/día)

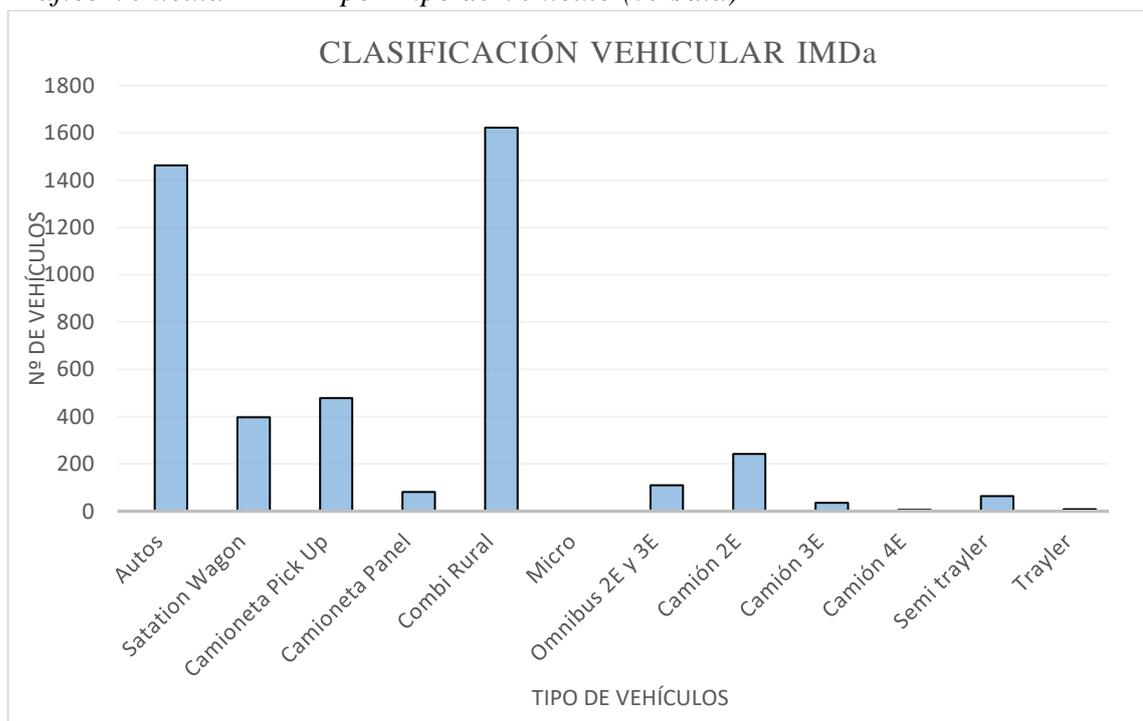
| Tipo de Vehículos | IMD | Distrib. % |
|-------------------|-------|---------------|
| Autos | 1 463 | 32,4% |
| Satation Wagon | 398 | 8,8% |
| Camioneta Pick Up | 478 | 10,6% |
| Camioneta Panel | 82 | 1,8% |
| Combi Rural | 1 622 | 36% |
| Micro | 0 | 0% |
| Omnibus 2E y 3E | 110 | 2,4% |
| Camión 2E | 242 | 5,4% |
| Camión 3E | 35 | 0,8% |

| Tipo de Vehículos | IMD | Distrib. % |
|-------------------|--------------|---------------|
| Camión 4E | 6 | 0,1% |
| Semi trayler | 64 | 1,4% |
| Trayler | 9 | 0,2% |
| TOTAL IMD | 4 509 | 100.0% |

Nota. La tabla muestra el resultado del conteo vehicular realizado en el tramo de estudio, los cuales se muestra en el ANEXO B.

Figura 21

Tráfico Vehicular IMDA por Tipo de Vehículo (veh/día)



Nota. Las barras muestran la distribución de numero de vehículo, por tipo.

Figura 22

Conteo Vehicular por Tipo de vehículo.



Nota. La imagen muestra el conteo vehicular realizado en la progresiva Km 1353+000.

3.8.2. Topografía

A. Levantamiento de Información

Para el levantamiento topográfico se empleó un dron Phantom 4, estableciendo puntos de control con estación total marca Leica ET-04, siendo los BM's (fotocontroles) puntos de referencia.

Tabla 27

Coordenadas Puntos de Control Topográfico UTM WGS-84

| N° | Este | Norte | Elevación | Descripción |
|----|-------------|---------------|-----------|-------------|
| 1 | 389 368,792 | 8 251 143,394 | 3 997,082 | FC-1 |
| 2 | 389 329,812 | 8 251 176,518 | 3 994,297 | FC-2 |
| 3 | 389 005,014 | 8 251 272,893 | 3 981,334 | FC-3 |
| 4 | 388 966,289 | 8 251 248,650 | 3 982,369 | FC-4 |
| 5 | 389 040,888 | 8 251 419,877 | 3 978,947 | FC-5 |
| 6 | 389 012,052 | 8 251 422,076 | 3 979,193 | FC-6 |
| 7 | 388 917,372 | 8 251 611,656 | 3 972,157 | FC-7 |
| 8 | 388 931,485 | 8 251 634,876 | 3 969,983 | FC-8 |
| 9 | 388 882,017 | 8 251 628,473 | 3 976,471 | FC-9 |
| 10 | 388 924,079 | 8 251 882,860 | 3 964,149 | FC-10 |
| 11 | 388 904,312 | 8 251 880,079 | 3 968,108 | FC-11 |
| 12 | 388 902,607 | 8 252 047,175 | 3 958,347 | FC-12 |
| 13 | 388 880,540 | 8 252 041,060 | 3 965,936 | FC-13 |



| N° | Este | Norte | Elevación | Descripción |
|----|-------------|---------------|-----------|-------------|
| 14 | 388 949,661 | 8 252 278,971 | 3 947,755 | FC-14 |
| 15 | 388 926,229 | 8 252 282,530 | 3 954,548 | FC-15 |
| 16 | 388 891,911 | 8 252 441,194 | 3 939,680 | FC-16 |
| 17 | 388 871,756 | 8 252 441,942 | 3 944,171 | FC-17 |
| 18 | 388 937,548 | 8 252 575,660 | 3 935,766 | FC-18 |
| 19 | 388 915,733 | 8 252 579,858 | 3 940,814 | FC-19 |
| 20 | 388 936,313 | 8 252 730,056 | 3 930,009 | FC-20 |
| 21 | 388 914,527 | 8 252 726,045 | 3 936,834 | FC-21 |
| 22 | 389 098,454 | 8 253 029,467 | 3 916,103 | FC-22 |
| 23 | 389 064,894 | 8 253 044,689 | 3 927,547 | FC-23 |
| 24 | 389 017,934 | 8 253 341,838 | 3 903,817 | FC-24 |
| 25 | 389 162,402 | 8 253 595,729 | 3 893,810 | FC-25 |
| 26 | 389 144,737 | 8 253 607,267 | 3 901,019 | FC-26 |
| 27 | 389 236,756 | 8 253 718,531 | 3 886,860 | FC-27 |
| 28 | 389 322,150 | 8 253 888,805 | 3 879,489 | FC-28 |
| 29 | 389 301,087 | 8 254 090,551 | 3 879,290 | FC-29 |
| 30 | 389 282,385 | 8 254 093,528 | 3 886,469 | FC-30 |
| 31 | 389 341,522 | 8 254 286,931 | 3 885,121 | FC-31 |
| 32 | 389 315,294 | 8 254 281,918 | 3 897,381 | FC-32 |
| 33 | 389 339,209 | 8 254 447,719 | 3 887,786 | FC-33 |
| 34 | 389 326,476 | 8 254 449,458 | 3 887,555 | FC-34 |
| 35 | 389 338,259 | 8 254 717,802 | 3 892,338 | FC-35 |
| 36 | 389 372,245 | 8 254 851,931 | 3 893,857 | FC-37 |
| 37 | 389 387,250 | 8 254 849,233 | 3 893,519 | FC-38 |
| 38 | 389 512,175 | 8 255 047,366 | 3 894,754 | FC-39 |
| 39 | 389 492,791 | 8 255 047,253 | 3 899,785 | FC-40 |

Nota: La tabla muestra las coordenadas, elevación y descripción de los fotocontroles ubicados sobre terreno natural.

Una vez monumentado los puntos de control distribuidos en todo el tramo de la vía que se estudió, se procedió a un vuelo con una altura de 40m, para con una velocidad de 10m/s.

Figura 23

Puntos de Control en la Ruta de Estudio desde la Progresiva Km 1347+300 al 1349+540.



Nota. La imagen muestra los puntos de fotocontrol FC-39 al FC-36

Figura 24

Puntos de Control en la Ruta de Estudio desde la Progresiva Km 1349+540 al 1350+480.



Nota. La imagen muestra los puntos de fotocontrol FC-35 al FC-25

Figura 25

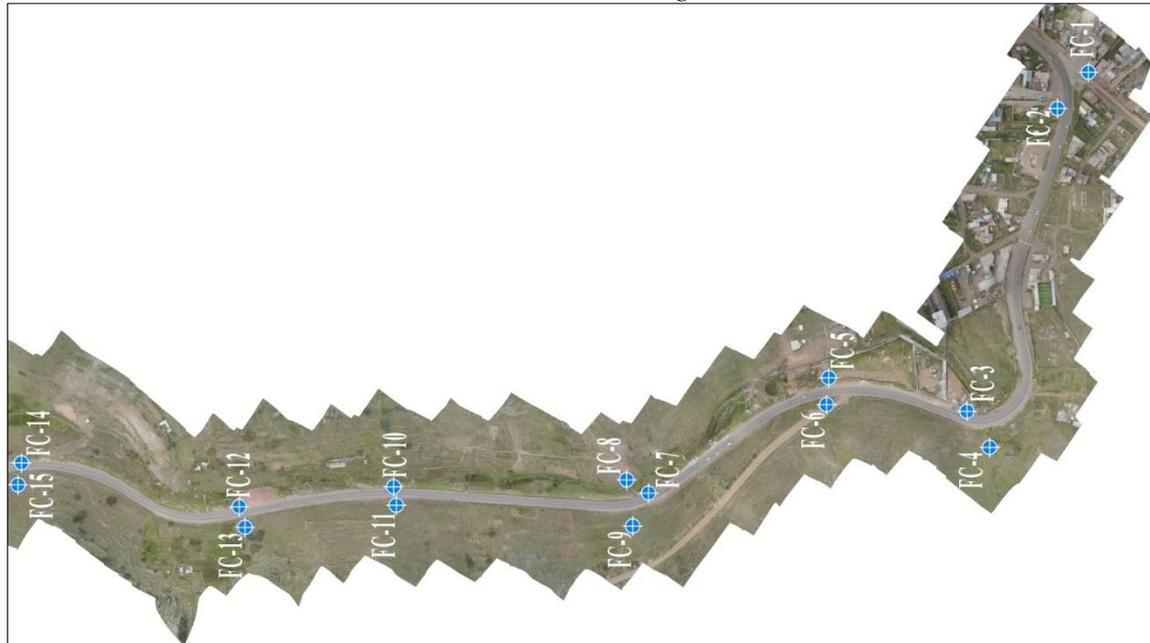
Puntos de Control en la Ruta de Estudio desde la Progresiva Km 1350+480 al 1352+170.



Nota. La imagen muestra los puntos de fotocontrol FC-24 al FC-16

Figura 26

Puntos de Control en la Ruta de Estudio desde la Progresiva Km 1352+170 al 1353+300.



Nota. La imagen muestra los puntos de fotocontrol FC-15 al FC-1

Figura 27

Recolección de Información Topográfica en el Tramo de Estudio.



(a)



(b)



(c)



(d)

Nota. Las figuras muestra la recolección de datos en campo, a) y b) colocación de puntos de control topográfico, c) Levantamiento topográfico con Estación Total datos de los puntos de control, d) manejo de Dron Phantom 4.

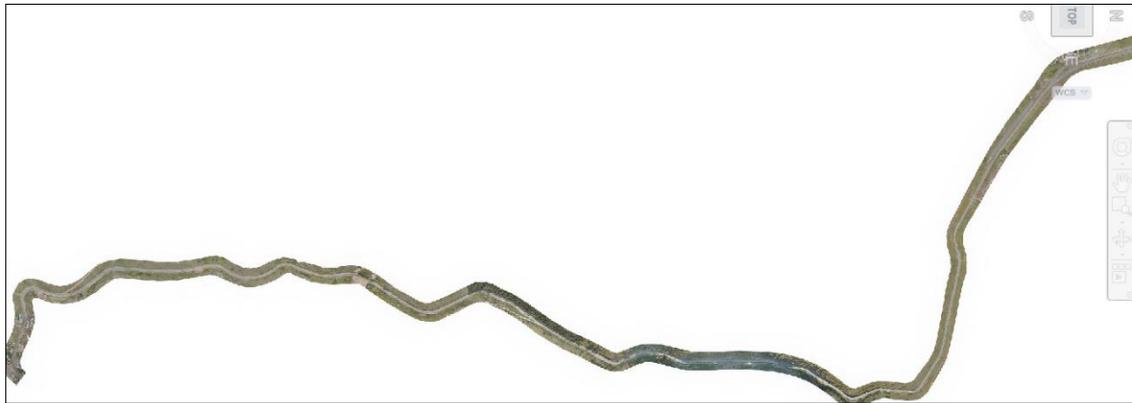
B. Procesamiento de Datos

Se utilizó el software Agisoft PhotoScan Professional, para procesar ortofotos, previamente las fotografías obtenidas vienen georreferenciadas, para lo cual se prosiguió los siguientes pasos:

- Se añadió 923 fotografías se procedió a orientar las fotografías.
- Se creó una nube de puntos densa, con alta precisión, y así generar el modelamiento con elevación digital.
- Una vez que se tiene el Modelo de elevación digital (MDE), se da origen en generar la ortofotos que fueron tomadas en campo, y estas nos facilitara a tomar mediciones de los elementos geométricos de la carretera existente.
- Se empleó el software Civil 3D 2017 Metric, para el procesamiento de las curvas de nivel y así obtener los datos de la vía, en planimetría, perfiles y secciones transversales.

Figura 28

Mosaico de Fotos

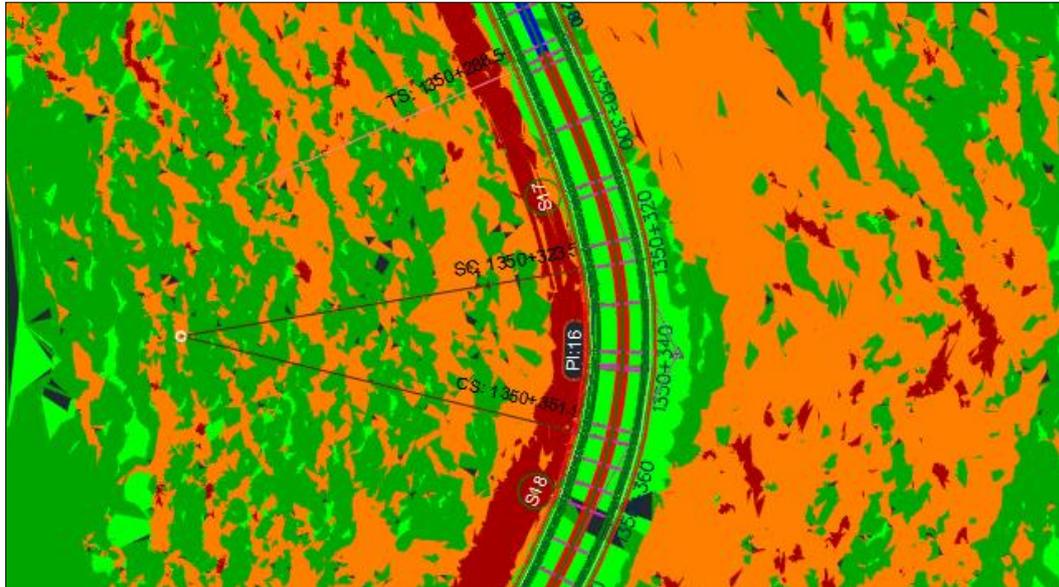


Nota. Se muestra todo el tramo que fue estudiado en la presente investigación.

C. Orografía

De la nube densa de puntos procesados con el software Civil 3D Metric, se obtiene que la orografía del tramo de estudio es ondulada en gran porcentaje y seguido por accidentada.

Figura 29
Clasificación de la Superficie por Pendientes



Nota. Se visualiza por colores el tipo de superficie, el cual se detalla en la tabla 28.

Tabla 28
Porcentaje de orografía en el tramo de estudio

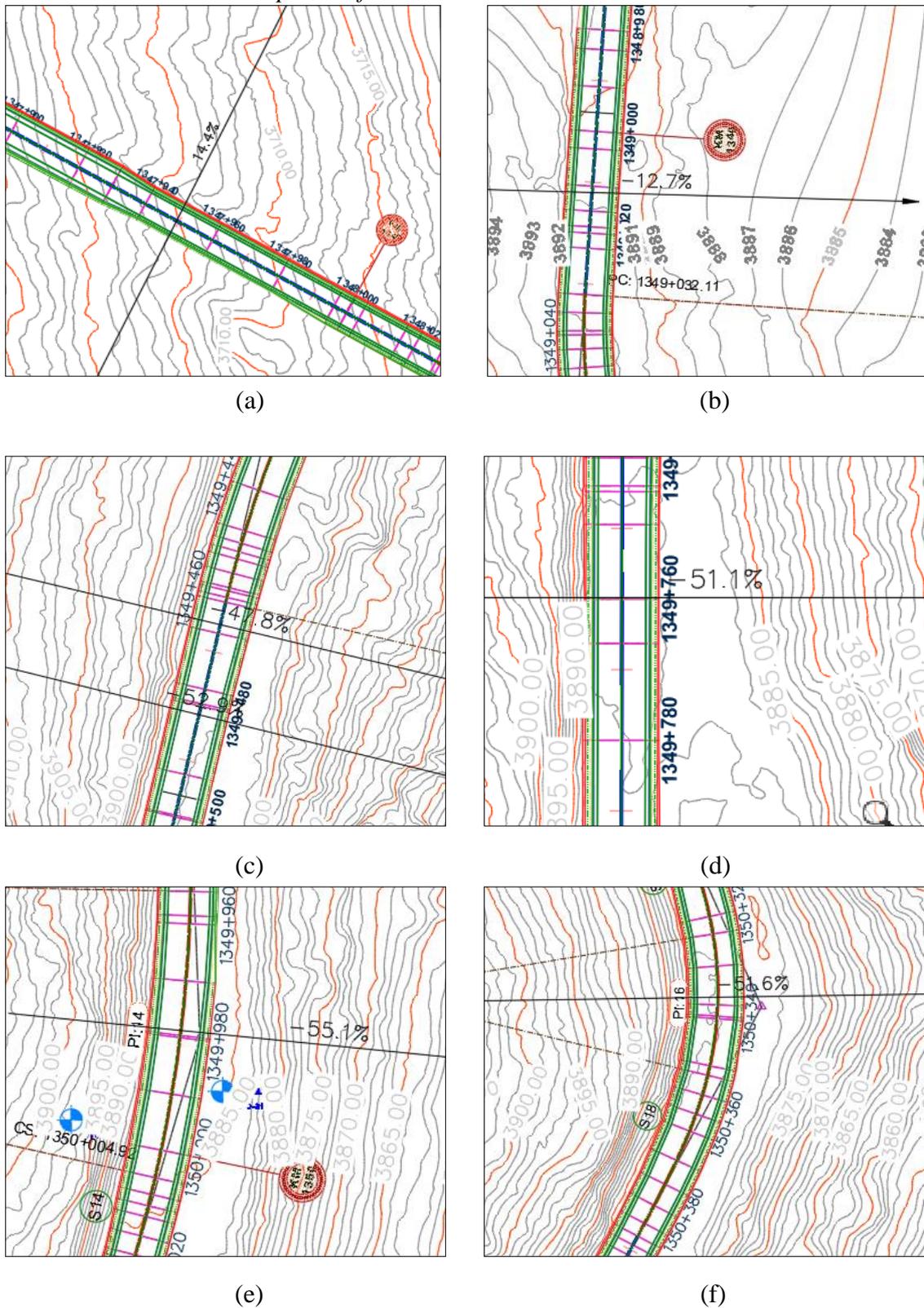
| Orografía | Área (m ²) | % | Color |
|-------------|------------------------|---------|-------|
| Plana | 68 139,71 | 9,32% | |
| Ondulada | 337 779,36 | 46,18% | |
| Accidentado | 247 928,82 | 33,90% | |
| Escarpado | 77 610,19 | 10,61% | |
| Total | 731 458,08 | 100,00% | |

Nota. Esta clasificación nos permitirá determinar y clasificar el tipo de carretera.

El Manual de Diseño Geométrico para carreteras, MTC (2018) indica que se debe hacer mediciones en las secciones transversales para el cálculo de las pendientes transversales y así poder determinar su clasificación de la vía por orografía, para la cual se hizo las mediciones que se muestra en la figura 30 y figura 31.

Figura 30

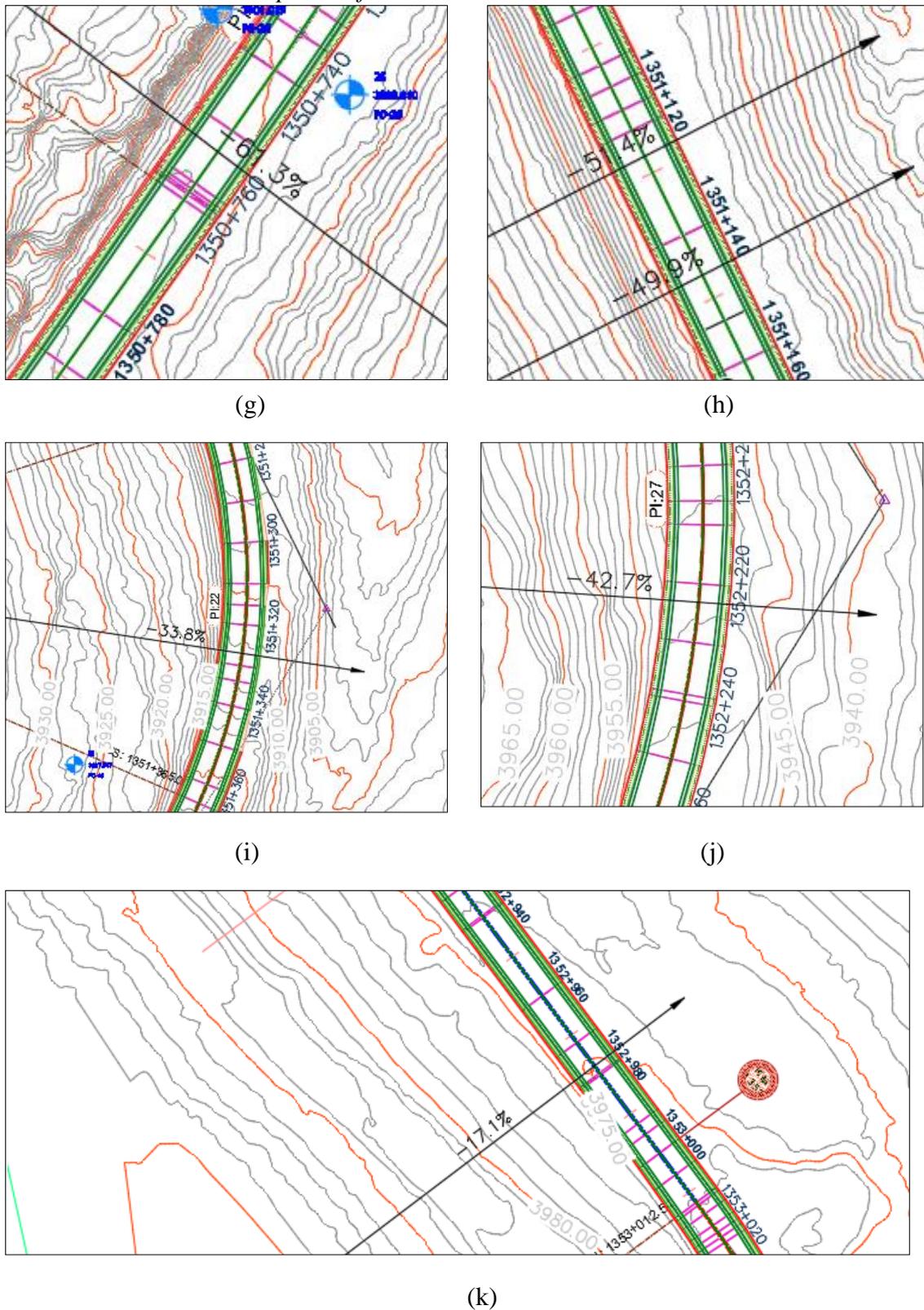
Pendientes Transversales para Diferentes Tramos de la Vía.



Nota. Las figuras muestra pendientes transversales, a) Km 1348+000, b) Km 1349+000, c) Km 1349+460 y 1349+480, d) Km 1349+760, e) Km 1350+000, f) Km 1350+340.

Figura 31

Pendientes Transversales para Diferentes Tramos de la Vía.



Nota. Las figuras que se muestra es continuación de la figura 30 para pendientes transversales, k) Km 1350+750, h) Km 1351+120 y 1351+140, i) Km 1351+330, j) Km 1352+220, k) Km 1353+000.

De las mediciones realizadas en las figuras 30 y 31, se presenta el resume de pendientes en la tabla 29.

