

**UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**"EVALUACION DEL RADIO DE CURVATURA EN LA  
ACCIDENTABILIDAD EN LA CARRETERA NACIONAL RUTA PE-5N  
VON HUMBOLDT KM 328+422- AGUAYTIA KM 403+822 EN EL  
PERIODO 2016-2018 EN EL DEPARTAMENTO DE UCAYALI"**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL

**TESISTA:**

BACH. DIANA ALEXANDRA DAGA SAAVEDRA

**ASESOR:**

DR ERASMO FERNANDEZ SIXTO

**HUÁNUCO, PERÚ**

**2019**

## DEDICATORIA

A Dios por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día mas. A mi madre por ser la persona que me ha acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de vida. A mi padre quien con sus consejos ha sabido guiarme para culminar mi carrera profesional.

## RESUMEN

Esta investigación se centró en la ruta Nacional PE - 5N, perteneciente al departamento de Ucayali, en donde se evaluó el radio de curvatura como factor principal de riesgo, y se analizó su influencia con la accidentabilidad vehicular, ya que tiene como objetivo general: analizar las curvas horizontales y determinar su influencia en la accidentabilidad vial en la carretera nacional ruta PE - 5N Humboldt km 328+422 - Aguaytia km 403+822 en el periodo 2016 - 2018.

En cuanto a su metodología, la presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, de alcance o nivel descriptivo, de tipo aplicada y constituye una investigación de campo, posee un diseño no experimental, transversal correlacional.

El universo corresponde a la carretera indicada, donde se analizarán los radios de giro y el número de accidentes entre los años 2016 y 2018. La muestra fue seleccionada intencionalmente, de los 75 tramos correspondientes a 75 kilómetros de la carretera en mención.

Se identificaron 5 tramos de concentración de accidentes de tránsito (TCA), y se concluyó que las curvas horizontales si influyen en la accidentabilidad vial de la ruta. Existe relación directa entre los elementos geométricos, radio de curvatura de la vía y los TCA, puesto que estos no cumplen con las especificaciones de diseño geométrico indicado en el manual

DG-2018. Existe relación directa entre la señalización y los TCA, sin embargo, estas se pueden disminuir con la mejora y la adición de señalizaciones horizontales y verticales que adviertan la existencia de un TCA.

**Palabras clave:** Diseño geométrico, Curvas horizontales, Radios de curvatura, Accidentabilidad vehicular, Tramos de concentración de accidentes de tránsito (TCA)

## **ABSTRAC**

This investigation focused on the National Route PE - 5N, belonging to the department of Ucayali, which has a high accident rate, for which the radius of curvature was evaluated as the main risk factor, and its influence was analyzed with the accident rate vehicular, since its general objective is: Analyze the horizontal curves and determine their influence on the road accident rate on the national road PE route - 5N Humboldt km 328 + 422 - Aguaytia km 403 + 822 in the period 2016 - 2018.

Regarding its methodology, this research has a quantitative approach, scope or descriptive level, applied type and constitutes a field investigation, has a non-experimental, transversal correlational design.

The universe corresponds to the indicated road, where the radii of rotation and the number of accidents between 2016 and 2018 will be analyzed. The sample was intentionally selected from the 75 sections corresponding to 75 kilometers of the road in question.

Five sections of concentration of traffic accidents (TCA) were identified, and it was concluded that the horizontal curves do influence the road accident rate of the route. There is a direct relationship between the geometrical elements, radius of curvature of the track and the TCA, since these do not comply with the geometric design specifications indicated in the DG-2018 manual. There is a direct relationship between signaling and the ACT, however, these can be

reduced with the improvement and the addition of horizontal and vertical signs that warn of the existence of an TCA.

Keywords: Geometric design, Horizontal curves, Bending radii, Vehicular accidents, Concentrations of traffic accidents (TCA).

## ÍNDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA</b> .....	2
<b>RESUMEN</b> .....	i
<b>ABSTRAC</b> .....	iii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	10
<b>CAPÍTULO I</b> .....	12
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	12
<b>1.1. Antecedentes</b> .....	12
<b>1.1.1. Antecedentes nacionales</b> .....	13
<b>1.1.2. Antecedentes Internacionales</b> .....	14
<b>1.2. Fundamentación del problema</b> .....	23
<b>1.3. Formulación del problema</b> .....	28
<b>1.3.1. Problema general</b> .....	28
<b>1.3.2. Problemas específicos</b> .....	28
<b>1.4. Objetivos</b> .....	28
<b>1.4.1. Objetivo general.</b> .....	28
<b>1.4.2. Objetivos específicos</b> .....	28
<b>1.5. Justificación e importancia.</b> .....	29
<b>1.6. Limitaciones de la investigación</b> .....	30
<b>1.7. Hipótesis</b> .....	31
<b>1.7.1. Hipótesis general</b> .....	31
<b>1.7.2. Hipótesis específicas</b> .....	31
<b>1.8. Variables</b> .....	32
<b>1.8.1. Variable independiente</b> .....	32
<b>1.8.2. Variable dependiente</b> .....	32
<b>1.9. Operacionalización de las variables</b> .....	33
<b>1.10. Población y muestra</b> .....	35
<b>1.10.1. Determinación del universo</b> .....	35
<b>1.10.2. Selección de la muestra</b> .....	35
<b>1.11. Conceptos fundamentales</b> .....	35
<b>1.11.1. Accidentabilidad Vial</b> .....	35
<b>1.11.2 Seguridad vial</b> .....	49

1.11.3 Estudio del tráfico.....	65
1.11.4 Diseño geométrico de la vía.....	69
1.11.5 Señales de tránsito.....	89
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>92</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>92</b>
2.1 Tipo y nivel de investigación. ....	92
2.2. Diseño de la investigación.....	93
2.3 Técnicas de recolección y tratamiento de datos .....	94
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>96</b>
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>96</b>
3.1 Descripción de la vía de estudio .....	96
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>161</b>
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>161</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>177</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>179</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>180</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>184</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de las variables	33
Tabla 2: Parámetros para identificar tramos con concentración de accidentes	54
Tabla 3: Unidades de medida para cada método de análisis de accidentes	57
Tabla 4: Volúmenes de tránsito absolutos o totales	66
Tabla 5: Ecuaciones para hallar tránsito promedio	67
Tabla 6: Usos de los volúmenes de tránsito	67
Tabla 7: Usos de los volúmenes de tránsito promedio	68
Tabla 8: Clasificación de la red vial	72
Tabla 9: Clasificación de carreteras en el Perú	73
Tabla 10: Velocidad de diseño en pendiente	77
Tabla 11: Coeficientes de fricción	79
Tabla 12: Peralte máximo	79
Tabla 13: Tramos homogéneos y estaciones de control	97
Tabla 14: Clasificación vehicular	100
Tabla 15: Flujo vehicular en la unidad de peaje de Ambo	103
Tabla 16: Resumen de conteo vehicular - Estación Aguyatia	104
Tabla 17: Factor de corrección diaria	105
Tabla 18: Volumen promedio de la semana	105
Tabla 19: Índice medio diario anual	105
Tabla 20: Clasificación vehicular promedio	106
Tabla 21: Resumen de conteo vehicular Von Humboldt	109
Tabla 22: Factor de corrección diaria VH	110
Tabla 23: Volumen promedio de la semana VH	110
Tabla 24: Índice medio diario anual VH	110
Tabla 25: Clasificación vehicular promedio	111
Tabla 26: Número de accidentes de tránsito según tramos de estudio	114
Tabla 27: Accidentes de tránsito por meses y años	118
Tabla 28: Análisis de correlación de accidentes de tránsito y flujo vehicular	119
Tabla 29: Tramos en los que se han producido accidentes de tránsito	120
Tabla 30: Verificación de tramos TCA por años de estudio	123
Tabla 31: Resumen TCA. Método del número de accidentes	123
Tabla 32: Resumen de TCA. Método de tasa de accidentes	124
Tabla 33: Resumen de TCA. Método número - tasa	125
Tabla 34: Resumen TCA Método del control de calidad de la tasa	127
Tabla 35: Causas de accidentes en TCA identificados	133
Tabla 36: Tipos de accidentes en los TCA identificados	134
Tabla 37: Tipos de accidentes en el tramo TCA N° 1	135
Tabla 38: Tipos de accidentes en el tramo TCA N° 2	136
Tabla 39: Tipo de accidentes en el tramo TCA N°3	138
Tabla 40: Tipo de accidentes en el tramo TCA N° 4	139

Tabla 41: Tipo de accidentes en el tramo TCA N° 5	140
Tabla 42: Accidentes en curvas	152
Tabla 43: Señalización de los TCA	171

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Velocidad de diseño en un tramo homogéneo.....	75
Gráfico 2: Distancia de velocidad de adelantamiento.....	78
Gráfico 3: Relación de radios - grupo 1.....	80
Gráfico 4: Relación de radios - grupo 2.....	81
Gráfico 5: Peralte en zona rural.....	82
Gráfico 6: Elementos de una curva circular.....	85
Gráfico 7: Elementos de una curva de transición - curva circular.....	86
Gráfico 8: Curvas compuestas.....	87
Gráfico 9: Mapa del área de estudio.....	96
Gráfico 10: Estaciones de aforo del estudio.....	98
Gráfico 11: Clasificación vehicular promedio.....	106
Gráfico 12: Variación horaria - Estación Aguaytia.....	107
Gráfico 13: Variación diaria - Estación Aguaytia.....	107
Gráfico 14: Clasificación vehicular promedio.....	112
Gráfico 15: Variación horaria - Estación Von Humboldt.....	112
Gráfico 16: Variación diaria - Estación Von Humboldt.....	113
Gráfico 17: Distribución mensual de accidentes de tránsito.....	118
Gráfico 18: Tipos de accidentes tramo 1.....	135
Gráfico 19: Tipos de accidentes tramo 2.....	136
Gráfico 20: Tipos de accidentes tramo 3.....	138
Gráfico 21: Tipo de accidentes tramo 4.....	139
Gráfico 22: Tipo de accidentes tramo 5.....	140
Gráfico 23: Accidentes en curva.....	152
Gráfico 24: Señal de aviso de inicio de tramo TCA.....	175
Gráfico 25: Señal de aviso de término de TCA.....	175

## ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1: Estación Von Humboldt .....	98
Foto 2: Estación Aguaytia .....	99
Foto 3: Peaje Ambo .....	102
Foto 4: Peaje Ambo - Letrero .....	102
Foto 5: Tramo TCA N°1 .....	142
Foto 6: Accidente TCA N°1 .....	142
Foto 7: Accidentes en el TCA N°1 .....	142
Foto 8: Tramo TCA N°2.....	144
Foto 9: Accidente TCA N°2.....	144
Foto 10: Accidente TCA N°2 .....	144
Foto 11: Tramo TCA N°3 .....	146
Foto 12: Accidente TCA N°3 .....	146
Foto 13: Accidente TCA N°3 .....	146
Foto 14: Tramo TCA N°4 .....	148
Foto 15: Accidente TCA N°4 .....	148
Foto 16: Accidente TCA N°4 .....	148
Foto 17: Tramo TCA N°5 .....	150
Foto 18: Accidente TCA N°5 .....	150
Foto 19: Accidente TCA N°5 .....	150
Foto 20: Señales de tránsito TCA N°1 .....	156
Foto 21: Señales de tránsito TCA N°2.....	157
Foto 22: Señales de tránsito TCA N°3.....	158
Foto 23: Señales de tránsito TCA N°4.....	159
Foto 24: Señales de tránsito TCA N°5.....	160

## INTRODUCCIÓN

La presente tesis tiene por objetivo analizar las curvas horizontales y determinar su influencia en la accidentabilidad vial en la carretera nacional ruta PE - 5N Humboldt km 328+422 - Aguaytia km 403+822 en el periodo 2016 -2018.

El aumento de la cantidad de accidentes de tránsito en los últimos años en la vía Von Humboldt – Aguaytia ha generado una profunda preocupación en la sociedad. Por tanto, el objetivo de la presente tesis es la de estudiar el radio de curvatura como factor contribuyente o atenuante en la ocurrencia los accidentes de tránsito y proponer acciones que permitan la reducción de la tasa de accidentes, localizando los tramos de concentración de accidentes.

Para el desarrollo del trabajo en la localización de tramos de concentración de accidentes (TCA) se utilizó las metodologías de identificación según la ley Provincial de Transito N° 8560 (índice de peligrosidad) y la propuesta por la Transportation Research Board (TRB), que contempla cuatro métodos para el análisis y detección de los tramos de concentración de accidentes.

Analizados los datos e identificados los tramos de concentración de accidentes de tránsito (TCA), se realizó la verificación y contrastación de los elementos geométricos y dispositivos de control de tránsito medidos en campo con lo especificado en las normativas vigentes.

Posteriormente se proponen soluciones que mejoren la seguridad de la vía en los puntos críticos detectados, mejorando de esta manera la seguridad y la calidad de servicio que se le brinda al usuario.

## **CAPÍTULO I**

### **MARCO TEÓRICO**

En todo tipo de carreteras se presentan accidentes de tránsito, que están relacionados con muchos factores siendo uno de ellos las características del diseño geométrico y específicamente el radio de curvatura, que es el tema que se propone estudiar en la presente investigación.

Se quiere plantear una propuesta de mejora, que brinde disminuya la accidentabilidad vehicular en la ruta PE - 5N Von Humboldt Km. 328+422 - Aguaytia Km. 403+822, perteneciente al departamento de Ucayali; para lo cual se estudiará el diseño geométrico, el radio de curvatura, como principal factor influyente en la ocurrencia de accidentes viales en la ruta objeto de estudio, para lo que se considerará la data suministrada por las autoridades actualizada hasta el 2018.

El tema ha sido estudiado por varias partes del mundo, tal como se puede verificar con los antecedentes.

#### **1.1. Antecedentes**

Antes que nada, es necesario traer a colación lo que afirma Monclús (2008) y que describe a la peligrosidad y a la accidentabilidad de las vías como una pandemia global, de responsabilidad exclusiva de los gobiernos de países en desarrollo e industrializados. Donde son los gobernantes, quienes deben adoptar una política de liderazgo preventivo, para gestionar el diseño y ejecución de políticas eficaces para mitigar y disminuir los índices de

accidentes y sus víctimas. Sugiriendo, además, valerse de perspectivas tanto locales como extranjeras que puedan ser adaptadas y utilizadas en sus regiones, de tal modo se maximice el éxito de las directivas y efectos. Para ello propone una estrategia global, que cubra tanto a la política, como al plan de acción y las diversas herramientas que proporcionen un apoyo clave en la obtención de tales objetivos cubren tanto la estrategia general de seguridad vial como el plan de acción y las herramientas clave de apoyo, y que conciba a la seguridad en las vías, como un proceso en constante cambio y diseño.

Esta es una de las razones fundamentales por las cuales, en la actualidad, se vienen realizando diversos estudios enfocados en la mitigación de la peligrosidad y accidentabilidad de determinados tramos de concentración de accidentes, a lo largo de todo el globo.

### **1.1.1. Antecedentes nacionales**

Torres y Aranda (2015), en su investigación de inspecciones de seguridad vial, concluyen Existen tres factores que contribuyen a la ocurrencia de un accidente de tránsito. El factor con mayor grado de influencia, es el humano. Es por ello, que la mayoría de medidas que se consideran para evitar o disminuir la tasa de accidentes se concentran en restringir actitudes indebidas del conductor y/o peatón. La influencia del factor del entorno de la vía no es la de mayor magnitud; sin embargo, no se podría suponer despreciable. Para disminuir aún más su influencia, es necesario centrarse en

corregir, modificar o mejorar sólo la infraestructura vial y así, influir indirectamente en la seguridad del usuario.

Chambi y Suaña (2017) evaluaron los tramos de concentración de accidentes de la vía Puno Juliaca, donde identificaron que el aumento del tráfico vehicular iba directamente proporcional con el aumento de accidentes de tránsito. Así como también que las características geométricas de la vía era un factor de los accidentes. Además, la mejora de la señalización vertical y horizontal podría ser una herramienta de mitigación de los accidentes de tránsito.

Huamancayo (2012), de la evaluación de una vía en Ayacucho, utiliza diferentes métodos de identificación de tramos de concentración de accidentes, los cuales el más acertado a la realidad de la vía es el control de calidad de tasa. Además, concluye que existen picos de mayor ocurrencia de accidentes de tránsito en los meses festivos como son abril y julio. Recomienda que se realice un plan de mitigación a largo y corto plazo.

### **1.1.2. Antecedentes Internacionales**

Enfocándose tanto en los conductores como en las vías, en España, los investigadores García, Camacho, Pérez y López (2013), desarrollaron un estudio para analizar diversas medidas de las vías, enfocándose en el diseño geométrico de las mismas en relación a la velocidad que se espera adopten los conductores al transitar por determinados tramos. Las observaciones

realizadas determinaron que la mayoría de los conductores poseen inconvenientes al adecuarse a las velocidades establecidas y que se mueven dentro de los rangos de lo que se denomina, velocidad de operación. Generando, la aparición potencial de dificultades relacionadas con la seguridad, a pesar de que dicho tramo se ajusta a las normas propuestas por el sistema vial español. Por ese motivo, proponen diversos procedimientos para diseñar geoméricamente la carretera tomando en cuenta los criterios operacionales, y no tanto los teóricos, así mitigar la peligrosidad y adaptar la carretera a las características particulares de los conductores, que por ahí circulan.

Cárdenas y Echaveguren (2015), realizaron otro análisis de la consistencia en el diseño geométrico en 34 curvas horizontales de carreteras a doble carril en el país de Chile, con la finalidad de contar con tramos de desplazamiento automotor más seguros. Para ello, utilizaron el tipo de modelo agregado considerando diferencias en la velocidad del diseño y operación en la mitad de la curva, y lo compararon con el modelo desagregado, que considera la variación espacial del perfil de velocidad de operación. Sus resultados señalan que, en solo 19 mediciones, ambos métodos resultaron equivalentes entre sí, frente a 15 que presentaron diferencias significativas. Llegando a la conclusión de que estas equivalencias se debían principalmente a la poca varianza de perfil de velocidad, mientras que cuando esta varianza aumentaba, aparecían las diferencias. Sugiriendo la conveniencia de utilizar

estos dos métodos combinados para una mejor evaluación de los tramos en cuestión.

En Colombia, Loaiza, Holguín y Escobar (2016) analizaron la accidentada topografía de una conexión vial de dos ciudades importantes de ese país, teniendo en cuenta el radio de curvatura y la longitud de las entre tangencias, sumados a la comodidad percibida por los usuarios durante su circulación en dicho tramo. Sus mediciones hallaron radios de curvaturas mínimos, entre tangencias cortas y una percepción de incomodidad por parte de los usuarios. Sus recomendaciones giran alrededor de cuatro puntos principales, el primero orientado a implementar curvas isócronas, el segundo, hacia la rectificación de los tramos, en curvas con un porcentaje de ahorro de tiempo de viaje, en nivel medio. El tercer punto, se orienta hacia un trazado vial que cubra mayor población, y la cuarta que contemple en su diseño la inclusión de transporte de mayor producto bruto interno en esas regiones, constituyendo beneficios adicionales a su estudio.

Sin embargo, la investigación no solo se ha basado en remediar los inconvenientes detectados, sino que también se ha orientado a prevenir los accidentes de tránsito de diversas maneras.

Por ejemplo, y un poco orientado hacia la implementación de herramientas no viales, que se pueden utilizar en la disminución de la accidentabilidad, Jetha (2017), analizó la posibilidad de incluir cuatro tipos de tecnologías accesorias para mejorar la seguridad y prevenir la ocurrencia de

accidentes de tránsito. Entre sus conclusiones señala que, incrementar la visibilidad del conductor y educar en el abordaje de conductas inseguras de manejo de vehículos constituirían los puntos principales a tratar. Mientras que, en relación a las tecnologías, sugiere la utilización de sistemas avanzados de asistencia al conductor que se manejen vía tecnología de GPS, que se guarden registros en un software de gestión acerca del rendimiento del conductor y que se utilice tecnología satelital para la detección de peatones, teniendo en cuenta que todas estas técnicas y equipos se encuentren integradas durante la prevención de accidentes y se manejen de un modo sostenible.

Por ello, esta prevención debe ser enfocada tanto a aspectos estructurales y viales, como a los mismos conductores y usuarios de las carreteras en análisis. Al respecto, Sánchez (2008) defiende que, en el tema de la seguridad vial, el aspecto actitudinal del usuario es de vital importancia, ya que, en último término, son ellos los que suelen adoptar posturas y conductas riesgosas. Y es, en el conocimiento de sus posturas, valores y creencias acerca del desplazamiento vial, donde se encontrarán aquellos aspectos puntuales y eficaces a donde se debe dirigir la intervención para producir un cambio sustancial, responsable y seguro.

No obstante, los inconvenientes en la seguridad vial, no solo dependen de los diseños geométricos, el control sobre las dificultades que se presentan en los tramos y la psicología de los usuarios. Al respecto Sagástegui (2010),

describe que, en el Perú, se han detectado problemas en la administración pública y la gestión ministerial en el campo del transporte, como, por ejemplo, una inadecuada elaboración estadística de tránsito, inconsistencias y falta de responsabilidad gubernamental de las cabezas de mando en las regiones y municipalidades al aplicar los planes nacionales de seguridad, que se articulan y perfeccionan cada año.

Por ello recomienda, que los organismos responsables deben ejercer un control riguroso, y que fortalezca la ejecución y auditoría de este tipo de organismos de un modo más frecuente y organizado. Y esta es, probablemente, una de las razones por las cuales existen diferencias significativas entre los índices de usos de medidas, como los cinturones de seguridad. Un hecho que ha sido confirmado por Rodríguez, Ariza y Florez (2017), quienes determinaron que Colombia, específicamente en la ciudad de Ibagué, se han registrado un mayor promedio del uso de este implemento de seguridad, frente a Valledupar, una ciudad mexicana, que presenta los menores índices de uso del mismo, en comparación con los demás países y ciudades de América. Sin embargo, Barcelona, España, presenta índices 30% mayores que los mejores puntajes registrados en el continente americano y nueve veces mayor que la ciudad mexicana antes mencionada. Lo cual revela el estatus en el que se encuentra Sudamérica en relación con Europa y el resto del mundo.

Del mismo modo, se tiene a Florez et al. (2009) quienes realizan un estudio para establecer la relación entre el número de accidentes y el diseño geométrico de la vía, llegando a la conclusión de que existe una correlación entre los accidentes y las características geométricas de alta montaña y bajas especificaciones, y con mayor accidentabilidad en tramos curvos que en los rectos. Se identificaron factores como las condiciones climáticas y el buen estado de pavimento, ya que aumenta la percepción de velocidad.

De la misma manera Henao (1986), en su investigación contempla que una de las principales causas de muerte son los accidentes viales y se hace necesario identificar los puntos de mayor accidentabilidad y las causas. El estudio de caso se realizó en la ruta Bogotá- Tunja – Sogamoso; en el mismo se estableció que existe una correlación entre características geométricas de la vía con los accidentes; para lo cual se realizó un análisis de regresión lineal; otra conclusión es la correlación que tiene los lineamientos verticales con la accidentabilidad debido a las imprudencias de operación de los vehículos y falta de señalización; considera también entre hallazgos del estudio las precauciones en los diseños de las curvas horizontales donde la conducción requiere mayor atención.

Por su parte Asprilla (2011), evalúa los diferentes elementos de la infraestructura vial, que influyen en la accidentabilidad y seguridad vial de los usuarios de las vías interurbanas (peatones, ciclistas, motociclistas, pasajeros y ocupantes de vehículos de cuatro ruedas), a partir del estudio de caso de la

Carretera Medellín - Bogotá Ruta 50 (Tramo Guaduas - Villeta). En sus resultados obtenidos indican la importancia que tienen los elementos de la infraestructura en la seguridad vial de los usuarios, e indica la importancia de utilizar equipos y software especializados, como los empleados por el Programa de Evaluación de Carreteras (IRAP) , para determinar el nivel de seguridad de la carreteras principales, secundarias, concesionadas y no concesionadas.

Por su parte, Reguero et al. (1987), en su estudio de los puntos críticos por accidentabilidad en vías troncales de los departamentos de Cundinamarca, Tolima y Huila; tenían como objetivo la identificación de tramos críticos por accidentabilidad en 1.388 kilómetros de las carreteras troncales de los departamentos de Cundinamarca, Tolima y Huila, estableciendo las causas más probables de accidente en cada sector crítico tendientes a solucionar los problemas para minimizar, su peligrosidad. Los resultados de esta investigación permitieron obtener los índices de peligrosidad y el índice de severidad para accidentes totales y para accidentes con víctimas, permitiendo así establecer los sectores críticos en las diferentes carreteras y disminuir los accidentes donde la vía tenía incidencia.

Los investigadores Karlaftis et al. (1999) en su investigación sobre los efectos de la geometría vial y volumen de tráfico en los accidentes de tránsito rural y urbano, indican que la preocupación de la accidentabilidad es un tema de estudio muy importante, en el cual se da a conocer la importancia de

conocer las zonas de accidentes en las carreteras para tomar las correcciones preventivas. El objetivo del trabajo fue realizar una formulación matemática que permitieran predecir la accidentabilidad, considerando las características geométricas de la carretera, de caminos rurales, y las altas tasas de accidentes. Los resultados de la investigación muestran que la accidentabilidad está asociada con el diseño geométrico que tiene que ver con los anchos de los carriles y el tipo de pavimento.

Asimismo, Stigson (2009), realizó un estudio sobre un sistema de seguridad en las vías de transporte y los factores de influencia relacionados con los ocupantes de los vehículos, tuvo como objetivo estudiar los accidentes de tránsito basado en la filosofía Visión Cero, desarrollado por la Administración de Carreteras de Suecia (SRA). El estudio permite identificar si este modelo puede ser utilizado para clasificar los accidentes fatales e identificar las debilidades del sistema al ser aplicado; además considerar los factores que deben ser tenidos en cuenta para para un sistema de transporte vial seguro. Las conclusiones a las que se llegaron en este estudio fueron: i) la mayoría de los accidentes están relacionados con los tres componentes, vía, vehículo y usuario por lo que se hace necesario una metodología para analizar los accidentes y encontrar intervenciones que prevengan el riesgo de accidente; ii) Se encontró que el modelo empleando por la Administración de Carreteras de Suecia (SRA) es útil para encontrar una clasificación de accidentes fatales, pero es débil para identificar los riesgos de accidente

cuando el tráfico está circulando, para lo cual se hace necesario de equipos sofisticados para realizar el registro de información; iii) La severidad del choque depende del tipo de colisión, para lo cual el choque frontal entre dos vehículos y el choque de un solo vehículo contra un objeto rígido de la carretera son los que muestran mayor gravedad; iv) El accidente menos dañino se da contra objetos deformables; v) la severidad de choque es menor en carretera con buen grado de seguridad que en aquellas calificadas con un mal grado de seguridad; vi) las velocidades más altas ocasionan accidentes graves en carreteras de mala calificación de seguridad que en las que presentan un buen historial de seguridad; vii) Se hace necesario realizar un estudio, donde se establezca una relación de la infraestructura vial con el comportamiento del usuario en una buen carretera y el diseño del vehículo.

Y, por último, se cuenta con la investigación de Mapfre (1996), quien realizó un estudio sobre “Tramos Blancos”, cuyo objetivo fue identificar las características de los tramos de carreteras en los que no se han producido accidentes durante un determinado periodo de tiempo, de manera que se puedan considerar para obtener recomendaciones para el diseño y la explotación de carreteras más seguras. Para esto se analizaron 25 km de carretera de gran capacidad y para la cual en un periodo de tiempo de cinco años no se habían registrado ningún tipo de accidentes con víctimas mortales.

## 1.2. Fundamentación del problema

En los países más desarrollados del mundo, el índice de accidentes de tránsito constituye uno de los principales indicadores relacionados con una adecuada gestión, relacionada tanto a la construcción, mantenimiento y señalética de las carreteras por donde transita la población. Como lo señalan Chang, Liang y Yang (2014), la información sobre el tráfico vehicular y de las diversas topologías del camino, pueden ayudar a disminuir la probabilidad de ocurrencia de estos accidentes.

En el país de Argentina, se realizó un análisis espacial de la ocurrencia y una estimación del riesgo de accidentes, asociados con la infraestructura de sus carreteras, en Resistencia, provincia del Chaco (Chaparro, Hernández y Parras, 2018). Para ello utilizaron la estimación de la densidad de Kernel, llegando a la conclusión de que existen principalmente tres carreteras donde se producen la mayoría de accidentes, la del centro, la del sur y la carretera del noroeste. Del mismo modo, se encontró que la presencia de avenidas, la falta de semáforos, la existencia de árboles próximos, la disposición curva de la calzada y la falta de iluminación fueron los factores de riesgo, que catalizaban la presencia de tales accidentes.

Dentro de este contexto, una pregunta esencial que el lector debe plantearse es, ¿qué es un accidente de tránsito? Ramírez (2013), lo define como, una acción de índole culposa, cometida por algún conductor vehicular,

pasajero o peatón, mientras se desplaza por alguna vía pública o privada, terrestre y de la nación, que se encuentra al servicio y al uso del público general. Por ese motivo, Ruiz y Herrera (2016), incluyen 5 factores fundamentales en un evento para que constituya un accidente, y que se encuentran asociados estrechamente a la accidentabilidad, como por ejemplo, los efectos de los hábitos personales en los conductores vehiculares, una excesiva velocidad en zonas donde existe un límite definido previamente, ausencia de señalética e iluminación adecuada, ausencia de protección adecuada como cascos y cinturones de seguridad, así como una infraestructura vial inadecuada con el tipo de carretera y características del transporte que ahí ocurre.

Sin embargo, y como el objetivo de este estudio se centra en el análisis de la influencia del diseño geométrico y la accidentabilidad. Es necesario orientarse hacia la interacción entre estas y la seguridad vial. Por ello, se debe hacer alusión a los tipos de accidentes, que ocurren por compromiso de la infraestructura, considerando la data suministrada por las autoridades actualizada hasta el 2018.

En el Perú, estas directivas se ciñen tanto a los estándares internacionales, como a diversas normas que se han propuesto internamente. Entre ellos, el manual de diseño geométrico de vías, una normativa implementada con la finalidad de evaluar el diseño geométrico de las mismas y corroborar su seguridad estructural. También se cuenta con el manual de

dispositivos de control del tránsito automotor para calles, una herramienta que evalúa la pertinencia de la señalética utilizada e involucra temas de reglamentación del tránsito en general. Por último, se cuenta con el manual de seguridad vial del Perú, una normativa que evalúa, los tramos de concentración de accidentes.

Para ello, es necesario entender que una vía nacional, se refiere a una parte de la red vial nacional, que se encuentra compuesta por 3 ejes longitudinales y 20 ejes transversales (MTC, 2017). Los ejes que se involucran directamente con este estudio, son los longitudinales, en su ruta PE-5N que forma parte de la Repartición La Oroya.

