

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



**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

PRESENTADO POR:

JORGE VIZNEY CHAMBI MAMANI
CHARLES ANTONY SUAÑA VILCA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERU

2017

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

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 PRESENTADA POR:

JORGE VIZNEY CHAMBI MAMANI
CHARLES ANTONY SUAÑA VILCA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL



FECHA DE SUSTENTACIÓN: 29 DE DICIEMBRE DEL 2017

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE

:

.....

Ing. WALTER HUGO LIPA CONDORI

PRIMER MIEMBRO

:

.....

Ing. GLENY ZOILA DE LA RIVA TAPIA

SEGUNDO MIEMBRO

:

.....

Ing. HERNAN PARMENIO COLORADO HUANCA

DIRECTOR DE TESIS

:

.....

D.Sc. FELIX ROJAS CHAHUARES

TEMA: Tramos de concentración de accidentes de tránsito

AREA: Transporte

LINEA DE INVESTIGACIÓN: Transporte y gestión vial

DEDICATORIA

A mi madre la Sra. MÁXIMA, por darme la vida, amarme, Confiar en mí y por el Apoyo incondicional durante mi formación profesional.

A mi segunda madre la Sra. VALERIANA, por guiarme siempre por el camino correcto, por ser mi sabia consejera y por el Apoyo incansable durante mi formación profesional.

A mi hermanito DAVID, por ser el motivo de mi vida, por tantos los momentos felices juntos y por su inmenso cariño.

Al Sr. HENRY, por haberme apoyado en todo momento, Por sus consejos y por la motivación constante que me ha brindado.

A todos mis familiares y amigos quienes siempre me han brindado su apoyo incondicional.

Jorge Vizney Chambi Mamani

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a mis padres, por permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi madre LUCILA, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional.

A mi padre SIXTO, que, a pesar de nuestras de tantas diferencias, siempre llegamos a un acuerdo, también por su apoyo de forma directa e indirecta en mi formación profesional.

A mis hermanos, por compartir muchos momentos de alegría y tristeza, siempre están dispuestos a escucharme y ayudarme en cualquier momento.

Charles Antony Suaña Vilca

AGRADECIMIENTO

Nuestro más profundo agradecimiento y reconocimiento:

A la Universidad Nacional del Altiplano, por habernos acogido en sus claustros universitarios contribuyendo en nuestra formación profesional.

A la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, especialmente a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil; que contribuyeron en cada etapa de nuestra formación profesional.

A nuestra familia por el apoyo brindado no solo durante el desarrollo de la presente investigación sino a lo largo de toda nuestra formación universitaria.

A nuestro asesor, quien encamino el desarrollo del presente, aportando con su conocimiento y experiencia profesional.

A los señores miembros de jurado evaluador cuyos argumentos, críticas y profesionalismo fueron aporte en esta tarea, por su rectitud en su profesión como docente, por sus consejos que ayudan a formarnos como persona e investigador.

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

Jorge V. & Charles A.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción.....	19
1.2. Planteamiento del problema	20
1.3. Hipótesis de la investigación	21
1.3.1. Hipótesis general.....	21
1.3.2. Hipótesis específicas.....	21
1.4. Objetivos de la investigación.....	22
1.4.1. Objetivo general.....	22
1.4.2. Objetivos específicos	22

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación.....	23
2.2. Bases teóricas.....	27
2.2.1. Accidente de tránsito.....	27

2.2.2. Tipos de accidentes de tránsito	28
A) Atropello:.....	28
B) Choques:	28
C) Volcaduras:	28
D) Despiste	28
E) Caída de pasajeros:	29
2.2.3. Causas de los accidentes de tránsito	29
A) Debido a la carretera.....	29
B) Causas debidas a factores ambientales	29
C) Causas debido a fallas mecánicas.....	30
D) Causas debidas a factores humanos	30
2.2.4. Clases de accidentes de tránsito.....	30
A) Accidentes de tránsito simple.....	30
B) Accidentes de tránsito múltiple.	32
C) Accidentes de tránsito mixtos.....	35
D) Accidentes de tránsito en cadena	35
2.2.5. Seguridad vial	35
2.2.6. Puntos negros	36
2.2.7. Tramos de concentración de accidentes de transito.....	37
2.2.8. Identificación de TCA según ley provincial de transito N° 8560... 38	
A) Método del índice de peligrosidad (IP).....	38

2.2.9. Identificación de TCA según método del Transportation Research Board (TRB) (EEUU)	41
A) Método del número o frecuencia de accidentes	42
B) Método de la tasa de accidentes	48
C) Método del número – tasa	54
D) Método del control de calidad de la tasa	60
2.2.10. Características del tránsito	68
A) Volumen de tránsito	68
B) Volumen de tránsito absoluto o totales	68
C) Volumen de tránsito promedio diarios.	69
D) Características de los volúmenes de tránsito.....	70
2.2.11. Diseño geométrico de vía	71
A) Generalidades.	71
B) Clasificación de las carreteras	72
C) Velocidad de diseño del tramo homogéneo	74
D) Elementos de la sección transversal	76
E) Diseño geométrico en planta y perfil.....	79
2.2.12. Señales de tránsito.....	83
A) Señales verticales	84
B) Señalización horizontal	85

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo de investigación.....	90
3.2. Nivel de investigación	90
3.3. Población y muestra de estudio	91
3.3.1. Población.....	91
3.3.2. Muestra.....	91
3.4. Método de recolección de datos	91
3.5. Procedimientos de recolección de información.....	92
3.5.1. Registro de accidentes de tránsito.....	92
3.5.2. Información de flujo vehicular	92
3.5.3. Datos de elementos geométricos de los TCA.....	92

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción de la vía de estudio.....	93
4.1.1. Datos generales	93
A) Ubicación política.....	93
B) Ubicación geográfica.....	93
C) Área de influencia del estudio	94
4.2. Estudio volumétrico.....	95

4.2.1. Ubicación de peajes de control	95
A) Unidad de peaje Caracoto	95
4.2.2. Flujo vehicular unidad de peaje Caracoto – Illpa	96
4.3. Información de datos de accidentes de tránsito	98
4.4. Análisis de correlación de accidentes de tránsito y flujo vehicular .	100
4.5. Identificación de tramos de concentración de accidentes	101
4.5.1. Método del índice de peligrosidad.....	104
4.5.2. Método del número o frecuencia de accidentes.....	108
4.5.3. Método de la tasa de accidentes.....	112
4.5.4. Método del número – tasa de accidentes	117
4.5.5. Método del control de calidad de la tasa	119
4.6. Análisis y evaluación de los tramos de concentración de accidentes	124
4.7. Evaluación de los tipos de accidentes en TCA con la base de datos INEI	125
4.8. Evaluación de los elementos geométrico de los TCA.....	131
4.9. Evaluación de las señalizaciones en los TCA	143
4.10. Propuesta de acciones de mejora en los tramos de concentración de accidentes	155
4.10.1. Generalidades.....	155
4.10.2. Acciones de mejora.....	155

4.10.3. Medida de mitigación a corto plazo.....	156
4.10.4. Medida de mitigación a largo plazo.....	160
A) Desde el punto de prevención	160
B) Desde el punto de vista post accidente	161
CONCLUSIONES	162
RECOMENDACIONES	163
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	164
ANEXOS.....	168

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Relación entre el número de accidentes y el TMDA para una tasa unitaria	51
Figura 2. Rangos de la velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.	76
Figura 3. Sección transversal típica a media ladera vía de dos carriles en curva	77
Figura 4. Anchos mínimos de calzada en tangente.....	77
Figura 5. Ancho de bermas	78
Figura 6. Valores de peralte máximo	79
Figura 7. Simbología de la curva circular.....	82
Figura 8. Ubicación del departamento de Puno, ciudad de Puno y Juliaca.	94
Figura 9. Vía Puno – Juliaca	95
Figura 10. Unidad de peaje Caracoto - Illpa.....	96
Figura 11. Flujo vehicular en el peaje Caracoto – Illpa.....	97
Figura 12. Flujo vehicular anual en el peaje Caracoto – Illpa.....	97
Figura 13. Distribución de accidentes de tránsito en la vía Puno – Juliaca.	99
Figura 14. Análisis de correlación de flujo vehicular y accidentes de tránsito.....	101
Figura 15. Tipo de accidente en el TCA N°1	126
Figura 16. Tipo de accidente en el TCA N°2	126

Figura 17. Tipo de accidente en el TCA N° 3	127
Figura 18. Tipo de accidente en el TCA N° 4	127
Figura 19. Tipo de accidente en el TCA N° 5	128
Figura 20. Tipo de accidente en el TCA N° 6	128
Figura 21. Tipo de accidente en el TCA N° 7	129
Figura 22. Tipo de accidente en el TCA N° 8	129
Figura 23. Tipo de accidente en el TCA N° 9	130
Figura 24. Tipo de accidente en el TCA N° 10	130
Figura 25. Demarcación horizontal desgastada, reduciendo la retroreflectividad de sus líneas TCA-01	144
Figura 26. Ausencia y desprendimiento de tachas en líneas borde y centro. TCA-04	145
Figura 27. Ausencia de tachas y mantenimiento de demarcación horizontal. TCA-04	146
Figura 28. Falta de señalización vertical - información. TCA-05	147
Figura 29. Falta de reductores de velocidad y ausencia de tachas. TCA-05	147
Figura 30. Falta de señalización vertical - información. TCA-06	148
Figura 31. Ausencia de tachas y/o tachones. TCA-06.....	149
Figura 32. Falta de mantenimiento de los delineadores. TCA-07	150
Figura 33. Falta y/o ausencia de tachas. TCA-08	151

Figura 34. Demarcación horizontal desgastada. TCA-09.....	152
Figura 35. Ausencia de tachas. TCA-09	152
Figura 36. Desprendimiento y ausencia de tachas en líneas de borde. TCA-10	153
Figura 37. Demarcación horizontal desgastada, reduciendo la retroreflectividad de sus líneas. TCA-10	154
Figura 38. Señalización de TCAs (inicio de tramo de concentración de accidentes).....	157
Figura 39. Señalización de TCAs (fin de tramo de concentración de accidentes).....	157
Figura 40. Control de velocidad en tramo de carretera unidireccional o bidireccional o multicarril.....	158
Figura 41. Dimensiones de los despertadores de concreto armado	159
Figura 42. Fotografía-despertadores de concreto armado	160

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros para identificar tramos con concentración de accidentes	40
Tabla 2. Nivel de confianza en función del valor K	47
Tabla 3. Nivel de confianza en función del valor de K – método del control de la tasa.....	64
Tabla 4. Muestra obtenida a través de los métodos de identificación de TCA	91
Tabla 5. Flujo vehicular mensual del peaje Caracoto - Illpa	96
Tabla 6. Distribución mensual de accidentes de tránsito en la vía Puno - Juliaca.....	99
Tabla 7. Análisis de correlación de flujo vehicular y accidentes de tránsito.....	100
Tabla 8. Datos de accidentes de tránsito e Índice Medio Diario Anual en la vía Puno - Juliaca	102
Tabla 9. Accidentes de tránsito con víctimas en la vía Puno – Juliaca	103
Tabla 10. Índice de peligrosidad y número de accidentes con víctimas calculados para cada tramo	106
Tabla 11. Verificación del TCA para los años de estudio	107
Tabla 12. Valor de la frecuencia, frecuencia media, desvío estándar y valor límite de la frecuencia.....	110

Tabla 13. Verificación del TCA para los años de estudio según el criterio del nivel de confianza al 95% ($K = 1.645$).....	111
Tabla 14. Valor de la tasa, tasa media, desvío estándar y valor límite de la tasa.....	115
Tabla 15. Verificación del TCA para los años de estudio según el criterio del nivel de confianza al 95% ($K = 1.645$)	116
Tabla 16. Verificación del TCA para los años de estudio según el criterio del nivel de confianza al 95% ($K = 1.645$)	118
Tabla 17. Valores de la tasa de accidentes, tasa media, cantidad de tránsito tasa crítica.....	122
Tabla 18. Verificación del TCA para los años de estudio según el criterio del nivel de confianza al 95% ($K = 1.645$)	123
Tabla 19. Resumen de los TCA y tipo de accidente.....	125
Tabla 20. Distribución por tipo de accidente en los TCA	125

RESUMEN

El presente trabajo tiene por finalidad, identificar y evaluar los tramos de concentración de accidentes de tránsito en la vía Puno – Juliaca y la propuesta de acciones de mejora para su prevención.

Un tramo de concentración de accidentes es un intervalo de la red que presenta un riesgo de accidente significativamente superior a la media de tramos de características semejantes.

Para la identificación del TCA (tramo de concentración de accidente) se utilizaron diferentes métodos y técnicas de análisis, tales como: método del número de accidentes, método de la tasa de accidentes, método del número - tasa, método del control de calidad de la tasa e índice de peligrosidad. con cada uno de estos métodos se realizaron las evaluaciones y análisis correspondientes, siendo el más viable el método del control de la calidad de la tasa.

Finalmente, se realizó una verificación de los parámetros medidos en campo respecto a los elementos geométricos y los dispositivos de control de tránsito de acuerdo a las normas vigentes, su relación con los tramos de concentración de accidentes de tránsito y plantear acciones de mejora para su prevención.

PALABRAS CLAVE: Tramos de concentración, Accidentes de tránsito.

ABSTRACT

The purpose of this work is to identify and evaluate the concentration segments of traffic accidents on the Puno - Juliaca highway and the proposal of improvement actions for their prevention.

A section of concentration of accidents is a network interval that presents an accident risk significantly higher than the average of sections of similar characteristics.

For the identification of TCA, different methods and analysis techniques were used, such as: accident number method, accident rate method, number method - rate, rate control method of the rate and hazard index. With each of these methods, the corresponding evaluations and analyzes were carried out, the method of quality control of the rate being the most viable.

Finally, a verification of the parameters measured in the field with respect to the geometrical elements and the traffic control devices was carried out according to the current regulations, their relationship with the traffic accident concentration sections and to propose improvement actions for their prevention.

KEYWORDS: Concentration sections, traffic accidents.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

La presente tesis tiene por objetivo la identificación y evaluación de tramos de concentración de accidentes de tránsito en la vía Puno – Juliaca y propuesta de acciones de mejora para su prevención.

El aumento de la cantidad de accidentes de tránsito en los últimos años en la vía Puno-Juliaca ha generado una profunda preocupación en la sociedad. Por tanto, la tarea del ingeniero civil es la estudiar la vía como factor contribuyente o atenuante en la ocurrencia de estas y proponer acciones que permitan la reducción de la tasa de accidentes, localizando los tramos de concentración de accidentes de tránsito.

Para el desarrollo del trabajo en la localización de tramos de concentración de accidentes de tránsito se utilizó las metodologías de identificación según la ley provincial de transito N° 8560 (índice de peligrosidad) y la metodología propuesta por la TRANSPORTATION RESERCH BOARD (TRB) a su vez se basa en cuatro métodos para el análisis y detección de los puntos de tramos de concentración de accidentes.

Analizados los datos e identificados los tramos de concentración de accidentes de tránsito se realizó la verificación y contrastación de los elementos geométricos y dispositivos de control de tránsito medidos en campo con las especificadas en las normativas vigentes, posteriormente se propone 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.

1.2. Planteamiento del problema

Cada año se pierden aproximadamente 1,25 millones de vidas como consecuencia de los accidentes de tránsito. Entre 20 millones y 50 millones de personas sufren traumatismos no mortales, y muchos de esos traumatismos provocan una discapacidad (OMS, 2017)

Los accidentes viales, a nivel mundial se han convertido en una prioridad por su relación con la problemática en salud pública y uno de los grandes problemas en el país debido a las muertes y lesiones ocasionadas por éstos.

Según (Rojas Y. , 2016) los accidentes de tránsito en año 2015 han dejado como saldo 2965 víctimas mortales y 56499 heridos, siendo la región de Puno considerado en la categoría de alta vulnerabilidad.

Es así que los accidentes de tránsito se convierten en uno de las primeras causales de mortalidad, afectando de otro lado el presupuesto de salud por el costo elevado de los tratamientos de los heridos y adicionalmente los daños sociales y materiales que alcanzan también costos significativos en la economía.

La vía Puno-Juliaca, muestra una gran afluencia de vehículos automotores conformados por vehículos ligeros y pesados, según (OSITRAN, 2014), circulan diariamente 5000 vehículos entre vehículos ligeros y pesados siendo estas 75.89% y 24.11% respectivamente, siendo así una de las principales rutas del país por donde se desarrolla la circulación de tránsito nacional, regional y local, es por esto que la

accidentalidad de esta vía genera una gran problemática y amerita la presente investigación.

Los accidentes de tránsito son un problema a nivel nacional y mundial, la vía Puno - Juliaca no es ajeno a ello debido a que presenta un alto índice de accidente de tránsito la cual genera pérdidas económicas y en peor de los casos de vidas humanas, es por esto que, se hace necesario identificar y evaluar los tramos de concentración de accidentes de tránsito en la vía Puno – Juliaca para plantear acciones de mejora para su prevención.

1.3. Hipótesis de la investigación

1.3.1. Hipótesis general

- El incumplimiento de la normatividad vigente respecto al diseño geométrico y los dispositivos de control de tránsito son los factores que influyen en los tramos de concentración de accidentes de tránsito en la vía Puno-Juliaca.

1.3.2. Hipótesis específicas

- El número de accidentes de tránsito tiene relación directa con el flujo vehicular.
- Los elementos geométricos de la vía tienen relación directa con los tramos de concentración de accidentes de tránsito en la vía Puno – Juliaca, de acuerdo a la normatividad vigente.

- El diseño y la ubicación de los dispositivos de control del tránsito tiene relación directa con los tramos de concentración de accidentes de tránsito en la vía Puno – Juliaca, de acuerdo la normatividad vigente.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

- Analizar según la normatividad vigente, el diseño geométrico y los dispositivos de control de tránsito como factores que influyen en los tramos de concentración de accidentes de tránsito en la vía Puno – Juliaca y proponer acciones de mejora para su prevención.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la relación de los accidentes de tránsito con el flujo vehicular.
- Evaluar los elementos geométricos de los tramos de concentración de accidentes de tránsito en la vía Puno – Juliaca de acuerdo a la normatividad vigente.
- Evaluar el diseño y la ubicación de los dispositivos de control del tránsito de los tramos de concentración de accidentes de tránsito en la vía Puno – Juliaca, de acuerdo la normatividad vigente.
- Proponer acciones de mejora en los tramos de concentración de accidentes de tránsito en la vía Puno – Juliaca.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación

Entre las investigaciones relacionadas a la presente investigación se tiene:

(Leiva, 2003); plantea como objetivo general encontrar soluciones que permitan reducir el número de accidentes de tránsito en las vías de transporte terrestre y concluye lo siguiente:

- Para reducir el número de accidentes de tránsito, es insuficiente un buen diseño geométrico de una vía, sino que también es necesaria una adecuada señalización, con el objeto de mantener informados a los usuarios, tanto de los lugares de destino como de las condiciones en las que se encuentren las calles y carreteras.
- La recopilación de información verídica, es indispensable para mejorar la calidad en los reportes de accidentes de tránsito, y es de estos reportes en los que se basa el Instituto Nacional de Estadística para realizar los informes anuales en este tema.
- Un buen diseño geométrico, una buena iluminación y la adecuada señalización de las calles y carreteras, son parte fundamental para ofrecer una eficiente seguridad vial. Lamentablemente la solución al problema de los accidentes de tránsito no es tan simple.
- En todo tipo de desarrollo está íntimamente ligada la cultura que se logra con la educación de una población, pues bien, para lograr una eficiente reducción de este tipo de hechos, es necesario un proyecto que encuadre a la educación vial, como la principal arma para combatir este mal, iniciando esta educación en la edad

preescolar, y continuando como parte del programa de estudio, para que el alumno conozca desde temprana edad las normas que rigen el sistema vial.

(Chamba, 2013); plantea como objetivo general estudiar y analizar los riesgos que existen a lo largo del corredor exclusivo del SITU mediante la detección de tramos de concentración de accidentes (puntos negros) e implementar alternativas de seguridad vial, que permitan disminuir los mismos y concluye lo siguiente:

- Una vez aplicada la metodología de la TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB) en el corredor exclusivo del SITU, se observa que la mayor cantidad puntos negros se encuentran localizados en los tramos 3, 4 y 5 que pertenecen a la intersección de las calles Brasil con la Av. Universitaria hasta la calle Ancón con la Av. Cuxibamba, donde además se presenta el mayor volumen de tráfico.
- La metodología propuesta utiliza una serie de variables como: número de días, longitud del tramo, TPDA y el número de accidentes, lo que permite localizar los puntos críticos, y además poder conocer a futuro los posibles TCA, mientras que los levantamientos de accidentes realizados por la policía, generaliza el número de accidentes que se sucedieron en determinado periodo de tiempo.
- El método más adecuado para detectar los tramos de concentración de accidentes es el método control de calidad de la tasa, por que aplica un control estadístico sobre los valores de las tasas de cada tramo. Este control estadístico se ajusta al modelo de Poisson. Al realizar el análisis visual de la zona de estudio, se puede constatar ciertos factores que aportan a la generación de accidentes como: semáforos dañados, mal estado de las vías, obstáculos en la vía, construcciones de

obras civiles. Además, la irresponsabilidad de los ciudadanos al infringir las leyes tránsito, o al desconocer las mismas, lo que ha contribuido a que se generen zonas donde se detecten puntos negros o TCA.

(Huamancayo, 2012); plantea como objetivo general evaluar los tramos de concentración de accidentes de tránsito de la vía Libertadores y su propuesta de mitigación y concluye lo siguiente:

- Se identificaron 18 tramos de concentración de accidentes, mediante la metodología del control de calidad de la tasa, siendo la más viable, ya que el 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. La metodología del control de calidad de la tasa considera un tramo de concentración de accidentes, aquellos sub tramos donde se producen 2 a más accidentes.
- En el método del índice de peligrosidad se concluye que el método 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.

(Astochao, 2015); plantea como objetivo general evaluar el impacto de la implementación de un sistema inteligente de transporte, en la disminución de accidentes de tránsito en vías nacionales para mejorar la seguridad vial y concluye que:

- Se identificó 18 tramos de concentración de accidentes, mediante la metodología del control de calidad de la tasa, siendo la más viable, ya que el cálculo se basa en el control de calidad de los análisis estadísticos para determinar la tasa de accidentes de un lugar en particular.

- Se identificó 13 tramos de concentración de accidentes mediante la metodología de número de accidentes, tasa de accidentes y numero – tasa, en los que considera tramos de concentración de accidentes, aquellos sub tramos donde se producen 3 a más accidentes, que en particular no son las más viables.
- En el método del índice de peligrosidad se concluye que el método no utiliza 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 mortales.
- Se determinó que los elementos geométricos de las curvas en los tramos de concentración de accidentes cumplen con la normativa vigente, por lo tanto, las principales causas de los accidentes tránsito en los TCA son el exceso de velocidad seguido de los factores climáticos como son presencia de nieve y neblina.

(Velásquez & Choque, 2016); plantea como objetivo general identificar zonas de riesgo, para la elaboración del sistema de información vial de accidentes de tránsito en la vía Juliaca – Azángaro y concluyen lo siguiente:

- Se identificó 5 tramos en la vía Juliaca – Azángaro, tomando como referencia la variación de velocidades de diseño de acuerdo al sondeo de velocidades.
- Se realizó el análisis de 5 elementos del diseño geométrico (velocidad, ancho de calzada, sobreancho, ancho de berma, peralte), del cual concluyen que los elementos del diseño geométrico de la vía Juliaca – Azángaro no cumplen con los parámetros establecidos según el manual de diseño geométrico de carreteras (DG - 2013).

(Cruz & Ccamapaza, 2016); plantean como objetivo general evaluar la eficiencia de un sistema de información geográfica como herramienta para administración de la infraestructura vial y la detección de zonas de mayor índice de accidentes de tránsito en la carretera Puno - Juliaca y concluyen lo siguiente:

- Se determinó los puntos críticos con mayor número de accidentes de tránsito de la carretera Puno – Juliaca, mediante el sistema de información geográfica vial en el cual fue posible contabilizar el número de accidentes en cada segmento de 1000 metros, utilizando herramientas de ArcGis.
- Se concluye que el modo sistematizado mejora el tiempo de respuesta a una consulta y el reporte emitido por ella frente al modo convencional, usando el análisis estadístico de diferencia de medias.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Accidente de tránsito

(Real Academia Española, 2017); Suceso eventual que altera el orden regular de las cosas o acción de que resulta daño involuntario para las personas o las cosas.

(Glosario de términos - MTC, 2013); Cualquier hecho fortuito u ocurrencia entre uno o más vehículos en una vía pública o privada.

(Nunes); Indica que se acerca de un hecho que puede suceder o no (eventual), y que no es producto de la voluntad deja lugar a pensar que es algo inevitable; sin embargo, esta creencia muy generalizada, que se pone de manifiesto comúnmente ante el relato informal y cotidiano de esta clase de sucesos, no es cierta. Un

accidente siempre es no intencional, pero también en la mayoría de los casos puede evitarse tomando algunas precauciones.

(Chamba, 2013); Define como un hecho fortuito en el cual se involucra el factor humano, el vehículo y la vía dentro de un ambiente determinado, para producir una colisión o choque que trae como consecuencia daños materiales, lesionados y hasta muertes.

2.2.2. Tipos de accidentes de tránsito

Según (Zambrana, 2007); tenemos los siguientes tipos de accidentes:

A) Atropello:

Ocurre entre un vehículo en movimiento y al menos una persona.