Tabla 29

Resumen de Pendientes Calculadas.

| Progresiva | Pendiente | Orografía |
|------------|-----------|-------------|
| 1348+000 | 14,40% | Ondulada |
| 1349+000 | 12,70% | Ondulada |
| 1349+460 | 47,80% | Ondulada |
| 1349+480 | 52,90% | Accidentado |
| 1349+760 | 51,10% | Accidentado |
| 1350+000 | 55,10% | Accidentado |
| 1350+340 | 51,60% | Accidentado |
| 1350+750 | 61,30% | Accidentado |
| 1351+120 | 51,40% | Accidentado |
| 1351+140 | 49,90% | Ondulada |
| 1351+330 | 33,80% | Ondulada |
| 1352+200 | 42,70% | Ondulada |
| 1353+000 | 17,10% | Ondulada |

Nota. Se muestra los resultados de pendientes obtenidas para tramos representativos, que se muestra en las figuras 30 y 31.

Del resumen de pendientes calculadas se aprecia que de la progresiva Km 1347+300 hasta Km 1349+470 y desde las progresiva Km 1351+130 hasta Km 1353+300 presenta orografía ondulada, así mismo existe un tramo con orografía accidentada que comprende desde Km 1349+470 hasta 1351+130, las mismas que se puede apreciar en la figura 32.

Figura 32

Delimitación de Tramos por Tipo de Orografía



Nota. Se muestra un resumen para todo el tramo de estudio, clasificado por orografía el tipo de vía.

3.8.2.1. Velocidad. Se realizó mediciones de tiempo en (segundos) para un tramo de 20 m de longitud, en la vía de estudio, a los datos recolectados y asumiendo que la aceleración es constante se aplicó la siguiente fórmula para el cálculo de velocidades.

$$V = \frac{L}{T}$$

Donde:

- V : Es la velocidad calculada, en (m/s)
- L : Es la longitud del tramo de vía, en (m).
- T : Se refiere al tiempo en que atraviesa el vehículo dicho tramo, en (s)

Una vez hecha los cálculos de velocidad, promediaremos las velocidades para tener velocidades promedio. Para el diseño geométrico se requiere velocidades en (Km/h), por ende se hace la conversión a (Km/h) y se tiene los siguientes resultados que se muestra en la tabla 30.

Tabla 30

Promedio de las Mediciones de Velocidades

| Tipo de vehículo | Puno - Juliaca | Juliaca - Puno |
|-------------------|----------------|----------------|
| Vehículos Ligeros | 79,37 Km/h | 80,51 Km/h |
| Buses | 72,02 Km/h | 70,83 Km/h |
| Camión | 71,43 Km/h | 64,52 Km/h |
| Traylers | 64,91 Km/h | 58,35 Km/h |

Nota. La tabla muestra el resumen de velocidades promedio medidos en campo, los mismos que se muestra en el Anexo G.

Turpo (2018) elaboró un registro de mediciones en los tramos de investigación, las mediciones realizó con el instrumento “Pistola de Radar de Velocidades BUSHNELL II, con 100 m de distancia promedio a los vehículos. pues en cortas distancias cabe la posibilidad de generar errores de medición. Así mismo el autor clasifica y agrupa los vehículos en:

- Vehículos ligeros: Autos, Pick Up, Panel, combis rurales y combis urbanos.



- Buses : Ómnibus de 2, 3 y 4 ejes.
- Camión : Camiones de 2, 3 y 4 ejes.
- Trailers : 2S1, 2S2, 2S3, 3S1, 3S2, >=3S3, 2T2, 2T3, 3T2 y >=3T3.

El percentil 85 se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 31

Percentil 85 de las Mediciones de Velocidades en (km/h)

| Resumen de percentil 85 | | | | | | | | |
|-------------------------|-------------------|-------|-------|-------|--------|-------|----------|-------|
| Dirección | Vehículos ligeros | | Buses | | Camión | | Traylers | |
| | P-J | J-P | P-J | J-P | P-J | J-P | P-J | J-P |
| P85 | 80,00 | 74,00 | 72,00 | 69,00 | 68,00 | 63,00 | 62,00 | 56,00 |

Nota. La tabla el resumen del percentil 85, Turpo (2018)

Donde:

- P-J: Se refiere a mediciones hechas a vehículos con dirección de Puno a Juliaca.
- J-P: Se refiere a mediciones hechas a vehículos con dirección de Juliaca a Puno.

3.8.3. Determinación del índice de rugosidad internacional empleando el rugosímetro Merlín.

A. Levantamiento de Información

Se empleó el equipo Merlín, para la medición en campo, aplicado en todo el tramo en estudio, ejecutado por 2 persona que trabajaron conjuntamente, un operador que conduce el equipo y realiza las lecturas y un auxiliar que las anota. Las mediciones se efectuaron siguiendo la huella exterior del tráfico, esto para ambos carriles.

Doscientas observaciones se realizaron para determinar un valor de rugosidad, en intervalos distribuidos a cada 2 m. de distancia en un tramo de 400 m, en donde se apreció las irregularidades del pavimento (desviaciones relativas a la cuerda promedio), las mismas que fueron registradas lo detectado por el patín móvil del equipo Merlín, y que a su vez son indicadas por la posición que adopta el puntero sobre la escala graduada del tablero, generándose de esa manera las lecturas.

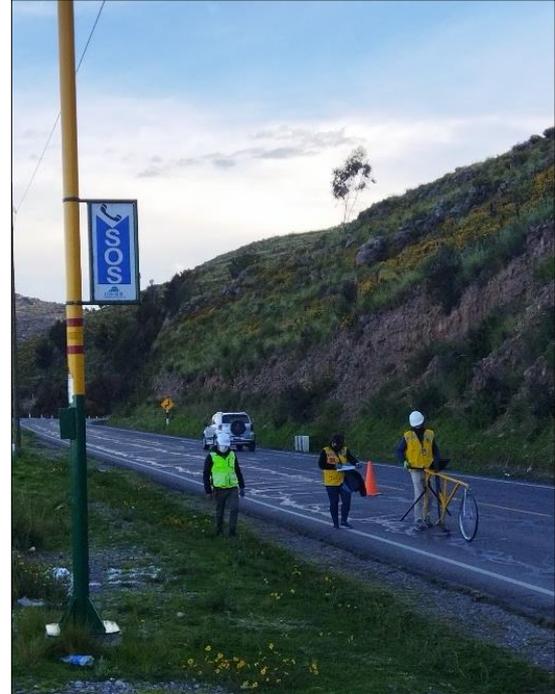
Todo el proceso de mediciones se realizaron a una velocidad promedio de 2 km/h.

Figura 33

Medición de Rugosidad con el Equipo MERLIN



(a)



(b)

Nota. Las imágenes a) y b) muestran el trabajo investigación realizada en el tramo de estudio.

En cada observación se hizo descansar el instrumento sobre la superficie de rodadura de la vía, este se apoya en puntos fijos tales como la rueda de equipo, el apoyo fijo trasero y es estabilizador para ensayo. La posición adoptada por el puntero correspondió a una lectura entre 1 y 50, la que se anotó en un formato de campo el cual consta de una cuadrícula compuesta por 10 filas y 20 columnas; empezando por el casillero (1,1), los datos se llenaron de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo.

Figura 34

Formato para Recolección de Datos del IRI en Campo

| LECTURAS DEL ENSAYO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | TIPO DE PAVIMENTO |
|---------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------------------|--------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | |
| 1 | 25 | 24 | 27 | 28 | 25 | 24 | 28 | 27 | 30 | 27 | 25 | 27 | 30 | 27 | 21 | 22 | 32 | 21 | 25 | 30 | AFIRMADO |
| 2 | 26 | 33 | 27 | 29 | 27 | 26 | 25 | 27 | 25 | 25 | 24 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 27 | 27 | 25 | 26 | BASE GRANULAR |
| 3 | 25 | 24 | 26 | 26 | 26 | 27 | 25 | 25 | 25 | 25 | 27 | 25 | 25 | 25 | 25 | 26 | 26 | 25 | 24 | 26 | BASE IMPRIMADA |
| 4 | 24 | 24 | 24 | 25 | 24 | 24 | 24 | 25 | 26 | 25 | 25 | 25 | 26 | 26 | 27 | 25 | 25 | 25 | 25 | 24 | TRAT. BI-CAPA |
| 5 | 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | CARPETA EN FRIO |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | CARPETA EN CALIENTE | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | RECAPEO ASFÁLTICO |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | SELLO |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | RECUBRIMIENTO BITUMINOSO |

Nota. Es el formato utilizado para la investigación, las mismas que se muestran en el Anexo D

Para las 200 lecturas, se dio inicio a la prueba, estacionando el equipo al inicio de la superficie de ensayo, esperando que el puntero se estabilice, para así levantar la información que brindó la posición respecto de la escala colocada sobre el tablero. Luego se continuó con el ensayo, pues se toma el instrumento por las manijas, elevándolo y desplazándolo la distancia constante seleccionada para usarse entre un ensayo y otro (una vuelta de la rueda), todo esto es lo que se repite en cada lectura, las mismas que fueron con estacionamiento de la rueda en la misma posición.

B. Procedimiento de cálculo del IRI

Cálculo del Rango “D”. Del Aguila (1999), señaló para 200 datos se tomará una escala arbitraria de 50 unidades colocadas sobre el tablero del rugosímetro. La división N° 25 es la posición central y de coincidir el puntero en esta división quiere decir que la



superficie se encuentra totalmente llano sin depresiones, por otro lado si las lecturas son cercanas a la posición 25, quiere decir que la vía presenta rugosidad baja, y si las lecturas son alejadas de la posición 25, el pavimento presenta rugosidad elevada.

De los datos registrados debe eliminar el 10% de los datos obtenidos 5% para datos inferiores y 5%, esto una vez expresado en forma de histogramas para las cuales se estableció en Rango de valores agrupados en intervalos de frecuencia “D”. Este Rango obtenido se expresó en (mm), por ende se multiplica la cifra obtenida por el valor que tiene cada unidad en (mm).

Figura 35

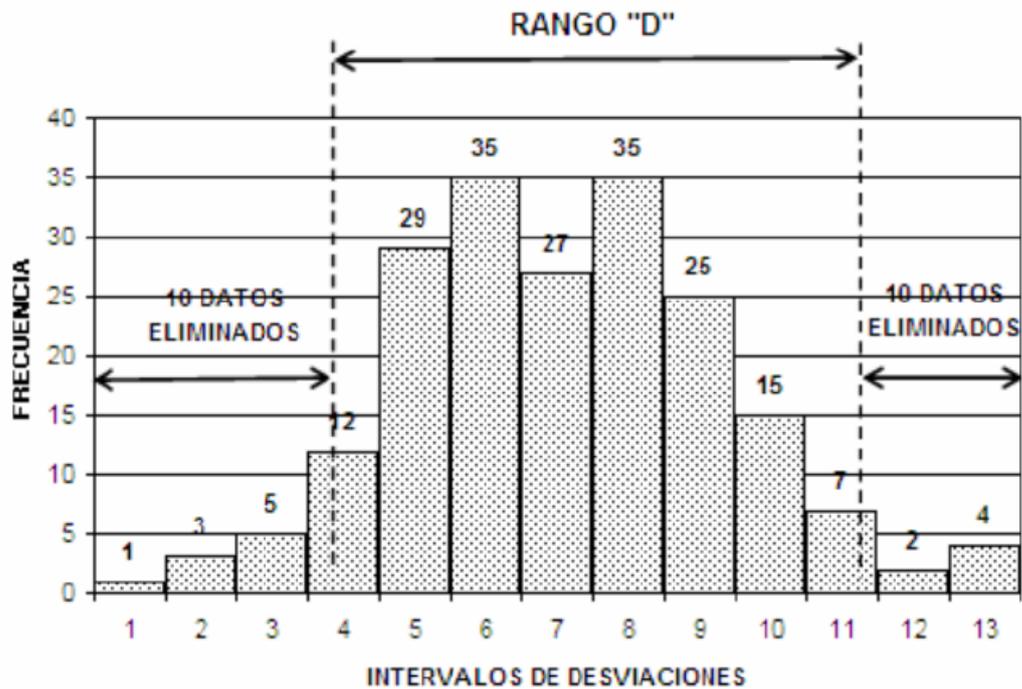
Configuración de tablero del MERLIN

| | | | | |
|--------------------|-------------|-------------|----|----|
| RUGOSIMETRO MERLIN | | | 50 | |
| 1 DIVISIÓN = 5 mm | | | 49 | |
| | DEPRESIONES | | 48 | |
| | | | 47 | |
| | | | 46 | |
| | | | 45 | |
| | | | 44 | |
| | | | 43 | |
| | | | 42 | |
| | | | 41 | |
| | | | 40 | |
| | | | 39 | |
| | | | 38 | |
| | | | 37 | |
| | | | 36 | |
| | | | 35 | |
| | | | 34 | |
| | | | 33 | |
| | | | 32 | |
| | | | 31 | |
| | | | 30 | |
| | | | 29 | |
| | | | 28 | |
| | | | 27 | |
| | | | 26 | |
| | | ELEVACIONES | | 25 |
| | | | | 24 |
| | | | | 23 |
| | | | 22 | |
| | | | 21 | |
| | | | 20 | |
| | | | 19 | |
| | | | 18 | |
| | | | 17 | |
| | | | 16 | |
| | | | 15 | |
| | | | 14 | |
| | | | 13 | |
| | | | 12 | |
| | | | 11 | |
| | | | 10 | |
| | | | 9 | |
| | | | 8 | |
| | | | 7 | |
| | | | 6 | |
| | | | 5 | |
| | | | 4 | |
| | | | 3 | |
| | | | 2 | |
| | | | 1 | |

Nota. Se muestra la configuración del tablero en donde se posiciona el puntero.

Figura 36

Histograma de la distribución de frecuencias.



Nota. Histograma para cada 200 datos recolectado, Del Aguila (1999).

Factor de Corrección para el Ajuste de “D”. Del Aguila (1999), indicó que el desgaste del patín del brazo móvil, hace que la condición de relación de los brazos del Rugosímetro de 1 a 10 a veces cambia. Este factor de corrección emplea el disco circular de bronce cuyo diámetro es de 5 cm. aproximadamente y de 6 mm. de espesor de diámetro, para lo cual se ejecuta lo siguiente:

- Determinar el espesor de la pastilla, en milímetros, aplicando un calibrador para lograr un décimo de mm. de aproximación. Se calculó el espesor como el valor promedio tomando 4 medidas opuestas diametralmente.
- Colocar el rugosímetro sobre una superficie plana y hacer la lectura respectiva a la posición que adopta el puntero, estando el patín móvil sobre el piso. Luego se levantó el patín y se colocó la pastilla de calibración debajo de él, apoyándola sobre el piso, de no presentarse este suceso se calculó el factor de corrección con la siguiente fórmula:



$$F.C. = \frac{EP * 10}{[(LI - LF) * 5]}$$

Donde:

- EP: Se refiere al espesor de la pastilla.
- LI: Es la posición inicial del puntero.
- LF: Es la posición final del puntero.

Variación de relación de brazos. Del Aguila (1999), admitió dos posiciones para el patín del brazo pivotante.

- La posición que se ubica a 10 cm del punto de pivote es utilizado para vías con superficie de rodadura nuevos con presencia de baja rugosidad. En ese caso la relación de brazos utilizada será 1 a 10.
- La posición que se ubica a 20 cm del punto de pivote es utilizado para vías con superficie de rodadura deteriorada. En este caso la relación de brazos será 1 a 5. De usar esta posición, el valor D obtenido deberá multiplicarse por un factor de 2.

Cálculo del Rango “D” corregido. Del Aguila (1999), indicó que el valor D calculado, deberá modificarse considerando el F.C. y la Relación de Brazos. Para esta investigación se utilizó la relación de brazos (RB=1). Este valor llevado a condiciones estándar es la rugosidad en “unidades MERLIN”.

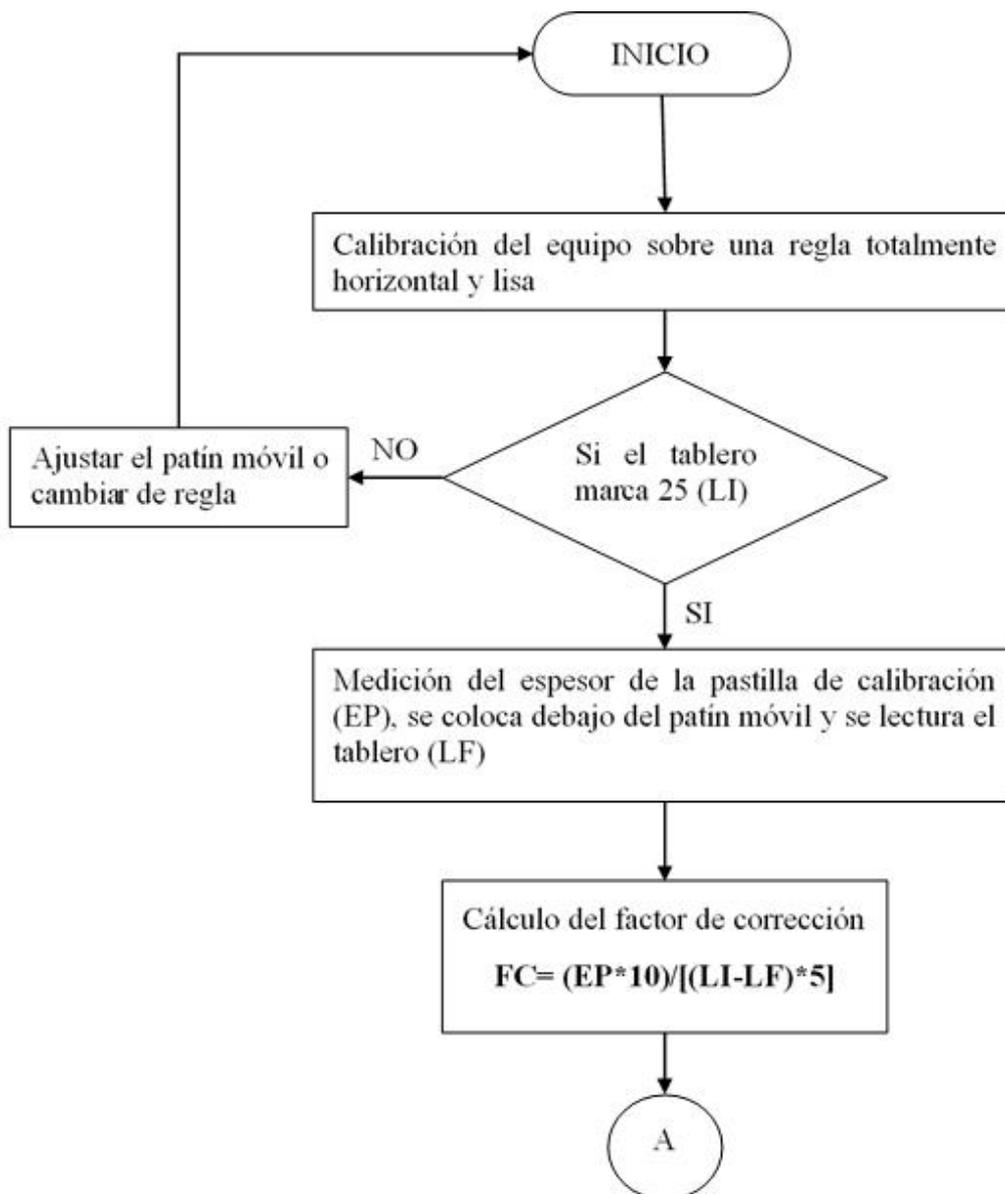
Determinación de la rugosidad en la escala del IRI.

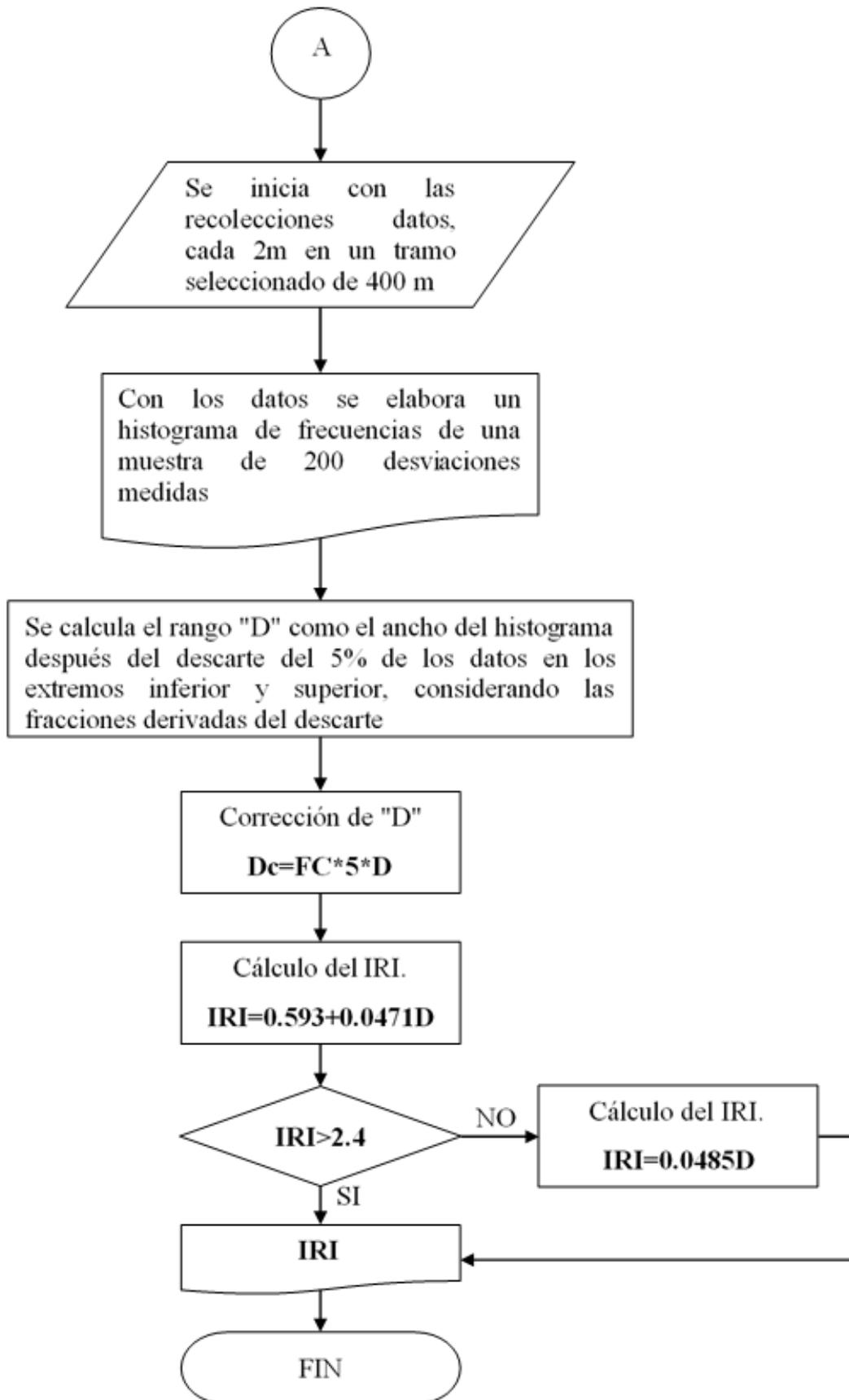
Correlaciones D versus IRI. Del Aguila (1999), indicó que para relacionar la rugosidad determinada con el MERLIN con el IRI, se utilizan las siguientes expresiones:

- Cuando $2,4 < IRI < 15,9$; entonces $IRI = 0,593 + 0,0471 * D$
- Cuando $IRI < 2,4$; entonces $IRI = 0,0485 * D$

Entonces, para transformar la rugosidad de unidades MERLIN a la escala del IRI, se utilizó las expresiones de correlación. Aplicando la expresión para el caso de $IRI < 2,5$.

C. Diagrama de Flujo del Cálculo del IRI con el Merlín.





Nota. Diagrama de flujo utilizado para la investigación, Almanza (2014)

D. Resumen de resultados obtenidos

Para el tramo en estudio obtuvo un total de 15 ensayos de IRI tal como se detalla en la tabla 32.

Tabla 32
Resumen del Ensayo de Rugosidad

| N° | Carril derecho | Carril izquierdo | Promedio tramo | Progresiva (Km) |
|----------|----------------|------------------|----------------|---------------------|
| IRI 1 | 1,5 | 1,7 | 1,6 | 1353+300 - 1352+900 |
| IRI 2 | 2,5 | 1,9 | 2,2 | 1352+900 - 1352+500 |
| IRI 3 | 1,5 | 1,8 | 1,6 | 1352+500 - 1352+100 |
| IRI 4 | 1,5 | 1,7 | 1,6 | 1352+100 - 1351+700 |
| IRI 5 | 1,4 | 2,4 | 1,9 | 1351+700 - 1351+300 |
| IRI 6 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1351+300 - 1350+900 |
| IRI 7 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1350+900 - 1350+500 |
| IRI 8 | 1,4 | 2,4 | 1,9 | 1350+500 - 1350+100 |
| IRI 9 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1350+100 - 1349+700 |
| IRI 10 | 1,4 | 1,3 | 1,3 | 1349+700 - 1349+300 |
| IRI 11 | 1,3 | 1,1 | 1,2 | 1349+700 - 1349+300 |
| IRI 12 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1349+300 - 1348+900 |
| IRI 13 | 1,4 | 1,7 | 1,5 | 1348+500 - 1348+100 |
| IRI 14 | 1,4 | 1,5 | 1,5 | 1348+100 - 1347+700 |
| IRI 15 | 1,5 | 1,3 | 1,4 | 1347+700 - 1347+300 |
| PROMEDIO | 1,5 | 1,7 | 1,6 | |

Nota: La tabla muestra los resultados de IRI obtenido para los ensayos realizados en el tramo de estudio.