En este caso, la ruta PE - 5N Von Humboldt Km. 328+422. - Aguaytia Km. 403+822 perteneciente al departamento de Ucayali. Esta zona, se ha vuelto de alto tránsito, sobre todo por constituir, una de las carreteras involucradas en el comercio nacional e internacional, teniendo en cuenta el grado y la cantidad de productos que se comercializan frecuentemente, sobre todo en cuanto a la movilización del cacao, café, camu camu, palma aceitera y madera, que constituyen, los productos que más se exportan desde esta ciudad (PromPerú, 2016).

Entre las acciones propuestas por este manual, se consideran las acciones correctivas que se realizan una vez construida la vía, en especial sobre los denominados, Puntos de Concentración de Accidentes o Puntos

Negros, de un modo proactivo para que sean considerados en futuros proyectos o construcciones, o mediante el aumento en la rigurosidad de las auditorías, que se realizan para evaluar el normal funcionamiento de una vía en cuestión.

Para ello, se enfoca en los denominados, Tramos de concentración de accidentes. Para Guerrero y Santiago (2016), identificar acertadamente los lugares de mayor índice de peligrosidad vial, permite que los organismos de gobierno, destinen adecuadamente las inversiones estatales a mejorar los tramos realmente críticos, y de este modo, se genere un cuadro de prioridades que orienten a su gestión, a atender primero, a aquellas zonas de mayor urgencia, donde tanto la infraestructura, el diseño o la señalética se encuentren poniendo en riesgo la vida y salud de las personas que lo transitan, aplicando las políticas preventivas o correctivas que logren garantizar la seguridad vial de la zona (Guerrero y Amarís, 2014).

Esto se alinea con la definición utilizada por el Ministerio de transportes peruano, en su manual de seguridad vial (MTC, 2017), que señala, que un Tramo de Concentración de Accidentes (TCA), se refiere a un sector determinado de la vía de transporte, dentro de una red de caminos, que presente una elevada frecuencia de accidentes, en relación a la media de tramos que poseen características infraestructurales semejantes. Teniendo en cuenta, que, para una reducción efectiva de dicha accidentabilidad, es necesaria una intervención a nivel de la estructura vial.

Por las razones antes expuestas, surge la necesidad de realizar un estudio sistemático que permita plantear una propuesta de mejora, que brinde soluciones y disminuya la accidentabilidad vehicular en la ruta PE - 5N Von Humboldt Km. 328+422 - Aguaytia Km. 403+822, perteneciente al departamento de Ucayali. Para lo cual se estudiará el radio de curvatura como principal factor influyente en la ocurrencia de accidentes viales en la ruta objeto de estudio, de igual manera se considerará la data suministrada por las autoridades actualizada hasta el 2018.

Teniendo en cuenta que, una propuesta de solución involucra, según Saavedra (2018), una idea o proyecto acerca de una determinada problemática, presentada ante diversas autoridades para su aprobación o rechazo, es decir, involucra aquellas directivas a mejorar una realidad, pero que aún no han sido autorizadas para su ejecución.

Por ello, también se les considera como un proyecto, o como un conjunto de actividades relacionadas, que tienen por finalidad, alcanzar determinado objetivo, dentro de un tiempo definido y mediante la utilización de determinados recursos, previamente presupuestados.

### **1.3. Formulación del problema.**

#### **1.3.1. Problema general**

¿En qué medida las curvas horizontales de la carretera nacional ruta PE - 5N Von Humboldt Km. 328+422 - Aguaytia Km. 403+822 tienen influencia en la accidentabilidad vehicular en el periodo 2016-2018?

#### **1.3.2. Problemas específicos**

- ¿Los radios de curvatura tienen influencia directa en los accidentes de carretera?
- ¿Existirá una relación entre la accidentabilidad de la vía y la longitud de la curva?
- ¿La disposición de la señalización en la carretera nacional ruta PE - 5N Von Humboldt Km. 328+422 - Aguaytia Km. 403+822 tendrán una relación directa con la con la accidentabilidad de la carretera?

### **1.4. Objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo general.**

Analizar las curvas horizontales y determinar su influencia en la accidentabilidad vial en la carretera nacional ruta PE - 5N Humboldt Km. 328+422 - Aguaytia Km. 403+822 en el periodo 2016 - 2018.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar la relación que existe entre el radio de curvatura y la accidentabilidad vehicular.

- Determinar la relación que existe entre la longitud de la curva y la accidentabilidad vehicular.
- Diagnosticar la señalización actual de la carretera nacional ruta PE - 5N Humboldt Km. 328+422 - Aguaytia Km. 403+822.

### **1.5. Justificación e importancia.**

La realización de esta investigación, presenta gran importancia para el desarrollo científico e investigativo peruano, en el área de la ingeniería civil. Esto radica esencialmente, en que sus resultados y conclusiones pasarán a formar parte del cuerpo científico con el que, actualmente, el país cuenta, sirviendo de base para la consulta y comparación, con resultados de futuras investigaciones, impulsando su ejecución y desarrollo. Del mismo modo, permitirá a futuros estudiantes, contar con una herramienta que les permita evaluar y discernir con facilidad, las bondades y defectos de realizar un estudio en carreteras de alto tránsito, en poblaciones del interior del Perú. Pues, siguiendo las afirmaciones de Arias y Chaves (2017), los accidentes y fatalidades de las zonas urbanas y rurales, poseen entre ellas, solo un pequeño margen de diferencia.

Permitiendo que se prevean las dificultades de realizar un estudio semejante, y contando con una guía práctica y ordenada que facilite su réplica y ejecución sin errores, y utilizando o mejorando la metodología aquí planteada y aplicada.

Este es el punto más importante en cualquier investigación, pues si la investigación falla, los resultados serán imprecisos y las conclusiones inválidas.

Del mismo modo, sus alcances no solo permanecen en el ámbito de la ingeniería civil, sino que se extienden a los ámbitos de salud preventiva, permitiendo la disminución de potenciales accidentes de tránsito en la zona, o del diseño de canales de atención que pongan atención en dicho lugar, o contribuyan a brindar una atención más rápida cuando estos se produzcan. Ya que como afirman Sosa, Clavo y Dávila (2016), de muchas investigaciones se suelen extraer e implementar las buenas prácticas, que contribuyen a mejorar la atención pre hospitalaria, a muchos de los lesionados por accidentes de tránsito en los lugares afectados.

### **1.6. Limitaciones de la investigación**

Una de las limitaciones para el desarrollo de la presente investigación es la veracidad y exactitud de los datos brindados por las autoridades, debido a que muchas veces existen accidentes que no son reportados y que suelen ser “arreglados” entre los involucrados sin que haya la mediación por parte de, una autoridad competente.

Otro tipo de limitaciones como el acceso a los lugares de ocurrencia y capital financiero para costear el proyecto, han sido controlados y considerados previamente durante su planificación.

## **1.7. Hipótesis**

### **1.7.1. Hipótesis general**

Las curvas horizontales influyen sobre la accidentabilidad vial en la vía nacional ruta PE - 5N tramo Von Humboldt Km. 328+422 - Aguaytia Km. 403+822.

### **1.7.2. Hipótesis específicas**

- Ha1: Los radios de curvatura si influyen en la accidentabilidad vial en la vía nacional ruta PE - 5N tramo Von Humboldt Km. 328+422 - Aguaytia Km. 403+822.
- Ho1: Los radios de curvatura no influyen en la accidentabilidad vial en la vía nacional ruta PE - 5N tramo Von Humboldt Km. 328+422 - Aguaytia Km. 403+822.
- Ha2: La longitud de la curva si influye sobre la accidentabilidad vial en la vía nacional PE - 5N tramo Von Humboldt Km. 328+422 - Aguaytia Km. 403+822.
- Ho2: La longitud de la curva no influye sobre la accidentabilidad vial en la vía nacional PE - 5N tramo Von Humboldt Km. 328+422 - Aguaytia Km. 403+822.
- Ha3: La señalización si influye en la accidentabilidad vehicular de la vía nacional ruta PE - 5N tramo Von Humboldt Km. 328+422 - Aguaytia Km. 403+822.

- Ho3: La señalización no influye en la accidentabilidad vehicular de la vía nacional ruta PE - 5N tramo Von Humboldt Km. 328+422 - Aguaytia Km. 403+822.

## **1.8. Variables**

### **1.8.1. Variable independiente**

Curva horizontal

### **1.8.2. Variable dependiente**

Accidentabilidad vial.

## 1.9. Operacionalización de las variables

Tabla 1: Operacionalización de las variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES
<b>Variable Independiente</b>	Se refiere a un aspecto muy importante para el diseño y construcción de carreteras, y que involucra, una medida de geométrica longitudinal, que concentra la conjunción de diversas fuerzas físicas, durante el desplazamiento de los vehículos por carreteras curvas	Todo tramo no rectilíneo de una carretera corresponde en sentido técnico se denomina curva y, por tanto, exige un tipo de conducción que dé al vehículo una trayectoria determinada, para mantenerlo dentro de la calzada. Normalmente, una curva consta de un tramo de radio constante, precedido y seguido por otros 2 tramos, denominados zonas o curvas de transición, que empalman con las rectas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Radio de curvatura</li> <li>• Longitud de la curva</li> </ul>
Curva horizontal			

<b>Variable Dependiente</b>	<p>Suceso que ocurre de manera imprevista, y que involucra tanto al factor humano como al desplazamiento regular de los vehículos por determinadas estructuras viales, donde suelen ocurrir, determinados perjuicios o daños en objetos y personas, de modo externo y, sobre todo, involuntario. Y que, suele ocurrir por una conducta negligente, de riesgo o donde ha existido poca responsabilidad por parte de los conductores, transeúntes, ambos o ninguno, ya que existen algunos casos, en donde las fallas mecánicas, o la aparición de animales, son las responsables de su ocurrencia.</p>	<p>Es todo hecho que produzca daño a personas o cosas como consecuencia de la circulación. Actualmente el término “accidente” es muy resistido por su connotación de “eventual”. Por ello se prefiere el término “siniestro” que viene de la práctica aseguradora.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tramos de concentración de accidentes (TCA)</li> </ul>
Accidentabilidad de la vía			

Fuente: Elaboración propia

## **1.10. Población y muestra**

### **1.10.1. Determinación del universo**

El universo corresponde a la carretera nacional ruta PE - 5N Von Humboldt Km. 328+422 hasta Aguaytia Km. 403+822, donde se analizarán los radios de giro y número de accidentes entre los años 2016 y 2018.

### **1.10.2. Selección de la muestra**

La muestra fue seleccionada intencionalmente, de la data proporcionada por las entidades correspondientes y el conservador vial de la carretera en mención.

## **1.11. Conceptos fundamentales**

### **1.11.1. Accidentabilidad Vial**

Para comprender un poco la finalidad principal de la presente, referida a la mitigación de la accidentabilidad y la peligrosidad de las vías, se debe intentar definir lo que es un accidente de tránsito.

Para ello se debe tener en cuenta que estos eventos constituyen un verdadero problema de salud pública, no solo en el ámbito local, sino también mundial. En especial, en los países latinoamericanos, donde son la principal causa de muertes en la población y donde existe un progresivo incremento de vehículos adquiridos, que correlaciona con una mayor presencia de accidentes fatales, de víctimas y problemas de tránsito (Algora, Russo, Suasnavas, Merino y Gómez, 2017)

En general, las definiciones encontradas lo definen como un suceso que ocurre de manera imprevista, y que involucra tanto al factor humano como al desplazamiento regular de los vehículos por determinadas estructuras viales, donde suelen ocurrir, determinados perjuicios o daños en objetos y personas, de modo externo y, sobre todo, involuntario. Y que, suele ocurrir por una conducta negligente, de riesgo o donde ha existido poca responsabilidad por parte de los conductores, transeúntes, ambos o ninguno, ya que existen algunos casos, en donde las fallas mecánicas, o la aparición de animales, son las responsables de su ocurrencia.

Al respecto, Bonilla y Gutiérrez (2014), establecen que se trata de un conjunto de sucesos que involucran el riesgo de la vida humana, clasificados en intencionales y no intencionales, y que, son catalogados como problemas de salud pública por la cantidad de pérdidas humanas y víctimas que generan año tras año, y donde los más afectados suelen ser las personas de bajos recursos. Sin embargo, estos autores consideran que, al hablar del tránsito, se debe abandonar la denominación de accidente por la de lesiones de tránsito. Ya que, este último implica la posibilidad de adoptar una política preventiva, mientras que los accidentes ocurren sin poder prevenirlos y controlarlos. Esto se lograría, mediante una estandarización de los términos a nivel público, introduciendo los términos de seguridad vial en la cultura regular de la población.

En la misma línea, se propone la diferenciación entre agresión vital y daños de tráfico, donde el primer término, hace alusión a una colisión entre uno o más sectores del panorama vial, el cual deviene en la presencia de víctimas con lesiones leves o graves. El segundo término, haría alusión a las colisiones en donde solamente existen daños materiales.

Cabrerizo y Pérez (2016), utilizan una definición similar, que los señala como sucesos que ocurren eventualmente, en relación a la circulación vial, y que ocurren como consecuencia de una colisión causada por alteraciones en el desplazamiento vehicular normal, ocasionando daños en los elementos implicados, sean objetos o personas.

Accidente de tránsito, accidente automovilístico o siniestro de tráfico es el perjuicio ocasionado a una persona o bien material, en un determinado trayecto de movilización o transporte, debido (mayoritariamente) a la acción riesgosa, negligente o irresponsable, de un conductor, pasajero o peatón; como también a fallos mecánicos repentinos, errores de transporte de carga, condiciones ambientales desfavorables y cruce de animales durante el tráfico.

Se denomina accidente de tránsito, a un hecho eventual, imprevisto, que genera una desgracia o un daño. En materia de tránsito accidente es el suceso imprevisto producido por la participación de un vehículo o más en las vías o carreteras y que ocasiona daños materiales o lesiones a personas y hasta la muerte de las mismas.

En conclusión, un accidente de tránsito, se encuentra referido a un suceso de carácter fortuito, es decir no planificado, donde se encuentran involucrados diversos actores de la realidad vial, donde ocurren daños materiales, y hasta se pone en riesgo la vida humana de los involucrados.

Un accidente de tránsito es el resultado de una distorsión de la armonía en el sistema "usuario - vehículo - vía" del transporte automotor y que tiene como consecuencia daños materiales o personales.

### **Factores que intervienen en los accidentes de tránsito**

En el tránsito intervienen tres factores de importancia; el **conductor**, el **vehículo** y el **medio**. Los accidentes de tránsito provienen en un común denominador de los tres factores mencionados o de la interrelación entre ellos. Los Peritos estudian las causas relacionadas con el factor vehículo y conductor. En el mismo se analiza como base mediante análisis físico-matemático, con intervención también de otras ciencias y disciplinas.

### **Tipos y clases de accidentes de tránsito.**

La clasificación de estos incidentes, es variada en la literatura existente. Por ejemplo, según Cabrerizo y Pérez (2016) los accidentes de tránsito pueden ser clasificados en cuatro tipos principales, entre ellos, accidentes por salidas de la vía, vuelco y pérdida de control de los vehículos; accidentes que involucran atropellos de peatones que transitan por la zona; Colisiones entre dos vehículos y, por último, colisiones múltiples o colisiones en cadena.

Del mismo modo, Hervás (2011) establece cinco tipologías de accidentes de tránsito, las cuales se detallan a continuación. La primera de ella, se deriva de las consecuencias que genera, en especial cuando involucran tanto al factor humano como al material. Aquí, solamente se puede referir al término accidente, cuando existe una parte pasiva en la acción sin que esta pueda evitarse, intervenir o evitarse. La segunda, de corte instrumental, toma en consideración la cantidad de unidades vehiculares involucradas en el incidente, e involucra las fallas en la fabricación de vehículos, excluyendo los errores humanos conscientes. La tercera clasificación, se refiere a la manera en la que se produce el mismo, es decir por la conjunción de los elementos antes mencionados. La cuarta clasificación, se denomina accidentes estadísticos, y toma en cuenta a las negligencias en el estudio analítico de los accidentes de circulación en la zona. Y, por último, una quinta tipología de accidentes, se enfoca en la situación geográfica y estructural del elemento vial.

Cabe recordar que esta clasificación, al encontrarse alineada con los objetivos del presente estudio, será la tipología de accidentes de tránsito que se tomarán en cuenta, tanto en la determinación de la accidentabilidad de la zona, como en el análisis de su situación actual y al momento de generar las recomendaciones y correcciones a considerar.

La misma, que puede ser subdividida en accidentes de tipo urbano e interurbano. El primer subtipo englobaría a aquellos siniestros que se desarrollan al interior de una ciudad o población, en autovías o autopistas.

Mientras que, por otro lado, se encontraría el subtipo interurbano, que se producen fuera de las urbes, y se llevan a cabo en las carreteras que conectan a las ciudades o vías nacionales, las mismas que también son el foco de atención en la presente investigación.

### **Accidente con víctimas**

Aquel en que una o varias personas resultan muertas o heridas.

### **Accidente mortal**

Aquel en que una o varias personas resulta muertas dentro de las primeras veinticuatro horas.

### **Accidente con solo daños materiales**

Aquel en que no se ha ocasionado ni heridos ni muertos.

### **Accidentes simples**

Son aquellos en los que solo interviene una unidad de tráfico, es decir, un vehículo. A su vez los accidentes simples podemos clasificarlos en:

- **Despiste:** Que consiste en la salida o abandono de la calzada contra la voluntad de su conductor. Pueden producirse en vías sin cuneta, serían

simples despistes, y salidas de vía a desnivel con precipitación, con la posibilidad de que se produzca un vuelco, un tonel, un salto, etc., o salidas de vía con choque o con raspado con las paredes de un talud.

- **Vuelcos en tonel:** Que consiste en un giro transversal del vehículo con relación a su sentido de marcha, con varias posibles posiciones finales: 1:1 (a derecha o izquierda sobre un costado); 1:2 (en el que el vehículo quedaría detenido sobre el techo); 1:3 (el vehículo quedaría sobre el costado inverso) y 1:4 (en el que el vehículo recuperaría la posición normal después de un giro completo). Este tipo de accidentes puede producirse, bien por exceso de velocidad en curvas o bien por la existencia de obstáculos bajos y laterales que provocan el levantamiento de un lateral del vehículo y el posterior vuelco.
- **Vuelcos con vuelta de campana:** Que consiste en el vuelco en sentido longitudinal del vehículo. Este tipo de accidentes puede producirse por una paralización brusca de la marcha por la existencia de un obstáculo situado por debajo del centro de gravedad del vehículo o bien por la existencia de una diferencia de nivel entre el lugar de comienzo y el final. De forma análoga al supuesto anterior pueden darse dos posiciones finales 1:2 y 1:4.
- **Salto:** Que consiste en la pérdida momentánea del contacto de las ruedas con la calzada al topar con algún elemento situado en la calzada o fuera de ella.

- **Caída:** Que consistiría en la pérdida de equilibrio en el caso de vehículos de dos ruedas.
- **Choques:** Consistentes en la colisión o impacto del vehículo contra un obstáculo inmóvil existente en la calzada o con cualquier elemento que forme parte de la infraestructura de la vía. Debido a la inercia, el vehículo al chocar elevaría la parte posterior para absorber la energía con la que venía circulando y como consecuencia se produciría un hundimiento del paragolpes delantero.
- **Incendio del vehículo:** Suele tener como causa un fallo mecánico. El simple incendio no es accidente de tráfico y suele ser o bien la causa de un posterior accidente de tráfico o su resultado.
- **Raspados:** Que consistiría en el roce violento de la pared lateral del vehículo con un elemento fijo de la vía.

## **Colisión**

Encuentro violento entre dos vehículos, un vehículo y un objeto, o un vehículo y una persona. En el presente documento se usa este término intercambiamente con los términos siniestro y accidente.

- **Colisión trasera**

O colisión por alcance: se produce cuando un vehículo circula a mayor velocidad que el que le precede y al que golpea en su parte posterior. Los resultados dañosos suelen ser inferiores por la diferencia de velocidades

existentes entre los vehículos implicados. Como en el caso anterior, pueden ser **central, excéntrica y angular**. Colisión con otro vehículo utilizando el mismo carril y circulando en misma dirección, disminuyendo su velocidad o parada de manera temporal. Se excluye los accidentes con vehículos estacionados.

- **Colisión frontal**

Es el encuentro violento entre dos o más vehículos en movimiento. El impacto se da y se recibe en las partes delanteras de los vehículos implicados. Puede ser **central** (cuando coinciden aproximadamente los ejes longitudinales de los vehículos) **o excéntrico derecho o izquierdo** (cuando los ejes longitudinales son paralelos, pero no coincidentes). Si los ejes longitudinales no son paralelos, la *colisión será angular* (el ángulo que formen los ejes longitudinales de los vehículos debe ser inferior a  $90^\circ$ ). Colisión con otro vehículo utilizando el mismo carril y circulando en dirección contraria, disminuyendo su velocidad o parada de manera temporal. Se excluye los accidentes con vehículos estacionados.

- **Colisión por roces**

Consiste en la fricción fuerte y violenta entre las paredes laterales de los vehículos implicados. Podrá ser **positivo**, cuando ambos vehículos circulen en sentidos opuestos, y **negativo**, cuando ambos vehículos circulan en el mismo sentido.

- **Colisión frontolateral o embestida**

Se produce cuando un vehículo golpea contra la pared lateral de otro que está en marcha. Podrá ser contra la parte central, la anterior o la posterior. Podrá ser **perpendicular**, cuando los correspondientes ejes longitudinales se encuentran orientados perpendicularmente, formando los ejes un ángulo de 90°, **oblicua**, cuando el ángulo que forman los ejes sea inferior o superior a 90°.

### **Atropello**

Consiste en el encuentro entre un vehículo y un peatón. En este tipo de accidentes se distinguen, igualmente, varias fases que no necesariamente han de darse en todos los accidentes. Cada fase puede constituir un tipo singular de accidente de tráfico entre un vehículo y un peatón. Las fases del atropello serían las siguientes:

- **Encuentro:** Nos encontraríamos en el primer momento del accidente, donde el vehículo golpea o alcanza al peatón, pudiendo producirse la primera acción traumática.
- **Caída:** Tras ese primer contacto, encuentro o empujón, el peatón sufriría una pérdida de equilibrio y una caída sobre la calzada. Se produciría un desplazamiento del peatón debido a la fuerza aplicada por el vehículo en dicho encuentro.

- **Aproximación:** En esta fase el vehículo volvería a entrar en contacto con el peatón, cuando aquél lo alcanza o llega al lugar donde se encuentra el cuerpo del peatón caído sobre la calzada.
- **Compresión:** Consiste en el paso de, al menos, una rueda sobre el cuerpo del peatón caído. Se podría producir un sobrepaso en vehículos ligeros o un aplastamiento en vehículos pesados.
- **Arrastre:** Se produciría cuando una persona queda enganchada en alguna parte de un vehículo y es arrastrada por éste. En estos casos la víctima también puede ser atropellada posteriormente.
- **Volteo:** No deja de ser un atropello en el que, por efecto de la velocidad o por la acción evasiva del peatón, éste salta encima del capó para empotrarse contra el cristal parabrisas, siendo posteriormente proyectado sobre el techo o hacia uno de los laterales del vehículo.
- **Proyección:** Igualmente se trata de un “atropello”, en el que al encuentro o empujón puede seguir la proyección del peatón fuera del radio de acción del vehículo causante. En algunas ocasiones puede producirse el atropello del peatón por otro vehículo que circule, por ejemplo, en sentido contrario. (Por ejemplo, un accidente en el que un peatón, que se disponía a atravesar la calzada, tras alcanzar el centro, fue golpeado en la espalda con el espejo retrovisor de un vehículo furgoneta que provenía de su izquierda. El peatón salió proyectado hacia delante, es decir, hacia el carril

del sentido contrario, donde fue atropellado por un turismo que circulaba por dicho carril, causándole la muerte).

- **Aplastamiento:** se produciría cuando se produjese la colisión de un vehículo automóvil contra un obstáculo o elemento fijo, fuera o dentro de la vía, y entre ambos se encontrase el peatón. Puede producirse un aplastamiento dinámico cuando el peatón es proyectado sobre un elemento fijo.

### **Accidentes mixtos**

Son una combinación de una colisión y un atropello. Suelen producirse entre vehículos turismos y vehículos de dos ruedas, en los que el conductor o pasajero de estos últimos salen proyectados y sufren después de la colisión un atropello.

### **Accidentes ocasionados por fuerza mayor**

Los accidentes ocasionados por fuerza mayor son los que sobrevienen debido a la acción inesperada de la naturaleza. Por ejemplo, la aparición de grietas en la calzada debido a un corrimiento de tierras, un terremoto o cualquier otro elemento natural y que provoca un accidente de tráfico. Presencia de considerable cantidad de agua, inundaciones y riadas, que provocan la salida del vehículo de la vía. Caídas de piedras, árboles u otros objetos. Caídas de rayos sobre algún vehículo. Cualquier otro caso similar.

### **Accidentes fortuitos**

Son los que, sin proceder de catástrofes, no permiten un obrar humano diferente, por ejemplo, deslizamientos debidos a la existencia sobre la calzada de una mancha de aceite. Colocación de algún obstáculo ignorando la identidad de la persona que lo colocó. Rotura de alguna pieza mecánica de modo imprevisto. Reventón de neumático por defecto de fábrica, estando aparentemente en buen estado. (En estos casos el fabricante podría ser responsable por “vicios ocultos”). No deben confundirse con el fallo mecánico, dado que éstos, en ocasiones, se producen por una negligencia del conductor o del titular del vehículo, que no ha cuidado su mantenimiento.

En conclusión, si bien los accidentes de tránsito se encuentran clasificados de diversas maneras por diferentes autores, se tomarán en consideración las clases de accidentes estructurales de subtipo interurbano, para el desarrollo de este estudio.

### **Causas de los accidentes de tránsito**

Las causas de accidentes de tránsito también suelen ser diversas. Teniendo en cuenta que su característica esencial es su carácter aleatorio e imprevisible, lo cual no dista de ser previsible y con capacidad de disminuir su posibilidad de aparición.

En líneas generales se puede establecer como afirma Zambrana (2010) que las causas de los accidentes pueden ser: Debido al terreno o la carretera;

Debido a factores ambientales; Por defecto o falla mecánica y Por factores humanos.

Entre las principales causas se han descrito, las que involucran una responsabilidad directa de los conductores y transeúntes, enfocándose un poco más en el factor humano de la situación, haciendo alusión a hechos como, la falta de uso de cinturón de seguridad, conducir mirando o hablando por teléfono celular, en estado de ebriedad o experimentando problemas en las funciones psicológicas del conductor o en relación a peatones imprudentes que se cruzan en las vías de circulación en momentos en los que, los vehículos se encuentran transitando a altas velocidades. También incluirán, la realización de maniobras inadecuadas durante el manejo, adelantar otros vehículos en momentos y lugares inoportunos, no tomar en cuenta la señalética vial de la zona, manejar con exceso de velocidad y hasta circular en el carril contrario. Cabe recalcar que la responsabilidad en este tipo de incidentes, se encuentra determinada por las políticas internas de cada país, o región en particular.

Por otra parte, algunas perspectivas apuntan a inconvenientes y causas estructurales, por ejemplo, en la señalización de la zona, una pobre iluminación del tramo, la falta de funcionamiento de señales luminosas, como los semáforos y otros, una construcción que no cumple con las normas de seguridad requeridas para el tránsito regular del lugar, así como un problema

con la ejecución, y hasta el planeamiento de los proyectos de seguridad vial y construcción de las carreteras.

Se toma en cuenta también los factores ambientales y se contemplan los factores climatológicos, tales como la humedad en la zona, los hundimientos y la niebla, aunque que estos escapen al control situacional de los responsables de la construcción de las vías, sin embargo, la responsabilidad de la detección inmediata y la implementación de medidas correctivas no permanentes, también se debe contemplar en la planificación de los proyectos y en la regulación vial de las naciones.

En conclusión, las causas de accidentes de tránsito pueden deberse a factores humanos, fallas mecánicas, estructurales y climatológicos, sin embargo, para los fines del presente estudio, se tomarán en cuenta las causas estructurales, las cuales serán analizadas en determinados tramos de la carretera seleccionada, para determinar las medidas correctivas que se adecuen más a la situación actual.

### **1.11.2 Seguridad vial**

La seguridad vial se define como la suma de condiciones por las que las vías están libres de daños o riesgos causados por la movilidad de los vehículos. Está basada en normas y sistemas con las que se disminuyen las posibilidades de averías, choques y sus consecuencias. Su finalidad es proteger a las personas y bienes, mediante la eliminación o control de los

factores de riesgo que permitan reducir la cantidad y severidad de los siniestros de tránsito.

Bertotti (2008), indica que la seguridad vial se define como “la disciplina que estudia y aplica las acciones y mecanismos tendientes a garantizar el buen funcionamiento de la circulación en la vía pública, previniendo los accidentes de tránsito” (p. 6). Se espera que una vía sea segura desde el diseño horizontal, vertical y transversal, para luego regular el comportamiento de los usuarios (conductores y pasajeros) en la vía.

El concepto de seguridad vial, por lo tanto, supone la prevención de siniestros de tránsito con el objetivo de proteger la vida de las personas, o la minimización de sus efectos.

Dentro del criterio de seguridad de una carretera, se encuentran diversos elementos y dispositivos de señalización y seguridad vial que hacen de esta, una vía segura en todo su recorrido. Estos se rigen a las exigencias del Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras (MDCTACC) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

### **Puntos negros**

No existe una definición aceptada universalmente de lo que es un Punto Negro, pero de manera general es descrita como la ubicación de alto riesgo de accidente de tránsito, o también como, un tramo de vía donde ocurren accidentes de tránsito de manera frecuente.

Según el MTC (2015), un punto negro hace referencia a zonas donde existe alta concentración de accidentes. Sin embargo, no existe una definición universal de punto negro debido a que se necesita mayor detalle para una definición más clara debido a que existen ambigüedades en relación a ciertas características técnicas.

La Dirección General de Tráfico (DGT, 2014), define a punto negro como: “Un tramo de la vía en el que deben haber sucedido al menos tres o más accidentes con víctimas (fallecidos y/o heridos hospitalizados y/o heridos no hospitalizados), en una calzada perteneciente a la red de carreteras, en un periodo que abarque un año natural, con una separación máxima entre uno y otros accidentes con víctimas de 100 metros.

### **Tramos de concentración de accidentes de tránsito (TCA)**

El concepto de tramo de concentración de accidentes es un concepto nuevo que viene a sustituir al tradicional punto negro.

Tramo de Concentración de Accidentes (TCA), es aquel tramo de carretera en el que estadísticamente el número de accidentes que se producen, es significativamente más alto que el valor medio de los que tienen lugar en tramos análogos de la red. Así en la definición de los TCA interviene el tipo de vía, la intensidad de tráfico, y el número de accidentes. Berardo (2005).