B) Choques:

Ocurre entre dos o más vehículos. entre un vehículo en movimiento y un objeto inerte que puede ser una casa, un poste, una acera inclusive con otro vehículo estacionado.

C) Volcaduras:

Es un tipo de accidente en el cual el conductor de un vehículo pierde el control del mismo.

D) Despiste

Es un accidente que consiste en la salida o abandono de la calzada contra la voluntad de su conductor

E) Caída de pasajeros:

Ocurre cuando una persona cae de un vehículo que es transportada sufriendo lesiones o muertes. Zambrana L. (2010).

2.2.3. Causas de los accidentes de tránsito

(Zambrana, 2007); Las causas que producen un accidente de tránsito pueden ser:

- Debido al terreno o la carretera.
- Debido a factores ambientales
- Por defecto o falla mecánica.
- Por factores humanos.

A) Debido a la carretera

Entre estas se pueden contar aquellas que se deben a defectos de diseño o ingeniería, como son: asfalto o material inadecuado, curvas sin peralte (inclinación en la carretera para contrarrestar la fuerza centrífuga) o mal diseñadas, pendientes o curvas muy pronunciadas, derrumbe, falta de señalización o demarcación, mal estado de la carretera, como son los baches y hundimientos, obstáculos en la vía tales como deslizamientos, piedras caídas, vehículos mal estacionados, animales.

B) Causas debidas a factores ambientales

Estos pueden ser aquellos como la lluvia, la luz solar (amanecer, crepúsculo u oscuridad), viento, neblina, tormenta, inundación, temblor, terremoto.

C) Causas debido a fallas mecánicas

Entre estas se pueden contar aquellas como: llantas o frenos defectuosos, fallas en la dirección, suspensión o transmisión, entre otros.

D) Causas debidas a factores humanos

Enfermedades o defectos físicos, impericia, imprudencia, negligencia, cansancio, conducción temeraria, irrespeto a las señales de tránsito, estado de ebriedad, bajo efectos de droga o sustancias psicotrópicas, exceso de velocidad.

2.2.4. Clases de accidentes de tránsito

Chihuán (2011) citado por (Huamancayo, 2012); indica que, de acuerdo a la doctrina existente, los accidentes de tránsito se clasifican en:

A) Accidentes de tránsito simple.

Son todos aquellos en los que participa un solo vehículo en movimiento sobre la vía de circulación y con una relación directa o indirecta del elemento hombre, entre ellos tenemos:

A.1. Choque

Viene a ser la colisión de un vehículo en movimiento con un objeto fijo o contra otro vehículo estacionado. Entre ellos tenemos:

- **Choque frontal**, cuándo un vehículo colisiona y lo hace con su parte anterior

- **Choque angular**, cuando el vehículo que impacta lo hace con cualquiera de sus ángulos.
- **Choque lateral**, cuando el impacto lo hace por cualquiera de sus lados.
- **Choque posterior**, cuando el vehículo que colisiona lo hace con su parte posterior.

A.2. Volcadura

Es el vuelco que sufre un vehículo cuando se encuentra en traslación (movimiento), pudiendo hacerlo por cualquiera de sus lados por delante o hacia atrás.

- **Volcadura tipo tonel**, cuando la volcadura del vehículo es sobre cualquiera de sus lados laterales (giro sobre su eje longitudinal tanto derecho como izquierdo).
- **Volcadura tipo campana**, es un vuelco que sufre un vehículo en movimiento, girando sobre su eje generalmente de atrás hacia adelante y muy excepcionalmente de adelante hacia atrás.

A.3. Incendio

Se produce cuando el vehículo se encuentra en movimiento y el incendio se da por falta de orden eléctrico y/o mecánico. Es el accidente que consiste en la inflamación total o parcial de un vehículo, suele tener como causa un fallo de orden mecánico, la rotura de la alimentación de combustible, un fallo

de explosión que devuelve combustible por cualquier circunstancia generalmente en forma casual.

A.4. Despiste

Es la pérdida de contacto de las llantas de un vehículo con la superficie normalmente circulable de la vía: es decir salirse de la porción circulable. Cuando el vehículo simplemente sale de la vía donde estaba circulando puede ser total o parcial. Es la acción o efecto de perder la pista. Consideramos:

- **Despistaje parcial**, cuando no todas las llantas del vehículo pierden contacto con la porción circulable de la vía.
- **Despistaje total**, cuando todas las llantas del vehículo pierden contacto con la porción circulable de la vía.

B) Accidentes de tránsito múltiple.

Son aquellos que intervienen por lo menos dos vehículos en movimiento o un vehículo en traslación y un peatón. Se clasifican en:

B.1. Choque

Es la colisión de un vehículo a otro estando ambos en movimiento o detenido.

- **Choque frontal**, cuando las partes medias anteriores de ambos vehículos entran en contacto entre sí. pueden ser:

- **Choque frontal céntrico**, cuando las partes medias frontales de ambos vehículos concuerdan en el impacto, es decir el eje longitudinal de los vehículos se alinean.
- **Choque frontal o excéntrico**, cuando las partes medias anteriores no coinciden al colisionar ambas unidades. Estos pueden ser: choque frontal excéntrico izquierdo o derecho.
- **Choque por embiste**, es aquella que se produce cuando un vehículo colisiona con su parte frontal contra la pared lateral del otro vehículo que está en marcha. Por la forma en que se impacta se le denomina choque en “T”. son los siguientes:
 - **Choque por embiste lateral izquierdo**, cuando el vehículo sufre la colisión en su parte lateral izquierda.
 - **Choque por embiste lateral derecho**, cuando el vehículo sufre la colisión en su parte lateral derecha.Estos choques son por embiste, sean lateral derecho o izquierdo según la zona de cada lado cambia la denominación. Pudiendo ser:
 - **Céntrico**, cuando el eje de equilibrio longitudinal del vehículo que impacta coincide con el eje de equilibrio transversal del vehículo impactado. Pudiendo ser lateral derecho o izquierdo.
 - **Excéntrico**, cuando los ejes de equilibrio longitudinal del impactante con el transversal del impactado no coinciden. Pudiendo ser: lateral anterior derecho o izquierdo y lateral posterior derecho o izquierdo.

- **Choque por alcance**, es la colisión que se produce entre los vehículos en traslación, que circulan en el mismo sentido, impactando por su parte anterior al vehículo que lo precede. Estos a su vez pueden ser:
 - **Choque por alcance céntrico**, cuando los ejes de equilibrio longitudinal de ambos vehículos coinciden con el impacto.
 - **Choque por alcance excéntrico**, cuando los ejes de equilibrio longitudinal de ambos vehículos no coinciden. Pueden ser: choque por alcance excéntrico derecho e izquierdo.
- **Choque lateral**, es la colisión que se produce entre los vehículos de traslación, donde sus partes laterales toman contacto entre sí. Pueden ser:
 - **Choque lateral positivo**, cuando los vehículos circulan en sentidos opuestos y sus partes laterales entran en contacto en forma longitudinal.
 - **Choque lateral negativo**, cuando los vehículos circulan en el mismo sentido y sus partes laterales toman contacto entre sí en forma longitudinal.
 - **Choque lateral por topetazo**, cuando los vehículos circulan en mismo sentido y sus partes laterales toman contacto entre sí en forma transversal.

B.2. Caída de pasajero.

Es el accidente que consiste en la caída del pasajero de una persona de un vehículo en movimiento, generalmente se produce en los vehículos de

transporte público de pasajeros. Este accidente se puede ocasionar al subir, bajar o dentro del mismo vehículo.

C) Accidentes de tránsito mixtos.

Son aquellos donde se combina un accidente simple y un múltiple y viceversa u otros pueden ser, por ejemplo:

- Despiste (simple) y atropello (múltiple).
- Choque por embiste (múltiple) y una volcadura (simple).

D) Accidentes de tránsito en cadena

Son aquellos accidentes donde participan por lo menos tres vehículos, los que entran en contacto uno de tras de otro. Para considerarse esto en la clasificación, el evento debe producirse en la vía de circulación, los vehículos deben de desplazarse en el mismo sentido y por lo menos el último que impacta por detrás debe encontrarse en movimiento.

2.2.5. Seguridad vial

(Glosario de términos - MTC, 2013); Dispositivos que se colocan en la vía, con la finalidad de prevenir e informar a los usuarios y regular el tránsito, a efecto de contribuir con la seguridad del usuario.

(Nunes); La seguridad (del latín securitas) se refiere a aquello que está exento de peligro, daño o riesgo. 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.

(Perez & Lastre, 2014); Menciona que la seguridad vial son todas las condiciones que permiten que las vías estén libres de daños o riesgos causados por la movilidad de los vehículos. La seguridad vial está basada en normas y sistemas con las que se disminuyen las posibilidades de averías, choques y sus consecuencias. Su objetivo primordial es proteger a las personas y bienes, mediante la eliminación o control de los factores de riesgo los cuales le permitan reducir la cantidad y severidad de los siniestros de tránsito.

2.2.6. Puntos negros

(Ministerio de Salud, 2013); Define a un tramo de una vía donde se han producido cinco o más accidentes de tránsito con muertos o heridos por año.

En términos simples, 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. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2015)

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.

2.2.7. Tramos de concentración de accidentes de tránsito

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)

Un tramo de concentración de accidentes es un tramo de la red que presenta un riesgo de accidente significativamente superior a la media de tramos de características semejantes, y en el que se espera que una actuación de mejora de la infraestructura pueda alcanzar una reducción efectiva de la accidentalidad. (Berardo, y otros, 2008)

Según la ley provincial de tránsito N° 8560 de la provincia de Córdoba, en su artículo 5° definiciones, menciona como aquel tramo de carretera que presenta un riesgo intrínseco de accidente significativamente superior a la media, en tramos de características semejantes, y en el que, una actuación de mejora, puede conducir a una reducción efectiva de la accidentalidad, independientemente de los efectos aleatorios.

(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.

Según la consejería de fomento y vivienda (2015), Señala que el tramo de concentración de accidentes de tránsito (TCA) se refiere a aquel tramo de la red que presenta un riesgo de accidente significativamente superior a la media registrada en los tramos que presentan características semejantes, y en el que, previsiblemente, una actuación de mejora de la infraestructura puede conducir a una reducción efectiva de la accidentalidad.

Los métodos para la identificación de tramos de concentración de accidentes (TCA) se describen en los siguientes ítems:

2.2.8. Identificación de TCA según ley provincial de tránsito N° 8560

A) 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 103, 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.

(Ecuación 1)

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. (Ecuación 2)

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

Zona : urbana, interurbana.

$$IP = \frac{\text{N}^\circ \text{ de accidentes c/víctimas por año} \cdot 10^8 \text{ (Veh.km)}}{\text{Volumen anual (veh)} \cdot \text{Longitud del tramo (Km)}} \quad (1)$$

$$IM = \frac{\text{N}^\circ \text{ de muertos por año} \cdot 10^8 \text{ (Veh.km)}}{\text{Volumen anual (veh)} \cdot \text{Longitud del tramo (km)}} \quad (2)$$

Se identificarán como tramos de concentración de accidentes, aquellos en que se verifiquen las condiciones señaladas en la Tabla 1:

Tabla 1
Parámetros para identificar tramos con concentración de accidentes.

TIPOLOGÍA	ZONA	RANGOS DE TMDA (Veh./día)	CONDICIONES Por tramo de 1 km.
Autopistas	Llana	> 80.000	IP> 30 ó ACV/año > 9
Autovías	Ondulada	> 40.000 y < 80.000	IP> 35 ó ACV/año > 5
Vía Rápida	Montañosa	< 40.000	IP> 40 ó ACV/año > 3
Ruta Convencional	Urbana ó rural	> 7.000	IP> 70 ó ACV/año > 3
	llana, ondulada ó montañosa	< 7.000	IP> 100 ó ACV/año > 3

Fuente: Ley provincial de tránsito N° 8560. Anexo 07.

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 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:

$$ACV = \frac{IP \cdot \text{Volumen Anual}}{10^8} \quad (3)$$

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.

2.2.9. 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 apoyado 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

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 de la frecuencia ecuación (4) y la frecuencia media de accidentes ecuación (5):

$$N_i = \frac{\text{Número de accidentes en el tramo } i}{\text{longitud del tramo } i} \quad (4)$$

$$N_m = \frac{\sum \text{Accidentes en tramos homogéneos}}{\sum \text{Longitud en tramos homogéneos}} \quad (5)$$

De donde:

N_i : Frecuencia de accidentes de un tramo.

N_m : Frecuencia media de accidentes.

Un tramo será considerado TCA cuando se cumpla que:

$$N_i \geq k \cdot N_m \quad (6)$$

$$\text{Con } k \geq 1 \quad (7)$$

De donde:

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

Análisis del método

El método es simple, de aplicación directa y cuyas 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 método. A medida que el valor de k se incrementa, disminuye la cantidad de TCA detectados, por el contrario, la disminución del valor de k incrementa la cantidad de TCA detectados.

Consistencia de los resultados

Como se expone en el punto anterior, la consistencia de los resultados de este método no está garantizada, esto se debe a 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 un 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.

Admitiendo que la distribución de frecuencias puede ajustarse a una distribución normal, si para calcular el límite inferior de frecuencias a partir del cual un tramo es considerado peligroso se toma un valor de frecuencia que con alto grado de seguridad no se presenta habitualmente en la muestra, es decir que la probabilidad que se den frecuencias de accidentes mayores a esta es de $1-S$, siempre se tendrá el mismo nivel de confianza sobre los tramos detectados.

Exigiendo que las frecuencias de accidentes de los tramos peligrosos sean mayores o iguales a la frecuencia elegida según su probabilidad de ocurrencia, siempre se estará evaluando la misma área de la campana de Gauss, con lo que se logran resultados consistentes.

Para el cálculo de la frecuencia y la frecuencia media de accidentes, así como el desvío estándar se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$N_i = \frac{\text{Número de accidentes en el tramo } i}{\text{longitud del tramo } i} \quad (8)$$

$$N_m = \frac{\sum \text{Accidentes en tramos homogéneos}}{\sum \text{Longitud en tramos homogéneos}} \quad (9)$$

$$N_\sigma = \sqrt{\frac{\sum (N_i - N_m)^2}{n-1}} \quad (10)$$

Donde n es la cantidad de tramos considerados y N_σ es el desvío. Si se establece un grado de seguridad S , el valor límite de la frecuencia está dado por:

$$S = \Phi(k) \quad (11)$$

$$N_{\text{lim}} = k \cdot N_\sigma + N_m \quad (12)$$

Donde Φ es la función probabilidad acumulada y k se obtiene de la tabla 2 de distribución normal.

Un tramo será considerado TCA cuando se cumpla que:

$$N_i \geq N_{\text{lim}} \quad (13)$$

O bien

$$N_i \geq k \cdot N_\sigma + N_m \quad (14)$$

Tabla 2
Nivel de Confianza en función del valor K

Nivel de confianza	Valor de K
0.999	3.575
0.995	3.077
0.95	1.645
0.9	1.282

Fuente: Identificación de tramos con concentración de accidentes en rutas nacionales de la provincia de Córdoba (Berardo, y otros, 2008, pág. 41)

Resulta entonces que aplicando un factor al desvío y adicionando el valor de la media para calcular el límite de aplicación del método, se asegura la consistencia en los resultados que estén distribuidos.

Características del método

La identificación de los TCA por el método del número, presenta las siguientes características distintivas:

- Los resultados pueden ajustarse a partir del factor de mayoración k , esto permite una mayor flexibilidad en su aplicación y el análisis de los resultados.
- No requiere datos de tránsito, es decir que no tiene en cuenta la exposición al tránsito del tramo, por lo que solo es aplicable para tramos con volúmenes de tránsito semejantes. Por el mismo motivo, es independiente de la fiabilidad de los aforos de tránsito.
- La longitud de los tramos en los que se divide la vía bajo estudio debe mantenerse constante en todo el trayecto ya que es especialmente sensible a esta variable.

- No clasifica los accidentes según su severidad (accidente con daños, con víctimas o con muertos).
- La aplicación es casi intuitiva, y al depender de pocas variables, su interpretación es sencilla. Por tal motivo resulta una opción interesante para realizar estudios expeditivos de los problemas de seguridad de una vía especialmente cuando se carece de datos fidedignos de tránsito.
- Mientras se cuente con un registro de accidentes prolongado para un período más extenso de años, mayor será el grado de confiabilidad de los resultados.
- Los tramos peligrosos detectados presentan una cantidad significativa de accidentes.
- La consistencia de los resultados se logra aplicando algún criterio estadístico para determinar el valor límite de frecuencia a partir de la cual se considera peligroso el tramo.

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:

$$T_i = \frac{\text{Accidentes en el tramo}}{\text{TPDA} \cdot \text{N}^\circ \text{ de días} \cdot \text{Long del tramo}} \cdot 10^6 \quad (15)$$

Donde:

T_i : 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.

$$T_m = \frac{\sum \text{Accidentes}}{\text{TPDA}_{\text{medio}} \cdot \text{N}^\circ \text{ de días} \cdot \text{Long del tramo}} \cdot 10^6 \quad (16)$$

Donde:

T_m : Tasa media de accidentes de todos los tramos.

TPDA : Trafico promedio diario anual.

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

Identificación de tramos de concentración de accidentes

Para definir un TCA debe cumplirse que:

$$T_i \geq k \cdot T_m \quad (17)$$

$$\text{Con } k \geq 1 \quad (18)$$

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.

Análisis del método

El método propone la linealidad entre el número de accidentes y el volumen de tránsito, esta relación puede verse en la Figura 1.

$$T_i = \frac{\text{Accidentes en el tramo}}{\text{TPDA} \cdot \text{N}^\circ \text{ de días} \cdot \text{Long del tramo}} \cdot 10^6 \quad (19)$$

$$\text{Accidentes en el tramo} = \frac{T_i \cdot \text{TPDA} \cdot \text{N}^\circ \text{ de días} \cdot \text{Long del tramo}}{10^6} \quad (20)$$

Luego para una tasa $T_i = \text{cte}$ y longitudes iguales

Accidentes en el tramo = TPDA. Cte

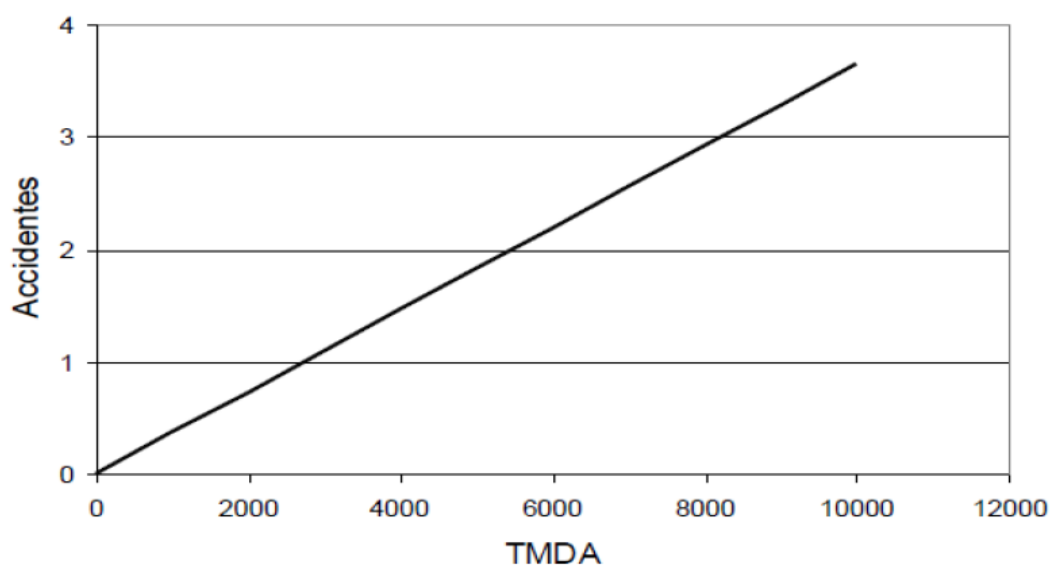


Figura 1. Relación entre el número de accidentes y el TMDA para una tasa unitaria
 Fuente: identificación de tramos con concentración de accidentes en rutas nacionales de la provincia de Córdoba, (Berardo, y otros, 2008, pág. 46)

Para el cálculo del desvió estándar de la tasa media utilizamos la ecuación

$$T_{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum (T_i - T_m)^2}{n-1}} \tag{21}$$

El valor límite de la tasa está dado por la ecuación

$$T_{lim} = k \cdot T_{\sigma} + T_m \tag{22}$$

Un tramo será considerado TCA cuando se cumpla que:

$$T_i \geq T_{lim} \tag{23}$$

Esto significa que para bajos valores de tránsito pocos accidentes generarán una tasa elevada y viceversa. Entonces identificar sitios peligrosos basados exclusivamente en las tasas de accidentes puede ser engañoso si se trabaja con tránsitos bajos en algunos tramos y tránsitos muy altos en otros.

El método de la tasa 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 de la T_i se aproximan cada vez más al valor de la tasa media, con lo cual, 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.

Consistencia de los resultados

Dada la similitud en cuanto a los criterios de detección del presente método con respecto al de la frecuencia, valen las mismas consideraciones hechas para aquel.

Se recomienda aplicar algún criterio estadístico (en este trabajo se aplica la distribución normal) para establecer el límite de detección del método, con esto se persigue lograr una mayor consistencia de los resultados obtenidos mediante esta técnica.

Características del método

La identificación de los TCA por el método de la tasa de accidentes, presenta las siguientes características distintivas:

- Los resultados pueden ajustarse a partir del factor de mayoración k , esto permite una mayor flexibilidad en su aplicación y el análisis de los resultados.
- La longitud de los tramos en los que se divide el camino bajo estudio debe mantenerse constante en todo el camino, ya que es especialmente sensible a esta variable.
- No discrimina los accidentes según su severidad (accidente con daños, con víctimas, con muertos).
- Su aplicación presenta mayor complejidad que en el caso del método del número, sin embargo, cuando se poseen datos confiables de volúmenes de tránsito y un adecuado registro de accidentes, su aplicación se traduce usualmente en resultados más satisfactorios.
- No exige que el registro de accidentes se prolongue un determinado período de tiempo, sin embargo, a medida que se cuenta con un período más extenso de datos, mayor será el grado de confiabilidad de los resultados.
- Propone la linealidad entre la cantidad de accidentes y la cantidad de vehículos que transitan el tramo. Otros métodos aumentan las exigencias de seguridad a medida que se incrementa el tránsito, es decir, consideran

que las vías de mayor categoría deben tener estándares de seguridad superiores.

- La consistencia de los resultados se logra aplicando algún criterio estadístico para determinar el valor límite de Tasa a partir de la cual se considera peligroso el tramo.

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:

$$N_i = \frac{\text{Número de accidentes en el tramo } i}{\text{longitud del tramo } i} \quad (24)$$

$$N_m = \frac{\sum \text{Accidentes en tramos homogéneos}}{\sum \text{Longitud en tramos homogéneos}} \quad (25)$$

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:

$$T_i = \frac{\text{Accidentes en el tramo}}{\text{TPDA} \cdot \text{N}^\circ \text{ de días} \cdot \text{Long del tramo}} \cdot 10^6 \quad (26)$$

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.

$$T_m = \frac{\sum \text{Accidentes}}{\text{TPDA}_{\text{medio}} \cdot \text{N}^\circ \text{ de días} \cdot \text{Long del tramo}} \cdot 10^6 \quad (27)$$

Donde:

T_m : Tasa media de accidentes de todos los tramos.

TPDA : Trafico promedio diario anual.

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

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

$$N_i \geq k_N \cdot N_m \wedge T_i \geq k_T \cdot T_m \quad (28)$$

Análisis del método

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

Sensibilidad a los factores de mayoración

Como en los métodos del número y la tasa, el factor de mayoración establece a partir de qué desvío con respecto al promedio verifique cada condición. Se recomienda establecer inicialmente el valor de k_N y k_T en 2. A medida que se incrementa el valor de k , el método detecta una menor cantidad de TCA, ocurre lo contrario si k disminuye.

Los factores de mayoración (k) son independientes (para el número y para la tasa).

Sensibilidad a la longitud del tramo elegida

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 a un desvío de sus N_i o T_i con respecto a sus valores medios (N_m y T_m), y considerando que a medida que se incrementa la longitud de los tramos, los valores de N_i y T_i presentan una menor

desviación, es decir que el método presenta una menor sensibilidad a medida que la longitud del tramo aumenta.

Sensibilidad a la variación de los volúmenes de tránsito

Para la condición $T_i \geq k_T \cdot T_m$, el método propone una relación lineal entre el número de accidentes y el volumen de vehículos-kilómetro, mientras que la condición $N_i \geq k_N \cdot N_m$ es independiente del volumen de vehículos del tramo.

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 $N_i \geq k_N \cdot N_m$ tenderá a no verificar para tránsitos bajos. Lo que persigue el método es identificar como peligrosas a aquellas ubicaciones en la 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 bajo tránsito).

Consistencia de los resultados

Dado que el método del número-tasa o frecuencia-tasa es la combinación de los dos descritos anteriormente, la consistencia de sus resultados depende del criterio adoptado para establecer el límite de detección en cada uno de ellos.