3.8.4. Accidente de tránsito.

3.8.4.1. Accidentes de tránsito reportados. Como señaló la Decima Macro Región Policial Puno (PNP, 2021), mediante OFICIO N° 12-2021-SCG-X-MACREPOL-PUNO/UNIPLA-EST e informe complementario agosto del 2022 nos remite reporte de accidentes de tránsito en el sector Huerta Huaraya (periodo 2015-2022) jurisdicción de la Comisaria PNP Alto Puno.

Tabla 33

Resumen del Ensayo de Rugosidad

| Año | Cantidad | Fecha | Ubicación | Lugar o sector | Comisaría PNP | Tipo de accidente | | |
|-----------|----------|-----------|-----------|----------------|-----------------|--------------------|-----------------|---------------|
| 2017 | 5 | 14-ene-17 | 1352 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Despiste | | |
| | | 20-feb-17 | 1350 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Choque | | |
| | | 21-feb-17 | 1349 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Choque por alcance | | |
| | | 24-mar-17 | 1350 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Despiste | | |
| | | 16-abr-17 | 1350 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Despiste | | |
| | | 01-ene-18 | 1350+500 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Despiste | | |
| 2018 | 13 | 28-feb-18 | 1352 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Peligro Común | | |
| | | 28-mar-18 | 1351+100 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Despiste | | |
| | | 05-abr-18 | 1349 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Choque | | |
| | | 23-abr-18 | 1351 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Despiste | | |
| | | 23-abr-18 | 1351 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Despiste | | |
| | | 26-may-18 | 1351+900 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Choque | | |
| | | 26-may-18 | 1350 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Choque | | |
| | | 29-jun-18 | 1352 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Despiste | | |
| | | 21-ago-18 | 1350 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Choque | | |
| | | 22-ago-18 | 1352 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Despiste | | |
| | | 29-ago-18 | 1352+200 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Choque Doble | | |
| | | 04-oct-18 | 1352 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Despiste | | |
| | | 2019 | 5 | 23-jul-19 | 1350 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Peligro común |
| | | | | 04-set-19 | 1353 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Despiste |
| 03-oct-19 | 1350 | | | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Peligro común | | |
| 07-nov-19 | 1350 | | | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Choque | | |
| 23-dic-19 | 1351 | | | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Choque | | |
| 2020 | 10 | 04-ene-20 | 1351 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Choque | | |
| | | 17-feb-20 | 1350 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Despiste | | |
| | | 26-feb-20 | 1353 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Choque | | |
| | | 16-mar-20 | 1350 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Choque | | |

| Año | Cantidad | Fecha | Ubicación | Lugar o sector | Comisaría PNP | Tipo de accidente | |
|-----------|-----------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|----------|
| 2021 | 5 | 23-may-20 | 1353 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Choque por alcance | |
| | | 23-may-20 | 1350 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Choque | |
| | | 04-set-20 | 1350 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Choque | |
| | | 30-oct-20 | 1353 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Despiste | |
| | | 21-dic-20 | 1350 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Choque | |
| | 21-dic-20 | 1353 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Choque | | |
| | 2022 | 10 | 04-feb-21 | 1351 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Despiste |
| | | | 30-dic-21 | 1351 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Despiste |
| | | | 14-abr-21 | 1350+300 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Despiste |
| | | | 07-may-21 | 1352 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Despiste |
| 12-jul-21 | | | 1351+200 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Despiste | |
| 31-ene-22 | | | 1352 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Despiste | |
| 24-feb-22 | | | 1350+150 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Despiste | |
| 05-mar-22 | | | 1351 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Choque | |
| 30-mar-22 | | | 1351 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Despiste | |
| 03-abr-22 | | | 1350+500 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Despiste | |
| 10-abr-22 | 1350+850 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Despiste | | | |
| 02-jun-22 | 1351 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Despiste | | | |
| 06-jul-22 | 1352+300 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Despiste | | | |
| 26-jul-22 | 1349+500 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Despiste | | | |
| 23-ago-22 | 1353 | Huerta Huaraya | Comis-Alto Puno | Despiste | | | |
| Total = | | 48 Accidentes | | | | | |

Nota. La tabla muestra el resumen los accidentes registrados por la Policía Nacional del Perú, Comisaría Alto Puno, el mismo se encuentra en Anexo A.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

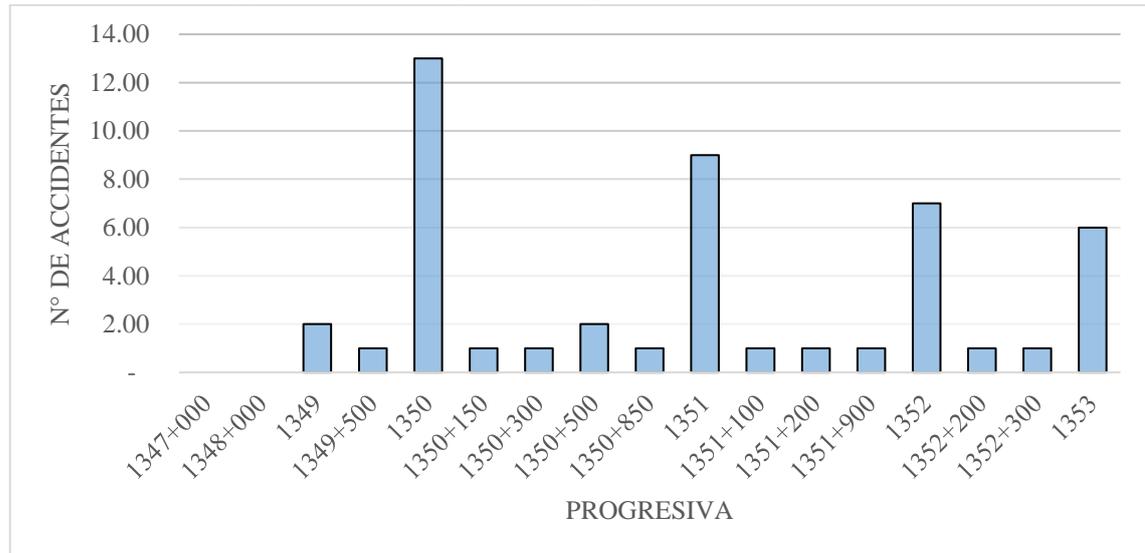
4.1.1. Accidentalidad

Teniendo como objetivo, evaluar la influencia que tienen las características geométricas y el estado de la vía sobre la seguridad vial de la carretera en estudio, se procedió a solicitar Decima Macro Región Policial Puno la Información respectiva sobre la cantidad de accidentes ocurrido en el sector Huerta Huaraya carretera Juliaca – Puno. Mediante OFICIO N° 12-2021-SCG-X-MACREPOL-PUNO/UNIPLA-EST., e informe complementario (agosto 2022) la Décima Macro Región Policial Puno nos brinda la información, un reporte detallado de los accidentes de tránsito suscitados en el tramo de estudio.

En base la información obtenida, se grafica la ubicación de los accidentes suscitados durante el periodo 2017 al mes de agosto 2022, registrados durante este periodo un total de 48 accidentes de tránsito, ya sea por despiste o choque, de las cuales se puede apreciar que el tramo crítico con presencia de mayor cantidad de accidentes es el Km 1350.

Figura 37

Ubicación de los Accidentes en el Tramo de Estudio



Nota. Se muestra las progresivas con el número de accidentes registrados durante el periodo 2017-2022.

Además, se puede observar que el porcentaje de accidentes por despiste supera ampliamente con un 63% del total en comparación a los accidentes suscitados por despiste con 37%.

Figura 38

Accidentes por año

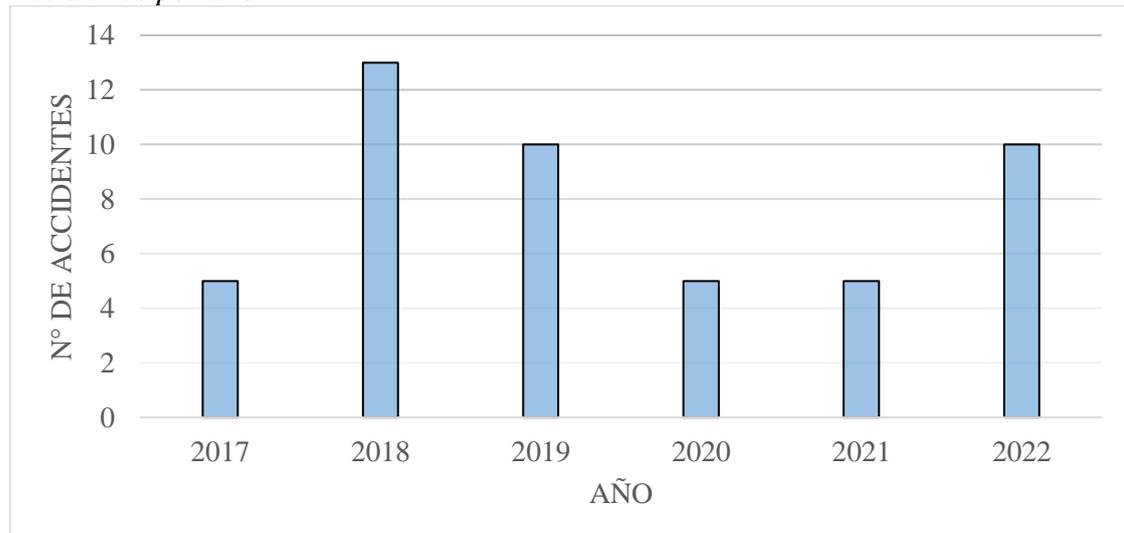
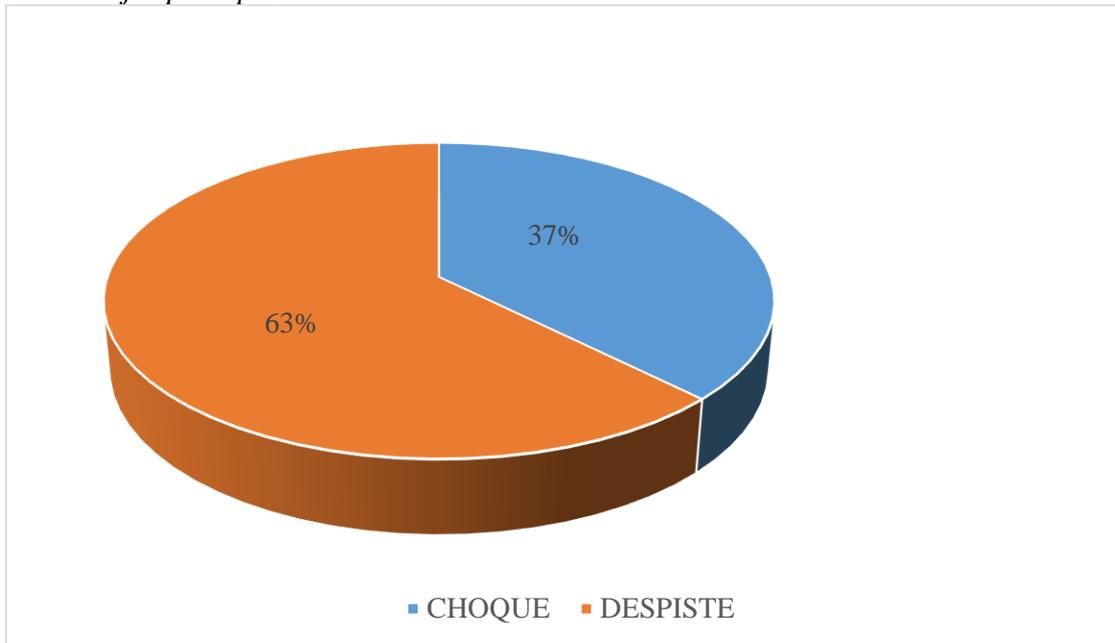


Figura 39

Porcentajes por tipos de accidente



Nota. El gráfico muestra el porcentaje por tipo de accidentes de tránsito durante el periodo 2017-2022.

4.1.2. Análisis del Diseño Geométrico Existente

En octubre del 2007, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones firma el contrato de concesión para la construcción, conservación y explotación del Tramo N° 5 del proyecto corredor vial interoceánico Sur Perú – Brasil con la empresa Concesionaria Vial del Sur S.A. (COVISUR) por un plazo de 25 años.

En el Anexo VIII “Términos de Referencia” del contrato, el MTC establece parámetros y valores mínimos con las que se deberá diseñar y cumplir mínimamente con lo señalado en el Manual de Diseño geométrico de Carreteras, MTC (2001)

Tabla 34*Parámetros de Diseño Establecido por MTC en el Contrato de Concesión*

| Parámetros | Valores |
|---|-----------------------|
| Velocidad de diseño | 50 km/h |
| Velocidad de diseño en curvas de vuelta | 30 km/h |
| Ancho de plataforma | 7,40 m |
| Ancho de berma | 0,70 m |
| Radio mínimo | 60,00 m |
| Pendiente Máxima longitudinal | 7,00% |
| Longitud mínima de curva vertical | 50,00 m |
| Ancho de superficie de rodadura | 6,00m |
| Bombeo de la calzada | De acuerdo al DG-2001 |
| Peralte máximo | De acuerdo al DG-2001 |
| Sobreechancho máximo | De acuerdo al DG-2001 |

Nota. La tabla muestra datos en Anexo VIII, del contrato de concesión vigente, MTC (2001).

Para la investigación se hizo las mediciones de velocidad de operación por tipo de vehículo, en donde se puede apreciar que la velocidad mínima de operación en el tramo de estudio es de 58 Km/h con dirección de Juliaca hacia Puno, esto para tráileres, los cuales se detalla en la tabla 30, y por ser una carretera de primera clase de 2 carriles y una velocidad de diseño de 50 Km/h, por ende no requiere plazoletas de cruce.

Turpo (2018), en su tesis para optar el grado de ingeniero civil, evalúa la velocidad de operación por tipo de vehículo en el tramo de estudio, en donde se puede apreciar que la velocidad mínima de operación calculada mediante el percentil 85, es de 56 km/h con dirección de Juliaca hacia Puno, también para el tipo de vehículo (Tráiler), cuyo resumen se muestra en la tabla N° 31.

Para efectos de evaluación, de la demanda, el tipo de topografía y el servicio que viene brindando el tramo en estudio de la vía, se hace el trato de la siguiente manera:



4.1.2.1. Clasificación del Tramo de Investigación. Se tiene lo siguiente:

A. Clasificación por demanda

Como se pudo ver, la vía actualmente la vía viene cumpliendo la función de autopista de segunda clase, por tal razón se viene ejecutando la autopista Juliaca – Puno. Sin embargo, para efecto de análisis, los cálculos se realizaron, como si fuera una carretera de primera clase.

B. Clasificación por Orografía

Según la topografía de estudio de la orografía, se aprecia que presenta en gran porcentaje una orografía ondulada, con presencia de zonas accidentadas, para efectos de cálculo se consideró como una orografía accidentada.

4.1.2.2. Geometría en Planta y Sección Transversal. El análisis se realizó para todo el tramo de estudio, donde inicia en la curva N° 02 hasta la curva N° 32, se apreció que las Curvas N° 1 y 33 no están dentro del tramo en estudio.

De acuerdo al proyecto elaborado para esta vía se adoptó una velocidad de diseño de 50 km/H, la misma que se encuentra dentro de los parámetros establecidos en el Manual de Diseño Geométrico para carreteras, MTC (2018), en la tabla N° 4 se indicó que una carretera de primera clase y orografía accidentada las velocidades a adoptar son de 50, 60, 70 y 80 Km/h

Por tanto, los parámetros de diseño para una carretera de primera clase con orografía accidentada y a una velocidad de diseño de 50 Km/h.

- Longitudes en tramos tangentes, valores tomados de la tabla 10.

$$L_{\text{mín. S}} = 69 \text{ m}$$

$$L_{\text{mín. O}} = 139 \text{ m}$$

$$L_{\text{max.}} = 835 \text{ m}$$

- Radios mínimos y peraltes máximos, valores tomados de la tabla 11 y figura 16.

$$\text{Peralte máximo} = 12\%$$



$$\text{Radio m\u00ednimo} = 70 \text{ m}$$

- Longitud de Curva, valores tomados de la tabla 8.

$$L_{\text{curva m\u00edn.}}: 3V = 150 \text{ m}$$

- Radios circulares l\u00edmites que permiten prescindir de la curva de transici\u00f3n, valores tomados de la tabla 13.

$$\text{Radio} \geq 225 \text{ m}$$

- Distancia de visibilidad de parada, de acuerdo a la pendiente (%), valores tomados de la tabla 15.

Para:

$$\begin{aligned} -10\% &= 65 \text{ m}; & -9\% &= 64 \text{ m}; & -8\% &= 62 \text{ m}; & -7\% &= 61 \text{ m}; & -6\% &= 60 \text{ m}; \\ -5\% &= 59 \text{ m}; & -4\% &= 58 \text{ m}; & -3\% &= 57 \text{ m}; & -2\% &= 56 \text{ m}; & -1\% &= 56 \text{ m}; \\ 0\% &= 55 \text{ m}; & 1\% &= 54 \text{ m}; & 2\% &= 53 \text{ m}; & 3\% &= 53 \text{ m}; & 4\% &= 52 \text{ m}; \\ 5\% &= 51 \text{ m}; & 6\% &= 51 \text{ m}; & 7\% &= 50 \text{ m}; & 8\% &= 50 \text{ m}; & 9\% &= 49 \text{ m}; \\ 10\% &= 49 \text{ m} \end{aligned}$$

- Distancia de visibilidad de paso o adelantamiento, valor tomado de la figura 13.

$$D_a = 230 \text{ m}$$

- Anchos m\u00ednimos de calzada en tangente, valor tomado de la tabla 16.

$$\text{Ancho m\u00edn.} = 7,2 \text{ m}$$

- Anchos m\u00ednimos de berma, valor tomado de la tabla 17.

$$\text{Ancho m\u00edn. berma} = 7,2 \text{ m}$$

- Bombeo de la calzada, valor tomado de tabla 18.

$$\text{Bombeo} = 2 \%$$

- Peralte m\u00e1ximo, valor tomado de la tabla 20.

$$\text{Absoluto} = 12 \%$$

$$\text{Normal} = 8\%$$

Con los datos y valores descritos, se precedi\u00f3 con el dise\u00f1o geom\u00e9trico, los planos y resultados se muestra en el anexo C. en la tabla 35 se puede visualizar el resumen

Tabla 35
Elementos de curva de la vía actual

| Cuadro de elementos de curva horizontal | | | | | | | | | | | | |
|---|------------|------|--------|--------|--------|-------|-------|-------------|-------------|-------------|--------------|------------|
| N° | Δ | R | T | L | LC | E | M | PC | PI | PT | PI Norte | PI Este |
| PI:1 | 13°22'34" | 100 | 11,73 | 23,35 | 23,29 | 0,69 | 0,68 | 1347+062,67 | 1347+074,40 | 1347+086,02 | 8 256 074,05 | 387 878,57 |
| PI:2 | 0°40'02" | 4000 | 23,29 | 46,59 | 46,59 | 0,07 | 0,07 | 1347+399,78 | 1347+423,08 | 1347+446,37 | 8 255 864,88 | 388 159,32 |
| PI:3 | 2°54'45" | 350 | 8,90 | 17,79 | 17,79 | 0,11 | 0,11 | 1347+623,50 | 1347+632,40 | 1347+641,29 | 8 255 737,84 | 388 325,75 |
| PI:4 | 22°18'31" | 100 | 19,72 | 38,94 | 38,69 | 1,93 | 1,89 | 1348+058,88 | 1348+078,60 | 1348+097,82 | 8 255 522,76 | 388 718,43 |
| PI:5 | 9°00'09" | 125 | 9,84 | 19,64 | 19,62 | 0,39 | 0,39 | 1348+210,65 | 1348+220,49 | 1348+230,29 | 8 255 552,58 | 388 859,55 |
| PI:6 | 10°34'28" | 200 | 18,51 | 36,91 | 36,86 | 0,85 | 0,85 | 1348+650,57 | 1348+669,08 | 1348+687,49 | 8 255 464,67 | 389 300,27 |
| PI:7 | 21°54'29" | 50 | 9,68 | 19,12 | 19,00 | 0,93 | 0,91 | 1348+864,93 | 1348+874,61 | 1348+884,05 | 8 255 354,05 | 389 478,11 |
| PI:8 | 26°43'28" | 100 | 23,75 | 46,64 | 46,22 | 2,78 | 2,71 | 1349+032,11 | 1349+055,86 | 1349+078,75 | 8 255 169,58 | 389 465,54 |
| PI:9 | 57°51'15" | 65 | 35,92 | 65,63 | 62,88 | 9,27 | 8,11 | 1349+147,02 | 1349+182,94 | 1349+212,65 | 8 255 051,66 | 389 515,18 |
| PI:10 | 21°51'12" | 200 | 38,61 | 76,28 | 75,82 | 3,69 | 3,63 | 1349+384,61 | 1349+423,22 | 1349+460,89 | 8 254 849,81 | 389 373,71 |
| PI:11 | 10°14'04" | 370 | 33,13 | 66,09 | 66,00 | 1,48 | 1,47 | 1349+545,48 | 1349+578,61 | 1349+611,57 | 8 254 697,59 | 389 338,08 |
| PI:12 | 2°46'33" | 800 | 19,38 | 38,76 | 38,75 | 0,23 | 0,23 | 1349+683,38 | 1349+702,76 | 1349+722,13 | 8 254 573,43 | 389 331,71 |
| PI:13 | 2°22'55" | 1000 | 20,79 | 41,57 | 41,57 | 0,22 | 0,22 | 1349+798,69 | 1349+819,48 | 1349+840,27 | 8 254 456,70 | 389 331,38 |
| PI:14 | 11°35'46" | 250 | 25,39 | 50,60 | 50,51 | 1,29 | 1,28 | 1349+954,33 | 1349+979,71 | 1350+004,92 | 8 254 296,30 | 389 337,59 |
| PI:15 | 29°21'05" | 160 | 41,90 | 81,96 | 81,07 | 5,40 | 5,22 | 1350+134,80 | 1350+176,70 | 1350+216,76 | 8 254 105,24 | 389 281,90 |
| PI:16 | 23°15'15" | 70 | 14,40 | 28,41 | 28,22 | 1,47 | 1,44 | 1350+323,54 | 1350+337,94 | 1350+351,95 | 8 253 952,37 | 389 349,45 |
| PI:17 | 1°36'04" | 1000 | 13,97 | 27,95 | 27,95 | 0,10 | 0,10 | 1350+477,05 | 1350+491,02 | 1350+504,99 | 8 253 814,75 | 389 276,09 |
| PI:18 | 6°41'22" | 500 | 29,22 | 58,38 | 58,34 | 0,85 | 0,85 | 1350+588,21 | 1350+617,43 | 1350+646,59 | 8 253 701,57 | 389 219,77 |
| PI:19 | 2°04'42" | 1500 | 27,21 | 54,41 | 54,41 | 0,25 | 0,25 | 1350+706,85 | 1350+734,06 | 1350+761,26 | 8 253 603,87 | 389 155,96 |
| PI:20 | 13°13'21" | 250 | 28,98 | 57,69 | 57,57 | 1,67 | 1,66 | 1350+884,55 | 1350+913,53 | 1350+942,24 | 8 253 457,27 | 389 052,43 |
| PI:21 | 16°56'23" | 65 | 9,68 | 19,22 | 19,15 | 0,72 | 0,71 | 1351+033,46 | 1351+043,14 | 1351+052,67 | 8 253 335,07 | 389 003,06 |
| PI:22 | 42°13'36" | 135 | 52,13 | 99,49 | 97,26 | 9,71 | 9,06 | 1351+265,51 | 1351+317,63 | 1351+365,00 | 8 253 082,46 | 389 125,10 |
| PI:23 | 1°34'31" | 1000 | 13,75 | 27,50 | 27,49 | 0,09 | 0,09 | 1351+449,31 | 1351+463,06 | 1351+476,81 | 8 252 950,71 | 389 045,02 |
| PI:24 | 14°11'14" | 85 | 10,58 | 21,05 | 20,99 | 0,66 | 0,65 | 1351+670,59 | 1351+681,16 | 1351+691,63 | 8 252 766,52 | 388 926,00 |
| PI:25 | 14°15'35" | 180 | 22,52 | 44,80 | 44,68 | 1,40 | 1,39 | 1351+829,11 | 1351+851,62 | 1351+873,91 | 8 252 594,79 | 388 940,75 |
| PI:26 | 17°30'44" | 65 | 10,01 | 19,87 | 19,79 | 0,77 | 0,76 | 1352+018,31 | 1352+028,32 | 1352+038,17 | 8 252 426,12 | 388 877,72 |
| PI:27 | 62°18'51" | 177 | 107,01 | 192,50 | 183,15 | 29,84 | 25,53 | 1352+109,74 | 1352+216,75 | 1352+302,24 | 8 252 262,99 | 388 977,30 |
| PI:28 | 18°51'41" | 90 | 14,95 | 29,63 | 29,49 | 1,23 | 1,22 | 1352+357,41 | 1352+372,36 | 1352+387,04 | 8 252 109,79 | 388 885,55 |
| PI:29 | 8°29'13" | 450 | 33,39 | 66,66 | 66,60 | 1,24 | 1,23 | 1352+543,04 | 1352+576,43 | 1352+609,70 | 8 251 906,69 | 388 919,87 |
| PI:30 | 19°35'19" | 95 | 16,40 | 32,48 | 32,32 | 1,41 | 1,38 | 1352+843,99 | 1352+860,39 | 1352+876,47 | 8 251 621,58 | 388 899,99 |
| PI:31 | 56°30'26" | 177 | 95,12 | 174,56 | 167,57 | 23,94 | 21,09 | 1353+012,54 | 1353+107,66 | 1353+187,11 | 8 251 421,88 | 389 048,90 |
| PI:32 | 120°20'30" | 52 | 90,69 | 109,22 | 90,22 | 52,54 | 26,13 | 1353+245,07 | 1353+335,76 | 1353+354,29 | 8 251 192,51 | 388 966,33 |
| PI:33 | 13°16'32" | 125 | 14,55 | 28,96 | 28,90 | 0,84 | 0,84 | 1353+427,10 | 1353+441,65 | 1353+456,06 | 8 251 225,23 | 389 142,11 |

Nota. Los datos para cada uno de los elementos se obtuvieron a partir del diseño geométrico de la vía existente, cuyos planos se muestran en Anexo C.