Según el MTC (2017), en su Manual de seguridad vial, indica que el tramo de concentración de accidente se define como aquellos tramos que presentan un número de accidentes (de un tipo particular) superior a tramos similares de la red vial, y en el que previsiblemente una actuación de mejora de la infraestructura puede dar lugar a una reducción significativa y eficaz de la accidentabilidad. Se utiliza para hacer referencia a los puntos de mayor peligrosidad de una red vial. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de seguridad vial, 2017)

Chamba (2013); indica que los tramos de concentración de accidentes son segmentos de una determinada vía que presentan un riesgo de accidente significativamente superior a la media registrada en los tramos de características similares, es decir, determina los tramos con una siniestralidad acentuada en comparación con tramos similares. Los TCA se consideran como los tramos en los que el número de accidentes y el índice de peligrosidad en los últimos años es significativamente superior a la media de tramos con características similares.

### **Identificación de TCA según ley provincial de tránsito N° 8560**

- **Método del índice de peligrosidad (IP)**

Según la ley provincial de tránsito N° 8560 de la provincia de Córdoba y sus decretos reglamentarios que establecen, en el Anexo C del artículo 72,

la metodología para el análisis de los accidentes de tránsito. Se utilizan los siguientes índices:

ACV: N° de accidentes con víctimas registrados a lo largo de un año.

IP: Índice de peligrosidad en un tramo, itinerario o red: N° de accidentes con víctimas por cada cien millones de vehículos-kilómetros recorridos por año en ese tramo, itinerario o red.

$$IP = \frac{\text{N}^\circ \text{ de accidentes c/víctimas por año} \cdot 10^8 \text{ (Veh.km)}}{\text{Volumen anual (veh)} \cdot \text{Longitud del tramo (Km)}}$$

IM: Índice de mortalidad: N° de muertos por cada cien millones de Veh-km recorridos por año en un tramo determinado. Es indicativo de la gravedad de los accidentes. Se incluyen todas las rutas pertenecientes a la red en estudio, divididas en tramos de 1km de longitud.

Tipología: autopista, autovía, vía rápida, ruta convencional.

Zona: urbana, interurbana.

$$IM = \frac{\text{N}^\circ \text{ de muertos por año} \cdot 10^8 \text{ (Veh.km)}}{\text{Volumen anual (veh)} \cdot \text{Longitud del tramo (km)}}$$

Se identificarán como tramos de concentración de accidentes, aquellos en que se verifiquen las condiciones señaladas en la tabla 2:

Tabla 2: Parámetros para identificar tramos con concentración de accidentes

<b>TIPOLOGÍA</b>	<b>ZONA</b>	<b>RANGO DE TMDA (Veh/día)</b>	<b>CONDICIONES Por tramo de 1 km.</b>
Autopista	Llana	> 80.000	IP> 30 ó ACV/año > 9
Autovías	Ondulada	> 40.000 y < 80.000	IP> 35 ó ACV/año > 5
Vías rápidas	Montañosa	< 40.000	IP> 40 ó ACV/año > 3
Ruta convencional	Urbano o rural	> 7.000	IP> 70 ó ACV/año > 3
	llano, ondulada o montañosa	< 7.000	IP> 100 ó ACV/año > 3

Fuente: Ley provincial de tránsito N° 8560. Anexo C

Se han determinado los indicadores de accidentalidad para sub-tramos de 1 km de longitud, en función de los datos disponibles de los registros de accidentes.

El índice de peligrosidad (IP) depende del comportamiento de los usuarios, prestaciones de los vehículos, características de la carretera y su entorno, características del tránsito y factores aleatorios. Para disminuir la componente aleatoria se tiende a alargar el período de análisis considerado.

Las características de la carretera y su entorno determinan lo que se podría denominar “riesgo intrínseco” asociado al tramo en las condiciones existentes. A igualdad de las otras componentes, el riesgo intrínseco varía en función de tipología de la carretera (autopista, autovía, vía rápida, ruta convencional), zona (urbana, interurbana, intersección, tramo), rangos de volúmenes de tránsito (que dependen del tipo de vía). A medida que el volumen de tránsito aumenta, el índice de peligrosidad disminuye; no

obstante, dentro de determinados rangos, que dependen del tipo de vía, se puede considerar prácticamente constante.

En base a las características enunciadas anteriormente, es posible definir grupos de tramos homogéneos en cuanto a su nivel de seguridad.

En países desarrollados se han elaborado distintos procedimientos estadísticos para la determinación del “valor normal” del riesgo intrínseco en cada grupo de tramos homogéneos. En función del mismo, para cada conjunto se establece un valor crítico a partir del cual se estima que el índice de peligrosidad es significativamente elevado y responde a una desviación del riesgo intrínseco del tramo respecto del normal.

Por otra parte, deduciendo, puede expresarse que la cantidad de accidentes con víctimas (ACV) es:

$$ACV = \frac{IP \cdot \text{Volumen Anual}}{10^8}$$

De donde, la alta accidentalidad puede obedecer a cualquiera de los dos factores, por lo tanto, las medidas que tienden a reducir la siniestralidad pueden actuar sobre uno u otro o sobre ambos.

**Identificación de TCA según método del Transportation Research Board (TRB) (EEUU)**

En este caso para la identificación de los tramos de concentración de accidentes se basará, según los métodos de la que propone el Transportation Research Board (TRB) (EEUU).

La TRB es una de las seis divisiones principales del Consejo Nacional de Investigación, una institución privada, sin fines de lucro que es la agencia principal de operaciones de las academias nacionales en la prestación de servicios al gobierno, el público y las comunidades científicas y de ingeniería.

La TRB es apoyada por los departamentos de transporte estatales, agencias federales, incluyendo las administraciones que integran el departamento de transporte de EE.UU., y otras organizaciones e individuos interesados en el desarrollo del transporte.

El estudio teórico de cada método se compone de un análisis de sensibilidad sobre las variables involucradas, el que permite comprender el funcionamiento de las ecuaciones y analizar los límites de aplicación.

Cuatro son las técnicas de análisis que se adaptan para el presente estudio las cuales son:

- Método del número o frecuencia de accidentes
- Método de la tasa de accidentes
- Método del número – tasa
- Método del control de calidad de la tasa

## Criterios para Identificación de TCA

Los análisis que se describen en este apartado están orientados a la identificación de TCA. En estos se utilizarán unidades de medida específicas, según se describe en la siguiente tabla 3:

Tabla 3: Unidades de medida para cada método de análisis de accidentes

Criterio	Método del N° de Accidentes	Método de la Tasa de Accidentes	Método del N°-Tasa	Método del Control de Calidad de la Tasa
Tramos Acc por Km			x	
Accidentes por MVK (10 <sup>6</sup> veh-km)		x	x	x
Intersecciones y sitios: Número de accidentes	x		x	
Accidentes por MV (10 <sup>6</sup> veh)		x	x	x

Fuente: Sección 1. Manual de Seguridad Vial. Dirección Nacional de Vialidad (D.N.V.)

### A) Método del número o frecuencia de accidentes

Este método, así como todas las fórmulas está basado en Berardo y otros, (2008).

El método número o frecuencia de accidentes se lo puede utilizar para ciudades pequeñas dentro de la zona urbana ya que el mismo no considera el factor cantidad de tránsito el mismo no es de tanta importancia en el sistema vial para el cálculo del presente método.

Los sitios peligrosos detectados por este método presentan un gran número de accidentes y consecuentemente las soluciones que se apliquen producirán una significativa reducción con respecto al total de siniestros.

Para poder aplicar el método (Berardo y otros, 2008), nos recomienda subdividirse la red vial en estudio en tramos homogéneos de igual longitud (un kilómetro) asignando a cada tramo la cantidad de accidentes registrados, de esta manera se obtiene la cantidad de accidentes por kilómetro del tramo.

Inmediatamente, se define para tramos homogéneos el valor promedio de los siniestros. Por último, puede considerarse TCA a aquel tramo cuya cantidad de accidentes por kilómetro sea superior a la media de la vía más un desvío representado a través un coeficiente de mayoración que en este caso es K.

Primero, se debe calcular la frecuencia ecuación y la frecuencia media de accidentes ecuación:

$$N_i = \frac{\text{Número de accidentes en el tramo } i}{\text{longitud del tramo } i}$$

$$N_m = \frac{\sum \text{Accidentes en tramos homogéneos}}{\sum \text{Longitud en tramos homogéneos}}$$

Donde:

Ni: Frecuencia de accidentes de un tramo.

Nm: Frecuencia media de accidentes.

Un tramo será considerado TCA cuando se cumpla que:

$$N_i \geq k.Nm.$$

$$\text{con } k \geq 1$$

K: Factor de mayoración; para aproximaciones iniciales se recomienda ajustarlo en 2.

### **B) Método de la tasa de accidentes**

Un análisis basado solo en el número de accidentes puede conducir a conclusiones equivocadas, sobre todo si a lo largo del camino existen variaciones considerables en los volúmenes de tránsito. A dos ubicaciones que registren el mismo número de accidentes, no debiera atribuírsele idéntica peligrosidad si una de ellas dobla a la otra en cuanto a volumen de tránsito se refiere.

El método de la tasa de accidentes considera la variable del volumen de tránsito para establecer la peligrosidad del tramo, por ello para aplicarlo, además de la ubicación y cantidad de accidentes del camino es necesario contar con los datos de volumen de tránsito.

Para el cálculo de la tasa de un tramo *i* cualquiera se calcula de la siguiente manera:

$$T_i = \frac{\text{Accidentes en el tramo}}{\text{TPDA} \cdot \text{N}^\circ \text{ de días} \cdot \text{Long del tramo}} \cdot 10^6$$

Donde:

Ti: Tasa de accidentes de un tramo.

TPDA: Trafico promedio diario anual.

La tasa media del sistema se define con ( $T_m$ ) de igual manera que la tasa del tramo, pero considerando la sumatoria de los accidentes, el tránsito medio y la longitud total del camino en estudio.

$$T_m = \frac{\sum \text{Accidentes}}{\text{TPDA}_{\text{medio}} \cdot \text{N}^\circ \text{ de días} \cdot \text{Long del tramo}} \cdot 10^6$$

Donde:

$T_m$ : Tasa media de accidentes de todos los tramos.

TPDA: Trafico promedio diario anual.

$\sum$  Accidentes: Sumatoria de accidentes de todo el año de estudio.

Identificación de tramos de concentración de accidentes

Para definir un TCA debe cumplirse que:

$$T_i \geq k \cdot T_m$$

$$\text{Con } k \geq 1$$

Donde k es un factor de mayoración que para aproximaciones iniciales se recomienda ajustarlo en 2.

El propósito principal del factor k es controlar la cantidad de TCA que detecta el método. Si el valor de k es grande, la lista de tramos de concentración de accidentes es corta, mientras que, si el valor de k es pequeño, la lista será más larga.

### **C) Método del número – tasa**

Para el método del número-tasa se puede aplicar a todos los sistemas de calles ya sea urbano o rural, cualquiera sea su magnitud o variación de los volúmenes de tránsito.

Para identificar lugares peligrosos, es importante asegurar que la ocurrencia de accidentes en los lugares definidos como tales, sea en realidad anormalmente alta. Uno de los riesgos que se corre al confiar solo en números y tasas de accidentes es que las cifras pueden conducir a errores de detección cuando volúmenes de tránsito varían a lo largo de una amplia gama de valores.

Para un lugar con un número elevado de accidentes, o de accidentes por kilómetro, puede a priori parecer peligroso, sin embargo, si el volumen de tránsito del tramo es excepcionalmente grande, la tasa de accidentes puede no ser anormal y por lo tanto el lugar no es tan peligroso como aparenta.

Este método se basa en el concepto de que, si tanto el número y la tasa de accidentes de un lugar superan en mucho al promedio, se puede tener una razonable certeza de estar ante un registro anormal de accidentes. Los requerimientos de datos básicos para la aplicación del método comprenden:

- Período de tiempo
- Ubicación de los accidentes

- Volúmenes de tránsito
- Categoría de caminos

### Identificación de tramos peligrosos.

El método define como lugar peligroso, a aquellos tramos cuya ocurrencia de eventos sea considerablemente mayor que la media, es decir que todos los sitios cuyos números y tasas de accidentes superen (ambos) a los valores límite, serán considerados lugares peligrosos.

Luego se tiene que: Para calcular la frecuencia de accidentes por kilómetro se procede de la siguiente manera:

$$N_i = \frac{\text{Número de accidentes en el tramo } i}{\text{longitud del tramo } i}$$

$$N_m = \frac{\sum \text{Accidentes en tramos homogéneos}}{\sum \text{Longitud en tramos homogéneos}}$$

De donde:

$N_i$ : Frecuencia de accidentes de un tramo.

$N_m$ : Frecuencia media de accidentes.

La tasa de accidentes de un tramo  $i$  cualquiera se calcula de la siguiente manera:

$$T_i = \frac{\text{Accidentes en el tramo}}{\text{TPDA} \cdot \text{N}^\circ \text{ de días} \cdot \text{Long del tramo}} \cdot 10^6$$

Donde:

$T_i$ : Tasa de accidentes de un tramo.

TPDA: Trafico promedio diario anual.

Se define la tasa media del sistema de igual manera que la tasa del tramo, pero considerando la sumatoria de los accidentes, el tránsito medio y la longitud total del camino en estudio.

$$T_m = \frac{\sum \text{Accidentes}}{\text{TPDA}_{\text{medio}} \cdot \text{N}^\circ \text{ de días} \cdot \text{Long del tramo}} \cdot 10^6$$

Donde:

$T_m$ : Tasa media de accidentes de todos los tramos.

TPDA: Trafico promedio diario anual.

$\sum$  Accidentes: Sumatoria de accidentes de todo el año de estudio.

El método del número-tasa considera que un tramo es peligroso cuando:

$$N_i \geq k_N \cdot N_m \quad \wedge \quad T_i \geq k_T \cdot T_m$$

#### **D) Método del control de calidad de la tasa**

El método del control de calidad de la tasa, que es aplicable a todo tipo de volúmenes de tránsito y a los distintos tipos de vía, debe su nombre a que controla la calidad de los análisis aplicando "test" estadísticos para determinar si la tasa de accidentes de un lugar en particular es inusualmente alta en relación con una tasa media predeterminada correspondiente a lugares de características similares.

Los “test” se basan en la hipótesis comúnmente aceptada que supone el ajuste de los accidentes a la distribución de Poisson, entonces se tiene que:

$$P(n) = \frac{e^{-\lambda m} \cdot (\lambda m)^n}{n!}$$

Donde:

P(n): Probabilidad de que ocurran n accidentes en un sitio dado durante un período de tiempo determinado

$\lambda$ : Tasa de accidentes esperada (en accidentes por MVK)

m: Cantidad de tránsito en el lugar durante el período de análisis, (expresado en MVK)

El objetivo del método es encontrar dentro de esta distribución aquel valor de n para el cual la probabilidad de ocurrencia es particularmente baja (menor al 5%), con ello busca que los tramos detectados como peligrosos no sean producto del azar, sino de un defecto importante en la vía que contribuya a la inusual concentración de accidentes.

Para su aplicación práctica debe establecerse un límite superior de control de la probabilidad de ocurrencia de accidentes, es decir la probabilidad de que un tramo registre mayor o igual cantidad de siniestros que el valor de control, esto puede calcularse como sigue:

$$P(X \geq U) = P$$

Donde:

X: número observado de accidentes

U: límite superior de control

P: probabilidad límite predefinida

El límite crítico, o límite superior de control puede ser calculado a partir de las tablas para la distribución de Poisson, sin embargo, esto resulta trabajoso y poco práctico, por ello se utiliza una aproximación para calcularlo.

En la práctica, el límite crítico del sistema se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$P = \lambda + k \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{m} + \frac{0.5}{m}}$$

### 1.11.3 Estudio del tráfico

#### A) Volumen de tránsito

Se define volumen de tránsito, como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal, de un carril o de una calzada, durante un periodo determinado. Se expresa como:

$$Q = \frac{N}{T}$$

Donde:

Q = Vehículos que pasan por unidad de tiempo (vehículos/periodo)

N = Número total de vehículos que pasan (vehículos)

T = Período determinado (unidades de tiempo).

#### B) Volumen de tránsito absoluto o totales

Es el número total de vehículos que pasan durante el lapso de tiempo determinado. Dependiendo de la duración del lapso de tiempo determinado, en la tabla 4 se tienen los siguientes volúmenes de tránsito absolutos o totales:

Tabla 4: Volúmenes de tránsito absolutos o totales

TRÁNSITO	DESCRIPCIÓN
Tránsito anual (TA)	Es el número total de vehículos que pasan durante un año. En este caso, $T = 1$ año.
Tránsito mensual (TM)	Es el número total de vehículos que pasan durante un mes. En este caso. $T = 1$ mes.
Tránsito semanal (TS)	Es el número total de vehículos que pasan durante una semana. En este caso. $T = 1$ semana.
Tránsito diario (TD)	Es el número total de vehículos que pasan durante un día. En este caso. $T = 1$ día
Tránsito horario (TH)	Es el número total de vehículos que pasan durante una hora. En este caso. $T = 1$ hora
Tasa de flujo o flujo (q)	Es el número total de vehículos que pasan durante un periodo inferior a una hora. En este caso, $T < 1$ hora.

Fuente: Elaboración propia

En todos los casos anteriores, los períodos especificados, un año un mes, una semana, un día, una hora y menos de una hora, no necesariamente son de orden cronológico. Por lo tanto, pueden ser 365 días seguidos, 30 días seguidos, 7 días seguidos, 24 horas seguidas, 60 minutos seguidos y período en minutos seguidos inferiores a una hora.

### **C) Volumen de tránsito promedio diarios.**

Se define el volumen de tránsito promedio diario (TPD), como el número total de vehículos que pasan durante un período dado (en días

completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del período.

De acuerdo al número de días de este período, en la tabla 5, se presentan los siguientes volúmenes de tránsito promedios diarios, dados en vehículos por día:

Tabla 5: Ecuaciones para hallar tránsito promedio

TRÁNSITO	ECUACIÓN
Tránsito promedio diario anual (TPDA)	$TPDA = \frac{TA}{365}$
Tránsito promedio diario mensual (TPDM)	$TPDM = \frac{TM}{30}$
Tránsito promedio diario semanal (TPDS)	$TPDS = \frac{TS}{7}$

Fuente: Elaboración propia

### Uso de los Volúmenes de Tránsito

De una manera general, en la tabla 6, se muestran los datos sobre volúmenes de tránsito que se utilizan ampliamente en los siguientes campos y en la tabla 7 están los usos de volúmenes en tránsito promedio.

Tabla 6: Usos de los volúmenes de tránsito

CAMPOS	USOS
Planeación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clasificación sistemática de redes de vías.</li> <li>• Estimación de los cambios anuales en los volúmenes de tránsito.</li> <li>• Modelos de asignación y distribución de tránsito.</li> <li>• Desarrollo de programas de mantenimiento, mejores y prioridades.</li> <li>• Análisis económicos.</li> <li>• Estimaciones de la calidad del aire.</li> <li>• Estimaciones del consumo de combustibles.</li> </ul>
Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación a normas de proyecto geométrico.</li> <li>• Requerimientos de nuevas vías.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis estructural de superficies de rodamiento.</li> </ul>
Ingeniería de tránsito	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de capacidad y niveles de servicio en todo tipo de vialidades.</li> <li>• Caracterización de flujos vehiculares.</li> <li>• Zonificación de velocidades</li> <li>• Necesidades de dispositivos para el control de tránsito.</li> <li>• Estudio de estacionamientos.</li> </ul>
Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cálculo de índices de accidentes y mortalidad</li> <li>• Evaluación de mejoras por seguridad.</li> </ul>
Investigación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nuevas metodologías sobre capacidad.</li> <li>• Análisis e investigación en el campo de los accidentes y la seguridad.</li> <li>• Estudio sobre ayudas, programas o dispositivos para el cumplimiento de las normas de tránsito.</li> <li>• Estudios de antes y después.</li> <li>• Estudios sobre el medio ambiente y la energía</li> </ul>
Comercio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hoteles y restaurantes.</li> <li>• Urbanismo.</li> <li>• Autoservicios.</li> <li>• Actividades recreacionales y deportivas.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7: Usos de los volúmenes de tránsito promedio

VOLÚMENES	USOS
Tránsito anual (TA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar los patrones de viaje sobre áreas geográficas.</li> <li>• Estimar los gastos esperados de los usuarios de las carreteras.</li> <li>• Calcular Índices de accidentes.</li> <li>• Indicar las variaciones y tendencias de los volúmenes de tránsito, especialmente en carreteras de peaje,</li> </ul>
Tránsito promedio diario (TPD)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medir la demanda actual en vías.</li> <li>• Evaluar los flujos de tránsito actuales con respecto al sistema vial.</li> <li>• Definir el sistema arterial de calles.</li> <li>• Localizar áreas donde se necesite construir nuevas vías o mejorar las existentes.</li> <li>• Programar mejoras.</li> </ul>
Tránsito horario (TH)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar la longitud y magnitud de los períodos de máxima demanda.</li> <li>• Evaluar deficiencias de capacidad.</li> <li>• Establecer controles en el tránsito, como colocación de señales, semáforos y marcas viales, jerarquización de vías, sentidos de circulación y rutas de tránsito: y prohibición de estacionamiento, paradas y maniobras de vueltas.</li> <li>• Proyectar y rediseñar geométricamente calles e intersecciones.</li> </ul>
Tasa de flujo (q)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar flujos máximos.</li> <li>• Analizar variaciones del flujo dentro de las horas de máxima demanda.</li> <li>• Analizar limitaciones de capacidad en el flujo de tránsito.</li> </ul>

- |  |  |
|--|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Analizar las características de los volúmenes máximos.</li></ul> |
|--|--|

Fuente: Elaboración propia

## **D) Características de los volúmenes de tránsito**

Los volúmenes siempre deben ser considerados como dinámicos, por lo que solamente son precisos para el período de duración de los aforos. Sin embargo, debido a que sus variaciones son generalmente rítmicas y repetitivas, es importante tener un conocimiento de sus características, para así programar aforos, relacionar volúmenes en un tiempo y lugar con volúmenes de otro tiempo y lugar, y prever con la debida anticipación la actuación de las fuerzas dedicadas al control de tránsito y labor preventiva, así como las de conservación.

### **1.11.4 Diseño geométrico de la vía**

Los elementos que constituyen el diseño geométrico de cualquier tipo de carretera son el alineamiento horizontal (planta), el alineamiento vertical (perfil) y la sección transversal.

#### **Líneas generales**

Según él (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, DG-2018); El diseño geométrico es la parte más importante del proyecto de una carretera, estableciendo, con base en los condicionantes o factores existentes, la configuración geométrica definitiva del conjunto tridimensional que supone,

para satisfacer al máximo los objetivos fundamentales, es decir, la funcionalidad, la seguridad, la comodidad, la integración en su entorno, la armonía o estética, la economía y la elasticidad.

La funcionalidad vendrá determinada por el tipo de vía a proyectar y sus características, así como por el volumen y propiedades del tránsito, permitiendo una adecuada movilidad por el territorio a los usuarios y mercancías a través de una suficiente velocidad de operación del conjunto de la circulación.

La seguridad vial debe ser la premisa básica en cualquier diseño vial, inspirando todas las fases del mismo, hasta las mínimas facetas, reflejada principalmente en la simplicidad y uniformidad de los diseños.

La comodidad de los usuarios de los vehículos debe incrementarse en consonancia con la mejora general de la calidad de vida, disminuyendo las aceleraciones y, especialmente, sus variaciones que reducen la comodidad de los ocupantes de los vehículos. Todo ello ajustando las curvaturas de la geometría y sus transiciones a las velocidades de operación por las que optan los conductores a lo largo de los alineamientos.

La integración en su entorno debe procurar minimizar los impactos ambientales, teniendo en cuenta el uso y valores de los suelos afectados, siendo básica la mayor adaptación física posible a la topografía existente.

La armonía o estética de la obra resultante tiene dos posibles puntos de vista: el exterior o estático, relacionado con la adaptación paisajística, y el interior o dinámico vinculado con la comodidad visual del conductor ante las perspectivas cambiantes que se agolpan a sus pupilas y pueden llegar a provocar fatiga o distracción, motivo de peligrosidad. Hay que obtener un diseño geométrico conjunto que ofrezca al conductor un recorrido fácil y agradable, exento de sorpresas y desorientaciones.

La economía o el menor costo posible, tanto de la ejecución de la obra, como del mantenimiento y la explotación futura de la misma, alcanzando siempre una solución de compromiso con el resto de objetivos o criterios.

La elasticidad suficiente de la solución definitiva para prever posibles ampliaciones en el futuro.

### **Clasificación de carreteras**

Uno de los factores determinantes en el diseño de carreteras es, sin duda, la clasificación que obtienen de acuerdo con el máximo volumen vehicular que puedan contener en un periodo de tiempo en una sección de la carretera. Es decir, la cantidad máxima de vehículos que pasan por una sección de la carretera, en un periodo de tiempo, determinan indicadores que permiten clasificarla.

Dentro de los índices determinantes en la clasificación de la carretera, el más común y más usado es el Índice Medio Diario Anual (IMDA). El IMDA

es la cantidad promedio de vehículos que pasan por cierta sección de una carretera durante una hora, promediada en todos los días de un año, previsible al año fin de la vida útil de la carretera.

Por ejemplo, si el diseño de una carretera se realiza en el año 2015, el IMDA debe ser tal que muestre la realidad más probable a los 20 años de vida útil de la carretera, es decir, en el año 2035.

El Manual DG-2018, considera que la clasificación de las carreteras está en función de la demanda existente, así como se presenta en la tabla 8:

Tabla 8: Clasificación de la red vial

<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>IMDA VEHÍCULOS/ DÍA</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
Autopistas de primera clase	Mayor de 6000	Calzadas divididas por un separador central de 6.00m como mínimo, Calzada debe contar con dos carriles de 3.60 m de ancho como mínimo Superficie de rodadura pavimentada
Autopistas de segunda clase	Entre 6000 y 4001	Calzadas divididas por un separador central de entre 6.00m y 1.00 m. Calzada debe contar con dos carriles de 3.60 m de ancho como mínimo. Superficie de rodadura pavimentada
Carreteras de primera clase	Entre 4000 y 2001	Una calzada de dos carriles de 3.60 m de ancho como mínimo. Superficie de rodadura pavimentada
Carreteras de segunda clase	Entre 2000 y 400	Una calzada de dos carriles de 3.30 m de ancho como mínimo. Superficie de rodadura pavimentada
Carretera de tercera clase	Menores a 400	Una calzada de dos carriles de 3.00 m de ancho como mínimo, podrán tener carriles hasta de 2.50 m. Estas carreteras pueden funcionar con soluciones denominadas básicas o económicas
Trochas carrozable	Menores a 200	Una calzada de 4.00 m de ancho como mínimo. La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar

Fuente: Manual DG-2018, 12 - 13

Cabe recalcar que el Índice Medio Diario Anual (IMDA) viene a ser el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año previsible en 20 años, tiempo considerado como vida útil de la carretera proyectada. (Manual DG 2018).

Por otro lado, la clasificación de las carreteras en el Perú en función de la orografía predominante del terreno es de la siguiente manera como lo presenta la tabla 9:

Tabla 9: Clasificación de carreteras en el Perú

<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
Terreno Plano (Tipo 1)	Tiene pendientes transversales al eje de la vía, menores o iguales al 10%. Las pendientes longitudinales son menores al 3%
Terreno Ondulado (Tipo 2)	Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50%. Las pendientes longitudinales están entre 3% y 6%.
Terreno Accidentado (Tipo 3)	Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 51% y 100%. Las pendientes longitudinales están entre 6% y 8%.
Terreno Escarpado (Tipo 4)	Tiene pendientes transversales al eje de la vía superiores al 100%. Las pendientes longitudinales son mayores al 8%

Fuente: Manual DG-2018, 14

Es necesario especificar que el valor de la pendiente transversal al eje de vía es aquel valor más crítico entre todas las pendientes transversales significativas en el recorrido del eje de la carretera.

### **Vehículo de Diseño**

Las características físicas de los vehículos que transitan o que transitarán por la carretera a diseñar, así como sus dimensiones, serán

parámetros influyentes en la construcción geométrica de los diversos elementos de la carretera. Las características de los vehículos inciden de cierta forma en el diseño de curvas, sobreeanchos, curvas de transición, pendientes longitudinales de la rasante, etc.

Es necesario conocer que vehículo servirá como parámetro de diseño. No se toma en consideración todos los vehículos que transiten en una determinada vía, solo se toma en cuenta el vehículo más grande que vaya a usar la carretera proyectada. El vehículo de diseño o de proyecto es aquel vehículo hipotético, cuyo peso, dimensiones y características de operación son utilizados para establecer los lineamientos que guiarán el proyecto geométrico de las carreteras, calles e intersecciones tal que éstas puedan acomodar vehículos de este tipo. (BWC&C, 2010:9)

### **Velocidad de Diseño del tramo homogéneo**

Se define como la máxima velocidad con la que un tramo determinado de la carretera se puede mantener segura y cómoda, cuando prevalezcan las condiciones de diseño. Además, permite definir las características geométricas mínimas de todos los elementos del trazado en condiciones de comodidad y seguridad (Manual DG, 2018: 96).

Todos aquellos elementos geométricos de los alineamientos horizontal, de perfil y transversal, tales como radios mínimos, pendientes máximas, distancias de visibilidad, peraltes, anchos de carriles y bermas, sobreeanchos,

etc. dependen de la velocidad de diseño y varían con un cambio de ella. (BWC&C, 2010:8).

Para identificar los tramos homogéneos y establecer su velocidad de diseño, se debe atender a los siguientes criterios:

- La longitud mínima de un tramo de carretera, con una velocidad de diseño dada, debe ser de tres (3,0) kilómetros, para velocidades entre veinte y cincuenta kilómetros por hora (20 y 50 km/h) y de cuatro (4,0) kilómetros para velocidades entre sesenta y ciento veinte kilómetros por hora (60 y 120 km/h).
- La diferencia de la velocidad de diseño entre tramos adyacentes, no debe ser mayor a veinte kilómetros por hora (20 km/h).

La velocidad de diseño está definida en función de la clasificación por demanda u orografía de la carretera a diseñarse. A cada tramo homogéneo se le puede asignar la velocidad de diseño en el rango que se indica en la tabla 204.01, en nuestro caso, en el gráfico 1 (Manual DG – 2018,97).