Características del método

La identificación de los TCA por el método del número-tasa de accidentes, presenta las siguientes características distintivas:

- Los resultados pueden ajustarse a partir de los factores de mayoración k_N y k_T , esto permite una mayor flexibilidad en su aplicación y el análisis de los resultados.
- Requiere datos de tránsito, por lo que es aplicable para tramos con volúmenes de tránsito diferentes. Por el mismo motivo, los resultados se ven afectados por la fiabilidad de los aforos de tránsito.
- Pretende no detectar tramos peligrosos cuando debido a la amplia gama de volúmenes de tránsito (y cantidad de accidentes), el valor N_i de tramos con bajo tránsito no verifique la condición $N_i \geq k_N \cdot N_m$. Es decir que pretende un número mínimo de accidentes en un tramo peligroso.
- La longitud de los tramos en los que se divide el camino bajo estudio debe mantenerse constante en todo el camino, ya que es especialmente sensible a esta variable.
- No discrimina los accidentes según su severidad (accidente con daños, con víctimas, con muertos).
- Su aplicación no presenta mayor complejidad que en el caso del método de la tasa, sin embargo, cuando se poseen datos confiables de volúmenes de tránsito y un adecuado registro de accidentes, su aplicación se traduce usualmente en resultados más satisfactorios.
- No exige que el registro de accidentes se prolongue un determinado período de tiempo, sin embargo, a medida que se cuente con un período más extenso de datos, mayor será el grado de confiabilidad de los resultados.

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:

$$P(n) = \frac{e^{-\lambda m} \cdot (\lambda m)^n}{n!} \quad (29)$$

Donde:

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

λ : 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:

$$P(X \geq U) = P \quad (30)$$

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:

$$P = \lambda + k \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{m} + \frac{0.5}{m}} \quad (31)$$

Identificación de tramos peligrosos.

El criterio adoptado para establecer la peligrosidad de un lugar, se basa en calcular para cada tramo en estudio, una tasa de accidentes crítica. Aquellos tramos cuyas tasas superen a la crítica, serán considerados TCA.

La tasa crítica se determina estadísticamente, en función de la tasa media de accidentes del sistema vial en conjunto, correspondiente a la categoría de vía que se trate, y el tránsito del lugar en estudio.

La tasa crítica del sistema se calcula de la siguiente manera:

$$T_{Ci} = T_m + k \cdot \sqrt{\frac{T_m}{t_i}} + \frac{0.5}{t_i} \quad (32)$$

Los primeros dos elementos de la ecuación resultan de la aproximación Normal a la ecuación de Poisson, mientras que el tercer elemento sirve como factor de corrección ya que la distribución de Poisson es discreta mientras que la Normal es continua.

Donde:

T_{Ci} : Tasa crítica de accidentes para el tramo i , expresada en millón de vehículos – kilómetro (MVK)

T_m : Tasa media de accidentes del sistema vial en conjunto, correspondiente a la categoría de la vía en estudio, expresada en MVK

$$T_m = \frac{\sum \text{Accidentes}}{\text{TPDA}_{\text{medio}} \cdot \text{N}^\circ \text{ de días} \cdot \text{Long del tramo}} \cdot 10^6 \quad (33)$$

t_i : Cantidad de tránsito en el lugar durante el período de análisis, expresado en MVK

$$t_i = \frac{\text{TPDA} \cdot \text{N}^\circ \text{ de días} \cdot \text{Long del tramo}_i}{10^6} \quad (34)$$

K : Constante que determina el nivel de confianza en que las tasas de accidentes superiores a la tasa crítica son significativas, es decir que las tasas no son producto del azar.

En cuanto al valor de k , se considera deseable un nivel de confianza del 95%, que se consigue con un valor de k igual a 1,645. En la práctica, sin embargo, se sugiere utilizar un valor inicial de k igual a 1,5. Valores menores de k , conducirán a la detección de mayor cantidad de TCA con un menor nivel de confianza, por el contrario, valores altos de k se traducen en una menor detección de TCA, pero de un nivel de confianza superior.

En la Tabla 3 se transcribe el nivel de confianza del método para diferentes valores de k .

Tabla 3
 Nivel de Confianza en función del valor de K – Método del control de la tasa

Nivel de confianza	Valor de K
0.999	3.090
0.995	2.576
0.95	1.645
0.9	1.282

Fuente: identificación de tramos con concentración de accidentes en rutas nacionales de la provincia de Córdoba. (Berardo, y otros, 2008, pág. 55)

El método considera peligroso a aquel tramo cuya tasa de accidentes sea mayor o igual que la tasa crítica del sistema.

Nos dice que existe un TCA solo si: $T_i \geq T_C$

$$T_i = \frac{\text{Número de Accidentes}}{\text{TPDA} \cdot \text{N}^\circ \text{ de días} \cdot \text{Long del tramo}_i} \cdot 10^6 \quad (35)$$

Análisis del método

Las variables que participan en el cálculo de la tasa crítica del tramo T_{ci} son la tasa media de accidentes del sistema T_m y el tránsito del tramo a evaluar t_i .

Admitiendo que para cualquier tramo de un camino de la red el valor de la tasa media del sistema se mantiene constante, el cálculo de la tasa crítica del sistema depende solo de la variable t_i , luego si a todos los tramos se les asigna la misma longitud, la tasa crítica será función solo del tránsito del tramo.

$$t_i = \frac{\text{TPDA} \cdot \text{N}^\circ \text{ de días} \cdot \text{Long del tramo}_i}{10^6} \quad (36)$$

Entonces:

$$T_{Ci} \rightarrow f(TPDA) \quad (37)$$

Siendo

$$T_{Ci} = T_m + k \cdot \sqrt{\frac{T_m}{t_i} + \frac{0.5}{t_i}} \quad (38)$$

Resulta evidente que el valor de T_c depende de una función con la forma siguiente.

$$T_C = \frac{1}{2t} + \frac{1}{\sqrt{t}} + cte \quad (39)$$

Entonces, en el límite para un valor de t_i que tiende a cero, la tasa crítica tiende a infinito, mientras que para valores de t_i que tienden a infinito, el valor de T_{Ci} tiende al valor de la constante, es decir la tasa media del sistema.

Esto significa que, para tránsitos bajos, la tasa crítica será alta, mientras que, para tránsitos altos, la tasa crítica se aproximará a la tasa media del sistema.

Recordando que:

Entonces existe un TCA solo si:

$$T_i \geq T_{Ci} = TCA \quad (40)$$

$$T_i = \frac{\text{Número de Accidentes}}{\text{TPDA. N}^\circ \text{ de días. Long del Camino}} \cdot 10^6 \quad (41)$$

$$T_i = \frac{\text{Número de Accidentes}}{t_i} \quad (42)$$

Siendo:

$$T_{Ci} = T_m + k \cdot \sqrt{\frac{T_m}{t_i} + \frac{0.5}{t_i}} \quad (43)$$

Simplificando se llega que un tramo será TCA solo si

$$\text{Número de accidentes} \geq T_m \cdot t_i + k \cdot \sqrt{T_m \cdot t_i + 0.5} \quad (44)$$

Considerando válida la hipótesis de que la tasa media del sistema puede ser tomada como una constante, y admitiendo que todos los tramos poseen la misma longitud, el límite de detección del método.

Consistencia de los resultados

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, por lo que se requiere que la varianza de la muestra sea igual a la media. Esta restricción hace que el método sea criticado, ya que en general, las muestras de accidentes presentan una dispersión importante siendo la varianza significativamente mayor que la media.

Dado el caso en que la muestra de accidentes presente una dispersión importante, el método del control de calidad de la tasa a través del modelo de Poisson presentará resultados consistentes.

Características del método

La identificación de los TCA por el método del control de calidad de la tasa de accidentes, presenta las siguientes características distintivas:

- Asume que los datos de accidentes se ajustan a través de una distribución de Poisson, a partir de la cual se aplican test estadísticos para detectar tramos, en los que la vía sea con cierto grado de certeza un factor importante en la ocurrencia de accidentes.
- Esta técnica requiere el cálculo de la tasa media de accidentes del sistema por categorías, esto si bien tiene un fundamento estadístico, resulta en la necesidad de datos de accidentes de caminos similares en la red vial, los que muchas veces no existen.
- Dado que se utiliza la distribución de Poisson en el ajuste de los datos, estos deben presentar una varianza igual a la media. Si la muestra es muy dispersa, es decir que la varianza sea sensiblemente mayor a la media, los resultados pierden consistencia.
- Para tránsitos bajos, exige altas tasas de accidentes para compensar la baja exposición al tránsito.
- Es especialmente sensible a los valores de tránsito utilizados, ya que, si se considera constante a la tasa media del sistema, la única variable es el tránsito del tramo.

2.2.10. Características del tránsito

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:

$$Q = \frac{N}{T} \quad (45)$$

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, se tienen los siguientes volúmenes de tránsito absolutos o totales:

- **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.

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, 60 minutos seguidos.

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, se presentan los siguientes volúmenes de tránsito promedios diarios, dados en vehículos por día:

- **Tránsito promedio diario anual (TPDA)**

Este parámetro es también conocido como Índice Medio Diario Anual o IMDA.

$$TPDA = \frac{TA}{365} \quad (46)$$

Representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la vía. Su conocimiento da una idea cuantitativa de la importancia de la vía en la sección considerada y permite realizar los cálculos de factibilidad económica.

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. (Huamancayo, 2012)

2.2.11. Diseño geométrico de vía

A) Generalidades.

Según él (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, DG-2014); 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.

B) Clasificación de las carreteras

Clasificación por demanda

Las carreteras del Perú se clasifican, en función a la demanda en:

- Autopistas de primera clase

Son carreteras con IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6.000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central mínimo

de 6,00 m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3,60 m de ancho como mínimo.

- **Autopistas de segunda clase**

Son carreteras con un IMDA entre 6.000 y 4.001 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central que puede variar de 6,00 m hasta 1,00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3,60 m de ancho como mínimo.

- **Carreteras de primera clase**

Son carreteras con un IMDA entre 4.000 y 2.001 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3,60 m de ancho como mínimo.

- **Carreteras de segunda clase**

Son carreteras con IMDA entre 2.000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3,30 m de ancho como mínimo.

- **Carreteras de tercera clase**

Son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3,00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2,50 m, contando con el sustento técnico correspondiente.

- **Trochas carrozables**

Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4,00 m, en cuyo caso se

construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m.

Clasificación por orografía

Las carreteras del Perú, en función a la orografía predominante del terreno por dónde discurre su trazado, se clasifican en:

- **Terreno plano (tipo 1)**

Tiene pendientes transversales al eje de la vía, menores o iguales al 10% y sus pendientes longitudinales son por lo general menores de tres por ciento (3%).

- **Terreno ondulado (tipo 2)**

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50% y sus pendientes longitudinales se encuentran entre 3% y 6%.

- **Terreno accidentado (tipo 3)**

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 51% y el 100% y sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre 6% y 8%.

- **Terreno escarpado (tipo 4)**

Tiene pendientes transversales al eje de la vía superiores al 100% y sus pendientes longitudinales excepcionales son superiores al 8%.

C) Velocidad de diseño del tramo homogéneo

- **Tramo homogéneo**

tramos a los que, por las condiciones topográficas, se les pueda asignar una misma velocidad. Esta velocidad, denominada velocidad de diseño del

tramo homogéneo, es la base para la definición de las características de los elementos geométricos, incluidos en dicho tramo. 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 de la figura 2.

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											

Figura 2. Rangos de la Velocidad de Diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, DG-2014)

D) Elementos de la sección transversal

Los elementos que conforman la sección transversal de la carretera son: carriles, calzada o superficie de rodadura, bermas, cunetas, taludes y elementos complementarios (barreras de seguridad, ductos y cámaras para fibra óptica, guardavías y otros), que se encuentran dentro del derecho de vía del proyecto.

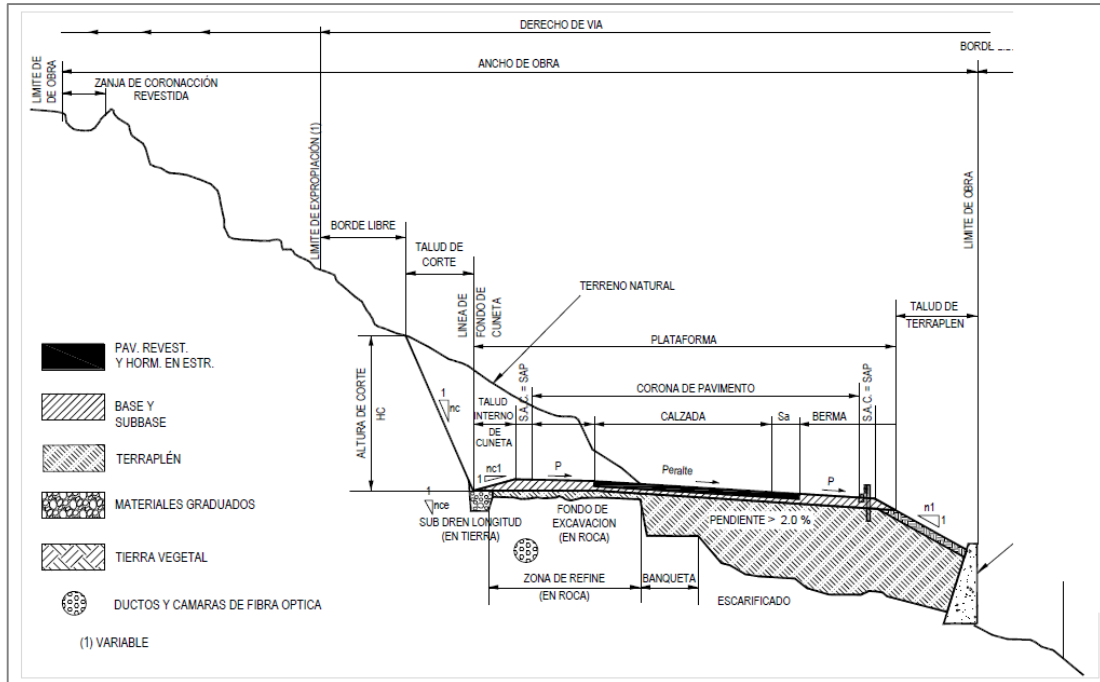


Figura 3. Sección transversal típica a media ladera vía de dos carriles en curva
Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, DG-2014)

- **Calzada o superficie de rodadura**

Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos compuesta por uno o más carriles, no incluye la berma.

Clasificación	Autopista				Carretera				Carretera				Carretera							
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Tipo	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase			
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																			6,00	6,00
40 km/h																	6,60	6,60	6,60	6,60
50 km/h											7,20	7,20					6,60	6,60	6,60	6,60
60 km/h					7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60
70 km/h			7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	6,60	6,60	6,60	6,60		
80 km/h	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20		7,20	7,20			6,60	6,60		
90 km/h	7,20	7,20	7,20		7,20	7,20	7,20		7,20	7,20			7,20				6,60	6,60		
100 km/h	7,20	7,20	7,20		7,20	7,20	7,20		7,20				7,20							
110 km/h	7,20	7,20			7,20															
120 km/h	7,20	7,20			7,20															
130 km/h	7,20																			

Notas:
a) Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4)
b) En carreteras de Tercera Clase, excepcionalmente podrán utilizarse calzadas de hasta 5,00 m, con el correspondiente sustento técnico y económico

Figura 4. Anchos mínimos de calzada en tangente
Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, DG-2014)

- **Bermas**

Franja longitudinal, paralela y adyacente a la calzada o superficie de rodadura de la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencias.

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera			
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera Clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																			0,50	0,50
40 km/h															1,20	1,20	0,90	0,50		
50 km/h											2,60	2,60		1,20	1,20	1,20	0,90	0,90		
60 km/h					3,00	3,00	2,60	2,60	3,00	3,00	2,60	2,60	2,00	2,00	1,20	1,20	1,20	1,20		
70 km/h			3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	1,20	1,20	1,20	1,20		
80 km/h	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00			1,20	1,20		
90 km/h	3,00	3,00	3,00		3,00	3,00	3,00		3,00	3,00			2,00				1,20	1,20		
100 km/h	3,00	3,00	3,00		3,00	3,00	3,00		3,00				2,00							
110 km/h	3,00	3,00			3,00															
120 km/h	3,00	3,00			3,00															
130 km/h	3,00																			

Notas:

- Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4)
- Los anchos indicados en la tabla son para la berma lateral derecha, para la berma lateral izquierda es de 1,50 m para Autopistas de Primera Clase y 1,20 m para Autopistas de Segunda Clase
- Para carreteras de Primera, Segunda y Tercera Clase, en casos excepcionales y con la debida justificación técnica, la Entidad Contratante podrá aprobar anchos de berma menores a los establecidos en la presente tabla, en tales casos, se preverá áreas de ensanche de la plataforma a cada lado de la carretera, destinadas al estacionamiento de vehículos en caso de emergencias, de acuerdo a lo previsto en el [Tópico 304.12](#), debiendo reportar al órgano normativo del MTC.

Figura 5. Ancho de bermas

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, DG-2014)

- **Peralte**

Inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo.

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

$$p = \frac{V^2}{127R} - f \quad (47)$$

Dónde:

- p : Peralte máximo asociado a V
- V : Velocidad de diseño (km/h)
- R : Radio mínimo absoluto (m)
- F : Coeficiente de fricción lateral máximo asociado a V

Pueblo o ciudad	Peralte Máximo (p)		Ver Figura
	Absoluto	Normal	
Atravesamiento de zonas urbanas	6,0%	4,0%	302.02
Zona rural (T. Plano, Ondulado o Accidentado)	8,0%	6,0%	302.03
Zona rural (T. Accidentado o Escarpado)	12,0	8,0%	302.04
Zona rural con peligro de hielo	8,0	6,0%	302.05

Figura 6. Valores de peralte máximo
Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, DG-2014)

E) Diseño geométrico en planta y perfil

Los elementos geométricos de una carretera (planta, perfil y sección transversal), deben estar convenientemente relacionados, para garantizar una circulación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar una velocidad de operación continua y acorde con las condiciones generales de la vía.

Consideraciones de diseño

Algunos aspectos a considerar en el diseño en planta:

- Deben evitarse tramos con alineamientos rectos demasiado largos. Tales tramos son monótonos durante el día, y en la noche aumenta el peligro de

deslumbramiento de las luces del vehículo que avanza en sentido opuesto. Es preferible reemplazar grandes alineamientos, por curvas de grandes radios.

- Para las autopistas de primer y segundo nivel, el trazado deberá ser más bien una combinación de curvas de radios amplios y tangentes no extensas.
- En el caso de ángulos de deflexión Δ pequeños, iguales o inferiores a 5° , los radios deberán ser suficientemente grandes para proporcionar longitud de curva mínima L obtenida con la fórmula siguiente:
- Al final de las tangentes extensas o tramos con leves curvaturas, o incluso dónde siga inmediatamente un tramo homogéneo con velocidad de diseño inferior, las curvas horizontales que se introduzcan deberán concordar con la precedente, proporcionando una sucesión de curvas con radios gradualmente decrecientes para orientar al conductor. En estos casos, siempre deberá considerarse el establecimiento de señales adecuadas.
- No son deseables dos curvas sucesivas en el mismo sentido cuando entre ellas existe un tramo en tangente. Será preferible sustituir por una curva extensa única o, por lo menos, la tangente intermedia por un arco circular, constituyéndose entonces en curva compuesta. Si no es posible adoptar estas medidas, la tangente intermedia deberá ser superior a 500 m. En el caso de carreteras de tercera clase la tangente podrá ser inferior o bien sustituida por una espiral o una transición en espiral dotada de peralte.
- Las curvas sucesivas en sentidos opuestos, dotadas de curvas de transición, deberán tener sus extremos coincidentes o separados por cortas extensiones en tangente.

En el caso de curvas opuestas sin espiral, la extensión mínima de la tangente intermedia deberá permitir la transición del peralte.

- En consecuencia, deberá buscarse un trazo en planta homogéneo, en el cual tangentes y curvas se sucedan armónicamente.
- No se utilizarán desarrollos en Autopistas y se tratará de evitar estos en carreteras de Primera clase. Las ramas de los desarrollos tendrán la máxima longitud posible y la máxima pendiente admisible, evitando en lo posible, la superposición de ellas sobre la misma ladera.

Curvas circulares

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, 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)
- Δ : Ángulo de deflexión ($^{\circ}$)
- p : Peralte; valor máximo de la inclinación transversal de la calzada, asociado al diseño de la curva (%)
- S_a : Sobreancho que pueden requerir las curvas para compensar el aumento de espacio lateral que experimentan los vehículos al describir la curva (m)

Nota: Las medidas angulares se expresan en grados sexagesimales.

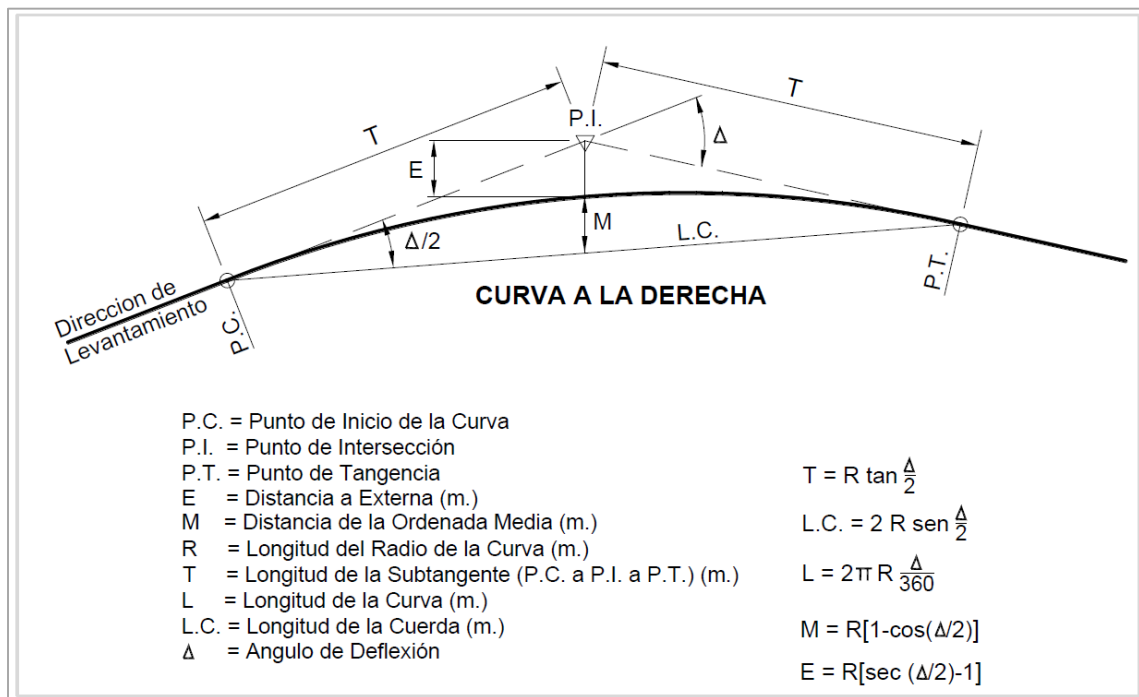


Figura 7. Simbología de la curva circular
 Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, DG-2014)

- Radios mínimos

Los radios mínimos de curvatura horizontal son los menores radios que pueden recorrerse con la velocidad de diseño y la tasa máxima de peralte, en condiciones aceptables de seguridad y comodidad, para cuyo cálculo puede utilizarse la siguiente fórmula:

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127(P_{\max} + f_{\max})} \quad (48)$$

Dónde:

R_{\min} : Radio Mínimo

V : Velocidad de diseño

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

f_{\max} : Coeficiente de fricción transversal máximo asociado a V .

2.2.12. Señales de tránsito

Según el manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras establece el modo de empleo de los diferentes dispositivos de control del tránsito, en cuanto se refiere a su clasificación, funcionalidad, color, tamaño, formas y otros, a utilizarse en las vías que conforman el Sistema Nacional de Carreteras, así como de las vías urbanas.

Su alcance es de ámbito nacional y debe ser utilizado por las autoridades competentes del control y regulación del tránsito o movilidad en las vías urbanas y carreteras, incluyendo las ciclovías, estacionamientos públicos o privados, vías peatonales y vías privadas con acceso al público.

A) Señales verticales

Según el manual del Manual de Seguridad Vial la señalización de tránsito vertical (reguladora o reglamentaria, preventiva e informativa) es fundamental para la seguridad vial, ellas indican a los usuarios situaciones o localizaciones potencialmente peligrosas. Las señales deben estar diseñadas, localizadas y a su vez deberá contar con un adecuado plan de mantenimiento, de tal modo que permitan alertar sobre situaciones de peligro y que puedan ser leídas y entendidas fácilmente, para guiar a los conductores con un máximo de seguridad. Como ejemplo de señal preventiva tenemos al “Chevrón” que permiten advertir geometrías de difícil lectura.

- Tener buena visibilidad, principalmente en condiciones ambientales adversas (ejemplo neblina, lluvia, **etc.**).
- Estar provisto de material retrorreflectante, para reforzar su visibilidad cuando existe poca luz solar.
- Ser mantenidos adecuadamente para asegurar su efectividad en el tiempo.
- Visibilidad de delineadores en la noche.

Sin embargo, el uso incorrecto de las señales, por parte de las autoridades competentes, causa confusión e incentiva el falta de respeto por las mismas.

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

- **Señales reguladoras 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.

B) Señalización horizontal

Según el manual del Manual de Seguridad Vial la demarcación y delineadores de las vías, para la reducción del número y severidad de los accidentes, son medidas de bajo costo y podrán ser consideradas para las funciones siguientes:

- Regular la circulación, indicando prioridades, prohibiciones o maniobras a ser desarrolladas.
- Canalizar el flujo por el interior de la vía.
- Proveer de una guía visual lateral.
- Para influenciar el flujo y la velocidad de circulación.
- Estas podrán tomar la forma de la tradicional línea demarcada sobre el pavimento, tachas o delineadores.

Demarcaciones

Las marcas en el pavimento o demarcaciones, constituyen la señalización horizontal y está conformada por marcas planas en el pavimento, tales como líneas horizontales y transversales, flechas, símbolos y letras, que se aplican o adhieren sobre el pavimento, sardineles, otras estructuras de la vía y zonas adyacentes.

