

CAPÍTULO I

DISEÑO TEÓRICO Y METODOLÓGICO

1.1. INTRODUCCIÓN

Los accidentes de carreteras son una de las causas principales de muerte de personas, es por esto que la seguridad vial con que cuente una vía es de gran importancia, ya que si esta es inadecuada puede llevar a que se presente un índice alto de accidentes con muertos y heridos, no solo en vehículos motorizados o no motorizados, sino que contempla también los usuarios vulnerables que circulan por una vía.

Se busca eliminar o minimizar el problema con la ‘‘Seguridad Vial’’ que es la prevención de accidentes de tránsito o la minimización de sus consecuencias enfocadas en la vida y salud de las personas.

Es por eso que el presente Proyecto de Grado tiene como objetivo el analizar las medidas de seguridad en carreteras de topografía montañosa en nuestro departamento que son las más comunes en nuestro sistema vial debido a nuestra topografía, para esto se tomara una sección de una carretera de 43.1 km del tramo Padcaya- La Mamora para su análisis que nos ayudara a determinar a través de diferentes métodos los tramos de concentración de accidentes de la carretera en donde ocurren la mayor cantidad de accidentes para poder determinar las causas de los mismos y así poder dar soluciones para el mejoramiento de la seguridad vial en esta carretera y la prevención de accidentes de tránsito.

Con este Proyecto de Grado lo que se pretende aportar es una investigación que nos ayude a determinar las causas principales de los accidentes de tránsito en una carretera y su relación con el diseño geométrico, la falta de señalización y la falta de elementos de seguridad vial.

1.2. JUSTIFICACION DEL PROYECTO DE APLICACION

Mejorar la seguridad vial en carreteras es una de las principales preocupaciones con las que se cuenta en los diferentes países. Considerando que los accidentes en carretera es la segunda causa de muerte a nivel mundial, más de 1.2 millones de personas fallecen como consecuencia de accidentes de Tránsito y otros 50 millones sufren traumatismos, más del 90% de las defunciones se producen en los países de ingresos bajos y medios, que tan solo cuentan con el 48% de los vehículos del mundo.

El presente proyecto de grado es de suma importancia puesto que un accidente de tránsito se traduce en costos que son las pérdidas materiales, las atenciones de crisis de emergencia principalmente, estos siendo los costos directos a los cuales hay que sumar los costos indirectos post-accidente que son los relacionados con las secuelas en la personas accidentadas, los daños materiales al vehículo y en algunos casos daños a la infraestructura lo cual eleva considerablemente el costo total y en el peor de los casos las pérdidas de personas, es por eso que se debe buscar a través de una valoración de las medidas de seguridad vial las causas principales de estos accidentes para así poder evitar en el futuro que estos vuelvan a suceder . Así mismo, esta investigación constituye una contribución para las entidades públicas y privadas involucradas en el tema, pues permite aplicar nuevas estrategias que permitan mejoras en materia de Seguridad Vial.

Es común que las carreteras que presentan una topografía Montañosa sean las que mayor problema de accidentabilidad tengan esto debido a las pendientes pronunciadas, a los radios de curvatura, falta de visibilidad para adelantar autos que lleva a la imprudencia de los conductores y los problemas por factores climáticos que se presentan en diferentes épocas del año es por eso que se analizara en especial este tipo de carreteras.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1. Situación problemática

La carretera a Bermejo tramo Padcaya- La Mamora se presenta como una carretera en donde se producen constantemente accidentes de tránsito debido a diferentes por factores que tienen relación con el diseño de la vía, la presencia de curvas peligrosas, los precipicios en bordes de la vía o la falta de señalización en tramos críticos, también existen factores relacionados con el vehículo como el inadecuado mantenimiento de las partes del funcionamiento propio del vehículo como el sistema de frenos, la falla en la dirección o suspensión, elementos que no funcionan adecuadamente durante la conducción que pueden ser del sistema de luces, el limpiaparabrisas, etc. Para el conductor se tienen elementos que están relacionados con el comportamiento y estado del individuo, en el primer caso una mala toma de decisiones, falta de cultura preventiva o inadecuada percepción del riesgo origina que el conductor realice conductas temerarias como adelantar vehículos sin considerar las distancias seguras, exceso de velocidad, usar el celular mientras maneja, etc. y en el segundo caso el estado del conductor al momento de la conducción como la presencia de sueño, la fatiga, manejar en estado etílico o bajo presencia de medicamentos que alteran la atención del conductor disminuyendo sus reflejos y en el último caso también se tiene elementos relacionados con el factor climático que muchas veces condiciona a que se presenten problemas en la conducción como la presencia de neblinas la cual disminuye la visibilidad, las precipitaciones que disminuyen la adherencia del neumático con el asfalto de la carretera disminuyendo la estabilidad del vehículo y los deslumbramientos naturales por la luz del sol, similares a los de deslumbramientos de luces vehiculares en conducción nocturna que ciegan la visión por unos instantes al conductor lo cual según las circunstancias puede generar un accidente de tránsito. Por lo antes expuesto es que es necesario la valoración de las medidas de seguridad vial en esta carretera para así encontrar las principales causas de estos accidentes en sus puntos críticos y así poder determinar soluciones que nos permitan evitar accidentes de tránsito en el futuro.

1.3.2. Problema

¿Cómo se podría valorar las medidas de seguridad vial en una carretera de topografía montañosa para determinar así las causas principales de seguridad vial en los tramos de concentración de accidentes?

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.4.1. Objetivo general

- Valoración de medidas de seguridad vial en carreteras de topografía montañosa por medio de un análisis investigativo para determinar los efecto-origen de concentración de accidentes en el tramo de estudio.

1.4.2. Objetivos específicos

- Investigar sobre seguridad Vial y su relación para la prevención de accidentes de Tránsito.
- Realizar el diagnóstico de la carretera Padcaya-La Mamora.
- Realizar un levantamiento de la señalización de la carretera de estudio.
- Determinación de tramos de la carretera con mayor accidentabilidad.
- Realizar Aforo de Datos para la determinación del Volumen de Tráfico y Velocidades.
- Determinar el volumen de Tráfico y las Velocidades de la carretera de estudio.
- Determinar los TCA de la carretera a través de la aplicación de métodos basados en el volumen de tráfico y la cantidad de accidentes.
- Analizar las falencias de seguridad vial en los Tramos de concentración de accidentes hallados en la carretera.
- Establecer conclusiones y recomendaciones del presente tema de estudio.

1.5. Hipótesis

Si se realiza la correcta valoración de las medidas de seguridad vial en la carretera de topografía montañosa en los tramos de concentración de accidentes analizando el factor

humano, el factor vehicular y el factor ambiental entonces determinaremos las causas principales de accidentes de tránsito.

1.5.1. Variables dependientes

- Tramos de concentración de accidentes (TCA)
- Factor Vehicular
- Factor Humano
- Condiciones Meteorológicas y Camino

1.5.2. Variables independientes

- Volumen de Trafico
- Velocidad de Circulación
- Accidentes de Transito
- Señalización
- Diseño Geométrico
- Datos meteorológicos

1.5.3. Operacionalización de variables

Variables Dependientes	Definición Conceptual	Indicadores	Unidad de Medida	Tecnica-Instrumento
Accidentes de Transito en la Carretera Padcaya-La Mamora	Se puede considerar tramo de concentración de accidentes al tramo o rute en el que la frecuencia de accidentes sea elevada con respecto a la media del total de accidentes de la carretera	Numero elevado de Accidentes con heridos o muertos en un tramo	Numero de accidentes de Transito	Metodo del Indice de Peligrosidad, Metodo del Numero o Frecuencia de accidentes y Metodo de la Tasa de accidentes basados en el volumen de trafico, longitud y numero de accidentes.
Factor Humano	Factor de la seguridad vial constituido por la parte humana	Numero elevado de Accidentes con heridos o muertos	Numero de accidentes de Transito por culpa del conductor o peaton	Registro de Accidentes proporcionado en Transito y Recortes de Periodicos y Internet
Factor Vehicular	Factor de la seguridad vial constituido por el Vehiculo	Numero elevado de Accidentes con heridos o muertos	Numero de accidentes de Transito por culpa del mal funcionamiento del Vehiculo	Registro de Accidentes proporcionado en Transito y Recortes de Periodicos y Internet
Factor Ambiental	Factor de la seguridad vial constituido por el Clima y la Carretera	Numero elevado de Accidentes con heridos o muertos	Numero de accidentes de Transito por culpa de las condiciones meteorológicas y estado de la carretera	Registro de Accidentes proporcionado en Transito y Recortes de Periodicos y Internet

Variables Independientes	Definicion Conceptual	Indicadores	Unidad de Medida	Tecnica-Instrumento
Volumen de Trafico	Cantidad de Vehiculos que circulan en un determinado tiempo por una carretera	Cantidad de Vehiculos	Vehiculos sobre dia	Aforo de vehiculos a travez de un recuento Manual por una semana las 24 horas
Velocidad de Circulacion	velocidad que se obtiene de una seccion de la carretera cuyo intervalo de distancia fue previamente definido	Velocidad de circulacion	Kilomentros sobre hora	Aforo de velocidad en los diferentes tramos por 8 horas un solo dia diferenciando los vehiculos pesados de los livianos como tambie carril de subida o bajada
Accidentes de transito	Un accidente de tráfico, accidente de tránsito, accidente vial o siniestro automovilístico es un suceso imprevisto y ajeno al factor humano que altera la marcha normal o prevista del desplazamiento en las vialidades.	Tipos de accidentes y causas	Numero de muertos en un año	Registro de Accidentes proporcionado en Transito y Recortes de Periodicos y Internet
Señalización	Señales de tráfico o señales de tránsito son los signos usados en la vía pública para impartir la información necesaria a los usuarios que transitan por un camino o carretera, en especial los conductores de vehículos y peatones.	Señalización de una carretera	Tipo de Señal, Ubicación y funcion	Levantamiento visual de toda la carretera y con gps en los TCA para la ubicación exacta de las señales de transito
Pendientes	La pendiente de una carretera es una forma de expresar la relación entre la altura que salvamos cuando ascendemos por la carretera y la distancia que nos desplazamos horizontalmente.	Tipos de Pedientes	metros sobre metro	Datos Obtenidos del Civil 3D de los planos de diseño proporcionados por la ABC
Datos Metereologicos	la meteorología es una ciencia auxiliar de la climatología ya que los datos atmosféricos obtenidos en múltiples estaciones meteorológicas durante largo tiempo se usan para definir el clima, predecir el tiempo, comprender la interacción de la atmósfera con otros subsistemas, etc.	Condiciones Metereologicas de la zona	Numero de dias con lluvia, nieve y niebla	Datos Obtenidos del SENAMHI y los recortes de Periodicos y internet

1.6. DISEÑO METODOLOGICO

1.6.1. Componentes

1.6.1.1. Unidades de estudio

Seguridad Vial en Carreteras de Topografía Montañosa

1.6.1.2. Población

Carreteras con problemas de accidentabilidad del Departamento de Tarija.

1.6.1.3. Muestra

Carreteras de Topografía Montañosa con problemas de accidentabilidad del Departamento de Tarija.

1.6.1.4. Muestreo

Se obtendrán los datos de 43.1 km de la carretera fundamental uno del tramo Padcaya-La Mamora en los que se realizara el correspondiente aforo para poder obtener los datos de volumen y el registro de accidentes que nos permitan aplicar los métodos para determinar los tramos de concentración de accidentes, también se realizara el levantamiento de la señalizaciones verticales y horizontales, se analizara el diseño geométrico y las condiciones climatológicas en los puntos críticos de la carretera para poder determinar las causas principales de los accidentes a través de una valoración de las medidas de seguridad vial.

1.7. METODOS Y TECNICAS EMPLEADAS

1.7.1. Definición de métodos y técnicas

Método inductivo

Se utilizará el Método Inductivo es el método científico que alcanza conclusiones generales partiendo de hipótesis o antecedentes en particular.

El método inductivo suele basarse en la observación y la experimentación de hechos y acciones concretas para así poder llegar a una resolución o conclusión general sobre estos; es decir en este proceso se comienza por los datos y finaliza llegan a una teoría,

por lo tanto se puede decir que asciende de lo particular a lo general. En el método inductivo se exponen leyes generales acerca del comportamiento o la conducta de los objeto partiendo específicamente de la observación de casos particulares que se producen durante el experimento.

Se aplicará este Método a presente Proyecto de Grado porque partiremos de la observación y muestro de los datos necesarios para realizar la valoración de las medidas de seguridad vial a través de una aforo de datos de 24 horas por una semana para determinar el trafico promedio diario TPDA, de un aforo de velocidades en los tramos de concentración de accidentes diferenciando el carril y el tipo de vehículo y un registro de accidentes de tránsito que nos permita apreciar los tipos de accidentes y las causas de los mismos, todo esto nos permitirá aplicar los métodos para determinar los tramos de concentración de accidentes en la carretera Padcaya- La Mamora aquí aplicando el método inductivo partiremos de los datos observados y obtenidos a realizar la valoración de las medidas de seguridad vial en la carretera que nos permita establecer conclusiones sobre las posibles causas de accidentes en esta carretera.

Técnica de observación estructurada de campo

Para este proyecto de Grado se utilizará la técnica de Observación de campo estructurada que se realiza en los lugares donde ocurren los hechos o fenómenos investigados que se realiza con la ayuda de elementos técnicos apropiados, tales como: fichas, cuadros, tablas, etc., por lo cual se le denomina observación sistemática. El proceso operativo de la observación, independientemente de cuál sea su tipo, se rige básicamente por las siguientes premisas:

- El diseño previo de un conjunto de categorías definidas previamente y que constituyen los aspectos a observar en la realidad objeto de estudio.
- El establecimiento de un conjunto de reglas de observación y codificación de la información.
- La recogida de información en una forma estandarizada de registros.

Se hará una observación en la carretera de estudio en los lugares donde ocurren la mayor cantidad de accidentes para poder obtener el número de vehículos que circula

por este tramo, el tipo de vehículo y las velocidades a las que pasan los mismos diferenciando el vehículo pesado del liviano.

1.7.2. Técnicas de muestreo

Muestreo no probabilístico por conveniencia

Las técnicas de muestreo estadístico son las estrategias aplicadas por los investigadores durante el proceso de muestreo estadístico. En este proyecto de Grado se utilizará **la técnica de muestreo no probabilístico** que es una técnica de muestreo donde las muestras se recogen en un proceso que no brinda a todos los individuos de la población iguales oportunidades de ser seleccionados.

En cualquier tipo de investigación es difícil lograr un muestreo aleatorio auténtico. La mayoría de los investigadores tienen limitaciones temporales, monetarias y de mano de obra y, gracias a ellas, es casi imposible tomar una muestra aleatoria de toda la población. Generalmente, es necesario emplear otra técnica de muestreo, la técnica de muestreo no probabilístico.

A diferencia del muestreo probabilístico, la muestra no probabilística no es un producto de un proceso de selección aleatoria. Los sujetos en una muestra no probabilística generalmente son seleccionados en función de su accesibilidad o a criterio personal e intencional del investigador.

Se utilizará el **Muestro no Probabilístico por conveniencia** en el que las muestras son seleccionadas porque son accesibles para el investigador. Los sujetos son elegidos simplemente porque son fáciles de reclutar. Esta técnica es considerada la más fácil, la más barata y la que menos tiempo lleva.

Se utilizará el muestreo no Probabilístico por conveniencia porque la carretera Padcaya- La Mamora es la más cercana y cumple con los parámetros para clasificarla como una carretera de topografía montañosa para llevar a cabo la valoración de las medidas de seguridad vial con éxito para obtener datos correctos.

1.7.3. Instrumentos para la obtención de datos

Cronómetro digital

Un cronómetro es una variante del reloj tradicional. Su función es medir el tiempo, pero con una precisión mayor que la del reloj. Tanto uno como otro pueden estar en un mismo dispositivo, pero mientras el reloj permite saber en qué momento del día nos encontramos, el cronómetro tiene la función de medir el tiempo con exactitud.

Figura Nª 1.1. Cronometro



Fuente: <https://civilgeeks.com/2012/06/07/>

Cinta métrica flexible de 100 metros

Una cinta métrica, un flexómetro o simplemente metro es un instrumento de medida que consiste en una cinta flexible graduada y que se puede enrollar, haciendo que el transporte sea más fácil. También con ella se pueden medir líneas y superficies curvas

Figura Nª 1.2. Cinta métrica flexible



Fuente: <https://civilgeeks.com/2012/06/07/>

GPS

Las siglas “GPS” han pasado a formar parte de nuestro hábito lingüístico. Su significado es de sobra conocido: “Global Positioning System”, o Sistema de Posicionamiento Global y también es ampliamente conocido su uso: establecer la posición en coordenadas de latitud y longitud en cualquier lugar de la Tierra. Detrás de estas siglas y para que constantemente se sepa la posición, hay en marcha un complejo sistema de satélites y estaciones terrestres.

Figura Nª 1.3. Cinta métrica flexible



Fuente: <https://civilgeeks.com/2012/06/07/>

Cámara fotográfica

Una cámara fotográfica o cámara de fotos es un dispositivo utilizado para capturar imágenes o fotografías. Es un mecanismo antiguo para proyectar imágenes.

Figura Nª 1.4. Cámara fotográfica



Fuente: <https://civilgeeks.com/2012/06/07/>

1.8. PROCEDIMIENTO PARA EL ANALISIS Y INTERPRETACION DE DATOS

1.8.1. Tratamiento de datos

Para el Presente proyecto de Grado se utilizaran los siguientes parámetros estadísticos para el tratamiento de los datos en la Velocidad de Tráfico y el Volumen de Tráfico en los que a través del uso de la Media Aritmética determinaremos el tipo de vehículos que pasan con mayor frecuencia en nuestro tramo de estudio, y utilizando la Desviación Estándar se realizara la depuración de datos para poder determinar la velocidad promedio de tráfico en los días de estudio para posteriormente utilizar estos resultados para aplicar los métodos para determinar los TCA.

La media aritmética

También se le conoce como promedio; es la suma de todos los elementos dividida entre el número total de ellos. Matemáticamente se representa de la siguiente manera:

” Sea X una variable; X_1, X_2, \dots, X_n , la población generada por X, el promedio de la población será:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

(Ec. 1.1)

Dónde:

N = Tamaño de la Población.

μ = Media Aritmética Poblacional.

X_i = Elemento de la Población

Existen dos tipos de medias, la Media Poblacional que se representa con la letra griega “ μ ”, y la Media Muestral que se representa con una X testada” \bar{X} “, ambas se obtienen de la misma forma. La Media Aritmética es una medida que se utiliza para describir poblaciones

Una característica de la Media Aritmética que debe tenerse en cuenta cuando se describe una población es que esta medida es afectada por los valores extremos de la muestra o población. La Media Aritmética es una buena medida descriptiva de una población, si los datos de ésta no se encuentran muy dispersos.

Desviación estándar

Esta medida nos indica que tan dispersos se encuentran en promedio, los datos con respecto a la media aritmética. Existen dos tipos de desviación estándar, la Desviación Estándar Muestral y la Desviación Estándar Poblacional.

La Desviación Estándar Poblacional se calcula en base a la media aritmética poblacional, utilizando la siguiente fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \mu)^2}{N}}$$

(Ec. 1.2)

Dónde:

N = Tamaño de la Población.

μ
= Media Aritmética Poblacional.

X_i = Elemento de la Población.

σ
= Desviación Estándar Poblacional.

La desviación estándar nos puede indicar cómo se comportan los datos alrededor de una medida de tendencia central y como en ocasiones a pesar de tener el mismo valor dos muestras diferentes, en su medida de tendencia central, el grado de dispersión es distinto. Pudiéramos tener una muestra en que su media aritmética fuera 4 y que los datos oscilaran entre 3 y 5, y otra muestra que su media aritmética fuera 4 y que sus datos oscilaran entre 0 y 8. Aunque ambas tienen el mismo valor en su medida de tendencia central, tienen distinta distribución de los datos, de aquí la importancia de tener una medida que nos indique el grado de dispersión de los datos con respecto al

dato central. La Desviación Estándar Muestral tiene dos modificaciones con respecto a la Poblacional, ya que se utiliza la media aritmética muestral y el tamaño de la muestra menos 1, quedando la fórmula de la siguiente manera:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

(Ec. 1.3)

Dónde:

n = Tamaño de la Muestra.

X_i = Elemento de la Población

\bar{X} = Media Aritmética Muestral.

s = Desviación Estándar Muestral.

1.9. PROCESO METODOLOGICO DEL TRABAJO

- Diagnosticar la Carretera Tramo Padcaya- La Mamora a través de un examen visual para apreciar la geometría de la carretera, la señalización y el estado del pavimento.
- Obtención de los registros de accidentes de tránsito de la carretera Padcaya- La Mamora para la determinación de los tramos que presentan mayor accidentabilidad
- Recuento Manual específico de una semana por 24 horas para la obtención del volumen de tráfico para determinar el Trafico Promedio Diario Anual.
- Aplicación de los métodos para la determinación de los tramos de concentración de la carretera a través de datos obtenidos en tránsito donde ocurrió la mayor cantidad de accidentes
- Relevamiento de la señalización vertical y Horizontal de la carretera a través de un examen visual
- Diagnóstico del estado del pavimento de la carretera para determinar los puntos en los que el estado del pavimento afecte a la circulación en el tramo de estudio.

- Utilizando el método del cronometro se hallará las velocidades de circulación en los tramos de concentración de accidentes diferenciando el carril y el tipo de vehículo.
- Depuración de los datos obtenidos a través de un análisis estadístico.
- Valoración de las medidas de seguridad en los tramos de concentración de accidentes a través del análisis del factor vehicular, humano y factor Meteorológico - La Vía Pública y Su Entorno
- Análisis de los resultados para la determinación de las causas de los accidentes en los puntos críticos encontrados en la carretera para ver si estos corresponden a la falta de señalización, al diseño Geométrico o por el estado de la carretera.
- Se establecerán las correspondientes Conclusiones y Recomendaciones.

1.10. ALCANCE DEL ESTUDIO DE APLICACION

En este proyecto se contempla la Valoración de Medidas de Seguridad en la Carretera de Topografía Montañosa Tramo Padcaya-la Mamora, En el capítulo I se realizará una breve introducción para luego Justificar y plantear el problema que nos ayudara a determinar los objetivos de nuestra investigación. Posteriormente en el Capítulo II realizaremos la Fundamentación Teórica tocando tópicos puntuales y precisos como la Ingeniería de Trafico y la Seguridad Vial en carreteras de Topografía Montañosa, luego en el Capítulo III se realizara la aplicación Práctica del Tramo Padcaya- La Mamora en la que partiremos de un diagnóstico de nuestra carretera analizando el diseño geométrico, señalización y estado de la carretera para luego realizar los correspondientes aforos de Volumen y Velocidad de Trafico para que a través de los mismos podamos aplicar los métodos que nos permitan determinar que tramos de nuestra carretera corresponden a un tramo de concentración de accidentes TCA para luego realizar la evaluación de la seguridad vial en los mismos que nos permita determinar las causas principales de accidentes en los puntos críticos de nuestra carretera, finalmente concluiremos en el Capítulo IV con la elaboración de nuestras Conclusiones y Recomendaciones.

CAPÍTULO II

SEGURIDAD VIAL Y ANALISIS DEL INDICE DE PELIGROSIDAD EN CARRETERAS DE TOPOGRAFIA MONTAÑOSA

2.1 ASPECTOS GENERALES DE INGIENERIA DE TRAFICO

2.1.1. Definición

La ingeniería de tráfico es una rama de la ingeniería cuyo objetivo es estudiar, analizar y dar soluciones a la problemática del transporte.

Se entiende por transporte a toda forma o medio de llevar de un punto a otro pasajeros o cargas.

2.1.2. Sistema de transporte

A medida que han ido evolucionando los países también lo han hecho los sistemas de transporte que más por una planificación han ido surgiendo por necesidad.

Los sistemas de transporte que actualmente se desarrolla son:

- Sistema de transporte por carretera
- Sistema de transporte aéreo
- Sistema de transporte por ferrocarril
- Sistema de transporte marítimo o mares

Dependiendo de cada país y el desarrollo que haya existido en este se tiene que en algunos de los sistemas de transporte tenga mayor incidencia que otro, es así por ejemplo que en América el 67 % del transporte se realiza por un sistema de carreteras, seguido por el sistema de ferrocarril, marítimo y por ultimo aéreo, esto debido a las características de conformación topográfica, geográfica y de desarrollo económico de estos países.

No ocurre lo mismo en Europa donde las condiciones topográficas y geográficas son diferentes con un mayor desarrollo económico que han dado oportunidad a implantar

un sistema ferroviario con alta tecnología, en algunos países como Alemania alcanza un 80% de transporte en la actualidad.

En nuestro país el mayor sistema de transporte todo para carga y pasajeros en el de carreteras alcanzando aproximadamente el 75% seguido por el sistema ferroviario y aéreo.

A pesar de ser el sistema más importante el sistema carretero somos un país con una red vial pequeña con apenas 2400 km. de caminos asfaltados de los cuales apenas de 80 a 90 km. se encuentran en nuestro departamento, las condiciones económicas, topográficas y geográficas hacen que nuestro país abrir nuevas redes viales tengan alto costo de difícil concreción a corto plazo.

2.1.3. Elementos fundamentales del tráfico

Los elementos fundamentales del tráfico son tres:

- Usuario
- Vehículo
- Camino

2.1.3.1. Elemento usuario

Consideramos elemento usuario a los peatones y conductores ambos dentro del problema de tráfico están regidos como usuarios.

2.1.3.1.1. Conductor

El conductor es considerado en forma individual o colectiva aquella persona que maneje un vehículo motorizado que circula en el tráfico. Este elemento está sujeto en su comportamiento a unos análisis físicos y a las reacciones físicas y psicológicas que pueda tener al manejar un vehículo.

La cualidad física está basada en el órgano de la visión que es el que le da facultad para conducir un vehículo este órgano de la visión normalmente un conductor forma un cono visual cuya amplitud puede ser variable sin embargo en estudios realizados se ha comprobado que una visión segura se produce considerando una amplitud de ángulo

de 10° a partir del órgano de la visión donde todos los objetos son identificados con tal claridad más allá de esta amplitud puede el conductor visualizar pero sin detalle a los objetos.

Existen algunos defectos en la visión que pueden ser perjudiciales o no en los conductores entre ellos la miopía, el astigmatismo, el estrabismo, la presbicia, etc. son considerados no perjudiciales ya que se pueden corregir por medio de lentes, gracias a este recurso no hay razón para impedir que un individuo con estos defectos pueda conducir vehículo.

Sin embargo, hay otros defectos como el daltonismo cuya consecuencia es la no distinción de colores que puede ser perjudicial en un conductor para efectos de señalización y semaforización. los conductores tienen dos tipos de reacciones una física o condicionada y otra psicológica o no condicionada.

La reacción física condicionada está referida a los aspectos de habilidad y hábito un conductor puede tener una mayor o menor habilidad debido al tiempo dentro del manejo vehicular a las condiciones de destreza y facilidad que tienen cada individuo y a las condiciones de hábitos a las que está sometido debido a la repetición de acciones diarias que puede tener un conductor al utilizar ciertas rutas de circulación diariamente. Se consideran condicionada porque tienen ese efecto en el momento de reacción.

Existen otras reacciones que son psicológicas o no condicionadas que dependen más de aspectos emocionales a las que puede estar sometido un individuo en cierto momento, siendo estas emociones las que van al cerebro y a través de los órganos sensitivos se envía un mensaje para reaccionar y tomar una decisión para actuar como una orden al músculo apropiado.