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

Gráfico 1: Velocidad de diseño en un tramo homogéneo

## Distancias de Visibilidad

En cualquier lugar de la carretera el usuario tiene una visibilidad que depende de la forma, dimensiones y la disposición de los elementos del trazado. Para que las distintas maniobras puedan efectuarse de una forma se precisa de una visibilidad mínima que depende de la velocidad del vehículo y del tipo de maniobra. Se considera la visibilidad de parada y de adelantamiento. (BWC&C, 2010:10)

### Distancia de Visibilidad de Parada:

Es la distancia mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad de diseño, antes de que alcance un objeto inmóvil que se encuentra en su trayectoria.

Se considera obstáculo aquel de una altura igual o mayor a 0.15 m, estando situados los ojos del conductor a 1.15 m, sobre la rasante del eje de su pista de circulación. (BWC&C, 2010:10).

De acuerdo al Manual DG 2018, tabla 10, la distancia de visibilidad de parada se obtiene de dos maneras, de manera gráfica o empleando la ecuación. Es recomendable calcular la distancia de visibilidad de parada a partir de la fórmula presentada en el Manual, de modo que, al tener estos dos valores de longitud, con seguridad se escoge dicha distancia mínima. La

fórmula es la siguiente: 
$$D_p = \frac{v \cdot t_p}{3.6} + \frac{v^2}{254(f \pm i)}$$

Donde:

- $D_p$  = Distancia de parada
- $V$  = Velocidad
- $T_r$  = Tiempo de percepción – reacción
- $f$  = Coeficiente de fricción – Pavimento húmedo
- $l$  = Pendiente longitudinal (tanto por uno)
- $+i$  = Subida respecto al sentido de circulación
- $-i$  = Bajada respecto al sentido de circulación

Tabla 10: Velocidad de diseño en pendiente

Velocidad de distancia (Km/h)	Pendiente nula o en bajada				Pendiente en subida		
	0%	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	20	19	18	18
30	35	35	35	35	31	30	29
40	50	50	50	53	45	44	43
50	65	56	70	74	61	59	58
60	85	87	92	97	80	77	75
70	105	110	116	124	100	97	93
80	130	136	144	154	123	118	114
90	160	164	174	187	148	141	136
100	185	194	207	223	174	167	160
110	220	227	243	262	203	194	186
120	250	283	293	304	234	223	214
130	287	310	338	375	267	252	238

Fuente: Manual DG. 2018

### Distancia de Visibilidad de Adelantamiento:

Es la distancia mínima que debe estar disponible a fin de facultar al conductor del vehículo a sobrepasar a otro que se supone viaja a una velocidad 15 Kp/h menor, con comodidad y seguridad sin causar alteración en la velocidad de un tercer vehículo que viaja en sentido contrario a la velocidad directriz, y que se hace visible cuando se ha iniciado la maniobra de sobrepaso. (BWC&C, 2010:10)

El Manual peruano sugiere mínimas distancias de visibilidad que se obtienen del gráfico 2, de acuerdo con la velocidad de diseño.

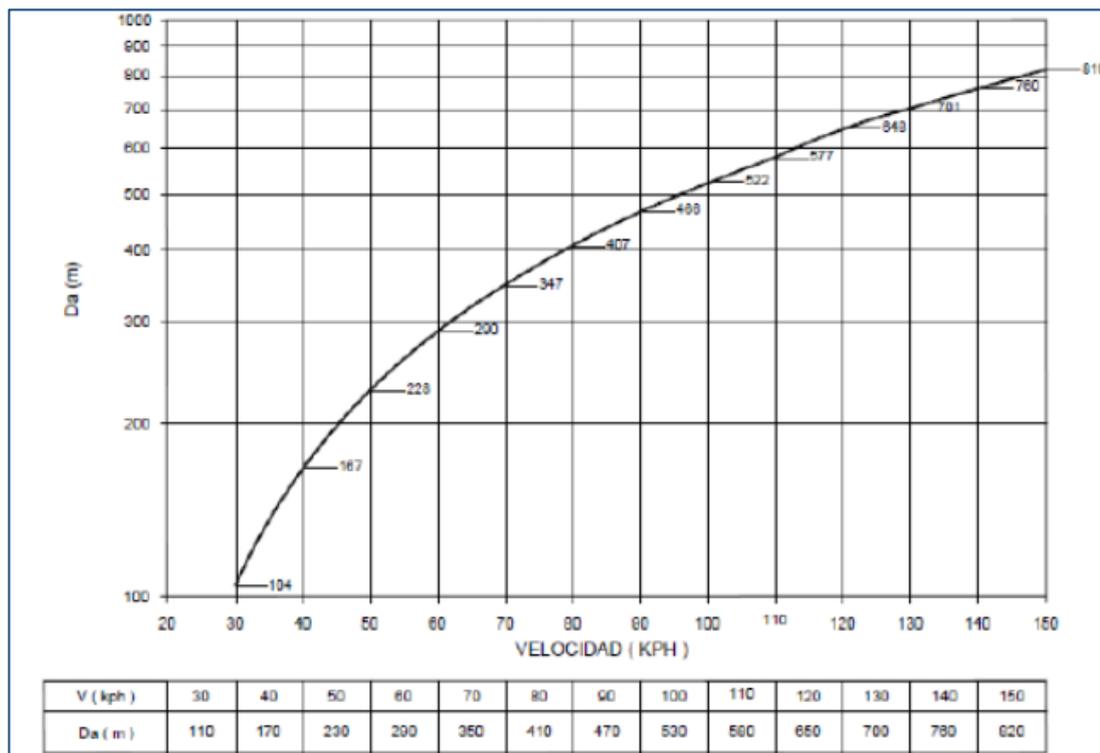


Gráfico 2: Distancia de velocidad de adelantamiento

Fuente: Manual DG. 2018, 110

## Alineamiento Horizontal

Un punto importante que considerar en relación con el alineamiento horizontal está en minimizar el impacto ambiental que pudiera generarse, preservando la flora, fauna y la geografía de la zona que atraviesa, así como también las propiedades privadas (Manual DG, 2018: 134).

## Radio mínimo

Son los menores radios que pueden recorrerse a la velocidad de diseño y a la tasa máxima de peralte, en condiciones aceptables de seguridad y comodidad.

De acuerdo al Manual DG-2018, 128, el valor del radio mínimo debe ser tal que:

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

Donde:

$R_{\min}$  = Radio mínimo absoluto (m)

$V$  = Velocidad de diseño (kph)

$P_{\max}$  = Peralte máximo asociado a  $V$  (en decimal)

$f_{\max}$  = Coeficiente de fricción transversal asociado a  $V$

### Coeficientes de fricción

Tabla 11: Coeficientes de fricción

Velocidad de diseño (kph)	$f_{\max}$
20	0.18
30	0.17
40	0.17
50	0.16
60	0.15

Fuente: Manual DG. 2018

### Peralte máximo

Tabla 12: Peralte máximo

Ubicación en la vía	$P_{\max}$
Área Urbana	4%
Área Rural (con peligro de hielo)	6%
Área Rural (plano u ondulado)	8%
Área Rural (accidentado o escarpado)	12%

Fuente: Manual DG. 2018

De las tablas 11 y 12, se observa que el radio mínimo tomará valores pequeños cuando el valor de la fricción máxima transversal sea bajo (implica

que la velocidad de diseño sea baja), y cuando la vía se ubique en zonas accidentadas o escarpadas. Se permite radios mínimos con valores altos cuando la velocidad de diseño es alta y cuando la vía se ubique en zonas más planas o urbanas.

### Coordinación entre curvas circulares

De acuerdo con el Manual DG-2018, la coordinación entre curvas circulares trata de que entre dos curvas consecutivas sin tangente intermedia o con tangente menor a 200 m de longitud, no puede existir una diferencia abrupta en los radios correspondientes.

La relación de radios de las curvas no sobrepasará los valores obtenidos a partir de las Figuras 302.06 y 302.07 del Manual, en nuestro caso gráficos 3 y 4 (Manual DG-2018,134).

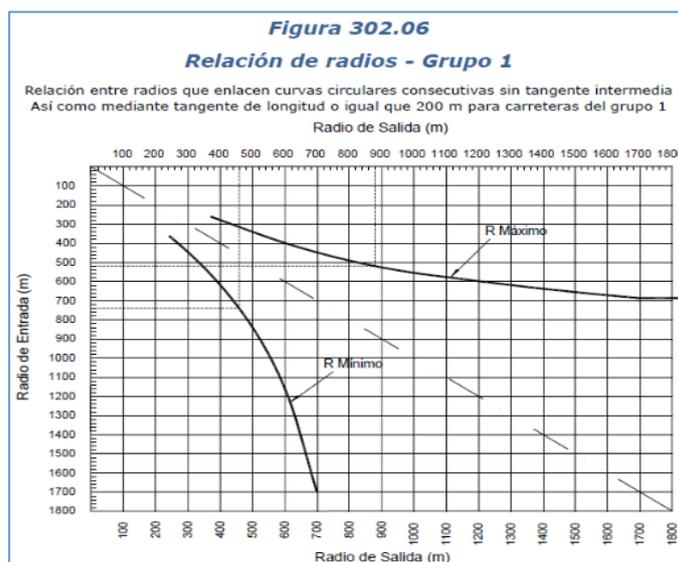


Gráfico 3: Relación de radios - grupo 1

Fuente: Manual DG. 2018

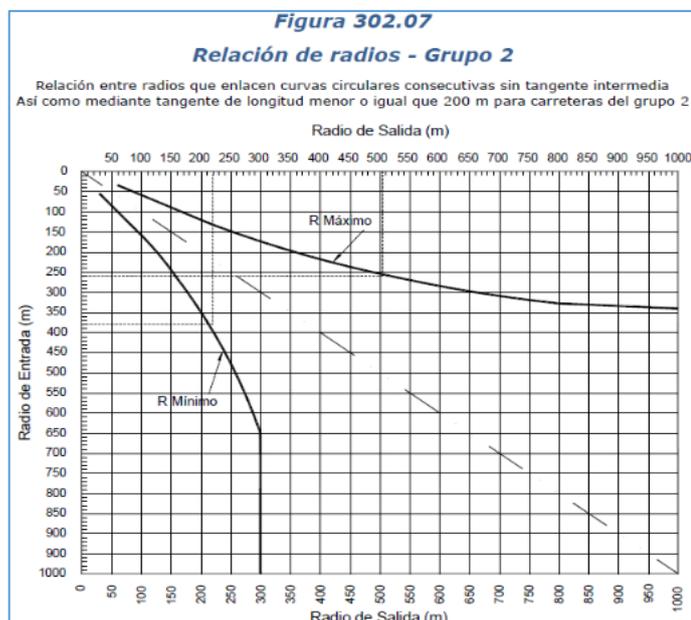


Gráfico 4: Relación de radios - grupo 2

Fuente: Manual DG. 2018

Los gráficos 4 y 5 muestran que, por ejemplo, para una carretera de tercera clase, con un radio de entrada de 300 m, el mínimo radio de la siguiente curva debe ser 175m, y como máximo 650 m. Esto sólo se aplica si no existe tangente entre ambas curvas o si la tangente tiene longitud menor a 200 m.

### **Peralte de curvas**

Se denomina peralte a la pendiente transversal de la plataforma que ocurre en las curvas de una carretera. Esto con el fin de contrarrestar la fuerza centrífuga que impele al vehículo hacia el exterior de la curva. (CIVIL CONSULTING & CADEXPRESS, 2016:1).

La norma peruana presenta, en diversos gráficos, la variación del peralte respecto al radio asignado a las curvas del trazo diseñado. En cada caso se establece valores de peralte máximo dependen de la orografía o de las características climatológicas.

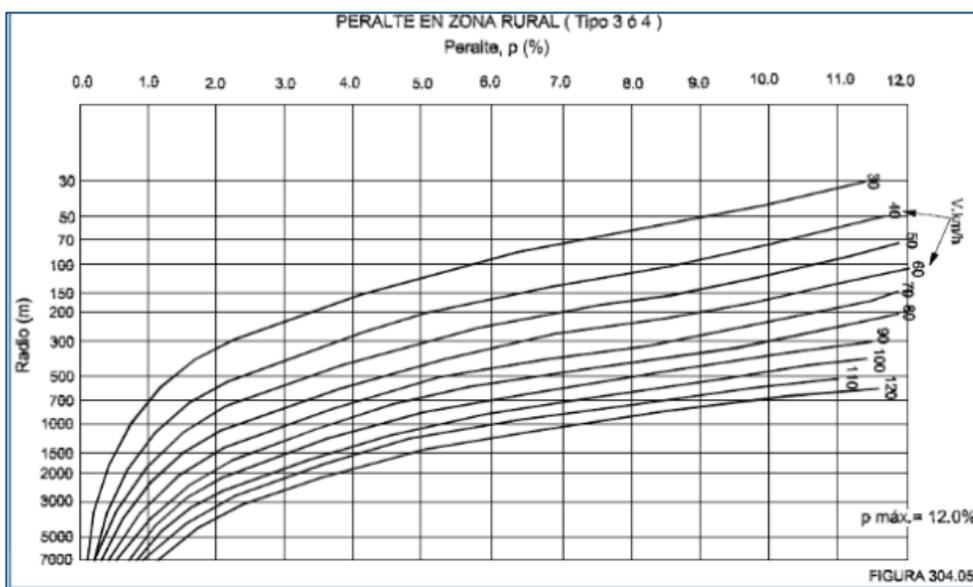


Gráfico 5: Peralte en zona rural

Fuente: Manual DG. 2018

En el gráfico 5, se observa una variación no lineal del peralte con respecto al radio de la curva para cada velocidad de diseño. El valor de peralte máximo vendría a ser 12%, al tratarse de una zona rural (con orografía accidentada o escarpada).

Se aprecia que a medida que los radios de las curvas circulares toman valores más grandes, el peralte correspondiente se va haciendo más pequeño. Esto se explica por la relación entre el radio de giro y la fuerza centrípeta; mientras mayor sea el radio, menor será la fuerza que impulsa al

vehículo a salir de la curva, y esto se traduce en reducir la inclinación transversal de la calzada.

Por otro lado, la inclinación transversal de la calzada se da en forma gradual a medida que se recorre la curva circular. Es decir, el peralte va incrementándose desde un punto en el tramo tangente hasta el punto donde toma su valor máximo. A este desarrollo gradual se le conoce como transición de peralte.

La longitud de transición del peralte  $L_{tp}$  en una curva circular, empieza a desarrollarse antes del inicio de curva y llega a su máximo valor un poco después del inicio de curva. Según la norma una vez alcanzado el peralte total, este debe mantenerse en la curva en una extensión  $V/3.6$  metros. De preferencia evitar este valor que es demasiado pequeño. (CIVIL CONSULTING & CADEXPRESS, 2016:7).

### **Curva Horizontal**

Las curvas horizontales son un elemento esencial en el diseño geométrico de carreteras, diferentes estudios han demostrado que un gran porcentaje de los accidentes que se pueden llegar a presentar dentro de una carretera ocurren dentro de este tipo de elemento (Ibrahim, 2011; L. Richl & Sayed, 2006). La actual práctica de diseño implica la selección del radio de curvatura, que está en función de la velocidad de diseño y del peralte que

requiere la curva horizontal para garantizar la estabilidad del vehículo dentro de la curva.

El diseño geométrico en planta o alineamiento horizontal, está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares y de grado de curvatura variable, que permiten una transición suave al pasar de alineamientos rectos a curvas circulares o viceversa o también entre dos curvas circulares de curvatura diferente. Las curvas horizontales circulares simples son arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tangentes consecutivas, conformando la proyección horizontal de las curvas reales o espaciales.

#### **Elementos de la curva circular.**

Los elementos y nomenclatura de las curvas horizontales circulares que a continuación se indican, gráfico 6, deben ser utilizadas sin ninguna modificación y son los siguientes:

P.C: Punto de inicio de la curva

P.I: Punto de Intersección de 2 alineaciones consecutivas

P.T: Punto de tangencia

E: Distancia a externa (m)

M: Distancia de la ordenada media (m)

R: Longitud del radio de la curva (m)

T: Longitud de la subtangente (P.C a P.I. y P.I. a P.T.) (m)

L: Longitud de la curva (m)

L.C: Longitud de la cuerda (m)

$\Delta$ : Ángulo de deflexión ( $^{\circ}$ )

p: Peralte; valor máximo de la inclinación transversal de la calzada, asociado al diseño de la curva (%)

Sa: Sobrancho que pueden requerir las curvas para compensar el aumento de espacio lateral que experimentan los vehículos al describir la curva (m)

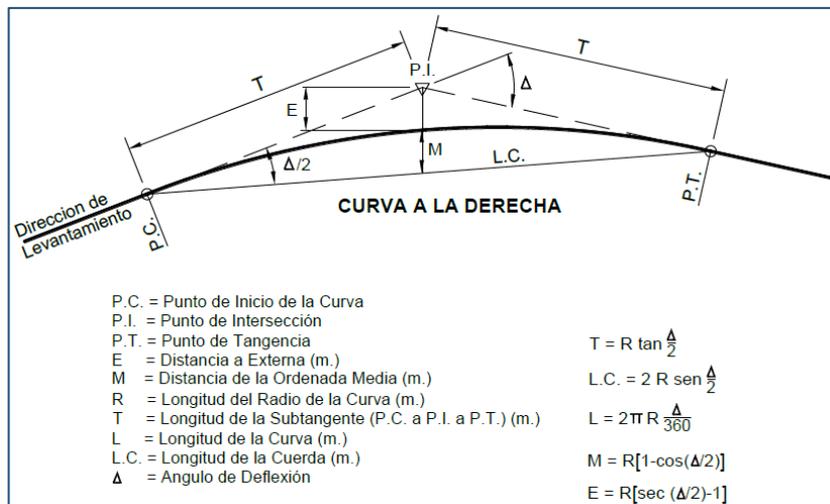


Gráfico 6: Elementos de una curva circular

Fuente: Manual DG. 2018

### Curvas de transición

Las curvas de transición, gráfico 7, son espirales que tienen por objeto evitar las discontinuidades en la curvatura del trazo, por lo que, en su diseño deberán ofrecer las mismas condiciones de seguridad, comodidad y estética que el resto de los elementos del trazo.

Con tal finalidad y a fin de pasar de la sección transversal con bombeo (correspondiente a los tramos en tangente), a la sección de los tramos en curva provistos de peralte y sobre ancho, es necesario intercalar un elemento de diseño, con una longitud en la que se realice el cambio gradual, a la que se conoce con el nombre de longitud de transición.

Se adoptará en todos los casos, la clotoide como curva de transición la ecuación de la clotoide (Euler) está dada por:

$$RL = A^2$$

Dónde:

R = Radio de curvatura en un punto cualquiera.

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

A = Parámetro de la clotoide, característico de la misma.

En el punto de origen, cuando  $L = 0$ ,  $R = \infty$ , y a su vez, cuando  $L = \infty$ ,  $R = 0$

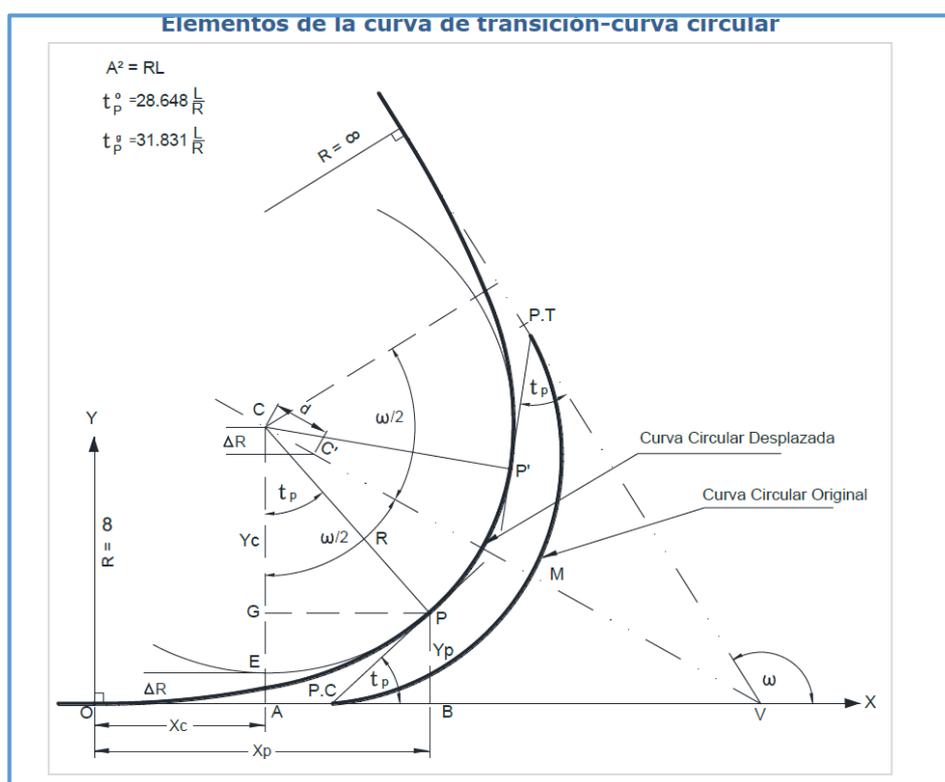


Gráfico 7: Elementos de una curva de transición - curva circular

Fuente: Manual DG. 2018

### Curvas compuestas

Consisten en dos o más curvas simples de diferente radio, orientadas en la misma dirección, y dispuestas una a continuación de la otra.

En general, se evitará el empleo de curvas compuestas, tratando de reemplazarlas por una sola curva. Esta limitación será especialmente observada en el caso de carreteras de Tercera Clase.

En el caso de usar una curva compuesta de tres centros denominada policéntrica, deberán respetarse las siguientes condiciones:

El radio de una de las curvas no será mayor de 1.5 veces el radio de la otra. Para una sucesión de curvas de radio decreciente cada curva debe ser de longitud suficiente para permitir una desaceleración gradual, como lo muestra el gráfico 8.

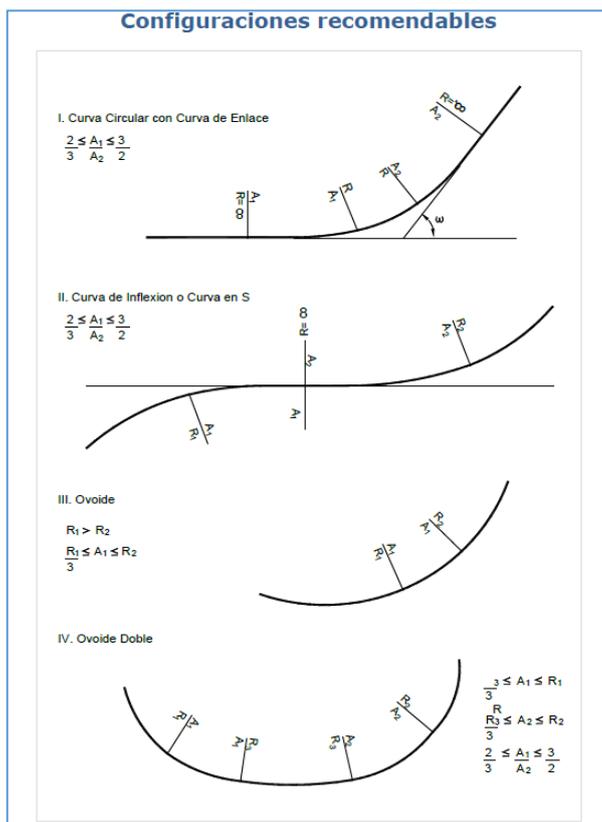


Gráfico 8: Curvas compuestas

Fuente: Manual DG. 2018

### a) Curva circular con curva de transición.

Los parámetros A1 y A2 son normalmente iguales o lo más parecidos posible y no superará el rango señalado en el gráfico 8.

Cuanto más larga sea la recta asociada y más ancha la calzada, mayor debe ser el parámetro, pero siempre  $A < R$ . En el caso en que:  $w < t_1 + t_2$ , no existe solución de transición entre las clotoides correspondientes y el radio circular elegido. En estos casos  $w$  corresponde a una deflexión moderada asociada a un radio amplio respecto de la velocidad de diseño, que, generalmente no requiere de curva de transición, en todo caso para encontrar una solución manteniendo la deflexión será necesario aumentar el radio.

### b) Curva de inflexión o curva en “S”

Podrá o no existir un tramo en tangente entre las clotoides de parámetros A1 y A2, los cuales deberán cumplir con las normas generales respecto de la velocidad de diseño y radio enlazado, pudiendo ser iguales o del mismo orden de magnitud, respetando la relación indicada.

A falta de espacio o dificultad para conseguir una tangencia exacta en el punto de radio infinito, se puede aceptar una leve longitud de traslape de las clotoides, o la generación de un tramo en tangente de ajuste. La longitud de traslape o ajuste no deberá superar:

$$\Delta L(m) = 0.05 \frac{A_1 + A_2}{2}$$

### **c) Ovoide**

Constituye la solución adecuada para enlazar dos curvas circulares del mismo sentido muy próximas entre sí. Para poder aplicar esta configuración es necesario que uno de los círculos sea interior al otro y que no sean concéntricos.

Deberán respetarse las relaciones entre parámetros y radio consignados. La transición de peralte se dará en la clotoide de transición.

### **d) Ovoide Doble**

Si las curvas circulares de igual sentido se cortan o son exteriores, deberán recurrir a un círculo auxiliar "R3", dando origen a un doble ovoide para alcanzar la solución deseada.

## **1.11.5 Señales de tránsito**

### **Señales de Tránsito Verticales**

Las señales existentes en todo el recorrido de una carretera tienen tres principales propósitos: regular, prevenir, informar.

#### **Señales reglamentarias:**

Tienen por objeto notificar a los usuarios, las limitaciones, restricciones, prohibiciones y/o autorizaciones existentes que gobiernan el uso de la vía y cuyo incumplimiento constituye una violación a las disposiciones contenidas en el reglamento vigente. (MDCTACC, 2016: 25)

**Señales preventivas:**

Su propósito es advertir a los usuarios sobre la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal. Estas señales ayudan a los conductores a tomar las precauciones del caso, por ejemplo, reduciendo la velocidad o realizando maniobras necesarias para su propia seguridad, la de otros vehículos y de los peatones. (MDCTACC, 2016: 32)

**Señales informativas:**

Tienen la función de informar a los usuarios, sobre los principales puntos notables, lugares de interés turístico, arqueológicos e históricos existentes en la vía y su área de influencia y orientarlos y/o guiarlos para llegar a sus destinos y a los principales servicios generales, en la forma más directa posible. De ser necesario las indicadas señales se complementarán con señales preventivas y/o reguladoras. (MDCTACC, 2016: 41)

**Señales de Tránsito Horizontales**

De acuerdo al MDCTACC 2016, los dispositivos que se emplean como señalización horizontal se clasifican en 3 grupos. El primer grupo corresponde a las marcas en el pavimento. El segundo corresponde a los dispositivos o marcas elevadas en el pavimento, que son señales complementarias al primer grupo.

Y el tercero, correspondiente a las barreras de seguridad, cuyo uso se basa en la Directiva N°007-2008-MTC/02 – Sistema de Contención de Vehículos tipo Barreras de Seguridad.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **2.1 Tipo y nivel de investigación.**

De acuerdo a la estrategia que la investigadora otorga a la presente investigación la misma es de nivel descriptiva, de tipo aplicada y constituye una investigación de campo.

Su nivel es descriptivo, ya que en base a la información que se recopiló mediante la ubicación de las curvas horizontales y la accidentabilidad vehicular, en las rutas seleccionadas, se detallaron la relación que posee con la incidencia de la accidentabilidad en las mismas. Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014. 92).

Del mismo modo, se encuentra dentro de los tipos de investigación aplicadas, ya que tiene como objeto principal, abarcar el estudio de un problema destinado a la acción, aportando hechos que permitan la obtención de información útil para recomendar las medidas correctivas

correspondientes. La Investigación aplicada es utilizar los conocimientos obtenidos en las investigaciones en la práctica, y con ello traer beneficios a la sociedad. En este tipo están comprendidos la mayoría de las investigaciones en la ingeniería civil. (Rojas F. 2015).

El presente estudio es de tipo aplicada, puesto que se ha evaluado los tramos de concentración de accidentes de tránsito de acuerdo a las normas vigentes y conocimientos obtenidos durante la formación profesional, con lo cual se propone estrategias y acciones de mejora para prevenir los mismos, con ello traer beneficio a la sociedad.

Por ese motivo, también se considera un estudio de campo al valerse de métodos, que tienen como finalidad la recopilación y el registro ordenado de datos relevantes en el objeto de estudio para su posterior análisis.

## **2.2. Diseño de la investigación**

Diseño plan o estrategia que se desarrolla para obtener la información que se requiere en una investigación y responder al planteamiento.

Por otro lado, se encuentra estructurada dentro de los tipos de diseño no experimental, debido a que no involucrará el control o la manipulación de las variables de estudio, sino que solamente se limitará a realizar las mediciones del estado actual, analizar sus relaciones y proponer las mejoras del caso.

La investigación no experimental es un estudio que se realiza sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014. 152),

Ahora bien, es transversal porque se recolectaron los datos en un solo momento y en un tiempo único.

Su propósito fue describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

## **2.3 Técnicas de recolección y tratamiento de datos**

### **Fuentes técnicas e instrumento de recolección de datos**

#### **Recolección de información de accidentalidad.**

Por medio de la información proporcionada por el conservador vial que está a cargo de la vía nacional, se obtuvo el historial de accidentabilidad de vía estudiada en los años 2016 y 2018; con esta información se creó una base de datos que posteriormente fue analizada y organizada detalladamente para poder realizar los análisis de accidentabilidad necesarios y determinar los tramos de concentración de accidentes.

#### **Visita de campo**

Por medio de la visita de campo y el recorrido minucioso de la vía, se localizaron los registros de accidentabilidad obtenidos a lo largo de la vía de

estudio; facilitando así el análisis relacionando la curva horizontal con cada evento ocurrido.

### **Procesamiento y presentación de datos**

La información introducida en los formatos que se realizaron:

- Número de ruta
- Sección de la carretera principal identificación del lugar y el Km
- Descripción del punto en cuanto a diseño geométrico
- Descripción de obstáculos en la vía.
- Registro Fotográfico

Finalmente:

- Análisis de características geométricas y de tránsito.

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS

#### 3.1 Descripción de la vía de estudio

##### 3.1.1 Datos generales

El área de estudio de la presente investigación fue en la carretera nacional ruta PE – 5N Aguaytía km. 403+822 – Von Humboldt km. 328+422 del departamento de Ucayali, como se indica en el gráfico 9.



Gráfico 9: Mapa del área de estudio

Fuente: Elaboración propia

#### Resultados obtenidos

Habiéndose efectuado en gabinete la consolidación y consistencia de la información recogida de los conteos, se han obtenido resultados de los volúmenes de tráfico para cada día.

En los siguientes apartados se muestran los cuadros de los conteos de tráfico diarios, las variaciones horarias vehiculares por sentido de circulación y la clasificación horaria y total para cada día de la semana por cada estación de estudio.