Donde:

- Δ : Es el ángulo de deflexión, en grados sexagesimales.
- R : Es la longitud del radio de curvatura, en metros.
- T : Son las longitudes de la subtangente (P.C. a P.I. y P.I. a P.T.), en metros.
- L : Es la longitud de la curva, en metros.
- L.C. : Es la longitud de la cuerda, en metros.
- E : Es la distancia a externa, en metros.
- M : Es la distancia de la ordenada media, en metros.
- P.C. : Es el punto de inicio de la curva circular.
- P.I. : Es el punto de intersección de 2 alineaciones adyacentes.
- P.T. : Es el punto de tangencia de la curva circular.

La geometría en planta, tuvo su análisis, por medio de una tabla que permite ver cada curva y tramo recto, donde se ven las dimensiones geométricas en planta y sección transversal. También con la velocidad y la clasificación de la carretera es que se comparó con la Norma Peruana DG-2018 (MTC, 2018).

Figura 40

Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 2

| | | | |
|--|--------------------|------------------|------------------------------------|
| REGISTRO N°: | 1 | | |
| <u>ANÁLISIS DE DISEÑO GEOMÉTRICO</u> | | | |
| CURVAN° | C2 | TANGENTE: | C1 - C2 |
| | PROGRESIVAS | | LONGITUD DE TRAMO RECTO |
| | ST - C1 | PC - C2 | |
| | 1347+127,02 | 1347+399,78 | |
| DISEÑO EN PLANTA DE LA CURVA | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Vdiseño | 50 Km/h | Cumple | Vdiseño 50-80 Km/h |
| Δ | 0°40'02" | No Cumple | Δ mín 59' |
| Radio | 4000 m | Cumple | Radio mín 70,00 m |
| Lcurva | 46,59 m | No Cumple | Lcurva mín 180,00 m |
| L.S | 272,76 m | Cumple | Lmín. S 69,00 m |
| L.O | - | - | Lmín. O 139,00 m |
| PLANO PLANTA | | | |
| | | | |
| DISEÑO EN SECCIÓN TRANSVERSAL | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Calzada | 6,70 m | No Cumple | Calzada mín 7,20 m |
| Carril | 3,35 m | No Cumple | Carril mín 3,60 m |
| Berma | 0,90 m | No Cumple | Berma mín 2,60 m |
| Sobrancho | 0,30 m | No Cumple | Sobrancho 1,30 m |
| Peralte | 4,00% | No Cumple | Peralte 8,00% |
| <p>NOTA : Considerando que es una carretera de primera Clase, orografía accidentada, para la curva N° 2, de los parámetros evaluados, se visualiza que solo se cumple con un 60% del diseño en planta y para el diseño de la sección transversal no se cumple en un 100%.</p> | | | |

Figura 41

Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 3

| | | | |
|---|--------------------|------------------|------------------------------------|
| REGISTRO N°: | 2 | | |
| <u>ANÁLISIS DE DISEÑO GEOMÉTRICO</u> | | | |
| CURVA N° | C3 | TANGENTE: | C2 - C3 |
| | PROGRESIVAS | | LONGITUD DE TRAMO RECTO |
| | PT - C2 | TS - C3 | |
| | 1347+446.37 | 1347+588.50 | |
| DISEÑO EN PLANTA DE LA CURVA | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Vdiseño | 50 Km/h | Cumple | Vdiseño 50-80 Km/h |
| Δ | 2°54'45" | Cumple | Δ mín 59' |
| Radio | 350 m | Cumple | Radio mín 70,00 m |
| Lcurva | 17,79 m | No Cumple | Lcurva mín 180,00 m |
| L.S | 142,13 m | Cumple | Lmín. S 69,00 m |
| L.O | - | - | Lmín. O 139,00 m |
| PLANO PLANTA | | | |
| | | | |
| DISEÑO EN SECCIÓN TRANSVERSAL | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Calzada | 6,70 m | No Cumple | Calzada mín 7,20 m |
| Carril | 3,35 m | No Cumple | Carril mín 3,60 m |
| Berma | 1,50 m | No Cumple | Berma mín 2,60 m |
| Sobrancho | 0,30 m | No Cumple | Sobrancho 1,30 m |
| Peralte | 6,00% | No Cumple | Peralte 8,00% |
| <p>NOTA : Considerando que es una carretera de primera Clase, orografía accidentada, para la curva N° 3, de los parámetros evaluados, se visualiza que se cumple con un 80% del diseño en planta y para el diseño de la sección transversal no se cumple en un 100%.</p> | | | |

Figura 42

Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 4

| | | | |
|---|--------------------|------------------|--------------------------------|
| REGISTRO N°: | 3 | | |
| <u>ANÁLISIS DE DISEÑO GEOMÉTRICO</u> | | | |
| CURVA N° | C4 | TANGENTE: | C3 - C4 |
| | PROGRESIVAS | | LONGITUD DE TRAMO RECTO |
| | ST - C3 | TS - C4 | |
| | 1347+676.29 | 1348+026.88 | |
| DISEÑO EN PLANTA DE LA CURVA | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Vdiseño | 50 Km/h | Cumple | Vdiseño 50-80 Km/h |
| Δ | 22°18'31" | Cumple | Δ mín 59' |
| Radio | 100 m | Cumple | Radio mín 70,00 m |
| Lcurva | 38,94 m | No Cumple | Lcurva mín 180,00 m |
| L.S | - | - | Lmín. S 69,00 m |
| L.O | 350,59 m | Cumple | Lmín. O 139,00 m |
| PLANO PLANTA | | | |
| | | | |
| DISEÑO EN SECCIÓN TRANSVERSAL | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Calzada | 6,70 m | No Cumple | Calzada mín 7,20 m |
| Carril | 3,35 m | No Cumple | Carril mín 3,60 m |
| Berma | 0,70 m | No Cumple | Berma mín 2,60 m |
| Sobrancho | 0,30 m | No Cumple | Sobrancho 1,30 m |
| Peralte | 6,00% | No Cumple | Peralte 8,00% |
| <p>NOTA : Considerando que es una carretera de primera Clase, orografía accidentada, para la curva N° 4, de los parámetros evaluados, se visualiza que se cumple con un 80% del diseño en planta y para el diseño de la sección transversal no se cumple en un 100%.</p> | | | |

Figura 43

Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 5

| | | | |
|--|--------------------|------------------|--------------------------------|
| REGISTRO N°: | 4 | | |
| <u>ANÁLISIS DE DISEÑO GEOMÉTRICO</u> | | | |
| CURVA N° | C5 | TANGENTE: | C4 - C5 |
| | PROGRESIVAS | | LONGITUD DE TRAMO RECTO |
| | ST - C4 | TS - C5 | |
| | 1348+129.82 | 1348+179.65 | |
| DISEÑO EN PLANTA DE LA CURVA | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Vdiseño | 50 Km/h | Cumple | Vdiseño 50-80 Km/h |
| Δ | 9°00'09" | Cumple | Δ mín 59' |
| Radio | 125 m | Cumple | Radio mín 70,00 m |
| Lcurva | 19,64 m | No Cumple | Lcurva mín 180,00 m |
| L.S | 49,83 | No Cumple | Lmín. S 69,00 m |
| L.O | - | - | Lmín. O 139,00 m |
| PLANO PLANTA | | | |
| | | | |
| DISEÑO EN SECCIÓN TRANSVERSAL | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Calzada | 6,70 m | No Cumple | Calzada mín 7,20 m |
| Carril | 6,70 m | No Cumple | Carril mín 3,60 m |
| Berma | 3,35 m | No Cumple | Berma mín 2,60 m |
| Sobrancho | 0,80 m | No Cumple | Sobrancho 1,30 m |
| Peralte | 6,00% | No Cumple | Peralte 8,00% |
| <p>NOTA : Considerando que es una carretera de primera Clase, orografía accidentada, para la curva N° 5, de los parámetros evaluados, se visualiza que solo se cumple con un 60% del diseño en planta y para el diseño de la sección transversal no se cumple en un 100%.</p> | | | |

Figura 44

Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 6

| | | | |
|---|--------------------|------------------|--------------------------------|
| REGISTRO N°: | 5 | | |
| <u>ANÁLISIS DE DISEÑO GEOMÉTRICO</u> | | | |
| CURVA N° | C6 | TANGENTE: | C5 - C6 |
| | PROGRESIVAS | | LONGITUD DE TRAMO RECTO |
| | ST - C5 | TS - C6 | |
| | 1348+261.29 | 1348+615.57 | |
| DISEÑO EN PLANTA DE LA CURVA | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Vdiseño | 50 Km/h | Cumple | Vdiseño 50-80 Km/h |
| Δ | 10°34'28" | Cumple | Δ mín 59' |
| Radio | 200 m | Cumple | Radio mín 70,00 m |
| Lcurva | 36,91 m | No Cumple | Lcurva mín 180,00 m |
| L.S | - | - | Lmín. S 69,00 m |
| L.O | 354,28 m | Cumple | Lmín. O 139,00 m |
| PLANO PLANTA | | | |
| | | | |
| DISEÑO EN SECCIÓN TRANSVERSAL | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Calzada | 6,70 m | No Cumple | Calzada mín 7,20 m |
| Carril | 3,35 m | No Cumple | Carril mín 3,60 m |
| Berma | 0,60 m | No Cumple | Berma mín 2,60 m |
| Sobrancho | 0,60 m | No Cumple | Sobrancho 1,30 m |
| Peralte | 6,00% | No Cumple | Peralte 8,00% |
| <p>NOTA : Considerando que es una carretera de primera Clase, orografía accidentada, para la curva N° 6, de los parámetros evaluados, se visualiza que se cumple con un 80% del diseño en planta y para el diseño de la sección transversal no se cumple en un 100%.</p> | | | |

Figura 45

Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 7

| | | | |
|--|----------------|--------------------------------|------------------------------------|
| REGISTRO N°: | 6 | | |
| <u>ANÁLISIS DE DISEÑO GEOMÉTRICO</u> | | | |
| CURVA N° | C7 | TANGENTE: | C6 - C7 |
| PROGRESIVAS | | LONGITUD DE TRAMO RECTO | |
| ST - C6 | TS - C7 | | |
| | 1348+722.49 | 1348+829.93 | 107,44 |
| DISEÑO EN PLANTA DE LA CURVA | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Vdiseño | 50 Km/h | Cumple | Vdiseño 50-80 Km/h |
| Δ | 21°54'29" | Cumple | Δ mín 59' |
| Radio | 50 m | No Cumple | Radio mín 70,00 m |
| Lcurva | 19,12 m | No Cumple | Lcurva mín 180,00 m |
| L.S | - | - | Lmín. S 69,00 m |
| L.O | 107,44 m | Cumple | Lmín. O 139,00 m |
| PLANO PLANTA | | | |
| | | | |
| DISEÑO EN SECCIÓN TRANSVERSAL | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Calzada | 6,70 m | No Cumple | Calzada mín 7,20 m |
| Carril | 3,35 m | No Cumple | Carril mín 3,60 m |
| Berma | 0,50 m | No Cumple | Berma mín 2,60 m |
| Sobrancho | 0,80 m | No Cumple | Sobrancho 1,30 m |
| Peralte | 6,00% | No Cumple | Peralte 8,00% |
| <p>NOTA : Considerando que es una carretera de primera Clase, orografía accidentada, para la curva N° 7, de los parámetros evaluados, se visualiza que solo se cumple con un 60% del diseño en planta y para el diseño de la sección transversal no se cumple en un 100%.</p> | | | |

Figura 46

Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 8

| REGISTRO N°: | 7 | | |
|---|--------------------|------------------|------------------------------------|
| ANÁLISIS DE DISEÑO GEOMÉTRICO | | | |
| CURVA N° | C8 | TANGENTE: | C7 - C8 |
| | PROGRESIVAS | | LONGITUD DE TRAMO RECTO |
| | ST - C7 | PC - C8 | |
| | 1348+919.05 | 1349+032.11 | |
| DISEÑO EN PLANTA DE LA CURVA | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Vdiseño | 50 Km/h | Cumple | Vdiseño 50-80 Km/h |
| Δ | 26°43'28" | Cumple | Δ mín 59' |
| Radio | 100 m | Cumple | Radio mín 70,00 m |
| Lcurva | 46,64 m | No Cumple | Lcurva mín 180,00 m |
| L.S | 113,06 m | Cumple | Lmín. S 69,00 m |
| L.O | - | - | Lmín. O 139,00 m |
| PLANO PLANTA | | | |
| | | | |
| DISEÑO EN SECCIÓN TRANSVERSAL | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Calzada | 6,70 m | No Cumple | Calzada mín 7,20 m |
| Carril | 3,35 m | No Cumple | Carril mín 3,60 m |
| Berma | 0,90 m | No Cumple | Berma mín 2,60 m |
| Sobrancho | 0,45 m | No Cumple | Sobrancho 1,30 m |
| Peralte | 6,00% | No Cumple | Peralte 8,00% |
| <p>NOTA : Considerando que es una carretera de primera Clase, orografía accidentada, para la curva N° 8, de los parámetros evaluados, se visualiza que se cumple con un 80% del diseño en planta y para el diseño de la sección transversal no se cumple en un 100%.</p> | | | |

Figura 47

Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 9

| | | | |
|---|--------------------|------------------|--------------------------------|
| REGISTRO N°: | 8 | | |
| <u>ANÁLISIS DE DISEÑO GEOMÉTRICO</u> | | | |
| CURVA N° | C9 | TANGENTE: | C8 - C9 |
| | PROGRESIVAS | | LONGITUD DE TRAMO RECTO |
| | PT - C8 | PC - C9 | |
| | 1349+078.75 | 1349+147.02 | |
| DISEÑO EN PLANTA DE LA CURVA | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Vdiseño | 50 Km/h | Cumple | Vdiseño 50-80 Km/h |
| Δ | 57°51'15" | Cumple | Δ mín 59' |
| Radio | 65 m | No Cumple | Radio mín 70,00 m |
| Lcurva | 65,63 m | No Cumple | Lcurva mín 180,00 m |
| L.S | 68,27 m | No Cumple | Lmín. S 69,00 m |
| L.O | - | - | Lmín. O 139,00 m |
| PLANO PLANTA | | | |
| | | | |
| DISEÑO EN SECCIÓN TRANSVERSAL | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Calzada | 6,70 m | No Cumple | Calzada mín 7,20 m |
| Carril | 3,35 m | No Cumple | Carril mín 3,60 m |
| Berma | 0,40 m | No Cumple | Berma mín 2,60 m |
| Sobrancho | 0,85 m | No Cumple | Sobrancho 1,30 m |
| Peralte | 6,00% | No Cumple | Peralte 8,00% |
| <p>NOTA : Considerando que es una carretera de primera Clase, orografía accidentada, para la curva N° 9, de los parámetros evaluados, se visualiza que solo se cumple con un 40% del diseño en planta y para el diseño de la sección transversal no se cumple en un 100%, siendo uno de los puntos</p> | | | |

Figura 48

Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 10

| | | | |
|--|--------------------|------------------|--------------------------------|
| REGISTRO N°: | 9 | | |
| <u>ANÁLISIS DE DISEÑO GEOMÉTRICO</u> | | | |
| CURVA N° | C10 | TANGENTE: | C9 - C10 |
| | PROGRESIVAS | | LONGITUD DE TRAMO RECTO |
| | PT - C9 | PC - C10 | |
| | 1349+212.65 | 1349+384.61 | |
| DISEÑO EN PLANTA DE LA CURVA | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Vdiseño | 50 Km/h | Cumple | Vdiseño 50-80 Km/h |
| Δ | 21°51'12" | Cumple | Δ mín 59' |
| Radio | 200 m | Cumple | Radio mín 70,00 m |
| Lcurva | 76,28 m | No Cumple | Lcurva mín 180,00 m |
| L.S | 171,96 m | Cumple | Lmín. S 69,00 m |
| L.O | - | - | Lmín. O 139,00 m |
| PLANO PLANTA | | | |
| | | | |
| DISEÑO EN SECCIÓN TRANSVERSAL | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Calzada | 6,70 m | No Cumple | Calzada mín 7,20 m |
| Carril | 3,35 m | No Cumple | Carril mín 3,60 m |
| Berma | 0,70 m | No Cumple | Berma mín 2,60 m |
| Sobrancho | 0,60 m | No Cumple | Sobrancho 1,30 m |
| Peralte | 6,00% | No Cumple | Peralte 8,00% |
| <p>NOTA : Considerando que es una carretera de primera Clase, orografía accidentada, para la curva N° 10, de los parámetros evaluados, se visualiza que se cumple con un 80% del diseño en planta y para el diseño de la sección transversal no se cumple en un 100%.</p> | | | |

Figura 49

Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 11

| | | | |
|---|--------------------|------------------|--------------------------------|
| REGISTRO N°: | 10 | | |
| <u>ANÁLISIS DE DISEÑO GEOMÉTRICO</u> | | | |
| CURVA N° | C11 | TANGENTE: | C10 - C11 |
| | PROGRESIVAS | | LONGITUD DE TRAMO RECTO |
| | PT - C10 | PC - C11 | |
| | 1349+460.89 | 1349+545.48 | |
| DISEÑO EN PLANTA DE LA CURVA | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Vdiseño | 50 Km/h | Cumple | Vdiseño 50-80 Km/h |
| Δ | 10°14'04" | Cumple | Δ mín 59' |
| Radio | 370 m | Cumple | Radio mín 70,00 m |
| Lcurva | 66,09 m | No Cumple | Lcurva mín 180,00 m |
| L.S | - | - | Lmín. S 69,00 m |
| L.O | 84,59 m | No Cumple | Lmín. O 139,00 m |
| PLANO PLANTA | | | |
| | | | |
| DISEÑO EN SECCIÓN TRANSVERSAL | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Calzada | 6,70 m | No Cumple | Calzada mín 7,20 m |
| Carril | 3,35 m | No Cumple | Carril mín 3,60 m |
| Berma | 0,70 m | No Cumple | Berma mín 2,60 m |
| Sobrancho | 0,40 m | No Cumple | Sobrancho 1,30 m |
| Peralte | 6,00% | No Cumple | Peralte 8,00% |
| <p>NOTA : Considerando que es una carretera de primera Clase, orografía accidentada, para la curva N° 11, de los parámetros evaluados, se visualiza que se solo cumple con un 60% del diseño en planta y para el diseño de la sección transversal no se cumple en un 100%.</p> | | | |

Figura 50

Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 12

| | | | |
|---|--------------------|------------------|--------------------------------|
| REGISTRO N°: | 11 | | |
| <u>ANÁLISIS DE DISEÑO GEOMÉTRICO</u> | | | |
| CURVAN° | C12 | TANGENTE: | C11 - C12 |
| | PROGRESIVAS | | LONGITUD DE TRAMO RECTO |
| | PT - C11 | PC - C12 | |
| | 1349+611.57 | 1349+683.38 | |
| DISEÑO EN PLANTA DE LA CURVA | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Vdiseño | 50 Km/h | Cumple | Vdiseño 50-80 Km/h |
| Δ | 2°46'33" | Cumple | Δ mín 59' |
| Radio | 800 m | Cumple | Radio mín 70,00 m |
| Lcurva | 38,76 m | No Cumple | Lcurva mín 180,00 m |
| L.S | - | - | Lmín. S 69,00 m |
| L.O | 71,81 m | No Cumple | Lmín. O 139,00 m |
| PLANO PLANTA | | | |
| | | | |
| DISEÑO EN SECCIÓN TRANSVERSAL | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Calzada | 6,70 m | No Cumple | Calzada mín 7,20 m |
| Carril | 3,35 m | No Cumple | Carril mín 3,60 m |
| Berma | 0,30 m | No Cumple | Berma mín 2,60 m |
| Sobrancho | 0,30 m | No Cumple | Sobrancho 1,30 m |
| Peralte | 6,00% | No Cumple | Peralte 8,00% |
| <p>NOTA : Considerando que es una carretera de primera Clase, orografía accidentada, para la curva N° 12, de los parámetros evaluados, se visualiza que se solo cumple con un 60% del diseño en planta y para el diseño de la sección transversal no se cumple en un 100%.</p> | | | |

Figura 51

Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 13

| | | | |
|---|--------------------|------------------|------------------------------------|
| REGISTRO N°: | 12 | | |
| <u>ANÁLISIS DE DISEÑO GEOMÉTRICO</u> | | | |
| CURVA N° | C13 | TANGENTE: | C12 - C13 |
| | PROGRESIVAS | | LONGITUD DE TRAMO RECTO |
| | PT - C12 | PC - C13 | |
| | 1349+722.13 | 1349+798.69 | |
| DISEÑO EN PLANTA DE LA CURVA | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Vdiseño | 50 Km/h | Cumple | Vdiseño 50-80 Km/h |
| Δ | 2°22'55" | Cumple | Δ mín 59' |
| Radio | 1000 m | Cumple | Radio mín 70,00 m |
| Lcurva | 41,57 m | No Cumple | Lcurva mín 180,00 m |
| L.S | - | - | Lmín. S 69,00 m |
| L.O | 76,56 m | No Cumple | Lmín. O 139,00 m |
| PLANO PLANTA | | | |
| | | | |
| DISEÑO EN SECCIÓN TRANSVERSAL | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Calzada | 6,70 m | No Cumple | Calzada mín 7,20 m |
| Carril | 3,35 m | No Cumple | Carril mín 3,60 m |
| Berma | 0,40 m | No Cumple | Berma mín 2,60 m |
| Sobrancho | 0,15 m | No Cumple | Sobrancho 1,30 m |
| Peralte | 6,00% | No Cumple | Peralte 8,00% |
| <p>NOTA : Considerando que es una carretera de primera Clase, orografía accidentada, para la curva N° 13, de los parámetros evaluados, se visualiza que se solo cumple con un 60% del diseño en planta y para el diseño de la sección transversal no se cumple en un 100%.</p> | | | |

Figura 52

Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 14

| | | | |
|---|--------------------|------------------|--------------------------------|
| REGISTRO N°: | 13 | | |
| <u>ANÁLISIS DE DISEÑO GEOMÉTRICO</u> | | | |
| CURVAN° | C14 | TANGENTE: | C13 - C14 |
| | PROGRESIVAS | | LONGITUD DE TRAMO RECTO |
| | PT - C13 | TS - C14 | |
| | 1349+840.27 | 1349+924.33 | |
| DISEÑO EN PLANTA DE LA CURVA | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Vdiseño | 50 Km/h | Cumple | Vdiseño 50-80 Km/h |
| Δ | 11°35'46" | Cumple | Δ mín 59' |
| Radio | 250 m | Cumple | Radio mín 70,00 m |
| Lcurva | 50,60 m | No Cumple | Lcurva mín 180,00 m |
| L.S | 84,06 m | Cumple | Lmín. S 69,00 m |
| L.O | - | - | Lmín. O 139,00 m |
| PLANO PLANTA | | | |
| | | | |
| DISEÑO EN SECCIÓN TRANSVERSAL | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Calzada | 6,70 m | No Cumple | Calzada mín 7,20 m |
| Carril | 3,35 m | No Cumple | Carril mín 3,60 m |
| Berma | 0,70 m | No Cumple | Berma mín 2,60 m |
| Sobrancho | 0,50 m | No Cumple | Sobrancho 1,30 m |
| Peralte | 6,00% | No Cumple | Peralte 8,00% |
| <p>NOTA : Considerando que es una carretera de primera Clase, orografía accidentada, para la curva N° 14, de los parámetros evaluados, se visualiza que solo se cumple con un 40% del diseño en planta y para el diseño de la sección transversal no se cumple en un 100%, siendo uno el punto más</p> | | | |

Figura 53

Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 15

| | | | |
|--|--------------------|------------------|--------------------------------|
| REGISTRO N°: | 14 | | |
| <u>ANÁLISIS DE DISEÑO GEOMÉTRICO</u> | | | |
| CURVA N° | C15 | TANGENTE: | C14 - C15 |
| | PROGRESIVAS | | LONGITUD DE TRAMO RECTO |
| | ST - C14 | TS - C15 | |
| | 1350+034.92 | 1350+104.80 | |
| DISEÑO EN PLANTA DE LA CURVA | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Vdiseño | 50 Km/h | Cumple | Vdiseño 50-80 Km/h |
| Δ | 29°21'05" | Cumple | Δ mín 59' |
| Radio | 160 m | Cumple | Radio mín 70,00 m |
| Lcurva | 81.96 m | No Cumple | Lcurva mín 180,00 m |
| L.S | 69,88 m | Cumple | Lmín. S 69,00 m |
| L.O | - | - | Lmín. O 139,00 m |
| PLANO PLANTA | | | |
| | | | |
| DISEÑO EN SECCIÓN TRANSVERSAL | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Calzada | 6,70 m | No Cumple | Calzada mín 7,20 m |
| Carril | 3,35 m | No Cumple | Carril mín 3,60 m |
| Berma | 0,50 m | No Cumple | Berma mín 2,60 m |
| Sobrancho | 0,70 m | No Cumple | Sobrancho 1,30 m |
| Peralte | 6,00% | No Cumple | Peralte 8,00% |
| <p>NOTA : Considerando que es una carretera de primera Clase, orografía accidentada, para la curva N° 15, de los parámetros evaluados, se visualiza que se cumple con un 80% del diseño en planta y para el diseño de la sección transversal no se cumple en un 100%.</p> | | | |