Algunos factores que pueden modificar el comportamiento del individuo por consiguiente el mismo tiempo de reacción son:

- La fatiga
- Enfermedad provocada por el alcohol
- Estado emocional

- Las condiciones del tiempo
- La época del año

Estos tiempos de reacción que tienen los conductores y que dependen de estos factores tanto físicas como psicológicas han sido estudiados la AASHO recomienda al proyectar carreteras adopta como tiempos de reacción para frenar 2.5 seg., en cada caso de vías urbanas este valor puede ser 0.75 a 1 seg., el cansancio, enfermedades, defectos físicos o edad del conductor pueden afectar al tiempo para reaccionar y los valores pueden ser en un 50% más.

Se considera que un buen conductor debe tener las siguientes cualidades:

- Poseer reacciones buenas a los estímulos visuales
- Calcular correctamente las distancia y velocidades de acuerdo con el movimiento de los vehículos y peatones.
- Ser rápidos y estar habituados a las situaciones de urgencia
- Tener aptitud mecánica y habilidad para el vehículo
- Ser personas de confianza prontas a asumir responsabilidades y respetar el derecho de los demás.

2.1.3.1.2. El peatón

Uno de los otros elementos fundamentales del tráfico es el usuario peatón que está relacionado directamente con el problema de circulación, el peatón en la práctica es un usuario mucho más indisciplinado que el conductor, siendo uno de los que más incumple con las reglamentaciones y normas de tránsito, normalmente es el usuario que deja su seguridad física al conductor y no vela por si mismo de su seguridad a partir de su forma de comportamiento.

Cuanto mayor es la población, mayor incidencia tiene el elemento peatón en el problema de tráfico siendo importante definir en la etapa de análisis cuales son los puntos críticos relacionados con el usuario peatón y cual la magnitud de los problemas existentes.

La velocidad con que transitan los peatones es ciudades de más de 100.000 habitantes esta entre 1 y 1.4 m/seg. y en ciudades con menor de 100.000 habitantes las velocidades de circulación peatonal son menores a 1 m/seg., estos son parámetros generales tomando zonas comerciales sin embargo puede haber muchas diferencias entre ciudades y en cada punto crítico donde haya afluencia de gente.

El elemento peatón tiene una mayor incidencia en los problemas de tráfico del área urbana y no así en las carreteras donde su incidencia es casi mínima.

De acuerdo a estudios realizados se ha visto una gran necesidad de incidir en la educación vial orientada al mejor comportamiento y al conocimiento de las normas y reglamentaciones vigentes para a través de ellos, minorar los accidentes donde la causa sean los peatones.

2.1.3.2. Elemento vehículo

El vehículo como elemento fundamental es necesario conocerlo desde varios puntos de vista como ser:

- Sus características físicas
- Uso o utilización del vehículo
- Características que inciden en la circulación

2.1.3.2.1. Características físicas

El vehículo ha tenido desde sus inicios una constante transformación en cuanto a sus características físicas de ancho y largo sin embargo la tendencia actual es la de estandarizar estas dimensiones en todas las fabricas habiendo la tendencia de reducir la dimensión y aumentar la potencia y velocidad.

A continuación, indicaremos algunas dimensiones más o menos comunes de acuerdo a los tipos de vehículos.

Figura N° 2.1. Dimensiones según tipo de vehículo

AUTOMÓVILES

Dimensión	Máxima (mts)	Mínima (mts)
Ancho	2.06	1.14
Largo	6.0	4.56
Alto	1.75	1.25

CAMIONES

Dimensiones	Mínimo(mts)	Máximo (mts)
Ancho	1.88	2.44
Largo	5.75	11.0
Alto	1.75	3.81

AUTOBUSES

Dimensiones	Mínimo(mts)	Máximo (mts)
Ancho	2.44	2.44
Largo	7.15	12.25
Alto	2.44	2.90

Fuente: <https://civilgeeks.com/2012/06/07/cargas-de-vehiculos-para-el-diseno-y-calculo-de-pavimentos/>

2.1.4. Volúmenes de tráfico

2.1.4.1. Definición

Se define como volumen de tráfico a la cantidad de vehículos que circulan en definida de una carretera o calle en un periodo de tiempo determinado que normalmente se toma 1 hora, 1 día dando origen a un nuevo concepto de tránsito diario y tránsito horario respectivamente.

2.1.4.2. Tránsito promedio diario (TPD)

Es la cantidad de vehículos que circulan por una sección en un periodo de tiempo definido de un día, recibe la denominación de promedio cuando se hace un estudio por un tiempo mayor a un mes donde se repiten necesariamente los mismos días y aún más cuando el estudio se va a realizar durante un periodo de un año o más, este valor viene a representar el TPD anual (TPDA).

Si bien el concepto de TPD se estableció para estudios cuyo tiempo iba a ser de un año, en la práctica se han dado que normalmente para proyectos específicos de carreteras, aperturas de calles, ampliación de avenidas, etc. Se realicen estudios de volúmenes en periodos cortos menores a un año que sean igualmente significativos en sus valores.

2.1.4.3. Tránsito promedio horario (TPH)

La cantidad de vehículos que circulan por una carretera o calle en un espacio o tiempo determinado de una hora es el TPH, ese valor es mucho más sensible que el TPD, es decir el TPH nos puede dar valores de variación horaria donde se puede identificar las variaciones de volumen que se producen en cada hora a lo largo del día pudiendo también obtenerse cuales son las horas de mayor volumen u horas pico, cuales las de menor volumen u horas de baja intensidad, etc. El TPH tendrá un valor máximo que teóricamente tendría que ser utilizado para fines de diseño geométrico, sin embargo, dado la posibilidad de que ese valor sea máximo solo se presente en pocas horas durante el día hacen que no sea un valor recomendable para el diseño.

2.1.4.4. Recuento de volúmenes de tráfico

El recuento de volúmenes se puede realizar de dos formas:

- Recuento Automático
- Recuento Manual

2.1.4.4.1. Recuento automático

Se considera recuento automático cuando se utiliza un contador automático que en base a pulsaciones eléctricas acciona un contador conectado a una membrana que esta transversal a la calzada, que a cada paso de un vehículo se va a accionar un pulso eléctrico que hará avanzar el contador.

Este tipo de recuento es más utilizado en carreteras y no así en trazos urbanos debido a las particularidades que este último tiene.

La contadora automática de volúmenes pueden ser registrados en forma horaria, diaria mensual o anual, normalmente el mayor uso de los contadores automáticos son para llevar registros diarios que a través de una lectura inicial y otra final se pueden obtener diariamente lo que no proporciona este tipo de recuento es el tipo de vehículo que han sido registrado, tampoco se registra el número de ejes de cada uno de los vehículos; en algunos proyectos puede ser indispensable conocer el porcentaje de vehículo pesados o conocer cual el porcentaje de vehículos que tienen más de dos ejes, este tipo de datos no es posible conseguirlos con un recuento automático pero si es muy útil el recuento automático para tener valor de TPD.

2.1.4.4.2. Recuento manual

Si se quiere tener una información mucho más explícita sobre el tipo de vehículos, el número de ejes, el volumen por cada sentido, el volumen por cada carril, etc. El recuento manual resulta ser más efectivo, aunque ello requiera de mucho más personal de operadores o aforadores en definitivo representa un presupuesto.

Los recuentos manuales en la actualidad solo son usados para proyectos específicos cortos de corta duración o en forma periódica en algunos tramos de carreteras importantes.

Dada la importancia de tener valores de volúmenes tanto en carreteras como en calles cualquiera sea el método automático y manual es indispensable la información de volúmenes para realizar un análisis del problema de tráfico.

2.1.4.5. Periodo de recuento

De acuerdo a las necesidades de cada proyecto o estudio se pueden tener tres tipos de recuento de acuerdo a la periodicidad.

- Permanente
- Periódicos
- De tiempo específico

2.1.4.5.1. Recuentos permanentes

Son aquellos que se realizan generalmente con contadores automáticos que han sido instalados en una sección de la carretera que se van registrando diariamente los volúmenes para luego procesarlos, tener las variaciones semanales, mensuales y anuales. Este tipo de recuento solo es factible en aquellas carreteras de mucha importancia por ejemplo en la actualidad debido a la tendencia de tener carreteras en concesión se hace necesario el registro permanente de los volúmenes de tráfico. Esto obviamente obliga a tener un presupuesto destinado al registro de valores de tráfico.

2.1.4.5.2. Recuento periódico

Cuando no se puede disponer de equipo permanente para toda la red vial que realice el trabajo del recuento de volúmenes se establece que es muy útil realizar recuentos periódicos en ciertas épocas del año que nos den valores confiables y significativos cuya correlación nos permita adoptar como valores promedio del año. Estos recuentos periódicos a lo sumo tienen un tiempo de un mes y por un máximo de tres veces al año.

2.1.4.5.3. Recuento de tiempo específico

La ejecución de estudios de diseño de carreteras, diseño de trazos urbanos evaluación de carreteras ya existentes, evaluación de trazos urbanos, estudios de variantes y ampliaciones por ser proyectos específicos involucran a un tramo definido o a un sector del trazo urbano definido se establece que recuentos en tiempos específicos pueden ser útiles en su información para correlacionar con los ya existentes y coadyuvar a la toma de decisiones para dichos proyectos, se pueden tener 5 días o 30 días de recuento constante es decir las 24 horas del día en ese tiempo específico y procesar esa información proyectándola a volúmenes diarios, mensuales y anuales, de acuerdo a la variabilidad que pueda tener el volumen en diferentes épocas del año se elegirán la época más adecuada más significativa.

2.1.5. Velocidades de tráfico

2.1.5.1. Definición

Se define como velocidad a la relación que existe entre una distancia que se recorre y el tiempo en que se tarda en recorrer. En este mismo concepto existen diferentes tipos de velocidad entre los cuales las más importantes son:

- Velocidad de punto
- Velocidad de recorrido total
- Velocidad de cruce
- Velocidad directriz

2.1.5.2. Velocidad de punto

Se define como velocidad de punto aquella que se obtiene en una sección de carretera o calle cuyo intervalo de intervalo de distancia esta previamente definido, siendo usuales la utilización de distancias de 50,75 y 100 mts.

Las características principales de este tipo de velocidad es que las distancias definidas se toman al vehículo que va a recorrerla en un flujo libre sin interferencia de demoras.

La determinación de velocidades de punto dentro del estudio de ingeniería de tráfico nos permite definir las velocidades medias de circulación en zonas urbanas y las velocidades de circulación en carreteras. Mayor uso en zonas urbanas cuyo estudio puede realizarse en áreas definidas en flujos direccionales o en todo el trazo urbano.

2.1.5.2.1. Método de medición

Para medir la velocidad de punto se pueden utilizar varios métodos en los que se tiene:

- Método del cronometro
- Método del enoscopio
- Método del radar métrico

2.1.5.2.1.1. El método del cronometro

Es aquel que utiliza generalmente dos operadores, una a la entrada provisto de algún dispositivo para dar la señal en el momento que el vehículo ingresa a la línea de entrada para que el segundo operador ubicado en la línea de parada final pueda accionar el cronometro y detener el mismo en el momento que cruza la línea de salida. Este método es el más utilizado por la facilidad de su realización y por la necesidad solamente de un cronometro. Es factible utilizando las distancias mínimas que este método pueda ser ejecutado por un solo operador y que tenga visualidad suficiente a la línea de entrada y salida.

2.1.5.2.1.2. El método del enoscopio

Se utiliza además del cronometro un aparato simple denominado enoscopio que es una caja de lados iguales en uno de sus vértices tiene un espejo ubicado a 45° de tal forma que la visual de entrada se reflecte en forma ortogonal a 90° la forma de medición utilizando el enoscopio en el momento en que el vehículo cruza la línea de entrada para accionar el cronometro y medir el tiempo hasta que el vehículo cruza la línea de salida. Este método es muy útil para la realización de mediciones nocturnas.

2.1.5.2.1.3. El método del radar métrico

Es el método menos utilizado, pero mucho más preciso para cuya determinación de velocidades utiliza un transmisor incorporado en un vehículo que emite ondas de longitud media que son captadas por un radar u pueden ser transformadas en distancias de la diferencia de las longitudes emitidas en el momento de ingreso de la línea de entrada y el ingreso a la línea de salida, se obtiene la distancia y el tiempo de recorrido determinándose así las velocidades de punto. Estas velocidades de punto en un estudio de tráfico deben ser llevadas a cabo en 3 horarios diferentes de cada día, recomendable en horas pico, 3 diferentes días de la semana, si se lo va a hacer anualmente 3 diferentes meses del año. En la hora de estudio se determinará una metodología homogénea para la obtención de velocidades de vehículos en circulación, por ejemplo, hacer la medición respectiva a cada 5 vehículos que ingresan a la zona de estudio. Se utiliza 6 horas diferentes del día.

2.1.6. 1.5.3 Velocidad directriz o de proyecto

Ninguna de las anteriores velocidades es considerada para el diseño geométrico de la carretera o calles estableciéndose otra definición que la velocidad de proyecto o directriz considera, así como la velocidad de un 80% o más del conjunto de vehículos circula a dicha velocidad.

En carreteras se establecen velocidades directrices o de proyecto haciendo un equilibrio entre el tipo de carretera que se quiere diseñar, el costo de la construcción y el costo de operación de los vehículos (Norma de la AASTHO y del SENAC nos dan algunas velocidades recomendables de acuerdo a la categorización de las carreteras.

En las zonas urbanas es mucho más complejo la definición de velocidad directriz porque intervienen otros factores como ser: Flujo peatonal, zonas residenciales, zonas comerciales, zonas escolares, mayor tipo de maniobras, detenciones de vehículos más continuos, etc. Estos factores influyen en la velocidad de circulación por ese hecho la recomendación es que se adopte velocidades directrices o del proyecto en función de la velocidad de circulación media obtenida a través de las velocidades de punto.

2.2. ASPECTOS GENERALES SOBRE LA SEGURIDAD VIAL EN CARRETERAS DE TOPOGRAFÍA MONTAÑOSA

2.2.1. Tipos de carreteras

La clasificación para diseño consulta seis categorías divididas en dos grupos, ellas son:

- Carreteras: Autopistas, Autorrutas y Primarias
- Caminos: Colectores, Locales y de Desarrollo

Cada Categoría se subdivide según las Velocidades de Proyecto consideradas al interior de la categoría. Las Vp más altas corresponden a trazados en terrenos Llanos, las intermedias en terrenos ondulados y las más bajas a terreno montañoso o cuyo extorno presenta limitaciones severas para el trazado. El alcance general de dicha terminología es:

Terreno llano

Está constituido por amplias extensiones libres de obstáculos naturales y una cantidad moderada de obras construidas por el hombre, lo que permite seleccionar con libertad el emplazamiento del trazado haciendo uso de muy pocos elementos de características mínimas. El relieve puede incluir ondulaciones moderadas de la rasante para minimizar las alturas de cortes y terraplenes; consecuentemente la rasante de la vía estará comprendida mayoritariamente entre $\pm 3\%$.

Terreno ondulado

Está constituido por un relieve con frecuentes cambios de cota que, si bien no son demasiado importantes en términos absolutos, son repetitivos, lo que obliga a emplear frecuentemente pendientes de distinto sentido que pueden fluctuar entre 3 al 6%, según la Categoría de la ruta. El trazado en planta puede estar condicionado en buena medida por el relieve del terreno, con el objeto de evitar cortes y terraplenes de gran altura, lo que justificará un uso más frecuente de elementos del orden de los mínimos. Según la importancia de las ondulaciones del terreno se podrá tener un Ondulado Medio o uno Franco o Fuerte.

Terreno montañoso

Está constituido por cordones montañosos o “Cuestas”, en las cuales el trazado salva desniveles considerables en términos absolutos. La rasante del proyecto presenta pendientes sostenidas de 4 a 9%, según la Categoría del Camino, ya sea subiendo o bajando. La planta está controlada por el relieve del terreno (Puntillas, Laderas de fuerte inclinación transversal, Quebradas profundas, etc.) y también por el desnivel a salvar, que en oportunidades puede obligar al uso de Curvas de Retorno. En consecuencia, el empleo de elementos de características mínimas será frecuente y obligado. En trazados por donde se atraviesan zonas urbanas o suburbanas, salvo casos particulares, no es el relieve del terreno el que condiciona el trazado, siendo el entorno de la ciudad, barrio industrial, uso de suelo, etc., el que los impone situaciones normalmente reguladas por el Plan Regulador y su Seccional correspondiente.

2.2.2. Clasificación funcional para diseño carreteras y caminos rurales

a. Autopista (O)

Son carreteras nacionales diseñadas desde su concepción original para cumplir con las características y niveles de servicio que se describen a continuación. Normalmente su emplazamiento se sitúa en terrenos rurales donde antes no existían obras viales de alguna consideración, que impongan restricciones a la selección del trazado y pasando a distancias razonablemente alejadas del entorno suburbano que rodea las ciudades o poblados (circunvalaciones). Están destinadas a servir prioritariamente al tránsito de paso, al que se asocian longitudes de viaje considerables, en consecuencia, deberán diseñarse para velocidades de desplazamiento elevadas, pero en definitiva compatibles con el tipo de terreno en que ellas se emplazan. Todo lo anterior debe lograrse asegurando altos estándares de seguridad y comodidad. La sección transversal estará compuesta por dos o tres carriles unidireccionales dispuestos en calzadas separadas por un cantero central de al menos 13 m de ancho si está previsto pasar de 2 carriles iniciales por calzada a 3 carriles futuros. En ese caso las estructuras deberán construirse desde el inicio para dar cabida a la sección final considerada. En ellas se autorizará sólo la circulación de vehículos motorizados especialmente diseñados para el transporte de

pasajeros y carga, quedando expresamente prohibido el tránsito de maquinaria autopropulsada (Agrícola, de Construcción, etc.)

Las velocidades de proyecto, según el tipo de emplazamiento son:

- Terreno Llano a Ondulado Medio 120 km/h
- Terreno Ondulado Fuerte 100 km/h
- Terreno Montañoso 80 km/h

Para poder desarrollar las velocidades indicadas bajo condiciones de seguridad aceptables las Autopistas deberán contar con Control Total de Acceso a todo lo largo del trazado, respecto de los vehículos, peatones y animales que se encuentren fuera de la faja del derecho de vía. El distanciamiento entre enlaces consecutivos deberá ser mayor o igual a 5,0 Km., medidos entre los extremos de los carriles de cambio de velocidad de ambos enlaces, o se considerará el diseño de accesos direccionales aislados.

b. Autorrutas (I.A)

Son carreteras nacionales existentes a las que se les ha construido o se le construirá una segunda calzada prácticamente paralela a la vía original. Normalmente se emplazan en corredores a lo largo de los cuales existen extensos tramos con desarrollo urbano, industrial o agrícola intensivo, muy próximo a la faja de la carretera. Están destinadas principalmente al tránsito de paso, de larga distancia, pero en muchos sub tramos sirven igualmente al tránsito interurbano entre localidades próximas entre sí. Podrán circular por ellas toda clase de vehículos motorizados incluso aquellos que para hacerlo deban contar con una autorización especial, y que no estén expresamente prohibidos o cuyo tipo de rodado pueda deteriorar la calzada. La sección transversal deberá contar con al menos dos carriles unidireccionales por calzada debiendo existir un cantero central entre ambas

Las velocidades de proyecto consideradas son:

- Terreno Llano a Ondulado Fuerte 100 y 90 km/h
- Terreno Montañoso 80 km/h

Las Autorrutas deberán contar con Control Total de Acceso respecto del acceso o salida de vehículos a ella; preferentemente se dará también control de acceso respecto de los peatones y animales a todo lo largo de la ruta, previéndose obligatorio este tipo de control de acceso en las zonas de enlaces, pasarelas y zonas adyacentes a poblados, con longitudes suficientes como para forzar a los peatones a usar los dispositivos especialmente dispuestos para su cruce. El distanciamiento entre Enlaces sucesivos lo regulará la Administradora Boliviana de Carreteras según las circunstancias particulares de cada emplazamiento; en todo caso resulta conveniente que el espacio libre entre extremos de carriles de cambio de velocidad de enlaces sucesivos no sea menor que 3,0 Km.

c. Carreteras primarias (I.B)

Son carreteras nacionales o regionales, con volúmenes de demanda medios a altos, que sirven al tránsito de paso con recorridos de mediana y larga distancia, pero que sirven también un porcentaje importante de tránsito de corta distancia, en zonas densamente pobladas. La sección transversal puede estar constituida por carriles unidireccionales separadas por un cantero central que al menos de cabida a una barrera física entre ambas calzadas más 1,0 m libre desde ésta al borde interior de los carriles adyacentes, pero por lo general se tratará de una calzada con dos carriles para tránsito bidireccional. Las Velocidades de Proyecto consideradas son las mismas que para las Autorrutas, de modo que en el futuro mediante un cambio de estándar puedan adquirir las características de Autorruta.

Las Carreteras Primarias deberán contar con un Control Parcial de Acceso, entendiéndose por tal, aquel en que se disponga de enlaces desnivelados toda vez que ellos se hagan necesarios por condiciones de seguridad y capacidad derivadas del volumen de tránsito que presenta la vía secundaria (Colector o Local). Los cruces con líneas férreas deberán ser considerados de acuerdo a la topografía. El resto de los cruces con otros caminos deberán contar con intersecciones canalizadas

d. Caminos colectores (II)

Son caminos que sirven tránsitos de mediana y corta distancia, a los cuales acceden numerosos caminos locales o de desarrollo. El servicio al tránsito de paso y a la propiedad colindante tiene una importancia similar. Podrán circular por ellos toda clase de vehículos motorizados. En zonas densamente pobladas se deberán habilitar carriles auxiliares destinados a la construcción de ciclo vías. Su sección transversal normalmente, es de dos carriles bidireccionales, pudiendo llegar a tener calzadas unidireccionales. Las velocidades de proyecto consideradas son:

- Terreno Llano a Ondulado Medio 80 km/h
- Terreno Ondulado Fuerte 70 km/h
- Terreno Montañoso 60 km/h

Normalmente este tipo de caminos poseerá pavimento superior, o dentro del horizonte de proyecto será dotado de él, consecuentemente la selección de la Velocidad de Proyecto debe ser estudiada detenidamente. Podrán circular por ellos toda clase de vehículos motorizados y vehículos a tracción animal que cuenten con los dispositivos reglamentarios señalados en la Ordenanza del Tránsito. En zonas densamente pobladas se construirán carriles auxiliares en que se habilitarán Ciclo vías.

e. Caminos locales (III)

Son caminos que se conectan a los Caminos Colectores. Están destinados a dar servicio preferentemente a la propiedad adyacente. Son pertinentes las Ciclovías. La sección transversal prevista consulta dos carriles bidireccionales y las velocidades de proyecto consideradas son:

- Terreno Llano a Ondulado Medio 70 km/h
- Terreno Ondulado Fuerte 60 km/h
- Terreno Montañoso 50 y 40 km/h

f. Caminos de desarrollo

Están destinados a conectar zonas aisladas y por ellas transitarán vehículos motorizados y vehículos a tracción animal. Sus características responden a las mínimas consultadas para los caminos públicos, siendo su función principal la de posibilitar tránsito permanente aun cuando las velocidades sean reducidas, de hecho, las velocidades de

proyecto que se indican a continuación son niveles de referencia que podrán ser disminuidos en sectores conflictivos. La Sección Transversal que se les asocia debe permitir el cruce de un vehículo liviano y un camión a velocidades tan bajas como 10 km/hr y la de dos camiones, estando uno de ellos detenido.

Las velocidades referenciales de proyecto son:

- Terreno Llano a Ondulado Medio 50 y 40 km/h
- Terreno Ondulado Fuerte a Montañoso 30 km/h

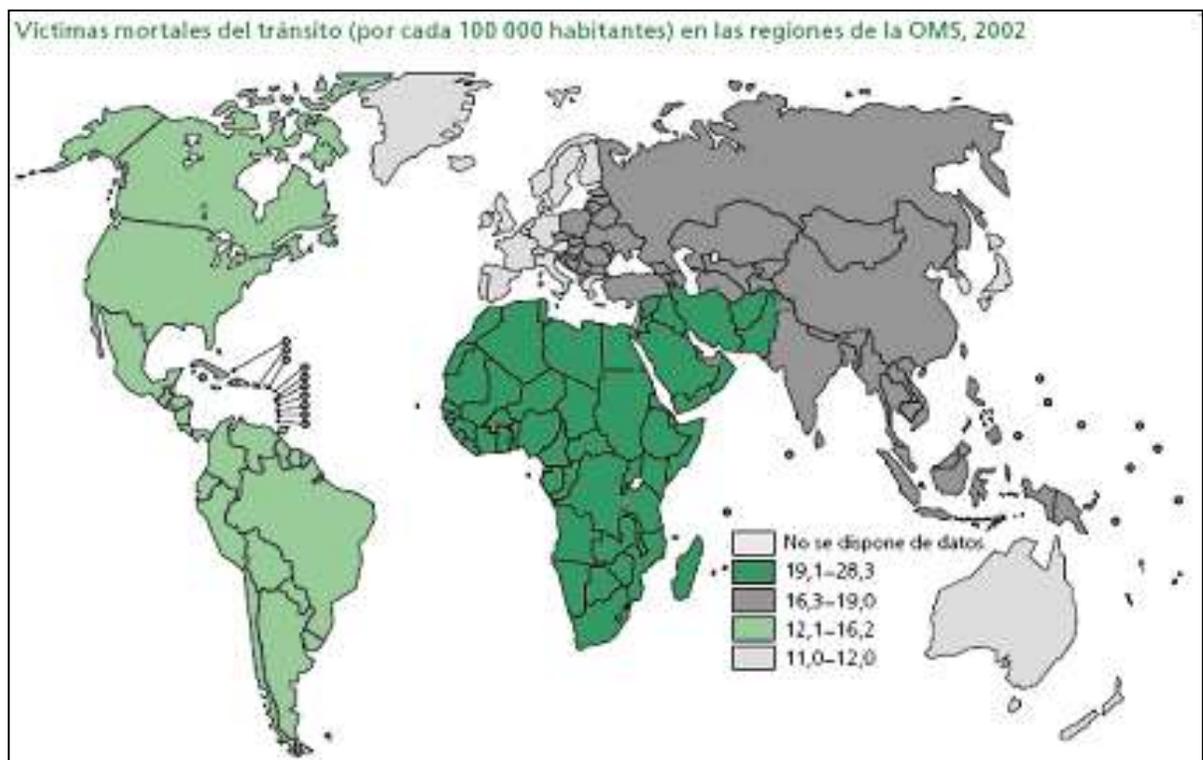
2.2.3. Accidentalidad

El concepto de accidente, está definido como “el hecho que ocurre en la vía, donde intervienen por lo menos un vehículo en Movimiento y como resultado produce la muerte, lesiones de personas o daños materiales.”

2.2.3.1. Panorámica mundial de la accidentalidad

Según se observa, en la figura 2.2, la mortalidad se puede agrupar por regiones Geográficas, perteneciendo los índices más desfavorables a África, Asia y América en ese orden, situación que se mantiene en la actualidad y se confirma según informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS) de junio del 2006, donde África tiene la peor tasa de muertes del mundo por accidentes de tránsito, con 28 fallecimientos por cada 100 mil personas.

Figura N° 2.2. Víctimas mortales del tránsito (por cada 100000 habitantes).



Fuente: OMS, Proyecto carga mundial de morbilidad

La menor tasa de mortalidad según la figura anterior está localizada en la región Europea coincidentemente con países desarrollados, los cuales han trabajado en el tema de la seguridad vial.

La real tragedia de los accidentes viales es que, en gran medida, ellos y sus consecuencias, pueden evitarse mediante una inversión adecuada y creciente para generar mejores conductores y usuarios de las vialidades, superiores estándares de diseño, fabricación y mantenimiento vehicular, y mejores estándares de diseño, construcción y mantenimiento carretero.

Ochenta y ocho países, en los que viven cerca de 1600 millones de personas, han logrado reducir el número de muertos en sus carreteras entre 2007 y 2010, lo cual demuestra que se puede mejorar y que se conseguirán salvar muchas más vidas si los países adoptan nuevas medidas.