### **Estudio volumétrico**

El estudio volumétrico comprende la determinación de las características actuales del tráfico, estas características varían a lo largo de la carretera existiendo tramos con características más o menos iguales a los cuales llamamos tramos homogéneos.

### **Tramos homogéneos y estaciones de control**

Para nuestro estudio fue necesario realizar un seccionamiento, lo que nos facilitara determinar la tasa de crecimiento que se ha generado y los IMDA respectivos.

Como se observa en la tabla 13 y en el gráfico 10, se establecieron dos Estaciones de Aforo. Así mismo lo podemos visualizar en las fotografías de cada una de las estaciones: Von Humboldt y Aguaytia.

Tabla 13: Tramos homogéneos y estaciones de control

<b>Nº</b>	<b>RUTA</b>	<b>TRAMO</b>	<b>ESTACIÓN</b>
1	PE – 5N	Aguaytía – San Alejandro	Aguaytía
2	PE – 5N Y PE -18C	San Alejandro – Neshuya	Von Humboldt

Fuentes: Elaboración propia



Gráfico 10: Estaciones de aforo del estudio

Fuente: Elaboración propia



Foto 1: Estación Von Humboldt

Fuente: Elaboración propia



Foto 2: Estación Aguaytia

Fuente: Elaboración propia

### **Características generales del conteo**

- De acuerdo a los requerimientos del estudio y en función al seccionamiento efectuado, se realizaron los conteos volumétricos de tráfico que corresponden a la información que permite establecer el IMDA del tráfico para el año base del estudio.
- Los conteos volumétricos de tráfico se efectuaron entre las 00:00 y 24:00 horas de cada día, registrándose todo vehículo que cruzase la estación, por sentido y en forma discriminada por tipo de vehículo.

- Los conteos se efectuaron en forma continua entre el día lunes al domingo durante una semana, las 24 horas del día. Los trabajos de conteo vehicular se iniciaron el lunes 11 de Abril del 2016.
- Los conteos vehiculares fueron cerrados cada hora, con el objetivo de evaluar posibles intensidades de flujo extraordinarios.
- La clasificación vehicular utilizada fue la siguiente (tabla 14):

Tabla 14: Clasificación vehicular

<b>CLASIFICACIÓN VEHICULAR</b>	
Autos	Micro
Station vagon	Bus
Pick up	Camión
Panel	Semitrayler
Camioneta rural	Trayler

Fuente: Elaboración propia

### **Metodología de conteo**

El objetivo de un conteo vehicular es conocer el volumen medio diario anual (IMDA) de cada tipo de vehículo que circula a nivel de un tramo determinado válido en el período de un año, establecido a partir del censo volumétrico con clasificación de una muestra vehicular en una Estación de Control.

Para la elaboración de informe de Estudio de Trafico es necesario, por lo tanto, contar con la información de campo que nos va a permitir efectuar los trabajos de gabinete, para luego llevar a cabo el análisis de los resultados, estableciéndose así las siguientes etapas:

## **Recopilación de información**

La información básica para la elaboración del Estudio procede de dos fuentes diferentes: Referenciales y Directas.

- a) Fuentes Referenciales: Existentes a nivel Oficial, son las referidas respecto a la Información del IMD y Factores de Corrección existentes en los documentos oficiales del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (Unidades de Peaje más cercanas al área del Estudio).
- b) Fuentes Directas: Recopilación de la información en campo a través de conteos vehiculares.

El trabajo de gabinete consistió en la elaboración de los formatos para el aforo vehicular, a ser utilizados en las estaciones de control.

El formato de conteo vehicular considera la toma de información correspondiente al nombre de la Estación de Control, la hora, y fecha del conteo para cada tipo de vehículo según ejes y características técnicas del vehículo.

## **Ubicación de peajes de control**

En la carretera Federico Basadre no existe ninguna Unidad de Peaje activa, por lo que fue necesario buscar una Unidad de Peaje con patrón estacional similar al que se puede encontrar en la carretera en estudio. Después de analizar varias alternativas se optó por la Unidad de Peaje de

Ambo ubicada en la carretera central Lima - Huánuco, en donde las épocas de cosecha y festivas son similares a la carretera en estudio.



Foto 3: Peaje Ambo



Foto 4: Peaje Ambo - Letrero

## Flujo vehicular unidad de peaje de Ambo

Tabla 15: Flujo vehicular en la unidad de peaje de Ambo

MES	AÑO		
	2016	2017	2018
Enero		88,714	83,435
Febrero		77,332	79,285
Marzo		78,222	80,254
Abril		84,446	85,623
Mayo		87,848	89,762
Junio		83,958	84,987
Julio		91,443	93,687
Agosto		91,831	93,024
Septiembre	81,671	85,759	85,978
Octubre	85,536	89,494	88,965
Noviembre	84,291	86,450	87,496
Diciembre	93,004	96,947	97,681
<b>TOTAL</b>	<b>344,502</b>	<b>1,042,444</b>	<b>1,050,177</b>

<sup>1</sup>Fuente: Elaboración propia con reportes de la unidad de peaje Ambo, registrados por el INEI

---

<sup>1</sup> Por R.D.N°553-2016-MTC/20 del 08 de setiembre de 2016, se autoriza la reapertura de la unidad de peaje de Ambo (Huánuco).

## Estación Aguaytia

Tabla 16: Resumen de conteo vehicular - Estación Aguaytia

DÍA	SENTIDO	TIPO DE VEHÍCULO - AGUYATIA														TOTAL	
		AUTO	CAMIONETA	COMBI	OMNIBUS		CAMIÓN		SEMITRAYLER				TRAYLER				
		AU	CM	CB	B2	B3	C2	C3	T252	T253	T352	T353	C2R2	C2R3	C3R3		C3R3
LUNES	Aguaytia	484	148	62	19	23	54	72	11	9	0	122	0	7	14	18	1043
	V.H.	418	177	47	22	29	63	69	3	5	1	189	0	2	15	21	1061
	AMBOS	902	325	109	41	52	117	141	14	14	1	311	0	9	29	39	2104
MARTES	Aguaytia	327	106	45	14	18	83	90	0	5	0	160	1	0	1	17	867
	V.H.	287	103	41	15	19	71	76	0	7	0	164	2	0	0	16	801
	AMBOS	614	209	86	29	37	154	166	0	12	0	324	3	0	1	33	1668
MIÉRCOLES	Aguaytia	364	135	51	12	18	83	88	4	0	0	195	0	2	0	22	974
	V.H.	320	147	46	14	21	62	66	1	0	0	169	0	4	0	19	869
	AMBOS	684	282	97	26	39	145	154	5	0	0	364	0	6	0	41	1843
JUEVES	Aguaytia	407	160	62	18	23	86	71	6	3	2	179	0	8	1	5	1031
	V.H.	424	197	68	10	14	81	62	3	0	1	162	0	5	2	15	1044
	AMBOS	831	357	130	28	37	167	133	9	3	3	341	0	13	3	20	2075
VIERNES	Aguaytia	485	172	84	14	24	71	58	0	4	0	198	0	1	1	9	1121
	V.H.	439	146	76	12	26	54	59	0	1	0	190	0	0	0	11	1014
	AMBOS	924	318	160	26	50	125	117	0	5	0	388	0	1	1	20	2135
SÁBADO	Aguaytia	495	154	85	17	29	86	25	3	5	0	312	3	0	1	8	1223
	V.H.	445	143	63	18	26	70	54	1	0	0	315	5	0	0	13	1153
	AMBOS	940	297	148	35	55	156	79	4	5	0	627	8	0	1	21	2376
DOMINGO	Aguaytia	413	133	48	19	24	64	84	0	6	0	203	0	3	0	11	1008
	V.H.	367	155	52	20	30	51	11	0	3	0	215	0	5	1	12	1022
	AMBOS	780	288	100	39	54	115	195	0	9	0	418	0	8	1	23	2030

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17: Factor de corrección diaria

VARIACIÓN DIARIA		
Día	Volumen por Día	Factor de Corrección
LUNES	2104	0.966254753
MARTES	1668	1.21882494
MIÉRCOLES	1843	1.103092784
JUEVES	2075	0.979759036
VIERNES	2135	0.952224824
SÁBADO	2376	0.855639731
DOMINGO	2030	1.001477833
<b>PROMEDIO</b>	<b>2033</b>	<b>1</b>

Fuente: Elaboración propia

A continuación, podemos apreciar en la tabla N° 17 el factor de corrección diario, este se calcula relacionando el volumen promedio diario con el volumen de cada día.

Tabla 18: Volumen promedio de la semana

IMDS	SENTIDO	TIPO DE VEHÍCULO – AGUAYTIA														TOTAL	
		AUTO	CAMIONETA	COMBI	OMNIBUS		CAMIÓN		SEMITRAYLER				TRAYLER				
		AU	CM	CB	B2	B3	C2	C3	T252	T253	T352	T353	C2R2	C2R3	C3R3		C3R3
AGUAYTIA	425	144	62	16	23	75	70	3	5	0	196	1	3	3	13	1038	
VH	386	153	56	16	24	65	57	1	2	0	201	1	2	3	15	995	
AMBOS	811	297	119	32	46	140	141	5	7	1	396	2	5	5	28	2033	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19: Índice medio diario anual

IMDS . FCE FCE=1.0647	SENTIDO	TIPO DE VEHÍCULO – AGUAYTIA														TOTAL	
		AUTO	CAMIONETA	COMBI	OMNIBUS		CAMIÓN		SEMITRAYLER				TRAYLER				
		AU	CM	CB	B2	B3	C2	C3	T252	T253	T352	T353	C2R2	C2R3	C3R3		C3R3
AGUAYTIA	452	153	66	17	24	80	74	4	5	0	208	1	3	3	14	1105	
V.H.	411	162	60	17	25	69	60	1	2	0	214	1	2	3	16	1059	

	AMBOS	863	316	126	34	49	149	150	5	7	1	422	2	6	5	30	2165
--	-------	-----	-----	-----	----	----	-----	-----	---	---	---	-----	---	---	---	----	------

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 18, se muestra el volumen clasificado promedio de la semana IMDs, luego se presenta la tabla 19, con los IMDA, producto de la multiplicación de los IMDs con el Factor de corrección Estacional (FCE = 1.0647)

Tabla 20: Clasificación vehicular promedio

DISTRIBUCIÓN DEL TRAFICO		
TIPO DE VEHÍCULO	TOTAL	%
LIGEROS	1305	60.30%
BUS	83	3.85%
CAMIÓN	299	13.80%
SEMITRAYLER	435	20.08%
TRAYLER	43	1.97%
<b>TOTAL</b>	<b>2165</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración propia

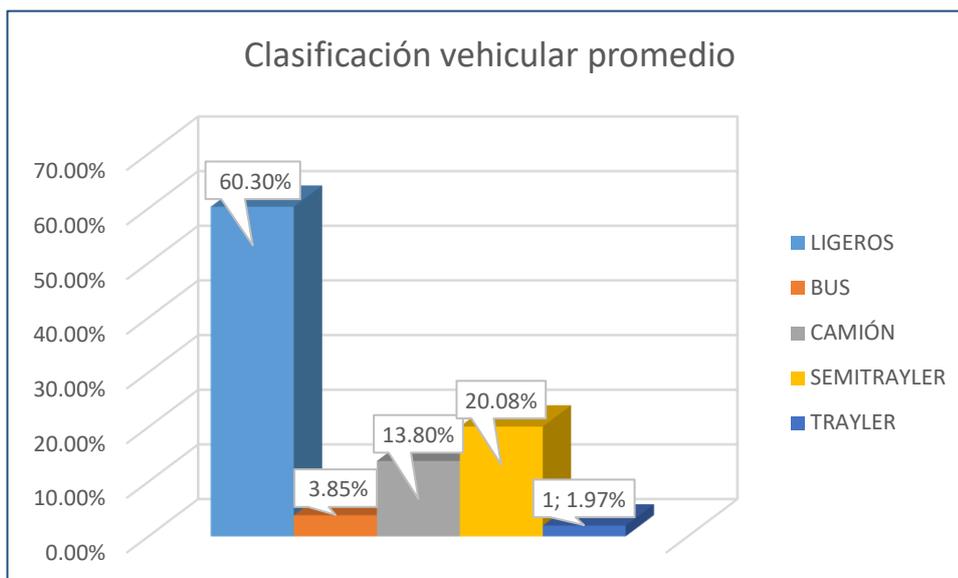


Gráfico 11: Clasificación vehicular promedio

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 20 y en el gráfico 11, el tráfico está dominado por 3 tipos de vehículos principales, los Ligeros con 60.30% seguido por Semitrayer con 20.08% y Camiones con un 13.80%.

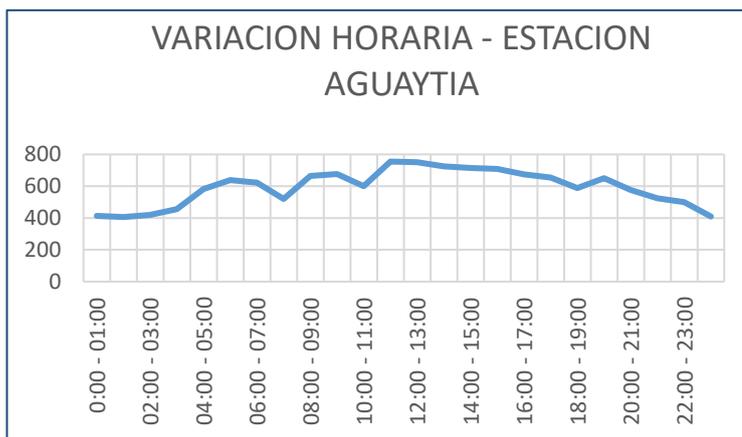


Gráfico 12: Variación horaria - Estación Aguaytia

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 12 mostramos como el volumen horario empieza a incrementarse entre las 4:00 – 5:00, y a disminuir desde 20:00 – 21:00, la hora punta se presenta de 11:00 – 13:00.



Gráfico 13: Variación diaria - Estación Aguaytia

Fuente: Elaboración propia

Según los datos del gráfico 13, el mayor volumen de tráfico se presenta el día SABADO con 2,376 vehículos y el menor los días MARTES con 1,668 vehículos.

## Estación Von Humboldt

Tabla 21: Resumen de conteo vehicular Von Humboldt

DÍA	SENTIDO	TIPO DE VEHÍCULO – VON HUMBOLDT														TOTAL	
		AUTO	CAMIONETA	COMBI	OMNIBUS		CAMIÓN		SEMITRAYLER				TRAYLER				
		AU	CM	CB	B2	B3	C2	C3	T252	T253	T352	T353	C2R2	C2R3	C3R3		C3R3
LUNES	Aguaytia	239	104	46	13	18	57	183	1	8	0	97	1	0	6	5	778
	V.H.	235	100	37	12	23	53	181	4	5	0	130	2	0	3	9	794
	AMBOS	474	204	83	25	41	110	364	5	13	0	227	3	0	9	14	1572
MARTES	Aguaytia	234	114	46	9	23	71	113	2	6	0	118	0	1	3	6	746
	V.H.	248	98	53	10	16	65	118	2	9	0	85	1	2	1	6	714
	AMBOS	482	212	99	19	39	136	231	4	15	0	203	1	3	4	12	1460
MIÉRCOLES	Aguaytia	211	93	21	9	16	58	149	2	8	0	108	2	0	2	6	685
	V.H.	211	96	23	12	21	63	136	1	5	0	111	1	1	3	8	692
	AMBOS	422	189	44	21	37	121	285	3	13	0	219	3	1	5	14	1377
JUEVES	Aguaytia	235	118	40	11	21	56	170	1	8	0	115	2	0	1	8	786
	V.H.	245	110	39	13	19	53	174	2	6	1	149	1	0	6	10	818
	AMBOS	480	218	79	24	40	109	344	3	14	1	264	3	0	7	18	1604
VIERNES	Aguaytia	241	104	44	10	16	68	191	0	15	0	130	0	3	3	13	838
	V.H.	270	67	44	11	21	68	224	0	8	0	139	0	0	5	8	865
	AMBOS	511	171	88	21	37	136	415	0	23	0	269	0	3	8	21	1703
SÁBADO	Aguaytia	257	105	50	14	20	47	156	1	8	0	163	2	1	1	11	836
	V.H.	237	88	41	14	19	57	100	1	3	6	124	1	3	3	6	703
	AMBOS	494	193	91	28	39	104	256	2	11	6	287	3	4	4	17	1539
DOMINGO	Aguaytia	290	64	77	22	19	50	97	3	2	1	81	1	5	5	5	717
	V.H.	225	81	66	21	18	47	102	1	11	0	164	1	3	3	4	744
	AMBOS	515	145	143	43	37	97	199	4	13	1	245	2	8	8	9	1461

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22: Factor de corrección diaria VH

<b>VARIACIÓN DIARIA</b>		
<b>Día</b>	<b>Volumen por Día</b>	<b>Factor de Corrección</b>
LUNES	1572	0.973827699
MARTES	1460	1.04853229
MIÉRCOLES	1377	1.111733582
JUEVES	1604	0.954399715
VIERNES	1703	0.898917876
SÁBADO	1539	0.994708995
DOMINGO	1461	1.047814608
<b>PROMEDIO</b>	<b>1531</b>	<b>1</b>

Fuente: Elaboración propia

A continuación podemos apreciar en la tabla 22 el factor de corrección diario, este se calcula relacionando el volumen promedio diario con el volumen de cada día.

Tabla 23: Volumen promedio de la semana VH

IMDS	SENTIDO	TIPO DE VEHÍCULO – VON HUMBOLDT														TOTAL	
		AUTO	CAMIONETA	COMBI	OMNIBUS		CAMIÓN		SEMITRAYLER				TRAYLER				
		AU	CM	CB	B2	B3	C2	C3	T252	T253	T352	T353	C2R2	C2R3	C3R3		C3R3
	AGUAYTIA	244	100	46	13	19	58	151	1	8	0	116	1	1	3	8	769
	V.H.	239	91	43	13	20	58	148	2	7	1	129	1	1	3	7	761
	AMBOS	483	190	90	26	39	116	299	3	15	1	245	2	3	6	15	1531

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24: Índice medio diario anual VH

IMDS - FCE FCE=1.0647	SENTIDO	TIPO DE VEHÍCULO – VON HUMBOLDT														TOTAL	
		AUTO	CAMIONETA	COMBI	OMNIBUS		CAMIÓN		SEMITRAYLER				TRAYLER				
		AU	CM	CB	B2	B3	C2	C3	T252	T253	T352	T353	C2R2	C2R3	C3R3		C3R3
	AGUAYTIA	260	107	49	13	20	62	161	2	8	0	124	1	2	3	8	819
	V.H.	254	97	46	14	21	62	157	2	7	1	137	1	1	4	8	811

	AMBOS	514	203	95	28	41	124	318	3	16	1	261	2	3	7	16	1630
--	-------	-----	-----	----	----	----	-----	-----	---	----	---	-----	---	---	---	----	------

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 23, se muestra el volumen clasificado promedio de la semana IMDs, luego se presenta la tabla 24 con los IMDA, producto de la multiplicación de los IMDs con el Factor de corrección Estacional (FCE = 1.0647)

Tabla 25: Clasificación vehicular promedio

<b>DISTRIBUCIÓN DEL TRAFICO</b>		
<b>TIPO DE VEHÍCULO</b>	<b>TOTAL</b>	<b>%</b>
LIGEROS	812	49.80%
BUS	69	4.21%
CAMIÓN	442	27.13%
SEMITRAYLER	281	17.22%
TRAYLER	27	1.64%
<b>TOTAL</b>	<b>1630</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración propia

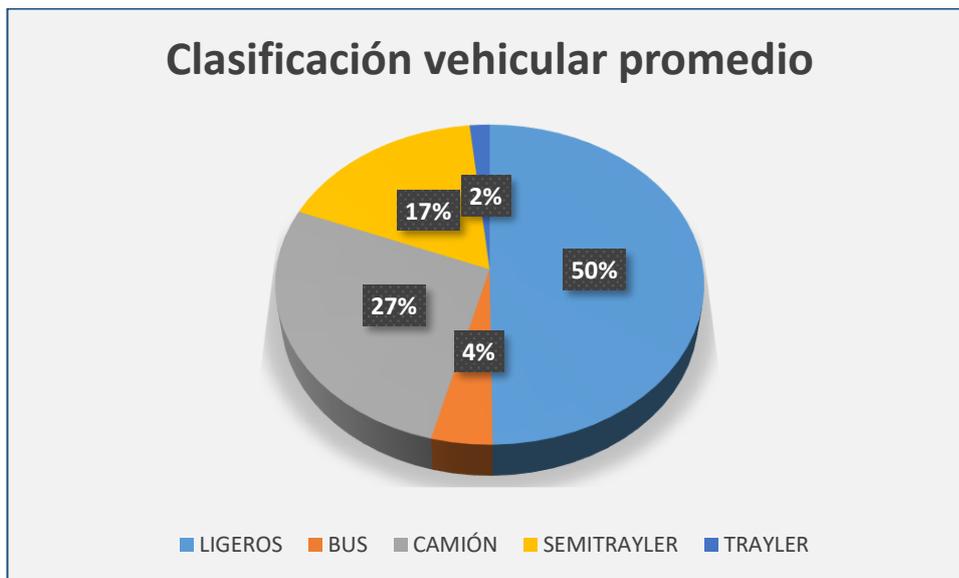


Gráfico 14: Clasificación vehicular promedio

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 25 y en el gráfico 14, que el tráfico está dominado por 3 tipos de vehículos principales, los Ligeros con 50% seguido por Semitrayler con 17% y Camiones con un 27%.

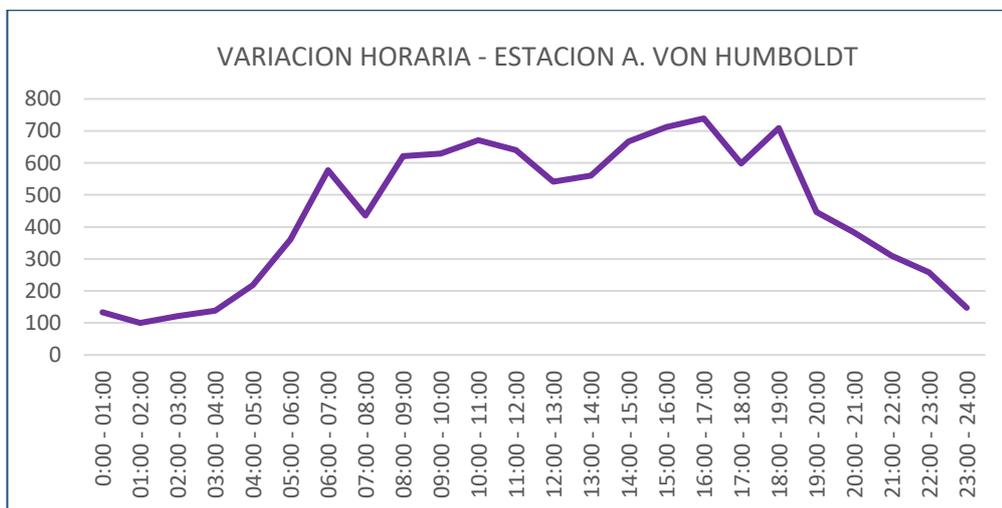


Gráfico 15: Variación horaria - Estación Von Humboldt

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 15 mostramos como el volumen horario empieza a incrementarse entre las 4:00 – 5:00, y a disminuir desde 19:00 – 20:00, la hora punta se presenta de 16:00 – 17:00 y 18:00 – 19:00.

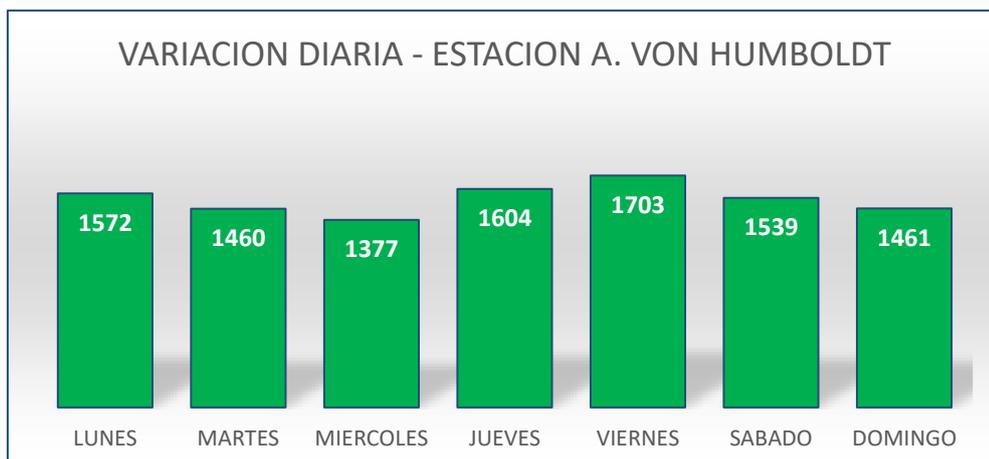


Gráfico 16: Variación diaria - Estación Von Humboldt

Fuente: Elaboración propia

Como apreciamos en gráfico 16, el mayor volumen de tráfico se presenta el día VIERNES con 1,703 vehículos y el menor los días MIÉRCOLES con 1,337 vehículos.

### **Información de datos de accidentes de tránsito**

La base de datos de los accidentes de tránsito en la vía Aguaytia – Von Humboldt fueron obtenidas de las comisarias en cuya jurisdicción se encuentra la vía en estudio, en donde se ha recopilado la información de acuerdo al acta de intervención policial la cual se encuentra el libro de ocurrencias de accidentes de tránsito. (Anexo: Formato de registro técnico de accidentes viales).

El Instituto Nacional de Informática cuenta con una base de datos donde se encuentra el registro de los accidentes de tránsito, las cuales son recolectadas con el censo nacional de comisarias que se realiza cada año, esta base de datos es la más completa, por lo tanto, nos garantiza un estudio con resultados más confiables es por eso que, la presente investigación se ha realizado con la información de dicha base de datos.

Para el presente estudio se han tomado los registros de accidentes de los años 2016 hasta el año 2018 en todos los 75 tramos de nuestro estudio como lo muestra la tabla 26:

Tabla 26: Número de accidentes de tránsito según tramos de estudio

TRAMO	PROGRESIVA		2016	2017	2018	TOTAL
	INICIO	FIN	Nº ACC	Nº ACC	Nº ACC	
TRAMO 1	328	329	0	0	0	0
TRAMO 2	329	330	0	1	0	1
TRAMO 3	330	331	0	0	0	0
TRAMO 4	331	332	0	0	0	0
TRAMO 5	332	333	0	1	0	1
TRAMO 6	333	334	0	0	0	0
TRAMO 7	334	335	0	0	0	0
TRAMO 8	335	336	0	0	0	0
TRAMO 9	336	337	0	0	1	1
TRAMO 10	337	338	0	0	0	0
TRAMO 11	338	339	0	0	0	0
TRAMO 12	339	340	0	0	0	0
TRAMO 13	340	341	0	0	0	0

TRAMO 14	341	342	0	0	0	<b>0</b>
TRAMO 15	342	343	0	0	0	<b>0</b>
TRAMO 16	343	344	0	1	0	<b>1</b>
TRAMO 17	344	345	0	0	0	<b>0</b>
TRAMO 18	345	346	0	0	0	<b>0</b>
TRAMO 19	346	347	0	0	0	<b>0</b>
TRAMO 20	347	348	0	1	0	<b>1</b>
TRAMO 21	348	349	0	1	0	<b>1</b>
TRAMO 22	349	350	0	0	0	<b>0</b>
TRAMO 23	350	351	0	0	0	<b>0</b>
TRAMO 24	351	352	0	0	0	<b>0</b>
TRAMO 25	352	353	1	0	0	<b>1</b>
TRAMO 26	353	354	1	0	0	<b>1</b>
TRAMO 27	354	355	0	0	0	<b>0</b>
TRAMO 28	355	356	0	0	1	<b>1</b>
TRAMO 29	356	357	0	0	1	<b>1</b>
TRAMO 30	357	358	3	2	3	<b>8</b>
TRAMO 31	358	359	0	0	0	<b>0</b>
TRAMO 32	359	360	1	0	0	<b>1</b>
TRAMO 33	360	361	0	0	0	<b>0</b>
TRAMO 34	361	362	0	0	0	<b>0</b>
TRAMO 35	362	363	0	0	0	<b>0</b>
TRAMO 36	363	364	0	0	0	<b>0</b>
TRAMO 37	364	365	0	0	0	<b>0</b>
TRAMO 38	365	366	0	0	0	<b>0</b>
TRAMO 39	366	367	0	0	0	<b>0</b>
TRAMO 40	367	368	0	0	0	<b>0</b>
TRAMO 41	368	369	0	0	0	<b>0</b>
TRAMO 42	369	370	1	0	0	<b>1</b>
TRAMO 43	370	371	2	0	0	<b>2</b>
TRAMO 44	371	372	0	0	0	<b>0</b>
TRAMO 45	372	373	0	0	1	<b>1</b>
TRAMO 46	373	374	0	0	1	<b>1</b>

TRAMO 47	374	375	0	0	1	1
TRAMO 48	375	376	1	3	3	7
TRAMO 49	376	377	1	0	0	1
TRAMO 50	377	378	0	0	0	0
TRAMO 51	378	379	0	0	1	1
TRAMO 52	379	380	1	3	1	5
TRAMO 53	380	381	0	1	0	1
TRAMO 54	381	382	0	0	1	1
TRAMO 55	382	383	0	1	0	1
TRAMO 56	383	384	3	3	2	8
TRAMO 57	384	385	0	0	2	2
TRAMO 58	385	386	0	0	0	0
TRAMO 59	386	387	1	0	0	1
TRAMO 60	387	388	0	0	0	0
TRAMO 61	388	389	0	0	0	0
TRAMO 62	389	390	1	1	0	2
TRAMO 63	390	391	1	0	0	1
TRAMO 64	391	392	0	0	0	0
TRAMO 65	392	393	0	0	0	0
TRAMO 66	393	394	0	0	0	0
TRAMO 67	394	395	0	0	0	0
TRAMO 68	395	396	0	1	0	1
TRAMO 69	396	397	3	1	4	8
TRAMO 70	397	398	0	0	0	0
TRAMO 71	398	399	0	0	0	0
TRAMO 72	399	400	0	0	0	0
TRAMO 73	400	401	0	0	2	2
TRAMO 74	401	402	1	0	2	3
TRAMO 75	402	403	3	1	3	7
		<b>TOTAL</b>	<b>25</b>	<b>22</b>	<b>30</b>	<b>77</b>

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la base de datos de INEI y en función al listado de los accidentes de tránsito recopilados en nuestra base de información (ver anexo) durante los tres años 2016, 2017 y 2018 en la vía en estudio se muestran en la tabla 27 y en el gráfico 18 que a continuación aparecen indicándose en ella los accidentes producidos mes a mes.