Figura 54

Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 16

| REGISTRO N°: | 15 | | |
|---|--------------------|------------------|--------------------------------|
| ANÁLISIS DE DISEÑO GEOMÉTRICO | | | |
| CURVA N° | C16 | TANGENTE: | C15 - C16 |
| | PROGRESIVAS | | LONGITUD DE TRAMO RECTO |
| | ST - C15 | TS - C15 | |
| | 1350+246.76 | 1350+288.54 | |
| DISEÑO EN PLANTA DE LA CURVA | | | |
| CAMPO | SITUACIÓN | | DG-2018 |
| Vdiseño | 50 Km/h | Cumple | Vdiseño 50-80 Km/h |
| Δ | 23°15'15" | Cumple | Δ mín 59' |
| Radio | 70 m | Cumple | Radio mín 70,00 m |
| Lcurva | 28.41 m | No Cumple | Lcurva mín 180,00 m |
| L.S | 41,78 m | No Cumple | Lmín. S 69,00 m |
| L.O | - | - | Lmín. O 139,00 m |
| PLANO PLANTA | | | |
| | | | |
| DISEÑO EN SECCIÓN TRANSVERSAL | | | |
| CAMPO | SITUACIÓN | | DG-2018 |
| Calzada | 6,70 m | No Cumple | Calzada mín 7,20 m |
| Carril | 3,35 m | No Cumple | Carril mín 3,60 m |
| Berma | 0,40 m | No Cumple | Berma mín 2,60 m |
| Sobrancho | 0,00 m | No Cumple | Sobrancho 1,30 m |
| Peralte | 6,00% | No Cumple | Peralte 8,00% |
| <p>NOTA : Considerando que es una carretera de primera Clase, orografía accidentada, para la curva N° 16, de los parámetros evaluados, se visualiza que solo se cumple con un 60% del diseño en planta y para el diseño de la sección transversal no se cumple en un 100%.</p> | | | |

Figura 55

Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 17

| | | | |
|--|--------------------|------------------|------------------------------------|
| REGISTRO N°: | 16 | | |
| <u>ANÁLISIS DE DISEÑO GEOMÉTRICO</u> | | | |
| CURVA N° | C17 | TANGENTE: | C16 - C17 |
| | PROGRESIVAS | | LONGITUD DE TRAMO RECTO |
| | ST - C16 | PC - C17 | |
| | 1350+386.95 | 1350+477.05 | |
| DISEÑO EN PLANTA DE LA CURVA | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Vdiseño | 50 Km/h | Cumple | Vdiseño 50-80 Km/h |
| Δ | 1°36'04" | Cumple | Δ mín 59' |
| Radio | 1000 m | Cumple | Radio mín 70,00 m |
| Lcurva | 27.95 m | No Cumple | Lcurva mín 180,00 m |
| L.S | 90,10 m | Cumple | Lmín. S 69,00 m |
| L.O | - | - | Lmín. O 139,00 m |
| PLANO PLANTA | | | |
| | | | |
| DISEÑO EN SECCIÓN TRANSVERSAL | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Calzada | 6,70 m | No Cumple | Calzada mín 7,20 m |
| Carril | 3,35 m | No Cumple | Carril mín 3,60 m |
| Berma | 0,30 m | No Cumple | Berma mín 2,60 m |
| Sobrancho | 0,10 m | No Cumple | Sobrancho 1,30 m |
| Peralte | 6,00% | No Cumple | Peralte 8,00% |
| <p>NOTA : Considerando que es una carretera de primera Clase, orografía accidentada, para la curva N° 17, de los parámetros evaluados, se visualiza que se cumple con un 80% del diseño en planta y para el diseño de la sección transversal no se cumple en un 100%.</p> | | | |

Figura 56

Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 18

| | | | |
|--|--------------------|------------------|--------------------------------|
| REGISTRO N°: | 17 | | |
| <u>ANÁLISIS DE DISEÑO GEOMÉTRICO</u> | | | |
| CURVA N° | C18 | TANGENTE: | C17 - C18 |
| | PROGRESIVAS | | LONGITUD DE TRAMO RECTO |
| | PT - C17 | PC - C18 | |
| | 1350+504.99 | 1350+588.21 | |
| DISEÑO EN PLANTA DE LA CURVA | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Vdiseño | 50 Km/h | Cumple | Vdiseño 50-80 Km/h |
| Δ | 6°41'22" | Cumple | Δ mín 59' |
| Radio | 500 m | Cumple | Radio mín 70,00 m |
| Lcurva | 58,38 m | No Cumple | Lcurva mín 180,00 m |
| L.S | 83,22 m | Cumple | Lmín. S 69,00 m |
| L.O | - | - | Lmín. O 139,00 m |
| PLANO PLANTA | | | |
| | | | |
| DISEÑO EN SECCIÓN TRANSVERSAL | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Calzada | 6,70 m | No Cumple | Calzada mín 7,20 m |
| Carril | 3,35 m | No Cumple | Carril mín 3,60 m |
| Berma | 0,30 m | No Cumple | Berma mín 2,60 m |
| Sobrancho | 0,30 m | No Cumple | Sobrancho 1,30 m |
| Peralte | 6,00% | No Cumple | Peralte 8,00% |
| <p>NOTA : Considerando que es una carretera de primera Clase, orografía accidentada, para la curva N° 18, de los parámetros evaluados, se visualiza que se cumple con un 80% del diseño en planta y para el diseño de la sección transversal no se cumple en un 100%.</p> | | | |

Figura 57

Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 19

| | | | |
|---|--------------------|------------------|--------------------------------|
| REGISTRO N°: | 18 | | |
| <u>ANÁLISIS DE DISEÑO GEOMÉTRICO</u> | | | |
| CURVAN° | C19 | TANGENTE: | C18 - C19 |
| | PROGRESIVAS | | LONGITUD DE TRAMO RECTO |
| | PT - C18 | PC - C19 | |
| | 1350+646.59 | 1350+706.85 | |
| DISEÑO EN PLANTA DE LA CURVA | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Vdiseño | 50 Km/h | Cumple | Vdiseño 50-80 Km/h |
| Δ | 2°04'42" | Cumple | Δ mín 59' |
| Radio | 1500 m | Cumple | Radio mín 70,00 m |
| Lcurva | 54,41 m | No Cumple | Lcurva mín 180,00 m |
| L.S | - | - | Lmín. S 69,00 m |
| L.O | 60,26 m | No Cumple | Lmín. O 139,00 m |
| PLANO PLANTA | | | |
| | | | |
| DISEÑO EN SECCIÓN TRANSVERSAL | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Calzada | 6,70 m | No Cumple | Calzada mín 7,20 m |
| Carril | 3,35 m | No Cumple | Carril mín 3,60 m |
| Berma | 0,30 m | No Cumple | Berma mín 2,60 m |
| Sobrancho | 0,30 m | No Cumple | Sobrancho 1,30 m |
| Peralte | 6,00% | No Cumple | Peralte 8,00% |
| <p>NOTA : Considerando que es una carretera de primera Clase, orografía accidentada, para la curva N° 19, de los parámetros evaluados, se visualiza que solo se cumple con un 60% del diseño en planta y para el diseño de la sección transversal no se cumple en un 100%.</p> | | | |

Figura 58

Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 20

| | | | |
|--|--------------------|------------------|--------------------------------|
| REGISTRO N°: | 19 | | |
| <u>ANÁLISIS DE DISEÑO GEOMÉTRICO</u> | | | |
| CURVA N° | C20 | TANGENTE: | C19 - C20 |
| | PROGRESIVAS | | LONGITUD DE TRAMO RECTO |
| | PT - C19 | PC - C20 | |
| | 1350+761.26 | 1350+884.55 | |
| DISEÑO EN PLANTA DE LA CURVA | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Vdiseño | 50 Km/h | Cumple | Vdiseño 50-80 Km/h |
| Δ | 13°13'21" | Cumple | Δ mín 59' |
| Radio | 250 m | Cumple | Radio mín 70,00 m |
| Lcurva | 57,69 m | No Cumple | Lcurva mín 180,00 m |
| L.S | 123,29 m | Cumple | Lmín. S 69,00 m |
| L.O | - | - | Lmín. O 139,00 m |
| PLANO PLANTA | | | |
| | | | |
| DISEÑO EN SECCIÓN TRANSVERSAL | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Calzada | 6,70 m | No Cumple | Calzada mín 7,20 m |
| Carril | 3,35 m | No Cumple | Carril mín 3,60 m |
| Berma | 0,50 m | No Cumple | Berma mín 2,60 m |
| Sobrancho | 0,80 m | No Cumple | Sobrancho 1,30 m |
| Peralte | 6,00% | No Cumple | Peralte 8,00% |
| <p>NOTA : Considerando que es una carretera de primera Clase, orografía accidentada, para la curva N° 20, de los parámetros evaluados, se visualiza que se cumple con un 80% del diseño en planta y para el diseño de la sección transversal no se cumple en un 100%.</p> | | | |

Figura 59

Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 21

| | | | |
|--|-----------------|--------------------------------|----------------------------|
| REGISTRO N°: | 20 | | |
| <u>ANÁLISIS DE DISEÑO GEOMÉTRICO</u> | | | |
| CURVA N° | C21 | TANGENTE: | C20 - C21 |
| PROGRESIVAS | | LONGITUD DE TRAMO RECTO | |
| PT - C20 | TS - C21 | | |
| | 1350+942.24 | 1350+998.46 | 56,22 |
| DISEÑO EN PLANTA DE LA CURVA | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Vdiseño | 50 Km/h | Cumple | Vdiseño 50-80 Km/h |
| Δ | 16°56'23" | Cumple | Δ mín 59' |
| Radio | 65 m | No Cumple | Radio mín 70,00 m |
| Lcurva | 19,22 m | No Cumple | Lcurva mín 180,00 m |
| L.S | - | - | Lmín. S 69,00 m |
| L.O | 56,22 m | No Cumple | Lmín. O 139,00 m |
| PLANO PLANTA | | | |
| | | | |
| DISEÑO EN SECCIÓN TRANSVERSAL | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Calzada | 6,70 m | No Cumple | Calzada mín 7,20 m |
| Carril | 3,35 m | No Cumple | Carril mín 3,60 m |
| Berma | 0,40 m | No Cumple | Berma mín 2,60 m |
| Sobrancho | 1,20 m | No Cumple | Sobrancho 1,30 m |
| Peralte | 6,00% | No Cumple | Peralte 8,00% |
| <p>NOTA : Considerando que es una carretera de primera Clase, orografía accidentada, para la curva N° 21, de los parámetros evaluados, se visualiza que solo se cumple con un 40% del diseño en planta y para el diseño de la sección transversal no se cumple en un 100%, siendo uno de los puntos</p> | | | |

Figura 60

Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 22

| | | | |
|--|--------------------|------------------|--------------------------------|
| REGISTRO N°: | 21 | | |
| <u>ANÁLISIS DE DISEÑO GEOMÉTRICO</u> | | | |
| CURVAN° | C22 | TANGENTE: | C21 - C22 |
| | PROGRESIVAS | | LONGITUD DE TRAMO RECTO |
| | ST - C21 | TS - C22 | |
| | 1351+087.67 | 1351+230.51 | |
| DISEÑO EN PLANTA DE LA CURVA | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Vdiseño | 50 Km/h | Cumple | Vdiseño 50-80 Km/h |
| Δ | 42°13'36" | Cumple | Δ mín 59' |
| Radio | 135 m | Cumple | Radio mín 70,00 m |
| Lcurva | 99,49 m | No Cumple | Lcurva mín 180,00 m |
| L.S | 142,84 m | Cumple | Lmín. S 69,00 m |
| L.O | - | - | Lmín. O 139,00 m |
| PLANO PLANTA | | | |
| | | | |
| DISEÑO EN SECCIÓN TRANSVERSAL | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Calzada | 6,70 m | No Cumple | Calzada mín 7,20 m |
| Carril | 3,35 m | No Cumple | Carril mín 3,60 m |
| Berma | 0,40 m | No Cumple | Berma mín 2,60 m |
| Sobrancho | 0,70 m | No Cumple | Sobrancho 1,30 m |
| Peralte | 6,00% | No Cumple | Peralte 8,00% |
| <p>NOTA : Considerando que es una carretera de primera Clase, orografía accidentada, para la curva N° 22, de los parámetros evaluados, se visualiza que se cumple con un 80% del diseño en planta y para el diseño de la sección transversal no se cumple en un 100%.</p> | | | |

Figura 61

Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 23

| | | | |
|---|------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| REGISTRO N°: | 22 | | |
| <u>ANÁLISIS DE DISEÑO GEOMÉTRICO</u> | | | |
| CURVA N° | C23 | TANGENTE: | C22 - C23 |
| PROGRESIVAS | | LONGITUD DE TRAMO RECTO | |
| ST - C22 | PC - C23 | | |
| 1351+400.00 | 1351+449.31 | | |
| DISEÑO EN PLANTA DE LA CURVA | | | |
| CAMPO | SITUACIÓN | | DG-2018 |
| Vdiseño | 50 Km/h | Cumple | Vdiseño 50-80 Km/h |
| Δ | 1°34'31" | Cumple | Δ mín 59' |
| Radio | 1000 m | Cumple | Radio mín 70,00 m |
| Lcurva | 27,50 m | No Cumple | Lcurva mín 180,00 m |
| L.S | - | - | Lmín. S 69,00 m |
| L.O | 49,31 m | No Cumple | Lmín. O 139,00 m |
| PLANO PLANTA | | | |
| | | | |
| DISEÑO EN SECCIÓN TRANSVERSAL | | | |
| CAMPO | SITUACIÓN | | DG-2018 |
| Calzada | 6,70 m | No Cumple | Calzada mín 7,20 m |
| Carril | 3,35 m | No Cumple | Carril mín 3,60 m |
| Berma | 0,50 m | No Cumple | Berma mín 2,60 m |
| Sobrancho | 0,15 m | No Cumple | Sobrancho 1,30 m |
| Peralte | 6,00% | No Cumple | Peralte 8,00% |
| <p>NOTA : Considerando que es una carretera de primera Clase, orografía accidentada, para la curva N° 23, de los parámetros evaluados, se visualiza que solo se cumple con un 60% del diseño en planta y para el diseño de la sección transversal no se cumple en un 100%.</p> | | | |

Figura 62

Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 24

| | | | |
|--|--------------------|------------------|--------------------------------|
| REGISTRO N°: | 23 | | |
| <u>ANÁLISIS DE DISEÑO GEOMÉTRICO</u> | | | |
| CURVA N° | C24 | TANGENTE: | C23 - C24 |
| | PROGRESIVAS | | LONGITUD DE TRAMO RECTO |
| | PT - C23 | TS - C24 | |
| | 1351+476.81 | 1351+635.59 | |
| DISEÑO EN PLANTA DE LA CURVA | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Vdiseño | 50 Km/h | Cumple | Vdiseño 50-80 Km/h |
| Δ | 14°11'14" | Cumple | Δ mín 59' |
| Radio | 85 m | Cumple | Radio mín 70,00 m |
| Lcurva | 21,05 m | No Cumple | Lcurva mín 180,00 m |
| L.S | 158,78 m | Cumple | Lmín. S 69,00 m |
| L.O | - | - | Lmín. O 139,00 m |
| PLANO PLANTA | | | |
| | | | |
| DISEÑO EN SECCIÓN TRANSVERSAL | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Calzada | 6,70 m | No Cumple | Calzada mín 7,20 m |
| Carril | 3,35 m | No Cumple | Carril mín 3,60 m |
| Berma | 0,70 m | No Cumple | Berma mín 2,60 m |
| Sobrancho | 1,10 m | No Cumple | Sobrancho 1,30 m |
| Peralte | 6,00% | No Cumple | Peralte 8,00% |
| <p>NOTA : Considerando que es una carretera de primera Clase, orografía accidentada, para la curva N° 24, de los parámetros evaluados, se visualiza que se cumple con un 80% del diseño en planta y para el diseño de la sección transversal no se cumple en un 100%.</p> | | | |

Figura 63

Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 25

| | | | |
|---|--------------------|------------------|--------------------------------|
| REGISTRO N°: | 24 | | |
| <u>ANÁLISIS DE DISEÑO GEOMÉTRICO</u> | | | |
| CURVA N° | C25 | TANGENTE: | C24 - C25 |
| | PROGRESIVAS | | LONGITUD DE TRAMO RECTO |
| | ST - C24 | TS - C25 | |
| | 1351+726.63 | 1351+794.11 | |
| DISEÑO EN PLANTA DE LA CURVA | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Vdiseño | 50 Km/h | Cumple | Vdiseño 50-80 Km/h |
| Δ | 14°15'35" | Cumple | Δ mín 59' |
| Radio | 180 m | Cumple | Radio mín 70,00 m |
| Lcurva | 44,80 m | No Cumple | Lcurva mín 180,00 m |
| L.S | 67,48 m | No Cumple | Lmín. S 69,00 m |
| L.O | - | - | Lmín. O 139,00 m |
| PLANO PLANTA | | | |
| | | | |
| DISEÑO EN SECCIÓN TRANSVERSAL | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Calzada | 6,70 m | No Cumple | Calzada mín 7,20 m |
| Carril | 3,35 m | No Cumple | Carril mín 3,60 m |
| Berma | 0,30 m | No Cumple | Berma mín 2,60 m |
| Sobrancho | 0,60 m | No Cumple | Sobrancho 1,30 m |
| Peralte | 6,00% | No Cumple | Peralte 8,00% |
| <p>NOTA : Considerando que es una carretera de primera Clase, orografía accidentada, para la curva N° 25, de los parámetros evaluados, se visualiza que solo se cumple con un 60% del diseño en planta y para el diseño de la sección transversal no se cumple en un 100%.</p> | | | |

Figura 64

Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 26

| | | | |
|--|--------------------|------------------|------------------------------------|
| REGISTRO N°: | 25 | | |
| <u>ANÁLISIS DE DISEÑO GEOMÉTRICO</u> | | | |
| CURVA N° | C26 | TANGENTE: | C25 - C26 |
| | PROGRESIVAS | | LONGITUD DE TRAMO RECTO |
| | ST - C25 | TS - C26 | |
| | 1351+908.91 | 1351+979.31 | |
| | 70,4 | | |
| DISEÑO EN PLANTA DE LA CURVA | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Vdiseño | 50 Km/h | Cumple | Vdiseño 50-80 Km/h |
| Δ | 17°30'44" | Cumple | Δ mín 59' |
| Radio | 65 m | No Cumple | Radio mín 70,00 m |
| Lcurva | 19,87 m | No Cumple | Lcurva mín 180,00 m |
| L.S | 70,4 m | No Cumple | Lmín. S 69,00 m |
| L.O | - | - | Lmín. O 139,00 m |
| PLANO PLANTA | | | |
| | | | |
| DISEÑO EN SECCIÓN TRANSVERSAL | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Calzada | 6,70 m | No Cumple | Calzada mín 7,20 m |
| Carril | 3,35 m | No Cumple | Carril mín 3,60 m |
| Berma | 0,30 m | No Cumple | Berma mín 2,60 m |
| Sobrancho | 0,60 m | No Cumple | Sobrancho 1,30 m |
| Peralte | 6,00% | No Cumple | Peralte 8,00% |
| <p>NOTA : Considerando que es una carretera de primera Clase, orografía accidentada, para la curva N° 26, de los parámetros evaluados, se visualiza que solo se cumple con un 40% del diseño en planta y para el diseño de la sección transversal no se cumple en un 100%, siendo uno de los puntos</p> | | | |

Figura 65

Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 27

| | | | |
|--|--------------------|------------------|--------------------------------|
| REGISTRO N°: | 26 | | |
| <u>ANÁLISIS DE DISEÑO GEOMÉTRICO</u> | | | |
| CURVA N° | C27 | TANGENTE: | C26 - C27 |
| | PROGRESIVAS | | LONGITUD DE TRAMO RECTO |
| | ST - C26 | PC - C27 | |
| | 1352+077.17 | 1352+109.74 | |
| DISEÑO EN PLANTA DE LA CURVA | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Vdiseño | 50 Km/h | Cumple | Vdiseño 50-80 Km/h |
| Δ | 62°18'51" | Cumple | Δ mín 59' |
| Radio | 177 m | Cumple | Radio mín 70,00 m |
| Lcurva | 192,50 m | Cumple | Lcurva mín 180,00 m |
| L.S | 32,57 m | No Cumple | Lmín. S 69,00 m |
| L.O | - | - | Lmín. O 139,00 m |
| PLANO PLANTA | | | |
| | | | |
| DISEÑO EN SECCIÓN TRANSVERSAL | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Calzada | 6,70 m | No Cumple | Calzada mín 7,20 m |
| Carril | 3,35 m | No Cumple | Carril mín 3,60 m |
| Berma | 0,40 m | No Cumple | Berma mín 2,60 m |
| Sobrancho | 0,70 m | No Cumple | Sobrancho 1,30 m |
| Peralte | 6,00% | No Cumple | Peralte 8,00% |
| <p>NOTA : Considerando que es una carretera de primera Clase, orografía accidentada, para la curva N° 27, de los parámetros evaluados, se visualiza que se cumple con un 80% del diseño en planta y para el diseño de la sección transversal no se cumple en un 100%.</p> | | | |

Figura 66

Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 28

| | | | |
|---|--------------------|------------------|--------------------------------|
| REGISTRO N°: | 27 | | |
| <u>ANÁLISIS DE DISEÑO GEOMÉTRICO</u> | | | |
| CURVA N° | C28 | TANGENTE: | C27 - C28 |
| | PROGRESIVAS | | LONGITUD DE TRAMO RECTO |
| | PT - C27 | TS - C28 | |
| | 1352+302.24 | 1352+323.41 | |
| DISEÑO EN PLANTA DE LA CURVA | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Vdiseño | 50 Km/h | Cumple | Vdiseño 50-80 Km/h |
| Δ | 18°51'41" | Cumple | Δ mín 59' |
| Radio | 90 m | Cumple | Radio mín 70,00 m |
| Lcurva | 29,63 m | No Cumple | Lcurva mín 180,00 m |
| L.S | 21,17 m | No Cumple | Lmín. S 69,00 m |
| L.O | - | - | Lmín. O 139,00 m |
| PLANO PLANTA | | | |
| | | | |
| DISEÑO EN SECCIÓN TRANSVERSAL | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Calzada | 6,70 m | No Cumple | Calzada mín 7,20 m |
| Carril | 3,35 m | No Cumple | Carril mín 3,60 m |
| Berma | 0,30 m | No Cumple | Berma mín 2,60 m |
| Sobrancho | 1,00 m | No Cumple | Sobrancho 1,30 m |
| Peralte | 6,00% | No Cumple | Peralte 8,00% |
| <p>NOTA : Considerando que es una carretera de primera Clase, orografía accidentada, para la curva N° 28, de los parámetros evaluados, se visualiza que solo se cumple con un 60% del diseño en planta y para el diseño de la sección transversal no se cumple en un 100%.</p> | | | |

Figura 67

Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 29

| | | | |
|---|--------------------|------------------|------------------------------------|
| REGISTRO N°: | 28 | | |
| <u>ANÁLISIS DE DISEÑO GEOMÉTRICO</u> | | | |
| CURVA N° | C29 | TANGENTE: | C28 - C29 |
| | PROGRESIVAS | | LONGITUD DE TRAMO RECTO |
| | ST - C28 | TS - C29 | |
| | 1352+421.04 | 1352+503.04 | |
| DISEÑO EN PLANTA DE LA CURVA | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Vdiseño | 50 Km/h | Cumple | Vdiseño 50-80 Km/h |
| Δ | 8°29'13" | Cumple | Δ mín 59' |
| Radio | 450 m | Cumple | Radio mín 70,00 m |
| Lcurva | 66,66 m | No Cumple | Lcurva mín 180,00 m |
| L.S | 82,00 m | No Cumple | Lmín. S 69,00 m |
| L.O | - | - | Lmín. O 139,00 m |
| PLANO PLANTA | | | |
| | | | |
| DISEÑO EN SECCIÓN TRANSVERSAL | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Calzada | 6,70 m | No Cumple | Calzada mín 7,20 m |
| Carril | 3,35 m | No Cumple | Carril mín 3,60 m |
| Berma | 0,30 m | No Cumple | Berma mín 2,60 m |
| Sobrancho | 0,30 m | No Cumple | Sobrancho 1,30 m |
| Peralte | 6,00% | No Cumple | Peralte 8,00% |
| <p>NOTA : Considerando que es una carretera de primera Clase, orografía accidentada, para la curva N° 29, de los parámetros evaluados, se visualiza que solo se cumple con un 60% del diseño en planta y para el diseño de la sección transversal no se cumple en un 100%.</p> | | | |

Figura 68

Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 30

| | | | |
|--|--------------------|------------------|--------------------------------|
| REGISTRO N°: | 29 | | |
| <u>ANÁLISIS DE DISEÑO GEOMÉTRICO</u> | | | |
| CURVA N° | C30 | TANGENTE: | C29 - C30 |
| | PROGRESIVAS | | LONGITUD DE TRAMO RECTO |
| | ST - C29 | TS - C30 | |
| | 1352+649.70 | 1352+808.99 | |
| DISEÑO EN PLANTA DE LA CURVA | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Vdiseño | 50 Km/h | Cumple | Vdiseño 50-80 Km/h |
| Δ | 19°35'19" | Cumple | Δ mín 59' |
| Radio | 95 m | Cumple | Radio mín 70,00 m |
| Lcurva | 32,48 m | No Cumple | Lcurva mín 180,00 m |
| L.S | 159,29 m | Cumple | Lmín. S 69,00 m |
| L.O | - | - | Lmín. O 139,00 m |
| PLANO PLANTA | | | |
| | | | |
| DISEÑO EN SECCIÓN TRANSVERSAL | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Calzada | 6,70 m | No Cumple | Calzada mín 7,20 m |
| Carril | 3,35 m | No Cumple | Carril mín 3,60 m |
| Berma | 0,45 m | No Cumple | Berma mín 2,60 m |
| Sobrancho | 1,00 m | No Cumple | Sobrancho 1,30 m |
| Peralte | 6,00% | No Cumple | Peralte 8,00% |
| <p>NOTA : Considerando que es una carretera de primera Clase, orografía accidentada, para la curva N° 30, de los parámetros evaluados, se visualiza que se cumple con un 80% del diseño en planta y para el diseño de la sección transversal no se cumple en un 100%.</p> | | | |