2.2.3.2. Panorama de la accidentalidad en Bolivia.

En periodo de 2010 al 2015 se han producido en el país aproximadamente unos 217.091 accidentes de tránsito Según el informe del instituto nacional de estadística de Bolivia (I.N.E). A continuación, se presenta un resumen de los accidentes de tránsito ocurridos en el periodo 2010 a 2015 en Bolivia (Tabla N° 2.1.)

Tabla N° 2.1. Accidentes de tránsito en Bolivia

DESCRIPCION	2010	2011	2012	2013	2014	2015
BOLIVIA	39,035	39,407	39,799	36,512	31,782	30,556
Atropellos	6,084	6	6,52	6,027	5,035	4,76
Colisiones	21,259	21,594	20,977	18,8	16,356	15,213
Choque a objeto fijo y vehículo detenido	8,528	8,754	8,647	8,209	7,429	7,901
Vuelcos	989	1,002	1,723	1,143	1,044	770
Embarrancamiento, deslizamiento y encunetamiento	1,33	1,312	1,076	1,439	1,138	1,376
Caída de personas - pasajeros	793	729	797	784	690	523
Incendio de vehículos	52	16	59	110	90	13
Chuquisaca	1,992	2,268	2,372	2,158	1,828	1,385
Atropellos	271	297	292	246	233	200
Colisiones	843	1,053	1,074	987	873	631
Choque a objeto fijo y vehículo detenido	640	649	727	616	464	393
Vuelcos	35	71	141	66	74	30
Embarrancamiento, deslizamiento y encunetamiento	166	139	74	194	129	108
Caída de personas - pasajeros	37	55	61	40	35	22
Incendio de vehículos	0	4	3	9	20	1

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE)

La accidentalidad es un problema existente en todas partes del mundo y Bolivia no está exenta del mismo; sus resultados ocasionan cuantiosas pérdidas materiales y humanas.

2.3. DISPOSITIVOS DE CONTROL DE SEGURIDAD VIAL

2.3.1. Definición

Se encuadran dentro de este grupo aquellos elementos o dispositivos aplicables en puntos conflictivos, donde estudios preliminares arrojen niveles preocupantes de accidentes, lo cual hace indispensable la toma de medidas correctivas. Como alternativa a los grandes proyectos de infraestructura que insumen grandes

presupuestos, existe una gama de medidas llamadas de ingeniería de bajo costo a las que se las puede definir como “las medidas físicas tomadas especialmente para aumentar la seguridad del sistema viario que se caracterizan por tener un bajo costo económico, rápida implementación y alta tasa de rentabilidad”

Experiencias de este tipo se han dado en países europeos como Alemania, Dinamarca, Inglaterra, España, etc., y más cerca nuestro en Chile donde la CONASET (Comisión Nacional de Seguridad en el Tránsito) ha desarrollado medidas correctivas basándose en el manual “Hacia Vías más seguras en países en desarrollo: Guía para Planificadores e Ingenieros” Transport and Road Research Laboratory.

Estos tipos de medidas exigen una adaptación a nuestras leyes y un monitoreo permanente para evaluar su prestación, dado que importar medidas exitosas de otros países no implica que lo sean en el nuestro.

2.3.2. Señalización vertical

2.3.2.1. Señales preventivas

2.3.2.1.1. Objetivo

Las señales de advertencia de peligro, llamadas también preventivas, tienen como propósito advertir a los usuarios la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones especiales presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal. Se identifican como base con el código SP.

Estas señales persiguen que los conductores tomen las precauciones del caso, ya sea reduciendo la velocidad o realizando las maniobras necesarias para su propia seguridad, la del resto de los vehículos y la de los peatones. Su empleo debe reducirse al mínimo posible, porque el uso innecesario de ellas, tiende a disminuir el respeto y obediencia a toda la señalización en general.

2.3.2.1.2. Forma

En general, las señales de advertencia de peligro, tienen la forma de un cuadrado con una de sus diagonales colocada verticalmente, con la excepción de CRUZ DE SAN

ANDRES (SP-33), y las Placas de Refuerzo que presentan las formas básicas que caracterizan a este tipo de señales.

2.3.2.1.3. Color

Su color de fondo es amarillo. Los símbolos, leyendas y orlas, son de color negro. Todos los colores, utilizados por ejemplo en la señal SP 35 Semáforo, con excepción del negro, deben cumplir con lo especificado la Sección 1.5 del presente capítulo.

Para el caso de este tipo de señales, todos los elementos, tales como; fondo, caracteres, orlas, símbolos, leyendas, pictogramas, excepto aquellos de color negro, deberán cumplir con un nivel de retro reflexión mínimo.

Señales Preventivas que consideran otros colores además del amarillo y el negro:

- SP-34. Semáforo (amarillo, negro, rojo y verde)
- SP-35. Prevención de pare (amarillo, negro, rojo y blanco)
- SP-36. Prevención de ceda el paso (amarillo, negro, rojo y blanco)

2.3.2.1.4. Ubicación

Las señales de advertencia deben ubicarse con la debida anticipación, de tal manera que los conductores tengan el tiempo adecuado para percibir, identificar, tomar la decisión y ejecutar con seguridad la maniobra que la situación requiere. Este tiempo puede variar de 3 segundos, como en el caso de las señales de advertencias más sencillas, CURVA PRONUNCIADA DERECHA (SP 4) o PENDIENTE FUERTE DE BAJADA (SP 16), hasta 10 segundos en el caso de señales de advertencia de situaciones complejas como CRUCES o BIFURCACIONES (SP 18 a SP 30). Por lo tanto, la distancia requerida entre la señal y la situación que advierte queda determinada por la velocidad máxima de la vía y el tiempo a que se refiere el párrafo anterior ($\text{distancia} = \text{tiempo} \times \text{velocidad máxima}$), no pudiendo ser dicha distancia menor a 50 m. Estas pueden ser ajustadas, hasta en un 20%, dependiendo de factores tales como: geometría de la vía, accesos, visibilidad, tránsito y otros.

En el caso especial de las señales que advierten sobre restricciones en la vía, que afectan sólo a ciertos vehículos, ellas deben ubicarse antes del empalme con la ruta alternativa que evita la restricción o antes del lugar donde un vehículo afectado por la limitación pueda virar en “U”. Dicha ruta alternativa debe contar con señalización informativa que permita a los conductores retomar la vía original sin dificultad. En la se esquematiza esta situación.

Cuando la distancia entre la señal de advertencia y el inicio de la condición peligrosa es superior a 300 m, se debe agregar a la señal una placa adicional que indique tal distancia.

Si dicha distancia es menor a un kilómetro, la indicación se da en múltiplos de 100 m y si es mayor, se redondea a kilómetros enteros.

2.3.2.1.5. Clasificación

En el ANEXO V se puede observar las señales preventivas según su clasificación.

2.3.2.2. Señales reglamentarias

2.3.2.2.1. Objetivo

Las señales reglamentarias tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías, las prioridades en el uso de las mismas, así como las prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes. Su trasgresión constituye infracción a las normas del tránsito y acarrea las sanciones previstas en la Ley.

2.3.2.2.2. Forma

En general, su forma es circular y sólo se aceptará inscribir la señal en un rectángulo cuando lleve una leyenda adicional. Se exceptúan de esta condición geométrica las señales:

- SR - 01 PARE, cuya forma es octagonal
- SR - 02 CEDA EL PASO, cuya forma es un triángulo equilátero con un vértice hacia abajo

- SR-38 y SR-39: Sentido único de circulación y sentido de circulación doble, serán de forma rectangular.

Su color de fondo es blanco, aunque excepcionalmente puede ser rojo o azul. La orla será de color rojo, con excepción de la señal SR-37 FIN RESTRICCIÓN. Cuando las señales sean rectangulares, la orla exterior será de color negro. Finalmente, los símbolos y leyendas serán de color negro o blanco y ocasionalmente gris. Para todos estos colores, salvo el negro, se deberá cumplir con lo indicado.

Su forma es circular, a excepción de las señales:

- SR-01: PARE
- SR-02: CEDA EL PASO
- SR-38 y SR-39: TRÁNSITO EN UN SENTIDO y TRÁNSITO EN AMBOS SENTIDOS, serán de forma rectangular.

En el caso en que se requieran adosar placas informativas, éstas serán de forma rectangular y en ningún caso deberán tener un ancho superior al de la señal principal.

2.3.2.2.3. Color

Los colores utilizados en estas señales son los siguientes:

Fondo blanco; orlas y franjas diagonales de color rojo; símbolos, letras y números en negro.

Las excepciones a esta regla son:

- SR-01: PARE, cuyo fondo es rojo, orlas y letras en blanco.
- SR-38 y SR-39: TRÁNSITO EN UN SENTIDO y TRÁNSITO EN AMBOS SENTIDOS, serán de fondo negro y flechas y orlas blancas.
- SR 40 a la 43: SEÑALES DE PASO OBLIGADO Y CICLOVIA, serán de fondo azul y símbolo blanco.

La prohibición se indicará con una diagonal que forme 45° con el diámetro horizontal y debe trazarse desde el cuadrante superior izquierdo del círculo hasta el cuadrante

inferior derecho. La señal SR-28 PROHIBIDO ESTACIONARSE Y DETENERSE, llevará adicionalmente otra franja diagonal, desde el cuadrante superior derecho hasta el cuadrante inferior izquierdo.

En el caso en que se requieran adosar placas informativas, éstas serán de fondo blanco y orlas, textos, flechas y números de color negro.

Para el caso de señales reglamentarias, todos los elementos como fondo, caracteres, orlas, símbolos, leyendas, pictogramas de una señal vertical, excepto aquellos de color negro, deberán cumplir con el nivel de retro reflexión.

2.3.2.2.4. Ubicación

Las señales reglamentarias deberán instalarse al lado derecho de la vía, en el lugar preciso donde se requiera establecer la regulación. Por otro lado, se deberá ubicar una señal adicional al lado izquierdo de la vía, en toda condición cuando se trate de señales del tipo NO ADELANTAR (SR-26), y en el caso de VELOCIDAD MAXIMA (SR-30), donde la presencia de camiones y buses cuenten con un Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) mayor o igual al 20% del total.

Las señales podrán ser complementadas con placas informativas donde se podrán indicar días de la semana y las horas en las cuales existe la prohibición. Dichas placas no deberán tener un ancho superior al de la señal.

2.3.2.2.5. Clasificación

En el ANEXO V se puede observar las señales reglamentarias según su clasificación.

2.3.2.3. Señales informativas

2.3.2.3.1. Objetivo

Las señales informativas o de información, tienen por objeto guiar al usuario de la vía suministrándole la información necesaria sobre identificación de localidades, destinos, direcciones, sitios de interés turístico, geográficos, intersecciones, cruces, distancias por recorrer, prestación de servicios, etc.

En particular se utilizan para informar sobre:

- enlaces o empalmes con otras vías
- pistas apropiadas para cada destino
- direcciones hacia destinos, calles o rutas
- inicio de la salida a otras vías
- distancias a que se encuentran los destinos
- nombres de rutas y calles
- servicios y lugares de atractivo turístico existentes en las inmediaciones de la vía
- nombres de ciudades, ríos, puentes, calles, parques, lugares históricos y otros.

2.3.2.3.2. Forma

En general, las señales informativas tendrán forma rectangular o cuadrada. Las excepciones a lo anterior, corresponden a las señales tipo flecha y algunas de identificación vial, por mencionar algunas tenemos el ESCUDO VIA PANAM (IV-1) y ESCUDO DE IDENTIFICACION DE RED FUNDAMENTAL (IV-2).

En señales informativas, las leyendas, símbolos y orlas son de color blanco. El color de fondo de las señales para autopistas y autovías, será azul y las para vías convencionales, verde, con la excepción de las señales NOMBRE Y NUMERACION DE CALLES (IV-5), de color negro, y las de atractivo turístico (IT), cuyo color representativo será el café. Estos colores, con excepción del negro, deberán cumplir con lo indicado en la sección 1.5 del presente capítulo.

En el caso en que se requiera adosar placas que amplíen la información de las señales, éstas serán de forma rectangular y en ningún caso deberán tener un ancho superior al de la señal principal.

El ancho de la orla de la señal debe corresponder al especificado en la Tabla 2.2.

Tabla Nª 2.2. Ancho de orla

Dimensiones de la Señal	Ancho Orla (A)	Distancia Borde Exterior de la Orla y Borde de la Señal (B)	Línea Divisoria (C)
Hasta 1m x 1m	2,0 cm	1 cm.	1.0
Hasta 2m x 3m	2,5 cm	1 cm.	1.3
más 2m x 3m	3,0 cm	1 cm.	1.5

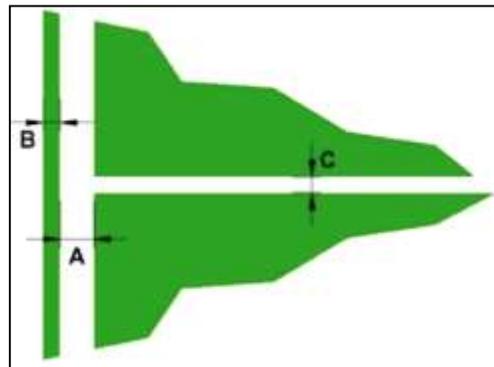
Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC

La distancia entre el borde exterior de la orla y el borde de la señal debe ser aproximadamente de 1 cm.

Su color debe ser blanco cuando el fondo de la señal puede ser azul, verde, negro o café. Deberá ser negra la orla cuando el fondo sea blanco, amarillo o naranja.

Cuando se confeccione una señal típica de dirección informando dos destinos se podrá utilizar una línea divisoria (C) entre ambas leyendas de destino de ancho $A/2$, es decir $C = A/2$

Figura N^o 2.5. Ancho de orla



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC

2.3.2.3.3. Color

En señales informativas, las leyendas, símbolos y orlas son de color blanco. El color de fondo de las señales para autopistas y autovías, será azul y las para vías convencionales, verde, con la excepción de las señales NOMBRE Y NUMERACIÓN DE CALLES (IV-5), de color negro, y las de atractivo turístico (IT), cuyo color

representativo será el café. Estos colores, con excepción del negro. Todos los elementos de las señales informativas, tales como; fondo, caracteres, orlas, símbolos, leyendas, pictogramas de una señal vertical, excepto aquellos de color negro, deberán cumplir con un nivel de retro reflexión mínimo.

2.3.2.3.4. Ubicación

La ubicación longitudinal de las señales informativas quedará determinada por su función, según se especifica para cada señal en esta sección. En todo caso, para efectos de su instalación, el lugar podrá ser ajustado hasta en un 20%, dependiendo de las condiciones del sector y de factores tales como geometría de la vía, accesos, visibilidad, tránsito, composición de éste y otros.

Cuando la señal se instala sobre la calzada o sobre la berma (en pórticos o banderas), su borde inferior debe distar a lo menos 5,5 metros del punto más alto de la calzada o berma. Esto asegura el flujo expedito de vehículos altos. Las flechas de las señales aéreas deben quedar instaladas de modo que apunten al centro de la pista de tráfico a la que hacen referencia. No obstante, no es conveniente elevar las señales verticales en demasía sobre dicha altura, ya que la señal puede quedar ubicada fuera del cono de atención de los conductores o fuera del alcance de la luz emitida por los focos de los vehículos, dificultando su visibilidad nocturna.

2.3.2.3.5. Mensaje

En el caso de las señales informativas, el mensaje no siempre se entrega a través de una sola señal, sino que en una secuencia de señales diseñadas y emplazadas para funcionar en conjunto. Es así como en el caso de autopistas o autovías cada una de las señales informativas forma parte de un sistema, en el que la señal de pre señalización alerta sobre la proximidad de una salida y sus destinos; la de dirección indica el tipo de maniobra que es necesario realizar; la de salida inmediata indica el lugar y ángulo de salida; la de confirmación corrobora los destinos e indica distancias a éstos; la de identificación vial individualiza la vía y la de localización confirma los destinos y lugares por los que ésta pasa. En atención a que los conductores no deben distraer su

atención de la vía por más que un instante, una señal informativa no debe contener un texto de más de 3 líneas.

2.3.2.3.6. Flechas

Las flechas se usan para asociar pistas a determinados destinos y para indicar, antes y en una salida, la dirección y sentido a seguir para llegar a ellos. En el primer caso, usado en señales aéreas (pórticos, bandera y otros) cada flecha debe apuntar directamente al centro de la pista asociada al destino indicado en la leyenda que está sobre ella; y en el segundo, la flecha debe ser oblicua ascendente u horizontal, representando adecuadamente el ángulo de la salida.

2.3.2.3.7. Clasificación

Las señales informativas, de acuerdo a su función, se clasifican en:

a. Señales que guían al usuario a su destino

- De pre señalización (IP)
- De dirección (ID)
- De confirmación (IC)
- De identificación vial (IV)
- De localización (IL)

b. Señales con otra información de interés

- De servicio (IS)
- De atractivo turístico (IT)
- Señales ambientales (IA)
- Otras señales para autopistas y autovías (IAA)
- Otras (IO)
- Informativas de Control (ICO)
- Tamaño Especial (IT(E) - IS (E))

En el ANEXO V se puede observar las señales informativas según su clasificación.

2.3.3. Señalización horizontal

2.3.3.1. Líneas longitudinales

Una línea continua sobre la calzada, independiente de su color, significa que ningún conductor con su vehículo debe atravesarla ni circular sobre ella. Una línea discontinua sobre la calzada, independiente de su color, significa que traspasable por cualquier conductor.

2.3.3.2. Líneas de eje

Las líneas de eje central se utilizan en calzadas bidireccionales para indicar dónde se separan los flujos de circulación opuestos. Se ubican generalmente en el centro de dichas calzadas; sin embargo, cuando la asignación de pistas para cada sentido de circulación es desigual, dicha ubicación no coincide con el centro. De forma similar, cuando existen juntas de construcción en la calzada, es conveniente desplazar levemente estas líneas para asegurar una mayor duración de las mismas.

El ancho de las demarcaciones centrales varía según el tipo de línea y la velocidad máxima permitida en la vía, como se detalla más adelante para cada tipo de línea.

Dada la importancia de esta línea en la seguridad del tránsito, ella debería encontrarse siempre presente en toda vía bidireccional cuya calzada exceda los 5 m de ancho. En calzadas con anchos inferiores no es recomendable demarcar el eje central.

Para aumentar su eficacia en vías interurbanas, se deberá reforzar las líneas de eje central con demarcación elevada (tachas).

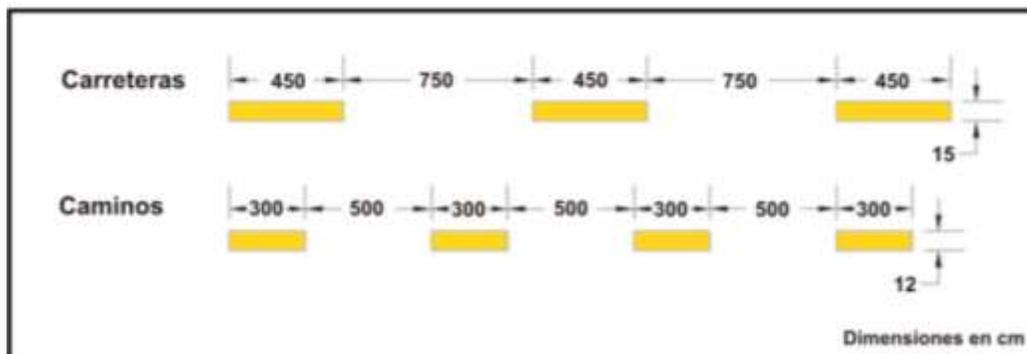
Las líneas de eje central pueden ser: segmentadas, continuas dobles o mixtas.

a. Línea amarilla discontinua

Se utiliza para demarcar la separación de carriles con sentido de flujo opuesto en donde se permite la maniobra de adelantamiento.

Para velocidades menores a 60 km/hr. El ancho de la línea continua será de 12 cm. Para rutas con velocidades mayores, su ancho será de 15 cm.

Figura N^o 2.7. Diseño línea discontinua



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC

b. Línea doble amarilla continua

Se utiliza para demarcar la separación de carriles con sentido de flujo opuesto en donde no es permitida la maniobra de adelantamiento.

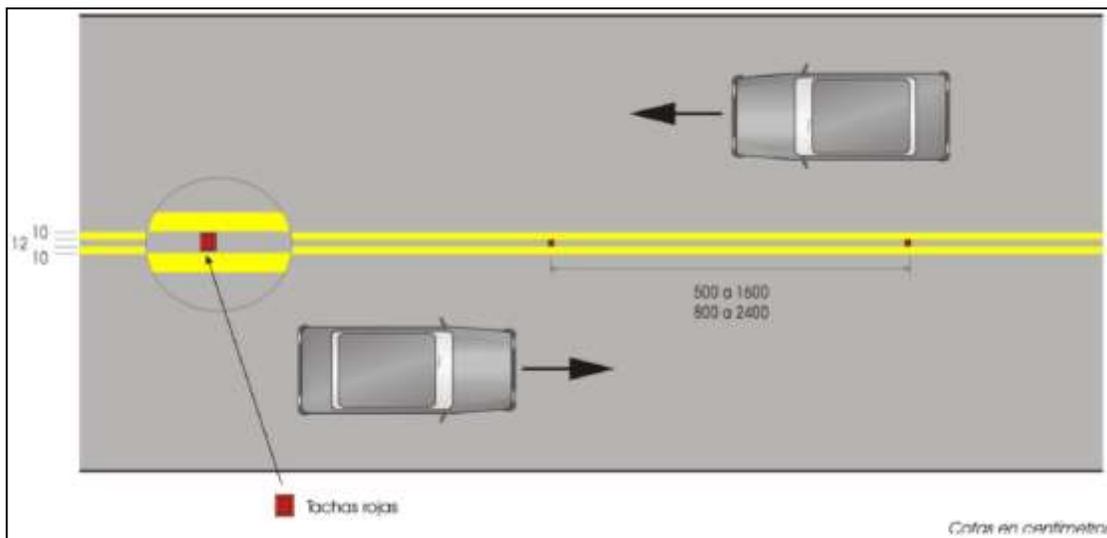
Se prohíbe reglamentariamente el cambio de pistas en cruces, disponiéndose líneas de pistas continuas, en cruces controlados por las señales estáticas “CEDA EL PASO” o “PARE” y en cruces controlados por señales dinámicas “SEMAFORO”, en una longitud de 20 metros medidos desde la línea de detención.

Las líneas de eje central continuas dobles consisten en dos líneas blancas paralelas, de un ancho mínimo de 15 cm cada una, separadas mínimo por 20 cm, de modo tal que entre la tacha y los bordes de cada línea queden siempre 3 cm.

En curvas que requieren sobre ancho las líneas de eje central continuas dobles pueden no ser paralelas para adaptarlas a la geometría del camino, siempre que se mantengan separadas por más de 12 cm.

La demarcación elevada debe ser de color amarillo e instalarse entre las líneas continuas, manteniendo una distancia uniforme entre ellas, la que puede variar entre 5 m y 16 m en vías con velocidad máxima permitida menor o igual a 60 km/hr, y entre 8 m y 24 m en vías con velocidades máximas permitidas superiores.

Figura N° 2.8. Ejemplo de líneas continuas dobles



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC

c. Línea doble amarilla continua y discontinua

Se utiliza para demarcar la separación de carriles con sentido de flujo opuesto en donde la maniobra de adelantamiento es permitida sólo para el tránsito adyacente a la línea de trazado discontinuo.

d. Línea doble amarilla discontinua

Se utiliza para demarcar la separación de carriles con sentido de flujo varia. Se utiliza para indicar carriles reversibles.

2.3.3.2.1. Definición de líneas de eje (diseño de zonas de no adelantamiento)

Dado que la maniobra de adelantamiento es la de mayor riesgo al conducir, las zonas de adelantamiento deben ser definidas cuidadosa y adecuadamente conforme a los criterios especificados a continuación.

Las zonas de No Adelantar deben ser establecidas, además de los lugares en que exista una distancia de visibilidad de adelantamiento menor a la distancia de adelantamiento mínima. Esta última distancia, es la necesaria para que el vehículo abandone su pista, pase al vehículo que lo precede y retome su pista en forma segura, sin afectar la

velocidad del vehículo que está adelantado, ni la de otro que se desplace en sentido contrario por la pista utilizada para el adelantamiento.

En los siguientes sectores de una vía se prohíbe adelantar, y por tanto debe considerarse una línea continua:

- Bermas
- Curvas horizontales sin visibilidad
- Puentes bidireccionales
- Pasos a nivel bidireccionales
- Cruces no regulados
- Cima de una cuesta (curvas verticales)

Dado que la maniobra de adelantamiento es la de mayor riesgo al conducir, las zonas de NO ADELANTAR deben ser definidas cuidadosamente conforme a los criterios especificados a continuación.

Tratándose de curvas verticales la distancia de visibilidad de adelantamiento es la máxima distancia a lo largo de la cual un objeto que se encuentra 1 m por encima de la superficie del pavimento puede ser visto desde un punto, también a 1 m por encima del pavimento.

La distancia de visibilidad de adelantamiento en una curva horizontal es aquella que se mide a lo largo del centro de la pista más a la derecha en el sentido de circulación, entre dos puntos que se encuentran 1,1 m sobre la superficie del pavimento, en la línea tangencial al radio interno u otra obstrucción que recorte la visibilidad dentro de la curva.

En la Tabla N° 2.3. se especifican las distancias de adelantamiento mínima según la velocidad máxima permitida en la vía.

Tabla N° 2.3. Distancia de adelantamiento mínima

Velocidad Máxima (Km./hr.)	Distancia de adelantamiento Mínima (m)
30	80
40	110
50	140
60	180
70	240
80	290
90	350
100	430

Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC

2.3.3.3. Líneas de carril

La función principal de las líneas de pista es ordenar el tránsito y posibilitar un uso más seguro y eficiente de las vías, especialmente en zonas congestionadas. Estas líneas separan flujos de tránsito en la misma dirección, y pueden ser de dos tipos; continuas o segmentadas.

2.3.3.3.1. Línea blanca discontinua

Se utiliza para demarcar la separación de carriles de un mismo sentido de flujo en donde si es permitida la maniobra de adelantamiento.

a. Líneas segmentadas normales

Las dimensiones de estas demarcaciones son las indicadas en Las “Líneas de Pista Segmentadas Normales” se dispondrán en tramos de una vía, en donde se permite reglamentariamente la maniobra de cambio de pista, desde una pista normal de circulación a otra también de circulación normal.