Forma parte de esta señalización, los dispositivos elevados que se colocan sobre la superficie de rodadura, también denominadas marcas elevadas en el pavimento, con el fin de regular, canalizar el tránsito o indicar restricciones.

Se emplean para regular o reglamentar la circulación, advertir y guiar a los usuarios de la vía, por lo que constituyen un elemento indispensable para la operación vehicular y seguridad vial.

Para asegurar la efectividad de las demarcaciones y símbolos desde el punto de vista de la seguridad, estas deberán cumplir con los siguientes aspectos:

- Permanecer visibles bajo todas las circunstancias, de día y de noche, lo cual requerirá que dispongan de un buen color, buena textura de contraste y buenas propiedades retrorreflectivas.
- Ser durables para evitar una mantención frecuente. Lamentablemente, esta característica no la satisfacen plenamente, ya que las demarcaciones al ser sensibles al tránsito, a las condiciones climáticas y al estado de la superficie de la calzada, requieren una mantención más frecuente que las otras señales.

- Ser resistentes al deslizamiento en calzadas con agua o húmedas.
- Ser diseñadas y aplicadas en la vía donde su mensaje sea claro, para ser comprendido por el usuario con suficiente anticipación para reaccionar y ejecutar la maniobra deseada.

Las marcas planas en el pavimento son los siguientes:

- **Línea de borde de calzada o superficie de rodadura**

Línea continua que tiene por función demarcar el borde de la calzada o superficie de rodadura del pavimento. Debe ubicarse a partir del ancho donde termina la superficie de rodadura cuando la berma sea pavimentada, en caso contrario se pintará a partir de borde del pavimento.

- **Línea de carril**

Tiene por función separar los carriles de circulación de la calzada o superficie de rodadura de vías de dos o más carriles en el mismo sentido.

- **Línea central**

Tiene por función separar los carriles de circulación de la calzada o superficie de rodadura de vías bidireccionales.

- **Líneas canalizadoras de tránsito**

Tienen por función conformar las islas canalizadoras del tránsito automotor en una intersección a nivel. La demarcación será de color blanco o amarillo según corresponda, y se complementará con demarcadores elevados y la señalización vertical correspondiente.

- **Líneas demarcadoras de entradas y salidas**

Tienen por función guiar al conductor para facilitar su incorporación al tránsito de una vía principal e ingresar con comodidad, y a la salida reducir la posibilidad de accidentes, y se complementará con demarcadores elevados o postes delineadores y la señalización vertical correspondiente; de ser necesario se instalarán dispositivos de seguridad para amortiguamiento.

Tachas y tachones

Las tachas deben cumplir eficientemente dos funciones: guiar y alertar al conductor. Permiten realizar la demarcación, por si solas, mejorando la visibilidad especialmente cuando llueve o es de noche, gracias a su retroreflectancia. Además, alerta a los conductores que se han salido de la pista. Se debe tener especial atención en que, su instalación no afecte la estabilidad de los vehículos de dos ruedas. Las principales características de estos elementos son:

- Visibles en todas las circunstancias
- Durables.

Los tachones, por su parte, además de delinear, permiten controlar físicamente ciertos movimientos vehiculares. Las vías con varios carriles de circulación que no cuentan con separador central, son especialmente difíciles de cruzar de manera segura. Al ingresar a la calzada, el peatón queda muchas veces en medio de la vía totalmente desprotegido de los vehículos que transitan por ella.

Delineadores

Los delineadores (delineador direccional, postes plásticos, etc.), tienen una aplicación particular para la seguridad, reforzando la demarcación en donde las características o singularidades de algún camino necesitan ser enfatizadas (por ejemplo, curvas) o para marcar la plataforma de la carretera durante condiciones climáticas adversas (nieve o acumulación de barro). Las características requeridas más importantes para estos elementos serán:

- Deben estar confeccionados con materiales que no produzcan mayor daño al vehículo o a sus pasajeros ante un eventual impacto.
- Debe garantizar su visibilidad en condiciones climáticas adversas, sin requerir una mantención rigurosa.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo de investigación

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.

3.2. Nivel de investigación

Investigación Explicativa: Está dirigida a contestar por que sucede determinado fenómeno, cual es la causa o factor de riesgo asociado a ese fenómeno, o cual es el efecto de la causa, es decir buscar explicaciones a los hechos. (Rojas F. , 2015)

El nivel de estudio es el explicativo, puesto que se realizó una contrastación de los datos obtenidos en campo con los exigidos por las normas vigentes respecto a los elementos de diseño geométrico y dispositivos de control de tráfico, para determinar la relación de estas con los accidentes de tránsito que se suscitan en la vía Puno – Juliaca.

3.3. Población y muestra de estudio

3.3.1. Población

La población de la investigación está conformada por la vía Puno - Juliaca.

3.3.2. Muestra

La muestra de la investigación está conformada por los tramos de concentración de accidentes de tránsito en la vía Puno – Juliaca.

En este caso la muestra consiste en 10 tramos de concentración, fue obtenido empleando los 5 métodos de identificación de tramos de concentración de accidentes de tránsito.

Tabla 4

Muestra obtenida a través de los métodos de identificación de TCA

N°	PROGRESIVA	HITO PRÓXIMO AL TRAMO	TIPO DE TRAMO
1	1320+900	GRIFO SATÉLITE - JULIACA	RECTO
2	1321+200	URBANIZACIÓN HABITAT - JULIACA	RECTO
3	1333+620	DESVÍO CARRETERA A CAPACHICA	RECTO
4	1336+600	CENTRO DE INVESTIGACIÓN ILLPA	RECTO
5	1339+450	DESVÍO CENTRO ARQUEOLÓGICO SILLUSTANI	RECTO
6	1346+200	DESVÍO COLLANA	RECTO
7	1347+300	SECTOR PATALLANI	CURVA
8	1350+400	COMUNIDAD HUERTA HUARAYA (CURVA DEL DIABLO)	CURVA
9	1353+300	COMUNIDAD YANAMAYO (SALIDA JULIACA)	CURVA
10	1354+300	BARRIO LLAVINI, ZONA ALTA	RECTO

Fuente: Elaboración propia con resultados de los análisis de acuerdo a los métodos utilizados.

3.4. Método de recolección de datos

El método utilizado para la recolección de datos de accidentes de tránsito y flujo vehicular, corresponde a la recopilación documental.

El método utilizado para la recolección de datos geométricos y dispositivos de control de tránsito corresponde a la observación estructurada.

3.5. Procedimientos de recolección de información

3.5.1. Registro de accidentes de tránsito

Las informaciones de los accidentes de tránsito fueron obtenidas de:

Las comisarias en cuya jurisdicción se encuentra la vía Puno – Juliaca, tales son: comisaria de Alto Puno, Paucarcolla y Caracoto.

La base de datos del INEI, específicamente del censo nacional de comisarias las cuales se encuentran en la página web de la mencionada institución.

3.5.2. Información de flujo vehicular

La información del flujo vehicular se ha obtenido de los registros del peaje Caracoto – Illpa que se encuentra en la vía en estudio.

Además, el flujo vehicular y las variaciones diarias de tráfico en los tramos homogéneos se ha obtenido del estudio de tráfico realizado por NAYLAMP INGENIEROS S.A.C. para la autopista Puno – Juliaca.

3.5.3. Datos de elementos geométricos de los TCA

Los datos de los elementos de geométricos en los tramos de concentración de accidentes de tránsito (TCA) de la vía, se han obtenido realizando mediciones In Situ utilizando equipos topográficos pertinentes.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción de la vía de estudio

4.1.1. Datos generales

El presente estudio se realizó en la región y departamento de Puno, en las provincias de Puno y San Román, Distritos de Puno, Paurcarcolla, Caracoto y Juliaca. Está ubicado en la parte centro y sur de la Región de Puno. La carretera Juliaca – Puno pertenece a la red vial nacional – ruta PE-3S, la vía comprende desde la salida de Puno kilómetro 1356+080 hasta la entrada a la ciudad de Juliaca kilómetro 1319 + 200.

A) Ubicación política

Departamento	:	Puno
Provincias	:	Puno y San Román
Distritos	:	Puno, Paurcarcolla, Caracoto, y Juliaca
Lugar	:	Carretera Puno – Juliaca

B) Ubicación geográfica

La zona de estudio se ubica al sur oeste del departamento de Puno, comprendida en las siguientes coordenadas geográficas del sistema de proyección de coordenadas UTM zona del esferoide 19 sur.

Puno

Latitud : 15°50'30"
 Longitud : 70°01'28"
 Altitud : 3810-4100 m.s.n.m.

Juliaca

Latitud : 15°29'24"
 Longitud : 70°07'37"
 Altitud : 3825 m.s.n.m.

C) Área de influencia del estudio

El área de influencia, está comprendida dentro de la red vial nacional ruta PE-3S, es parte del tramo 5: Ilo - Moquegua - Puno - Juliaca y Matarani - Arequipa – Juliaca - Azángaro del corredor interoceánico sur, Perú – Brasil.

- Superficie de Rodadura** : Asfaltado
- Nº Carriles** : 02
- Ancho de Calzada** : 6.60m – 8.6m
- Ancho de Berma** : 0.5m – 3.0m

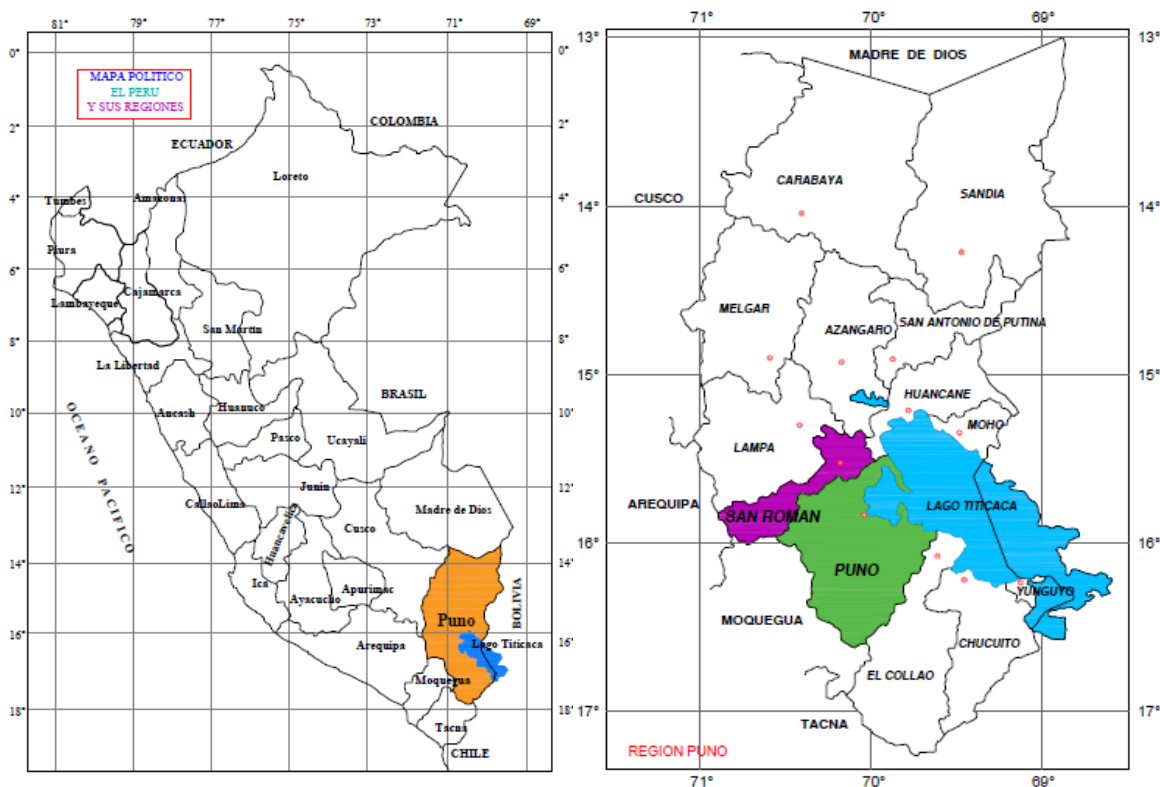


Figura 8. Ubicación del departamento de Puno, ciudad de Puno y Juliaca
 Fuente: Elaboración propia



Figura 9. Vía Puno – Juliaca
Fuente: PROVIAS Nacional

4.2. Estudio volumétrico

4.2.1. Ubicación de peajes de control

En la vía se cuenta con 01 unidad de peaje, se ha empleado los registros de esta unidad de peajes para calcular el Índice Medio Diario Anual (IMDA).

A) Unidad de peaje Caracoto

Esta unidad está ubicada en la carretera Juliaca - Puno km. 1,347+100 m-03s de la red Vial Nacional – Ruta PE-3S, en el sector Illpa, del distrito de Paucarcolla, provincia de Puno, departamento de Puno.



Figura 10. Unidad de peaje Caracoto - Illpa
Fuente: Propia

4.2.2. Flujo vehicular unidad de peaje Caracoto – Illpa

Tabla 5
Flujo vehicular mensual del peaje Caracoto - Illpa

MES	AÑO						
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	TOTAL
Enero	120 681	129 219	145 646	153 108	155 234	181 500	764 707
Febrero	112 568	129 012	139 472	143 803	154 118	176 988	743 393
Marzo	122 224	124 080	137 731	138 261	148 631	175 208	723 911
Abril	121 496	125 764	138 675	141 023	147 756	180 734	733 952
Mayo	105 933	134 438	148 862	150 104	155 493	186 952	775 849
Junio	110 131	133 669	142 391	145 532	150 329	179 453	751 374
Julio	131 940	141 896	152 327	152 932	165 834	197 033	810 022
Agosto	150 578	159 230	171 932	175 560	188 093	214 388	909 203
Septiembre	125 094	138 837	146 881	148 689	164 940	186 709	786 056
Octubre	133 100	146 810	142 061	156 462	172 911	197 227	815 471
Noviembre	125 380	141 871	141 788	146 038	168 116	176 965	774 778
Diciembre	137 511	157 869	163 001	173 901	191 195	210 700	896 666
TOTAL	1 496 636	1 662 695	1 770 767	1 825 413	1 962 650	2 263 857	9 485 382

Fuente: Elaboración propia con reportes de la unidad de peaje Caracoto, registrados por el INEI

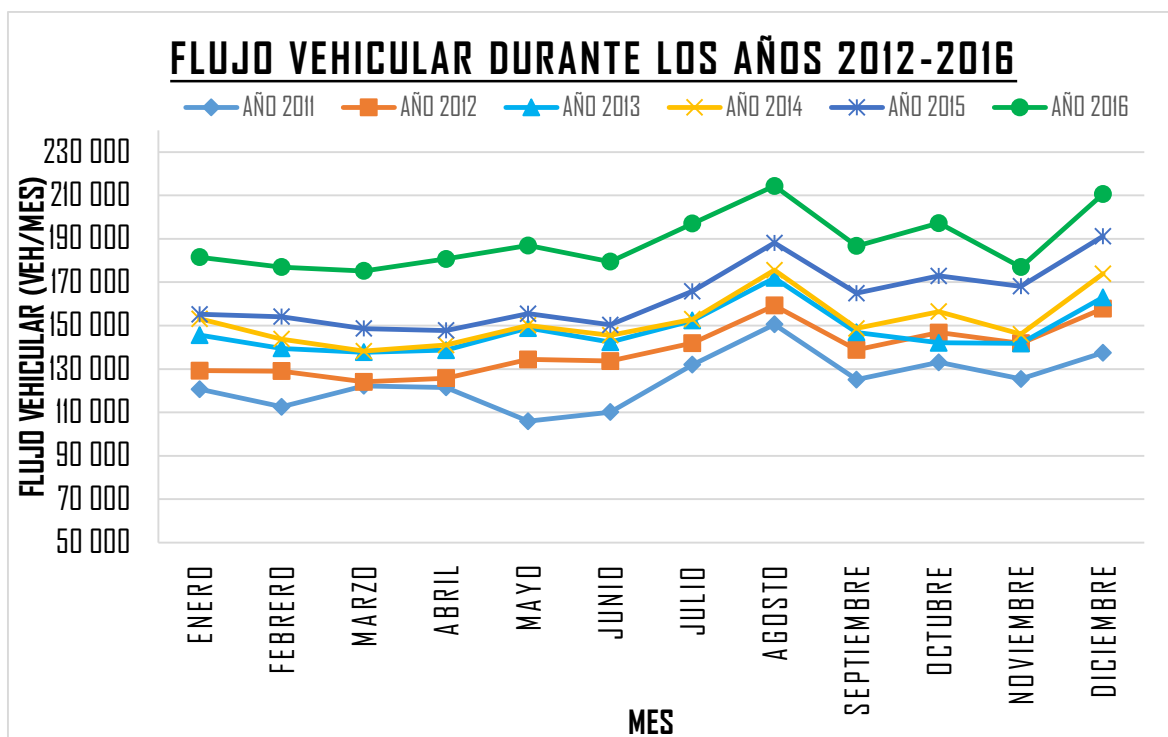


Figura 11. Flujo vehicular en el peaje Caracoto – Illpa
Fuente: Elaboración propia

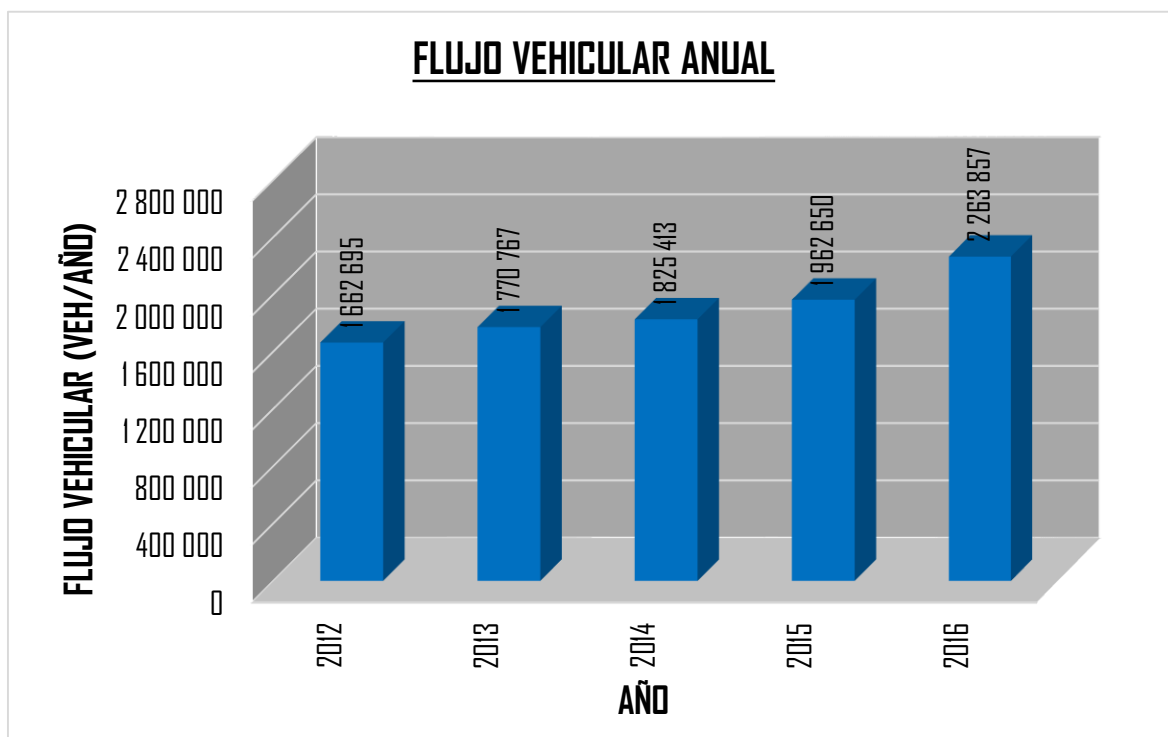


Figura 12. Flujo vehicular anual en el peaje Caracoto – Illpa
Fuente: Elaboración propia

Al realizar el análisis gráfico de flujo vehicular en el peaje, se puede notar que existen picos de tráfico en los meses de agosto y diciembre, ello obedece a que, en el mes de agosto, se tiene un incremento de flujo vehicular debido a los vehículos que se dirigen a Copacabana – Bolivia, quienes vienen de las ciudades de Cusco y Arequipa, y en el mes de diciembre obedece a las festividades de fin de año.

4.3. Información de datos de accidentes de tránsito

La base de datos de los accidentes de tránsito en la vía Puno – Juliaca fueron obtenidas de las comisarias en cuya jurisdicción se encuentra la vía en estudio, tales son: Comisaria de Alto Puno, Paucarcolla y Caracoto, 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.

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 2011 hasta el año 2015, no se ha tomado el del año 2016 debido a que dicha información aún no ha sido publicada.

De acuerdo a la base de datos de INEI los accidentes de tránsito suscitados en la vía en estudio se muestra en la tabla 6.

Tabla 6
Distribución mensual de accidentes de tránsito en la vía Puno - Juliaca

MES	AÑO				
	2011	2012	2013	2014	2015
ENERO	1	4	2	3	3
FEBRERO	9	4	7	4	8
MARZO	7	3	1	3	4
ABRIL	6	4	11	6	12
MAYO	5	4	3	4	8
JUNIO	7	3	5	5	11
JULIO	2	6	10	11	2
AGOSTO	3	4	3	4	7
SEPTIEMBRE	2	10	7	6	4
OCTUBRE	6	10	6	8	10
NOVIEMBRE	7	8	5	10	9
DICIEMBRE	5	6	6	5	10
TOTAL	60	66	66	69	88

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

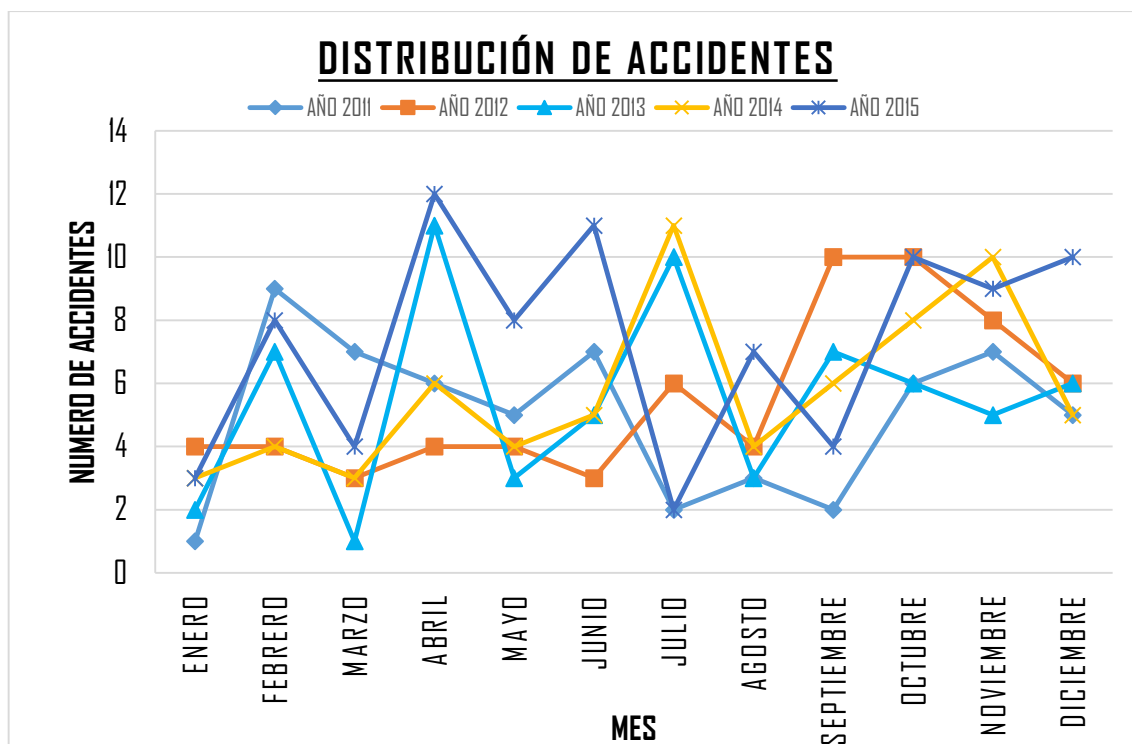


Figura 13. Distribución de accidentes de tránsito en la vía Puno – Juliaca
Fuente: Elaboración propia, de acuerdo la base de datos del INEI

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.

4.4. 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, cuyo cuadro se muestra a continuación.

Tabla 7
Análisis de correlación de flujo vehicular y accidentes de tránsito

AÑO	IDMA X	N° ACCIDENTES Y	XY	X ²	Y ²
2011	4 100	60	246022.36	16813055.48	3600
2012	4 543	66	299830.25	20637781.53	4356
2013	4 851	66	320193.48	23536241.46	4356
2014	5 001	69	345078.07	25011316.35	4761
2015	5 377	88	473186.85	28913454.85	7744
TOTAL	23 873	349	1684311.01	114911849.67	24817
r= 0.873066797		Tc= 3.101300485		Tt= 2.3534	
CONCLUSION: EXISTE CORRELACIÓN DIRECTA CON UNA PROBABILIDAD DE ERROR DEL 5%					

Fuente: Elaboración propia

Al realizar el cálculo estadístico, se pudo obtener $T_c \geq T_t$, o una correlación de 0.873 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.