Tabla 27: Accidentes de tránsito por meses y años

MES	AÑO			TOTAL
	2016	2017	2018	
ENERO	2	0	2	4
FEBRERO	1	2	1	4
MARZO	0	1	1	2
ABRIL	1	3	3	7
MAYO	2	2	2	6
JUNIO	4	2	0	6
JULIO	2	1	1	4
AGOSTO	3	1	12	16
SEPTIEMBRE	3	2	1	6
OCTUBRE	2	3	4	9
NOVIEMBRE	3	3	3	9
DICIEMBRE	2	2	0	4
<b>TOTAL</b>	<b>25</b>	<b>22</b>	<b>30</b>	<b>77</b>

Fuente: Elaboración propia, de acuerdo la base de datos del INEI

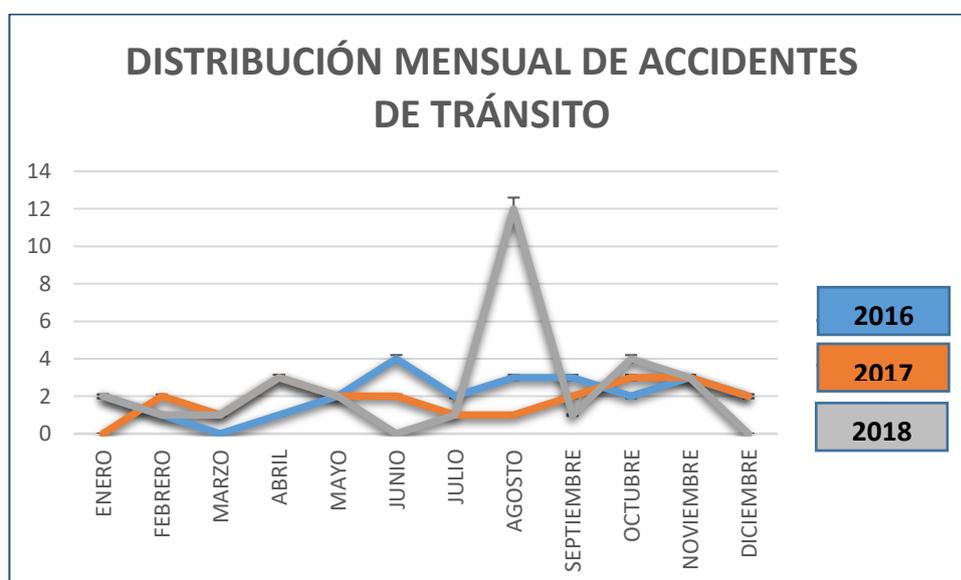


Gráfico 17: Distribución mensual de accidentes de tránsito

Fuente: Elaboración propia, de acuerdo la base de datos del INEI

En la tabla 27 y en el gráfico 17 vemos la distribución mensual de accidentes de tránsito durante los años 2016, 2017 y 2018 en la carretera nacional ruta PE – 5N Aguaytia Km. 403+822 – Von Humboldt Km. 328+422.

Así mismo observamos que en el año 2016 se produjeron 25 accidentes, el año 2017 fueron 22 accidentes y en el año 2018 se registraron 30 accidentes de tránsito, registrándose un total de 77 accidentes durante los años 2016, 2017 y 2018.

Al realizar el análisis gráfico de la distribución de accidentes, se puede notar que coincidentemente existen mayor cantidad de accidentes en los meses que se presentan mayor flujo vehicular.

### **Análisis de correlación de accidentes de tránsito y flujo vehicular**

Con los datos de flujo vehicular y número accidentes de tránsito en la vía se realizó el análisis de correlación entre estas dos variables, lo que se muestra a continuación en la tabla 28.

Tabla 28: Análisis de correlación de accidentes de tránsito y flujo vehicular

<b>AÑO</b>	<b>IDMA X</b>	<b>Nº DE ACCIDENTES Y</b>	<b>XY</b>	<b>X<sup>2</sup></b>	<b>Y<sup>2</sup></b>
2016	2824	25	70600	7974976	625
2017	2856	22	62832	8156736	484
2018	2877	30	86310	8277129	900
<b>TOTAL</b>	<b>8557</b>	<b>77</b>	<b>219742</b>	<b>24408841</b>	<b>2009</b>
<b>r = 0.863</b>					

Fuente: Elaboración propia

Al realizar el cálculo estadístico, se pudo obtener una correlación de 0.863 cuyo valor es mayor al coeficiente tabular 0.805 (5%), con ello se puede concluir que existen una correlación lineal estadísticamente significativa entre el flujo vehicular y el número de accidentes. Este valor estadístico muestra que a mayor flujo vehicular se tendrá mayor número de accidentes de tránsito.

### Identificación de tramos de concentración de accidentes

La identificación de los tramos de concentración de accidentes, se realizaron teniendo como información la base de datos de accidentes de tránsito en la Vía y el Índice Medio Diario Anual,

Los que se presentan en la tabla 29, mostrándose en ella todos los tramos donde se han producido algún accidente de tránsito.

Tabla 29: Tramos en los que se han producido accidentes de tránsito

TRAMO	PROGRESIVA		2016	2017	2018	TOTAL
	INICIO	FIN	Nº ACC	Nº ACC	Nº ACC	
TRAMO 9	336	337	0	0	1	<b>1</b>
TRAMO 16	343	344	0	1	0	<b>1</b>
TRAMO 26	353	354	1	0	0	<b>1</b>
TRAMO 28	355	356	0	0	1	<b>1</b>
TRAMO 29	356	357	0	0	1	<b>1</b>
TRAMO 32	359	360	1	0	0	<b>1</b>
TRAMO 46	373	374	0	0	1	<b>1</b>
TRAMO 47	374	375	0	0	1	<b>1</b>
TRAMO 49	376	377	1	0	0	<b>1</b>
TRAMO 53	380	381	0	1	0	<b>1</b>
TRAMO 54	381	382	0	0	1	<b>1</b>
TRAMO 59	386	387	1	0	0	<b>1</b>
TRAMO 63	390	391	1	0	0	<b>1</b>

TRAMO 68	395	396	0	1	0	1
TRAMO 5	332	333	0	1	0	1
TRAMO 21	348	349	0	1	0	1
TRAMO 45	372	373	0	0	1	1
TRAMO 51	378	379	0	0	1	1
TRAMO 55	382	383	0	1	0	1
TRAMO 42	369	370	1	0	0	1
TRAMO 25	352	353	1	0	0	1
TRAMO 2	329	330	0	1	0	1
TRAMO 20	347	348	0	1	0	1
TRAMO 57	384	385	0	0	2	2
TRAMO 73	400	401	0	0	2	2
TRAMO 43	370	371	2	0	0	2
TRAMO 62	389	390	1	1	0	2
TRAMO 74	401	402	1	0	2	3
TRAMO 52	379	380	1	3	1	5
TRAMO 48	375	376	1	3	3	7
TRAMO 75	402	403	3	1	3	7
TRAMO 30	357	358	3	2	3	8
TRAMO 56	383	384	3	3	2	8
TRAMO 69	396	397	3	1	4	8
<b>TOTAL</b>			<b>25</b>	<b>22</b>	<b>30</b>	<b>77</b>

Fuente: Elaboración propia

De ahí que se calcularon mediante 05 metodologías, los mismos que detallamos a continuación:

### **Método del Índice de Peligrosidad.**

El método propone límites fijos a partir de los cuales cualquier tramo con un Índice de Peligrosidad superior al que fija la norma para su TMDA, es considerado como un tramo de concentración de accidentes (TCA). Los límites de tránsito que presenta el método son arbitrarios, proponiendo que a

medida que se incrementa la categoría de camino dado el tránsito del tramo, debe exigirse un mayor grado de seguridad.

Se considera que el método del índice de peligrosidad no resulta, a priori, un procedimiento adecuado para la identificación de TCA, ya que no tiene en cuenta la distribución de los accidentes en la vía y solo contempla aquellos accidentes que registran víctimas. Esto significa que a un elevado número de accidentes con víctimas (ACV) en la vía, registraremos una significativa cantidad de TCA, y si bien podría parecer lógica esta suposición en la que se basa el método, ello no implica que en todos esos TCA las condiciones de la vía sean un factor de peso en la ocurrencia de accidentes.

Además, su aplicación es limitada, ya que los valores límites del IP (100 y 70) están fijados en la norma para las condiciones particulares del sitio de origen del método. Resulta entonces que el método adoptado por la Ley Provincial de Tránsito de Córdoba no es consistente dado que no considera la distribución de los accidentes, como así tampoco los accidentes sin víctimas, por lo que los resultados de su aplicación deben ser analizados teniendo en cuenta las características particulares y limitaciones de esta técnica.

En nuestra investigación el método no fue aplicado debido a la falta de datos de víctimas en los accidentes, así mismo por el hecho de la no consistencia del método.

### Método del número de accidentes (Tabla 30 y Tabla 31)

Tabla 30: Verificación de tramos TCA por años de estudio

TRAMO	PROGRESIVA		2016	2017	2018	TOTAL
	INICIO	FIN	CONDICIÓN DEL TRAMO	CONDICIÓN DEL TRAMO	CONDICIÓN DEL TRAMO	CONDICIÓN DEL TRAMO
TRAMO 52	379	380	TCA (1)	TCA (3)	TCA (1)	<b>TCA (5)</b>
TRAMO 48	375	376	TCA (1)	TCA (3)	TCA (3)	<b>TCA (7)</b>
TRAMO 75	402	403	TCA (3)	TCA (1)	TCA (3)	<b>TCA (7)</b>
TRAMO 30	357	358	TCA (3)	TCA (2)	TCA (3)	<b>TCA (8)</b>
TRAMO 56	383	384	TCA (3)	TCA (3)	TCA (2)	<b>TCA (8)</b>
TRAMO 69	396	397	TCA (3)	TCA (1)	TCA (4)	<b>TCA (8)</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31: Resumen TCA. Método del número de accidentes

RUTA NACIONAL VIAL 5N - PE VON HUMBOLDT - AGUAYTIA						
Progresiva inicio:		328+422		Longitud del tramo		1 km.
Progresiva fin:		403+822		Longitud vía:		75 km.
TRAMO i	PROGRESIVA		Nº DE ACCIDENTES EN EL TRAMO i	N <sub>i</sub>	N <sub>m</sub>	CONDICIÓN DE TCA
	INICIO	FIN				
T48	375	376	7	7.00	3.45	TCA
T75	402	403	7	7.00	3.45	TCA
T30	357	358	8	8.00	3.45	TCA
T56	383	384	8	8.00	3.45	TCA
T69	396	397	8	8.00	3.45	TCA

Fuente: Elaboración propia

Al realizar el cálculo de Tramos de Concentración de Accidentes (TCA), por esta metodología se pudo calcular la existencia de 5 Tramos de Concentración de accidentes.

La metodología de cálculo de acuerdo a los datos de: longitud del tramo, longitud de vía, cantidad de accidentes producidos en el periodo de análisis y de manera indirecta el tiempo, considera como tramos de concentración de accidentes aquellos tramos donde ocurrieron 03 a más accidentes, no considerando a tramos con 02 accidentes de tránsito.

En la tabla 30 tenemos los Tramos de Concentración de Accidentes, identificados con la metodología de número o frecuencia de accidentes antes indicada, con los parámetros de comparaciones calculados.

Según este criterio, el método detecta cuatro tramos TCA para el año 2016; tres para el año 2017 y cuatro para el año 2018. En dicha tabla 30 podemos observar que para que un tramo sea determinado como TCA en los tres años de estudio, debe haber sido TCA por lo menos en dos años de los tres considerados; es por ello que consideramos TCA los tramos 48, 75, 30, 56 y 69 mientras que el tramo 52 no es TCA pese a que en el año 2017 si fue.

### Método de la tasa de accidentes. (Tabla 32)

Tabla 32: Resumen de TCA. Método de tasa de accidentes

RUTA NACIONAL VIAL 5N - PE VON HUMBOLDT - AGUAYTIA						
Progresiva inicio:		328+422		Longitud del tramo		1 km.
Progresiva fin:		403+822		Longitud vía:		75 km.
TRAMO i	PROGRESIVA		Nº DE ACCIDENTES EN EL TRAMO i	T <sub>i</sub>	T <sub>m</sub>	CONDICIÓN DE TCA
	INICIO	FIN				
T48	375	376	7	7.29	3.52	TCA
T75	402	403	7	7.29	3.52	TCA

T30	357	358	8	8.34	3.52	TCA
T56	383	384	8	8.34	3.52	TCA
T69	396	397	8	8.34	3.52	TCA

Fuente: Elaboración propia

Al realizar el cálculo de Tramos de Concentración de Accidentes (TCA), por esta metodología se pudo calcular la existencia de 5 Tramos de Concentración de accidentes, coincidentemente igual que la metodología anterior.

La metodología de cálculo de acuerdo a los datos de: longitud del tramo, longitud de vía, flujo vehicular a través de Índice Medio Diario Anual, número de días y cantidad de accidentes producidos, considera como tramos de concentración de accidentes aquellos tramos donde ocurrieron 03 a más accidentes, no considerando a tramos con 02 accidentes de tránsito.

En la tabla 32 se muestran los Tramos de Concentración de Accidentes, identificados con la metodología de tasa de accidentes antes indicada, con los parámetros de comparaciones calculados.

### Método del Número - Tasa. (Tabla 33)

Tabla 33: Resumen de TCA. Método número - tasa

RUTA NACIONAL VIAL 5N - PE VON HUMBOLDT - AGUAYTIA										
Progresiva inicio:			328+422		Longitud del tramo			1 km		
Progresiva fin:			403+822		Longitud vía:			75 km.		
TRAMO i	PROGRESIVA		Nº DE ACC.	N <sub>i</sub>	N <sub>m</sub>	T <sub>i</sub>	T <sub>m</sub>	C1 TCA	C2 TCA	C. FINAL
	INICIO	FIN								
T48	375	376	7	7.00	3.45	7.29	3.52	Ok	Ok	TCA

T75	402	403	7	7.00	3.45	7.29	3.52	Ok	Ok	TCA
T30	357	358	8	8.00	3.45	8.34	3.52	Ok	Ok	TCA
T56	383	384	8	8.00	3.45	8.34	3.52	Ok	Ok	TCA
T69	396	397	8	8.00	3.45	8.34	3.52	Ok	Ok	TCA

Fuente: Elaboración propia

Al realizar el cálculo de Tramos de Concentración de Accidentes (TCA), por esta metodología se pudo calcular la existencia de 5 Tramos de Concentración de accidentes.

La metodología de cálculo considera los parámetros combinados del método del número de accidentes y el método de la tasa de accidentes, por lo que considera como datos de cálculos: longitud de tramo, longitud de vía, flujo vehicular a través de Índice Medio Diario Anual, número de días y cantidad de accidentes producidos, considera como tramos de concentración de accidentes aquellos tramos donde ocurrieron 03 a más accidentes, no considerando a tramos con 02 accidentes de tránsito.

En la tabla 33 los Tramos de Concentración de Accidentes, identificados con la metodología antes indicada, con los parámetros de comparaciones calculados.

### **Método del Control de Calidad de la Tasa. (Tabla 34)**

Dado que el método exige el cálculo de la tasa media del sistema, lo que requiere una gran cantidad de información, además de necesitar la adecuada categorización de los caminos de la red, tarea que excede el

alcance de este trabajo, el método de control de calidad de la tasa se aplica haciendo la salvedad de que la tasa media del sistema ha sido adoptada como la tasa media de la vía en estudio, para los tres años que abarca el análisis.

Si bien se pierde parte del sentido del método aplicando esta simplificación, se demuestra que los controles estadísticos resultan fundamentales para detectar tramos con alta probabilidad de presentar falencias de seguridad. El nivel de confianza adoptado para la aplicación del método es del 95% ( $k=1,64$ ).

Tabla 34: Resumen TCA Método del control de calidad de la tasa

RUTA NACIONAL VIAL 5N - PE VON HUMBOLDT - AGUAYTIA								
Progresiva inicio:			328+422			Longitud del tramo: 1 km		
Progresiva fin:			403+822			Longitud vía: 75 km. K= 1.64		
TRAMO i	PROGRESIVA		Nº DE ACC.	t <sub>i</sub>	T <sub>m</sub>	T <sub>ci</sub>	T <sub>i</sub>	CONDICIÓN PARA SER TCA
	INICIO	FIN						
T48	375	376	7	0.76	0.23	1.63	7.29	TCA
T75	402	403	7	0.76	0.23	1.63	7.29	TCA
T30	357	358	8	0.76	0.23	1.63	8.34	TCA
T56	383	384	8	0.76	0.23	1.63	8.34	TCA
T69	396	397	8	0.76	0.23	1.63	8.34	TCA

Fuente: Elaboración propia

Al realizar el cálculo de Tramos de Concentración de Accidentes (TCA), por esta metodología se pudo calcular la existencia de 5 Tramos de Concentración de accidentes.

La metodología de cálculo de acuerdo a los datos de: longitud de tramo, longitud de vía, flujo vehicular a través de Índice Medio Diario Anual, número

de días y cantidad de accidentes producidos, considera como tramos de concentración de accidentes aquellos tramos donde ocurrieron 03 a más accidentes, no considerando a tramos con 02 accidente ni 01 accidentes de tránsito.

En la tabla 34 los Tramos de Concentración de Accidentes, identificados con la metodología antes indicada, con los parámetros de comparaciones calculados.

### **Evaluación de los Métodos.**

#### **a. Método del Número de Accidentes.**

El método es simple, de aplicación directa y sus únicas variables son la cantidad de accidentes, la longitud de los tramos de estudio y el coeficiente de mayoración. A través del factor "k" puede ajustarse la sensibilidad del mismo. A medida que el valor de k se incrementa, disminuye la cantidad de TCA detectados, y, por el contrario, la disminución del valor de k incrementa la cantidad de TCA detectados.

El método resulta especialmente sensible a la longitud de tramo seleccionada. A medida que se incrementa la longitud del tramo, la dispersión en el valor de  $N_i$  tiende a disminuir, es decir que el valor de  $N_i$  se aproxima cada vez más a la media ( $N_m$ ).

En el límite, si se considera un tramo de longitud igual al camino en estudio, el valor de  $N_i$  coincidirá con el valor de  $N_m$ .

Esto lleva a que, para el mismo camino, con la misma distribución de accidentes y el mismo factor de mayoración ( $k$ ), se detecte una mayor cantidad de TCA si se fracciona en tramos de menor longitud.

La consistencia de los resultados de este método no está garantizada, dado que el límite inferior de frecuencias a partir del cual un tramo es considerado peligroso se obtiene a partir de la media de la muestra, en lugar de considerar el valor de la frecuencia con una probabilidad de ocurrencia dada. Esto implica que, para dos muestras con igual media y distinta dispersión, el método no detecta la misma cantidad de TCA.

#### **b. Método de la Tasa de Accidentes.**

Un análisis basado sólo en el número de accidentes puede conducir a conclusiones equivocadas, sobre todo si a lo largo del camino existen variaciones considerables en los volúmenes de tránsito. A dos ubicaciones que registren el mismo número de accidentes, no debería atribuírseles idéntica peligrosidad si una de ellas dobla a la otra en cuanto a volumen de tránsito se refiere.

El método de la Tasa de Accidentes considera la variable del volumen de tránsito para establecer la peligrosidad del tramo. Entonces para aplicarlo, además de la ubicación y cantidad de accidentes del camino, es necesario contar con los datos de volumen de tránsito (TMDA).

En el método se puede observar que, para bajos valores de tránsito, escasos accidentes darán como resultado una tasa elevada y viceversa. En consecuencia, identificar sitios peligrosos exclusivamente en función de las tasas de accidentes puede resultar engañoso si se trabaja con tránsitos bajos en algunos tramos y tránsitos elevados en otros.

El método de la Tasa también es sensible a la longitud de tramo en la que se divide el camino en estudio. Al igual que para el método del Número, al incrementar la longitud de los tramos, disminuye la dispersión de la muestra, por ello los valores del  $T_i$  se aproximan cada vez más al valor del  $T_m$ , con lo que para un mismo camino, con la misma distribución de accidentes y tránsitos, y el mismo factor de mayoración, el método identifica mayor cantidad de TCA en el estudio en el que se dividió el camino en tramos de menor longitud.

### **c. Método del Número – Tasa.**

El método exige el cumplimiento simultáneo de las condiciones del método del número de accidentes y el de la tasa de accidentes. Esta doble exigencia reduce el número de ubicaciones en las que verifican los TCA, y además asegura que el tramo peligroso exhiba una cantidad anormal de accidentes (especialmente cuando éste presenta una baja exposición al tránsito).

Como se ha mencionado anteriormente, tanto el método del número, como el de la tasa son especialmente sensibles a la longitud elegida del tramo.

Dado que ambos métodos condicionan la detección del TCA al desvío de sus  $N_i$  o  $T_i$  con respecto a sus valores medios ( $N_m$  y  $T_m$ ), y que a medida que se incrementa la longitud de los tramos, los valores de  $N_i$  y  $T_i$  presentan una menor desviación, resulta que el método presenta una menor sensibilidad a medida que la longitud del tramo aumenta.

Aplicado en un camino con amplias variaciones en los volúmenes de tránsito, y suponiendo la variación lineal de los accidentes con el tránsito, la condición  $N_i > KN$ .  $N_m$  tenderá a no verificar para tránsitos bajos. Lo que persigue el método es identificar como peligrosas a aquellas ubicaciones en las que tanto la cantidad como la tasa de accidentes sean anormalmente superiores a las del sistema, logrando eliminar de la lista de lugares peligrosos a tramos con altas tasas y pocos accidentes (o sea, de bajo tránsito).

Dado que el método del Número-Tasa es la combinación de los dos descriptos anteriormente, la consistencia de sus resultados depende del criterio adoptado para establecer el valor del límite a partir del cual se considera el tramo peligroso en cada uno de ellos.

#### **d. Método del Control de Calidad de la Tasa.**

El método aplica un control estadístico sobre los valores de las tasas de cada tramo. Este control estadístico asume que la distribución de accidentes se ajusta al modelo de Poisson.

El objetivo del método es encontrar dentro de esta distribución aquel valor de "n" para el cual la probabilidad de ocurrencia es particularmente baja (menor al 5%). Con ello busca que los tramos detectados como peligrosos no sean producto del azar, sino de un defecto importante en la vía que contribuya a la inusual concentración de accidentes.

Su cálculo se basa en el control de calidad de los análisis estadísticos para determinar si la tasa de accidentes de un lugar en particular es inusual, con ello define que un Tramo de Concentración de Accidentes es un hecho inusual.

Se suma a ello que en la vía en estudio considera un Tramo de Concentración de Accidentes, aquellos lugares donde se producen 3 o más accidentes. Este hecho indica que los accidentes en un número 3 o mayor a 3 obedecen a una causa persistente más que a un evento al azar.

Cabe indicar que si en un sub tramo se presentan dos accidentes de tránsito esto ya muestra que algo anormal está ocurriendo en el sub tramo.

Por lo indicado anteriormente se concluye que el Método del Control de Calidad de la Tasa, se enmarca mejor a la vía en estudio.

### **Análisis y evaluación de los tramos de concentración de accidentes.**

Los TCA determinados por los diversos métodos anteriormente descritos, fueron evaluados para poder definir las causas que lo generaron.

El trabajo consistió en evaluar los partes y atestados policiales, concluyendo en las causas que generaron el accidente.

Una vez definido las causas, se realizaron trabajos topográficos y diseño geométrico en cada uno del TCA, a fin de corroborar que los elementos geométricos de la vía cumplan con lo establecido en el Manual DG – 2018.

### **Evaluación de las Causas de Accidentes en T.C.A. con Información Policial.**

Tabla 35: Causas de accidentes en TCA identificados

TRAMO	PROGRESIVA		LUGAR DEL ACCIDENTE	CAUSA DEL ACCIDENTE	OBSERVACIÓN
	INICIO	FIN			
T48	375	376	Curva Horizontal	Exceso de velocidad	Lesiones con daños materiales
T75	402	403	Curva Horizontal	Exceso de velocidad	2 fallecidos y daños materiales
T30	357	358	Curva Horizontal	Exceso de velocidad	lesiones con daños materiales
T56	383	384	Curva Horizontal	Exceso de velocidad	lesiones con daños materiales
T69	396	397	Curva Horizontal	Exceso de velocidad	lesiones con daños materiales

Fuente: Elaboración propia

En los 5 casos de los Tramos de Concentración de Accidentes identificados, se pudo constatar que las causas por las que se produjeron los accidentes de tránsito fueron únicamente por exceso de velocidad. Así lo indica la tabla.

Así mismo se puede mencionar que los 5 Tramos de Concentración de Accidentes, muestran eventos con víctimas humanas, por lo menos en uno de los accidentes hay fallecidos, en la mayoría se presentan lesiones y daños materiales tanto al vehículo como a la vía. Finalmente, en todos los TCA el lugar de los accidentes fueron curvas horizontales.

### Evaluación de los tipos de accidentes en TCA con la base de datos INEI

Tabla 36: Tipos de accidentes en los TCA identificados

TRAMO	PROGRESIVA		TIPO DE ACCIDENTE				TOTAL
	INICIO	FIN	ATROPELLO	CHOQUE	DESPISTE	VOLCADURA	
T48	375	376	0	2	3	2	7
T75	402	403	0	2	4	1	7
T30	357	358	0	3	3	2	8
T56	383	384	1	2	4	1	8
T69	396	397	0	1	4	3	8
<b>TOTAL</b>			<b>1</b>	<b>10</b>	<b>18</b>	<b>9</b>	<b>38</b>

Fuente: Elaboración propia

La tabla 36 nos muestra que de los 38 (100%) accidentes producidos en los 5 tramos identificados como TCA, 18 (47.37%) se debieron por causa de despiste; 10 (26.32%) fueron consecuencia de choques; 9 (23.68%)

tuvieron como causa la volcadura del vehículo y 1 (2.63%) fue ocasionado por atropello.

### Tramo de concentración de Accidentes N° 01 (TCA N° 01) km. 375+000 al km. 376+000

Tabla 37: Tipos de accidentes en el tramo TCA N° 1

TRAMO 48 – TCA N° 1		
Tipo de accidente	ni	hi%
Atropello	0	-
Caída de pasajero	0	-
Choque	2	28.57
Despiste	3	42.86
Volcadura	2	28.57
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

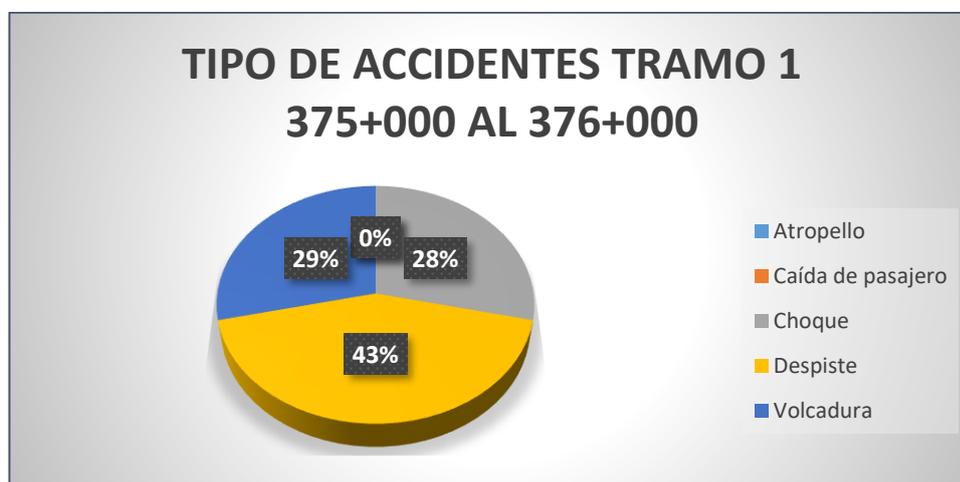


Gráfico 18: Tipos de accidentes tramo 1

Fuente: Elaboración propia

Los resultados estadísticos de la tabla 37 y el gráfico 18 nos muestran que en el tramo 1 del Km. 375+000 al Km. 376+000 los tipos de accidentes

que se han producido fueron el 43% despiste; el 29% volcadura y el 28% choques.

### Tramo de concentración de Accidentes N° 02 (TCA N° 02) km. 402+000 al km. 403+000

Tabla 38: Tipos de accidentes en el tramo TCA N° 2

TRAMO 75 – TCA N° 2		
Tipo de accidente	ni	hi%
Atropello	0	-
Caída de pasajero	0	-
Choque	2	28.57
Despiste	4	57.14
Volcadura	1	14.29
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración propia

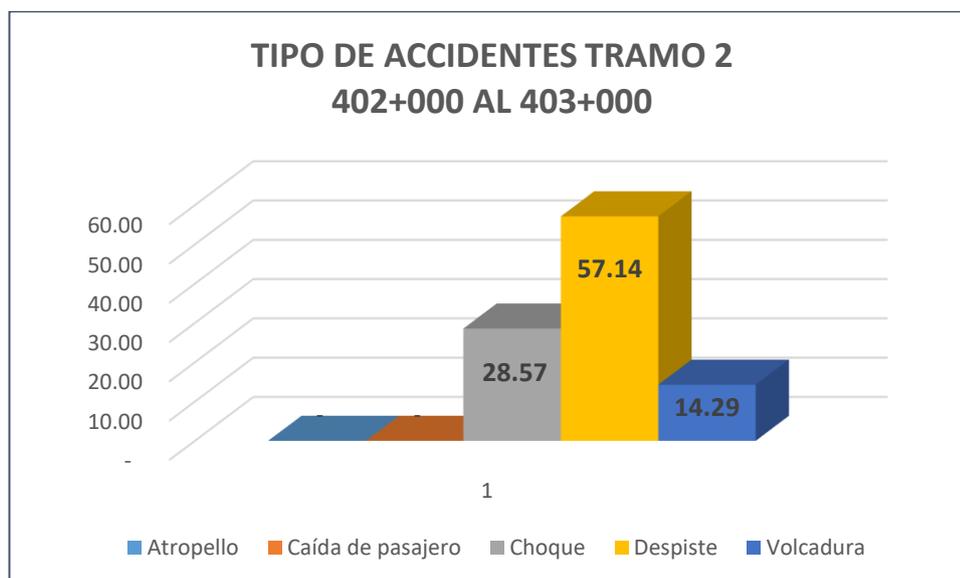


Gráfico 19: Tipos de accidentes tramo 2

Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar en la tabla 38 y en el gráfico 19, el tramo 2 del Km. 402+000 al Km. 403+000 nos indica que el 57.14% de los accidentes fue de tipo despiste; el 28.57 fue choque y el 14.29 fue de tipo volcadura.