Dependiendo de la categoría de la vía en cuestión, la relación entre longitudes de los segmentos demarcados, brechas de separación y anchos de segmentos, deberán cumplir con lo indicado en Tabla N° 2.4., siguiente:

Tabla N° 2.4. Relación demarcación / brecha en línea de pistas

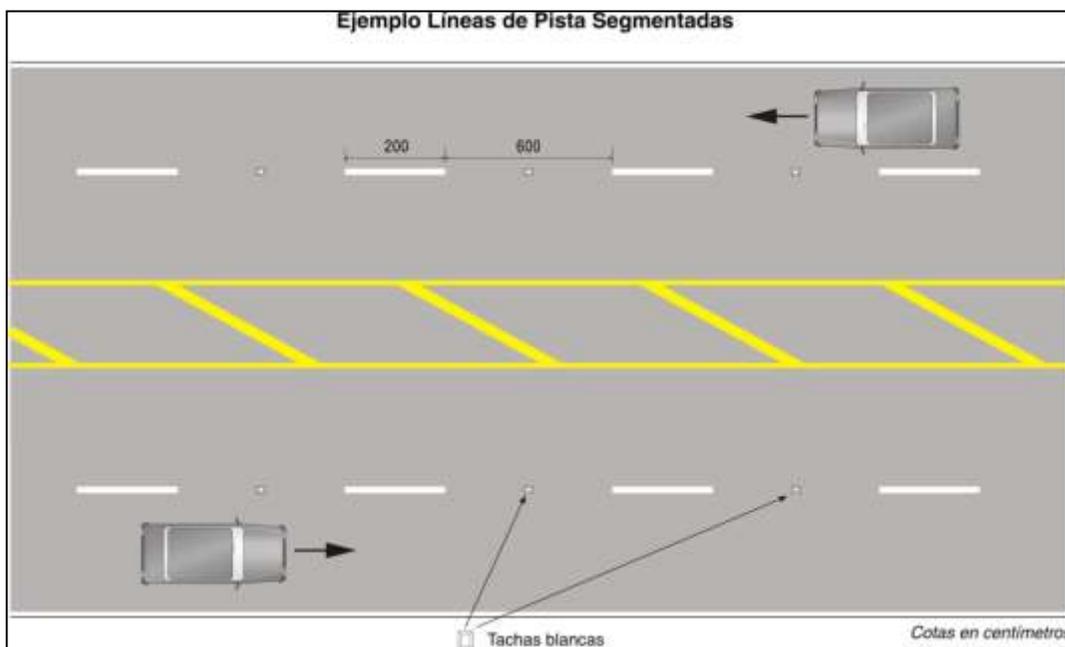
Velocidad Máxima de la Vía (Km/h)	Patrón (m)	Relación Demarcación Brecha
Mayor a 80	12	1 a 3
Menor o Igual a 80	8	3 a 5

Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC

Así, para una vía con velocidad máxima inferior a 60 km/hr se debe usar un patrón de 8 m y una relación 3 a 5, lo que se traduce en líneas de 3 m demarcados seguidas de 5 m sin demarcar.

La demarcación elevada debe ser de color blanco e instalarse centrada en todas las brechas o brecha por medio. Ver Figura N° 4.7.

Figura N° 2.9. Ejemplo de líneas de pistas segmentadas



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC

b. Líneas segmentadas especiales

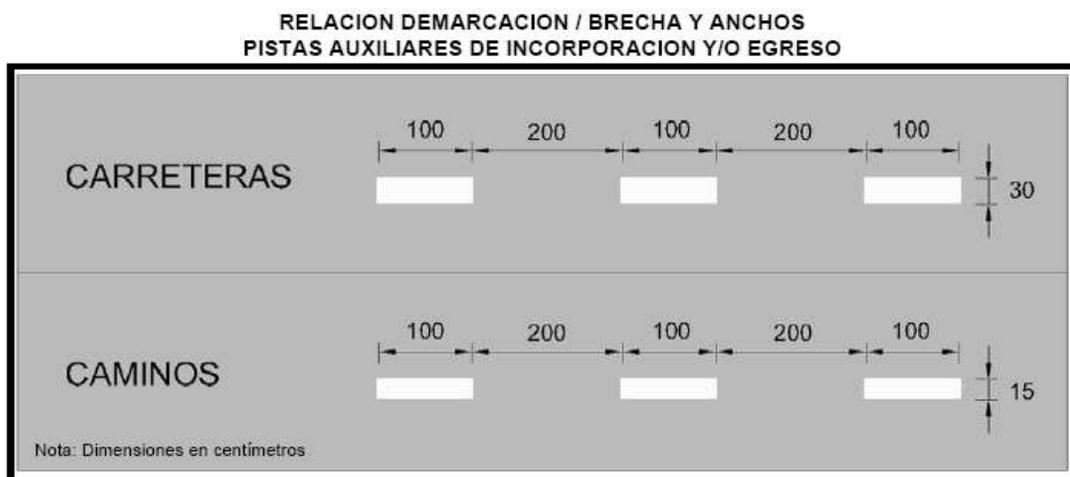
Se utilizan para separar una pista normal de circulación de una pista auxiliar. Las pistas auxiliares, corresponden a Pistas de Cambio de Velocidades (aceleración y

deceleración), Pistas de Viraje, Pistas de Salidas Directas, Pistas de Incorporación, Pistas Lentas, etc.

i. Pistas auxiliares de incorporación y/o egreso

Dependiendo de la categoría de la vía en cuestión, este tipo de línea, deberá presentar las siguientes características, en cuanto a ancho y longitudes de segmentos y brechas.

Figura N° 2.10. Relaciones de demarcación para pistas auxiliares de incorporación y/egreso



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC

ii. Pistas auxiliares de tránsito lento

Estas líneas tienen la función de separar la pista reservada al tránsito de determinados vehículos. Además, separa una eventual pista adicional obligatoria para tránsito lento, y puede ser utilizada por el resto de la circulación en ese sentido a fin de facilitar su desplazamiento. En el tramo en donde se incorpora la pista especial, será necesario demarcar en la calzada, flechas rectas que indiquen el sentido del tránsito. Los anchos y la relación entre las longitudes de los segmentos demarcados y de las brechas de separación, deberán cumplir con lo indicado.

iii. Línea segmentada de borde de calzada

La función principal de las líneas de borde es delimitar el borde o límite transversal de la calzada, e inicio de la zona de bermas y/o aceras y/o accesos particulares, pueden ser de dos tipos; continuas o segmentadas.

Las líneas segmentadas de borde de calzada, deben ser empleadas en lugares de emplazamiento de accesos particulares y para delimitar ensanchamientos de calzada destinadas al estacionamiento o detención de vehículos. La relación entre las longitudes del segmento demarcados y de las brechas de separación y anchos deberán cumplir con lo indicado.

2.3.3.3.2. Línea blanca continua

Como ya se ha indicado, la línea continua sobre la calzada significa que ningún conductor con su vehículo debe atravesarla ni circular sobre ella. Acorde a lo anterior, la línea continua se utiliza para:

a. Demarcar la separación de carriles

De un mismo sentido de flujo en donde no es permitida la maniobra de adelantamiento. Se prohíbe reglamentariamente el cambio de pistas en cruces, disponiéndose líneas de pistas continuas, en cruces controlados por las señales estáticas “CEDA EL PASO” o “PARE” y en cruces controlados por señales dinámicas “SEMAFORO”, en una longitud de 20 metros medidos desde la línea de detención.

b. Demarcar el borde derecho de la calzada

Indicando el término de la calzada estas líneas indican a los conductores, especialmente en condiciones de visibilidad reducida, donde se encuentra el borde de la calzada, lo que les permite posicionarse correctamente sobre ésta.

Estas demarcaciones, son la única orientación para un conductor cuando es encandilado por un vehículo que transita en el sentido contrario, de allí la importancia que presenta en caminos y carreteras bidireccionales.

En áreas urbanas, cuando las características geométricas de la vía generan condiciones de riesgo, como, por ejemplo: curvas cerradas, variaciones de ancho de calzada o cuando no existe iluminación apropiada, estas líneas presentan una gran utilidad para el conductor, por lo tanto, deben ser consideradas en el diseño.

Estas líneas deberán disponerse de los anchos indicados en el esquema siguiente, en función del tipo de vía, para velocidades menores a 60 km/hr., el ancho de la línea continua será de 12 cm. Para rutas con velocidades mayores, su ancho será de 15 cm.

2.3.3.4. Otras líneas longitudinales

2.3.3.4.1. Líneas de prohibición de estacionamiento

Estas líneas señalan la prohibición de estacionamiento permanente a lo largo de un tramo de vía; son continuas, amarillas y se ubican junto al borde de calzada o en la solera en caso que ésta exista. Se recomienda utilizarla complementada con la señal vertical PROHIBIDO ESTACIONAR (SR-28). El ancho de esta línea dependerá de la velocidad, de acuerdo a lo siguiente:

- Para velocidad menor o igual a 60 km/h, emplear un ancho mínimo de 10 cm.
- Para velocidad entre 70 km/h y 90 km/h, inclusive, usar ancho de 15 cm.
- Para velocidad mayor o igual a 100 km/h, el ancho debe ser de 20 cm.

2.3.3.4.2. Líneas de transiciones para reducción de pistas

Cuando el ancho de la calzada se reduce disminuyendo el número de pistas disponibles, se debe demarcar una zona de transición con líneas de eje y de borde de calzada convergentes, que indiquen al conductor dicha reducción.

En la zona de transición siempre se debe señalar la prohibición de adelantar al flujo que circula en la dirección de la convergencia, demarcando con línea continua eje más próximo a dicho flujo.

La demarcación de la transición depende también del número y tipo de pistas que son eliminadas.

En la zona de transición siempre se deberá señalar la prohibición de adelantar al flujo que circula en la dirección de la convergencia, demarcando con línea continua la línea de eje más próxima a dicho flujo. El largo mínimo de la zona de transición queda determinado por las siguientes relaciones:

Donde:

D = Longitud de transición en mts. En todo caso D no debe ser nunca menor a 10 m.

A = Diferencia de ancho de calzada, entre los extremos de zona de transición, en mts.

V = Velocidad máxima permitida en el tramo previo a la transición (km/h).

d = Distancia entre la señal de advertencia de peligro y el inicio de la transición reductiva.

De las expresiones anteriores se obtiene la Tabla siguiente:

Tabla N^o 2.5. Longitud mínima de la zona de transición

A (m)	Velocidad (Km/h) ^(*)								
	≤ 40	50	60	70	80	90	100	110	120
0,5	10	10	20	25	25	30	35	35	40
1,0	15	20	40	45	50	60	65	70	75
1,5	20	25	60	70	75	85	95	100	110
2,0	25	35	75	90	100	115	125	135	145
2,5	30	45	95	110	125	145	160	170	180
3,0	35	50	115	135	150	170	190	200	220
3,5	40	60	135	155	175	200	220	240	260

(*) Los valores se han aproximado al múltiplo de cinco inmediatamente superior.

Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC

Antes de la transición se debe instalar una señal de advertencia de peligro, a una distancia determinada de acuerdo a lo señalado en la Sección 1.7 de este capítulo. Las

líneas de pista se deben interrumpir más allá de dicha señal, a un cuarto de la distancia que separa a la señal del inicio de la transición.

Dado el riesgo que involucran estas transiciones, es conveniente que las líneas de borde de calzada en estas zonas sean lo más anchas posibles, para garantizar su visibilidad en toda circunstancia. También es conveniente reforzarlas con demarcación elevada instalada uniformemente, manteniendo una distancia de 8 m a 12 m entre cada elemento.

2.3.3.5. Líneas transversales

Estas líneas tienen la función de definir puntos de detención y/o sendas de cruce de peatones y ciclistas, pueden ser de dos tipos; Líneas de Detención y Líneas de Cruce.

2.3.3.5.1. Líneas de detención

Corresponden a las líneas que indican el lugar, ante el cual, los vehículos que se aproximan a un cruce o paso para peatones, deben detenerse. En vías urbanas con velocidades máximas permitidas iguales o inferiores a 60 km/h, y en caminos, el ancho mínimo debe ser de 20 cm. En cambio, cuando se trate de vías urbanas con velocidades máximas superiores a 60 km/h, y en carreteras, el ancho mínimo será de 30 cm.

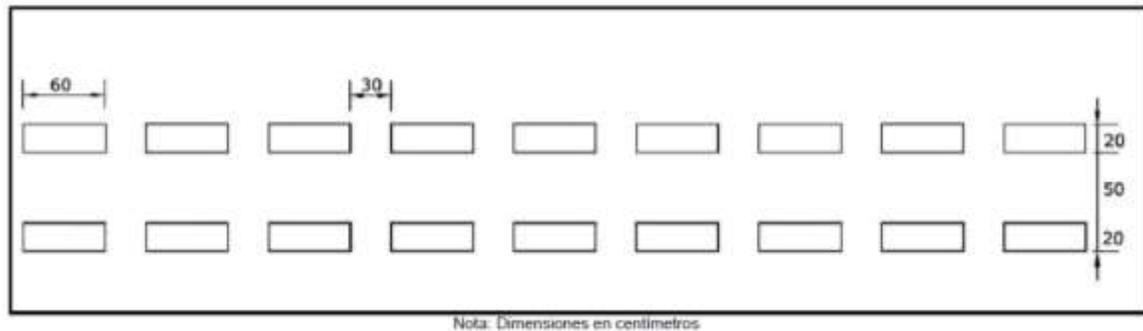
2.3.3.5.1.1. Cruce controlado por señal ceda el paso

En este caso, la línea de detención corresponde a una demarcación transversal conformada por una línea segmentada doble y constituyendo un complemento a la señal vertical CEDA EL PASO (SR-2).

Las líneas de detención indican al conductor que enfrenta la señal CEDA EL PASO, el lugar más próximo a la intersección donde el vehículo deberá detenerse, buscando optimizar la visibilidad del conductor sobre la vía prioritaria.

Las líneas de detención CEDA EL PASO deberán demarcarse siempre, y deberá presentar las siguientes características, en cuanto a ancho y longitudes de segmentos y brechas.

Figura N° 2.11. Línea de detención ceda el paso



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC

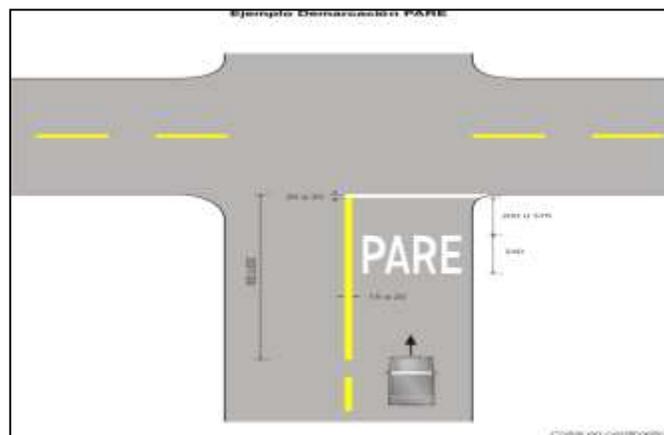
2.3.3.5.1.2. Cruce controlado por señal pare

La línea de detención indica al conductor que enfrenta la señal Pare, el lugar más próximo a la intersección donde el vehículo debe detenerse.

Debe ubicarse donde el conductor tenga buena visibilidad sobre la vía prioritaria para reanudar la marcha con seguridad.

Estas líneas de detención deben demarcarse siempre, constituyendo una complementación de la señal vertical PARE (SR-1) y deberá presentar las características, en cuanto a ancho, mostradas en la Figura N° 2.12. siguiente:

Figura N° 2.12. Señalización horizontal en cruce regulado señal pare



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC

2.3.3.6. Líneas de cruce

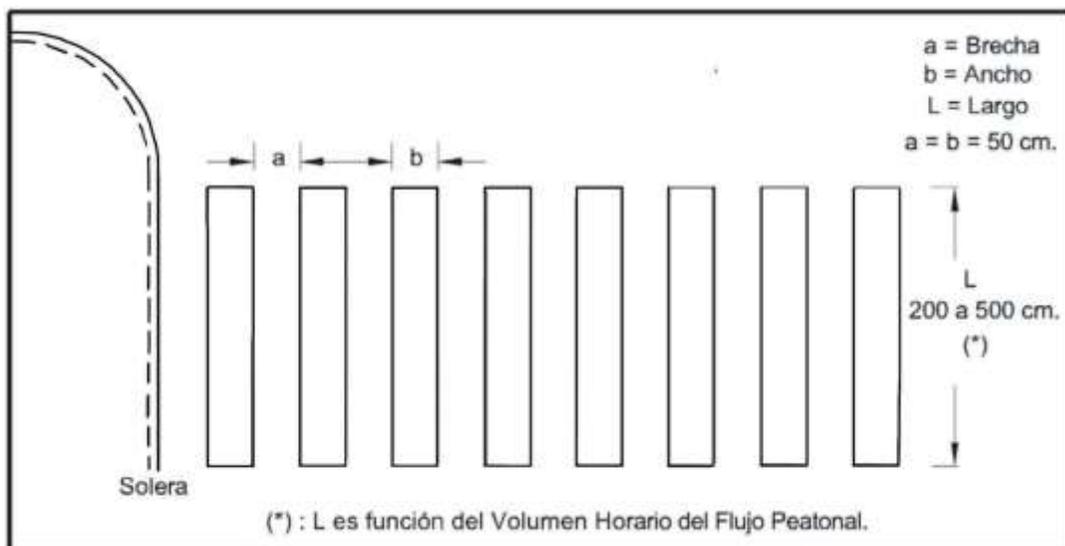
2.3.3.6.1. Líneas de cruce en paso peatonal tipo cebra

Esta demarcación, se utiliza para delimitar una zona de la calzada donde el peatón tiene derecho de paso en forma irrestricta. Dicha zona se compone de una línea transversal segmentada, en que cada segmento tiene un ancho de 50 cm, una brecha de 50 cm, y un largo constante que puede variar entre 2,0 - 5,0 m según volumen del flujo peatonal que solicitara el cruce. El borde de la banda más próxima a cada solera debe ubicarse aproximadamente a 50 cm. de ésta.

La línea de detención asociada al cruce peatonal indicará al conductor que enfrenta un paso de cebra, el lugar más próximo al cruce donde el vehículo deberá detenerse, tal como se puede apreciar en la Figura N° 2.15. Misma exigencia deberán cumplir Pasos Peatonales Tipo Cebra emplazados en esquinas.

En casos especiales de alto tránsito peatonal, se podrá utilizar un ancho mayor, dependiendo de la evaluación que se efectúe en cada situación.

Figura N° 2.14. Largo paso peatones frente a un alto flujo peatonal



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC

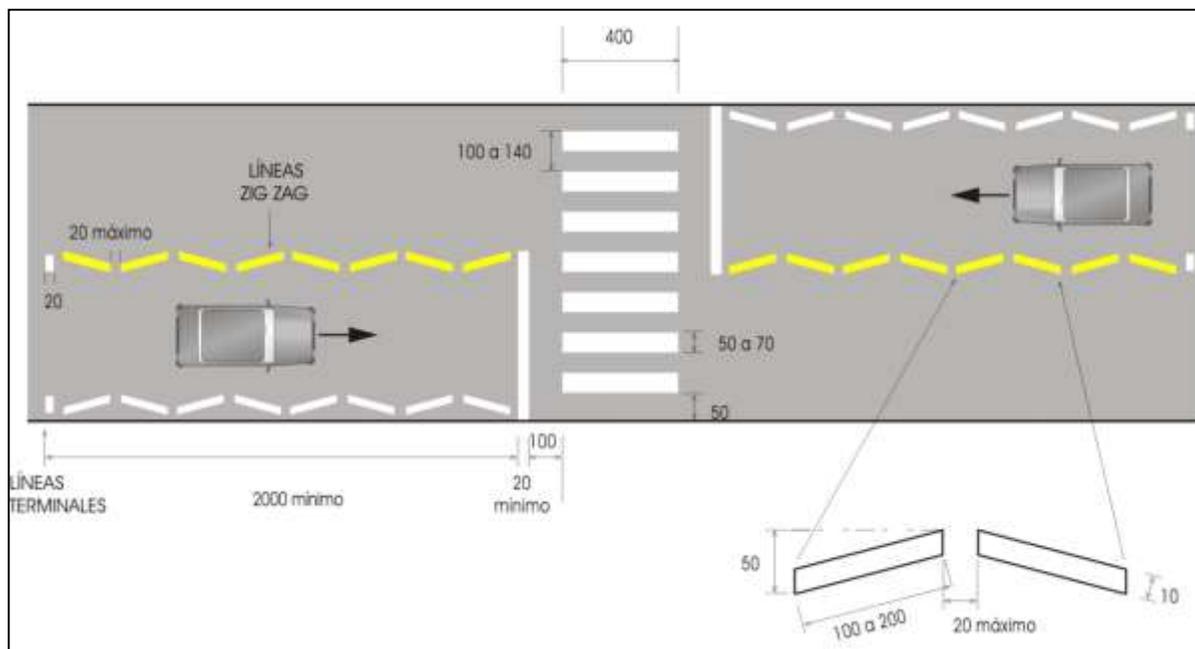
El ancho de la senda es función del flujo peatonal, de acuerdo a lo indicado en las Tabla N° 2.6.

Tabla N° 2.6. Ancho senda peatonal

Flujo Peatonal (peatones/h)	Ancho Mínimo (m)
Menor o igual a 500	2,0
501 a 750	2,5
751 a 1000	3,0
1001 a 1250	3,5
1251 a 1500	4,0
1501 a 1750	4,5
Mayor a 1750	5,0

Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC

Figura N° 2.15. Señalización horizontal en cruce peatonal tipo paso de cebra



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC

Estas líneas de cruce peatonal del tipo Paso de Cebra, deberán ser complementadas con demarcaciones de líneas tipo zigzag, desde 20 m antes de la línea de detención, con la finalidad de advertir a los conductores la proximidad del Paso de Cebra, tal como se indica en la *Figura N° 4.13*. Estas líneas son blancas y se construyen según lo indicado en la figura anterior.

Además, para advertir la proximidad de esta demarcación, se complementa con la señal vertical PROXIMIDAD DE PASO DE CEBRA, balizas iluminadas u otras señales que refuercen el mensaje hacia el conductor, con la finalidad de que disminuya su velocidad.

2.3.3.7. Símbolos y leyendas

Los símbolos y leyendas se emplean para indicar al conductor maniobras permitidas, regular la circulación y advertir sobre peligros. Se incluyen en este tipo de demarcación flechas, señales como CEDA EL PASO y PARE y leyendas como LENTO, entre otras.

Atendiendo a su tipo, estas señales se clasifican en:

- Flechas
- Leyendas
- Otros símbolos

Debido a que estas señales se ubican horizontalmente sobre el pavimento y que por lo tanto el conductor percibe primero la parte inferior del símbolo, tanto flechas como leyendas deben ser más alargadas en el sentido longitudinal que las señales verticales, para que el conductor las perciba proporcionadas.

La demarcación de flechas y leyendas es blanca, pudiéndose utilizar colores distintos, tales como amarillo, negro, etc. para otros símbolos, siempre y cuando dichos colores correspondan a los especificados, para cada caso, más adelante en esta sección.

Estas señales deben demarcarse en el centro de cada una de las pistas en que se aplican, con la excepción de la flecha de Advertencia Inicio Línea de Eje Central Continua, que se demarca en el costado izquierdo de las pistas.

Si las condiciones del tránsito o de la vía lo hacen necesario, estas demarcaciones pueden ser repetidas a lo largo del camino, lo que otorga más oportunidades a los conductores para percibir el mensaje.

2.3.3.7.1. Flechas

Las flechas demarcadas en el pavimento se utilizan fundamentalmente para indicar y advertir al conductor, la dirección y sentido que deben seguir los vehículos que transitan por una pista de circulación, lo que contribuye a la seguridad y expedición del tránsito.

Según las maniobras asociadas a ellas se tienen los siguientes tipos de flechas:

Flecha recta

Esta flecha indica que la pista donde se ubica, está destinada al tránsito que continúa en línea recta. En general, se utiliza en aproximaciones a intersecciones, empalmes o enlaces.

Flecha de viraje

Esta flecha indica que la pista donde se ubica está destinada al tránsito que vira en la dirección y sentido señalado por la flecha. En general se utiliza en las proximidades de intersecciones y empalmes para señalar a los conductores las pistas donde sólo es posible virar. Debe ser reforzada con la leyenda “SOLO”.

Flecha recta y de viraje

Esta señal indica que la pista donde se ubica, está destinada tanto al tránsito que continúa en línea recta como al que vira en la dirección y sentido indicado por la flecha de viraje. Se utiliza en las proximidades de intersecciones, empalmes y enlaces para advertir a los conductores las maniobras permitidas en las pistas laterales.

Generalmente, se utilizan flechas de dos puntas; sólo excepcionalmente, en intersecciones complejas, la señal puede tener tres puntas.

Flecha recta y de salida

Esta flecha se utiliza en autopistas, autovías y vías rurales para indicar donde se puede iniciar la maniobra de salida utilizando una pista de salida o desaceleración. Se ubica en el centro de la pista contigua a las mencionadas.

Flecha de incorporación

Esta flecha advierte que los vehículos deben abandonar la pista por la que circulan e incorporarse a la que apunta la flecha. Se debe utilizar en pistas de aceleración y otras. Dado el peligro que advierten, al aplicarla se debe reiterar a lo menos una vez.

Flecha de incorporación a pistas de tránsito lento

Esta flecha indica a conductores de vehículos excluidos de circular por pistas de uso exclusivo, los lugares donde pueden incorporarse a éstas para realizar una maniobra como virar a la derecha. Esta flecha indica el inicio de una pista destinada a la circulación de vehículos lentos. Debe ser reforzada con la leyenda “VEH LENTO”.

Velocidad máxima

Este símbolo indica la velocidad máxima permitida en la pista en que se ubica. Puede utilizarse para reforzar la señal vertical VELOCIDAD MAXIMA (SR-1) o en sitios tales como túneles o puentes. Su color es blanco.

Prohibido estacionar

Este símbolo indica la prohibición de estacionar en la pista en que se ubica. Su color es blanco. Cuando el tramo en que se aplica es superior a 15 m, se recomienda reiterarlo.

Zonas peatonales

Este símbolo advierte la probable presencia de peatones en la vía, puede complementar la señal vertical ZONA DE PEATONES (SP-52). Su color de fondo es amarillo con el símbolo en negro.

Zonas de escuela

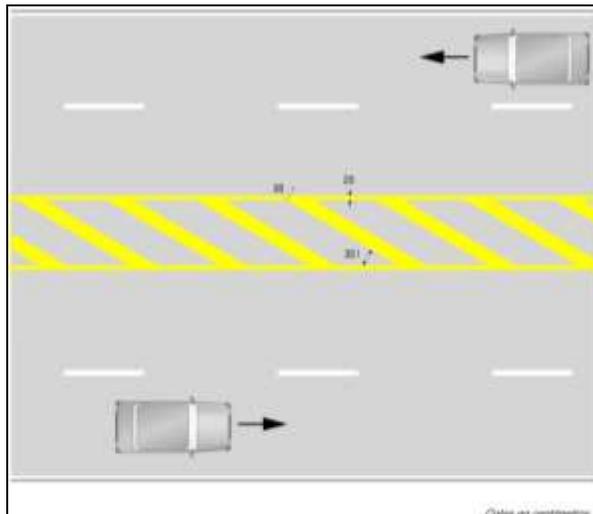
Este símbolo advierte la probable presencia de escolares en la vía. Puede complementar la señal vertical ZONA DE ESCUELA (SP-53). Su color de fondo es amarillo con el símbolo en negro.

2.3.3.8. Otras demarcaciones

2.3.3.8.1. Achurados

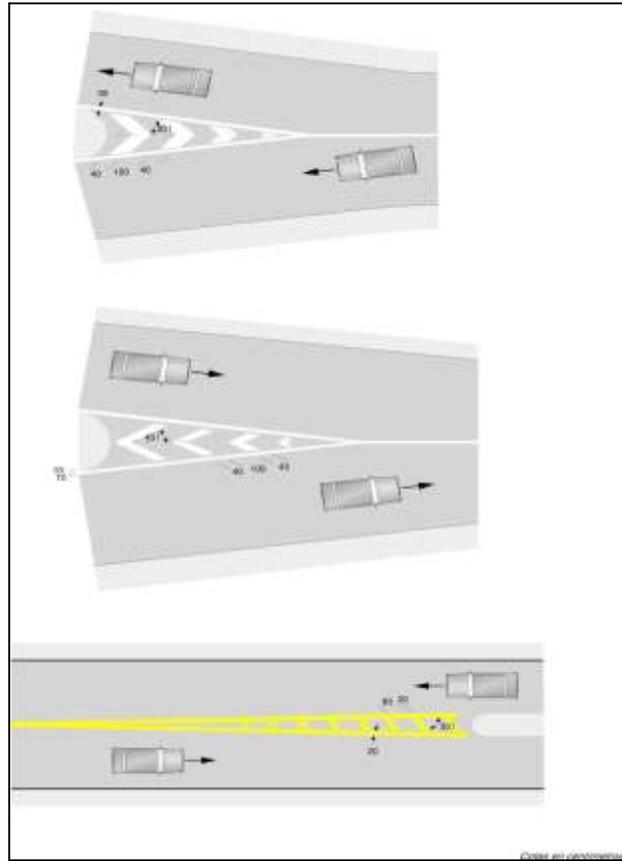
La función de los achurados es prevenir a los conductores la proximidad de islas y bandejones, así como canalizar el flujo vehicular. Se distinguen dos tipos de achurados; en diagonal y en “V “. Los achurados en diagonales se emplean en canalizaciones y en islas centrales, cuando los flujos que los enfrentan tienen sentidos opuestos y en las superficies retranqueadas que se extienden por el costado del separador. En el caso de los achurados en “V” se emplean para anunciar la presencia de una isla o bandejón, cuando los flujos vehiculares convergen o divergen. Es conveniente destacar estas superficies con la instalación de tachas reflectantes de color amarillo.