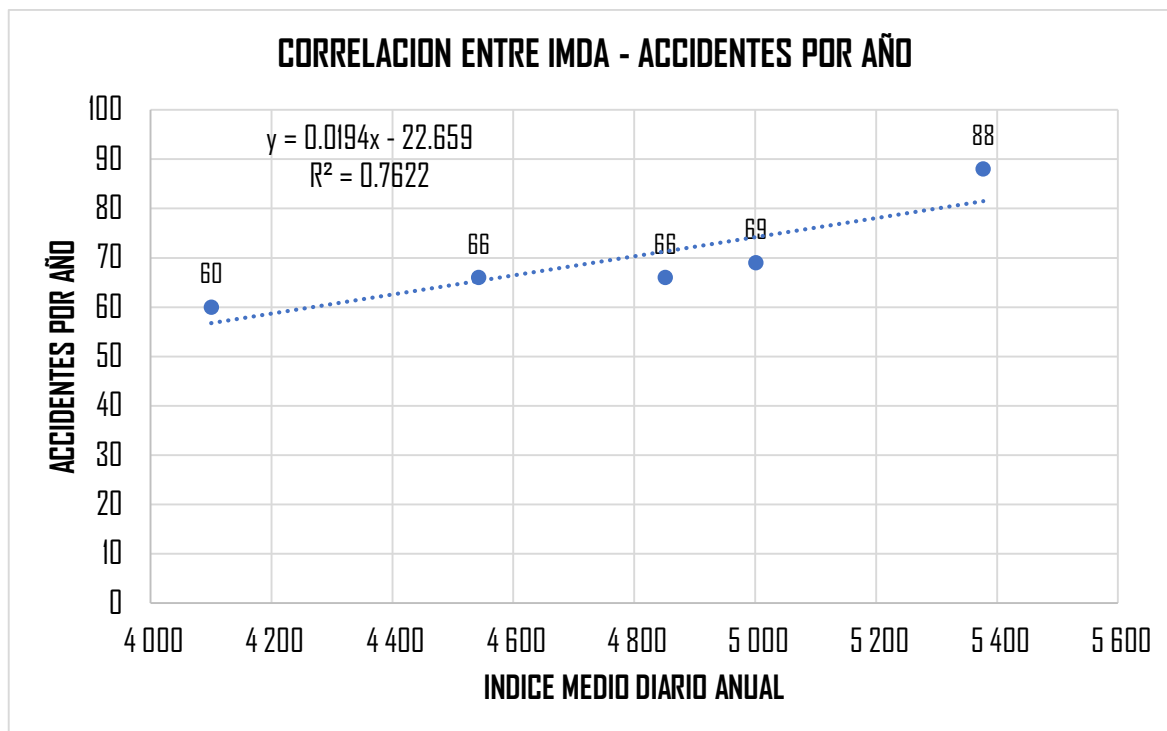


Figura 14. Análisis de correlación de flujo vehicular y accidentes de tránsito
Fuente: Elaboración propia

4.5. 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, Las cuales se muestran en las tablas 11, 13, 15, 16, y 18, que se calcularon mediante 05 metodologías, los mismos que detallamos a continuación:

Tabla 8
Datos de accidentes de tránsito e Índice Medio Diario Anual en la vía Puno - Juliaca

TRAMO	PROGRESIVA		2011		2012		2013		2014		2015		TOTAL	
	INICIO	FIN	Nº ACC	TPDA	Nº ACC	TPDA	Nº ACC	TPDA	Nº ACC	TPDA	Nº ACC	TPDA	Nº ACC	TPDA
TRAMO 1	1319+000	1320+000	3		0		2		2		3		10	
TRAMO 2	1320+000	1321+000	2		3		5		6		7		23	
TRAMO 3	1321+000	1322+000	6	5 713	5	6 329	3	6 759	7	6 968	11	7 491	32	33 260
TRAMO 4	1322+000	1323+000	1		2		1		3		2		9	
TRAMO 5	1323+000	1324+000	0		2		7		1		2		12	
TRAMO 6	1324+000	1325+000	0		1		0		1		3		5	
TRAMO 7	1325+000	1326+000	1		0		1		4		3		9	
TRAMO 8	1326+000	1327+000	2		0		0		3		0		5	
TRAMO 9	1327+000	1328+000	0		3		1		1		2		7	
TRAMO 10	1328+000	1329+000	0		1		0		1		0		2	
TRAMO 11	1329+000	1330+000	1		1		0		1		4		7	
TRAMO 12	1330+000	1331+000	0		1		0		1		1		3	
TRAMO 13	1331+000	1332+000	0		1		1		0		2		4	
TRAMO 14	1332+000	1333+000	1		3		0		0		0		4	
TRAMO 15	1333+000	1334+000	4	4 100	1	4 543	5	4 851	2	5 001	1	5 377	13	23 873
TRAMO 16	1334+000	1335+000	1		0		0		2		0		3	
TRAMO 17	1335+000	1336+000	0		0		1		0		2		3	
TRAMO 18	1336+000	1337+000	2		4		0		4		3		13	
TRAMO 19	1337+000	1338+000	0		0		1		1		0		2	
TRAMO 20	1338+000	1339+000	0		3		6		1		2		12	
TRAMO 21	1339+000	1340+000	0		4		5		0		3		12	
TRAMO 22	1340+000	1341+000	0		2		0		0		3		5	
TRAMO 23	1341+000	1342+000	1		0		0		1		2		4	
TRAMO 24	1342+000	1343+000	3		1		0		0		0		4	
TRAMO 25	1343+000	1344+000	0		1		1		1		3		6	
TRAMO 26	1344+000	1345+000	1		3		0		1		2		7	
TRAMO 27	1345+000	1346+000	0		1		1		0		4		6	
TRAMO 28	1346+000	1347+000	3		2		3		2		2		12	
TRAMO 29	1347+000	1348+000	4		4		5		3		1		17	
TRAMO 30	1348+000	1349+000	0		0		0		1		0		1	
TRAMO 31	1349+000	1350+000	1	4217	1	4672	1	4990	0	5144	7	5530	10	24553
TRAMO 32	1350+000	1351+000	7		5		5		3		1		21	
TRAMO 33	1351+000	1352+000	4		2		1		1		1		9	
TRAMO 34	1352+000	1353+000	2		1		0		1		0		4	
TRAMO 35	1353+000	1354+000	5		2		0		7		3		17	
TRAMO 36	1354+000	1355+000	1		5		6		5		3		20	
PROMEDIO PONDERADO TPDA				4360		4831		5159		5318		5718		25385

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9
Accidentes de tránsito con víctimas en la vía Puno – Juliaca

TRAMO	PROGRESIVA		2011	2012	2013	2014	2015
	INICIO	FIN	Nº DE ACC.	Nº DE ACC.	Nº DE ACC.	Nº DE ACC.	Nº DE ACC.
TRAMO 1	1319+000	1320+000	3	0	1	1	0
TRAMO 2	1320+000	1321+000	2	1	2	6	6
TRAMO 3	1321+000	1322+000	6	4	3	5	9
TRAMO 4	1322+000	1323+000	1	2	1	2	2
TRAMO 5	1323+000	1324+000	0	1	5	0	0
TRAMO 6	1324+000	1325+000	0	0	0	1	1
TRAMO 7	1325+000	1326+000	1	0	1	2	1
TRAMO 8	1326+000	1327+000	1	0	0	3	0
TRAMO 9	1327+000	1328+000	0	2	1	1	1
TRAMO 10	1328+000	1329+000	0	1	0	1	0
TRAMO 11	1329+000	1330+000	1	1	0	0	3
TRAMO 12	1330+000	1331+000	0	1	0	1	1
TRAMO 13	1331+000	1332+000	0	1	1	0	1
TRAMO 14	1332+000	1333+000	1	2	0	0	0
TRAMO 15	1333+000	1334+000	4	1	2	2	1
TRAMO 16	1334+000	1335+000	1	0	0	2	0
TRAMO 17	1335+000	1336+000	0	0	0	0	2
TRAMO 18	1336+000	1337+000	1	3	0	3	3
TRAMO 19	1337+000	1338+000	0	0	1	1	0
TRAMO 20	1338+000	1339+000	0	2	2	0	1
TRAMO 21	1339+000	1340+000	0	3	4	0	2
TRAMO 22	1340+000	1341+000	0	2	0	0	2
TRAMO 23	1341+000	1342+000	1	0	0	1	2
TRAMO 24	1342+000	1343+000	3	1	0	0	0
TRAMO 25	1343+000	1344+000	0	1	1	1	2
TRAMO 26	1344+000	1345+000	1	1	0	0	2
TRAMO 27	1345+000	1346+000	0	1	1	0	0
TRAMO 28	1346+000	1347+000	2	2	3	2	0
TRAMO 29	1347+000	1348+000	4	1	4	3	0
TRAMO 30	1348+000	1349+000	0	0	0	0	0
TRAMO 31	1349+000	1350+000	0	0	1	0	0
TRAMO 32	1350+000	1351+000	5	2	3	1	0
TRAMO 33	1351+000	1352+000	1	2	0	0	0
TRAMO 34	1352+000	1353+000	1	0	0	1	0
TRAMO 35	1353+000	1354+000	3	0	0	2	0
TRAMO 36	1354+000	1355+000	1	1	1	0	0

Fuente: Elaboración propia

4.5.1. 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. 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.

Ejemplo de cálculo tramo 1 - 2011

Los datos del IMDA se toman de la tabla 7 y el número de accidentes de la tabla 8.

Número de accidentes: 3

Longitud del tramo : 1 Km

TPDA : 5713

El índice de peligrosidad se calcula con la ecuación (1)

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

$$IP = \frac{3 \times 10^8}{5713 \times 365 \times 1}$$

$$IP = 143.88 = 144$$

Según la tabla N°1 si TPDA < 7000 y IP > 100 entonces será un TCA, como 144 > 100 se concluye que el **Tramo 1-2011** es un **TCA**.

Todos los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 10
Índice de peligrosidad y número de accidentes con víctimas calculados para cada tramo

TRAMO	PROGRESIVA		2011		2012		2013		2014		2015	
	INICIO	FIN	IP	ACV	IP	ACV	IP	ACV	IP	ACV	IP	ACV
TRAMO 1	1319+000	1320+000	144	3	0	0	41	1	39	1	0	0
TRAMO 2	1320+000	1321+000	96	2	43	1	81	2	236	6	219	6
TRAMO 3	1321+000	1322+000	288	6	173	4	122	3	197	5	329	9
TRAMO 4	1322+000	1323+000	48	1	87	2	41	1	79	2	73	2
TRAMO 5	1323+000	1324+000	0	0	43	1	203	5	0	0	0	0
TRAMO 6	1324+000	1325+000	0	0	0	0	0	0	55	1	51	1
TRAMO 7	1325+000	1326+000	67	1	0	0	56	1	110	2	51	1
TRAMO 8	1326+000	1327+000	67	1	0	0	0	0	164	3	0	0
TRAMO 9	1327+000	1328+000	0	0	121	2	56	1	55	1	51	1
TRAMO 10	1328+000	1329+000	0	0	60	1	0	0	55	1	0	0
TRAMO 11	1329+000	1330+000	67	1	60	1	0	0	0	0	153	3
TRAMO 12	1330+000	1331+000	0	0	60	1	0	0	55	1	51	1
TRAMO 13	1331+000	1332+000	0	0	60	1	56	1	0	0	51	1
TRAMO 14	1332+000	1333+000	67	1	121	2	0	0	0	0	0	0
TRAMO 15	1333+000	1334+000	267	4	60	1	113	2	110	2	51	1
TRAMO 16	1334+000	1335+000	67	1	0	0	0	0	110	2	0	0
TRAMO 17	1335+000	1336+000	0	0	0	0	0	0	0	0	102	2
TRAMO 18	1336+000	1337+000	67	1	181	3	0	0	164	3	153	3
TRAMO 19	1337+000	1338+000	0	0	0	0	56	1	55	1	0	0
TRAMO 20	1338+000	1339+000	0	0	121	2	113	2	0	0	51	1
TRAMO 21	1339+000	1340+000	0	0	181	3	226	4	0	0	102	2
TRAMO 22	1340+000	1341+000	0	0	121	2	0	0	0	0	102	2
TRAMO 23	1341+000	1342+000	67	1	0	0	0	0	55	1	102	2
TRAMO 24	1342+000	1343+000	200	3	60	1	0	0	0	0	0	0
TRAMO 25	1343+000	1344+000	0	0	60	1	56	1	55	1	102	2
TRAMO 26	1344+000	1345+000	65	1	59	1	0	0	0	0	99	2
TRAMO 27	1345+000	1346+000	0	0	59	1	55	1	0	0	0	0
TRAMO 28	1346+000	1347+000	130	2	117	2	165	3	107	2	0	0
TRAMO 29	1347+000	1348+000	260	4	59	1	220	4	160	3	0	0
TRAMO 30	1348+000	1349+000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRAMO 31	1349+000	1350+000	0	0	0	0	55	1	0	0	0	0
TRAMO 32	1350+000	1351+000	325	5	117	2	165	3	53	1	0	0
TRAMO 33	1351+000	1352+000	65	1	117	2	0	0	0	0	0	0
TRAMO 34	1352+000	1353+000	65	1	0	0	0	0	53	1	0	0
TRAMO 35	1353+000	1354+000	195	3	0	0	0	0	107	2	0	0
TRAMO 36	1354+000	1355+000	65	1	59	1	55	1	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11
Verificación del TCA para los años de estudio

PROGRESIVA		2011	2012	2013	2014	2015	TOTAL
INICIO	FIN	CONDICIÓN DEL TRAMO	CONDICIÓN DEL TRAMO	CONDICIÓN DEL TRAMO	CONDICIÓN DEL TRAMO	CONDICIÓN DEL TRAMO	CONDICIÓN DEL TRAMO
1319+000	1320+000	TCA	...	...	...	...	..
1320+000	1321+000	...	...	...	TCA	TCA	..
1321+000	1322+000	TCA	TCA	TCA	TCA	TCA	TCA
1322+000	1323+000	...	...	...	...	TCA	..
1323+000	1324+000	...	...	TCA	...	...	..
1324+000	1325+000	...	...	...	...	...	..
1325+000	1326+000	...	...	...	TCA	...	..
1326+000	1327+000	...	...	...	TCA	...	..
1327+000	1328+000	...	TCA	...	...	...	..
1328+000	1329+000	...	...	...	...	...	..
1329+000	1330+000	...	...	...	...	TCA	..
1330+000	1331+000	...	...	...	...	...	..
1331+000	1332+000	...	...	...	...	...	..
1332+000	1333+000	...	TCA	...	...	...	..
1333+000	1334+000	TCA	...	TCA	TCA	...	TCA
1334+000	1335+000	...	...	...	TCA	...	..
1335+000	1336+000	...	...	...	...	TCA	..
1336+000	1337+000	...	TCA	...	TCA	TCA	TCA
1337+000	1338+000	...	...	...	...	...	..
1338+000	1339+000	...	TCA	TCA	...	...	..
1339+000	1340+000	...	TCA	TCA	...	TCA	TCA
1340+000	1341+000	...	TCA	...	...	TCA	..
1341+000	1342+000	...	...	...	...	TCA	..
1342+000	1343+000	TCA	...	...	...	...	..
1343+000	1344+000	...	...	...	...	TCA	..
1344+000	1345+000	...	...	...	...	...	..
1345+000	1346+000	...	...	...	...	...	..
1346+000	1347+000	TCA	TCA	TCA	TCA	...	TCA
1347+000	1348+000	TCA	...	TCA	TCA	...	TCA
1348+000	1349+000	...	...	...	...	...	..
1349+000	1350+000	...	...	...	...	...	..
1350+000	1351+000	TCA	TCA	TCA	...	...	TCA
1351+000	1352+000	...	TCA	...	...	...	..
1352+000	1353+000	...	...	...	...	...	..
1353+000	1354+000	TCA	...	...	TCA	...	..
1354+000	1355+000	...	...	...	...	...	..

Fuente: Elaboración propia

Al realizar el cálculo de tramos de concentración de accidentes, por esta metodología se pudo calcular la existencia de 7 tramos de concentración de accidentes.

Se han considerado como tramos de concentración de accidentes, a aquellos tramos que resultaron 3 años o más de los 5 años evaluados.

4.5.2. Método del número o frecuencia de accidentes

El método del número de accidentes la aplicaremos considerando el criterio del nivel de confianza, para calcular el límite a partir del cual se detecta un tramo de concentración de accidentes.

Ejemplo de cálculo tramo 1 - 2011

Los datos se toman de la tabla 8.

Número de accidentes: 3

Longitud del tramo : 1 Km

La frecuencia para cada tramo se calcula aplicando la ecuación (4)

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

$$N_i = \frac{3}{1}$$

$$N_i = 3$$

Las frecuencias medias para cada año se calculan aplicando la ecuación (5)

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

$$\sum \text{Accidentes en tramos homogéneos} = 56$$

$$\sum \text{Longitud en tramos homogéneos} = 36$$

$$N_m = \frac{56}{36}$$

$$N_m = 1.556$$

Para el cálculo del desvío estándar de la frecuencia media utilizamos la ecuación (10)

$$N_\sigma = \sqrt{\frac{\sum (N_i - N_m)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{122.889}{35}}$$

$$N_\sigma = 1.8738$$

El valor límite de la frecuencia está dado por la ecuación (12):

$$N_{lim} = k \cdot N_\sigma + N_m$$

Dónde: $k=1.645$ para un nivel de confianza del 95%

$$N_{lim} = 1.645 \times 1.8738 + 1.556$$

$$N_{lim} = 4.6379$$

Un tramo será considerado TCA cuando se cumpla que: $N_i \geq N_{lim}$

$3 \geq 4.6$, este tramo no es considerado TCA.

Todos los resultados se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 12
Valor de la frecuencia, frecuencia media, desvío estándar y valor límite de la frecuencia

TRAMO	PROGRESIVA		2011	2012	2013	2014	2015	TOTAL
	INICIO	FIN	Ni	Ni	Ni	Ni	Ni	Ni
TRAMO 1	1319+000	1320+000	3	0	2	2	3	10
TRAMO 2	1320+000	1321+000	2	3	5	6	7	23
TRAMO 3	1321+000	1322+000	6	5	3	7	11	32
TRAMO 4	1322+000	1323+000	1	2	1	3	2	9
TRAMO 5	1323+000	1324+000	0	2	7	1	2	12
TRAMO 6	1324+000	1325+000	0	1	0	1	3	5
TRAMO 7	1325+000	1326+000	1	0	1	4	3	9
TRAMO 8	1326+000	1327+000	2	0	0	3	0	5
TRAMO 9	1327+000	1328+000	0	3	1	1	2	7
TRAMO 10	1328+000	1329+000	0	1	0	1	0	2
TRAMO 11	1329+000	1330+000	1	1	0	1	4	7
TRAMO 12	1330+000	1331+000	0	1	0	1	1	3
TRAMO 13	1331+000	1332+000	0	1	1	0	2	4
TRAMO 14	1332+000	1333+000	1	3	0	0	0	4
TRAMO 15	1333+000	1334+000	4	1	5	2	1	13
TRAMO 16	1334+000	1335+000	1	0	0	2	0	3
TRAMO 17	1335+000	1336+000	0	0	1	0	2	3
TRAMO 18	1336+000	1337+000	2	4	0	4	3	13
TRAMO 19	1337+000	1338+000	0	0	1	1	0	2
TRAMO 20	1338+000	1339+000	0	3	6	1	2	12
TRAMO 21	1339+000	1340+000	0	4	5	0	3	12
TRAMO 22	1340+000	1341+000	0	2	0	0	3	5
TRAMO 23	1341+000	1342+000	1	0	0	1	2	4
TRAMO 24	1342+000	1343+000	3	1	0	0	0	4
TRAMO 25	1343+000	1344+000	0	1	1	1	3	6
TRAMO 26	1344+000	1345+000	1	3	0	1	2	7
TRAMO 27	1345+000	1346+000	0	1	1	0	4	6
TRAMO 28	1346+000	1347+000	3	2	3	2	2	12
TRAMO 29	1347+000	1348+000	4	4	5	3	1	17
TRAMO 30	1348+000	1349+000	0	0	0	1	0	1
TRAMO 31	1349+000	1350+000	1	1	1	0	7	10
TRAMO 32	1350+000	1351+000	7	5	5	3	1	21
TRAMO 33	1351+000	1352+000	4	2	1	1	1	9
TRAMO 34	1352+000	1353+000	2	1	0	1	0	4
TRAMO 35	1353+000	1354+000	5	2	0	7	3	17
TRAMO 36	1354+000	1355+000	1	5	6	5	3	20
FRECUCENCIA MEDIA N_m :			1.5556	1.8056	1.7222	1.8611	2.3056	9.2500
DESVIO ESTANDAR DE LA FRECUENCIA MEDIA N_σ :			1.8738	1.5642	2.2118	1.9443	2.2781	6.8842
VALOR LÍMITE DE LA FRECUENCIA N_{lim} :			4.6379	4.3787	5.3606	5.0594	6.0530	20.5746

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13
Verificación del TCA para los años de estudio según el criterio del nivel de confianza al 95%
(K =1.645)

TRAMO	PROGRESIVA		2011	2012	2013	2014	2015	TOTAL
	INICIO	FIN	COND. DEL TRAMO	COND. DEL TRAMO	COND. DEL TRAMO	COND. DEL TRAMO	COND. DEL TRAMO	COND. DEL TRAMO
TRAMO 1	1319+000	1320+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 2	1320+000	1321+000	...	...	...	TCA	TCA	TCA
TRAMO 3	1321+000	1322+000	TCA	TCA	...	TCA	TCA	TCA
TRAMO 4	1322+000	1323+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 5	1323+000	1324+000	...	...	TCA	...	...	...
TRAMO 6	1324+000	1325+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 7	1325+000	1326+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 8	1326+000	1327+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 9	1327+000	1328+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 10	1328+000	1329+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 11	1329+000	1330+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 12	1330+000	1331+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 13	1331+000	1332+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 14	1332+000	1333+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 15	1333+000	1334+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 16	1334+000	1335+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 17	1335+000	1336+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 18	1336+000	1337+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 19	1337+000	1338+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 20	1338+000	1339+000	...	...	TCA	...	...	...
TRAMO 21	1339+000	1340+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 22	1340+000	1341+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 23	1341+000	1342+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 24	1342+000	1343+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 25	1343+000	1344+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 26	1344+000	1345+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 27	1345+000	1346+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 28	1346+000	1347+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 29	1347+000	1348+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 30	1348+000	1349+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 31	1349+000	1350+000	...	...	...	...	TCA	...
TRAMO 32	1350+000	1351+000	TCA	TCA	...	...	...	TCA
TRAMO 33	1351+000	1352+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 34	1352+000	1353+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 35	1353+000	1354+000	TCA	...	...	TCA	...	...
TRAMO 36	1354+000	1355+000	...	TCA	TCA	...	...	...

Fuente: Elaboración propia

Según este criterio, el método detecta 3 tramos para cada uno de los 5 años y en resumen se considera 3 tramos para el período de 5 años de estudio.

La metodología de cálculo de acuerdo a los datos de: longitud de sub 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 sub tramos donde ocurrieron 05 a más accidentes, no considerando a sub tramos con 04 accidente de tránsito.

4.5.3. Método de la tasa de accidentes

El método la tasa de accidentes la aplicaremos considerando el criterio del nivel de confianza, para calcular el límite a partir del cual se detecta un tramo de concentración de accidentes.

Ejemplo de cálculo tramo 1 - 2011

Los datos se toman de la tabla 8.

Número de accidentes: 3

Longitud del tramo : 1 Km

IMDA : 5713

Nº de días : 365

La tasa para cada tramo se calcula aplicando la ecuación (15)

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

$$T_i = \frac{3}{5713 \times 365 \times 1} \cdot 10^6$$

$$T_i=1.4388$$

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 se calcula con la ecuación (16).

Σ accidentes	: 56
Longitud del tramo	: 36 Km
IMDA medio	: 4360
N° de días	: 365

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

$$T_m = \frac{56}{4360 \times 365 \times 36} \cdot 10^6$$

$$T_m = 0.9775$$

Para el cálculo del desvío estándar de la tasa media utilizamos la ecuación (21)

$$T_\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma (T_i - T_m)^2}{n-1}} = T_\sigma = \sqrt{\frac{46.6397}{35}}$$

$$T_\sigma = 1.1544$$

El valor límite de la tasa está dado por la ecuación (22)

$$T_{\text{lim}} = k \cdot T_\sigma + T_m$$

Dónde: $k=1.645$ para un nivel de confianza del 95%

$$T_{lim}=1.645 \times 1.1544 + 0.9775$$

$$T_{lim}=2.8764$$

Un tramo será considerado TCA cuando se cumpla que: $T_i \geq T_{lim}$

$1.4388 \geq 2.8765$, este tramo no es considerado TCA.