Figura 69

Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 31

| REGISTRO N°: | 30 | | |
|---|--------------------|------------------|--------------------------------|
| ANÁLISIS DE DISEÑO GEOMÉTRICO | | | |
| CURVA N° | C31 | TANGENTE: | C30 - C31 |
| | PROGRESIVAS | | LONGITUD DE TRAMO RECTO |
| | ST - C30 | PC - C31 | |
| | 1352+911.47 | 1353+012.54 | |
| DISEÑO EN PLANTA DE LA CURVA | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Vdiseño | 50 Km/h | Cumple | Vdiseño 50-80 Km/h |
| Δ | 56°30'26" | Cumple | Δ mín 59' |
| Radio | 177 m | Cumple | Radio mín 70,00 m |
| Lcurva | 174,56 m | No Cumple | Lcurva mín 180,00 m |
| L.S | 101,07 m | Cumple | Lmín. S 69,00 m |
| L.O | - | - | Lmín. O 139,00 m |
| PLANO PLANTA | | | |
| | | | |
| DISEÑO EN SECCIÓN TRANSVERSAL | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Calzada | 6,70 m | No Cumple | Calzada mín 7,20 m |
| Carril | 3,35 m | No Cumple | Carril mín 3,60 m |
| Berma | 0,40 m | No Cumple | Berma mín 2,60 m |
| Sobreechancho | 0,70 m | No Cumple | Sobreechancho 1,30 m |
| Peralte | 6,00% | No Cumple | Peralte 8,00% |
| <p>NOTA : Considerando que es una carretera de primera Clase, orografía accidentada, para la curva N° 31, de los parámetros evaluados, se visualiza que se cumple con un 80% del diseño en planta y para el diseño de la sección transversal no se cumple en un 100%, siendo uno de los puntos</p> | | | |

Figura 70

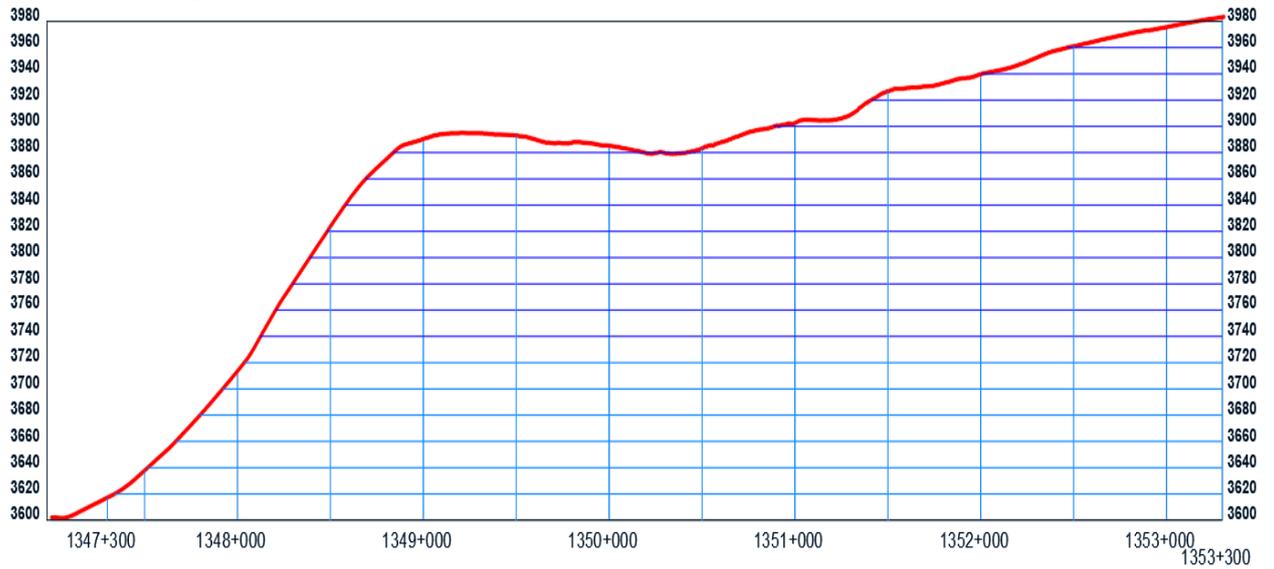
Análisis de Diseño Geométrico Curva N° 32

| | | | |
|---|--------------------|------------------|--------------------------------|
| REGISTRO N°: | 31 | | |
| <u>ANÁLISIS DE DISEÑO GEOMÉTRICO</u> | | | |
| CURVA N° | C32 | TANGENTE: | C31 - C32 |
| | PROGRESIVAS | | LONGITUD DE TRAMO RECTO |
| | PT - C31 | PC - C32 | |
| | 1353+187,11 | 1353+245,07 | |
| DISEÑO EN PLANTA DE LA CURVA | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Vdiseño | 50 Km/h | Cumple | Vdiseño 50-80 Km/h |
| Δ | 120°20'30" | Cumple | Δ mín 59' |
| Radio | 52 m | No Cumple | Radio mín 70,00 m |
| Lcurva | 109,22 m | No Cumple | Lcurva mín 180,00 m |
| L.S | 57,96 m | No Cumple | Lmín. S 69,00 m |
| L.O | - | - | Lmín. O 139,00 m |
| PLANO PLANTA | | | |
| | | | |
| DISEÑO EN SECCIÓN TRANSVERSAL | | | |
| | CAMPO | SITUACIÓN | DG-2018 |
| Calzada | 6,70 m | No Cumple | Calzada mín 7,20 m |
| Carril | 3,35 m | No Cumple | Carril mín 3,60 m |
| Berma | 0,30 m | No Cumple | Berma mín 2,60 m |
| Sobrancho | 1,70 m | Cumple | Sobrancho 1,30 m |
| Peralte | 6,00% | No Cumple | Peralte 8,00% |
| <p>NOTA : Considerando que es una carretera de primera Clase, orografía accidentada, para la curva N° 32, de los parámetros evaluados, se visualiza que solo se cumple con un 40% del diseño en planta y para el diseño de la sección transversal no se cumple en un 100%.</p> | | | |

4.1.2.3. Geometría en Perfil. Mediante un levantamiento topográfico ínsitu se obtuvo los elementos geométricos de las curvas verticales del perfil en el eje de la vía, cuyos resultados se muestran a continuación:

Figura 71

Pendiente Longitudinal del Km 1347+300 al Km 1353+300



Nota. La figura muestra el perfil longitudinal del tramo en estudio



Tabla 36

Datos de los Elementos de Curvas Verticales

| N° | Estación PIV | PIV Elevación | S1% Entrada | S2% Salida | A | Tipo de curva | LCV | K |
|----|-----------------|------------------|----------------|---------------|-------|---------------------|--------|--------|
| 1 | 1347+387,58 | 3623,98 | 7,50% | 12,56% | 5,06% | Sag | 100,00 | 19,76 |
| 2 | 1347+682,7 | 3661,05 | 12,56% | 16,45% | 3,89% | Sag | 150,00 | 38,59 |
| 3 | 1348+050,14 | 3721,49 | 16,45% | 24,74% | 8,29% | Sag | 100,00 | 12,05 |
| 4 | 1348+224,52 | 3764,64 | 24,74% | 21,40% | 3,34% | Crest | 80,00 | 23,92 |
| 5 | 1348+644,69 | 3854,55 | 21,40% | 13,09% | 8,31% | Crest | 200,00 | 24,06 |
| 6 | 1348+876,25 | 3884,85 | 13,09% | 4,40% | 8,69% | Crest | 80,00 | 9,22 |
| 7 | 1349+118,76 | 3895,53 | 4,40% | -0,61% | 5,01% | Crest | 200,00 | 39,88 |
| 8 | 1349+522,68 | 3893,06 | -0,61% | -3,71% | 3,10% | Crest | 150,00 | 48,35 |
| 9 | 1349+696,29 | 3886,62 | -3,71% | 0,70% | 4,41% | Sag | 140,00 | 31,70 |
| 10 | 1349+883,58 | 3887,93 | 0,70% | -2,47% | 3,17% | Crest | 150,00 | 47,19 |
| 11 | 1350+212,35 | 3879,8 | -2,47% | -0,58% | 1,89% | Sag | 50,00 | 26,34 |
| 12 | 1350+415,51 | 3878,63 | -0,58% | 5,02% | 5,60% | Sag | 150,00 | 26,82 |
| 13 | 1350+762,24 | 3896,02 | 5,02% | 3,01% | 2,01% | Crest | 180,00 | 89,82 |
| 14 | 1351+037,85 | 3904,32 | 3,01% | 0,19% | 2,82% | Crest | 150,00 | 53,07 |
| 15 | 1351+258,83 | 3904,73 | 0,19% | 10,15% | 9,96% | Sag | 150,00 | 15,06 |
| 16 | 1351+489,88 | 3928,18 | 10,15% | 0,87% | 9,28% | Crest | 150,00 | 16,17 |
| 17 | 1351+747,42 | 3930,42 | 0,87% | 4,15% | 3,28% | Sag | 80,00 | 24,42 |
| 18 | 1351+887,73 | 3936,24 | 4,15% | 3,13% | 1,02% | Crest | 100,00 | 97,79 |
| 19 | 1352+188,83 | 3945,65 | 3,13% | 6,06% | 2,93% | Sag | 100,00 | 34,11 |
| 20 | 1352+367,50 | 3956,47 | 6,06% | 3,31% | 2,75% | Crest | 120,00 | 43,62 |
| 21 | 1352+783,48 | 3970,23 | 3,31% | 2,51% | 0,80% | Crest | 150,00 | 187,81 |

Nota: La tabla muestra datos de los elementos de curvas verticales del tramo de estudio

Donde.

- N°: Numero de curva vertical.
- PIV: Punto de intersección de las tangentes verticales
- S1: Pendiente de la tangente de entrada
- S2: Pendiente de la tangente de salida
- A: Valor Absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes.
- Sag: Curva cóncava
- Crest: Curva Convexa
- LCV: Longitud de curva vertical
- K: Parámetro de curvatura.



Para determinar las distancias de parada se utilizó la tabla 15, donde se evaluó para cada una de las curvas verticales, de ida como de vuelta, para el cual se tomó el valor máximo.

Tabla 37
Distancia de Parada de Ida y Vuelta

| Dp Análisis de Ida | | | | | | Dp Análisis de Vuelta | | | | | | Dp |
|--------------------|--------|--------|-------|-------|------|-----------------------|---------|---------|-------|-------|------|----|
| PIV | S1% | S2% | Dp S1 | Dp S2 | Dp I | PIV | S1% | S2% | Dp S1 | Dp S2 | Dp R | Dp |
| 1 | 7,50% | 12,56% | 67 | 65 | 67 | 1 | -12,56% | -7,50% | 90 | 84 | 90 | 90 |
| 2 | 12,56% | 16,45% | 65 | 65 | 65 | 2 | -16,45% | -12,56% | 90 | 90 | 90 | 90 |
| 3 | 16,45% | 24,74% | 65 | 65 | 65 | 3 | -24,74% | -16,45% | 90 | 90 | 90 | 90 |
| 4 | 24,74% | 21,40% | 65 | 65 | 65 | 4 | -21,40% | -24,74% | 90 | 90 | 90 | 90 |
| 5 | 21,40% | 13,09% | 65 | 65 | 65 | 5 | -13,09% | -21,40% | 90 | 90 | 90 | 90 |
| 6 | 13,09% | 4,40% | 65 | 70 | 70 | 6 | -4,40% | -13,09% | 80 | 90 | 90 | 90 |
| 7 | 4,40% | -0,61% | 70 | 75 | 75 | 7 | 0,61% | -4,40% | 74 | 80 | 80 | 80 |
| 8 | -0,61% | -3,71% | 75 | 78 | 78 | 8 | 3,71% | 0,61% | 71 | 74 | 74 | 78 |
| 9 | -3,71% | 0,70% | 78 | 74 | 78 | 9 | -0,70% | 3,71% | 75 | 71 | 75 | 78 |
| 10 | 0,70% | -2,47% | 74 | 76 | 76 | 10 | 2,47% | -0,70% | 72 | 75 | 75 | 76 |
| 11 | -2,47% | -0,58% | 76 | 75 | 76 | 11 | 0,58% | 2,47% | 74 | 72 | 74 | 76 |
| 12 | -0,58% | 5,02% | 75 | 69 | 75 | 12 | -5,02% | 0,58% | 81 | 74 | 81 | 81 |
| 13 | 5,02% | 3,01% | 69 | 71 | 71 | 13 | -3,01% | -5,02% | 78 | 81 | 81 | 81 |
| 14 | 3,01% | 0,19% | 71 | 74 | 74 | 14 | -0,19% | -3,01% | 75 | 78 | 78 | 78 |
| 15 | 0,19% | 10,15% | 74 | 65 | 74 | 15 | -10,15% | -0,19% | 90 | 75 | 90 | 90 |
| 16 | 10,15% | 0,87% | 65 | 74 | 74 | 16 | -0,87% | -10,15% | 75 | 90 | 90 | 90 |
| 17 | 0,87% | 4,15% | 74 | 70 | 74 | 17 | -4,15% | -0,87% | 80 | 75 | 80 | 80 |
| 18 | 4,15% | 3,13% | 70 | 71 | 71 | 18 | -3,13% | -4,15% | 78 | 80 | 80 | 80 |
| 19 | 3,13% | 6,06% | 71 | 68 | 71 | 19 | -6,06% | -3,13% | 82 | 78 | 82 | 82 |
| 20 | 6,06% | 3,31% | 68 | 71 | 71 | 20 | -3,31% | -6,06% | 78 | 82 | 82 | 82 |
| 21 | 3,31% | 2,51% | 71 | 72 | 72 | 21 | -2,51% | -3,31% | 76 | 78 | 78 | 78 |

Nota: La tabla muestra datos para la distancia de parada obtenidas del diseño geométrico.

Donde:

- S1 : Se refiere a la pendiente de entrada, en (%).
- S2 : Se refiere a la pendiente de salida, en (%).
- Dp S1 : Es la distancia de parada en pendiente de entrada, en (m).
- Dp S2 : Es la distancia de parada en pendiente de salida, en (m)
- Dp I : Es la distancia de parada elegida de ida, en (m)
- Dp R : Es la distancia de parada elegida de vuelta, en (m)

- D_p : Es la distancia de parada máxima, en (m)

4.2. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.2.1. Accidentes de Tránsito

De acuerdo a la tabla 33, la cantidad de accidentes de tránsito para los diferentes tramos de la vía en estudio y comprendidos desde el año 2017 hasta el mes de agosto del 2022 son los siguientes:

Tabla 38

Resumen de Accidentes de Tránsito por Año

| Año | Cantidad de accidentes de tránsito |
|-------|------------------------------------|
| 2017 | 5 |
| 2018 | 13 |
| 2019 | 10 |
| 2020 | 5 |
| 2021 | 5 |
| 2022 | 10 |
| Total | 48 |

Nota. Desde el año 2017 al 2022 se registraron 48 accidentes de tránsito en el tramo de estudio.

Tabla 39

Resumen de accidente de tránsito por progresiva

| Progresiva | N° de accidentes de tránsito |
|------------|------------------------------|
| 1349 | 2 |
| 1349+500 | 1 |
| 1350 | 13 |
| 1350+150 | 1 |
| 1350+300 | 1 |
| 1350+500 | 2 |
| 1350+850 | 1 |
| 1351 | 9 |
| 1351+100 | 1 |
| 1351+200 | 1 |
| 1351+900 | 1 |
| 1352 | 7 |
| 1352+200 | 1 |
| 1352+300 | 1 |
| 1353 | 6 |
| Total | 48 |

En total 18 accidentes de tránsito se fueron producto de choque, ya sea choque frontal, choque por alcance y/o choque múltiple y 30 accidentes se suscitaron por despiste,



del cual se aprecia que el punto o tramo con mayor concentración de accidentes de tránsito el Km 1350.

4.2.2. Volumen de Tránsito

Se realizó el conteo vehicular, de donde se obtuvo el Índice Medio Diario Anual IMDA de 4 509 vehículos, compuesto por Autos, Camionetas, Buses, Camiones, Semi trayler y Traylers.

De los resultados obtenidos se puede apreciar que el IMDA de la vía en estudio supera ampliamente los parámetros establecidos por la normativa peruana Manual de Diseño Geométrico para carreteras, MTC (2018), visto que viene atendiendo un aforo vehicular que corresponde a una autopista de segunda clase, razón por la cual se viene ejecutando la autopista Juliaca – Puno.

4.2.3. Análisis de Diseño Geométrico

Se realizó un análisis para los parámetros del diseño geométrico en la vía, los cuales se detalla en la figura 40 hasta la figura 70, de donde se puede concluir que no se cumple en un 100% con las especificaciones mínimas establecidas por el Manual de Diseño Geométrico para carreteras MTC (2018), las mismas se detalla en la tabla 40.



Tabla 40
Resumen de cumplimiento a la norma DG-2018

| N° curva | Radio | Lcurva | Tramo tangente | | Calzada | Berma | Sa (m) | Peralte (%) |
|-------------|--------|--------|----------------|--------|---------|---------|---------|----------------|
| | | | Ls | Lo | | | | |
| 2 | Si | No | Si | - | No | No | No | No |
| 3 | Si | No | Si | - | No | No | No | No |
| 4 | Si | No | - | Si | No | No | No | No |
| 5 | Si | No | No | - | No | No | No | No |
| 6 | Si | No | - | Si | No | No | No | No |
| 7 | No | No | - | Si | No | No | No | No |
| 8 | Si | No | Si | - | No | No | No | No |
| 9 | No | No | No | - | No | No | No | No |
| 10 | Si | No | Si | - | No | No | No | No |
| 11 | Si | No | - | No | No | No | No | No |
| 12 | Si | No | - | No | No | No | No | No |
| 13 | Si | No | - | No | No | No | No | No |
| 14 | Si | No | Si | - | No | No | No | No |
| 15 | Si | No | Si | - | No | No | No | No |
| 16 | Si | No | No | - | No | No | No | No |
| 17 | Si | No | Si | - | No | No | No | No |
| 18 | Si | No | Si | - | No | No | No | No |
| 19 | Si | No | - | No | No | No | No | No |
| 20 | Si | No | Si | - | No | No | No | No |
| 21 | No | No | - | No | No | No | No | No |
| 22 | Si | No | Si | - | No | No | No | No |
| 23 | Si | No | - | No | No | No | No | No |
| 24 | Si | No | Si | - | No | No | No | No |
| 25 | Si | No | No | - | No | No | No | No |
| 26 | No | No | No | - | No | No | No | No |
| 27 | Si | Si | No | - | No | No | No | No |
| 28 | Si | No | No | - | No | No | No | No |
| 29 | Si | No | No | - | No | No | No | No |
| 30 | Si | No | Si | - | No | No | No | No |
| 31 | Si | No | Si | - | No | No | No | No |
| 32 | No | No | No | - | No | No | No | No |
| Si | 26 | 1 | 13 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| No | 5 | 30 | 9 | 6 | 31 | 31 | 31 | 31 |
| % Si | 83,87% | 3,23% | 59,09% | 33,33% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| % No | 16,13% | 96,77% | 40,91% | 66,67% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% |

Nota: La tabla muestra el resumen los parámetros evaluados que se detalla desde la figura 40 hasta la figura 70.

4.2.4. Análisis del Índice de Rugosidad Internacional

De acuerdo a los parámetros establecidos por el Manual de Carreteras, Suelo, Geología y Pavimentos, MTC (2014), el índice de rugosidad internacional debería oscilar entre 2,5 Hasta 4 m/Km, se obtuvo que para una carretera de primera clase del IRI durante el periodo de servicio es de 4 m/Km.

Tabla 41

Resumen de cumplimiento a la Manual de Carreteras, Suelo, Geología y Pavimentos.

| Tramo (Km) | Campo | | MTC | Situación |
|---------------------|------------------------------|--------------------------------|---------------|-----------|
| | | | (2014) | |
| | IRI Carril derecho (m/Km) | IRI Carril izquierdo (m/Km) | IRI (m/Km) | |
| 1353+300 - 1352+900 | 1,5 | 1,7 | < 4 | Cumple |
| 1352+900 - 1352+500 | 2,5 | 1,9 | < 4 | Cumple |
| 1352+500 - 1352+100 | 1,5 | 1,8 | < 4 | Cumple |
| 1352+100 - 1351+700 | 1,5 | 1,7 | < 4 | Cumple |
| 1351+700 - 1351+300 | 1,4 | 2,4 | < 4 | Cumple |
| 1351+300 - 1350+900 | 1,8 | 1,8 | < 4 | Cumple |
| 1350+900 - 1350+500 | 1,5 | 1,5 | < 4 | Cumple |
| 1350+500 - 1350+100 | 1,4 | 2,4 | < 4 | Cumple |
| 1350+100 - 1349+700 | 1,3 | 1,3 | < 4 | Cumple |
| 1349+700 - 1349+300 | 1,4 | 1,3 | < 4 | Cumple |
| 1349+700 - 1349+300 | 1,3 | 1,1 | < 4 | Cumple |
| 1349+300 - 1348+900 | 1,4 | 1,4 | < 4 | Cumple |
| 1348+500 - 1348+100 | 1,4 | 1,7 | < 4 | Cumple |
| 1348+100 - 1347+700 | 1,4 | 1,5 | < 4 | Cumple |
| 1347+700 - 1347+300 | 1,5 | 1,3 | < 4 | Cumple |

Nota. Los resultados muestra que el 100% cumple con los establecido por el MTC (2014).

De los ensayos realizados en todo el tramo en estudio, para ambos carriles, se obtuvo un IRI promedio de 1,6 m/Km, por tanto, esta variable de estudio está dentro de lo establecido por la normativa, cumpliéndose al 100% en todo el tramo de estudio.

4.2.5. Análisis final de resultados

De los resultados obtenidos y parámetros evaluados se concluye en que indica la tabla 42.