Figura N° 2.17. Demarcación tipo achurado central



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC

Figura N^o 2.18. Demarcación tipo achurado bifurcación divergente y convergente



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC

2.3.3.8.2. Bloqueo de cruces

Esta señal indica a los conductores la prohibición que establece la Ley de quedar detenido dentro de un cruce por cualquier razón. Se instala en cruces que presentan altos niveles de congestión, con el propósito de que la detención del flujo por una vía, no obstaculice la circulación de vehículos por la otra.

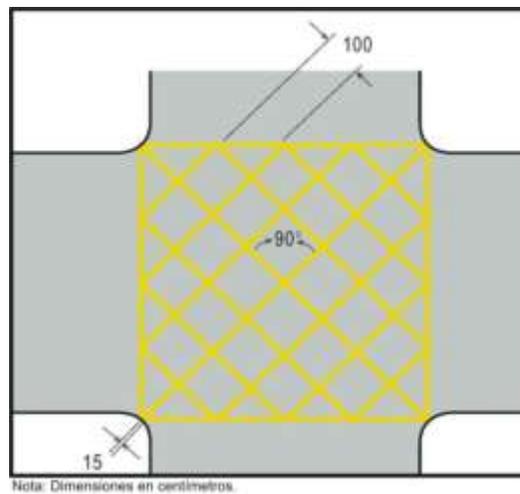
Esta demarcación sólo debe aplicarse en intersecciones donde se generen bloqueos producto de la congestión aguas abajo de ellas, siempre y cuando no existan flujos importantes que viren a la izquierda desde la vía perpendicular, ya que en este caso la demarcación no es respetada y la señalización en general se desacredita.

Esta demarcación se construye con líneas diagonales amarillas de 15 cm de ancho, las que se cruzan dentro de la intersección. Para dibujarlas se recomienda lo siguiente:

- Dibujar en el centro de la zona a demarcar dos diagonales que al cruzarse formen un ángulo de aproximadamente 90° sexagesimales.
- Demarcar líneas paralelas a las diagonales iniciales a intervalos de 1 m.

En cuanto a las formas y dimensiones, en función del tipo de vía, este símbolo debe cumplir con las características señaladas en Figura N° 2.19.

Figura N° 2.19. Demarcación tipo bloqueo de cruces



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC

2.3.3.9. Resaltos

El exceso de velocidad es una de las causas de la ocurrencia y la gravedad de los accidentes de tránsito, entonces, para disminuir la velocidad se deberá recurrir al empleo de medidas reductoras de velocidad como son los resaltos.

Estos dispositivos, se emplearán en accesos a intersecciones que presenten una alta tasa de accidentes, en donde sea necesario proteger el flujo peatonal y en las vías donde es necesario disminuir las velocidades de los vehículos.

La ubicación de estos resaltos se empleará para resolver los siguientes problemas:

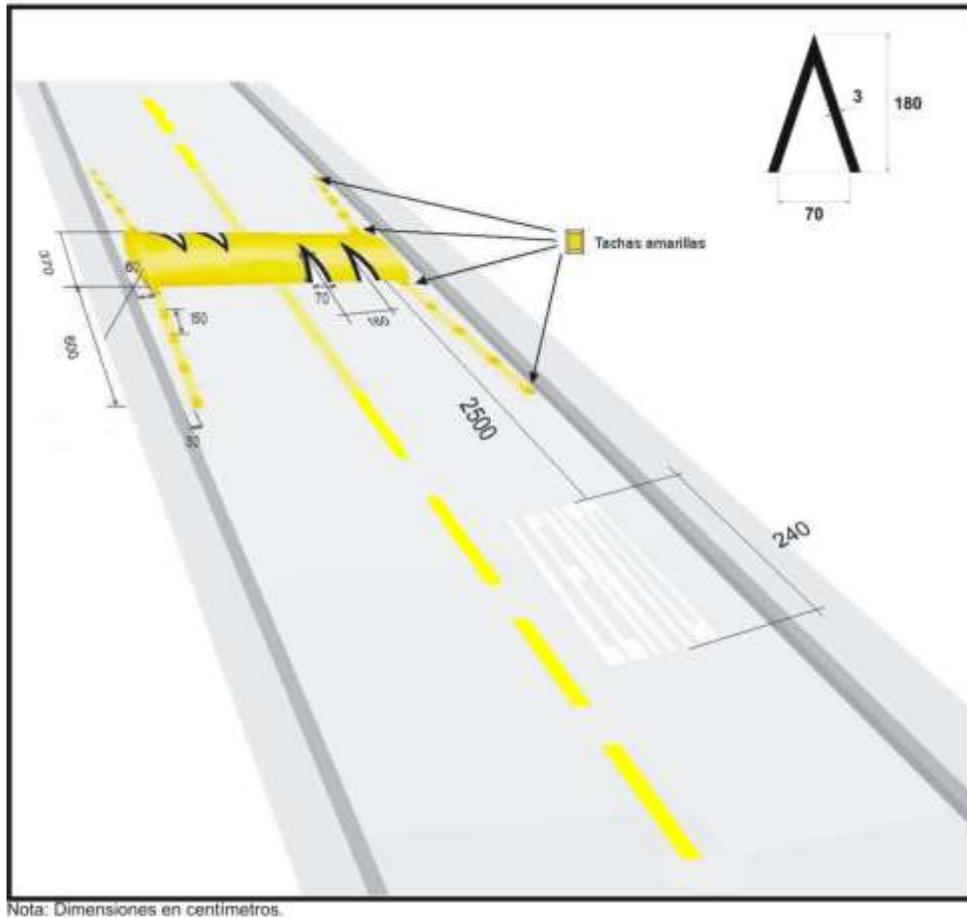
- En cruces de vías de acceso no regulados, donde se requiere reducir la velocidad.
- Tramos de caminos donde se registra exceso de velocidad.
- En cruces y vías para proteger el flujo peatonal.
- Cruces regulados por señal de prioridad, para que los conductores respetan la velocidad.
- Zonas de Escuela y Plazas de Juegos Infantiles.

Para la definición de instalación de resaltos se requerirá, disponer los antecedentes estadísticos que registren al menos 1 accidente con lesiones graves o muerte, o en su defecto que las encuestas a los vecinos o usuarios de la vía denuncien el exceso de velocidad. La visita a terreno, será necesaria, para detectar si efectivamente el exceso de velocidad es el factor de riesgo en el sector y para evaluar la posible reasignación de flujos.

Su función es reducir la velocidad a un promedio de 30 km/hr, por lo sólo deben ser instalados en vías urbanas de carácter local y de usos de suelo predominantemente residencial y/o donde se emplazan establecimientos educacionales. Estos dispositivos no son adecuados para las vías urbanas de mayor jerarquía (o aquellas rurales de menor jerarquía), en donde se requiere mantener las velocidades cercanas a los 60 km/hr, en cuyo caso se utilizará el Resalto tipo Cojín.

Previo al resalto, siempre deberá demarcarse en el pavimento la leyenda “LENTO”.

Figura N^o 2.20. Resalto



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC

Resalto tipo cojín

El exceso de velocidad en relación a ciertas condiciones de la vía y del entorno, es uno de los principales factores contribuyentes al riesgo, ocurrencia y gravedad de los accidentes de tránsito.

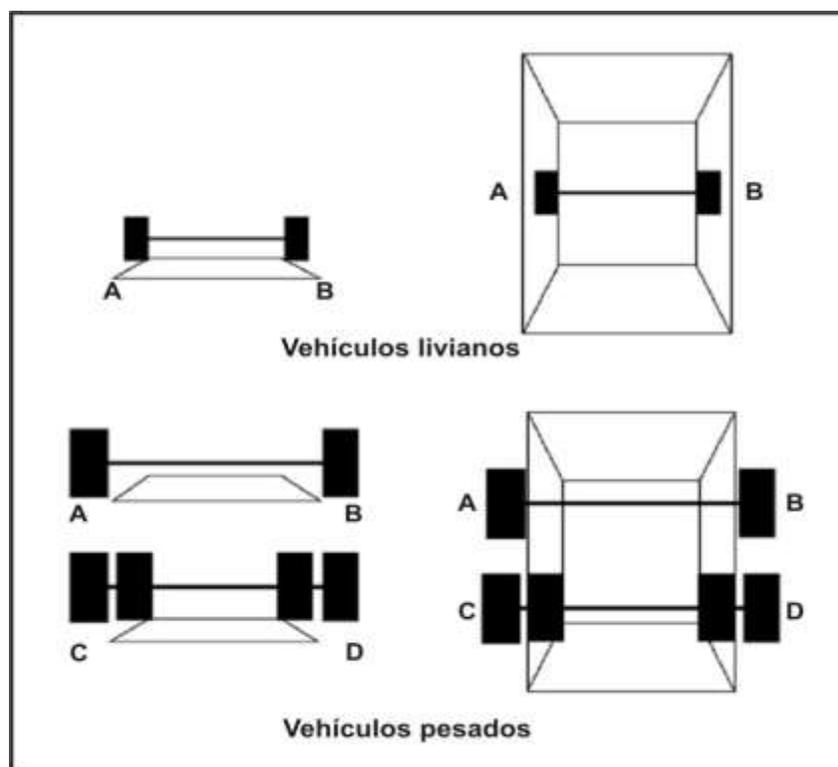
Es por esta razón que los países con mayor trayectoria en seguridad de tránsito han introducido políticas explícitas de gestión de la velocidad, las cuales incorporan entre sus herramientas las llamadas “medidas calmantes de velocidad”.

La medida reductora, o calmante, de velocidad más conocida ha sido el resalto o “rompe-muelle”.

Su función es reducir la velocidad a un promedio de 30 km/hr, lo que los hace especialmente aptos para vías urbanas de carácter local y de usos de suelo predominantemente residencial y/o donde se emplazan establecimientos educacionales. Sin embargo, dichos dispositivos no son adecuados para las vías urbanas de mayor jerarquía (o aquellas rurales de menor jerarquía), en donde se requiere mantener las velocidades cercanas a los 60 km/hr.

Los resaltos denominados “cojines”, son más amigables para los usuarios de vías de mayor jerarquía, al posibilitar velocidades medias del orden de 50 km/hr. Éstos tienen su origen en el Reino Unido, y respondieron a la necesidad de crear dispositivos que calmaran la velocidad sin afectar la comodidad de usuarios y conductores de buses. La forma cómo funcionan los vehículos puede ser percibida en Figura N° 2.21.

Figura N° 2.21. Esquema de funcionamiento de los resaltos tipo cojín



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC

2.3.3.10. Bordes y bandas alertadoras

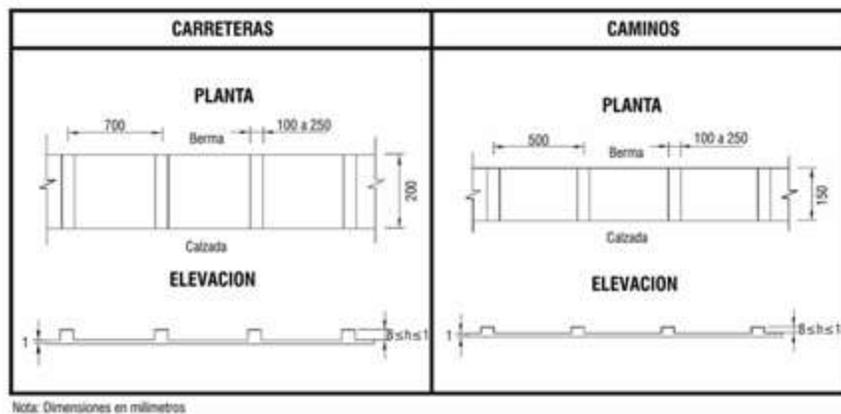
Este tipo de demarcación se emplea para advertir a los conductores que el vehículo está traspasando la línea de borde de calzada en vías con berma pavimentada ó que se está acercando a sectores de riesgo, como cruces, paso cebra, zonas pobladas, etc., lugares donde debe reducir la velocidad y tomar mayores precauciones.

a. Borde alertador

El borde alertador, consiste en una línea dentada que produce un efecto sonoro y vibratorio dentro del vehículo, cuando éste traspasa dicha línea.

El diseño considera sectores elevados de demarcación cuya altura varía entre 8 mm y 15 mm, con un de largo entre 10 cm y 25 cm, y separación de 50 cm a 70 cm.

Figura N° 2.22. Borde alertador



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC

b. Bandas alertadoras

La banda alertadora, corresponde a una franja dentada instalada sobre la calzada en forma de baterías o agrupada con otras bandas alertadoras, las que según su diseño, permiten disminuir la velocidad y alertar al conductor de situaciones de riesgo que requieren de su atención.

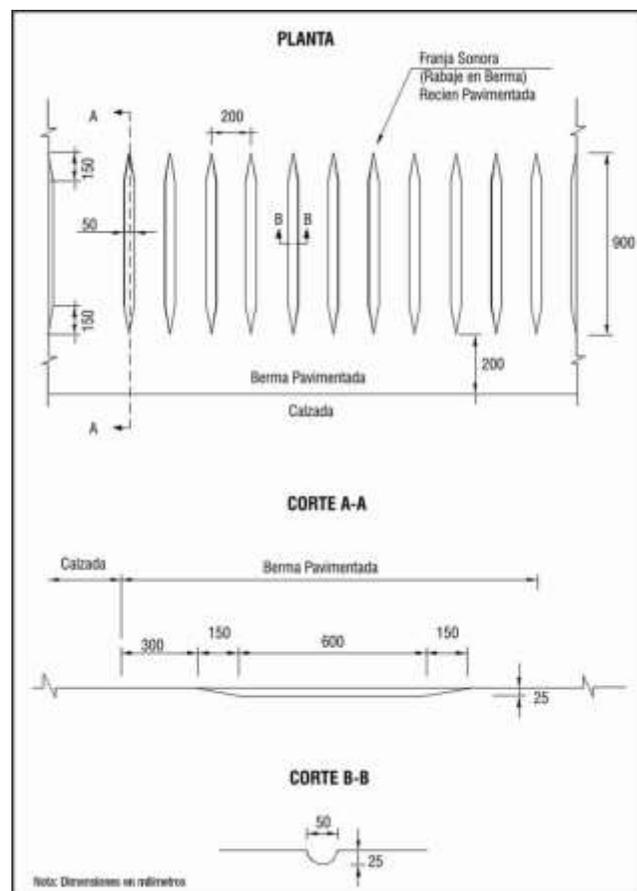
En general, tienen una altura de 4 mm y un ancho de 50 cm, debiéndose instalar en líneas de dos bandas alertadoras, separadas entre sí por una distancia de 50 cm.

2.3.3.11. Franjas sonoras

Las franjas sonoras, consisten en rebajes transversales que se ejecutan en bermas pavimentadas, lo que produce un efecto sonoro y vibratorio dentro del vehículo, advirtiendo al conductor que está abandonando la calzada y debe efectuar maniobras de control.

Estos rebajes tienen una profundidad de 2,5 cm y una profundidad de 5 cm, los que deben ejecutarse transversalmente a la berma en una longitud de 90 cm, separados cada 20 cm entre sí.

Figura N^o 2.23. Franjas sonoras



Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC

2.3.3.12. Distanciadores

Corresponde a un símbolo empleado para indicar al conductor la distancia al vehículo que lo antecede, con la finalidad de disponer del tiempo suficiente para reaccionar en caso frenadas en forma intempestiva. Esta distancia de seguridad corresponde a la comprendida entre dos distanciadores.

Se demarcan en cada pista de circulación a una distancia entre sí que depende de la velocidad máxima permitida en la vía, la cual se indica en la Tabla N° 2.7.

Tabla N° 2.7. Separación entre distanciadores

Velocidad Máxima de la Vía (Km/h)	Separación de Distanciadores (m)
50	15
60	20
70	25
80	30
90	35
100	40

Fuente: Manual de dispositivos de control de Tránsito- ABC

2.3.3.13. Tachas

Las tachas se ubican paralelas a una línea de demarcación con la finalidad de confirmar la instrucción entregada por dicha línea, principalmente en la conducción nocturna y bajo condiciones de lluvia.

La demarcación elevada puede ser de los siguientes colores:

- Blanco
- Roja
- Amarilla

Cada uno de estos colores cumple una función distinta. Se tiene:

- Blanco: se usa delimitando, alineamientos que pueden ser transgredidos normalmente por los vehículos, en el marco de la operación normal de tránsito.

- Amarilla: se usa delimitando alineamientos que pueden ser transgredidos, con precaución y eventualmente por los vehículos, en el marco de una operación de emergencia.
- Roja: se usa delimitando, alineamientos que no pueden ser transgredidos bajo ninguna circunstancia de operación.

2.4. OTROS DISPOSITIVOS DE CONTROL

2.4.1.1. Flex-Beam o guardavías.

2.4.1.1.1. Definición.

El Flex-Beam o Guardavías son dispositivos de seguridad que se instalan en uno o ambos lados de una carretera, en los lugares donde exista peligro, ya sea por el alineamiento del camino, altura de los terraplenes, alcantarillas, otras estructuras o por accidentes topográficos, entre otros, con el fin de incrementar la seguridad de los usuarios, evitando en lo posible que los vehículos salgan del camino y encauzando su trayectoria hasta disipar la energía del impacto. Estos dispositivos son generalmente defensas metálicas galvanizada.

2.4.1.1.2. Funciones objetivas del flex-Beam.

El propósito del Flex-Beam es que estas defensas metálicas hagan los caminos, más seguros para los conductores. En particular caminos secundarios, carreteras y autopistas.

Para cumplir con estos objetivos, los sistemas de defensa son diseñados para:

- Evitar que los vehículos fuera de control salgan del camino.
- Redirigir a los vehículos fuera de control en dirección paralela al flujo vehicular.
- Minimizar los daños a los ocupantes del vehículo durante la colisión.

2.4.1.1.3. Componentes y especificaciones del flex-beam o guardavías.

Lamina

Las barandas de los guardavías metálicas son generalmente de lámina de acero. Salvo que los documentos del proyecto o las especificaciones particulares determinen lo contrario, la lámina debe cumplir todos los requisitos de calidad establecidos en la especificación M-180 de la AASHTO, en especial los siguientes:

Vigas

- Tensión mínima de rotura de tracción 345 Mpa
- Límite de fluencia mínimo 483 Mpa
- Alargamiento mínimo de una muestra de 50 mm. de longitud por 12,5 mm. de ancho y por el espesor de la lámina 12%

Secciones finales y de amortiguación

- Tensión mínima de rotura de tracción 227 Mpa
- Límite de fluencia mínimo 310 Mpa
- Alargamiento mínimo de una muestra de 50 mm. de longitud por 12,5 mm. de ancho y por el espesor de la lámina 12%

Las láminas deben ser galvanizadas por inmersión en zinc en estado de fusión, con una cantidad de zinc mínima de quinientos cincuenta gramos por metro cuadrado (550 gr/m²), en cada cara de acuerdo a la especificación ASTM A-123.

Los espesores de las láminas con las cuales se fabricarán los guardavías, serán los de guardavía clase A, con un espesor de 2,50 mm.

La forma del guardavía será curvada del tipo doble onda (perfil W) y sus dimensiones deberán estar de acuerdo con lo indicado en la especificación AASHTO M-180, excepto si los planos del proyecto establecen formas y valores diferentes.

Postes de fijación

Estos son perfiles de láminas de acero en forma de U conformado en frío de 5,50 mm. de espesor, y una sección conformada por el alma de 150 mm. y los lados de 60 mm. cada uno, que permitan sujetar la baranda por medio de tornillos sin que los agujeros necesarios dejen secciones debilitadas.

Los postes de fijación deben ser galvanizados por inmersión en zinc en estado de fusión, con una cantidad de zinc no menor a quinientos cincuenta gramos por metro cuadrado (550 g/m²) de acuerdo a la especificación ASTM A-123 por cada lado.

Su longitud debe ser de un metro con ochenta centímetros (1,80 m), salvo que los documentos del proyecto establezcan un valor diferente. El espesor del material de los postes debe ser de 2,50 mm.

Elementos de fijación

Estos deben ser tornillos de dos tipos, los cuales presentarán una resistencia mínima a la rotura por tracción de trescientos cuarenta y cinco Mega Pascales (345 Mpa).

Los tornillos para empalme de tramos sucesivos de guardavía serán de dieciséis milímetros (16 mm) de diámetro y treinta y dos milímetros (32 mm) de longitud, con cabeza redonda, plana y cuello ovalado, con peso aproximado de ocho kilogramos y seis décimos siete milésimas (8,6 Kg) por cada cien (100) unidades.

Los tornillos de unión de la lámina al poste serán de dieciséis milímetros (16 mm) de diámetro y longitud apropiada según el poste por utilizar.

Estos tornillos se instalarán con arandelas de acero, de espesor no inferior a cuatro milímetros y ocho décimas (4,8 mm) con agujero alargado, las cuales irán colocadas entre la cabeza del tornillo y la baranda.

Tanto los tornillos como las tuercas y las arandelas deberán ser galvanizados conforme se indica en la especificación AASHTO M-232.

2.5. METODOLOGIA, DESARROLLO Y EVALUACION DE LA SEGURIDAD VIAL EN TRAMOS DE CONCENTRACION DE ACCIDENTES

2.5.1. Puntos de peligrosidad

Al analizar los siniestros se observa que no están uniformemente distribuidos, sino que se concentran insistentemente en determinados lugares. Los cuales se denominan puntos negros o críticos. Estos son considerados aquellos “tramos” en los cuales se produce la mayor concentración de accidentes dentro de un TCA “tramo de concentración de accidentes”

Para la determinación de los puntos negros en cada uno de los TCA, bien clasificado por concentración de accidentes o por índice de peligrosidad, se seleccionan todos los registros de accidentes producidos en dichos tramos. La longitud de cada tramo de carretera identificado por una mayor concentración de accidentes debe ser menor o igual a 50 m. De todos los “tramos” localizados en los TCA se consideran aquellos en los que se haya producido un número de accidentes significativamente mayor al número de accidentes ocurridos en los otros puntos con aglomeración de accidentes.

2.5.2. Tramos de concentración de accidentes

Se puede considerar que un tramo peligroso es aquel que presenta un alto nivel de riesgo para el conductor en términos de probabilidad de que sucedan accidentes o de gravedad de estos sea muy elevada. El riesgo puede no haberse materializado en el pasado, debido a la fuerte componente aleatoria del fenómeno. Así existen tramos con condiciones objetivamente peligrosas (pavimentos deslizantes, puentes estrechos, obstáculos en las cercanías de la calzada) que pueden no haber dado lugar a ningún accidente, cuya identificación es el objetivo de los inventarios de carencias de seguridad. Por el contrario, los programas de identificación de TCA se basan en los accidentes previamente registrados en la red.

Un tramo de concentración de accidentes se puede definir como un tramo de la ruta o red en el que la frecuencia de los accidentes, los índices de accidentes o la gravedad de los mismos son significativamente elevados con respecto a la media. Hay que tener en

cuenta que un valor elevado de la frecuencia o gravedad de los accidentes, o de los índices correspondientes en un período de tiempo reducido, no supone necesariamente que el tramo presente un riesgo para los usuarios superior al resto, ya que puede deberse a otras causas como:

- una acumulación aleatoria de accidentes en un tramo en un período concreto;
- un alto volumen de tráfico soportado por la vía, que produce una frecuencia de los accidentes relativamente alta, sin que los índices de accidentes los sean;
- valores altos de los índices de accidentes en tramos de baja intensidad del tráfico en los que se han dado uno o dos accidentes, lo que puede no ser significativo;
- una gravedad de los accidentes especialmente alta, pero no necesariamente asociada con la peligrosidad de la vía (alta densidad de tráfico pesado, elevada incidencia del alcohol por proximidad a zonas de consumo del mismo, etc.).

Es necesario por ello establecer un método que permita identificar los tramos de concentración significativa de los accidentes, asociada a un nivel de peligrosidad de la vía superior a la media.

2.5.3. Métodos para la identificación de los tramos de concentración de accidentes

2.5.3.1. Método del índice de peligrosidad

Este método basado fundamentalmente en las características de la vía realiza su estudio a partir de los siguientes índices:

ACV=Cantidad de accidentes con víctimas registrados a lo largo de un año.

IP=Índice de Peligrosidad en un tramo, itinerario o red; se relaciona con el número de accidentes con víctimas por cada cien millones de vehículos-kilómetros recorridos por año en ese tramo, itinerario o red.

IM=Índice de Mortalidad; es el número de muertos por cada cien millones de veh-km recorridos por año en un tramo determinado. Es indicativo de la gravedad de los accidentes.

En el análisis se deben incluir todas las rutas pertenecientes a la red en estudio, divididas en tramos de 1km de longitud, considerando las siguientes características de las mismas:

Tipología=Autopista, Autovía, Vía Rápida, Ruta convencional.

Zona=Urbana, Interurbana.

ACV=Número de accidentes con víctimas ocurridos en el tramo en el año considerado. No incluirá accidentes ocurridos en intersecciones.

Muertos=Número de muertos en accidentes en el tramo, en el mismo año.

$$IP = \frac{ACV \cdot 10^8}{Vol. Anual}$$

(Ec. 2.1)

$$IM = \frac{Muertos \cdot 10^8}{Vol. Anual}$$

(Ec. 2.2)

Se identificarán como tramos de concentración de accidentes (TCA), aquellos en que se verifiquen las condiciones contenidas en la Tabla 2.8.

Tabla N^o 2.8. 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	Urbana ó rural	> 7.000	IP> 70 ó ACV/año > 3
Convencional	llana, ondulada ó montañosa	< 7.000	IP> 100 ó ACV/año > 3

Fuente: Seguridad vial – Universidad Nacional de Córdoba

2.5.3.1.1. Pasos para la aplicación del método del índice de peligrosidad

- Se comenzará determinando el número de accidentes con víctimas en los tramos de estudio por cada año.

- Se procederá a obtener mediante un aforo de volumen a través de un recuento automático el tráfico promedio diario anual TPDA.
- Se aplicará la fórmula para determinar el Índice de Peligrosidad de cada tramo de estudio.
- Utilizando la tabla N° 2.8 se determinará si los tramos de estudio corresponden a un Tramo de concentración de accidentes TCA.

2.5.3.2. Nuevo método del índice de peligrosidad

El número de eventos que se producen en un tramo durante un año está sometido a variaciones aleatorias debidas a la propia naturaleza del fenómeno de la accidentalidad. Por ello, y a efectos de obtener una identificación más fiable de los TCA, esta nueva versión del método considera los datos de accidentes de cinco años. Por otra parte, la medida de los niveles de riesgo se realiza a través de índices que relacionan el número de siniestros o sus consecuencias, con el nivel de exposición, representado por el volumen de tránsito en vehículos-kilómetro.

Se considera entonces como TCA aquel tramo de un kilómetro en el que tanto el número de accidentes con víctimas (ACV) en los últimos años como el índice de peligrosidad medio (IPM) en ese período, sea superior a la media respectiva de todos los tramos de características similares más la desviación media de los mismos.

Para la identificación como TCA de tramos de un kilómetro de longitud, se deben cumplir dos condiciones de base:

$$IMP_5 \geq p \rightarrow \sum ACV_5 \geq N$$

(Ec. 2.3)

Y además que se verifique alguno de los criterios indicados a continuación.