Todos los resultados se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 14
Valor de la tasa, tasa media, desvío estándar y valor límite de la tasa

TRAMO	PROGRESIVA		2011	2012	2013	2014	2015	TOTAL
	INICIO	FIN	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti
TRAMO 1	1319+000	1320+000	1.4388	0.0000	0.8107	0.7864	1.0971	0.8237
TRAMO 2	1320+000	1321+000	0.9592	1.2986	2.0267	2.3593	2.5600	1.8946
TRAMO 3	1321+000	1322+000	2.8775	2.1644	1.2160	2.7525	4.0229	2.6360
TRAMO 4	1322+000	1323+000	0.4796	0.8657	0.4053	1.1796	0.7314	0.7414
TRAMO 5	1323+000	1324+000	0.0000	0.8657	2.8374	0.3932	0.7314	0.9885
TRAMO 6	1324+000	1325+000	0.0000	0.6031	0.0000	0.5478	1.5285	0.5738
TRAMO 7	1325+000	1326+000	0.6682	0.0000	0.5647	2.1913	1.5285	1.0329
TRAMO 8	1326+000	1327+000	1.3363	0.0000	0.0000	1.6435	0.0000	0.5738
TRAMO 9	1327+000	1328+000	0.0000	1.8092	0.5647	0.5478	1.0190	0.8033
TRAMO 10	1328+000	1329+000	0.0000	0.6031	0.0000	0.5478	0.0000	0.2295
TRAMO 11	1329+000	1330+000	0.6682	0.6031	0.0000	0.5478	2.0381	0.8033
TRAMO 12	1330+000	1331+000	0.0000	0.6031	0.0000	0.5478	0.5095	0.3443
TRAMO 13	1331+000	1332+000	0.0000	0.6031	0.5647	0.0000	1.0190	0.4591
TRAMO 14	1332+000	1333+000	0.6682	1.8092	0.0000	0.0000	0.0000	0.4591
TRAMO 15	1333+000	1334+000	2.6727	0.6031	2.8236	1.0956	0.5095	1.4919
TRAMO 16	1334+000	1335+000	0.6682	0.0000	0.0000	1.0956	0.0000	0.3443
TRAMO 17	1335+000	1336+000	0.0000	0.0000	0.5647	0.0000	1.0190	0.3443
TRAMO 18	1336+000	1337+000	1.3363	2.4123	0.0000	2.1913	1.5285	1.4919
TRAMO 19	1337+000	1338+000	0.0000	0.0000	0.5647	0.5478	0.0000	0.2295
TRAMO 20	1338+000	1339+000	0.0000	1.8092	3.3884	0.5478	1.0190	1.3772
TRAMO 21	1339+000	1340+000	0.0000	2.4123	2.8236	0.0000	1.5285	1.3772
TRAMO 22	1340+000	1341+000	0.0000	1.2062	0.0000	0.0000	1.5285	0.5738
TRAMO 23	1341+000	1342+000	0.6682	0.0000	0.0000	0.5478	1.0190	0.4591
TRAMO 24	1342+000	1343+000	2.0045	0.6031	0.0000	0.0000	0.0000	0.4591
TRAMO 25	1343+000	1344+000	0.0000	0.6031	0.5647	0.5478	1.5285	0.6886
TRAMO 26	1344+000	1345+000	0.6497	1.7591	0.0000	0.5326	0.9908	0.7811
TRAMO 27	1345+000	1346+000	0.0000	0.5864	0.5491	0.0000	1.9816	0.6695
TRAMO 28	1346+000	1347+000	1.9490	1.1727	1.6472	1.0653	0.9908	1.3390
TRAMO 29	1347+000	1348+000	2.5986	2.3455	2.7454	1.5979	0.4954	1.8969
TRAMO 30	1348+000	1349+000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5326	0.0000	0.1116
TRAMO 31	1349+000	1350+000	0.6497	0.5864	0.5491	0.0000	3.4678	1.1158
TRAMO 32	1350+000	1351+000	4.5476	2.9318	2.7454	1.5979	0.4954	2.3432
TRAMO 33	1351+000	1352+000	2.5986	1.1727	0.5491	0.5326	0.4954	1.0042
TRAMO 34	1352+000	1353+000	1.2993	0.5864	0.0000	0.5326	0.0000	0.4463
TRAMO 35	1353+000	1354+000	3.2483	1.1727	0.0000	3.7285	1.4862	1.8969
TRAMO 36	1354+000	1355+000	0.6497	2.9318	3.2945	2.6632	1.4862	2.2317
TASA MEDIA T _m :			0.9775	1.0241	0.9147	0.9588	1.1048	0.9983
DESVIO ESTANDAR DE LA TASA MEDIA T _σ :			1.1544	0.8812	1.1375	0.9278	0.9435	0.6551
VALOR LÍMITE DE LA TASA T _{lim} :			2.8764	2.4736	2.7859	2.4850	2.6567	2.0759

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15
Verificación del TCA para los años de estudio según el criterio del nivel de confianza al 95%
(K =1.645)

TRAMO	PROGRESIVA		2011	2012	2013	2014	2015	TOTAL
	INICIO	FIN	COND. DEL TRAMO	COND. DEL TRAMO	COND. DEL TRAMO	COND. DEL TRAMO	COND. DEL TRAMO	COND. DEL TRAMO
TRAMO 1	1319+000	1320+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 2	1320+000	1321+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 3	1321+000	1322+000	TCA	...	...	TCA	TCA	TCA
TRAMO 4	1322+000	1323+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 5	1323+000	1324+000	...	...	TCA	...	...	...
TRAMO 6	1324+000	1325+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 7	1325+000	1326+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 8	1326+000	1327+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 9	1327+000	1328+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 10	1328+000	1329+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 11	1329+000	1330+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 12	1330+000	1331+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 13	1331+000	1332+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 14	1332+000	1333+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 15	1333+000	1334+000	...	...	TCA	...	...	...
TRAMO 16	1334+000	1335+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 17	1335+000	1336+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 18	1336+000	1337+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 19	1337+000	1338+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 20	1338+000	1339+000	...	...	TCA	...	...	...
TRAMO 21	1339+000	1340+000	...	...	TCA	...	...	...
TRAMO 22	1340+000	1341+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 23	1341+000	1342+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 24	1342+000	1343+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 25	1343+000	1344+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 26	1344+000	1345+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 27	1345+000	1346+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 28	1346+000	1347+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 29	1347+000	1348+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 30	1348+000	1349+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 31	1349+000	1350+000	...	...	...	...	TCA	...
TRAMO 32	1350+000	1351+000	TCA	TCA	...	...	...	TCA
TRAMO 33	1351+000	1352+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 34	1352+000	1353+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 35	1353+000	1354+000	TCA	...	...	TCA	...	...
TRAMO 36	1354+000	1355+000	...	TCA	TCA	TCA	...	TCA

Fuente: Elaboración propia

Según este criterio, el método detecta tres tramos para el año 2011; dos para el año 2012; cinco para el año 2013; tres para el año 2014; dos para el año 2015 y tres cuando se considera el período de cinco años del estudio.

4.5.4. Método del número – tasa 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 sub tramo, longitud de vía, flujo vehicular a través de Índice Medio Diario Anual, número de días y cantidad de accidentes producidos.

El coeficiente de mayoración se estableció en el valor $k=1.645$ para un nivel de confianza de 95%.

Tabla 16
Verificación del TCA para los años de estudio según el criterio del nivel de confianza al 95% (K =1.645)

TRAMO	PROGRESIVA		2011			2012			2013			2014			2015			TOTAL		
	INICIO	FIN	CN	CT	CNT	CN	CT	CNT	CN	CT	CNT	CN	CT	CNT	CN	CT	CNT	CN	CT	CNT
TRAMO 1	1319+00	1320+000	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TRAMO 2	1320+00	1321+000	...	...	...	...	...	...	...	...	...	TCA	...	...	TCA	...	...	TCA	...	...
TRAMO 3	1321+00	1322+000	TCA	TCA	TCA	TCA	...	...	...	...	...	TCA	TCA	TCA	TCA	TCA	TCA	TCA	TCA	TCA
TRAMO 4	1322+00	1323+000	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TRAMO 5	1323+00	1324+000	...	...	...	...	...	...	TCA	TCA	TCA	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TRAMO 6	1324+00	1325+000	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TRAMO 7	1325+00	1326+000	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TRAMO 8	1326+00	1327+000	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TRAMO 9	1327+00	1328+000	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TRAMO 10	1328+00	1329+000	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TRAMO 11	1329+000	1330+000	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TRAMO 12	1330+000	1331+000	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TRAMO 13	1331+000	1332+000	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TRAMO 14	1332+000	1333+000	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TRAMO 15	1333+000	1334+000	...	...	...	...	...	...	...	TCA	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TRAMO 16	1334+000	1335+000	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TRAMO 17	1335+000	1336+000	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TRAMO 18	1336+000	1337+000	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TRAMO 19	1337+000	1338+000	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TRAMO 20	1338+000	1339+000	...	...	...	...	...	...	TCA	TCA	TCA	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TRAMO 21	1339+000	1340+000	...	...	...	...	...	...	...	TCA	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TRAMO 22	1340+000	1341+000	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TRAMO 23	1341+000	1342+000	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TRAMO 24	1342+000	1343+000	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TRAMO 25	1343+000	1344+000	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TRAMO 26	1344+000	1345+000	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TRAMO 27	1345+000	1346+000	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TRAMO 28	1346+000	1347+000	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TRAMO 29	1347+000	1348+000	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TRAMO 30	1348+000	1349+000	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TRAMO 31	1349+000	1350+000	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	TCA	TCA	TCA	...	...	...
TRAMO 32	1350+000	1351+000	TCA	TCA	TCA	TCA	TCA	TCA	...	...	...	...	...	...	...	...	...	TCA	TCA	TCA
TRAMO 33	1351+000	1352+000	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TRAMO 34	1352+000	1353+000	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TRAMO 35	1353+000	1354+000	TCA	TCA	TCA	...	...	...	...	...	...	TCA	TCA	TCA	...	...	...	...	...	...
TRAMO 36	1354+000	1355+000	...	...	...	TCA	TCA	TCA	TCA	TCA	TCA	...	TCA	...	...	...	...	...	TCA	...

Fuente: Elaboración propia

Según este criterio, el método detecta tres tramos para los años 2011 y 2013; dos para los años 2012, 2014 y 2015; y dos cuando se considera el período de cinco años del estudio.

4.5.5. Método del control de calidad de la tasa

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% ($k=1,645$).

Ejemplo de cálculo tramo 1 - 2011

Los datos se toman de la tabla 8.

Σ accidentes	: 56
Longitud de la vía	: 36 Km
Promedio IMDA	: 4360
Nº de días	: 365

La tasa media de accidentes del sistema vial en conjunto se calcula con la ecuación (33)

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

$$T_m = \frac{56}{4360 \times 365 \times 36} \cdot 10^6$$

$$T_m = 0.9775$$

La cantidad de tránsito en el lugar durante el período de análisis se calcula con la ecuación (34)

$$t_i = \frac{\text{TPDA} \cdot \text{N}^\circ \text{ de días} \cdot \text{Long del tramo}_i}{10^6}$$

$$t_i = \frac{4360 \times 365 \times 1}{10^6}$$

$$t_i = 1.5914$$

La tasa crítica del sistema se calcula de la siguiente manera aplicando la ecuación (32):

$$T_{Ci} = T_m + k \cdot \sqrt{\frac{T_m}{t_i} + \frac{0.5}{t_i}}$$

$$T_{Ci} = 0.9775 + 1.645 \times \sqrt{\frac{0.9775}{1.5914} + \frac{0.5}{1.5914}}$$

$$T_{Ci} = 2.5809$$

Para el cálculo de la tasa de accidentes se aplica la ecuación (35)

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

$$T_i = \frac{3}{5713 \times 365 \times 1} \cdot 10^6$$

$$T_i = 1.4388$$

El método considera peligroso a aquel tramo cuya tasa de accidentes sea mayor o igual que la tasa crítica del sistema.

Un tramo será considerado TCA cuando se cumpla que: $T_i \geq T_{Ci}$

$1.4388 \geq 2.5809$, este tramo no es considerado TCA.

Todos los resultados se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 17

Valores de la tasa de accidentes, tasa media, cantidad de tránsito, tasa crítica

TRAMO	PROGRESIVA		2011	2012	2013	2014	2015	TOTAL
	INICIO	FIN	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti
TRAMO 1	1319+000	1320+000	1.4388	0.0000	0.8107	0.7864	1.0971	0.8237
TRAMO 2	1320+000	1321+000	0.9592	1.2986	2.0267	2.3593	2.5600	1.8946
TRAMO 3	1321+000	1322+000	2.8775	2.1644	1.2160	2.7525	4.0229	2.6360
TRAMO 4	1322+000	1323+000	0.4796	0.8657	0.4053	1.1796	0.7314	0.7414
TRAMO 5	1323+000	1324+000	0.0000	0.8657	2.8374	0.3932	0.7314	0.9885
TRAMO 6	1324+000	1325+000	0.0000	0.6031	0.0000	0.5478	1.5285	0.5738
TRAMO 7	1325+000	1326+000	0.6682	0.0000	0.5647	2.1913	1.5285	1.0329
TRAMO 8	1326+000	1327+000	1.3363	0.0000	0.0000	1.6435	0.0000	0.5738
TRAMO 9	1327+000	1328+000	0.0000	1.8092	0.5647	0.5478	1.0190	0.8033
TRAMO 10	1328+000	1329+000	0.0000	0.6031	0.0000	0.5478	0.0000	0.2295
TRAMO 11	1329+000	1330+000	0.6682	0.6031	0.0000	0.5478	2.0381	0.8033
TRAMO 12	1330+000	1331+000	0.0000	0.6031	0.0000	0.5478	0.5095	0.3443
TRAMO 13	1331+000	1332+000	0.0000	0.6031	0.5647	0.0000	1.0190	0.4591
TRAMO 14	1332+000	1333+000	0.6682	1.8092	0.0000	0.0000	0.0000	0.4591
TRAMO 15	1333+000	1334+000	2.6727	0.6031	2.8236	1.0956	0.5095	1.4919
TRAMO 16	1334+000	1335+000	0.6682	0.0000	0.0000	1.0956	0.0000	0.3443
TRAMO 17	1335+000	1336+000	0.0000	0.0000	0.5647	0.0000	1.0190	0.3443
TRAMO 18	1336+000	1337+000	1.3363	2.4123	0.0000	2.1913	1.5285	1.4919
TRAMO 19	1337+000	1338+000	0.0000	0.0000	0.5647	0.5478	0.0000	0.2295
TRAMO 20	1338+000	1339+000	0.0000	1.8092	3.3884	0.5478	1.0190	1.3772
TRAMO 21	1339+000	1340+000	0.0000	2.4123	2.8236	0.0000	1.5285	1.3772
TRAMO 22	1340+000	1341+000	0.0000	1.2062	0.0000	0.0000	1.5285	0.5738
TRAMO 23	1341+000	1342+000	0.6682	0.0000	0.0000	0.5478	1.0190	0.4591
TRAMO 24	1342+000	1343+000	2.0045	0.6031	0.0000	0.0000	0.0000	0.4591
TRAMO 25	1343+000	1344+000	0.0000	0.6031	0.5647	0.5478	1.5285	0.6886
TRAMO 26	1344+000	1345+000	0.6497	1.7591	0.0000	0.5326	0.9908	0.7811
TRAMO 27	1345+000	1346+000	0.0000	0.5864	0.5491	0.0000	1.9816	0.6695
TRAMO 28	1346+000	1347+000	1.9490	1.1727	1.6472	1.0653	0.9908	1.3390
TRAMO 29	1347+000	1348+000	2.5986	2.3455	2.7454	1.5979	0.4954	1.8969
TRAMO 30	1348+000	1349+000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5326	0.0000	0.1116
TRAMO 31	1349+000	1350+000	0.6497	0.5864	0.5491	0.0000	3.4678	1.1158
TRAMO 32	1350+000	1351+000	4.5476	2.9318	2.7454	1.5979	0.4954	2.3432
TRAMO 33	1351+000	1352+000	2.5986	1.1727	0.5491	0.5326	0.4954	1.0042
TRAMO 34	1352+000	1353+000	1.2993	0.5864	0.0000	0.5326	0.0000	0.4463
TRAMO 35	1353+000	1354+000	3.2483	1.1727	0.0000	3.7285	1.4862	1.8969
TRAMO 36	1354+000	1355+000	0.6497	2.9318	3.2945	2.6632	1.4862	2.2317
TASA MEDIA Tm:			0.9775	1.0241	0.9147	0.9588	1.1048	0.9983
CANTIDAD DE TRÁNSITO ti:			1.5914	1.7631	1.8829	1.9410	2.0869	9.2654
TASA CRÍTICA TCi:			2.5809	2.5613	2.3267	2.3726	2.5412	1.5923

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18
Verificación del TCA para los años de estudio según el criterio del nivel de confianza al 95%
(K =1.645)

TRAMO	PROGRESIVA		2011	2012	2013	2014	2015	TOTAL
	INICIO	FIN	CONDICIÓN DEL TRAMO	CONDICIÓN DEL TRAMO	CONDICIÓN DEL TRAMO	CONDICIÓN DEL TRAMO	CONDICIÓN DEL TRAMO	CONDICIÓN DEL TRAMO
TRAMO 1	1319+000	1320+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 2	1320+000	1321+000	...	...	...	...	TCA	TCA
TRAMO 3	1321+000	1322+000	TCA	...	...	TCA	TCA	TCA
TRAMO 4	1322+000	1323+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 5	1323+000	1324+000	...	...	TCA	...	...	...
TRAMO 6	1324+000	1325+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 7	1325+000	1326+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 8	1326+000	1327+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 9	1327+000	1328+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 10	1328+000	1329+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 11	1329+000	1330+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 12	1330+000	1331+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 13	1331+000	1332+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 14	1332+000	1333+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 15	1333+000	1334+000	TCA	...	TCA	...	...	...
TRAMO 16	1334+000	1335+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 17	1335+000	1336+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 18	1336+000	1337+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 19	1337+000	1338+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 20	1338+000	1339+000	...	...	TCA	...	...	...
TRAMO 21	1339+000	1340+000	...	...	TCA	...	...	...
TRAMO 22	1340+000	1341+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 23	1341+000	1342+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 24	1342+000	1343+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 25	1343+000	1344+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 26	1344+000	1345+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 27	1345+000	1346+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 28	1346+000	1347+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 29	1347+000	1348+000	TCA	...	TCA	...	...	TCA
TRAMO 30	1348+000	1349+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 31	1349+000	1350+000	...	...	...	...	TCA	...
TRAMO 32	1350+000	1351+000	TCA	TCA	TCA	...	...	TCA
TRAMO 33	1351+000	1352+000	TCA	...	...	...	...	...
TRAMO 34	1352+000	1353+000	...	...	...	...	...	...
TRAMO 35	1353+000	1354+000	TCA	...	...	TCA	...	TCA
TRAMO 36	1354+000	1355+000	...	TCA	TCA	TCA	...	TCA

Fuente: Elaboración propia

Según este criterio, el método detecta seis tramos para el año 2011; dos tramos para el año 2012; siete tramos para el año 2013; tres para los años 2014 y 2015; y seis tramos cuando se considera el período de cinco años del estudio.

4.6. 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 – 2014.

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

Tabla 19
Resumen de los TCA y tipo de accidente

TCA N°	TRAMO	PROGRESIVA		HITO PRÓXIMO AL TRAMO	TIPO DE ACCIDENTE MAS FRECUENTE
		INICIO	FIN		
1	TRAMO 2	1320+000	1321+000	GRIFO SATÉLITE - JULIACA	CHOQUE
2	TRAMO 3	1321+000	1322+000	URBANIZACIÓN HABITAT - JULIACA	CHOQUE
3	TRAMO 15	1333+000	1334+000	DESVÍO CAPACHICA	CHOQUE
4	TRAMO 18	1336+000	1337+000	CENTRO DE INVESTIGACIÓN ILLPA	CHOQUE
5	TRAMO 21	1339+000	1340+000	DESVÍO CENTRO ARQUEOLÓGICO SILLUSTANI	CHOQUE
6	TRAMO 28	1346+000	1347+000	DESVÍO COLLANA	CHOQUE
7	TRAMO 29	1347+000	1348+000	SECTOR PATALLANI	CHOQUE
8	TRAMO 32	1350+000	1351+000	COMUNIDAD HUERTA HUARAYA (CURVA DEL DIABLO)	DESPISTE
9	TRAMO 35	1353+000	1354+000	COMUNIDAD YANAMAYO (SALIDA JULIACA)	CHOQUE
10	TRAMO 36	1354+000	1355+000	BARRIO LLAVINI, ZONA ALTA	CHOQUE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20
Distribución por tipo de accidente en los TCA

TRAMO	PROGRESIVA		TOTAL					
	INICIO	FIN	ATROPELLO	CAIDA DE PASAJERO	CHOQUE	DESPISTE	VOLCADURA	TOTAL
TRAMO 2	1320+000	1321+000	9	0	13	1	0	23
TRAMO 3	1321+000	1322+000	11	0	19	2	0	32
TRAMO 15	1333+000	1334+000	0	0	10	3	0	13
TRAMO 18	1336+000	1337+000	5	0	6	2	0	13
TRAMO 21	1339+000	1340+000	3	0	8	1	0	12
TRAMO 28	1346+000	1347+000	2	0	7	3	0	12
TRAMO 29	1347+000	1348+000	1	0	10	5	1	17
TRAMO 32	1350+000	1351+000	1	0	9	10	1	21
TRAMO 35	1353+000	1354+000	1	1	10	5	0	17
TRAMO 36	1354+000	1355+000	4	1	8	6	0	19