### Tramo de concentración de Accidentes N° 03 (TCA N° 03) km. 357+000 al km. 358+000

Tabla 39: Tipo de accidentes en el tramo TCA N°3

TRAMO 30 – TCA N° 3		
Tipo de accidente	ni	hi%
Atropello	0	-
Caída de pasajero	0	-
Choque	3	37.50
Despiste	3	37.50
Volcadura	2	25.00
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración propia

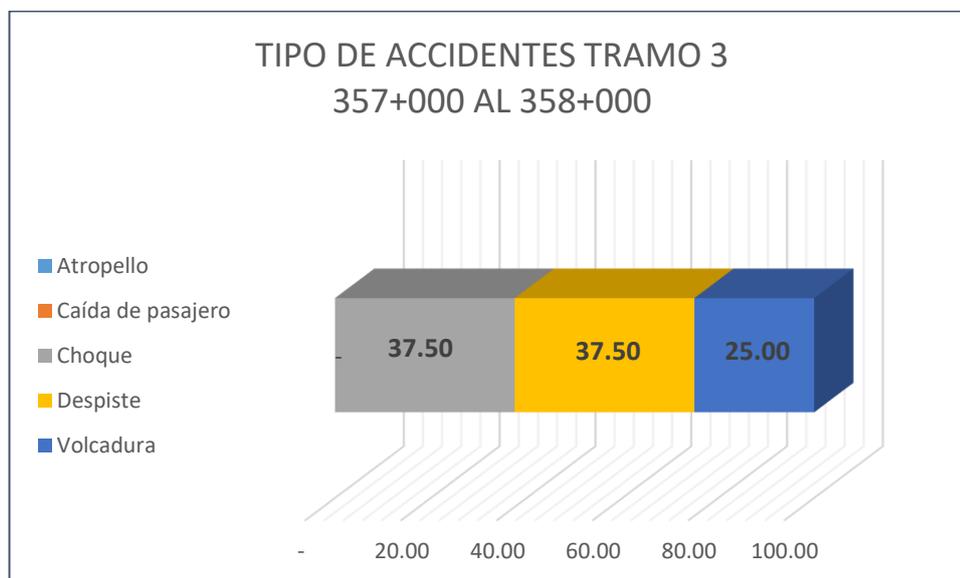


Gráfico 20: Tipos de accidentes tramo 3

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados que se observan en la tabla 39 y en el gráfico 20, el tramo 30 que comprende del Km. 357+000 al Km. 358+000 observamos que con el 37.50% se dan dos tipos de accidentes el despiste y el choque, mientras que la volcadura alcanza el porcentaje del 25%.

### Tramo de concentración de Accidentes N° 04 (TCA N° 04) km. 383+000 al km. 384+000

Tabla 40: Tipo de accidentes en el tramo TCA N° 4

TRAMO 56 – TCA N° 4		
Tipo de accidente	ni	hi%
Atropello	1	12.50
Caída de pasajero	0	-
Choque	2	25.00
Despiste	4	50.00
Volcadura	1	12.50
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración propia

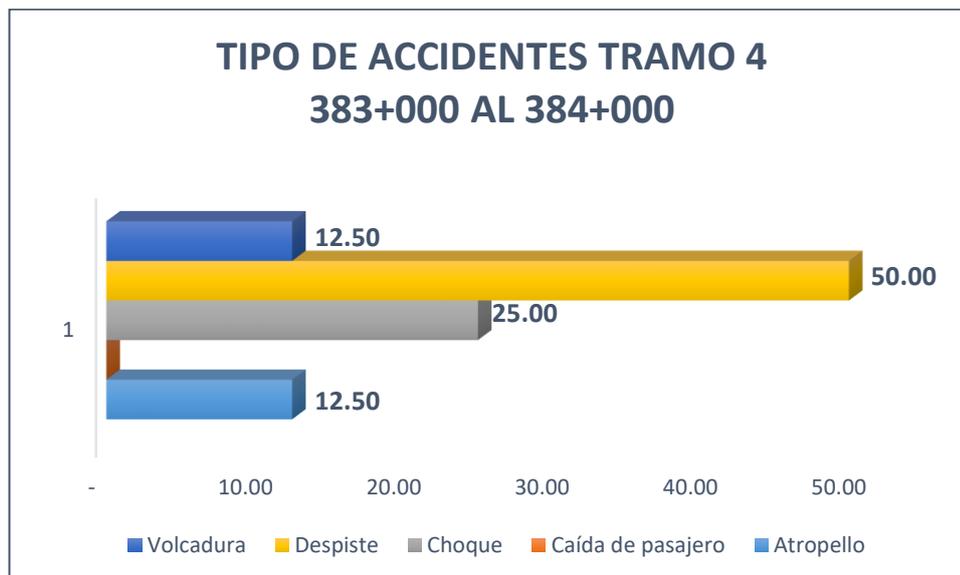


Gráfico 21: Tipo de accidentes tramo 4

Fuente: Elaboración propia

En el tramo 56 comprendido entre el km. 383+000 al km. 384+000 nos muestra, según la tabla N°40 y el gráfico 21 que el tipo de accidente de tránsito que más se dio fue el despiste con el 50% del total; en segundo lugar se encuentra el accidente de tipo choque y finalmente se dan la volcadura y el atropello con 12.5% cada uno.

### Tramo de concentración de Accidentes N° 05 (TCA N° 05) km. 396+000 al km. 397+000

Tabla 41: Tipo de accidentes en el tramo TCA N° 5

TRAMO 69 – TCA N° 5		
Tipo de accidente	ni	hi%
Atropello	0	-
Caída de pasajero	0	-
Choque	1	12.50
Despiste	4	50.00
Volcadura	3	37.50
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración propia

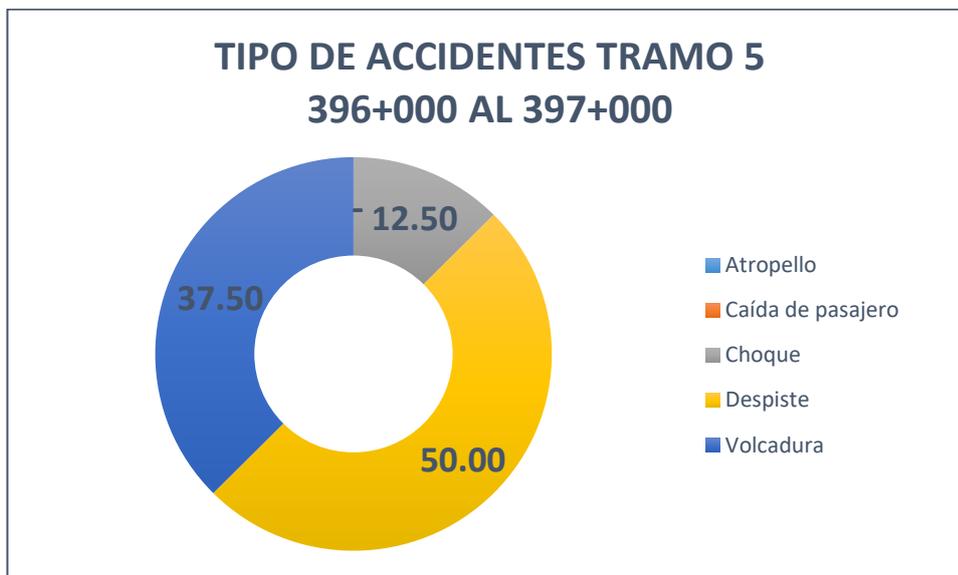


Gráfico 22: Tipo de accidentes tramo 5

Fuente: Elaboración propia

Finalmente en la tabla 41 y en el gráfico 22 referidos al tramo 69 que va del km. 396+000 al km. 397+000 se observa que el tipo de accidente que más se dio fue el despiste con un 50%; en segundo lugar la volcadura con el 37.5% y en tercer lugar se dio el choque con el 17.5%.

### **Evaluación de los Elementos Geométrico de los T.C.A.**

La evaluación consistió en dos eventos: el primero que consistió en realizar el levantamiento topográfico de los 5 Tramos de Concentración de Accidentes identificados, y seguidamente se calculó los elementos geométricos de los Tramos de Concentración de Accidentes, para luego realizar la comparación con la Norma DG – 2018.

A continuación, se muestra los cálculos de los elementos geométricos de los diferentes TCA.

**Tramo de concentración de Accidentes N° 01 (TCA N° 01) km. 375+000 al km. 376+000**



Foto 5: Tramo TCA N°1



Foto 7: Accidentes en el TCA N°1



Foto 6: Accidente TCA N°1

**TRAMO DE CONCENTRACION N°01 (TCA N°01)**

PROGRESIVAS 375+000 - 376+000

CATEGORIA: SEGUNDA CLASE  
 ANCHO DE CALZADA: 6.80M

CALCULOS:

$$\text{Radio Minimo } R_{\min} = \frac{V^2}{127(P_{\max} + f_{\max})}$$

Longitud de curva  $L = 3V$

RESUMEN

N° TCA	N°CURVA	PROGRESIVA		DATOS DE CAMPO		DATOS			ELEMENTOS GEOMETRICOS			
		INICIO	FIN	R	L	V	p	f	Rmin	Verificar	L	Verificar
1	6	375+203.03	375+297.03	40	94	40	0.08	0.17	50.39	NO CUMPLE	120	NO CUMPLE
	7	375+339.79	375+388.7	100	48.91	40	0.08	0.17	50.39	CUMPLE	120	NO CUMPLE
	8	375+444.94	375+521.66	120	76.72	40	0.08	0.17	50.39	CUMPLE	120	NO CUMPLE
	9	375+845.04	375+907.14	120	62.11	40	0.08	0.17	50.39	CUMPLE	120	NO CUMPLE
	10	375+913.16	375+980.49	100	67.33	40	0.08	0.17	50.39	CUMPLE	120	NO CUMPLE



**Tramo de concentración de Accidentes N° 02 (TCA N° 02) km. 402+000 al km. 403+000**



Foto 8: Tramo TCA N°2



Foto 10: Accidente TCA N°2



Foto 9: Accidente TCA N°2

**TRAMO DE CONCENTRACION N°02 (TCA N°02)**

PROGRESIVAS 402+000 - 403+000

CATEGORIA: SEGUNDA CLASE  
 ANCHO DE CALZADA: 6.80M

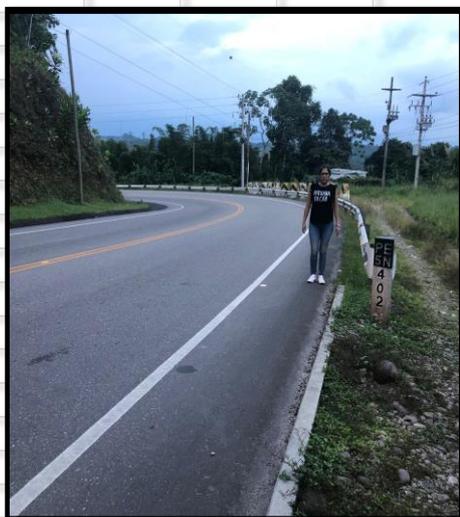
CALCULOS:

$$\text{Radio Minimo } R_{\min} = \frac{V^2}{127(P_{\max} + f_{\max})}$$

Longitud de curva  $L = 3V$

RESUMEN

N° TCA	N°CURVA	PROGRESIVA		DATOS DE CAMPO		DATOS			ELEMENTOS GEOMETRICOS			
		INICIO	FIN	R	L	V	p	f	Rmin	Verificar	L	Verificar
2	24	402+149.49	402+232.78	100	83.3	40	0.08	0.17	50.39	CUMPLE	120	NO CUMPLE
	25	402+770.87	402+808.37	40	37.5	40	0.08	0.17	50.39	NO CUMPLE	120	NO CUMPLE
	26	402+851.82	402+894.81	40	42.99	40	0.08	0.17	50.39	NO CUMPLE	120	NO CUMPLE



**Tramo de concentración de Accidentes N° 03 (TCA N° 01) km. 357+000  
al km. 358+000**



Foto 11: Tramo TCA N°3



Foto 13: Accidente TCA N°3



Foto 12: Accidente TCA N°3

**TRAMO DE CONCENTRACION N°03 (TCA N°03)**

PROGRESIVAS 357+000 - 358+000

CATEGORIA: SEGUNDA CLASE  
 ANCHO DE CALZADA: 6.80M

CALCULOS:

$$\text{Radio M\u00ednimo } R_{\min} = \frac{V^2}{127(P_{\max} + f_{\max})}$$

Longitud de curva  $L = 3V$

RESUMEN

N° TCA	N°CURVA	PROGRESIVA		DATOS DE CAMPO		DATOS			ELEMENTOS GEOMETRICOS			
		INICIO	FIN	R	L	V	p	f	Rmin	Verificar	L	Verificar
3	1	357+270.12	357+303.36	80	111.18	40	0.08	0.17	50.39	CUMPLE	120	NO CUMPLE
	2	357+353.62	357+464.79	300	66.76	40	0.08	0.17	50.39	CUMPLE	120	NO CUMPLE
	3	357+529.62	357+529.62	120	107.37	40	0.08	0.17	50.39	CUMPLE	120	NO CUMPLE
	4	357+687.46	357+842.59	160	155.12	40	0.08	0.17	50.39	CUMPLE	120	CUMPLE



**Tramo de concentración de Accidentes N° 04 (TCA N° 04) km. 383+000 al km. 384+000**



Foto 14: Tramo TCA N°4



Foto 16: Accidente TCA N°4



Foto 15: Accidente TCA N°4

TRAMO DE CONCENTRACION N°04 (TCA N°04)													
PROGRESIVAS 383+000 - 384+000													
CATEGORIA:		SEGUNDA CLASE											
ANCHO DE CALZADA:		6.80M											
CALCULOS:													
Radio Minimo		$R_{min} = \frac{V^2}{127(P_{max} + f_{max})}$											
Longitud de curva		$L = 3V$											
RESUMEN													
N° TCA	N°CURVA	PROGRESIVA		DATOS DE CAMPO		DATOS			ELEMENTOS GEOMETRICOS				
		INICIO	FIN	R	L	V	p	f	Rmin	Verificar	L	Verificar	
4	11	383+044.69	383+082.08	40	37.39	40	0.08	0.17	50.39	NO CUMPLE	120	NO CUMPLE	
	12	383+126.52	383+227.22	50	100.7	40	0.08	0.17	50.39	CUMPLE	120	NO CUMPLE	
	13	383+254.27	383+320.12	50	68.85	40	0.08	0.17	50.39	CUMPLE	120	NO CUMPLE	
	14	383+450.49	383+518.53	80	67.03	40	0.08	0.17	50.39	CUMPLE	120	NO CUMPLE	
	15	383+541.89	383+600.65	70	58.76	40	0.08	0.17	50.39	CUMPLE	120	NO CUMPLE	
	16	383+627.99	383+698.06	40	7.006	40	0.08	0.17	50.39	NO CUMPLE	120	NO CUMPLE	
	17	383+746.41	383+803.77	180	57.36	40	0.08	0.17	50.39	CUMPLE	120	NO CUMPLE	
	18	383+921.24	383+993.65	120	72.41	40	0.08	0.17	50.39	CUMPLE	120	NO CUMPLE	
													

**Tramo de concentración de Accidentes N° 05 (TCA N° 05) km. 396+000 al km. 397+000**



Foto 17: Tramo TCA N°5



Foto 19: Accidente TCA N°5



Foto 18: Accidente TCA N°5

**TRAMO DE CONCENTRACION N°05 (TCA N°05)**

PROGRESIVAS 396+000 - 397+000

CATEGORIA: SEGUNDA CLASE  
 ANCHO DE CALZADA: 6.80M

CALCULOS:

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

Longitud de curva 
$$L = 3V$$

RESUMEN

N° TCA	N°CURVA	PROGRESIVA		DATOS DE CAMPO		DATOS			ELEMENTOS GEOMETRICOS			
		INICIO	FIN	R	L	V	p	f	Rmin	Verificar	L	Verificar
5	20	396+129.08	396+180.94	120	51.86	40	0.08	0.17	50.39	CUMPLE	120	NO CUMPLE
	21	396+234.53	396+299.82	120	68.29	40	0.08	0.17	50.39	CUMPLE	120	NO CUMPLE
	22	396+586.5	396+674.14	80	87.64	40	0.08	0.17	50.39	CUMPLE	120	NO CUMPLE



## Evaluación de los accidentes en curva en los TCA

Tabla 42: Accidentes en curvas

ACCIDENTES EN CURVA							
	TRAMO	TCA1	TCA2	TCA3	TCA4	TCA5	TOTAL
RADIO DE CURVATURA	50	0	0	2	0	0	2
	70	0	0	1	0	0	1
	80	3	0	1	4	0	8
	100	0	4	1	0	3	8
	120	2	2	1	4	0	9
	140	0	1	0	0	2	3
	160	2	0	0	0	2	4
	180	0	0	2	0	0	2
	300	1	0	0	0	0	1
		8	7	8	8	7	38

Fuente: Elaboración propia

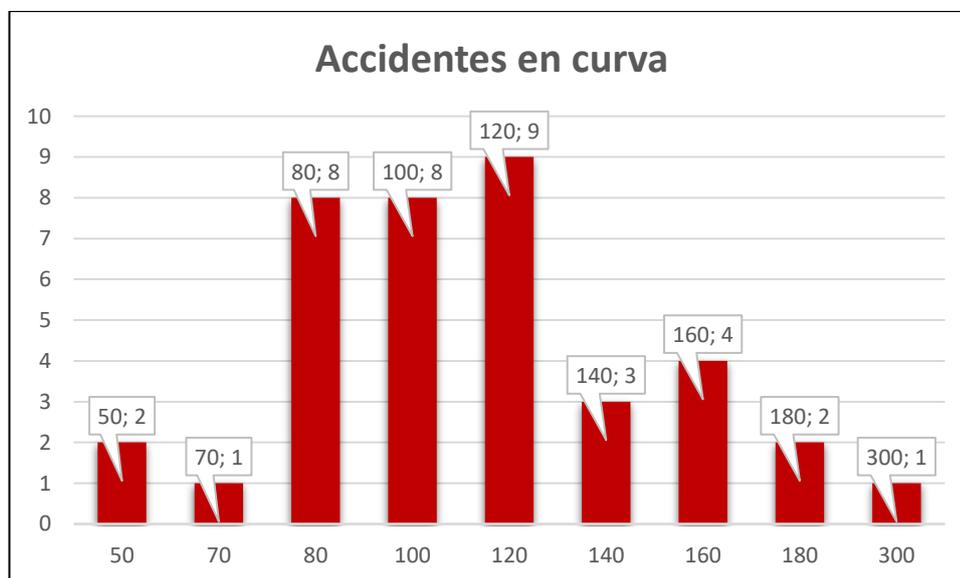


Gráfico 23: Accidentes en curva

Fuente: Elaboración propia

Si bien es cierto que, en los resultados estadísticos en páginas anteriores, se menciona que entre los años tres años 2016, 2017 y 2018 se produjeron 77 accidentes en total, nos referíamos al número de accidentes en curva y en tramos rectos.

Nuestra investigación apunta a la evaluación de los accidentes producidos en curva, lo que nos muestra la tabla 42 y en el gráfico 23, resultados que indican el acumulado de los accidentes en los 5 TCA, los cuales fueron 38 accidentes que corresponde al 49.35% del total de los accidentes.

En curvas cuyos radios son de 120 se produjeron 9 accidentes, en radios de 80 y 100 ocurrieron 8 accidentes respectivamente en cada uno; en radios de 160 se produjeron 4 y en radios de 140 fueron 3 accidentes; en los radios de 50 y 180 se presentaron 2 accidentes en cada uno y en los radios de 70 y 300 sólo han sido un accidente en cada caso.

## Evaluación de las señalizaciones en los TCA

Según el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras (2016), la función de las señales verticales es la de reglamentar, prevenir e informar al usuario de la vía, su utilización es fundamental principalmente en lugares donde existen regulaciones especiales, permanentes o temporales, y en aquellos donde los peligros no siempre son evidentes.

De acuerdo a la función que desempeñan, las señales verticales se clasifican en 3 grupos:

- **Señales Regulatoras o de Reglamentación:** Tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías, las prioridades, prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes, en el uso de las vías. Su incumplimiento constituye una falta que puede acarrear un delito.
- **Señales de Prevención:** Su propósito es advertir a los usuarios sobre la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal.
- **Señales de Información:** Tienen como propósito guiar a los usuarios y proporcionarles información para que puedan llegar a sus destinos en la forma más simple y directa posible. Además, proporcionan información relativa a distancias a centros poblados y de servicios al usuario,

kilometrajes de rutas, nombres de calles, lugares de interés turístico, y otros.

El uso adecuado de la señalización es fundamental para el funcionamiento eficiente y seguro del sistema vial. Una buena señalización permite percibir a los conductores, de forma oportuna, cambios en el trazo de la vía y su aproximación a zonas de riesgo tales como curvas de radio reducido y tramos de visibilidad limitada.

Fitzpatrick (2000) y Nodari (2003) indican los principios básicos para el uso de señales verticales.

- Localizar las señales verticales con suficiente antelación al punto de toma de decisión.
- Proveer tiempo de respuesta.
- Proveer información redundante, y evitar áreas donde la atención del conductor sea muy solicitada.

Odgen (1996), reporta estudios donde indican la reducción de frecuencia de accidentes entre 20 y 62 %, debido al uso adecuado de la señalización vertical; en cuanto a la severidad de los accidentes, se reportan decrecimientos de 29% de la tasa de fallecidos y 14% en la tasa de lesionados.

La evaluación de las señalizaciones de los 5 tramos de concentración de accidentes en la vía nacional ruta PE – 5N Von Humboldt km. 328+422

Aguaytia km. 403+822, se realizó principalmente en la evaluación de las señalizaciones horizontales que consisten principalmente en las demarcaciones, tachas y delineadores. Asimismo, las señalizaciones verticales.

### Tramo de concentración de accidentes N°1 (km. 375+000 al km. 376+000)

Según el recorrido en el presente tramo. Las señales verticales presentan moho, picaduras, requieren limpieza o reemplazo. La demarcación horizontal está desgastada, requiere repintado.



Foto 20: Señales de tránsito TCA N°1

**Tramo de concentración de accidentes N°2 (km. 402+000 al km. 403+000)**

Según el recorrido en el presente tramo. La señalización vertical no se encuentra en mantenimiento, presentan peladuras, roturas, moho, opacidad, deterioro del panel, requieren colocación de pernos, limpieza, mantenimiento y en algún caso reposición del panel. La señalización horizontal se encuentra bien.



Foto 21: Señales de tránsito TCA N°2

**Tramo de concentración de accidentes N°3 (km. 357+000 al km. 358+000)**

Según el recorrido en el presente tramo. La señalización vertical se encuentra en buen estado. La señalización horizontal se encuentra bien.



Foto 22: Señales de tránsito TCA N°3

**Tramo de concentración de accidentes N°4 (km. 383+000 al km. 384+000)**

Según el recorrido en el presente tramo. Las señales verticales presentan moho requieren limpieza. La demarcación horizontal está en buen estado.



Foto 23: Señales de tránsito TCA N°4

**Tramo de concentración de accidentes N°5 (km. 396+000 al km. 397+000)**

Según el recorrido en el presente tramo. Las señales verticales presentan roturas y requieren limpieza. La demarcación horizontal está en buen estado.



Foto 24: Señales de tránsito TCA N°5

## **CAPÍTULO IV**

### **DISCUSIÓN**

La investigación tuvo como objetivo Analizar las curvas horizontales y determinar su influencia en la accidentabilidad vial en la carretera nacional ruta PE - 5N Humboldt Km. 328+422 - Aguaytia Km. 403+822 en el periodo 2016 - 2018. Del mismo modo se busca: Determinar la relación que existe entre el radio de curvatura y la accidentabilidad vehicular. Determinar la relación que existe entre la longitud de la curva y la accidentabilidad vehicular. Y Diagnosticar la señalización actual de la carretera nacional ruta PE - 5N Humboldt Km. 328+422 - Aguaytia Km. 403+822.

Para tal efecto fue necesario realizar un seccionamiento y se establecieron dos estaciones de aforo: Von Humboldt y Aguaytia como lo hemos indicado en la tabla 13. De igual manera se fijó el flujo vehicular en la unidad de peaje de Ambo lo que nos permitió conocer el volumen medio diario anual (IMDA), como se indica en la tabla 15, tomando en cuenta las dos estaciones Aguaytia y Von Humboldt como se evidencian en las tablas 16 a la tabla 25 y los gráficos del 11 al 16, donde se detallan entre los resultados de: Resúmenes de conteo vehicular de ambas estaciones; factores de corrección diaria; volúmenes promedio semanal, IMDA; clasificación vehicular promedio, variación horaria y variación diaria por cada una de las dos estaciones.

Para lo referente a la información de accidentes de tránsito se tomaron los 75 tramos de estudio, la información policial registrada en las comisarías en cuya jurisdicción se encontró la vía en estudio y la base de datos del Instituto Nacional de Informática, además se contabilizaron los accidentes sucedidos en cada tramo durante los años 2016, 2017 y 2018 (tabla 26) que nos indica que en el año 2016 se produjeron 25 accidentes de tránsito, en el año 2017 fueron 22 y en el 2018 ocurrieron 30 accidentes, registrándose un total de 77 accidentes en total. También se constató que los meses donde se produjeron la mayor cantidad de accidentes fueron agosto (16), octubre (9), noviembre (8) y abril (7) respectivamente en orden descendente al número de los mismos, así lo indica la tabla 27 y el gráfico 17.

En la determinación de los tramos TCA utilizamos 5 métodos como el método de número de accidentes que se muestran en las tablas 30 y 31; Método tasa de accidentes (tabla 32); Método número – tasa (tabla 33); Método del control de calidad de tasa (tabla 34) y el método de índice de peligrosidad en cual no nos arrojó resultados objetivos.

Los demás métodos nos permitieron determinar 5 tramos de concentración de accidentes, a saber, son: Tramos del 375+376 y 402+403 fueron 7 accidentes en curva en cada tramo; en los tramos 357+358, 383+384 y 396+397 se contabilizaron 8 accidentes en curva por cada tramo; llegándose a registrar un total de 38 accidentes en curva en total durante los 3 años de estudio.

En cuanto a la evaluación de las causas de accidentes en los TCA, coincidimos con las teorías revisadas, pues ellas nos dicen que existen tres factores que influyen en la conducción y que pueden de manera conjunta o aislada ser la causa de un accidente: las personas (factor humano), los vehículos y las vías. En los accidentes de circulación aparecen bien aisladamente o bien interactuando entre sí, sin embargo, el peso relativo de cada uno de ellos es muy diferente.

Los datos estadísticos obtenidos de los partes policiales de accidentes muestran que el factor humano, considerado aisladamente, es el responsable de entre el 70 y 80% de los accidentes de tráfico. Le sigue el factor vía, con datos en torno al 15%. Los vehículos (generalmente fallos técnicos) están en tercer lugar, con un 5%. El resto de los accidentes serían debidos a interacciones conjuntas de uno, dos o de los tres elementos.

Las investigaciones y teorías, nos han enseñado que un accidente de circulación es el resultado de la coincidencia de una serie de circunstancias relacionadas con los usuarios, los vehículos, la infraestructura, el tráfico y el entorno que dan lugar a un suceso imprevisto. Está ampliamente constatado que, en un porcentaje muy elevado, el principal factor determinante está relacionado con el factor humano. Aun así, la mejora de las características de los vehículos y de la infraestructura puede contribuir a reducir la accidentalidad y sus consecuencias.

La tabla 35 nos indicó que en los 5 tramos de TCA el lugar donde se produjeron los accidentes fue en curvas horizontales y que la causa principal de los accidentes fue el exceso de velocidad; así mismo la tabla 36 nos indica que de los 38 (100%) de los accidentes en curva 18 (47.37%) se debieron por causa de despiste; 10 (26.32%) fueron consecuencias de choque; 9 (23.68%) tuvieron como causa la volcadura y 1(2.63%) fue ocasionado por atropello, datos que corroboran los estudios de otras investigaciones, lo que contrasta la hipótesis de investigación y se prueba que es válida, la misma que indica que las curvas horizontales si influyen sobre la accidentabilidad vial en la carretera nacional ruta PE – 5N Von Humboldt km. 328+422 – Aguaytia km. 402+822.

Al realizar la evaluación de los elementos geométricos de los TCA estamos tomando el aspecto de la infraestructura de la carretera, Norma DG 2018, es decir, si ésta tiene las especificaciones del Manual de carreteras. La infraestructura es uno de los principales elementos que intervienen en la seguridad de la circulación y actuando sobre ella, se podrían evitar y reducir las consecuencias de un gran número de accidentes. En este sentido, los Tramos de Concentración de Accidentes cobran una gran importancia, ya que son los tramos donde existe un mayor potencial de reducción de accidentalidad realizando actuaciones en infraestructura sobre ellos.

Aunque conocemos que en la mayoría de los accidentes suele haber concurrencia de factores, y el hombre es casi siempre el principal,

separaremos las causas en tres, según tenga la mayor incidencia en ése tramo de concentración de accidentes, la vía, el vehículo, o el hombre. El tipo de medida a realizar irá enfocado a éstas. En esta investigación nos hemos referido a la vía, más que a los otros dos.

- Las vías.

Las medidas de prevención irán referidas a las dos causas de la accidentalidad, a) por su morfología física, o, b) por el entorno.

a) Por su contorno físico, o sea, por su trazado, es una situación objetiva que requiere medidas de modificación estructural. Unas vías necesitarán medidas de ingeniería importante, como separación de carriles, construcciones de pasos a distinto nivel, circunvalación de casco urbano, y tal vez modificaciones de curvas, intersecciones o enlaces.

Otras pueden ser menos importantes de obra, y sin embargo ser una buena medida de prevención, como las preparaciones especiales en el firme de la calzada para evitar los deslizamientos, en unos casos, o disminuir la velocidad en otros. Igualmente, quitar obstáculos en la cercanía de curvas, etc., para mejorar la visibilidad; colocar carriles adicionales, para frenado en situaciones de emergencia en pendientes pronunciadas, o para vehículos lentos; colocación de isletas separadoras o direccionales para dirigir la corriente circulatoria, etc.

b) Y las medidas para mejorar el entorno, serán aquellas que intenten solucionar el problema detectado, que suele ser de dos categorías. Uno, por las circunstancias atmosféricas; y otro, por las condiciones que se dan en el terreno que está junto a la carretera. En el primer caso, hablaremos de medidas que mejoran la vía en caso de lluvia frecuente, niebla, hielo, luminosidad, túneles, etc., como estriado en la calzada, colocación de captafaros laterales, mojones indicativos, barreras antideslumbrantes, iluminación, etc.

Y en el caso de circunstancias que se dan en los alrededores de ése tramo, como grandes precipicios, emisiones de humos, oscuridad, cercanías de fábricas, industrias, escuelas, cascos urbanos, etc., habría que utilizar las medidas de colocar barreras de seguridad, mojones "quitamiedos", pantallas separadoras, iluminaciones de tramos, carriles de servicio, señales limitadoras de velocidad, señales informativas, etc.