Tabla 42

Resumen de Resultados y Análisis

| Progresiva (Km) | Accidentalidad | | IMDA | Diseño geométrico | | IRI | Análisis |
|--------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|--------------|-------------------|-----------|--------|--|
| | N° de accidentes por choque | N° de accidentes por despiste | | Situación | Indicador | | |
| 1349 | 2 | 0 | No cumple | Vel. operación | No cumple | Cumple | El tramo corresponde a la curva C9, y al no cumplirse en un 83% los parámetros evaluados en el diseño geométrico, acompañado del exceso de velocidad se producen los accidentes de tránsito. |
| | | | | Δ | Cumple | | |
| | | | | Radio | No cumple | | |
| | | | | Lcurva | No cumple | | |
| | | | | L.S | No cumple | | |
| | | | | Calzada | No cumple | | |
| | | | | Carril | No cumple | | |
| | | | | Berma | No cumple | | |
| | | | | Sobreancho | No cumple | | |
| | | | | Peralte | No cumple | | |
| 1349+500 | 0 | 1 | No cumple | Vel. operación | No cumple | Cumple | Pese a no cumplirse con los parámetros evaluados, el despiste se le atribuye a un factor humano o del vehículo, en vista es un tramo recto. |
| | | | | Δ | No aplica | | |
| | | | | Radio | No aplica | | |
| | | | | Lcurva | No aplica | | |
| | | | | L.O | No Cumple | | |
| | | | | Calzada | No Cumple | | |
| | | | | Carril | No Cumple | | |
| | | | | Berma | No Cumple | | |
| | | | | Sobreancho | No Cumple | | |
| | | | | Peralte | No Cumple | | |

| Progresiva (Km) | Accidentalidad | | IMDA | Diseño geométrico | | IRI | Análisis |
|--------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|--------------|-------------------|-----------|--------|--|
| | N° de accidentes por choque | N° de accidentes por despiste | | Situación | Indicador | | |
| 1350 | 8 | 5 | No cumple | Vel. operación | No cumple | Cumple | Se concluye que los accidentes se produjeron porque no se cumple con los anchos mínimos de la vía, tampoco con la longitud de curva y peralte mínimo, esto provoca que no se puede controlar con facilidad el vehículo, además de conducir a excesiva velocidad. |
| | | | | Δ | Cumple | | |
| | | | | Radio | Cumple | | |
| | | | | Lcurva | No Cumple | | |
| | | | | L.S | Cumple | | |
| | | | | Calzada | No Cumple | | |
| | | | | Carril | No Cumple | | |
| | | | | Berma | No Cumple | | |
| | | | | Sobreancho | No Cumple | | |
| | | | | Peralte | No Cumple | | |
| 1350+150 | 0 | 1 | No cumple | Vel. operación | No cumple | Cumple | Por ser tramo recto, y que el accidente sea por despiste se le atribuye este accidente a un factor humano y/o exceso de velocidad. |
| | | | | Δ | No aplica | | |
| | | | | Radio | No aplica | | |
| | | | | Lcurva | No aplica | | |
| | | | | L.S | No Cumple | | |
| | | | | Calzada | No Cumple | | |
| | | | | Carril | No Cumple | | |
| | | | | Berma | No Cumple | | |
| | | | | Sobreancho | No Cumple | | |
| | | | | Peralte | No Cumple | | |

| Progresiva (Km) | Accidentalidad | | IMDA | Diseño geométrico | | IRI | Análisis |
|--------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|-----------|--------|---|
| | N° de accidentes por choque | N° de accidentes por despiste | | Situación | Indicador | | |
| 1350+300 | 0 | 1 | Vel. Operación | No cumple | Cumple | Cumple | El no cumplirse la longitud mínima de curva y peralte, acompañado del exceso de velocidad, son los factores para que se produzca el accidente por despiste |
| | | | Δ | Cumple | | | |
| | | | Radio | Cumple | | | |
| | | | Lcurva | No Cumple | | | |
| | | | L.S | No Cumple | | | |
| | | | Calzada | No Cumple | | | |
| | | | Carril | No Cumple | | | |
| | | | Berma | No Cumple | | | |
| | | | Sobreancho | No Cumple | | | |
| Peralte | No Cumple | | | | | | |
| 1350+500 | 0 | 2 | Vel. Operación | No cumple | Cumple | Cumple | El exceso de velocidad, longitud mínima de curva, así como el peralte son factores que provocan un accidente de tránsito por despiste, y para este caso estos factores no se cumplen. |
| | | | Δ | Cumple | | | |
| | | | Radio | Cumple | | | |
| | | | Lcurva | No Cumple | | | |
| | | | L.S | Cumple | | | |
| | | | Calzada | No Cumple | | | |
| | | | Carril | No Cumple | | | |
| | | | Berma | No Cumple | | | |
| | | | Sobreancho | No Cumple | | | |
| Peralte | No Cumple | | | | | | |

| Progresiva (Km) | Accidentalidad | | IMDA | Diseño geométrico | | IRI | Análisis |
|--------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|-----------|--------|--|
| | N° de accidentes por choque | N° de accidentes por despiste | | Situación | Indicador | | |
| 1350+850 | 0 | 1 | Vel. Operación | No cumple | | | El exceso de velocidad, longitud mínima de curva, así como el peralte son factores que provocan un accidente de tránsito por despiste, y para este caso estos factores no se cumplen. |
| | | | Δ | Cumple | | | |
| | | | Radio | Cumple | | | |
| | | | Lcurva | No Cumple | | | |
| | | | L.S | Cumple | | Cumple | |
| | | | Calzada | No Cumple | | | |
| | | | Carril | No Cumple | | | |
| | | | Berma | No Cumple | | | |
| | | | Sobreancho | No Cumple | | | |
| Peralte | No Cumple | | | | | | |
| 1351 | 3 | 6 | Vel. Operación | No cumple | | | Este tramo se refiere, a la curva C22, y al no cumplirse la longitud de curva mínima, peralte mínimo, curvas de transición, velocidad máxima se producen los accidentes por despiste, y al no cumplirse los anchos mínimos de calzada, lo accidentes por choque. |
| | | | Δ | Cumple | | | |
| | | | Radio | Cumple | | | |
| | | | Lcurva | No Cumple | | | |
| | | | L.S | Cumple | | Cumple | |
| | | | Calzada | No Cumple | | | |
| | | | Carril | No Cumple | | | |
| | | | Berma | No Cumple | | | |
| | | | Sobreancho | No Cumple | | | |
| Peralte | No Cumple | | | | | | |

| Progresiva (Km) | Accidentalidad | | IMDA | Diseño geométrico | | IRI | Análisis |
|--------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|-----------|-----|---|
| | N° de accidentes por choque | N° de accidentes por despiste | | Situación | Indicador | | |
| 1351+100 | 0 | 1 | Vel. Operación | No cumple | | | Tramo que es parte de la curva C22, por tanto se le atribuye los accidentes en este tramo al no cumplimiento con la longitud de curva mínima, exceso de velocidad y peralte mínimo. |
| | | | Δ | Cumple | | | |
| | | | Radio | Cumple | | | |
| | | | Lcurva | No Cumple | | | |
| | | | L.S | Cumple | Cumple | | |
| | | | Calzada | No Cumple | | | |
| | | | Carril | No Cumple | | | |
| | | | Berma | No Cumple | | | |
| | | | Sobreancho | No Cumple | | | |
| Peralte | No Cumple | | | | | | |
| 1351+200 | 0 | 1 | Vel. Operación | No cumple | | | Tramo que es parte de la curva C22, por tanto se le atribuye los accidentes en este tramo al no cumplimiento con la longitud de curva mínima, exceso de velocidad y peralte mínimo. |
| | | | Δ | Cumple | | | |
| | | | Radio | Cumple | | | |
| | | | Lcurva | No Cumple | | | |
| | | | L.S | Cumple | Cumple | | |
| | | | Calzada | No Cumple | | | |
| | | | Carril | No Cumple | | | |
| | | | Berma | No Cumple | | | |
| | | | Sobreancho | No Cumple | | | |
| Peralte | No Cumple | | | | | | |

| Progresiva (Km) | Accidentalidad | | IMDA | Diseño geométrico | | IRI | Análisis |
|--------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|-----------|--------|---|
| | N° de accidentes por choque | N° de accidentes por despiste | | Situación | Indicador | | |
| 1351+900 | 1 | 0 | Vel. Operación | No cumple | Cumple | Cumple | Se produce el accidente en vista que el tramo carece de todos los parámetros evaluados, acompañado del exceso de velocidad es difícil controlar el vehículo bajo estas condiciones. |
| | | | Δ | Cumple | | | |
| | | | Radio | No Cumple | | | |
| | | | Lcurva | No Cumple | | | |
| | | | L.S | No Cumple | | | |
| | | | Calzada | No Cumple | | | |
| | | | Carril | No Cumple | | | |
| | | | Berma | No Cumple | | | |
| | | | Sobreancho | No Cumple | | | |
| Peralte | No Cumple | | | | | | |
| 1352 | 0 | 7 | Vel. Operación | No cumple | Cumple | Cumple | Pese a cumplir con el radio mínimo y longitud de curva mínima, los accidentes por despiste en esta curva C77, se les atribuye al exceso de velocidad y deficiencia en peralte. |
| | | | Δ | Cumple | | | |
| | | | Radio | Cumple | | | |
| | | | Lcurva | Cumple | | | |
| | | | L.S | No Cumple | | | |
| | | | Calzada | No Cumple | | | |
| | | | Carril | No Cumple | | | |
| | | | Berma | No Cumple | | | |
| | | | Sobreancho | No Cumple | | | |
| Peralte | No Cumple | | | | | | |

| Progresiva (Km) | Accidentalidad | | IMDA | Diseño geométrico | | IRI | Análisis |
|--------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|--------------|-------------------|-----------|--------|--|
| | N° de accidentes por choque | N° de accidentes por despiste | | Situación | Indicador | | |
| 1352+200 | 1 | 0 | No cumple | Vel. Operación | No cumple | Cumple | Al ser un tramo recto y pese a no cumplirse con los parámetros de anchos mínimos de calzada, este accidente por choque se le atribuye a un factor humano y/o vehicular. |
| | | | | Δ | No aplica | | |
| | | | | Radio | No aplica | | |
| | | | | Lcurva | No aplica | | |
| | | | | L.S | No aplica | | |
| | | | | Calzada | No Cumple | | |
| | | | | Carril | No Cumple | | |
| | | | | Berma | No Cumple | | |
| 1352+300 | 0 | 1 | No cumple | Sobreancho | No Cumple | Cumple | Este tramo se refiere a la curva C28, y esta carece de longitud mínima de curva, peralte mínimo, sobreancho y acompañado del exceso de velocidad se produce el despiste. |
| | | | | Peralte | No Cumple | | |
| | | | | Vel. Operación | No cumple | | |
| | | | | Δ | Cumple | | |
| 1352+300 | 0 | 1 | No cumple | Radio | Cumple | Cumple | Este tramo se refiere a la curva C28, y esta carece de longitud mínima de curva, peralte mínimo, sobreancho y acompañado del exceso de velocidad se produce el despiste. |
| | | | | Lcurva | No Cumple | | |
| | | | | L.S | No Cumple | | |
| | | | | Calzada | No Cumple | | |
| | | | | Carril | No Cumple | | |
| | | | | Berma | No Cumple | | |
| | | | | Sobreancho | No Cumple | | |
| | | | | Peralte | No Cumple | | |

| Progresiva (Km) | Accidentalidad | | IMDA | Diseño geométrico | | IRI | Análisis |
|--------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|--------------|---|---|-----|---|
| | N° de accidentes por choque | N° de accidentes por despiste | | Situación | Indicador | | |
| 1353 | 3 | 3 | No cumple | Vel. operación Δ Radio Lcurva L.S Calzada Carril Berma Sobreancho Peralte | No cumple Cumple Cumple No Cumple Cumple No Cumple No Cumple No Cumple No Cumple No Cumple | | Este tramo corresponde a la curva C31, y los accidente por despiste se dan por deficiencia en longitud de curvatura mínima, peralte mínimo, y para los accidentes por choque por deficiencia en anchos mínimos de la calzada, Lcurva y exceso de velocidad. |

Nota. La tabla muestra el resumen de datos obtenidos en la presente investigación.

4.3. COMPROBACIÓN DE LAS HIPÓTESIS

El planteamiento de las hipótesis, se presentó y se dará un indicador estadístico comparativo y de asociatividad, para ello se consideró lo siguiente:

HG: Si existe una influencia del diseño geométrico y del índice de rugosidad internacional sobre la seguridad vial de la carretera Juliaca Puno tramo km 1347+300 al km 1353+300 Huerta Huaraya – Puno.

Para esta comprobación se plantean dos hipótesis estadísticas, y se aplicará el estadístico Chi cuadrado:

Ho: No existe una influencia del diseño geométrico y del índice de rugosidad internacional sobre la seguridad vial de la carretera Juliaca Puno tramo km 1347+300 al km 1353+300 Huerta Huaraya – Puno.

Ha: Si existe una influencia del diseño geométrico y del índice de rugosidad internacional sobre la seguridad vial de la carretera Juliaca Puno tramo km 1347+300 al km 1353+300 Huerta Huaraya – Puno.

Por el P-value obtenido, ($P\text{-value} < 0.05$) es que se acepta la Ha y se rechaza la Ho, entonces, se concluye que si existe una influencia del diseño geométrico y del índice de rugosidad internacional sobre la seguridad vial de la carretera Juliaca Puno tramo km 1347+300 al km 1353+300 Huerta Huaraya – Puno.

Para el caso de la Hipótesis específica: El volumen de tránsito de la vía carretera Juliaca Puno tramo km 1347+300 al km 1353+300 Huerta Huaraya – Puno es superior al proyectado, se comprobó con los resultados de la tabla 26.

En lo que se refiere a la Hipótesis que plantea si existe diferencia entre el diseño geométrico actual de la vía Juliaca-Puno Km 1347+300 al Km 1353+300 y el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018 del Ministerio de Transportes del Perú, es que se comprueba con el estadístico T de Student:



Ho: No existe diferencia entre el diseño geométrico actual de la vía Juliaca-Puno Km 1347+300 al Km 1353+300 y el Manual de Diseño Geométrico para carreteras, MTC (2018).

Ha: Si existe diferencia entre el diseño geométrico actual de la vía Juliaca-Puno Km 1347+300 al Km 1353+300 y el Manual de Diseño Geométrico para carreteras, MTC (2018).

Por los resultados obtenidos en el P-value obtenido, ($P\text{-value} < 0.05$) es que se acepta la Ha y se rechaza la Ho, por lo que se concluye que si existe diferencia entre el diseño geométrico actual de la vía Juliaca-Puno Km 1347+300 al Km 1353+300 y el Manual de Diseño Geométrico para carreteras, MTC (2018).

Por último, el planteamiento de la Hipótesis que señala: De acuerdo a la escala de regularidad para pavimentos, es deficiente el índice de rugosidad internacional en carretera Juliaca Puno tramo km 1347+300 al km 1353+300 Huerta Huaraya – Puno, de acuerdo a los resultados obtenidos que se muestra en la tabla N° 32, el índice de rugosidad internacional se encuentra dentro de los parámetros establecidos.

4.4. PROPUESTA DE RESULTADO

El trabajo de investigación, conllevó a observar que si hay diferencia entre el diseño geométrico de la vía con la normativa vigente. Esta diferencia demuestra que los parámetros evaluados y que se deben de cumplir en la de una carretera de primera clase con orografía accidentada, no se tiene el 100% cumplido, por lo que el riesgo de que se presente un accidente por el estado de vía es permanente, ante ello se presenta la siguiente propuesta:

- Por el IRI, se cumple con todo lo que propone el banco mundial en 1989 y lo que establece el Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Bajo esta consideración no hay nada que aportar, ya que todo se cumple.
- Por el DG, de los parámetros evaluados en diseño en planta, perfil y secciones transversales, solo se cumple con un 19,82%. Bajo esta situación se plantea lo siguiente, bajo la metodología de 5W-1H

4.4.1. Propuesta de diseño geométrico

1º. Se hizo el conteo vehicular en el tramo de estudio Ver Anexo B.

Se detalla y adjunta los resultados en el Anexo 2 de la presente tesis.

Para el presente análisis se tomara el caso de AUTO y que durante la semana se contabilizo un total de 10167 autos.

- Calculamos el Índice medio Diario Semanal (IMDS)

$$IMDS = \frac{Total\ Autos}{7}$$

$$IMDS = \frac{10\ 167}{7}$$

$$IMDS = 1\ 452,43$$

Redondeando se tiene el que el IMDS (para autos) es igual a 1452.

El mismo procedimiento se realiza para todos los tipos de vehículo categorizado por el Ministerio de Transportes y comunicaciones. Haciendo la sumatoria para todos los tipos de vehículos se obtiene el IMDS que es igual a **4 490 vehículos por día**.

Para el cálculo de del Índice Medio Diario Anual (IMDA) se corrige, multiplicando por el factor de corrección para el tipo de vehículo, mes de estudio y para el peaje más cercano al tramo de estudio.

Para este caso se está tomando el factor de corrección del peaje CARACOTO



$$Fc. Veh. Ligeros = 1,00772226526034$$

$$Fc. Veh. Pesados = 0,976477686237014$$

$$IMDA (Auto) = Fc Veh. Ligeros * IMDS$$

$$IMDA (Auto) = 1,00772226526034 * 1 452 = 1 463$$

El mismo procedimiento se realiza para todos los tipos de vehículos.

Haciendo la sumatoria se obtiene que el IMDA es igual a **4 509**. Adicionalmente a esto, se verifico el IMDA para 20 años de servicio, en donde el IMDA para el año 2042 es de **5 663**, esto quiere decir que para el 2042 seguirá cumpliendo las condiciones para una autopista de segunda clase.

2°. Se hizo la clasificación de la carretera por demanda con el IMDA obtenido.

Según los parámetros el Manual de Diseño Geométrico para carreteras MTC (2018), detallado en tabla 1, esta vía clasifica para una **autopista de segunda clase**, con 2 carriles de 3,60m

3°. Se hizo la clasificación de la carretera por orografía con los datos del levantamiento topográfico que se hizo en el tramo de estudio, ver tabla 28.

De los resultados topográficos obtenidos, predomina una orografía ondulada con un 46,18%, seguido por la orografía accidentada con 33,90%, de toda la topografía investigada.

Por lo tanto, para la propuesta de diseño se clasifica como **Terreno accidentado (Tipo 3)**, conservando el factor más conservador y respetando los criterios mínimos de cambios de velocidad dispuesto por el Manual de Diseño Geométrico para carreteras, MTC (2018).

4°. Se verifica la velocidad de operación en el tramo de estudio

El Manual de Diseño Geométrico para carreteras MTC (2018), indica que para vehículos pesados (camiones) en una autopista de segunda clase con orografía accidentada, su velocidad máxima de operación es de 70Km/h.

Para la investigación se hizo las mediciones de velocidad de operación por tipo de vehículo, en donde se puede apreciar que la velocidad mínima de operación en el tramo de estudio es de 58,35 Km/h con dirección de Juliaca hacia Puno y de 64,91Km/h en dirección contraria, esto para tráileres, los cuales se detalla en la tabla 30

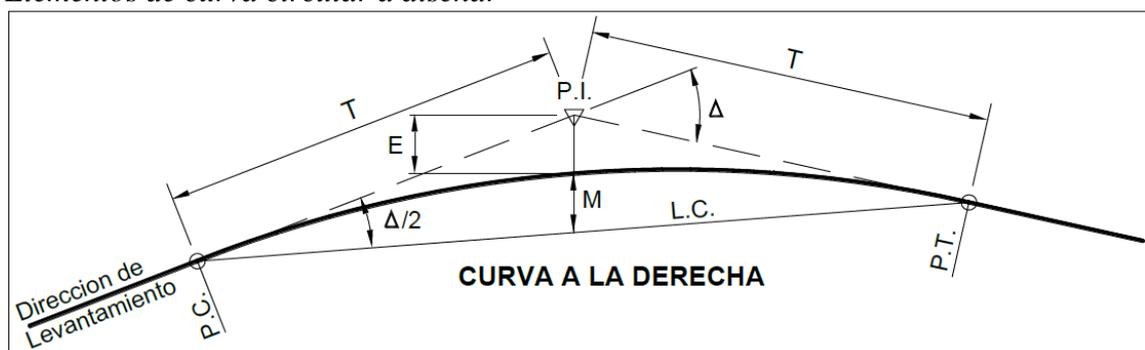
Turpo (2018), en su tesis para optar el grado de ingeniero civil, hace las mediciones de velocidades en el tramo de estudio utilizando la pistola radárica de velocidades de Bushnell II, cuyos resultados se muestran en la tabla 31, en donde se aprecia que la velocidad de operación para camiones con dirección de Juliaca – Puno es de 63Km/h y 68Km/h en dirección contraria.

Para la presente propuesta se adopta como **velocidad de diseño 60Km/h.**

5°. Con los datos obtenidos, la clasificación realizada y velocidad de diseño definida, se procedió a realizar los cálculos para el rediseño geométrico de la vía en planta.

Figura 72

Elementos de curva circular a diseñar



- P.C.: Es el punto de inicio de la curva circular.
- P.I. : Es el punto de intersección de 2 alineaciones adyacentes.
- P.T. : Es el punto de tangencia de la curva circular.
- E : Es la distancia a externa, en metros.

- M : Es la distancia de la ordenada media, en metros.
- R : Es la longitud del radio de curvatura, en metros.
- T : Son las longitudes de la subtangente (P.C. a P.I. y P.I. a P.T.), en metros.
- L : Es la longitud de la curva, en metros
- L.C : Es la longitud de la cuerda, en metros
- Δ : Es el ángulo de deflexión, en grados sexagesimales.
- p : Se refiere al peralte; que es el valor máximo de la inclinación transversal de la calzada, asociado al diseño de la curva, se mide en %.
- Sa : Se refiere al sobreelevación que pueden requerir las curvas para compensar el aumento de espacio lateral que experimentan los vehículos al describir la curva, medido en metros.

Fórmulas

- $T = R \tan \Delta / 2$
- $L.C. = 2 R \text{ Sen } \Delta / 2$
- $L = 2 \pi R (\Delta / 360)$
- $M = R [1 - \text{Cos } (\Delta / 2)]$
- $E = R [\text{Sec } (\Delta / 2) - 1]$

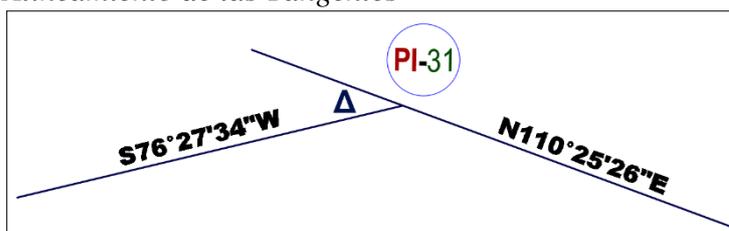
Para el presente análisis tomaremos la Curva 31 de la propuesta,

- **Calculamos el ángulo de deflexión (Δ)**

Del alineamiento en la topografía, se tiene:

Figura 73

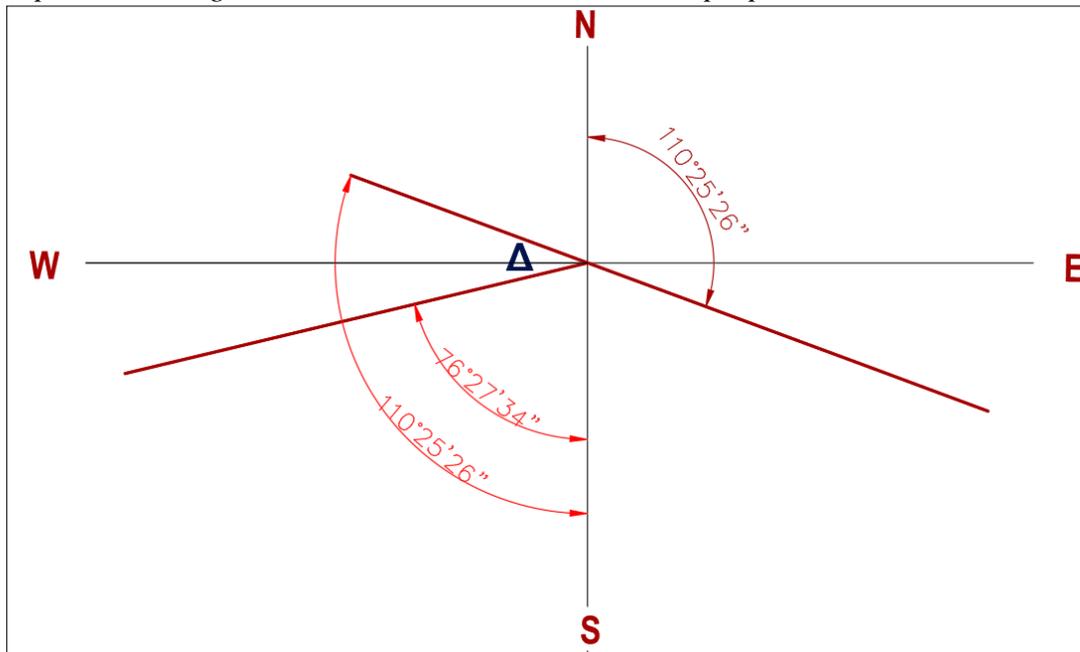
Alineamiento de las Tangentes



Por geometría se tiene.

Figura 74

Representación geométrica del alineamiento de la vía propuesta



$$\Delta = 110^{\circ}25'26 - 76^{\circ}27'34$$

$$\Delta = 33^{\circ}57'52''$$

- **Calculamos radio mínimo de curvatura**

Para el cálculo utilizaremos la siguiente fórmula de acuerdo a la norma DG-2018

$$R_{\text{mín}} = \frac{V^2}{127(P_{\text{máx}} + f_{\text{máx}})}$$

Dónde:

- $R_{\text{mín}}$: Es el radio Mínimo, en metros
- V : Es la velocidad de diseño, en Km/h
- $P_{\text{máx}}$: Es el Peralte máximo asociado a la velocidad (en tanto por uno).
- $f_{\text{máx}}$: Es el coeficiente de fricción transversal asociado a la velocidad.

$P_{\text{máx}} = 12\%$ en conformidad a la tabla 11

$F_{\text{máx}} = 0,15$ en conformidad a la tabla 11



$$R_{\text{mín}} = \frac{V^2}{127(P_{\text{máx}} + f_{\text{máx}})}$$

$$R_{\text{mín}} = \frac{60^2}{127(12 + 0,15)}$$

$$R_{\text{mín}} = 104,98m$$

El radio para la curvatura es de 135 m, lo cual satisface la normativa.

- **Calculamos longitud de la tangente (T).**

$$T = R \tan \frac{\Delta}{2}$$

$$T = 135 * \tan \left(\frac{33^{\circ}57'52''}{2} \right)$$

$$T = 41,43m$$

- **Calculamos la longitud de la cuerda (L.C)**

$$L.C = 2R \text{sen} \frac{\Delta}{2}$$

$$L.C = 2(135) * \text{sen} \left(\frac{33^{\circ}57'52''}{2} \right)$$

$$L.C = 78,86 m$$

- **Calculamos la longitud de curva (L)**

$$L = 2\pi R \frac{\Delta}{360}$$

$$L = 2\pi(135) \frac{33^{\circ}57'52''}{360}$$

$$L = 80,03 m$$



- **Calculamos la distancia de la ordenada media (M)**

$$M = R \left[1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right]$$

$$M = 135 \left[1 - \cos \frac{33^{\circ}57'52''}{2} \right]$$

$$M = 5.89 \text{ m}$$

- **Calculamos la distancia a externa (E)**

$$M = R \left[\sec \left(\frac{\Delta}{2} \right) - 1 \right]$$

$$M = 135 \left[\sec \left(\frac{33^{\circ}57'52''}{2} \right) - 1 \right]$$

$$M = 6,16 \text{ m}$$

6°. Proseguimos con los cálculos de los parámetros para la sección transversal.

- **Bombeo**

Planteándose para una autopista de segunda clase se adopta 2,5% , así proporcionar condiciones óptimas para que el conductor.

- **Calculamos el Peralte para la curva.**

Para calcular el peralte bajo el criterio de seguridad ante el deslizamiento, se utilizará la siguiente fórmula:

$$p = \frac{V^2}{127R} - f$$

Donde:

p: Peralte máximo asociado a V

V: Velocidad de diseño (km/h)

R: Radio mínimo absoluto (m)

f: Coeficiente de fricción lateral máximo asociado a V

f=0,15 (ver tabla 11)



$$p = \frac{(60)^2}{127(135)} - 0,15$$

$$p = 6,00\%$$

- **Transición de peralte.**

Para efectos del Manual de Diseño Geométrico para carreteras MTC (2018), el peralte máximo se calcula de acuerdo la siguiente formula:

$$ip_{m\acute{a}x} = 1,8 - 0,01V$$

$$ip_{m\acute{a}x} = 1,8 - 0,01(60)$$

$$ip_{m\acute{a}x} = 1,2\%$$

$ip_{m\acute{a}x}$: Máxima inclinaci3n de cualquier borde de la calzada respecto al eje de la vía (%).