Fuente: Elaboración propia

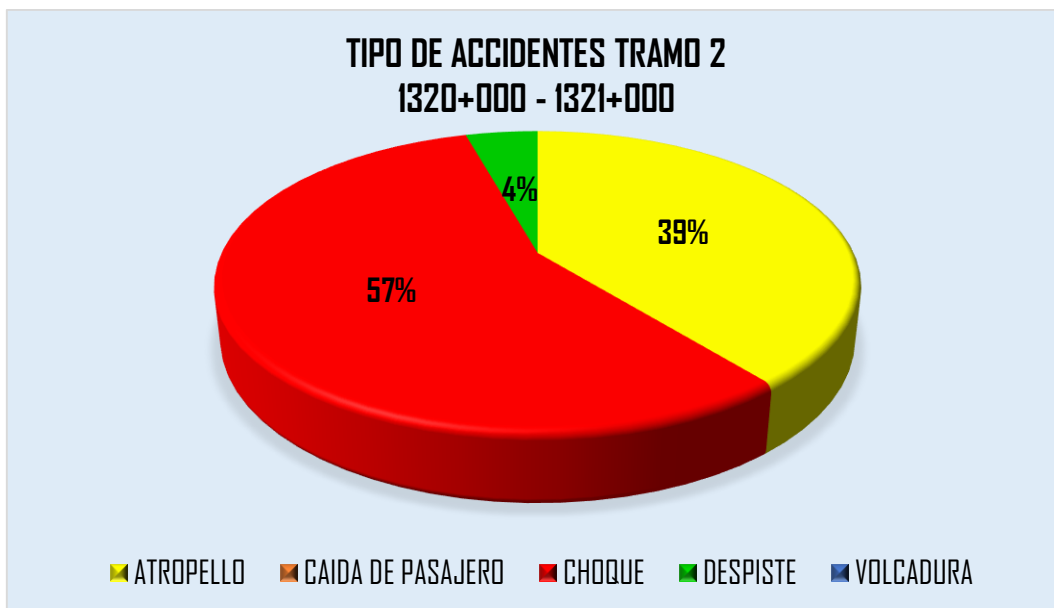


Figura 15. Tipo de accidente en el TCA N°1
Fuente: Elaboración propia

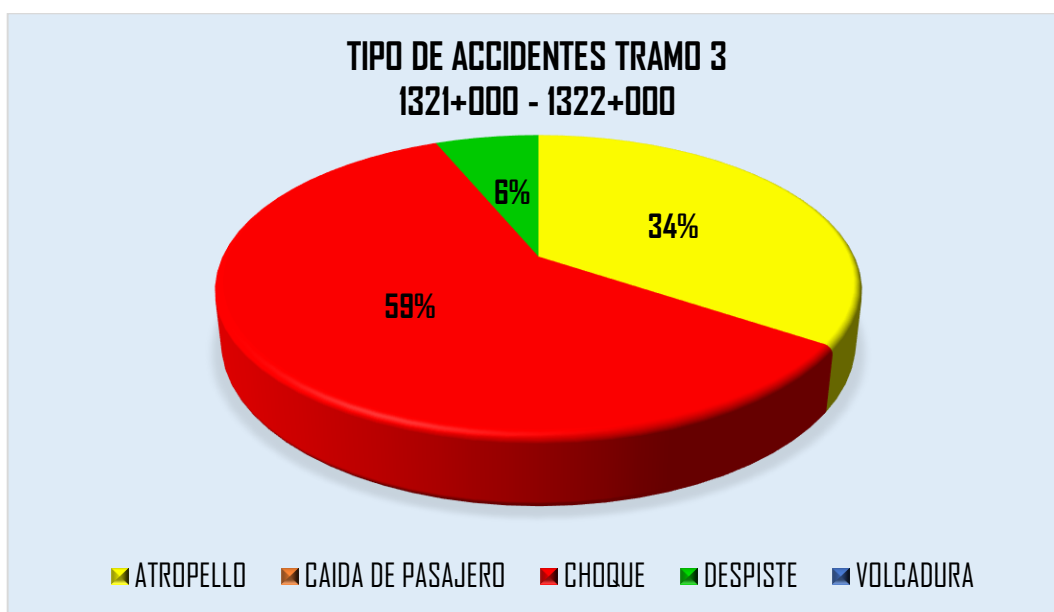


Figura 16. Tipo de accidente en el TCA N°2
Fuente: Elaboración propia

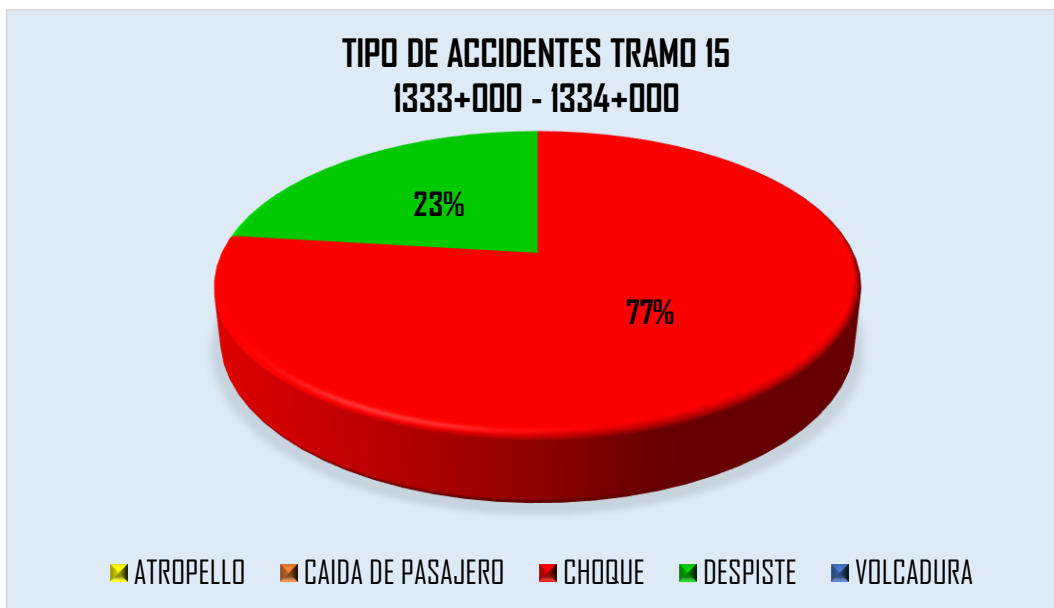


Figura 17. Tipo de accidente en el TCA N° 3
Fuente: Elaboración propia

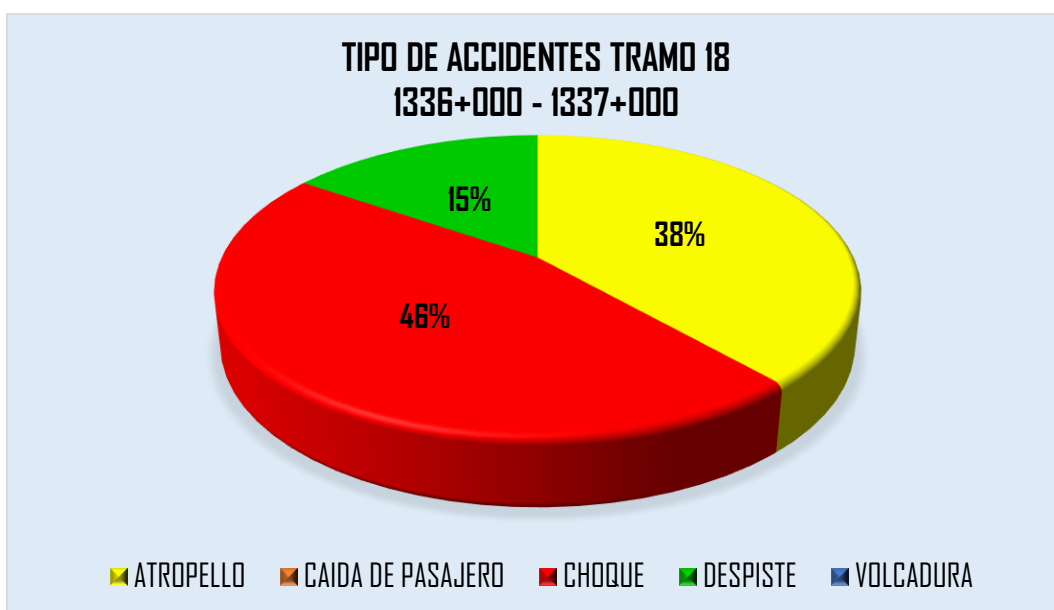


Figura 18. Tipo de accidente en el TCA N° 4
Fuente: Elaboración propia

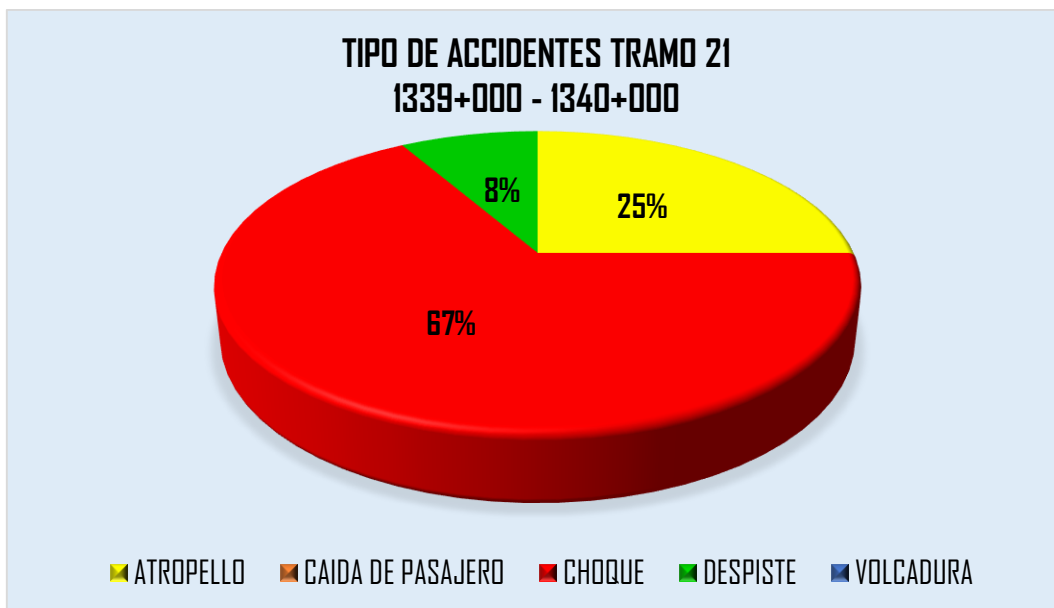


Figura 19. Tipo de accidente en el TCA N° 5
Fuente: Elaboración propia

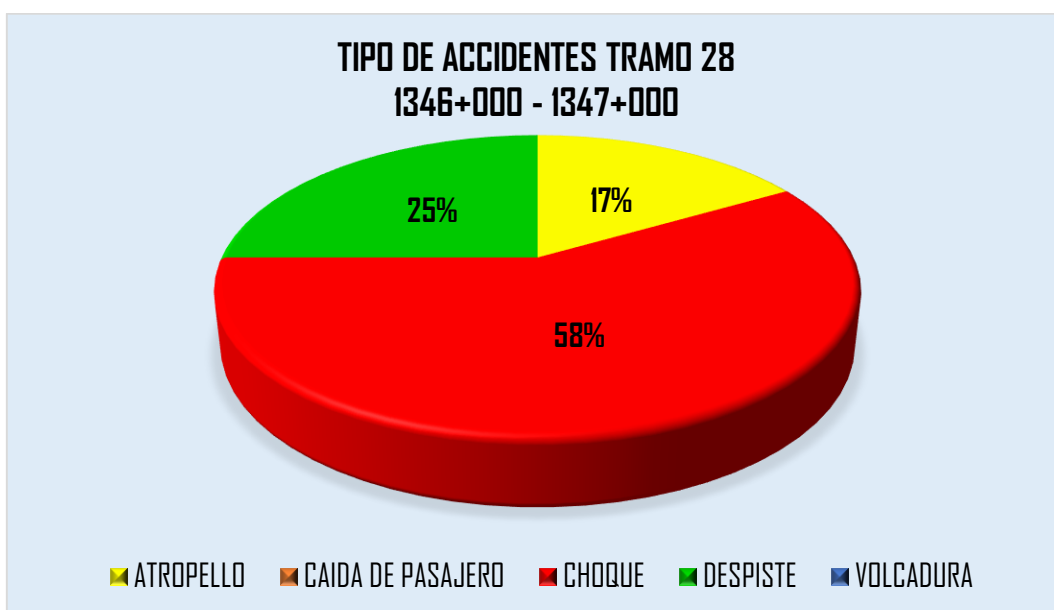


Figura 20. Tipo de accidente en el TCA N° 6
Fuente: Elaboración propia

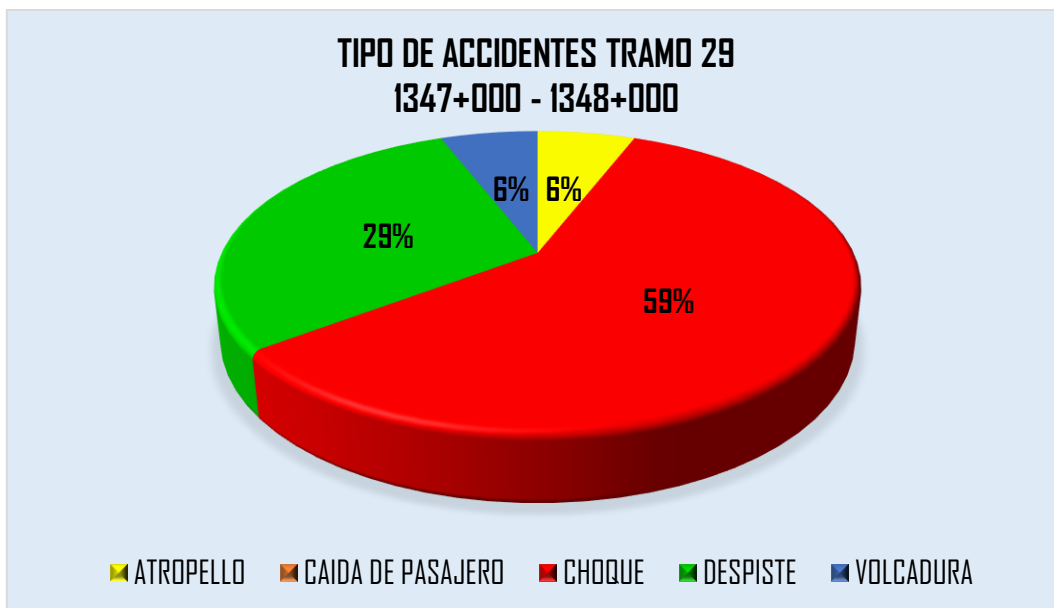


Figura 21. Tipo de accidente en el TCA N° 7
Fuente: Elaboración propia

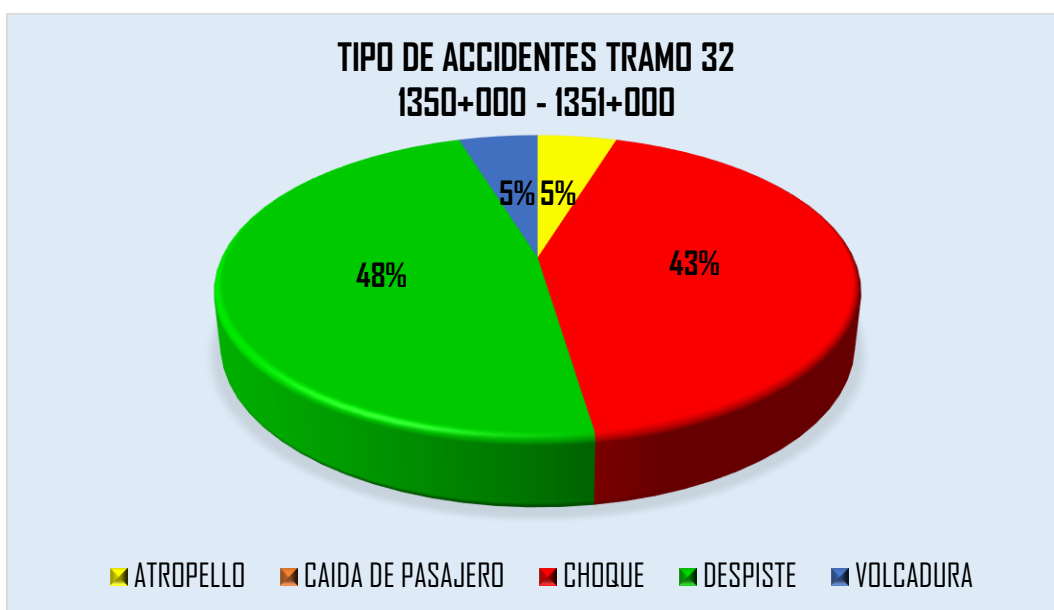


Figura 22. Tipo de accidente en el TCA N° 8
Fuente: Elaboración propia

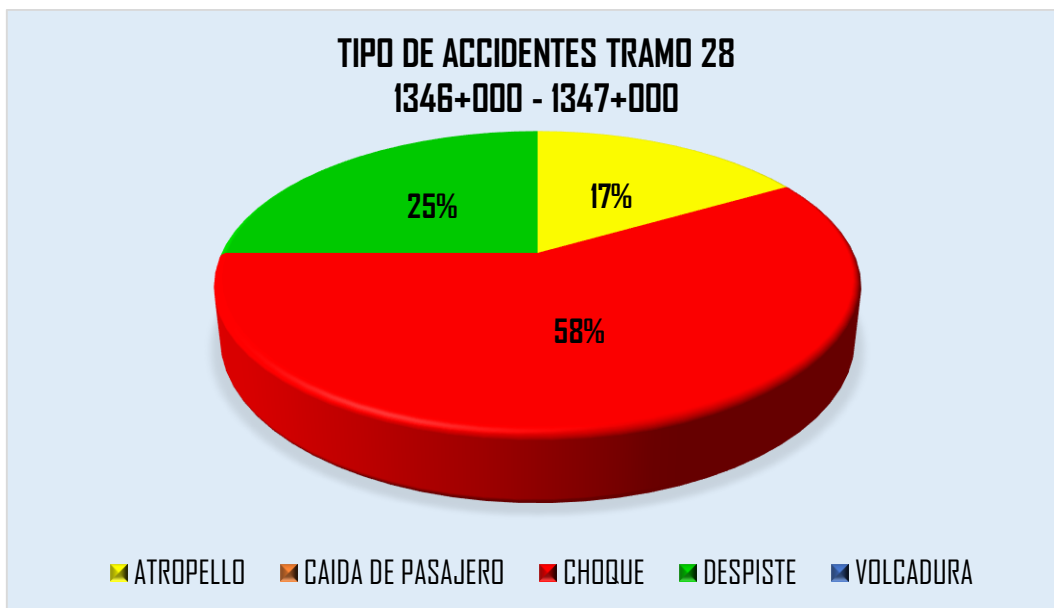


Figura 23. Tipo de accidente en el TCA N° 9
Fuente: Elaboración propia

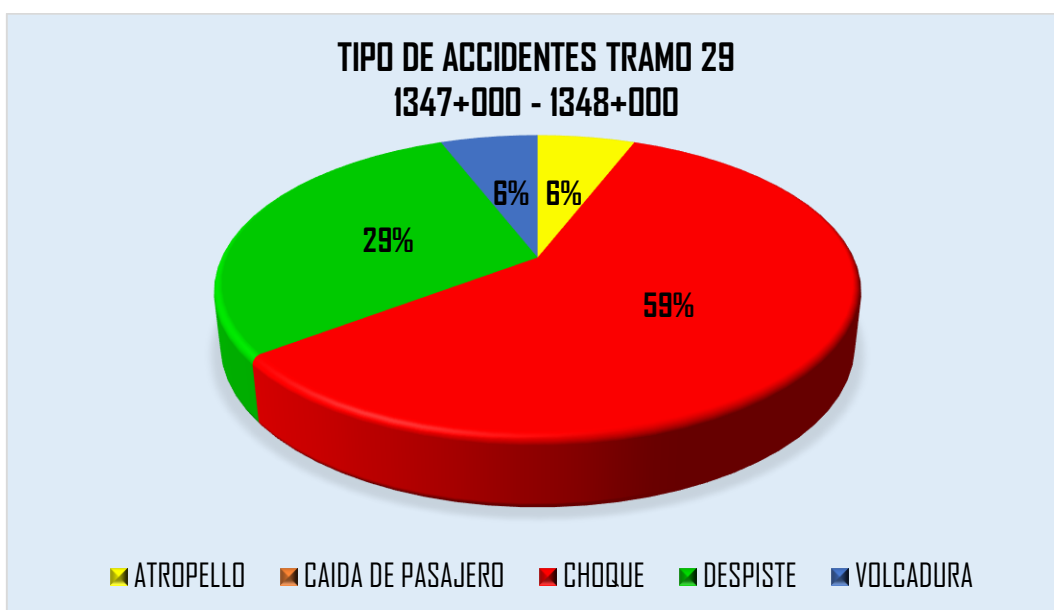


Figura 24. Tipo de accidente en el TCA N° 10
Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que en el tramo de concentración de accidente N° 3 y N° 5 existe un elevado tipo de accidente por choque, también existe un alto tipo de accidente por despiste en el tramo N°8 siendo así que representa el 48% del total de accidentes ocurridos en el mencionado tramo, asimismo cabe indicar que el alto índice de tipos de accidentes de tránsito ocurre por choque esto debido al exceso de velocidad por parte de los conductores. Finalmente es necesario mencionar que el tipo de accidente por despiste ocurre debido al exceso de velocidad y falla mecánicas de los vehículos.

4.8. Evaluación de los elementos geométrico de los TCA

La evaluación consistió en dos eventos: el primero que consistió en realizar la medición de los elementos geométricos de los 10 tramos de concentración de accidentes identificados, y seguidamente se calculó los elementos geométricos de los tramos de concentración de accidentes, para luego realizar la verificación de acuerdo con la norma DG – 2014.

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

REPLANTEO Y CÁLCULO DE LOS ELEMENTOS GEOMÉTRICOS (RECTO)

DATOS SEGÚN DG-2014

Vd= 80 Km/h
 Ancho de calzada= 7.20 m
 Ancho de berma= 3.00 m

DATOS OBTENIDOS EN CAMPO

Ancho de calzada= 6.60 m
 Ancho de berma= 2.80 m

TCA N°	TRAMO	PROGRESIVA KM		ELEMENTOS GEOMÉTRICOS					
		INICIO	FIN	Calzada calculado	Calzada mínimo	Cumple calzada	Berma calculado	Berma mínimo	Cumple berma
1	2	1320+000	1321+000	6.60 m	7.20 m	NO CUMPLE	2.80 m	3.00 m	NO CUMPLE



UBICACIÓN	:	KM1320+900
TIPO DE ACCIDENTE MAS FRECUENTE	:	CHOQUE
DISÑO GEOMÉTRICO	:	NO CUMPLE CALZADA Y BERMA

REPLANTEO Y CÁLCULO DE LOS ELEMENTOS GEOMÉTRICOS (RECTO)

DATOS SEGÚN DG-2014

Vd= 80 Km/h
 Ancho de calzada= 7.20 m
 Ancho de berma= 3.00 m

DATOS OBTENIDOS EN CAMPO

Ancho de calzada= 6.60 m
 Ancho de berma= 2.80 m

TCA N°	TRAMO	PROGRESIVA KM		ELEMENTOS GEOMÉTRICOS					
		INICIO	FIN	Calzada calculado	Calzada mínimo	Cumple calzada	Berma calculado	Berma mínimo	Cumple berma
2	3	1321+000	1322+000	6.60 m	7.20 m	NO CUMPLE	2.80 m	3.00 m	NO CUMPLE



UBICACIÓN	: KM1321+200
TIPO DE ACCIDENTE MAS FRECUENTE	: CHOQUE
DISEÑO GEOMÉTRICO	: NO CUMPLE CALZADA Y BERMA

REPLANTED Y CÁLCULO DE LO ELEMENTOS GEOMÉTRICOS (RECTO)

DATOS SEGÚN DG-2014

Vd= 100 Km/h
 Ancho de calzada= 7.20 m
 Ancho de berma= 3.00 m

DATOS OBTENIDOS EN CAMPO

Ancho de calzada= 6.60 m
 Ancho de berma= 2.80 m

TCA N°	TRAMO	PROGRESIVA KM		ELEMENTOS GEOMÉTRICOS					
		INICIO	FIN	Calzada calculado	Calzada mínimo	Cumple calzada	Berma calculado	Berma mínimo	Cumple berma
3	15	1333+000	1334+000	6.60 m	7.20 m	NO CUMPLE	2.80 m	3.00 m	NO CUMPLE



UBICACIÓN	:	KM1333+620
TIPO DE ACCIDENTE MAS FRECUENTE	:	CHOQUE
DISEÑO GEOMÉTRICO	:	NO CUMPLE CALZADA Y BERMA

REPLANTED Y CÁLCULO DE LO ELEMENTOS GEOMÉTRICOS (RECTO)

DATOS SEGÚN DG-2014

$V_d = 100 \text{ Km/h}$
 Ancho de calzada= 7.20 m
 Ancho de berma= 3.00 m

DATOS OBTENIDOS EN CAMPO

Ancho de calzada= 6.60 m
 Ancho de berma= 2.80 m

TCA N°	TRAMO	PROGRESIVA KM		ELEMENTOS GEOMÉTRICOS					
		INICIO	FIN	Calzada calculado	Calzada mínimo	Cumple calzada	Berma calculado	Berma mínimo	Cumple berma
4	18	1336+000	1337+000	6.60 m	7.20 m	NO CUMPLE	2.80 m	3.00 m	NO CUMPLE



UBICACIÓN	:	KM1336+600
TIPO DE ACCIDENTE MAS FRECUENTE	:	CHOQUE
DISEÑO GEOMÉTRICO	:	NO CUMPLE CALZADA Y BERMA

REPLANTEO Y CÁLCULO DE LOS ELEMENTOS GEOMÉTRICOS (RECTO)

DATOS SEGÚN DG-2014

Vd= 100 Km/h
 Ancho de calzada= 7.20 m
 Ancho de berma= 3.00 m

DATOS OBTENIDOS EN CAMPO

Ancho de calzada= 6.60 m
 Ancho de berma= 2.80 m

TCA N°	TRAMO	PROGRESIVA KM		ELEMENTOS GEOMÉTRICOS					
		INICIO	FIN	Calzada calculado	Calzada mínimo	Cumple calzada	Berma calculado	Berma mínimo	Cumple berma
5	21	1339+000	1340+000	6.60 m	7.20 m	NO CUMPLE	2.80 m	3.00 m	NO CUMPLE



UBICACIÓN	:	KM 1339+450
TIPO DE ACCIDENTE MAS FRECUENTE	:	CHOCUE
DISEÑO GEOMÉTRICO	:	NO CUMPLE CALZADA Y BERMA

REPLANTEO Y CÁLCULO DE LOS ELEMENTOS GEOMÉTRICOS (RECTO)

DATOS SEGÚN DG-2014

Vd= 100 Km/h
 Ancho de calzada= 7.20 m
 Ancho de berma= 3.00 m

DATOS OBTENIDOS EN CAMPO

Ancho de calzada= 6.80 m
 Ancho de berma= 2.50 m

TCA Nº	TRAMO	PROGRESIVA KM		ELEMENTOS GEOMÉTRICOS					
		INICIO	FIN	Calzada calculado	Calzada mínimo	Cumple calzada	Berma calculado	Berma mínimo	Cumple berma
6	28	1346+000	1347+000	6.80 m	7.20 m	NO CUMPLE	2.50 m	3.00 m	NO CUMPLE



UBICACIÓN	:	KM 1346+200
TIPO DE ACCIDENTE MAS FRECUENTE	:	CHOQUE
DISEÑO GEOMÉTRICO	:	NO CUMPLE CALZADA Y BERMA

REPLANTEO Y CÁLCULO DE LOS ELEMENTOS GEOMÉTRICOS (CURVA)

DATOS SEGUN DG-2014

$V_d = 80 \text{ Km/h}$
 $f = 0.14$
 $R_{\text{mín}} = 253 \text{ m}$
 $P_{\text{máx}} = 12\%$
 $P_{\text{mín}} = 2\%$
 Ancho de calz. + Sa = 7.60 m
 ancho de berme = 3.00 m

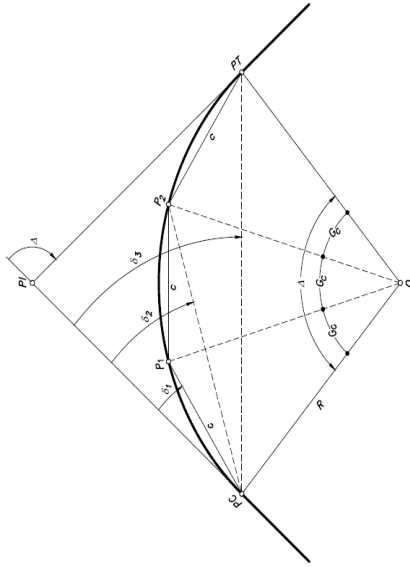
$$R_{\text{mín}} = \frac{V_d^2}{127(P_{\text{máx}} + f_{\text{máx}})}$$

DATOS OBTENIDOS EN CAMPO

$C = 10 \text{ m}$
 $P = 5.95\%$
 $G_1 = 5^\circ 3' 43''$
 $R_{\text{cal}} = 108 \text{ m}$
 Ancho de calzada = 7.90 m
 ancho de berme = 4.00 m

$$G_c = 2 \arcsin \left(\frac{C}{2R} \right)$$

$$R = \frac{C}{2 \sin \left(\frac{G_c}{2} \right)}$$



TCA N°	TRAMO	ELEMENTOS GEOMÉTRICOS														
		PROGRESIVA KM	INICIO	FIN	Rmín	"R" calculado	Rmín	Cumple el "R"	Peralte calculado	Peralte (mín - máx)	Cumple el "P"	Calzada calculado	Calzada mínimo	Berme calculado	Berme mínimo	Cumple berme
7	29		1347+000	1348+000	253 m	107.97	253 m	NO CUMPLE	5.95%	2% - 12%	CUMPLE	7.90 m	7.60 m	4.00 m	3.00 m	CUMPLE