Como vemos, toda ésta serie de medidas deben venir avaladas por los resultados que hemos obtenido del grupo correspondiente estudiado de los accidentes ocurridos en ése tramo de concentración de ellos. Hay que tener en cuenta que dichas obras debe realizarlas el Organismo titular de la vía, y habrá que documentar perfectamente la necesidad de realizar dichas medidas preventivas.

Todas las medidas anteriores reducirán esos tramos de concentración de accidentes, pero el factor más importante, el hombre, será el detonante de una prevención segura y continuada, si conseguimos que las medidas que se apliquen sobre dicho factor sean eficaces y persistentes.

El despiste, la fatiga, el exceso de velocidad o la falta de experiencia al volante dejan miles de vidas cada año en las carreteras. Sin embargo, la mejora de las infraestructuras y el enorme esfuerzo que los fabricantes de automóviles están realizando en mejorar la seguridad de los coches en los últimos años ha permitido reducir el porcentaje de siniestros de forma considerable. Por ello, aunque en la mayoría de los casos la negligencia es por parte de los conductores hay que mejorar en lo que respecta a la señalización y el trazado de algunas vías.

Un trazado peligroso, acompañado de una señalización defectuosa, puede dar respuesta, en algunos casos, al porqué del incremento registrado en el número de accidentes que se producen por esta causa, aunque en muchos casos sea el error humano el motivo. Ahi es dónde los Ingenieros de Tránsito deben volcar todos sus conocimientos, planeando, estudiando, proyectando, construyendo y administrando cada vez mejores sistemas viales, teniendo como lema la seguridad.

Se ha demostrado que son las curvas horizontales de radio inferior a los 400 metros donde se registran accidentes con mayor frecuencia que en

otros de menor curvatura. Además, queremos hacer la salvedad que la curva puede tener un radio cualquiera por ejemplo 120, 140, 160, 180, etc. Pero el arco de la curva puede ser pequeño por lo que se hace una curva cerrada, es por ello que, en nuestro estudio, sucedió que en las curvas cuyos radios son 120, 100 y 80 sucedieron la mayor cantidad de accidentes y en las curvas menores como de 70 y 50 y en las mayores como de 160, 180 y 300 se registraron la mitad o menos que en los casos anteriores.

Lo más peligroso para un conductor no es encontrarse una curva muy cerrada si acaba de trazar otra curva en los metros anteriores, sino que de repente, tras una recta larga se encuentre con una curva medianamente cerrada, es decir, el factor sorpresa puede convertir en peligroso un tramo que en otras circunstancias sería relativamente seguro. Por tanto, más que las propias características geométricas de un elemento de trazado, influye en la frecuencia de los accidentes su carácter aislado o habitual en un tramo de carretera.

Otro de los puntos críticos en cuanto a siniestralidad en carretera son las curvas. Son tramos de carretera con una velocidad segura claramente inferior a la velocidad segura en recta. Destacan especialmente las curvas en carreteras con dos sentidos de circulación, donde una velocidad excesiva o una distracción se traduce en una invasión parcial o total del sentido de circulación opuesto, produciéndose en muchos casos colisiones frontales de

nefastas consecuencias para la integridad de las personas que circulan en los respectivos vehículos.

Un aspecto fundamental en esta problemática radica en que no todos los conductores consiguen percibir todas las señales de limitación de velocidad. Es más, un conductor necesita un tiempo personal para cambiar tanto su velocidad como su forma de conducir. Este tiempo es totalmente independiente del vehículo que estemos conduciendo. De este modo, si después de un tramo de uno o dos kilómetros nos encontramos con una curva cerrada, no tenemos tiempo psicológico suficiente para ajustar la conducción a las necesidades que exige el trazado de la vía en ese momento.

Por tanto, es mucho más importante conseguir trazados homogéneos que no otros que, aunque de media puedan admitir velocidades elevadas escondan tras de sí trampas mortales como pueda ser una curva cerrada tras una gran recta. Otro de los peligros de las curvas es la visibilidad, es decir, la posibilidad de ver todo el desarrollo de la curva cuando nos encontramos en medio de ella. Por ello, son tan peligrosas las curvas alrededor de un montículo, donde la visibilidad limitada no permite ver su desarrollo. Este hecho se debería traducir en la prohibición de proyectar curvas de creciente curvatura en aquellos casos en los que el conductor no pueda ver el desarrollo del trazado.

El estado del pavimento, este factor juega un papel importantísimo cuando la calzada está mojada, especialmente en aquellos puntos en los que los vehículos han de modificar su velocidad o su trayectoria. El mal estado del pavimento puede dar lugar a accidentes al dificultar la conducción, llegando incluso a causar averías en el vehículo. Sin embargo, tal y como dicta la teoría del riesgo constante, en estos tramos en mal estado los conductores suelen reducir la velocidad y prestar mayor atención, lo que es positivo desde el punto de vista de la seguridad. Se ha observado frecuentemente que en carreteras de trazado tortuoso la mejora del estado del pavimento, sin modificar el trazado, ha dado lugar a un aumento en el número de los accidentes porque al poder circular los conductores con más comodidad, aumentan su velocidad por encima de lo conveniente para las condiciones del trazado

Finalmente, en cuanto a la señalización, sabemos que la finalidad principal de la señalización de carreteras es la de suministrar a los conductores información necesaria o útil, en el momento y lugar que la precisen. Es un complemento indispensable tanto para aproximarse a la óptima utilización de la vía como para la seguridad del usuario. Así, podríamos decir que la señalización debe atender a tres propósitos: Advertir de la existencia de posibles peligros que de otra forma podríamos ignorarlos, con las graves consecuencias que ello acarrearía. Comunicar las reglamentaciones a cumplir en un determinado tramo de carretera. Y

suministrar indicaciones que permitan informar al conductor de las condiciones del entorno (itinerarios, hospitales...).

Por ello, si queremos cumplir con lo anteriormente mencionado, el sistema de señalización ha de conseguir que la información que se transmite aparezca de forma comprensible, empleando un código que todos los conductores puedan comprender. Además, la información debe de ser presentada de forma que llame la atención a sus destinatarios, evitando que esta pueda ser confundida con otros anuncios de tipo publicitario. Otro aspecto de máxima importancia reside en la ubicación de la señal: debe estar situada en el lugar preciso en el que el conductor pueda necesitarla, de forma que el conductor disponga del tiempo necesario para realizar las maniobras oportunas. Por último, la información que se suministre debe tener algún interés y ser creíble, pues de lo contrario, los conductores las ignorarán.

Al evaluar los TCA en lo referente a la señalización hemos podido constatar lo siguiente:

Tabla 43: Señalización de los TCA

RUTA NACIONAL VIAL 5N - PE VON HUMBOLDT - AGUAYTIA				
TRAMO i	PROGRESIVA		DESCRIPCIÓN	
	INICIO	FIN	VERTICALES	HORIZONTALES
T48	375	376	Moho, picaduras requieren limpieza o reemplazo	Demarcación desgastada, requiere repintado
T75	402	403	Picaduras, roturas, moho, opacidad, deterioro del panel, requiere pernos, limpieza, mantenimiento y reposición de panel	Buen estado

T30	357	358	Buen estado	Buen estado
T56	383	384	Presentan moho y requieren limpieza.	Buen estado
T69	396	397	Presentan roturas y requieren limpieza	Buen estado

Fuente: Elaboración propia

Hemos podido contrastar que la señalización vertical presenta anomalías en 4 de los 5 tramos TCA, mientras que la señalización horizontal está en buen estado en 4 de los 5 tramos TCA. La teoría al respecto de las señalizaciones de tránsito es muy clara en lo referente a cómo de ser y cómo de estar, en tal sentido si 4 (80%) de los 5 tramos verticales presentan deterioros de algún tipo y revisando los datos de la infraestructura vial que en algunos casos no está de acuerdo a las normas estipuladas por el DG 2018 es preciso validar y aceptar la hipótesis específica alterna que afirma: La señalización si influye en la accidentabilidad vehicular de la vía nacional ruta PE - 5N tramo Von Humboldt Km. 328+422 - Aguaytia Km. 403+822, tramo sujeto del presente estudio. Además, coincide con la investigación de Chambi y Suaña (2017) realizada en Puno, que en una de sus conclusiones dice: Existe relación directa entre las señalizaciones y los tramos de concentración de accidentes de tránsito, sin embargo, estas se pueden disminuir con la mejora y la adición de señalizaciones horizontales y verticales que adviertan la existencia de un TCA.

## **Propuesta de acciones de mejora en los tramos de concentración de accidentes**

### **Generalidades**

Habiéndose realizado la evaluación de los tramos de concentración de accidentes tránsito en la vía nacional ruta PE – 5N Von Humboldt km. 328+422 a Aguaytia km. 403+822, se han encontrado deficiencias tanto en el diseño geométrico y en los dispositivos de control de tránsito.

En el análisis de la correlación Pearson. Se pudo observar una correlación significativa entre el Índice Medio Diario Anual (IMDA) y el número de accidentes de tránsito. Por lo que urge la propuesta de acciones de mejora.

Con respecto al radio de curvatura se pudo observar que no cumplen con lo especificado según la normatividad vigente, por lo tanto, sería necesario un replanteo en el diseño geométrico y obras de mejoramiento.

En cuanto a la evaluación del diseño y ubicación de los dispositivos de control del tránsito de los tramos de concentración de accidentes de tránsito en la vía nacional ruta PE – 5N Von Humboldt – Aguaytia, se ha realizado con el propósito de contribuir al mejoramiento en el control y ordenamiento del tráfico, en concordancia con lo señalado en el manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras, así también el manual de seguridad vial del ministerio de transportes y comunicaciones en vigencia.

### **Acciones de mejora**

En concordancia con la evaluación realizada a los tramos de concentración de accidentes se ha visto por conveniente dotar al tramo considerado TCA con adecuados dispositivos de señalización y seguridad vial para brindar una mayor seguridad de movimiento vehicular en la vía y consecuentemente evitar y/o minimizar los accidentes de tránsito, dado que en la actualidad no existe una señalización completa y cuidadosa de la vía en estudio.

### **Medida de mitigación a corto plazo**

La colocación de señales verticales, de acuerdo a la normatividad vigente, considera la identificación, ubicación, cercanía y causas de un tramo de concentración de accidentes.

Según el plan para el tratamiento de tramos de concentración de accidentes en la red de carreteras del estado tiene como objetivo incrementar la seguridad en todos los modos de transporte y, en el caso de las carreteras, la atención permanente a la seguridad vial.

Teniendo en cuenta el plan de tratamiento de tramos de concentración de accidentes en la red de carreteras del estado y el manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carretera a continuación se muestra la propuesta de la señalización vertical que se ubicará en el principio y final de los tramos de concentración de accidentes.

Las dimensiones que se toman en cuenta para las señalizaciones propuestas en la presente investigación son los siguientes: Ancho: 2.65 m; Largo: 2.80 m. Las señales se muestran en los gráficos 23 y 24.



Gráfico 24: Señal de aviso de inicio de tramo TCA

Fuente: Chambi y Suaña (2017)



Gráfico 25: Señal de aviso de término de TCA

Fuente: Chambi y Suaña (2017).

**Medida de mitigación a largo plazo**

El Consejo Nacional de Seguridad Vial, como organización pública líder en materia de seguridad vial, considera, dentro de sus competencias, que su misión principal es la mejora de la seguridad vial y su consiguiente reducción de los índices de siniestralidad, como entidad perteneciente al Ministerio de Transportes y Comunicaciones, deberá realizar las siguientes acciones:

Establecer una Dirección de Seguridad Vial del Perú, que se encargue de implementar un plan de seguridad vial participativo, con la intervención de las entidades inmersas en seguridad vial como: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Policía Nacional del Perú, Ministerio de Salud y otras, a fin coordinar actividades con el fin de mitigar los accidentes de tránsito en los Tramos de Concentración de Accidentes.

## CONCLUSIONES

- La accidentabilidad vial de la ruta Nacional PE - 5N Von Humboldt Km. 328+422 - Aguaytia Km. 403+822., del departamento de Ucayali, en relación con el radio de curvatura como factor principal de riesgo fue analizado, identificándose 5 tramos de concentración de accidentes de tránsito (TCA), aplicando la metodología utilizada. Lográndose determinar que en 3 de ellos las curvas horizontales si influyen en la accidentabilidad vial de la ruta indicada.
- El radio de curvatura de la carretera influye significativamente en la accidentabilidad vial generando tramos de concentración de accidentes, puesto que los elementos geométricos de las curvas de los TCA no cumplen con las especificaciones de diseño geométrico indicado en el manual DG-2018. Lo que valida la primera hipótesis alterna específica y rechaza la hipótesis nula.
- La longitud de la curva influye significativamente en la accidentabilidad vial generando tramos de concentración de accidentes, dado que a menor longitud de curva o curvas cerradas existe mayor posibilidad de despiste, choque o volcadura, como lo hemos visto en los resultados estadísticos, lo que valida la segunda hipótesis específica alterna y rechaza la hipótesis nula.
- Existe relación directa entre la señalización y los tramos de concentración de accidentes de tránsito, sin embargo, estas se pueden disminuir con la

mejora y la adición de señales horizontales y verticales que adviertan la existencia de un TCA.

- Las acciones de mejora en los tramos de concentración de accidentes, está en elaborar un plan de mitigación a corto y largo plazo. La implementación de señales verticales y horizontales como un plan a corto plazo y un trabajo coordinado del Consejo Nacional de Seguridad Vial con las entidades pertinentes como un plan a largo plazo.

## RECOMENDACIONES

**Primero:** Continuar con la investigación, realizando estudios de tramos de concentración de accidentes de tránsito en otros tramos en la región de Ucayali, con el fin de que en un futuro se pueda tener un mapa de puntos críticos a evaluar para así reducir y/o mitigar la tasa de accidentes.

**Segundo:** El Ministerio de Transportes y Comunicaciones debería implementar metodologías que permitan determinar los tramos de concentración de accidentes de tránsito para plantear las acciones de mitigación de las mismas, el mismo que deberían ser validadas en el país.

**Tercero:** Implementar los resultados de la investigación indagando otras causas de la accidentabilidad

## BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, J. (2015). Índices de severidad para auditorías de seguridad vial en carreteras colombianas. *Revista Virtual Universidad Católica Del Norte*, (44), 203-21. Recuperado de <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=101332420&lang=es&site=ehost-live>
- Algora, A., Russo, M., Suasnavas, P., Merino, P. y Gómez, A. (2017). Tendencias de los accidentes de tránsito en Ecuador: 2000-2015. *Revista Gerencia y Políticas De Salud*, 16(33), 52-58. doi:<http://dx.doi.org/10.11144/javeriana.rgps16-33.tate>
- Bonilla, F. y Gutiérrez, M. (2014). Injuries are not accidents: towards a culture of prevention. *Colombia Medica*, 45(3), 127-30. Recuperado de <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=98885400&lang=es&site=ehost-live>
- Cabrerizo, J. y Pérez, F. (2016). Manual para la investigación y reconstrucción de las causas de accidentes de tráfico. España: Wolters Kluwer. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bibudlimasp/detail.action?docID=4870354>.
- Cárdenas, D. y Echaveguren, T. (2015). Comparison of consistency assessment models for isolated horizontal curves in two-lane rural highways. *Dyna*, 82(194), 57-65. doi:10.15446/dyna.v82n194.44476
- Castillo, H. (2013). Análisis de riesgo de seguridad vial en la nueva carretera costanera en el tramo Pueblo Nuevo (ciudad de Ilo)-Fundición Southern Perú Copper Corporation (Tesis de licenciatura) Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. Recuperado de [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/2037/1/castillo\\_mh.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/2037/1/castillo_mh.pdf)
- Chambi, J y Suaña, C. (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 para optar el título de ingeniero civil. Universidad Nacional del Altiplano. Puno – Perú.
- Contreras, C. y Rivera, C. (2013). Desarrollo e implantación de un plan sistemático de seguridad vial. *Revista Internacional De Desastres Naturales, Accidentes E Infraestructura Civil*, 13(1), 119-28. Recuperado de

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=91539466&lang=es&site=ehost-live>

- Esplana, S. y Ruben, E. (2017). Evaluación de la capacidad estructural y funcional del pavimento según la norma peruana de pavimentos, durante el proceso de construcción carretera Huancavelica-Lircay, periodo 2016. Recuperado de <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1068>
- García, A., Camacho, F., Pérez, A. y López, M. (2013). Nuevo proceso de diseño geométrico seguro de carreteras convencionales. Carreteras, 4(191), 31-46. Recuperado de <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=9327595&lang=es&site=ehost-live>
- Gómez, J. y Serna, S. (2014). Metodología para un plan local de seguridad vial - modos no motorizados: caso Medellín. Ingeniería Solidaria, 10(17), 175-8. doi:10.16925/in.v10i17.878
- Hervás, J. (2011). Investigación de accidentes de tráfico. Recuperado de [http://www.policiacanaria.com/sites/.../investigacion\\_accidentes\\_de\\_trafico\\_01-10-2011.pdf](http://www.policiacanaria.com/sites/.../investigacion_accidentes_de_trafico_01-10-2011.pdf)
- Huamancayo, C. (2012). Análisis y evaluación de tramos de concentración de accidentes de tránsito y propuesta de mitigación en la Vía Libertadores-Ayacucho (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. Recuperado de <http://repositorio.uni.edu.pe/handle/uni/1334>
- INEI (2017). Flujo vehicular por unidades de Peaje. Informe Técnico N° 02 – diciembre.
- INEI (2018). Flujo vehicular por unidades de Peaje. Informe Técnico N° 03 – marzo.
- Tafur, R. e Izaguirre, M. (2015). Como hacer un proyecto de investigación. Alfaomega – Bogotá.
- Torres y Aranda. (2015). Inspecciones De Seguridad Vial (Tesis de Licenciatura).
- Chambi y Suaña (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 Licenciatura).

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. Mc Graw Hill Education. Sexta edición – México.

Jetha, L. (2017). Accident Prevention: 4 safety improvement technologies you should consider. Busride Magazine, 53(7), 47. Recuperado de <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=125747209&lang=es&site=ehost-live>

Loaiza, C., Holguín, J. y Escobar, D. (2016). Análisis comparativo de alternativas viales entre Manizales y Mariquita (Colombia) a través de un estudio de accesibilidad territorial. Información Tecnológica, 27(5), 231-42. doi:10.4067/S0718-07642016000500024

Mamani, C., Vizney, J. y Suaña, C. (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 Licenciatura). Universidad Nacional del Altiplano, Lima, Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2018). Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018. Recuperado de [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf)

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2017). Plan estratégico nacional de seguridad vial PENsv 2017-2021. Recuperado de <https://www.mtc.gob.pe/cnsv/documentos/PlanEstrategico.PDF>

Monclús, J. (2008). Marcos metodológicos para políticas y trabajos de seguridad vial. Revista De Fomento Social, 63(251), 509-546. Recuperado de <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=40085279&lang=es&site=ehost-live>

Rodríguez, J., Ariza, L. y Florez, C. (2017). Patrones de Uso de Cinturón de Seguridad Vial en Dos Ciudades de Colombia. Archivos De Medicina, 13(2), 1-9. Doi:10.3823/1355

- Rodríguez, J., Camelo, F. y Chaparro, P. (2017). Seguridad vial en Colombia en la década de la seguridad vial: resultados parciales 2010-2015. *Revista Salud UIS*, 49(2), 290-9. doi:10.18273/revsal.v49n2-2017002
- Sagástegui, F. (2010). Supervisando la seguridad vial en el Perú. *Revista Peruana De Medicina Experimental Y Salud Pública*, 27(2), 255-259. Recuperado de <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=52416379&lang=es&site=ehost-live>
- Sánchez, F. (2008). Actitudes frente al riesgo vial. *Psychosocial Intervention / Intervencion Psicosocial*, 17(1), 45-59. Recuperado de <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=34667369&lang=es&site=ehost-live>
- Scott, B. (2008). How is your agency prepared to respond to accidents that happen with your vehicles?. *Mass Transit*, 34(4), 46-48. Recuperado de <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=b9h&AN=32109681&lang=es&site=ehost-live>
- Sosa, T., Rodríguez, S. y Pérez, A. (2015). Valoraciones sobre la gestión del sistema de seguridad vial en Cuba. *Infociencia*, 19(4), 1-12. Recuperado de <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=111895617&lang=es&site=ehost-live>
- Tena, J. (2013). El impacto de las nuevas políticas de seguridad vial sobre la conducta de los conductores. *Aposta*, (57), 1-35. Recuperado de <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=90645343&lang=es&site=ehost-live>

**ANEXO Nº 1 Matriz de Consistencia**  
**EVALUACIÓN DEL RADIO DE CURVATURA EN LA ACCIDENTABILIDAD EN LA CARRETERA NACIONAL RUTA PE – 5N VON HUMBOLDT KM. 328+422 - AGUAYTIA KM. 403+822 EN EL PERIODO 2016 - 2018 EN EL DEPARTAMENTO DE UCAYALI**

<b>MATRIZ DE CONSISTENCIA:</b>						
<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	<b>POBLACIÓN Y MUESTRA.</b>	<b>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</b>
<p><b>Problema general</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿En qué medida las curvas horizontales de la carretera nacional ruta PE - 5N Von Humboldt Km. 328+422 - Aguaytia Km. 403+822 tienen influencia en la accidentabilidad vehicular en el periodo 2016-2018?</li> </ul> <p><b>Problemas específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Los radios de curvatura tienen influencia directa en los accidentes de carretera?</li> <li>¿Existirá una relación entre la accidentabilidad de la vía y la longitud de la curva?</li> <li>¿La disposición de la señalización en la carretera nacional ruta PE - 5N Von Humboldt Km. 328+422 - Aguaytia Km. 403+822 tendrán una relación directa con la accidentabilidad de la carretera?</li> </ul>	<p><b>Objetivo general.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Analizar las curvas horizontales y determinar su influencia en la accidentabilidad vial en la carretera nacional ruta PE - 5N Humboldt Km. 328+422 - Aguaytia Km. 403+822 en el periodo 2016 - 2018.</li> </ul> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar la relación que existe entre el radio de curvatura y la accidentabilidad vehicular.</li> <li>Determinar la relación que existe entre la longitud de la curva y la accidentabilidad vehicular.</li> <li>Diagnosticar la señalización actual de la carretera nacional ruta PE - 5N Humboldt Km. 328+422 - Aguaytia Km. 403+822.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis general</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Las curvas horizontales influyen sobre la accidentabilidad vial en la vía nacional ruta PE - 5N tramo Von Humboldt Km. 328+422 - Aguaytia Km. 403+822.</li> </ul> <p><b>Hipótesis específicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ha1: Los radios de curvatura si influyen en la accidentabilidad vial en la vía nacional ruta PE - 5N tramo Von Humboldt Km. 328+422 - Aguaytia Km. 403+822.</li> <li>Ho1: Los radios de curvatura no influyen en la accidentabilidad vial en la vía nacional ruta PE - 5N tramo Von Humboldt Km. 328+422 - Aguaytia Km. 403+822.</li> <li>Ha2: La longitud de la curva si influye sobre la accidentabilidad vial en la vía nacional PE - 5N tramo Von Humboldt Km. 328+422 - Aguaytia Km. 403+822.</li> <li>Ho2: La longitud de la curva no influye sobre la</li> </ul>	<p><b>Variable independiente</b></p> <p>Curva horizontal</p> <p><b>Variable dependiente</b></p> <p>Accidentabilidad vial.</p>	<p><b>Tipo de investigación</b></p> <p><b>Enfoque.</b></p> <p>El presente estudio tiene un enfoque cuantitativo</p> <p><b>Alcance o nivel</b></p> <p>De nivel descriptivo, de tipo aplicada y constituye una investigación de campo</p> <p><b>Diseño.</b></p> <p>El presente estudio tiene un diseño no experimental, transversal correlacional.</p>	<p><b>Determinación del universo</b></p> <p>El universo corresponde a la carretera PE-5N Aguaytia – Von Humboldt donde se analizarán los radios de giro y número de accidentes entre los años 2016 y 2018.</p> <p><b>Selección de la muestra</b></p> <p>La muestra fue seleccionada intencionalmente, de la data proporcionada por las entidades correspondientes y el conservador vial de la carretera en mención.</p> <p>A saber son 75 tramos correspondientes a 75 kilómetros</p>	<p>En función a la metodología de carreteras</p> <p>El DG 2018</p> <p>Los métodos de TCA</p> <p>Todo será procesado a través del programa SPSS Estatic 22.0 y Excell</p>

		<p>accidentabilidad vial en la vía nacional PE - 5N tramo Von Humboldt Km. 328+422 - Aguaytia Km. 403+822.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ha3: La señalización si influye en la accidentabilidad vehicular de la vía nacional ruta PE - 5N tramo Von Humboldt Km. 328+422 - Aguaytia Km. 403+822.</li><li>• Ho3: La señalización no influye en la accidentabilidad vehicular de la vía nacional ruta PE - 5N tramo Von Humboldt Km. 328+422 - Aguaytia Km. 403+822.</li></ul>				
--	--	--	--	--	--	--

## ANEXO Nº 02 FORMATO DE REGISTRO TÉCNICO DE ACCIDENTES VIALES

<b>FORMATO DE REGISTRO TECNICO DE ACCIDENTES VIALES</b>									
<b>1. INFORMACION GENERAL</b>									
<b>1. INFORMACION GENERAL</b>									
Jefatura Zonal	Ucayali								
Jefe Zonal	Ing. Carlos Alberto Davila								
Responsable del Informe:	Ing. Fulton Panduro Gonzales - Jefe SSOMA								
Fecha de Siniestro	09/07/2018	Fecha del Informe	10/07/2018						
Fecha de Inspección	09/07/2018	Hora de Inspección	03:10:00 p.m.	A:3:30:00 PM					
<b>2. DEL ACCIDENTE</b>									
Región:	Ucayali	Departamento:	Ucayali	Distrito: Padre Abad					
Carretera:	Carretera Federico Basadre		Ruta*: PE-5N	Kilometraje* 402+500					
Fecha:	09/07/2018	Día: (Hábil/Feriado/Festivo)	Hábil						
Hora:	11:15:00 a.m.	Clima (Despejado/Nublado/Neblina/Llovizna/Lluvia)	DESPEJADO						
Condición del Pavimento:	BUENA								
<b>3. TIPO DE ACCIDENTE</b>									
Vuelco	<input type="checkbox"/>	Caída	<input type="checkbox"/>	Atropello a peatón	<input type="checkbox"/>	Choque Frontal	<input type="checkbox"/>	Choque con animal	<input type="checkbox"/>
Choque Perpendicular	<input checked="" type="checkbox"/>	Choque con objeto	<input type="checkbox"/>	Choque Lateral	<input checked="" type="checkbox"/>	Despiste	<input type="checkbox"/>		
Tipo de Vehículo (s) involucrado (s):	camabaja, cargador frontal, tractor oruga y camion plataforma								
<p>El accidente se produjo al aproximarse al Km 402+500 ocurrido al promediar las 11.15 AM. Entre un cargador frontal que venia siendo remolcado en una camabaja que se diriguia a la ciudad de aguaytia y un forestal que también estaba siendo remolcado por un camion plataforma que se diriguia a la ciudad de pucallpa. Al aproximarse a la curva ambos vehiculos y el tamaño de las unidades hizo que chocaran lateralmente dejando solo daños materiales.</p>									
<b>4. DESCRIPCION DEL LUGAR DEL ACCIDENTE</b>									
Tramo Tangente	<input type="checkbox"/>	Curva Horizontal	<input checked="" type="checkbox"/>	Curva Vertical	<input type="checkbox"/>				
Calzada	<input type="checkbox"/>	Berma	<input type="checkbox"/>	Puente	<input type="checkbox"/>				
Túnel	<input type="checkbox"/>	Zona Rural	<input type="checkbox"/>	Zona Urbana	<input checked="" type="checkbox"/>				
Semiurbana	<input type="checkbox"/>	Cruce con calle	<input type="checkbox"/>	Ovalo	<input type="checkbox"/>				
Otro (Especificar)									
CROQUIS Y FOTOS (Puede adjuntar planos)									
									
<p>* Según clasificador de rutas  ** La precisión del kilometraje debe ser conveniente para los fines del estudio, con el Km. 0+000 al inicio de ruta: <b>La zona del accidente cuenta con la geometría vial de acuerdo a la normatividad vigente.</b></p>									



## **FORMATO DE REGISTRO TECNICO DE ACCIDENTES VIALES**

### **2. INFORMACION DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL (CONTINUACION)**

#### **6. SEÑALIZACION HORIZONTAL**

Tipo / Estado	Bueno	Regular	Malo	No Existe	Observaciones
Línea Central	X				
Línea Continua Lateral	X				
Tachas Centrales	X				Espaciamiento (m)
Tachas Laterales	X				Espaciamiento (m)
Captafaros	X				Espaciamiento (m)
Otros (especificar)					

#### **7. SISTEMAS DE CONTENCIÓN**

Señal	Tipo	Progresiva De	Hasta	Longitud (m)	Lateral / Central	Estado
Guardavía						
De Concreto						
Otros						

#### **8. ZONA DE PELIGRO U OBSTACULOS LATERALES**

Zona de Peligro (*)	Progresiva	Distancia al borde de la Calzada (m)	Dimensiones (m)	Observaciones (señalizada)

(\*) Zona de Peligro: lugar considerado como riesgo de accidente (obstáculos fijos o insalvables como: postes de concreto, árbol, señal, borde de terraplen o taludes pronunciados, cabezales de muro o alcantarillas, vivienda, muro, cunetas laterales, etc)

#### **9. OBRAS DE ARTE Y DRENAJE**

Tipo	Progresiva De	Hasta	Dimensiones (m)	Observaciones

Tipo: Cunetas triangulares, rectangulares, trapezoidal, muro de contención, alcantarilla, etc

#### **10. INFRAESTRUCTURA IMPACTADA**

Cuneta revestidas se encuentran dañadas en una longitud de 8 m

De precisar con mayor detalle adjuntar hojas



**FORMATO DE REGISTRO TECNICO DE ACCIDENTES VIALES**

**3. COMENTARIOS**

**1. ESTIMACION DE PROBABLES CAUSAS**

La causa principal del accidente la excesiva velocidad en la que se desplazaban los conductores y la imprudencia.

**2. CONCLUSIONES**

Como resultado del accidente, afortunadamente solo queda daños materiales.

**3. RECOMENDACIONES**

Campañas de sensibilización a conductores: Capacitación en manejo defensivo.

  
 Ing. Faltón Paredre Gonzalez  
 CIP: 155059  
 ESPECIALISTA EN IMPACTO AMBIENTAL  
 CORREOS VIAL PTE. PUNAYAS - AGUAYTA - PUGALLA

Firma y Sello del Responsable del Informe

Jefe zonal

*De precisar con mayor detalle adjuntar hojas*