V: Velocidad de diseño (km/h).

Para la longitud del tramo de transici3n del peralte tendrá por tanto una longitud mínima definida por la f3rmula:

$$ip_{m\acute{a}x} = \frac{p_f - p_i}{ip_{m\acute{a}x}} B$$

Pf: Peralte final con su signo, en (%)

Pi: Peralte inicial con su signo, en (%)

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

$$L_{min} = \frac{p_f - p_i}{ip_{m\acute{a}x}} B$$

$$L_{min} = \frac{6,00 - (-2,5)}{1,2} \times 3,60$$

$$L_{min} = \frac{6,00 - (-2,5)}{1,2} \times 3,60$$

$$L_{min} = 25,50 \text{ m}$$

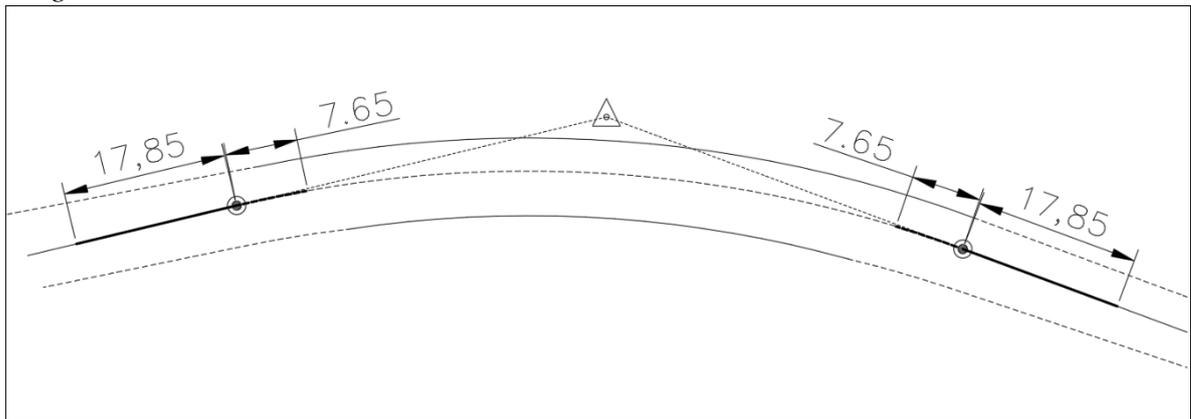
De acuerdo a los parámetros establecidos por el MTC (2018), contemplado en la tabla 22, la transición de peralte debe estar 70% en el tramo tangente y 30% dentro de la curvatura.

Longitud en tramo tangente = 17,85m

Longitud en tramo curvo = 7,65 m

Figura 75

Longitudes de Transición de Peralte.



Realizando el mismo procedimiento para cada una de las curvas y se obtuvo los resultados siguientes:

Tabla 43
Resumen de Datos para el Diseño Geométrico Propuesto

| N° | R | L | T | Delta | C | E | M | P.C. | P.T. | P.I. Este | P.I. Norte | Sa |
|-------|------|--------|-------|-----------|--------|-------|-------|-------------|-------------|------------|-------------|------|
| PI-1 | 115 | 75.84 | 39.36 | 37°47'09" | 74.47 | 6.55 | 6.20 | 1347+336.36 | 1347+412.20 | 387878.570 | 8256074.046 | 0.75 |
| PI-2 | 1000 | 40.50 | 20.26 | 2°19'15" | 40.50 | 0.21 | 0.21 | 1347+631.38 | 1347+671.89 | 388104.768 | 8255911.075 | 0.15 |
| PI-3 | 340 | 55.67 | 27.90 | 9°22'50" | 55.60 | 1.14 | 1.14 | 1347+904.53 | 1347+960.19 | 388325.755 | 8255737.845 | 0.32 |
| PI-4 | 105 | 74.48 | 38.89 | 40°38'36" | 72.93 | 6.97 | 6.54 | 1348+341.13 | 1348+415.62 | 388718.426 | 8255522.756 | 0.81 |
| PI-5 | 140 | 56.72 | 28.75 | 23°12'43" | 56.33 | 2.92 | 2.86 | 1348+492.22 | 1348+548.93 | 388859.548 | 8255552.575 | 0.64 |
| PI-6 | 215 | 78.12 | 39.49 | 20°49'04" | 77.69 | 3.60 | 3.54 | 1348+930.09 | 1349+008.21 | 389300.273 | 8255464.665 | 0.46 |
| PI-7 | 85 | 93.66 | 52.23 | 63°08'11" | 89.00 | 14.76 | 12.58 | 1349+131.16 | 1349+224.82 | 389482.128 | 8255350.595 | 0.96 |
| PI-8 | 100 | 52.47 | 26.85 | 30°03'44" | 51.87 | 3.54 | 3.42 | 1349+327.52 | 1349+379.99 | 389465.544 | 8255169.580 | 0.84 |
| PI-9 | 85 | 90.35 | 49.97 | 60°54'08" | 86.16 | 13.60 | 11.72 | 1349+433.70 | 1349+524.05 | 389520.357 | 8255051.102 | 0.96 |
| PI-10 | 200 | 79.94 | 40.51 | 22°54'06" | 79.41 | 4.06 | 3.98 | 1349+682.62 | 1349+762.56 | 389373.709 | 8254849.809 | 0.48 |
| PI-11 | 370 | 66.09 | 33.13 | 10°14'04" | 66.00 | 1.48 | 1.47 | 1349+845.25 | 1349+911.34 | 389338.082 | 8254697.590 | 0.30 |
| PI-12 | 800 | 38.76 | 19.38 | 2°46'33" | 38.75 | 0.23 | 0.23 | 1349+983.15 | 1350+021.90 | 389331.709 | 8254573.432 | 0.18 |
| PI-13 | 1000 | 41.57 | 20.79 | 2°22'55" | 41.57 | 0.22 | 0.22 | 1350+098.46 | 1350+140.04 | 389331.377 | 8254456.701 | 0.15 |
| PI-14 | 260 | 83.82 | 42.28 | 18°28'18" | 83.46 | 3.41 | 3.37 | 1350+237.49 | 1350+321.31 | 389337.594 | 8254296.297 | 0.40 |
| PI-15 | 160 | 114.82 | 60.01 | 41°06'58" | 112.37 | 10.88 | 10.19 | 1350+418.04 | 1350+532.86 | 389281.896 | 8254105.236 | 0.57 |
| PI-16 | 85 | 78.48 | 42.29 | 52°53'55" | 75.72 | 9.94 | 8.90 | 1350+599.72 | 1350+678.19 | 389353.016 | 8253951.767 | 0.96 |
| PI-17 | 450 | 50.09 | 25.07 | 6°22'41" | 50.07 | 0.70 | 0.70 | 1350+894.34 | 1350+944.44 | 389219.765 | 8253701.526 | 0.26 |
| PI-18 | 280 | 60.64 | 30.44 | 12°24'31" | 60.52 | 1.65 | 1.64 | 1351+185 | 1351+245.64 | 389052.435 | 8253457.266 | 0.37 |
| PI-19 | 85 | 70.90 | 37.66 | 47°47'29" | 68.86 | 7.97 | 7.29 | 1351+309.34 | 1351+380.24 | 389003.055 | 8253335.074 | 0.96 |

| N° | R | L | T | Delta | C | E | M | P.C. | P.T. | P.I. Este | P.I Norte | Sa |
|-------|------|--------|--------|------------|--------|-------|-------|-------------|-------------|------------|-------------|------|
| PI-20 | 130 | 129.32 | 70.58 | 56°59'43" | 124.05 | 17.92 | 15.75 | 1351+552.55 | 1351+681.87 | 389125.103 | 8253082.460 | 0.68 |
| PI-21 | 1800 | 59.88 | 29.94 | 1°54'22" | 59.88 | 0.25 | 0.25 | 1351+756.78 | 1351+816.66 | 389034.204 | 8252932.418 | 0.11 |
| PI-22 | 95 | 63.05 | 32.73 | 038°01'28" | 61.90 | 5.48 | 5.18 | 1351+952.04 | 1352+015.09 | 388926.000 | 8252766.525 | 0.87 |
| PI-23 | 190 | 84.23 | 42.82 | 25°24'02" | 83.54 | 4.77 | 4.65 | 1352+111.90 | 1352+196.13 | 388940.753 | 8252594.793 | 0.50 |
| PI-24 | 85 | 76.98 | 41.36 | 51°53'23" | 74.38 | 9.53 | 8.57 | 1352+292.02 | 1352+369 | 388877.722 | 8252426.123 | 0.96 |
| PI-25 | 175 | 190.33 | 105.80 | 62°18'51" | 181.09 | 29.50 | 25.24 | 1352+412.96 | 1352+603.29 | 388977.295 | 8252262.991 | 0.54 |
| PI-26 | 100 | 70.70 | 36.90 | 40°30'23" | 69.23 | 6.59 | 6.18 | 1352+639.16 | 1352+709.85 | 388885.552 | 8252109.789 | 0.84 |
| PI-27 | 470 | 111.40 | 55.96 | 13°34'48" | 111.14 | 3.32 | 3.30 | 1352+822.97 | 1352+934.37 | 388919.872 | 8251906.691 | 0.26 |
| PI-28 | 100 | 71.03 | 37.09 | 40°41'51" | 69.55 | 6.66 | 6.24 | 1353+127.13 | 1353+198.16 | 388899.993 | 8251621.577 | 0.84 |
| PI-29 | 175 | 172.22 | 93.81 | 56°23'11" | 165.36 | 23.56 | 20.76 | 1353+316.37 | 1353+488.59 | 389048.895 | 8251421.876 | 0.54 |
| PI-30 | 75 | 161.29 | 138.76 | 123°13'05" | 131.96 | 82.73 | 39.34 | 1353+518.74 | 1353+680.03 | 388960.433 | 8251174.501 | 1.06 |
| PI-31 | 135 | 80.03 | 41.23 | 33°57'53" | 78.86 | 6.16 | 5.89 | 1353+707.61 | 1353+787.63 | 389162.231 | 8251223.100 | 0.66 |

Nota: La tabla muestra los parámetros del diseño geométrico para una autopista de segunda clase del tramo en estudio, ver planos en Anexo E.

Tabla 44*Resumen de Datos Para el Diseño Geométrico en Perfil Propuesto*

| N° | Estación PIV | PIV Elevación | S1% Entrada | S2% Salida | A | Tipo de curva | LCV | K |
|----|-----------------|------------------|----------------|---------------|--------|------------------|------|--------|
| 1 | 1347+378,56 | 3 601,00 | -7,58% | 1,21% | 8,80% | Sag | 110 | 12,51 |
| 2 | 1347+725,86 | 3 627,35 | -13,67% | -7,58% | 6,08% | Sag | 130 | 6,08 |
| 3 | 1348+047,21 | 3 671,26 | -16,68% | -13,67% | 3,01% | Sag | 130 | 43,20 |
| 4 | 1348+427,33 | 3 734,65 | -24,06% | -16,68% | 7,38% | Sag | 130 | 17,62 |
| 5 | 1348+774,05 | 3 818,05 | -16,31% | -24,06% | 7,74% | Crest | 150 | 19,37 |
| 6 | 1349+181,12 | 3 884,45 | -4,51% | -16,31% | 11,80% | Crest | 150 | 12,71 |
| 7 | 1349,412,13 | 3 894,87 | 0,52% | -4,51% | 5,03% | Crest | 150 | 29,81 |
| 8 | 1349+716,84 | 3 893,28 | 1,69% | 0,52% | 1,17% | Crest | 150 | 127,80 |
| 9 | 1350+678,86 | 3 876,98 | -4,83% | 1,69% | 6,52% | Sag | 225 | 34,50 |
| 10 | 1351+105,9 | 3 897,59 | -2,74% | -4,83% | 2,09% | Crest | 150 | 71,78 |
| 11 | 1351+348,16 | 3 904,23 | -0,13% | -2,74% | 2,61% | Crest | 150 | 57,46 |
| 12 | 1351+55,65 | 3 904,49 | -9,29% | -0,13% | 9,16% | Sag | 130 | 14,19 |
| 13 | 1351+797,68 | 3 926,97 | -1,45% | -9,29% | 7,84% | Crest | 150 | 19,13 |
| 14 | 1352+037,59 | 3 930,45 | -3,34% | -1,45% | 1,89% | Sag | 60 | 31,72 |
| 15 | 1352+405,58 | 3 942,74 | -4,57% | -3,34% | 1,23% | Sag | 130 | 105,79 |
| 16 | 1352+822,13 | 3 961,77 | -2,95% | -4,57% | 1,62% | Crest | 150 | 92,75 |
| 17 | 1353+217,91 | 3 973,45 | -2,19% | -2,95% | 0,77% | Crest | 100 | 130,60 |
| 18 | 1353+580,89 | 3 981,39 | -3,89% | -2,19% | 1,67% | Sag | 1302 | 77,76 |

Nota: La tabla muestra los parámetros del diseño geométrico para una autopista de segunda clase del tramo en estudio

4.4.2. Propuesta económica para su ejecución

La ejecución de la propuesta del resultado planeado, ascendería a S/ 7 491 758,69 (Siete millones cuatrocientos noventa y un mil setecientos cincuenta y ocho con 69/100 soles) a nivel de costo directo, considerando que la distancia de cantera es de 10 Km y el depósito de material excedente (DME) a 1 km de la progresiva 1347+300.



Tabla 45

Resumen del Presupuesto Planteado

| ítem | Descripción | Parcial S/ |
|------|-------------------------------|------------------------|
| 01 | Trabajos preliminares | 433 276,92 |
| 02 | Movimiento de tierras | 1 817 826,11 |
| 03 | Pavimentos | 4 787 864,70 |
| 04 | Transporte | 5 602,35 |
| 05 | señalización y seguridad vial | 84 860,61 |
| 06 | Protección Ambiental | 6 140,00 |
| 07 | Mitigación ambiental | 39 860,00 |
| 08 | Seguridad y Salud | 100 640,00 |
| 09 | Capacitación Social | 55 000,00 |
| 10 | Flete terrestre | 160 688,00 |
| | Costo Directo | S/ 7 491 758,69 |

Nota: La tabla muestra el resumen del presupuesto para su ejecución , ver presupuesto en Anexo F



V. CONCLUSIONES

PRIMERA

La vida de las personas, es invaluable, su transitabilidad por las carreteras, se da en relación a la productividad de las sociedades, con el fin de satisfacer sus necesidades. En la carretera de la red vial existente en Puno, Hay un tramo km 1347+300 al km 1353+300 Huerta Huaraya – Puno, que registra accidentes con consecuencia fatales, 48 fallecidos en los períodos del 2017 Hasta agosto de 2022, por los resultados estadísticos obtenidos, es que se comprueba que si existe una existe una influencia del diseño geométrico y del índice de rugosidad internacional sobre la seguridad vial en ese tramo de la carretera.

SEGUNDA

La norma vigente para el diseño geométrico, publicada en el 2018 por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, determina la cantidad de volumen de tránsito que se puede registrar en las carreteras, según la transitabilidad. Para la investigación, se pudo observar que esta cifra de 4509 superó el máximo permitido para una carretera de primera clase. Por lo que se ha observado que en la vía carretera Juliaca Puno tramo km 1347+300 al km 1353+300 Huerta Huaraya – Puno el tráfico vehicular es superior al proyectado.

TERCERA

A pesar que se tiene la normativa dada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC (2018), la vía ubicada en la ruta Juliaca-Puno Km 1347+300 al Km 1353+300, ofrece servicio en condiciones que no cumple con parámetros establecidos en esta normativa. Para este tramo fue evaluada en su diseño geométrico en planta, perfil



y secciones transversales, bajo la normativa DG – 2018, los resultados demostraron que si hay una diferencia estadísticamente significativa, entre ambas.

CUARTA

De acuerdo a la Escala de regularidad para pavimentos, el índice de rugosidad internacional es eficiente en carretera Juliaca Puno tramo km 1347+300 al km 1353+300 Huerta Huaraya – Puno, pues el índice de rugosidad oscila de 1,2 hasta 2,2 m/km, el mismo que está dentro de lo permitido por el MTC (2014).



VI. RECOMENDACIONES

PRIMERA

La probabilidad de un accidente en la vía carretera Juliaca Puno tramo km 1347+300 al km 1353+300 Huerta Huaraya – Puno, es constante, pues la vía no se modificará, porque IRI dio con todo lo que debe de cumplir y el diseño geométrico, no. Por eso se recomienda se ejecute la propuesta presentada. Para esa ejecución, tiene que tomarse en cuenta las posibles contingencias, por conflictos sociales.

SEGUNDA

Por la cantidad de volumen de tránsito, que ha superado el máximo permitido para una carretera de primera clase, por lo tanto, este tramo de estudio debe ser considerado para mejoramiento y ampliación en el proyecto de la Autopista Juliaca – Puno que se viene ejecutando.

TERCERA

Viendo que los parámetros establecidos por el Manual de Diseño Geométrico para carreteras MTC (2018), este tramo en estudio debe ser mejorado y ampliado, para así disminuir la probabilidad de accidentes, acompañado a ello, las señales de tránsito con normativa vigente.

CUARTA

Se recomienda la instalación de sensores de velocidad en el Km 1350+500 y Km 1351+440, para que de esta forma el conductor no exceda las velocidades de diseño y se pueda reducir la probabilidad de que ocurra un accidente.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO, 2. (2011). *Libro verde AASHTO*. EE.UU.

Agencia Central de Inteligencia de Estados Unidos. (2018). *Kilómetros de carreteras*. recuperado de: https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Pa%C3%ADses_por_kil%C3%B3metros_de_carretera

Almanza Mendoza, D. A. (2014). *Evaluación del Modelo "Quater Car" para la Estimación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) del Tramo Huancavelica - Santa Inés*. [Tesis de pregrado. Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/Handle/UNAP/1570>

Briones Pastor, E. (2017). *Incidencia de la geometría en la seguridad vial de la avenida Héroes del Cenepa, Cajamarca* [Tesis de pregrado. Universidad Privada del Norte]. Trujillo: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/Handle/11537/11384/Briones%20Pastor%20Edwin.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cárdenas Grisales, J. (2013). *Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogota: Ecoe Ediciones.

Chambi Mamani, J., & Suaña Vilca, C. A. (2017). *Identificación y evaluación de tramos de concentración de accidentes de tránsito en la vía Puno – Juliaca entre los años 2012 – 2016 y propuesta de acciones de mejora para su prevención* [Tesis de pregrado. Universidad Nacional del Altiplano]. Puno: Universidad Nacional Del Altiplano. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6564>

CHavarria Vega, J., Mendoza Diaz, A., & Mayoral Grajeda, E. (1996). Algunas medidas para mejorar la seguridad vial en las carreteras nacionales. *Publicación Técnica*. Instituto Mexicano del Transporte, 89.



- Cifuentes Ospina, N. (2014). *Estudio de seguridad vial para determinar la incidencia del diseño geométrico en la accidentalidad carretera Bogotá-Villavicencio a partir de la salida del túnel de Boquerón a puente Quetame*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
- Córdova Alvarado, J. (2019). *Evaluación de las características geométricas del camino vecinal cruce Tamborillo, caserío Huaranguillo, El Faique Santa Fé, distrito de San José del Alto, provincia de Jaén-Cajamarca, de acuerdo con las normas de diseño geométrico*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Decima Macro Región Policial Puno. (2021). *Reporte de Accidentes de Transito en el Sector Huerta Huaraya (Periodo 2015-2021) Jurisdicción de la comisaria PNP Alto Puno*.
- Del Aguila Rodriguez, P. (1999). *Metodología para la Determinación de la Rugosidad de los Pavimentos con Equipos de Bajo Costo y Gran Precisión*. LIMA.
- Diaz Arbulu, R. (2021). *Análisis de la influencia del diseño geométrico en los accidentes de tránsito de la carretera CHiclayo-Chongoyape en los años 2015-2019 [Tesis de pregrado. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]*. Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Recuperado de: <https://orcid.org/0000-0003-0245-3137>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Resultados definitivos censo 2017 Puno*. recuperado de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1563/21TOMO_01.pdf
- Jara Niño, S., & Mestre Hernández, E. (2020). *Análisis de seguridad vial en una intersección de alta accidentalidad en el municipio de Aguazul-Casanare*. Bogotá: Universidad Santo Tomas de Bogotá.



- Manrique Tejada, I. M., & Manrique Tejada, R. (2020). Capítulo 12 Influencia de los factores académicos, sociales y económicos, para hacer la tesis. En *Tendencia de la educación y la formación en la sociedad del conocimiento* (Primera ed., págs. 428 - 444). Cartagena de Indias, Colombia: Corporación Centro Internacional de Marketing. Recuperado el 21 de marzo de 2021, de <https://editorialcimted.com/wp-content/uploads/2021/01/Tendencias-de-la-educaci%C3%B3n-y-la-formaci%C3%B3n-en-la-sociedad-del-conocimiento.pdf>
- Manrique Tejada, R. (2019). *Manrique Tejada, R. (2019). Propuesta de una Plataforma de Tecnologías de Información y Comunicaciones como Metodología para Estandarizar los Esquemas de Planes de Tesis y Tesis de Pregrado y Posgrado en las Universidades del Perú-2018*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- Manrique Tejada, R., & Revollar CHOque Gonzáles, C. (2012). *Economía Familiar*. Arequipa: Ocean SRL.
- Marcobal B, J. R., Diaz T, R., Marquez S, W., & Saldaña M, D. (2017). *Evaluación de la rugosidad (IRI) en caminos pavimentados de geometría restringida: cálculo del IRI geométrico – caso de aplicación*. Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto, Medellín. Recuperado de http://www.apsa.cl/wp-content/uploads/2018/03/cila_iri_caminos_geometria_restringida.pdf
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú. (2022). *Plan Estratégico Sectorial Multianual 2018-2026*. Obtenido de <https://www.sutran.gob.pe/wp-content/uploads/transparencia/PlaneamientoOrganizacion/Plan%20Estrat%C3%A9gico%20Sectorial%20Multianual%202018%20-%202026.pdf>



- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2008). *Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial*. recuperado de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_1556.pdf
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú. (2015). *Red vial*. Recuperado de https://portal.mtc.gob.pe/logros_red_vial.Html#:~:text=Por%20las%20rutas%20del%20Per%C3%BA&text=Este%20esfuerzo%20Ha%20permitido%20que,de%20la%20red%20vial%20nacional.
- MTC. (2014). *Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Ministerio de transportes y Comunicaciones, Lima. Recuperado de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf
- MTC. (DG-2018). *Manual de Carreteras "Diseño Geométrico"*. Lima.
- MTC. (EG 2013). *Manual de Carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción"*. Lima.
- Naylamp Ingenieros S.A.C. (2014). *Estudio definitivo de ingeniería e impacto ambiental de la segunda calzada de la autopista Puno - Juliaca. Puno*.
- Sanga Condori, W. (2019). *Análisis de la incidencia de la geometría referida a los cambios de pendientes sobre el índice de rugosidad internacional de la ruta nacional PE – 3S F, 2018 [Tesis de pregrado. Universidad Nacional del Altiplano]*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/Handle/UNAP/11457>
- Turpo Cayo, D. (2018). *Análisis de velocidad de diseño y operación en la consistencia del diseño geométrico según DG-2018 en carretera Puno – Juliaca, Tramo Km 1349+000 – Km 1353+000 [Tesis de pregrado. Universidad Nacional del*



Altiplano]. Puno: Universidad Nacional del Altiplano. Recuperado de
<http://repositorio.unap.edu.pe/Handle/UNAP/9766>

Ventura Espinal, J. A., & Alvarenga, E. R. (2005). *Determinación del Índice de Regularidad Internacional (IRI)*. Viceministerio de Obras Públicas, Unidad de Investigación y Desarrollo Vial, Republica de el Salvador. Recuperado de
<https://www.mop.gob.sv/wp-content/uploads/2010/03/IRI.pdf>



ANEXOS

ANEXO A: Reporte de accidentes de la Policía Nacional del Perú – Comisaria Alto Puno

ANEXO B: Conteo vehicular y cálculo del IMDA

ANEXO C: Planos del Diseño Geométrico actual de la vía

ANEXO D: Cálculo de los Índices de rugosidad Internacional.

ANEXO E: Planos de Diseño Geométrico en planta, perfil y secciones transversales para la propuesta realizada.

ANEXO F: Planos de Diseño Geométrico en planta, perfil y secciones transversales para la propuesta realizada.

ANEXO G: Registro y Calculo de velocidades de operación.



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Bernardo Alexander Ramos Paredes
identificado con DNI 46005878 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

de Ingeniería Civil

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado

Título Profesional denominado:

"Influencia del diseño geométrico y el índice de rugosidad internacional, sobre la seguridad vial de la carretera Juliaca Puno tramo Km 1317+300 al Km 1353+300 Huerta Huaraya-Puno"

" Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 03 de Julio del 2023


FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Bernardo Alexander Ramos Paredes
identificado con DNI 46005878 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
de Ingeniería Civil

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado

Título Profesional denominado:

Influencia del diseño geométrico y el índice de rugosidad internacional, sobre la seguridad vial de la carretera Juliaca Puno tramo Km 1347+300 al Km 1353+300 Huerta Huaraya - Puno

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 03 de Julio del 2023



FIRMA (obligatoria)



Huella