UBICACIÓN	:	KM 1347+300
TIPO DE ACCIDENTE MAS FRECUENTE	:	CHOQUE
DISÑO GEOMÉTRICO	:	NO CUMPLE RADIO "R"

REPLANTEO Y CÁLCULO DE LOS ELEMENTOS GEOMÉTRICOS (CURVA)

DATOS SEGÚN DG-2014

$Vd = 80 \text{ km/h}$
 $f = 0.14$
 $R_{\text{mín}} = 228 \text{ m}$
 $P_{\text{máx}} = 12\%$
 $P_{\text{mín}} = 2\%$
 Ancho de calz. + Sa = 7.60 m
 Ancho de berma = 3.00 m

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

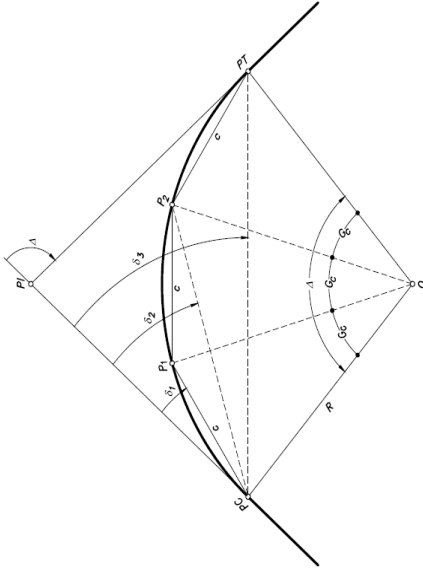
DATOS OBTENIDOS EN CAMPO

$\delta_1 = 1^\circ 49' 9''$
 $\delta_2 = 5^\circ 17' 29''$
 $\delta_3 = 8^\circ 55' 9''$
 $\delta_4 = 12^\circ 42' 34''$

$C = 10 \text{ m}$
 $P = 8.07\%$
 $G_c = 7^\circ 25' 4''$
 $R_{\text{cal}} = 73 \text{ m}$
 Ancho de calzada = 8.20 m
 ancho de berma = 3.50 m

$$G_c = 2 \arcsin\left(\frac{C}{2R}\right)$$

$$R = \frac{C}{2 \sin\left(\frac{G_c}{2}\right)}$$



TCA N°	TRAMO	ELEMENTOS GEOMÉTRICOS														
		PROGRESIVA KM	INICIO	FIN	"R" calculado	Rmín	Cumple el "R"	Peralte calculado	Peralte (mín - máx)	Cumple el "P"	Calzada calculado	Calzada mínimo	Cumple calzada	Berma calculado	Berma mínimo	Cumple berma
8	32		1350+000	1354+000	72.74	228 m	NO CUMPLE	8.07%	2% - 12%	CUMPLE	8.20 m	7.60 m	CUMPLE	3.50 m	3.00 m	CUMPLE



UBICACION	:	KM 1350+400
TIPO DE ACCIDENTE MAS FRECUENTE	:	DESPISTE
DISENO GEOMETRICO	:	NO CUMPLE RADIO "R"

REPLANTEO Y CÁLCULO DE LOS ELEMENTOS GEOMÉTRICOS (CURVA)

DATOS OBTENIDOS EN CAMPO

$C = 10 \text{ m}$
 $p = 7.67\%$
 $G_c = 10^\circ 22' 59''$
 $R_{cal} = 51 \text{ m}$
 $\text{Ancho de calz.} = 8.60 \text{ m}$
 $\text{ancho de berma} = 2.10 \text{ m}$

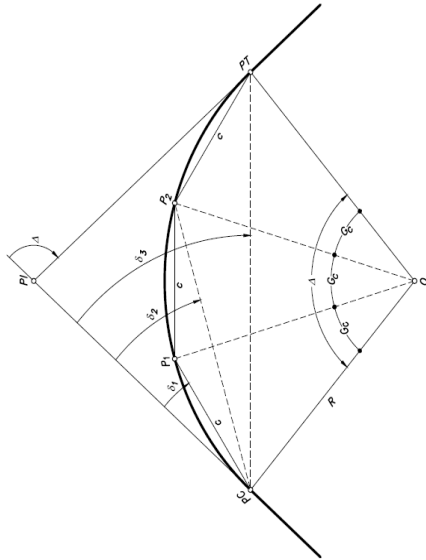
DATOS SEGÚN DG-2014

$V_d = 80 \text{ Km/h}$
 $f = 0.14$
 $R_{\min} = 233 \text{ m}$
 $P_{\max} = 12\%$
 $P_{\min} = 2\%$
 $\text{Ancho de calz.} + S_a = 7.60 \text{ m}$
 $\text{ancho de berma} = 3.00 \text{ m}$

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

$$G_c = 2 \arcsin\left(\frac{C}{2R}\right)$$

$$R = \frac{C}{2 \sin\left(\frac{G_c}{2}\right)}$$



TCA N°	TRAMO	ELEMENTOS GEOMÉTRICOS														
		PROGRESIVA KM	INICIO	FIN	"R" calculado	Rmin	Cumple el "R"	Peralte calculado	Peralte (mín - máx)	Cumple el "p"	Calzada calculado	Calzada mínimo	Cumple calzada	Berma calculado	Berma mínimo	Cumple berma
9/1	35		1353+000	1354+000	50.61	233 m	NO CUMPLE	7.67%	2% - 12%	CUMPLE	8.60 m	7.60 m	CUMPLE	1.30 m	3.00 m	NO CUMPLE



UBICACION	:	KM 1354+300
TIPO DE ACCIDENTE MAS FRECUENTE	:	CHOQUE
DISENO GEOMETRICO	:	NO CUMPLE BERMA

REPLANTEO Y CÁLCULO DE LOS ELEMENTOS GEOMÉTRICOS (RECTO)

DATOS SEGÚN DG-2014

Vd= 100 Km/h
 Ancho de calzada= 7.20 m
 Ancho de berma= 3.00 m

DATOS OBTENIDOS EN CAMPO

Ancho de calzada= 6.60 m
 Ancho de berma= 1.50 m

TCA N°	TRAMO	PROGRESIVA KM		ELEMENTOS GEOMÉTRICOS						
		INICIO	FIN	Calzada calculado	Calzada mínimo	Cumple calzada	Berma calculado	Berma mínimo	Cumple berma	
9/2	36	1353+000	1354+000	6.60 m	7.20 m	NO CUMPLE	1.50 m	3.00 m	NO CUMPLE	



UBICACIÓN	:	KM 1353+500
TIPO DE ACCIDENTE MAS FRECUENTE	:	CHOQUE
DISEÑO GEOMÉTRICO	:	NO CUMPLE CALZADA Y BERMA

REPLANTEO Y CÁLCULO DE LOS ELEMENTOS GEOMÉTRICOS (RECTO)

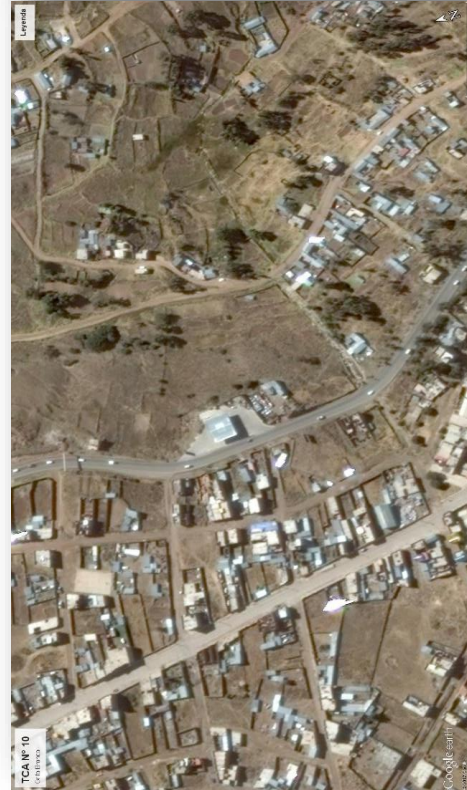
DATOS SEGÚN DG-2014

Vd= 80 Km/h
 Ancho de calzada= 7.20 m
 Ancho de berma= 3.00 m

DATOS OBTENIDOS EN CAMPO

Ancho de calzada= 6.60 m
 Ancho de berma= 1.50 m

TCA Nº	TRAMO	PROGRESIVA KM		ELEMENTOS GEOMÉTRICOS					
		INICIO	FIN	Calzada calculado	Calzada mínimo	Cumple calzada	Berma calculado	Berma mínimo	Cumple berma
10	36	1354+000	1355+000	6.60 m	7.20 m	NO CUMPLE	1.50 m	3.00 m	NO CUMPLE



UBICACIÓN	:	KM 1354+300
TIPO DE ACCIDENTE MAS FRECUENTE	:	CHOQUE
DISEÑO GEOMÉTRICO	:	NO CUMPLE CALZADA Y BERMA

4.9. Evaluación de las señalizaciones en los TCA

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 10 tramos de concentración de accidentes en la vía Puno-Juliaca 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 N° 01-02-03

Según el recorrido en el presente tramo. La demarcación horizontal peatonal no se encuentra en mantenimiento, ausencia de tachas en el tramo de estudio y demarcación horizontal desgastada. Asimismo, cabe indicar la ausencia de los reductores de velocidad ya que el tramo de concentración consta de vías de intersección.



Figura 25. Demarcación horizontal desgastada, reduciendo la retroreflectividad de sus líneas TCA-01

Fuente: Elaboración propia



Figura 26. Ausencia y desprendimiento de tachas en líneas borde y centro. TCA-04
Fuente: Elaboración propia

Tramo de concentración N° 04

Según el recorrido en el presente tramo. La demarcación horizontal peatonal no se encuentra en mantenimiento, ausencia de tachas en el tramo de estudio y demarcación horizontal desgastada. Asimismo, cabe indicar la ausencia de los reductores de velocidad ya que el tramo de concentración consta de vías de intersección.



Figura 27. Ausencia de tachas y mantenimiento de demarcación horizontal. TCA-04
Fuente: Elaboración propia

Tramo de concentración N° 05

Según el recorrido en el presente tramo. La demarcación horizontal peatonal se encuentra en mantenimiento, ausencia de tachas en el tramo de estudio. También se puede apreciar la falta de señalización vertical para la información del desvío a Sillustani. Asimismo, cabe indicar la ausencia de los reductores de velocidad ya que el tramo de concentración tiene consta de vías de intersección.



Figura 28. Falta de señalización vertical - información. TCA-05
Fuente: Elaboración propia



Figura 29. Falta de reductores de velocidad y ausencia de tachas. TCA-05
Fuente: Elaboración propia

Tramo de concentración N° 06

Según el recorrido en el presente tramo. La demarcación horizontal peatonal se encuentra en mantenimiento, también se puede apreciar la falta de señalización vertical para la información del desvío a Collana. Asimismo, cabe indicar la ausencia de los reductores de velocidad ya que el tramo de concentración tiene consta de vías de intersección.



Figura 30. Falta de señalización vertical - información. TCA-06
Fuente: Elaboración propia



Figura 31. Ausencia de tachas y/o tachones. TCA-06
Fuente: Elaboración propia

Tramo de concentración N° 07

Según el recorrido en el presente tramo. La demarcación horizontal peatonal se encuentra en mantenimiento, también se puede apreciar la falta de conservación de los delineadores. La señalización vertical se encuentra en buen estado.



Figura 32. Falta de mantenimiento de los delineadores. TCA-07
Fuente: Elaboración propia

Tramo de concentración N° 08

Según el recorrido en el presente tramo. La demarcación horizontal peatonal se encuentra en mantenimiento, también se puede apreciar la falta y/o ausencia de tachas en el tramo de estudio. La señalización vertical se encuentra en mantenimiento.



Figura 33. Falta y/o ausencia de tachas. TCA-08
Fuente: Elaboración propia

Tramo de concentración N° 09

Según el recorrido en el presente tramo. La demarcación horizontal peatonal se encuentra desgastada debido a las influencias climáticas, también se puede apreciar la ausencia de tachas en el tramo de estudio. La señalización vertical se encuentra en mantenimiento.



Figura 34. Demarcación horizontal desgastada. TCA-09
Fuente: Elaboración propia



Figura 35. Ausencia de tachas. TCA-09
Fuente: Elaboración propia

Tramo de concentración N°10

Según el recorrido en el presente tramo. En cuanto a la evaluación de la señalización horizontal se pudo apreciar un desgaste de las marcas del pavimento, el desprendimiento y ausencia de tachas, algunos se encuentran quebrados y embebidos en la carpeta asfáltica. La evaluación de la señalización vertical se encuentra en mantenimiento.



Figura 36. Desprendimiento y ausencia de tachas en líneas de borde. TCA-10
Fuente: Elaboración propia



Figura 37. Demarcación horizontal desgastada, reduciendo la retroreflectividad de sus líneas. TCA-10

Fuente: Elaboración propia

4.10. Propuesta de acciones de mejora en los tramos de concentración de accidentes

4.10.1. Generalidades

Habiéndose realizado la evaluación de los tramos de concentración de accidentes tránsito en la vía Puno-Juliaca, 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 diseño geométrico 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 una remodelación de su infraestructura.

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 Puno – Juliaca. 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.

4.10.2. 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.

4.10.3. 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 y a su vez se indican en el anexo n°06.

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 (Figura 38 y Figura 39)



Figura 38. Señalización de TCAs (Inicio: Tramo de concentración de accidentes)
Fuente: Propia



Figura 39. Señalización de TCAs (Fin: tramo de concentración de accidentes)
Fuente: Propia

La ubicación de las señales verticales para los tramos de concentración de accidentes de tránsito se muestra en los anexos. Donde se indica la ubicación y el tipo de señalización a emplear.

Según el manual de dispositivo de control del tránsito automotor para calles y carreteras, las señales que guían al usuario a su destino, no siempre pueden darse a través de una sola señal, sino también a través de una secuencia de estas, para funcionar en conjunto.

La señalización de identificación vial tiene como función individualizar la vía, indicando su nombre, símbolo, código y/o numeración, tanto en zonas rurales y urbanas.



Figura 40. Control de velocidad en tramo de carretera unidireccional o bidireccional o multicarril
Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Dispositivo de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, 2016)

(Huamancayo, 2012). Indica que la construcción de despertadores de concreto armado, ubicados 100 ml. antes de las señales verticales antes indicadas, los mismo que deberán considerarse como aviso de la proximidad de un tramo de concentración de accidentes en los volantes. Tienen las siguientes características:

- ✓ Los despertadores deberán construirse con concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$.
- ✓ Los despertadores deberán construirse en cada carril.

Las dimensiones de los despertadores son las siguientes:

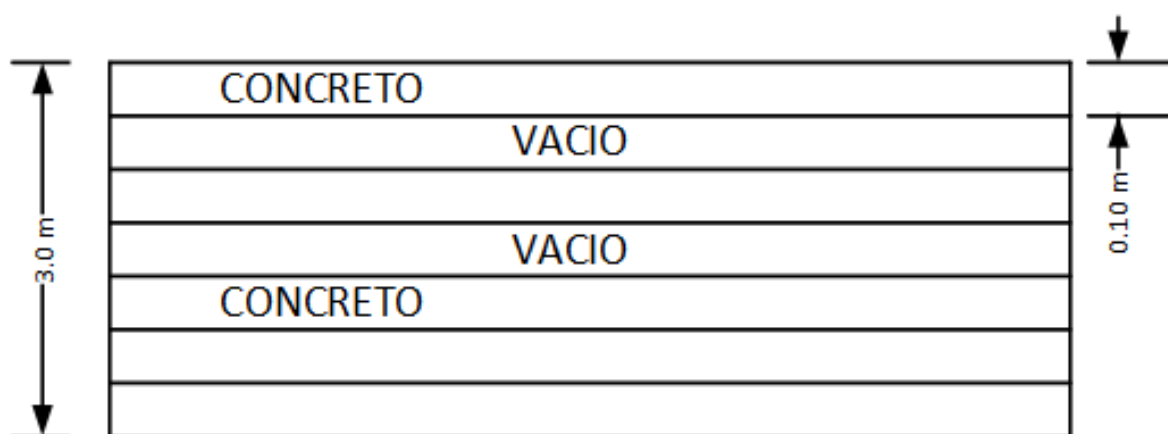


Figura 41. Dimensiones de los despertadores de concreto armado
Fuente: (Huamancayo, 2012)

A continuación, se muestra las fotografías de despertadores propuestos en vía Libertadores-Ayacucho a las cercanías de los reductores de velocidad, los mismos que dan buenos resultados.



Figura 42. Fotografía-despertadores de concreto armado
Fuente: (Huamancayo, 2012)

4.10.4. Medida de mitigación a largo plazo

A) Desde el punto de prevención

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. 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.

B) Desde el punto de vista post accidente

En la actualidad no existe las herramientas adecuadas para poder analizar y definir las causas que generan lo diversos accidentes de tránsito.

También mencionar que los puestos policiales de Alto Puno, Paucarcolla, Caracoto no cuentan con un formato de diligenciamiento de Informe Policial de Accidente de Tránsito. Para lo cual en la presente investigación se propone la implementación de un formato de registro de accidentes, además deberá ser sistematizada por la Dirección de Seguridad Vial del Perú.

CONCLUSIONES

- Se identificó 10 tramos de concentración de accidentes, aplicando el método de índice de peligrosidad y el método de la TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB).
- Existe una relación directa entre el volumen de flujo vehicular y el número de accidentes suscitados en la vía Puno-Juliaca, puesto que a través de los años el volumen de flujo vehicular y número de accidentes de tránsito fueron incrementando.
- Existe relación directa entre los elementos geométricos de la vía y los tramos de concentración de accidentes, puesto que los elementos geométricos de las curvas y tramos rectos de los TCA no cumplen con lo indicado en el manual DG-2014.
- 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.
- Las acciones de mejora en los tramos de concentración de accidentes, es 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

- Se sugiere continuar con la investigación, realizando estudios de tramos de concentración de accidentes de tránsito en la región de Puno. 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.
- Asimismo, 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.
- Finalmente se recomienda realizar campañas de educación vial dirigida a todos los usuarios principalmente a los conductores, ya que es un problema en el que estamos inmersos todos y debemos asumir nuestro compromiso social, pues una parte importante de la solución está en nuestras manos para poder reducir la tasa de accidentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Astochao, J. (2015). Evaluación Para La Implementación De Sistemas Inteligentes De Transporte En Los Puntos Criticos De Accidentes De Transito En Vías Nacionales. Tesis, Universidad Nacional De Ingeniería - Facultad De Ingeniería Civil, Ayacucho. Recuperado el 27 de Mayo de 2017, de http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/2554/1/astochao_dj.pdf
- Berardo, M. G., baruzzi, A., Vanoli, G., Freire, R., Tartabini, M., & Dapás, O. (2008). Identificación de tramos con concentración de accidentes en rutas nacionales de la provincia de Córdoba. Córdoba. Recuperado el 18 de Octubre de 2017, de http://www.institutoivia.com/cisev-ponencias/analisis_accidentes_aa/Maria_Berardo.pdf
- Chamba, J. (2013). Análisis de riesgos y seguridad vial, en el corredor exclusivo del sistema integrado de transporte urbano SITU en la ciudad de Loja. Tesis, Universidad técnica particular de Loja, Loja. Recuperado el 20 de Octubre de 2017, de <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/7935/1/TESIS%20JUAN%20CARLOS%20CHAMBA%20CORONEL.pdf>
- Cosejería de fomento y vivienda. (2015). Análisis de la relación entre elementos susceptibles de mejora, accidentes y TCA. Andalucía. Recuperado el 18 de Octubre de 2017, de http://www.aopandalucia.es/inetfiles/resultados_IDI/GGI3002IDIM/memoria/Informe_final.pdf
- Cruz, B. M., & Ccamapaza, W. (2016). Evaluación De La Vía Puno Juliaca Aplicando El Sistema De Información Geográfica Para La Detección De Zonas De Accidentes De Tránsito. Tesis, Universidad Nacional Del Altiplano - Escuela Profesional De Ingeniería Topográfica Y Agrimensura, Puno. Recuperado el 15 de Mayo de 2017, de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3998/Cruz_Balcona_Belinda_Mery_Ccamapaza_Baca_Wilber.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Dirección general de tráfico - DGT. (2014). las principales cifras de la siniestralidad vial. Recuperado el 16 de Octubre de 2017, de http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/estadisticas-e_indicadores/publicaciones/principales-cifras-siniestralidad/2015-2228_principales_cifras_de_la_Siniestralidad_Vial_2014_ACCESIBLE.pdf
- Glosario de términos - MTC, M. d. (2013). "glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial". Lima. Recuperado el 10 de Octubre de 2017, de http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/otras/Glosario%20de%20Terminos%20Uso%20Frecuente%20-%20Junio%202013.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, Universidad Nacional De Ingeniería - Facultad De Ingeniería Civil, Lima. Recuperado el 10 de Mayo de 2017, de http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1334/1/huamancayo_qc.pdf
- Leiva, J. W. (2003). Análisis De Accidentes Viales Aplicando La Ingeniería De Tránsito. Tesis, Univesidad San Carlos De Guatemala Facultad De Ingeniería Escuela De Ingeniería Civil, Guatemala. Recuperado el 10 de Mayo de 2017, de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2324_C.pdf
- Ley Provincial de Tránsito N° 8560. (12 de Julio de 2004). Recuperado el 26 de Mayo de 2017, de *Anexo C. Anexo Al Artículo 103. Método De Análisis De Accidentes De Tránsito:
<http://web2.cba.gov.ar/web/leyes.nsf/483754e228b7388903257bfd004c085c/e3a9034bb531ddb503257bfe006257ce?OpenDocument>
- Ministerio de Fomento. (2009). Plan para el tratamiento de tramos de concentración de accidentes en la red de carreteras del estado. Recuperado el 20 de octubre de 2017, de http://www.lags.corep.it/doc/ICorsoSpec/Supporti%20tecnici/es_plantca.pdf
- Ministerio de salud. (2013). Criterios técnicos para identificación de puntos negros en la jurisdicción del distrito. Lima. Recuperado el 15 de Octubre de 2017, de https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_publica/capacita/guia_ptos_negros.pdf

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2017). Manual de seguridad vial. Lima. Recuperado el 16 de Octubre de 2017, de http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/RD%20N%C2%B0_05-2017%20MTC-14.pdf

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). Manual de Dispositivo de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras. Lima. Recuperado el 15 de Octubre de 2017, de http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20de%20Dispositivos%20de%20Control%20del%20Transito%20FINALIZADO_24%20Mayo_2016.pdf

Ministerio de Transportes y Comunicaciones, DG-2014. (2014). Manual de Carreteras “Diseño Geométrico”. Lima. Recuperado el 20 de Octubre de 2017, de [http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/DG%202014_\(Oct_2014\).pdf](http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/DG%202014_(Oct_2014).pdf)

Ministerio de transportes y comunicaciones. (2015). Detección, priorización y caracterización de puntos negros en 5 ciudades principales del Perú. Lima. Recuperado el 15 de Octubre de 2017, de https://www.mtc.gob.pe/transportes/terrestre/documentos/estudio_puntos_negros.pdf

Nunes, C. (s.f.). Guía docente de educación en seguridad vial. Recuperado el 10 de Octubre de 2017, de <http://personeriadetunja.gov.co/MUY%20IMPORTANTE%20EDUCATIVO%20GUIA%20Seguridad%20Vial.pdf>

OMS. (Mayo de 2017). Lesiones Causadas Por El Tránsito. Recuperado el 30 de Mayo de 2017, de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs358/es/>

- OSITRAN. (2014). Informe de Desempeño de la Concesión del Corredor Vial Interoceánico Sur Perú – Brasil (Tramo N° 5). INFORME. Recuperado el 05 de Junio de 2017, de <https://www.ositran.gob.pe/joomlatools-files/docman-files/RepositorioAPS/0/0/par/000001-TEMP/INFORMES/6.%20ID2014%20IIRSA%20Sur%20-%20Tramo%205.pdf>
- Perez, E., & Lastre, J. (2014). Evaluación de puntos críticos de accidentalidad vial en la ciudad de Sincelejo. Tesis, Universidad de Cartagena, Cartagena de Indias. Recuperado el 14 de Octubre de 2017, de <http://190.242.62.234:8080/jspui/bitstream/11227/1220/1/TESIS%20FINAL.pdf>
- Real Academia Española. (2017). Diccionario de la lengua española. Recuperado el 10 de Octubre de 2017, de <http://dle.rae.es/?id=0KUeUu>
- Rojas, F. (2015). Metodología De La Investigación Científica. Puno. Recuperado el 25 de 07 de 2017
- Rojas, Y. (2016). Sistema De Vigilancia En Salud Pública De Lesiones Por Accidentes De Tránsito. Lima. Recuperado el 02 de Junio de 2017, de <http://www.dge.gob.pe/portal/docs/tools/teleconferencia/SE092017/01lesactra.pdf>
- Velásquez, D. H., & Choque, C. A. (2016). Identificación De Zonas De Riesgo Para La Elaboración Del Sistema De Información Vial Juliaca - Azángaro. TESIS, Universidad Nacional Del Altiplano - Escuela Profesional De Ingeniería Topográfica Y Agrimensura, Puno. Recuperado el 15 de Mayo de 2017, de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3875/Vel%c3%a1squez_Chi cani_Deivis_Herly_Choque_Parari_Cesar_Augusto.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Zambrana, L. (2007). "Determinación de los sitios de mayor Accidentalidad vial en vehículos de motor de cuatro o más ruedas, área urbana del Municipio de León, año 2007". Tesis. Recuperado el 12 de Octubre de 2017, de <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/retrieve/728>

ANEXOS