Criterios para la aplicación del nuevo método del índice de peligrosidad

Criterio	Condición
I	$IP_m \geq \frac{P}{2} \wedge IP_m \geq \frac{P}{2}$
II	$IPM_2 \geq \frac{2}{3}P$
III	$\sum ACV_m \geq \frac{N}{5} \wedge \sum ACV_m \geq \frac{N}{5}$
IV	$\sum ACV_2 \geq \frac{N}{2}$

Fuente: Nuevo método índice de peligrosidad

Donde:

IPM5=Índice de peligrosidad medio en los últimos 5 años (ACV/108 veh-km). Cuando a lo largo del periodo de 5 años se hayan producido modificaciones sensibles en las características físicas o del tráfico del tramo, se considerarán el índice de peligrosidad medio y los accidentes del periodo en el que el tramo haya permanecido con su configuración actual.

IPM2=Índice de peligrosidad medio en los últimos 2 años (ACV/108 veh-km).

ΣACV5=Suma de los accidentes con víctimas de los últimos 5 años. **ΣACV2**: Suma de los accidentes con víctimas de los últimos 2 años.

aa= Año anteúltimo.

ua=Último año.

P=Constante dependiente del tipo de tramo (Tipo de vía, zona, tránsito), calculada con los índices de peligrosidad de todos los tramos con características semejantes.

N=Constante dependiente del tipo de tramo (Tipo de vía, zona, tránsito), calculada con el número de accidentes con víctimas de todos los tramos con características semejantes.

La Tabla 2.9 indica los valores de P y N según el tipo de vía, zona y TMDA.

Tabla N° 2.9 Valores de las constantes P y N – Nuevo método del índice de peligrosidad

TMDA	URBANO		PERIURBANO		INTERURBANO	
	P	N	P	N	P	N
0-3.000	287	10	396	6	159	10
3.000-5.000	162	5	113	5	126	5
5.000-8.000	213	11	127	5	77	5
8.000-15.000	95	8	98	9	80	6
> 15.000	73	12	89	17	48	7

Fuente: Nuevo método índice de peligrosidad

Este método, actualmente utilizado en España, es la evolución del antiguo método del índice de peligrosidad, adoptado por la Ley Provincial de Tránsito N° 8.560 de Córdoba. Esta nueva versión profundiza aún más el concepto de que a mayor categoría de camino, mayores son las exigencias de seguridad. Esto se logra de similar forma que, en el antiguo método, pero incrementando la cantidad de categorías según TMDA.

La evolución del método no ha mejorado las limitaciones que presentaba su antecesor, pues solo considera los accidentes con víctimas y no tiene en cuenta la distribución de los mismos, por lo que puede considerarse que este método tampoco es consistente. Por otro lado, la discretización de las categorías de camino se encuentra ajustada para tránsitos de España, lo que genera cierta insensibilidad respecto de los bajos tránsitos en caminos de la República Argentina.

Los tramos peligrosos detectados mediante esta metodología, en general, no representan fidedignamente las condiciones de seguridad de la vía en estudio, lo que sumado a las inconsistencias propias del método y al ajuste de sus valores límites para otra realidad, hacen que esta técnica resulte poco adecuada para su aplicación en el ámbito local.

2.5.3.3. Método del número o frecuencia de accidentes

Este método puede utilizarse en forma efectiva para sistemas de calles de ciudades pequeñas, sistemas de calles locales de ciudades mayores y caminos rurales poco transitados, donde la consideración del factor cantidad de tránsito no es tan importante como en sistemas viales con volúmenes mayores o gran amplitud de variación de éstos.

Este es el enfoque más simple y directo. Todos los accidentes se registran, consignándose su ubicación y el período de tiempo en el cual han ocurrido. La simplicidad de este enfoque se justifica si los volúmenes de tránsito son pequeños. De aparecer un agrupamiento, habrá una base objetiva para encarar una investigación que determine qué elemento del camino contribuye a dicha concentración.

Para aplicar el método en un camino rural, debe subdividirse el mismo en tramos homogéneos de igual longitud (un kilómetro, por ejemplo) asignando a cada tramo la cantidad de eventos registrados. Luego se define para tramos homogéneos (mismo tipo de vía y tránsito) el valor promedio de los siniestros. Por último, puede considerarse TCA al 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.

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

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

(Ec. 2.4)

Un tramo será considerado TCA cuando se cumpla que:

$$N_i \geq k \cdot N_m$$

(Ec. 2.5)

Con k 2

Donde k es un factor de mayoración, que para aproximaciones iniciales se recomienda fijar su valor en 2.

2.5.3.3.1. Análisis del método

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

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

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

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

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

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 “S” no se presenta habitualmente en la muestra, es decir, que la probabilidad que se den frecuencias de accidentes mayores a ésta es de $1-S$, siempre se tendrá el mismo nivel de confianza sobre los tramos detectados.

Exigiendo entonces 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.

Si se tiene que:

$$\begin{aligned}
 N_i &= \frac{\text{Número de accidentes en el tramo } i}{\text{Longitud del tramo } i} \\
 Nm &= \frac{\sum \text{Accidentes en tramos homogéneos}}{\sum \text{Longitud de tramos homogéneos}} \\
 N\sigma &= \sqrt{\frac{\sum (N_i - Nm)^2}{n-1}}
 \end{aligned}$$

(Ec. 2.6)

Donde n es la cantidad de tramos considerados y $N\sigma$ es el desvío

Si se establece un grado de seguridad “S”, el valor límite de la frecuencia está dado por:

$$\begin{aligned}
 S &= \Phi(k) \\
 N \text{ lim} &= k \cdot N\sigma + Nm
 \end{aligned}$$

(Ec. 2.7)

Donde Φ es la función probabilidad acumulada y “k” se obtiene de las tablas de la distribución Normal. Un tramo será considerado TCA cuando se cumpla que:

$$\begin{aligned}
 N_i &\geq N_{\text{lim}} \\
 \text{o bien} \\
 N_i &\geq k \cdot N\sigma + Nm
 \end{aligned}$$

(Ec. 2.8)

El nivel de confianza representa el porcentaje de intervalos que incluirían el parámetro de población en este caso accidentes de tránsito si usted tomara muestras de la misma población una y otra vez. Por lo general, un nivel de confianza de 90% funciona adecuadamente. Esto indica que, si usted recogió cien muestras y creó cien intervalos de confianza de 90%, cabría esperar que aproximadamente 90 de los intervalos

incluyeran el parámetro de población, en función a tablas de distribución Normal se obtiene la siguiente tabla que nos determina el valor de K.

Tabla N^o 2.10 Nivel Confianza en función del valor de “k”

Nivel de Confianza	Valor de k
0,999	3,575
0,995	3,077
0,95	1,645
0,90	1,282

Fuente: Método de numero o frecuencia de accidentes

Resulta entonces que aplicando algún criterio estadístico (un factor al desvío y adicionando el valor de la media) para determinar el valor límite de frecuencias a partir del cual se considera peligroso el tramo, se asegura consistencia en los resultados.

2.5.3.3.2. Pasos para la aplicación del método numero o frecuencia de accidentes

- Se comenzará determinando el número de accidentes con víctimas en los tramos de estudio por cada año.
- Se dividen los tramos de estudio en longitudes similares de preferencia de 1 km de longitud
- Aplicando la formula se determinará el número de frecuencia de cada tramo para determinar el número de frecuencia medio.
- Se multiplicará el número de frecuencia medio por un coeficiente de mayoración $K=2$ para aplicar el criterio de la media para la verificación de un tramo de concentración de accidentes TCA.
- Luego con la ayuda de la desviación estándar del número de frecuencia y un coeficiente de confiabilidad de 1.282 utilizando el criterio del nivel de confianza se determinará si existe un tramo de concentración de accidentes TCA.

2.5.3.4. Método de la tasa de accidentes

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

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

La tasa de un tramo “i” cualquiera se calcula de la siguiente manera

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

(Ec. 2.9)

Se define la tasa media del sistema (Tm) 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 tiene:

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

(Ec. 2.10)

Para definir un TCA debe cumplirse que:

$$\begin{array}{l} T_i \geq k \cdot T_m \\ \text{Con } k \geq 1 \end{array}$$

(Ec. 2.11)

Donde “k” es un factor de mayoración que para una aproximación inicial se recomienda asignarle un valor de 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 extensa.

2.5.3.4.1. Pasos para la aplicación del método de la tasa de accidentes

- Se comenzará determinando el número de accidentes con víctimas en los tramos de estudio por cada año.
- Se dividen los tramos de estudio en longitudes similares de preferencia de 1 km de longitud
- Se procederá a obtener mediante un aforo de volumen a travez de un recuento automático el trafico promedio diario anual TPDA.
- Aplicando la formula se determinará tasa de accidentes de cada tramo para determinar la tasa de accidentes media.
- Se multiplicará la tasa de accidentes media por un coeficiente de mayoración $K=2$ para aplicar el criterio de la media para la verificación de un tramo de concentración de accidentes TCA.
- Luego con la ayuda de la desviación estándar de la tasa de accidentes y un coeficiente de confiabilidad de 1.282 utilizando el criterio del nivel de confianza se determinará si existe un tramo de concentración de accidentes TCA.

2.5.3.4.2. Análisis del método

El método propone una relación lineal entre el número de accidentes y el volumen de tránsito; esta relación se aprecia en la Figura N° 2.24.

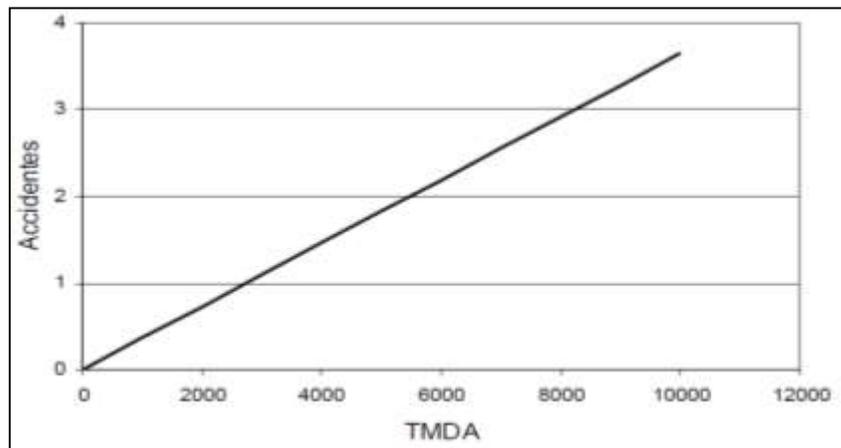
$$T_i = \frac{\text{Accidentes en el tramo}}{\text{TMDA} \cdot \text{N}^\circ \text{ de días} \cdot \text{Long. del tramo}} \cdot 10^6$$

$$\text{Acc. en el tramo} = \frac{T_i \cdot \text{TMDA} \cdot \text{N}^\circ \text{ de días} \cdot \text{Long. tramo}}{10^6}$$

(Ec. 2.12)

Luego, para una tasa $T_i = \text{cte}$ y longitudes iguales y accidentes en el tramo = $\text{TMDA} \cdot \text{cte}$

Figura N^o 2.24. Relación entre el N^o de accidentes y TMDA para tasa constante – método de la tasa



Fuente: Universidad Nacional de Córdoba

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

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

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

Se recomienda aplicar algún criterio estadístico (en este trabajo se aplica la distribución normal) para establecer el valor límite de Tasa a partir de la cual se considera peligroso

el tramo. Con esto se pretende lograr una mayor consistencia de los resultados obtenidos mediante esta técnica.

2.6. SEGURIDAD VIAL EN CARRETERAS

Para determinar cómo se mide la seguridad en las carreteras, lo primero que se debe analizar son los factores que influyen en la seguridad como son: la geometría de la vía: ancho de la vía, número de carriles, ancho de carril y tipo de carretera. También se debe determinar el Tráfico Promedio Diario

Las medidas de seguridad son la frecuencia, la severidad, y tasas de accidentes entre otros. Con la información obtenida se pueden determinar frecuencias de accidentes, choques, promedio de accidentes por segmento, por intersección, y horas de más alta accidentalidad. (Adicional a esta información, se puede recurrir a la información suministrada por los reportes de accidentes suministrados por la Policía de Carreteras). Aunque esta información es sesgada, debido a que no se identifica con exactitud el kilómetro donde ha ocurrido un accidente, es de gran ayuda para determinar las medidas correctivas para mejorar la seguridad vial.

La seguridad vial no es más que la reducción del riesgo de accidentes, fallecidos y lesiones en las carreteras, lograda a través de enfoques multidisciplinarios que abarcan ingeniería vial y gestión del tráfico, educación y formación de los usuarios de las carreteras y diseño de los vehículos.

El término seguridad vial abarca los aspectos siguientes:

1. Aplicar normativas para la alineación vertical y horizontal y la coordinación planta perfil apropiada al terreno, atendiendo a las necesidades de los conductores
2. Una sección transversal adecuada en sus anchos de carril y paseo teniendo en cuenta los movimientos de giro del tránsito en las intersecciones. Hay que analizar las necesidades de todos los grupos de vehículos que utilizan la vía.
3. Mantener el control de los accesos y proporcionar los necesarios según la función que presta la carretera

4. Mantener la visibilidad y claridad en las entradas y salida de las intersecciones, separando los movimientos del tránsito en caso de considerar altas las diferencias de velocidades.
 5. Mantener en buen estado los elementos de control del tránsito para propiciar la orientación correcta de los diferentes grupos de usuarios, con una buena señalización para los conductores con claras advertencias de los puntos de peligro.
 6. Disponer de avisos que señalen con antelación los posibles cambios de ancho de sección transversal u otro cambio repentino en las alineaciones para que no sorprendan a los conductores.
 7. Aplicar recomendaciones y normas que aseguren las adecuadas condiciones de la superficie del pavimento, sobre todo en los lugares que se prevean frenazos repentinos o pendientes con desnivel.
 8. Mantener un apropiado nivel de iluminación, máxima en cruces de tránsito o de peatones u otro usuario de la vía.
 9. Proporcionar zonas de resguardo para los motociclistas y peatones en lugares de conflicto, sobre todo en los puntos cercanos de toma de decisiones o de movimiento de giro.
 10. Disponer de la administración vial medios que tienen en cuenta las necesidades de todos los usuarios, así como del trabajo de comisiones que contribuyan a este proceso.
- Todos estos aspectos constituyen atributos para una carretera segura.

2.6.1.1. Situación actual de la seguridad vial en Bolivia

Las condiciones precarias de los caminos, la mala estructura vial y la ausencia de campañas intensivas de educación, son algunos de los elementos que sitúan a Bolivia en el último lugar entre los países de América Latina que tienen un adecuado sistema de seguridad vial, según el experto Greg Speier.

Por dos días consecutivos la CAF -Banco de Desarrollo de América Latina organizó un seminario de auditoría de seguridad vial con el objetivo de exponer la importancia de la seguridad vial y conocer las diferentes etapas de una obra.

El especialista dijo que Bolivia está muy atrasada en la aplicación de tecnologías de seguridad vial y no se usan herramientas más económicas que podrían ayudar a revertir la situación.

Identificó falencias en la señalización, los semáforos son precarios y poco visibles. Sugirió que se los cambie por otros que tienen mejor iluminación, que consumen menos energía y que tenga un conteo para saber en qué momento se cambiará de luz para evitar más accidentes.

Según el especialista cada año mueren más de 140.000 personas. En Latinoamérica alrededor de 60 por ciento de las personas que transitan por las vías mueren atropelladas.

Por otra parte, identificó que las vías están mal diseñadas porque los sumideros son muy grandes y ponen en riesgo a las personas que manejan motocicleta.

"El rol de la cultura juega un papel muy importante y los medios de comunicación deben apoyar con mensajes y capacitaciones constantes para fomentar una cultura de educación vial"

Lo recomendable es que se pueda adoptar una cultura de educación vial se requiere de una capacitación constante por un lapso de 10 años para dejar el último lugar en seguridad vial.

2.6.1.2. Factores que intervienen en la seguridad vial

Los siguientes factores deben actuar como un conjunto armónico para lograr la seguridad vial:

- Factor humano: el hombre, (en condición de conductor, peatón, pasajero, etc.)
- Factor vehicular: el vehículo (automotores, bicicletas, etc.)
- Factor ambiental: la vía pública y su entorno

Si la armonía de estos tres factores se rompe, puede producirse un accidente.

2.6.1.2.1. Factor humano

Para que el conductor pueda dar la respuesta adecuada a las exigencias de la vía pública, precisa un adecuado estado psicofísico, una buena formación como conductor e información.

dentro del tratamiento de esta problemática se tocarán algunos puntos relacionados con el factor humano, que es el aspecto más importante de la seguridad vial, pues en la mayoría de los (reportes) se registra que por el factor humano se alcanza un porcentaje elevado de los accidentes a nivel mundial citando como causa principal el exceso de velocidad, la violación de las regulaciones de tránsito y diversos factores más; entonces mejorar la infraestructura es muy importante, de hecho es fundamental, pero atender el factor humano es tan significativo como mejorar la infraestructura y quizás lo sea más.

A final de cuentas, en cualquier elemento que se aborde está involucrado el factor humano, es decir, al hablar de accidentes relacionados con el vehículo, la carretera o el entorno (condiciones climáticas, por ejemplo), el conductor interviene de manera protagónica: es él quien toma la decisión de llevar a revisar su vehículo, darle mantenimiento, etc, o de elegir cuándo manejar y la forma de hacerlo si hay mal tiempo o malas condiciones de tránsito; ¿quién decide cumplir o no los reglamentos de tránsito? ¿quién es el que circula a exceso de velocidad?: el conductor.

Debe verse al conductor, ya sea de vehículos ligeros o pesados, de motocicletas o de bicicletas, como un factor determinante en la seguridad vial; además de tomar en cuenta a los otros usuarios de las vías, o sea los peatones.

En relación con el factor humano habría que decir en primer lugar, que hay que atender a los grupos de riesgo. Estos son los peatones (niños y ancianos, principalmente), los ciclistas, motociclistas y los conductores de vehículos ligeros.

En relación con el conductor hay diferentes elementos que influyen para que su comportamiento no sea el más adecuado y genere accidentes; por ejemplo, estrés, alcohol, drogas, sueño, fatiga, etc.

El efecto perjudicial del alcohol en el comportamiento del conductor se manifiesta mientras está presente en el torrente sanguíneo, de manera que si se conoce su concentración se puede estimar su efecto. Esta medición se realiza mediante una prueba de aliento o de sangre. Cabe hacer mención que los resultados de la medición por aire espirado son prácticamente inmediatos, lo que facilita identificar y sancionar a conductores que manejan bajo los efectos del alcohol, dando como consecuencia un control efectivo.

El mecanismo de la droga es distinto, ya que el tiempo durante el cual están presentes sus efectos es muy variable, y los métodos para detectar su presencia son más tardados, al hacerse mediante extracción de sangre, y análisis en laboratorio, dificultando su detección expedita y la identificación de aquellos que conducen bajo los efectos de drogas.

2.6.1.2.2. Factor vehicular

Aspectos de primordial importancia en la producción de siniestros son derivados de este factor, entre los que cabe mencionar el estado de uso, conservación y operabilidad de los sistemas de frenos, dirección, suspensión, eléctrico, neumáticos, de seguridad, etc.

Así la potencialidad de frenos se ve considerablemente disminuida ante el desgaste de cintas, pastillas, discos y campanas, o por anomalías presentadas en los circuitos de transmisión hidráulica, servos o sistemas de ayuda pedal.

Con relación a los neumáticos, debe tenerse particularmente en cuenta la presión de inflado de los mismos, en razón de que las presiones inadecuadas, ya sea por defecto o exceso, implican variación de la superficie de contacto entre la cubierta y la calzada. Asimismo, se hace necesario tener presente el "Dibujo" de las mismas los que adquieren vital importancia en la circulación sobre caminos mojados o cubiertos de polvo o arena. En estos casos el diseño del dibujo hace que tanto el agua como las partículas sólidas sean evacuadas hacia los costados de la banda de rodamiento o bien, canalizados dentro del dibujo central. La ausencia de dibujo, característica de los

neumáticos desgastados, implica la permanencia de partículas sólidas entre la banda de rodamiento y la calzada, las que, comportándose a modo de rodamientos (bolillas de ruleman), reducen el coeficiente de adherencia, aumentando la distancia de frenada. En esas condiciones, sobre calzadas mojadas, el agua permanecerá igualmente entre el neumático y el piso, produciéndose el efecto de hidrodenslizamiento o hidropilano que tan trágicas consecuencias suele producir.

La deficiente conservación de componentes del tren delantero (bujes, rótulas, extremos de dirección, etc.), del sistema de suspensión (amortiguadores, espirales y elásticos) y de dirección (cremallera, barra estabilizadora, barra de dirección, etc.), atentan contra la estabilidad del automotor, pudiendo ser causal de accidentes, como lo son también los defectos o deterioros en el sistema de iluminación (luces de posición, giro y faros).

El diario incremento de la cantidad de vehículos en circulación para una infraestructura vial que no se moderniza a igual ritmo y la incidencia que la situación económica posee sobre el mantenimiento en general de la mayoría de los vehículos actualmente en uso, tanto en medios urbanos como rurales, influyen también en forma directa sobre el número de accidentes que a diario se producen.

2.6.1.2.3. Factor meteorológico - La vía pública y su entorno

Este factor se encuentra constituido por los elementos que, independientes entre sí, se ven íntimamente relacionados en materia vial: Las condiciones meteorológicas y el camino:

Las condiciones meteorológicas

La lluvia, nieve, hielo, niebla, humo y luminosidad son algunos de los principales constituyentes de las condiciones meteorológicas reinantes que pueden influir en la producción del siniestro, afectando por un lado la visibilidad, la que puede verse atenuada, disminuida e incluso anulada impidiendo percibir con suficiente tiempo y espacio la situación de riesgo, imposibilitando consecuentemente la realización de maniobras de evasión o frenado, mientras que por otro va a modificar el coeficiente de

adherencia o rozamiento entre el neumático y la calzada, aumentando notoriamente las distancias de frenado.

El camino

El tipo de calzada, banquetas, la existencia de peralte, barreras de seguridad, puentes, alcantarillas, canchales, banquetas, radio de curvas, pendientes y abovedamiento de la vía de circulación, su estado de conservación y mantenimiento influirán también en la circulación de los vehículos y en los siniestros que se puedan producir.

Así, los coeficientes de adherencia entre el neumático y la calzada variarán con la naturaleza del material empleado para la construcción del camino e incluso con su estado de utilización. Así el coeficiente de adherencia para una calzada de hormigón nuevo es de 0,80, mientras que, si se encuentra pulimentado por el uso, ese coeficiente disminuye a 0,55. Para el caso de calles adoquinadas, los coeficientes pueden variar de 0,75 a 0,60 y en el caso de material bituminosos (asfalto), varían de 0,80 a 0,50.

Debe tenerse en cuenta que también influye en la adherencia del neumático, la existencia de tierra suelta, arena o agua sobre la calzada, comportándose los dos primeros elementos como pequeños rodamientos entre las superficies en contacto y el segundo como película lubricante, particularmente en aquellos casos en que el automotor cuenta con cubiertas de deficiente dibujo.

El radio de curvatura, la existencia de peralte y su sentido de inclinación pueden influir en la estabilidad direccional de los móviles, particularmente cuando circulan a velocidad elevada, como influyen también la presencia de baches, "lomos de burro" y toda otra anomalía de la superficie del camino.

Condiciones climatológicas adversas

La lluvia

La lluvia puede influir negativamente en la conducción y exige adoptar mayores precauciones para la seguridad. Sus efectos más importantes son:

- Reducción de la adherencia de los neumáticos (peligro de deslizamiento).

- Disminución de la visibilidad.

Para mejorar la adherencia y prevenir los desplazamientos en caso de lluvia se deben adoptar las siguientes medidas:

Mantener los neumáticos en buen estado: presión de inflado correcta; dibujo con profundidad adecuada.

- Durante la marcha comprobar frecuentemente si los frenos responden.
- Aumentar la distancia de seguridad entre vehículos: para disponer de más espacio en atención al aumento de la distancia de frenado y detención.
- Reducir la velocidad, especialmente en curvas.

Velocidad

Si la calzada está anegada de agua, se circulará a velocidad reducida. Una vez pasado el trayecto inundado se comprobará la eficacia de los frenos. La velocidad debe adecuarse a la zona de visibilidad para disponer de más tiempo para percibir los estímulos externos y reaccionar adecuadamente. Con lluvia torrencial que impida circular se debe estacionar en lugar seguro (si es posible fuera de la vía) y permitido mantenimiento, encendidas las luces correspondientes.

Visibilidad

La lluvia reduce la visibilidad por falta de luminosidad, quedando a la vez afectados los espejos retrovisores, cristales de los faros y luces. Para mejorar la visibilidad se debe:

- Encender las luces de posición y de alcance medio, se es necesario.
- Poner en funcionamiento los limpiaparabrisas.

Adelantamientos y cruces entre vehículos

Cuando llueve o con calzada húmeda, al cruzar y al adelantarse a otros vehículos hay que prever con antelación la falta de visibilidad por las salpicaduras de agua sucia y

barro que se producen en estos casos. Accionar el limpiaparabrisas y el "sapito" para limpiar la suciedad que se adhiere al vidrio.

Pautas para tener en cuenta al transitar con lluvia

- Frenar con suavidad para evitar que se bloqueen las ruedas
- Utilizar el desempañador de los vidrios para mejorar la visibilidad
- Utilizar las luces de cruce para mejorar la visibilidad para los demás conductores
- Reducir la velocidad, es uno de los factores importantes para evitar el aquaplaning
- Realizar paradas en caso de que se disminuya la visibilidad
- Conducir con lluvia es muy extenuante para el conductor, realizar las paradas de descanso con mayor frecuencia.
- Conservar mayor distancia de seguridad con los vehículos precedentes.
- Tomar muy bien el volante para evitar perder el control al tomar una acumulación de agua o charco.
- En caso de inundación repentina y que se apague el vehículo, se debe evitar dar encendido para evitar mayores daños (ver vehículo inundado)

Niebla, humo o polvo en suspensión

La niebla reduce la visibilidad y la adherencia. Se deben mantener encendidas las luces correspondientes del vehículo, reducir la velocidad, aumentar la distancia de seguridad, no adelantarse y prestar atención en las marcas viales. Si fuera inevitable tener que inmovilizar el vehículo en el caso de grave reducción de visibilidad hay que situarlo fuera de la calzada, lo más alejado posible, adoptando todas las precauciones de señalización. En ruta se aconseja estacionar, por ejemplo, en el acceso a un campo lindero.

Pautas para tener en cuenta al transitar con niebla

- Utilizar las luces de cruce y antiniebla si es necesario, para facilitar la visibilidad del camino y para los demás conductores
- Controlar la velocidad hasta adaptarla al campo de visión
- Utilizar las líneas laterales de la calzada para guiarse
- Eliminar constantemente las gotas de agua que se generan en el parabrisas
- Mantener bien ventilado el habitáculo para evitar que los vidrios se empañen
- Aumentar las precauciones en proximidad a los ríos y zonas húmedas
- Prestar mayor atención al camino, evitar las distracciones al volante
- Estar muy atentos ante una pérdida de adherencia que se produce por el asfalto húmedo

El viento

Cuando sopla de costado suele ser un serio peligro puesto que el viento lateral puede provocar el vuelco del vehículo e incluso la salida de la calzada, por este motivo se debe disminuir la velocidad. Las ventanillas deben permanecer cerradas para evitar la pérdida de estabilidad por el efecto de remolino (eso también ahorra combustible). Arrastrando un remolque se debe reducir aún más la velocidad en beneficio de la estabilidad y la seguridad. Las motocicletas (especialmente los ciclomotores) son los más afectados por el viento, por lo que deben circular muy despacio para controlar el vehículo, evitar desplazamientos y caídas. El mayor riesgo se produce cuando se pasa al lado de un camión, que temporalmente obstruye la circulación y desestabiliza el vehículo. Tomar fuerte el manubrio con ambas manos.

Pautas para tener en cuenta al transitar por zonas de fuertes vientos

- Se puede controlar la dirección del viento observando la vegetación y los demás elementos del entorno de la vía.
- Moderar la velocidad
- Sujetar el volante con firmeza y con ambas manos para mantener la trayectoria

- Aumentar las precauciones ante posibles obstáculos que se le presenten en el camino
- Mantener cerradas las ventas para evitar el ingreso de polvo o algún objeto inesperado

El sol y el calor

Transitar bajo condiciones de sol y calor es una situación que también puede afectar la conducción. Al conducir bajo estas condiciones es muy importante mantener una temperatura ideal en el habitáculo. La temperatura excesiva puede aumentar la fatiga del conductor y también puede producir somnolencia y sopor. El aire acondicionado o el climatizador del vehículo deben estar a la temperatura adecuada, entre 20 y 23 grados centígrados.

Pautas para tener en cuenta al transitar en días de sol y calor

- Mantenerse muy bien hidratados, agua y zumos
- Prestar mayor atención a la conducción después de ingerir alimentos, el calor aumenta la aparición del sueño
- Utilizar ropas claras, ligeras y holgadas
- Utilizar lentes oscuros y parasoles para evitar deslumbramiento o fatiga en los ojos
- Los autos oscuros aumentan en alguna medida la temperatura del habitáculo

La nieve

La nieve provoca también una disminución en la adherencia de las llantas y mientras está nevando la visibilidad también se reduce. Al realizar un trayecto por alguna zona nevada lo más aconsejable es llevar el depósito de combustible lleno. Esto permite disponer del suficiente tiempo de calefacción en caso de quedar bloqueados a causa de la fuerte nieve.

Es aconsejable llevar ropa abrigada, agua y el teléfono móvil en caso de emergencia, verificar que la batería está completamente cargada. Uno de los aspectos a considerar es tener el sistema de frenos bien reglados, y los neumáticos deben estar con la presión de aire adecuada. Tener un juego llantas para la nieve o cadenas de tracción en caso de ser necesario en el vehículo.

Pautas para tener en cuenta al circular con nieve

- Reducir la velocidad
- Arrancar con suavidad utilizando cambios largos (segunda o tercera), para evitar que las ruedas patinen
- Realizar giros del volante y frenadas con suavidad para evitar perder el control
- En vehículos que no estén provistos de ABS, debemos frenar con el motor para evitar utilizar el pedal
- Circular por las franjas que han dejado otros vehículos en la nieve, para evitar deslizamientos laterales
- Colocar cadenas de tracción cuando sea necesario
- Verificar que no se acumule nieve en los guardabarros, esta acumulación podría afectar la dirección
- Retirar la nieve que se acumula en los guardabarros
- En los días soleados, utilice gafas de sol para evitar deslumbramiento que se refleja en la nieve
- Utilizar luces de cruce y luces antiniebla en caso que la visibilidad disminuya

El hielo

La acumulación de hielo en la calzada disminuye la adherencia de las llantas. Se debe tener un cuidado especial también bajo estas condiciones y al circular por zonas más oscuras, arroyos y puentes. Lugares donde se puede acumular con mayor facilidad el hielo. Cuando la temperatura es inferior a los cero grados en las primeras horas del día

o de la noche, se debe actuar con la misma prudencia que cuando transitamos con nieve, tomando las precauciones similares a las de la nieve.

Pautas para tener en cuenta al transitar con hielo

- Arrancar con suavidad utilizando cambios largos (segunda o tercera), para evitar que las ruedas patinen
- Realizar giros del volante y frenadas con suavidad para evitar perder el control
- En vehículos que no estén provistos de ABS, debemos frenar con el motor para evitar utilizar el pedal
- Circular por las franjas que han dejado otros vehículos en la nieve, para evitar deslizamientos laterales
- Colocar cadenas de tracción cuando sea necesario
- Verificar que no se acumule nieve en los guardabarros, esta acumulación podría afectar la dirección
- Retirar la nieve que se acumula en los guardabarros
- En los días soleados, utilice gafas de sol para evitar deslumbramiento que se refleja en la nieve
- Utilizar luces de cruce y luces antiniebla en caso que la visibilidad disminuya¹

2.6.2. Educación en seguridad vial

Se entiende por educación vial a aquel tipo de educación que se basa en la enseñanza de hábitos y prácticas que tengan como bien final la protección y cuidado de los individuos en la vía pública. La educación vial cuenta con un acervo teórico desarrollado a partir de los accidentes y siniestros que suceden a diario en la vía pública. Esta teoría se relaciona principalmente con la convivencia adecuada de los diferentes vehículos, del manejo de los mismos frente a la presencia de fenómenos específicos y del cuidado primordial del bienestar del transeúnte.

¹ “Como conducir en la diferentes Condiciones Ambientales” <https://www.pruebaderuta.com/como-conducir-en-las-diferentes-condiciones-ambientales.php>, 2017.

La educación vial tiene como principal objetivo organizar y ordenar no sólo el tránsito vehicular si no aportar las herramientas para que las muertes a causa de accidentes que involucran vehículos disminuyan, asegurando así bienestar a toda la población. Algunos elementos de la educación vial pueden, sin embargo, cambiar de país en país, aunque la base es la misma.

La educación vial se basa en conocimientos teóricos que hacen al manejo de estos vehículos, por ejemplo, el modo de actuar en determinadas situaciones o las reglas a seguir en casos específicos (por ejemplo, utilizar el cinturón de seguridad, respetar los semáforos, dar paso a los peatones, etc.). Estas reglas están por lo general asentadas de manera ordenada y escrita de modo que no quede lugar a la especulación o a la decisión particular de cada individuo.

Al mismo tiempo, la educación vial cuenta con herramientas prácticas que sirven para agregar mayor información. Aquí es cuando hablamos de carteles, signos y símbolos que son dispuestos a lo largo de las calles, carreteras o vías de transporte y que implican determinadas informaciones tales como avisos, prohibiciones o advertencias. Hay una gran variedad de símbolos y carteles que se utilizan en este tipo de educación y la mayoría de ellos está realizada con colores llamativos como el rojo, el amarillo, el azul.

2.6.3. Procedimiento para la evaluación de la seguridad vial en los tramos de concentración de accidentes TCA

- Primeramente, se ubicará el tramo a travez de una imagen de google Earth
- Luego se determinará los puntos de aforo de las velocidades diferenciado el tipo de vehículo y el carril
- Se analizará el Factor Humando tomando en cuenta el registro de accidentes de tránsito de cada tramo para determinar el porcentaje de accidentes de los que fueron por exceso de velocidad, por conducción en estado de ebriedad, por imprudencia de los peatones, ect.
- Se analizará el Factor Vehicular tomando en cuenta el registro de accidentes de tránsito de cada tramo para determinar el porcentaje de accidentes de los que

fueron por fallas en estado de vehículo es decir sistema de frenos, suspensión, ect.

- Se analizará el Factor Meteorológico- La vía pública y su entorno tomando en cuenta el registro de accidentes de tránsito de cada tramo para determinar el porcentaje de accidentes de los que fueron por condiciones meteorológicas que afectara la visibilidad del conductor, la adherencia de los neumáticos, ect. Por otro lado, basándonos en los datos del SENAMHI determinaremos si la zona en la que se encuentra el tramo de estudio presenta condiciones de niebla, granizo o lluvia.
- Posteriormente tomando en cuentas la señalización, la velocidad y las fotos del lugar se determinará las posibles fallas que presenta la carretera tanto en el diseño, señalización y el exceso de velocidad.

CAPÍTULO III

APLICACIÓN PRÁCTICA VALORACION DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD EN LOS TCA

Los aspectos relacionados con la Seguridad Vial, como con las metodologías ya descritas para la determinación de TCA además del estudio de los dispositivos de control en una carretera y la inspección de campo, fueron el sustento para establecer una metodología práctica y adecuada para realizar una valoración de las medidas de seguridad en carreteras de topografía montañosa, en la Carretera Padcaya-La Mamora, lo que nos lleva a poner en práctica las metodologías utilizadas con mayor frecuencia en la identificación de tramos peligrosos, y adecuar una relación entre estos tramos y los dispositivos de control existentes en la carretera en estudio, para así poder establecer las posibles causas de accidentes en los tramos peligrosos en dicha carretera.

La instancia siguiente es aplicar entonces estos métodos sobre un caso real, con el objeto de contrastar los resultados prácticos con el análisis teórico, para verificar este ajuste a la realidad y la adaptabilidad de los métodos a las características propias de las carreteras en el departamento de Tarija.

Para esta aplicación se decidió tomar en estudio una de las carreteras importantes en la ciudad como es la de carretera Padcaya-La Mamora, y así poder tener aplicabilidad de este estudio en cualquier carretera de topografía montañosa del departamento de Tarija.

CARACTERÍSTICAS DE LA CARRETERA PADCAYA – LA MAMORA

3.1 Ubicación

El estudio se realiza en la Carretera Padcaya-La Mamora la cual se encuentra ubicada en la Provincia Arce del Departamento de Tarija como se puede observar en la siguiente Fig. N° 3.1

Figura N^o 3.1. Ubicación geográfica de la ruta en estudio.



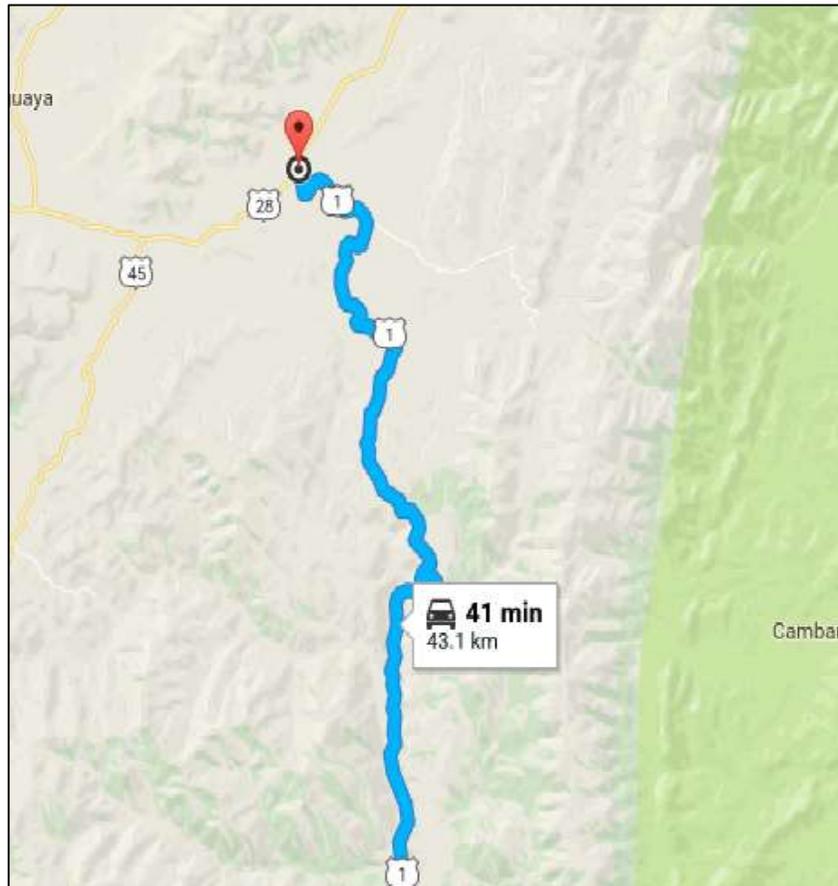
Fuente <http://www.educa.com.bo/geografia/provincia-aniceto-arce-mapa>

3.2. Identificación y descripción de la carretera Padcaya-La Mamora

La carretera del presente estudio consiste en una vía ya existente, que forma parte importante de la red vial de la ciudad de Tarija puesto que es parte de la carretera que une al departamento con la ciudad fronteriza de Bermejo, ésta consta de dos carriles en su calzada y tiene una longitud total de 43.1 km. El punto de inicio de la carretera se

encuentra en la puerta de salida de la localidad de Padcaya y termina en la comunidad de La Mamora como se muestra en la Fig. N° 3.2

Figura N° 3.2. Carretera en estudio Padcaya-La Mamora



Fuente: Elaboración propia

3.3. Recopilación de datos y parámetros necesarios para la realización del estudio

Para esta Evaluación de Seguridad Vial se debe disponer necesariamente de datos como los volúmenes de tráfico, la velocidad de recorrido, un registro de accidentes ocurridos en toda la carretera de estudio con disponibilidad de 5 años para una mejor adaptación de los métodos a utilizar en dicho estudio, además de una inspección de todas las

señales verticales y dispositivos de seguridad encontrados a lo largo de toda la carretera Padcaya- La Mamora.

3.3.1. Determinación de los volúmenes de tráfico en la carretera de estudio

Los volúmenes de tráfico en la carretera Padcaya – La Mamora, se obtuvieron mediante aforos de 24 horas, por una semana completa, pudiendo determinar así valores confiables del TMDS (tráfico medio diario semanal) de la carretera de estudio para poder obtener el TMDA (tráfico medio diario anual). (Ver Detalle de cálculo ANEXO I) En la Tabla N° 3.1. se detalla el TMD y TMDA de la Carretera.

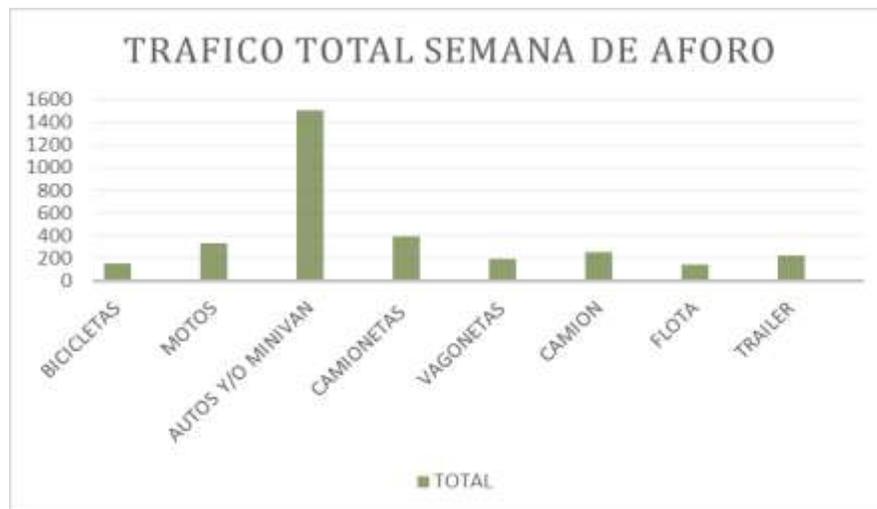
Tabla N° 3.1 Tráfico medio diario anual

	Veh/dia
TPDS	457
TPDA	520

Fuente: Elaboración propia

También se izó un análisis del tipo de vehículos que transitan en la carretera para poder apreciar el tipo de vehículo más frecuente en esta carretera como se muestra en la siguiente figura N° 3.3.

Figura N° 3.3. Tráfico Total diferenciado por tipo de vehículo



Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Determinación de la velocidad media de recorrido en los posibles TCA (tramos de concentración de accidentes) en la carretera Padcaya-La Mamora

La velocidad de recorrido en los posibles TCA en la Carretera Padcaya – La Mamora, se determinó mediante aforos realizados por 12 horas en los días de aforo de volúmenes, determinando la velocidad media de los vehículos diferenciando la velocidad de subida y bajada tanto de vehículos livianos como pesados para un mejor análisis. Para una velocidad media de la carretera se utilizó la del posible TCA 4 que pasa por la comunidad de Rio Negro por ser una recta de velocidad constante y tramo recto. (ver detalle de cálculo en ANEXO II).

En la Tabla N° 3.2. se detalla la velocidad media de recorrido para los posibles TCA para la carretera Padcaya – La Mamora.

Tabla N° 3.2. Velocidad media de recorrido

TCA 1	Km/hr
Velocidad Media Subida Livianos	86,95
Velocidad Media Subida Pesados	69,82
Velocidad Media Bajada Livianos	69,41
Velocidad Media Bajada Pesados	54,27
TCA 2	Km/hr
Velocidad Media Bajada Izquierda Livianos	69,69
Velocidad Media Bajada Izquierda Pesados	58,62
Velocidad Media Bajada Derecha Livianos	68,33
Velocidad Media Bajada Derecha Pesados	55,99
TCA 3	Km/hr
Velocidad Media Bajada Livianos	67,77
Velocidad Media Bajada Pesados	49,63
TCA 4	Km/hr
Velocidad Media Livianos	75,39
Velocidad Media Pesados	53,06
Velocidad Media de la Carretera	Km/hr
Livianos	75,39
Pesados	53,06

Fuente: Elaboración propia

3.3.3. Recopilación de datos de accidentes

La recolección de datos de accidentes se realizó de manera precisa y minuciosa, bajo la autorización de las respectivas autoridades de Tránsito, de donde se recabó la información requerida de los libros de Registro de Accidentes (manuales) a cargo de la División de Investigación de Accidentes del O. O. De Tránsito de la ciudad de Tarija, la recopilación de datos consistió en la revisión y extracción de los aspectos más relevantes de los registros de accidentes de los últimos 5 años para así tener una base de datos más confiables. Los datos de accidentes fueron tomados de los años 2011, 2012, 2013, 2014 y 2015 se recopiló un total de 36 accidentes en 4 puntos de peligrosidad de la carretera (Ver ANEXO VI)

A continuación, se presenta el resumen general de los accidentes ocurridos en los tramos de estudio en la carretera Padcaya-La Mamora

Resumen de accidentes de tránsito gestión 2013-2017

GESTION	LUGAR DEL HECHO DESCRIPCION (AVENIDA/CALLE)	DESCRIPCION DEL HECHO	CAUSAS
2013	Comunidad de Rio Negro Carretera Bermejo	ATROPELLO DE PEATON	ESTADO DE EMBRIAGUEZ
2013	Llegada Puente Campanario	ENCUNETAMIENTO DE VEHICULO	ESTADO DE EMBRIAGUEZ
2013	Llegada Puente Campanario	ENCUNETAMIENTO DE VEHICULO	ESTADO DE EMBRIAGUEZ
2013	Llegada Puente Campanario	VUELCO DE COSTADO IZQUIERDO	ESTADO DE EMBRIAGUEZ
2013	Pasando Puente Phayo	CHOQUE A OBJETO FIJO	ESTADO DE EMBRIAGUEZ
2013	Pasando Puente Phayo	VUELCO DE COSTADO IZQUIERDO	FALLA MECÁNICA
2013	Comunidad de Rio Negro Carretera Bermejo	ATROPELLO DE PEATON	IMPRUDENCIA OCASIONADOS POR EL CONDUCTOR
2014	Pasando Puente Orozas	ENCUNETAMIENTO DE VEHICULO	ESTADO DE EMBRIAGUEZ
2014	Pasando Puente Phayo	VUELCO DE COSTADO IZQUIERDO	ESTADO DE EMBRIAGUEZ
2014	Llegada Puente Campanario	VUELCO DE COSTADO IZQUIERDO	EXCESO DE VELOCIDAD
2014	Pasando Puente Phayo	CHOQUE A OBJETO FIJO	EXCESO DE VELOCIDAD
2014	Pasando Puente Phayo	VUELCO DE COSTADO IZQUIERDO	IMPRUDENCIA OCASIONADOS POR EL CONDUCTOR
2014	Llegada Puente Campanario	ENCUNETAMIENTO DE VEHICULO	PISTA EN MAL ESCADO
2015	Comunidad de Rio Negro Carretera Bermejo	ATROPELLO DE PEATON	ESTADO DE EMBRIAGUEZ
2015	Comunidad de Rio Negro Carretera Bermejo	ATROPELLO DE PEATON	EXCESO DE VELOCIDAD
2015	Pasando Puente Phayo	CHOQUE A OBJETO FIJO	EXCESO DE VELOCIDAD
2015	Comunidad de Rio Negro Carretera Bermejo	CHOQUE A OBJETO FIJO	IMPRUDENCIA OCASIONADOS POR EL CONDUCTOR
2015	Pasando Puente Orozas	CHOQUE A OBJETO FIJO	IMPRUDENCIA OCASIONADOS POR EL CONDUCTOR

GESTION	LUGAR DEL HECHO DESCRIPCION (AVENIDA/CALLE)	DESCRIPCION DEL HECHO	CAUSAS
2016	Pasando Puente Phayo	CHOQUE A OBJETO FIJO	ESTADO DE EMBRIAGUEZ
2016	Comunidad de Rio Negro Carretera Bermejo	CHOQUE A OBJETO FIJO	EXCESO DE VELOCIDAD
2016	Llegada Puente Campanario	ENCUNETAMIENTO DE VEHICULO	EXCESO DE VELOCIDAD
2016	Pasando Puente Orozas	CHOQUE A OBJETO FIJO	EXCESO DE VELOCIDAD
2016	Pasando Puente Orozas	ENCUNETAMIENTO DE VEHICULO	EXCESO DE VELOCIDAD
2016	Pasando Puente Orozas	CHOQUE A OBJETO FIJO	EXCESO DE VELOCIDAD
2016	Llegada Puente Campanario	VUELCO DE COSTADO IZQUIERDO	FALLA MECÁNICA
2016	Pasando Puente Orozas	ENCUNETAMIENTO DE VEHICULO	FALLA MECÁNICA
2016	Pasando Puente Phayo	VUELCO DE COSTADO IZQUIERDO	FALLA MECÁNICA
2016	Comunidad de Rio Negro Carretera Bermejo	ATROPELLO DE PEATON	IMPRUDENCIA OCASIONADOS POR EL CONDUCTOR
2016	Llegada Puente Campanario	ENCUNETAMIENTO DE VEHICULO	IMPRUDENCIA OCASIONADOS POR EL CONDUCTOR
2016	Pasando Puente Phayo	VUELCO DE COSTADO IZQUIERDO	IMPRUDENCIA OCASIONADOS POR EL CONDUCTOR
2017	Pasando Puente Orozas	CHOQUE A OBJETO FIJO	ESTADO DE EMBRIAGUEZ
2017	Comunidad de Rio Negro Carretera Bermejo	ATROPELLO DE PEATON	EXCESO DE VELOCIDAD
2017	Pasando Puente Orozas	ENCUNETAMIENTO DE VEHICULO	EXCESO DE VELOCIDAD
2017	Pasando Puente Phayo	VUELCO DE COSTADO IZQUIERDO	EXCESO DE VELOCIDAD
2017	Llegada Puente Campanario	VUELCO DE COSTADO IZQUIERDO	IMPRUDENCIA OCASIONADOS POR EL CONDUCTOR
2017	Pasando Puente Phayo	VUELCO DE COSTADO IZQUIERDO	IMPRUDENCIA OCASIONADOS POR EL CONDUCTOR

Fuente: Unidad Operativa de Transito

3.3.4. Inspección en campo de los dispositivos de control a lo largo de la carretera

Para poder obtener adecuadamente los datos de todos los dispositivos instalados en la carretera Padcaya- La Mamora se procedió de la siguiente manera:

Se procedió a realizar un levantamiento detallado de todos los dispositivos de seguridad instalados en la carretera como ser señalización vertical, defensas metálicas tipo flex-beam, muros laterales, topes o separadores viales, dispositivos de control de velocidad (también conocidos como resaltos o rompe muelles), este levantamiento se lo hizo a través de fotos y se utilizó un GPS para determinar la posición de los dispositivos en el camino solo en los tramos de estudio por ser una carretera de gran longitud diferenciando el tipo de señal, el lado a la que se encontraba ubicada partiendo desde Padcaya hacia la Mamora, descripción y estado (ver ANEXO III).

3.3.5. Identificación de tramos de concentración de accidentes

Para la realización de cada uno de los métodos de identificación de TCA se tomaron 4 posibles tramos de longitud de 1 km, y que presentaban la mayor cantidad de accidentes en los 5 años de estudio.

Detalles de los accidentes ocurridos en la carretera Padcaya-La Mamora en los posibles TCA (Datos de 5 años)	
Localización del Accidente	N° de accidentes Ocurridos
Prog. 9+100 Pasando Puente Phayo	10
Prog. 10+110 Pasando Puente Orozas	7
Prog. 23+000 Antes de llegar al Puente Campanario	8
Prog. 36+500 Comunidad Rio Negro	9
Prog. 44+500 Antes de llegar al Puente Volcan	4

3.3.5.1. Aplicación del método: índice de peligrosidad

Con los datos de accidentes tránsito y considerando que la aplicación se realiza a tramos de iguales características, se determina el respectivo Índice de Peligrosidad para cada sub-tramo, aplicación que se dio a cada uno de los 5 años del periodo de estudio, además se adecuó los cálculos para la longitud de los sub-tramos utilizados

$$IP = \frac{ACV * 10^8}{Vol. Anual}$$

Tabla N° 3.3. ACV de cada sub-tramo en cada año del periodo de estudio

CANTIDAD DE ACCIDENTES CON VICTIMAS POR AÑO (ACV)							
TRAMOS	AÑO 2013	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016	AÑO 2017	TMDA (veh/dia)	Vol. Anual
1	2	3	1	3	2	520	189687
2	0	1	1	4	2		
3	3	2	0	3	1		
4	2	0	3	2	1		

Fuente: Elaboración Propia

3.3.5.2. Resultados de índice de peligrosidad

Tabla N^o 3.4. Resultados del índice de peligrosidad

INDICE DE PELIGROSIDAD					
TRAMOS	AÑO 2013	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016	AÑO 2017
1	1054	1582	527	1582	1054
2	0	527	527	2109	1054
3	1582	1054	0	1582	527
4	1054	0	1582	1054	527

Fuente: Elaboración Propia

Para los tramos en estudio se determinó las siguientes características que deben cumplir las respectivas condiciones para considerarse un TCA

Tabla N^o 3.5. Parámetros para identificar tramos con concentración de accidentes.

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

Seguridad Vial – Universidad Nacional de Córdoba

3.3.5.3. Verificación TCA mediante el método del índice de peligrosidad

Tabla N^o 3.6. Verificación TCA – Método índice de peligrosidad

VERIFICACION DE TCA					
TRAMOS	AÑO 2013	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016	AÑO 2017
1	TCA	TCA	TCA	TCA	TCA
2		TCA	TCA	TCA	TCA
3	TCA	TCA		TCA	TCA
4	TCA		TCA	TCA	TCA

Fuente: Elaboración Propia

En un análisis preliminar de los resultados obtenidos mediante el método del Índice de Peligrosidad, debe destacarse que los tramos casi en general presentan un índice de peligrosidad muy alto lo cual verifica TCA en gran magnitud a lo largo de toda la carretera Padcaya-La Mamora

Esto dificulta establecer con cierta seguridad si los resultados encontrados son precisos ya que si bien en cada año de estudio se presenta una similitud de TCA estos no se asemejan a la realidad que se tiene en la carretera a Padcaya-La Mamora lo cual verificaremos con los posteriores métodos de identificación de TCA.

3.3.6. Nuevo método del índice de peligrosidad

Como bien vimos la incongruencia de los resultados obtenidos por el método predecesor a este, si bien este método implica mejoras en su nueva versión y se han realizado nuevos ajustes de tránsito y tipos de vías, para obtener mejores resultados, estos fueron ajustados para las características de vías y tránsito de España.

Lo que genera cierta insensibilidad respecto de los bajos tránsitos que comparativamente se registran en caminos del País de Bolivia.

3.3.7. Aplicación método del número o frecuencia de accidentes

En esta metodología de identificación de TCA se aplica considerando dos criterios (media y nivel de confianza) para calcular el límite a partir del cual se detecta un TCA. Para la aplicación de este método se utilizarán las longitudes iguales porque los tramos presentan características similares, la cantidad de accidentes en cada uno de ellos y el volumen de tráfico total en la carretera determinado para cada tramo.

En la Tabla N° 3.7. se detalla los accidentes por tramo, sub-tramo y su volumen de tráfico.

Tabla N^o 3.7. Resumen de datos de accidentes

RESUMEN DE DATOS DE ACCIDENTES EN TRAMOS DE LA RUTA VIAL DE ESTUDIO DE 5 AÑOS			
TRAMO	Nº DE ACCIDENTES	LONGITUD (KM)	TMDA (veh/día)
1	10	1	520
2	7	1	
3	8	1	
4	9	1	
TOTAL	34	4	

Fuente: Elaboración Propia

3.3.7.1. Identificación de TCA bajo el criterio de la media

Determinamos la frecuencia de accidentes para cada sub-tramo presentando estas a continuación en la Tabla N^o 3.8

$$N_i = \frac{\text{Numero de accidentes en el Tramo}(i)}{\text{Longitud de Tramo}(i)}$$

3.3.7.2. Determinación de valores de frecuencia media

Valores calculados para cada tramo:

Tabla N^o 3.8. Valores de frecuencia media

TRAMO	Ni
1	10
2	7
3	8
4	9
FRECUENCIA MEDIA Nm	8,5

Fuente: Elaboración Propia

3.3.7.3. Verificación de TCA, criterio de la media.

$$N_i \geq k \cdot N_m$$

El factor de mayoración “k” se fijó con el valor de “2” ya que es recomendado para aproximaciones iniciales.

Según este criterio no se identificó ningún TCA en los tramos considerados bajo el criterio de la media.

Tabla N^o 3.9. Identificación de TCA criterio de la media

TRAMO	Ni	K	Nm	K*Nm	$N_i \geq K * N_m$
1	10	2	7,6	15,2	NO CUMPLE
2	7				NO CUMPLE
3	8				NO CUMPLE
4	9				NO CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia

3.3.7.4. Identificación De TCA según el criterio del nivel de confianza

3.3.7.4.1. Determinación de valores de desviación estándar

Tabla N^o 3.10. Valores de desviación estándar

DESVIO ESTANDAR DE LA FRECUENCIA (Nd)	
Nd	2,06

Fuente: Elaboración Propia

3.3.7.4.2. Verificación de TCA, criterio del nivel de confianza.

$$N_i \geq k \cdot N_d + N_m$$

Para el criterio del nivel de confianza se toma un 90% (k = 1.282) sacado de la Tabla N^o 2.10

El método mediante este criterio no identificó ningún TCA en ninguno de los tramos

Tabla N^o 3.11. Identificación de TCA criterio del nivel de confianza

TRAMO	Ni	K	Nm	Nd	K*Nd	K*Nd+Nm	$N_i \geq K * N_d + N_m$
1	10	1,282	7,6	2,06	2,64	10,24	NO CUMPLE
2	7						NO CUMPLE
3	8						NO CUMPLE
4	9						NO CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia

3.3.8. Aplicación método de la tasa de accidentes

De la misma manera que el método del Número o Frecuencia de Accidentes este método se aplica considerando dos criterios (media y nivel de confianza) para calcular el límite a partir del cual se detecta un TCA.

Para la aplicación de este método se utilizarán las longitudes de los tramos considerados, la cantidad de accidentes en cada uno de ellos y los volúmenes de tráfico total, determinadas para cada tramo, como se muestra en resumen en la Tabla N° 3.12.

3.3.8.1. Localización de TCA según el criterio de la media

3.3.8.1.1. Determinación de la tasa de accidentes

Determinamos la tasa de accidentes para cada tramo. Para esta aplicación el número de días corresponde a los 5 años de periodo del estudio.

$$T_i = \frac{\text{Accidentes en el Tramo}}{\text{TMDA} * \text{N}^\circ \text{ de Dias} * \text{Longitud del Tramo}} * 10^6$$

Tabla N° 3.12. Tasa de accidentes determinadas en cada sub-tramo

TASA DE ACCIDENTES			
Tramo	Long.(km)	Accidentes	Ti
1	1	10	105,44
2	1	7	73,81
3	1	8	84,35
4	1	9	94,89

Fuente: Elaboración Propia

3.3.8.1.2. Determinación de valores de la tasa media

Tabla N^o 3.13. Valores De Tasa Media

TRAMO	Ti
1	105,44
2	73,81
3	84,35
4	94,89
Tm	89,62

Fuente: Elaboración Propia

3.3.8.1.3. Verificación de TCA, criterio de la media

$$T_i \geq k \cdot T_m$$

El factor de mayoración “k” se fijó con el valor de “2” ya que es recomendado para aproximaciones iniciales. Para este método, según este criterio no se identificó ningún TCA en los tramos que fueron analizados, bajo el criterio de la media.

Tabla N^o 3.14. Identificación de TCA criterio de la media

TRAMO	Ti	K	Tm	K*Tm	$T_i \geq K \cdot T_m$
1	105,44	2	89,62	179,24	NO CUMPLE
2	73,81				NO CUMPLE
3	84,35				NO CUMPLE
4	94,89				NO CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia

3.3.8.2. Determinación de TCA bajo el criterio del nivel de confianza

3.3.8.2.1. Determinación de valores de desviación estándar

Tabla N^o 3.15. Valores de desvío de la tasa

DESUDIO ESTANDAR DE LA TASA (Td)	
Td	11,79

Fuente: Elaboración Propia

3.3.8.2.2. Verificación de TCA, criterio del nivel de confianza

$$N_i \geq k \cdot T_d + T_m$$

Para el criterio del nivel de confianza se toma un 90% ($k = 1.282$) sacado de la Tabla N° 2.10. El método mediante este criterio, no identificó ningún TCA, como se puede observar en la Tabla N° 3.16.

Tabla N° 3.16. Identificación de TCA, criterio del nivel de confianza

TRAMO	Ti	K	Tm	Td	K*Td	K*Td+Tm	Ti ≥ K*Td+Tm
1	105,44	1,282	89,62	11,79	15,11	104,73	CUMPLE
2	73,81						NO CUMPLE
3	84,35						NO CUMPLE
4	94,89						NO CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia

3.3.9. Determinación de los tramos de concentración de accidentes (TCA)

De los datos de accidentes y su ubicación, además de tener los resultados de la identificación de TCA mediante las metodologías adoptadas se pudo determinar que solo el TCA 1 cumple las condiciones para ser un TCA, los otros tramos no pueden ser considerados como tramos de concentración de accidentes esto debido a que las metodologías aplicadas están diseñadas para carreteras de mayor volumen de tráfico y con una mayor concentración de accidentes, sin embargo en este análisis se decidió evaluar a detalle los 4 tramos de estudio tomando en cuenta los aspectos de seguridad como la velocidad de diseño, la geometría del tramo y los dispositivos de control de cada tramo. Las imágenes de google Earth se mostrarán en mayor tamaño en ANEXO IV

3.4. Valoración de las medidas de seguridad vial de los tca de la carretera Padcaya-La Mamora

3.4.1. TCA 1 curva prog. 9+100 pasando puente Phayo

A continuación, se mostrará una imagen del TCA 1 utilizando google Earth para poder apreciar desde una vista aérea el tramo de estudio.

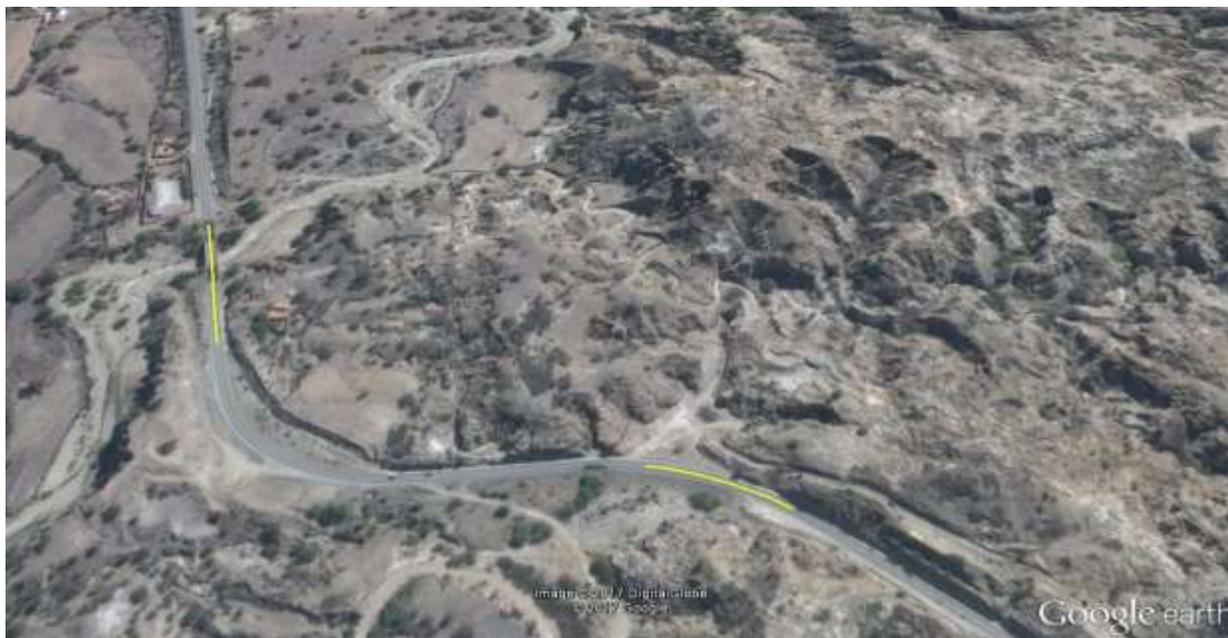
Figura N° 3.4. Vista aérea TCA 1



Fuente: Google Earth

Como se puede apreciar este tramo se encuentra ubicado pasando el puente Phayo, para su estudio se procedió a evaluar la velocidad tanto del carril de subida como del carril de bajada diferenciado el tráfico liviano del pesado, el punto de aforo de subida fue ubicado después de pasar el puente Phayo y el punto de aforo de bajada fue ubicado antes de la entrada a la curva como se muestran en la imagen:

Figura N° 3.5. Vista aérea tramos de aforo de velocidad TCA 1



Fuente: Google Earth

3.4.1.1. Factor humano

El total de 11 accidentes registrados en el TCA 1 en los que el factor humano fue el culpable tenemos:

- 3 accidentes por estado de embriaguez del conductor
- 3 accidentes por imprudencia del conductor
- 3 accidentes por exceso de velocidad

A continuación, tenemos un resumen de las velocidades aforadas en el TCA 1 con el aforo correspondiente se pudo determinar la velocidad con la que entraban los vehículos a la curva del TCA 1 con lo que obtuvimos los siguientes resultados:

Tabla N^o 3.17. Velocidades TCA 1

TCA 1	Km/hr
Velocidad Media Subida Livianos	86,95
Velocidad Media Subida Pesados	69,82
Velocidad Media Bajada Livianos	69,41
Velocidad Media Bajada Pesados	54,27

Fuente: Elaboración Propia

3.4.1.2. Factor vehicular

El total de accidentes registrados en el TCA 1 en los que el factor vehicular fue el culpable tenemos:

- 2 accidentes por fallas mecánicas

3.4.1.3. Factor meteorológico - La vía pública y su entorno

El total de accidentes registrados en el TCA 1 en los que el factor Meteorológico - La Vía Pública y Su Entorno no se cuenta con ningún accidente en el que las condiciones meteorológicas o el estado de la vía hayan tenido la culpa de algún accidente

3.4.1.3.1. Condiciones meteorológicas del TCA 1

En base a los datos obtenidos del SENAMHI y reportes de periódicos se puede considerar que esta zona no presenta condiciones atmosféricas que afecten la seguridad vial de la carretera, se presenta un resumen de los datos obtenidos

- Días de lluvia promedio por año=65
- Días de Granizo promedio por año=1
- Días de Niebla promedio por año=0

3.4.1.3.2. Características geométricas del TCA 1

Pendiente de entrada a la Curva= -7.5%

Pendiente de Salida de la Curva= 7.45

Curva	Radio	Le	T	Lc
1	125	46,76	126,634	121,559
2	200	40	106,061	122,312

3.4.1.3.3. Señalización del TCA 1

Figura N° 3.6. Vista aérea señalización TCA 1



Fuente: Google Earth

N°	TIPO DE SEÑAL VERTICAL	LADO	DESCRIPCION	ESTADO
25	Preventiva	Derecho	Zona escolar	Bueno
26	Reglamentaria	Derecho	No Adelantar	Bueno
27	Informativa	Derecho	Puente Phayo	Bueno
28	Informativa	Izquierdo	Puente Phayo	Bueno
29	Preventiva	Derecho	Curva y Contracurva izquierda	Bueno
30	Preventiva	Izquierdo	Zona escolar	Bueno
31	Reglamentaria	Izquierdo	Velocidad Maxima 60 km/hr	Bueno
32	Preventiva	Izquierdo	Curva y Contracurva izquierda	Bueno

3.4.1.4. Evaluación de la seguridad vial en el TCA 1

- Dispositivos de control de seguridad Vial

Figura N° 3.7. Vista aérea dispositivos de control TCA 1



Fuente: Google Earth

Como se puede apreciar en la imagen se ha marcado de colores los dispositivos de seguridad con los que cuenta este tramo, de color rojo tenemos los Mojones de seguridad como se aprecia en la siguiente imagen:

Figura N° 3.8. Mojones de seguridad TCA 1



Fuente: Elaboración Propia

Se pudo apreciar en la inspección visual del tramo que los mojonos de seguridad estaban también en donde ahora se encuentra una flexo-beam como se aprecia en la imagen de color amarillo, se puede deducir que los mojonos de seguridad no cumplían correctamente su función de seguridad por lo que se tuvo que cambiarlos por una flexo-beam como se aprecia en la siguiente imagen:

Figura N° 3.9. Flexo-beam TCA 1



Fuente: Elaboración Propia

Señal reglamentaria 60 km/hr.

Figura N° 3.10. Señal reglamentaria 60 km/hr TCA 1



Fuente: Elaboración Propia

Pese a existir una señal reglamentaria que nos indica que la velocidad máxima en este tramo de vuelta para entrar a la curva del TCA es de 60 km/hr cuando se izó el aforo de velocidades se pudo evidenciar que la velocidad de los vehículos livianos en este tramo es superior como se aprecia en la tabla:

Tabla N^a 3.18. Velocidades superiores a las reglamentarias TCA 1

TCA 1	Km/hr
Velocidad Media Bajada Livianos	69,41
Velocidad Media Bajada Pesados	54,27

Fuente: Elaboración Propia

Esto nos indica que claramente se están rompiendo las señalizaciones reglamentarias de la carretera lo que podría ocasionar accidentes en este tramo.

- En el carril de bajada no se cuenta con una señal que indique que se reduzca la velocidad o que reglamente la misma, esto puede causar que los conductores no midan la velocidad con la que se aproximan a la curva.
- Señal preventiva de zona escolar

Figura N^a 3.11. Señal preventiva de zona escolar TCA 1



Fuente: Elaboración Propia

Se debe tomar en cuenta que por este tramo transitan niños debido a que la escuela se encuentra a lado de la carretera, por lo que sería importante como se señaló en el punto anterior una señal que reglamente la velocidad de circulación en este tramo.

- Se puede apreciar que existen cruces en este tramo lo que evidencia que hubo accidentes con fallecidos como se puede apreciar en la imagen del google Earth

Figura Nª 3.12. Vista aérea lugares de accidentes TCA 1



Fuente: Google Earth

- En el lugar de accidente 1 se puede apreciar que fue en el carril de bajada y que fue un choque contra un objeto fijo mismo que pudo haber sucedido por un exceso de velocidad debido a que el conductor no pudo entrar correctamente a la curva.
- En el lugar de accidente 2 se puede apreciar que fue en el carril de subida y que fue un descarrilamiento mismo que se pudo producir por un exceso de velocidad que hizo que el conductor se saliera de la carretera.

Se puede evidenciar que las causas de accidentes en este tramo son por exceso de velocidad e imprudencia de los conductores que no respetan las señales reglamentarias de la carretera.

3.4.2. TCA 2 prog. 10+110 pasando puente Orozas

A continuación, se mostrará una imagen del TCA 2 utilizando google Earth para poder apreciar desde una vista aérea el tramo de estudio.

Figura N° 3.13. Vista aérea TCA 2



Fuente: Google Earth

Como se puede apreciar este tramo se encuentra ubicado pasando el puente Orozas, para su estudio se procedió a evaluar la velocidad de los dos carriles de llegada a la curva, se debe tomar en cuenta que los dos carriles que llegan son de bajada tanto de derecha como de izquierda se izó un aforo diferenciado el trafico liviano del pesado, los tramos de aforo se muestran a continuación:

Figura N° 3.14. Vista aérea tramos de aforo de velocidad TCA 2



Fuente: Google Earth

3.4.2.1. Factor humano

El total de 8 accidentes registrados en el TCA 2 en los que el factor humano fue el culpable tenemos:

- 2 accidentes por estado de embriaguez del conductor
- 1 accidentes por imprudencia del conductor
- 4 accidentes por exceso de velocidad

Con el aforo correspondiente se pudo determinar la velocidad con la que entraban los vehículos a la curva del TCA 2 con lo que obtuvimos los siguientes resultados:

Tabla N° 3.19. Velocidades TCA 2

TCA 2	Km/hr
Velocidad Media Bajada Izquierda Livianos	69,69
Velocidad Media Bajada Izquierda Pesados	58,62
Velocidad Media Bajada Derecha Livianos	68,33
Velocidad Media Bajada Derecha Pesados	55,99

Fuente: Elaboración Propia

Se puede apreciar que las velocidades tanto de bajada del lado derecho como del lado izquierdo son similares esto se debe a que las pendientes de llegada de los dos lados son similares, a continuación, se muestra características geométricas del TCA 2 que fueron obtenidas del plano de diseño geométrico de la carretera.

3.4.2.2. Factor vehicular

El total de accidentes registrados en el TCA 2 en los que el factor vehicular fue el culpable tenemos:

- 1 accidentes por falla mecánica

3.4.2.3. Factor meteorológico - La vía pública y su entorno

El total de accidentes registrados en el TCA 2 en los que el factor Meteorológico - La Vía Pública y Su Entorno no se cuenta con ningún accidente en el que las condiciones meteorológicas o el estado de la vía hayan tenido la culpa de algún accidente

3.4.2.3.1. Condiciones meteorológicas del TCA 2

En base a los datos obtenidos del SENAMHI y reportes de periódicos se puede considerar que esta zona no presenta condiciones atmosféricas que afecten la seguridad vial de la carretera, se presenta un resumen de los datos obtenidos que son similares a los del tramo anterior puesto que se encuentra a pocos kilómetros de distancia

- Días de lluvia promedio por año=65
- Días de Granizo promedio por año=1
- Días de Niebla promedio por año=0

3.4.2.3.2. Características geométricas del TCA 2

Pendiente de Bajada lado Izquierdo a la Curva= -7.5%

Pendiente de Bajada lado Derecho a la Curva= 6.58%

Curva	Radio	Le	T	Lc
1	80	45,06	119,148	94,632

3.4.2.3.3. Señalización del TCA 2

Figura N° 3.15. Vista aérea señalización TCA 2



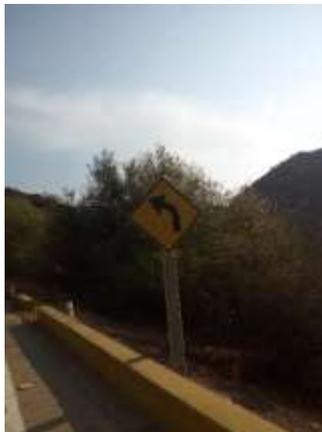
Fuente: Google Earth

N°	TIPO DE SEÑAL VERTICAL	LADO	DESCRIPCION	ESTADO
36	Informativa	Derecho	Puente Orosas	Bueno
37	Informativa	Izquierdo	Puente Orosas	Bueno
38	Preventiva	Derecho	Curva Pronunciada izquierda	Bueno
39	Preventiva	Izquierdo	Curva Pronunciada derecha	Bueno
40	Reglamentaria	Izquierdo	No Adelantar	Bueno

3.4.2.4. Evaluación del TCA 2

- Señal reglamentaria curva pronunciada derecha

Figura N° 3.16. Señal reglamentaria curva pronunciada derecha TCA 2



Fuente: Elaboración Propia

- Señal reglamentaria curva pronunciada izquierda

Figura N° 3.17. Señal reglamentaria curva pronunciada izquierda TCA 2



Fuente: Elaboración Propia

- Se puede apreciar que existen cruces en este tramo lo que evidencia que hubo accidentes con fallecidos como se puede apreciar en la imagen del google Earth

Figura N° 3.18. Vista aérea lugares de accidentes TCA 2



Fuente: Google Earth

- En el lugar de accidente 1 pudo haber sido tanto del carril de bajada derecho como del izquierdo y que fue un choque contra un objeto fijo mismo que pudo haber sucedido por un exceso de velocidad debido a que el conductor no pudo terminar a la curva lo que produjo el accidente.
- En este tramo se puede evidenciar que existe una mayor tendencia de accidentes del carril de bajada del lado derecho debido a que el conductor tiende a aumentar la velocidad debido a que la parte superior derecha del tramo es un descenso de más de 300 metros, por otro lado, pese a que en el lado izquierdo también se produce un descenso de 350 metros los conductores tienden a ser más precavidos y reducir la velocidad debido al paso por el puente en el que se reduce el carril.

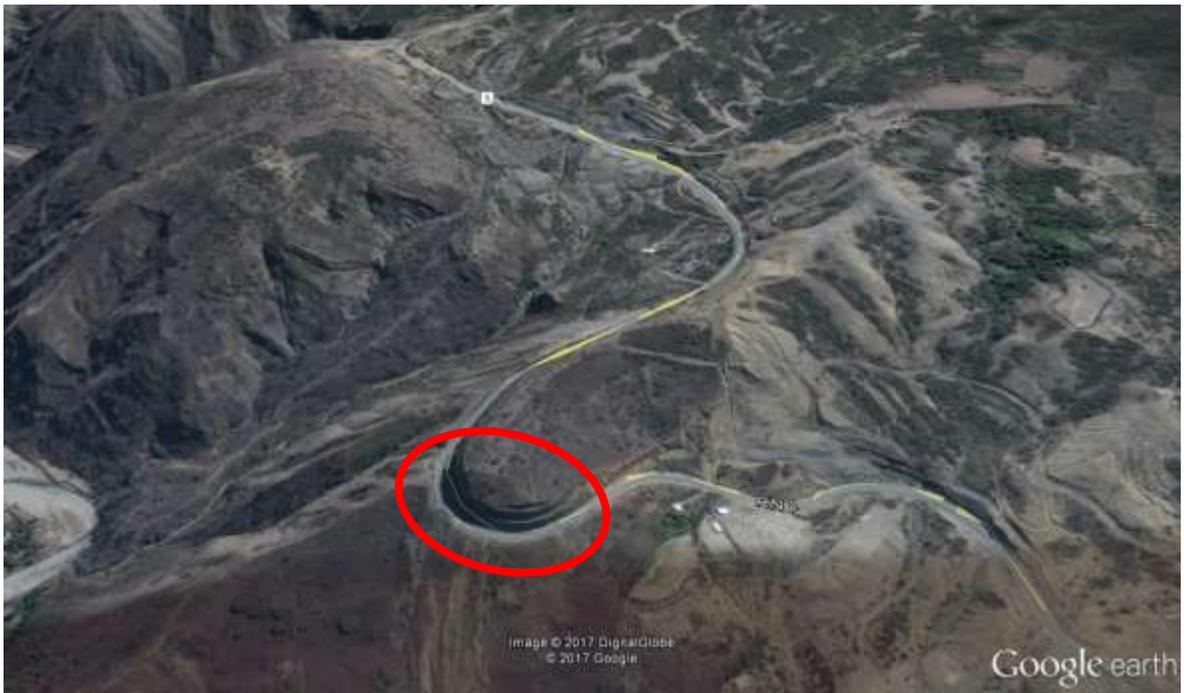
Se puede evidenciar que las causas de accidentes en este tramo son por exceso de velocidad e imprudencia de los conductores, aunque también se puede notar que no

existen señales reglamentarias que alerten al conductor para que reduzca la velocidad antes de entrar a la curva.

3.4.3. TCA 3 prog. 23+000 antes de llegar al puente Campanario

A continuación, se mostrará una imagen del TCA 3 utilizando google Earth para poder apreciar desde una vista aérea el tramo de estudio.

Figura N° 3.19. Vista aérea TCA 3



Fuente: Google Earth

Como se puede apreciar este tramo se encuentra ubicado en la Prog 23+000 unos metros antes de llegar al puente Campanario bajando la comunidad de Guayabillas, para su estudio se procedió a evaluar la velocidad con la transitan los vehículos livianos y pesados tomando en cuenta solo el carril de bajada que es la velocidad que más importancia daremos al análisis de este tramo, a continuación, se muestra el lugar donde fueron aforados los datos:

Figura N^a 3.20. Vista aérea tramos de aforo de velocidad TCA 3



Fuente: Google Earth

3.4.3.1. Factor humano

El total de 9 accidentes registrados en el TCA 3 en los que el factor humano fue el culpable tenemos:

- 3 accidentes por estado de embriaguez del conductor
- 2 accidentes por imprudencia del conductor
- 2 accidentes por exceso de velocidad

Con el aforo correspondiente se pudo determinar la velocidad con la que entraban los vehículos a la curva del TCA 3 con lo que obtuvimos los siguientes resultados:

Tabla N^a 3.20. Velocidades TCA 3

TCA 3	Km/hr
Velocidad Media Bajada Livianos	67,77
Velocidad Media Bajada Pesados	49,63

Fuente: Elaboración Propia

Se puede apreciar que las velocidades de tránsito de los vehículos livianos son elevadas en comparación con los vehículos pesados esto se debe principalmente a que estos pueden reducir más fácilmente la velocidad en la curva mientras que los vehículos pesados tienen que utilizar el freno de motor por lo que son más precavidos, más adelante analizaremos a profundidad el efecto de la velocidad en los accidentes sobre este tramo.

3.4.3.2. Factor vehicular

El total de accidentes registrados en el TCA 3 en los que el factor vehicular fue el culpable tenemos:

- 1 accidentes por falla mecánica

3.4.3.3. Factor meteorológico - La vía pública y su entorno

El total de accidentes registrados en el TCA 3 en los que el factor Meteorológico - La Vía Pública y Su Entorno se produjo solo uno por mal estado de la vía y por niebla, esto se debe a que esta es una zona que presenta en determinadas épocas del año lluvias y niebla lo que afecta la visibilidad del conductor.

3.4.3.3.1. Condiciones meteorológicas del TCA 3

En base a los datos obtenidos del SENAMHI y reportes de periódicos se puede considerar que esta zona presenta condiciones atmosféricas que afecten la seguridad vial de la carretera puesto que es una zona de niebla y lluvias, se presenta un resumen de los datos obtenidos

- Días de lluvia promedio por año=102
- Días de Granizo promedio por año=1
- Días de Niebla promedio por año=15

Pese a los datos obtenidos se debe tomar en cuenta que la niebla en esta zona se presenta en con mayor frecuencia en la época de lluvias y en el invierno.

3.4.3.3.2. Señalización del TCA 3

Figura N^a 3.21. Vista aérea señalización TCA 3



Fuente: Google Earth

Nº	TIPO DE SEÑAL VERTICAL	LADO	DESCRIPCION	ESTADO
106	Preventiva	Derecho	Pendiente Fuerte de Bajada	Bueno
107	Reglamentaria	Derecho	No Adelantar	Bueno
108	Preventiva	Derecho	Curva Pronunciada izquierda	Bueno
109	Preventiva	Derecho	Curvas sucesivas primera derecha	Bueno
110	Preventiva	Izquierdo	Curva Peligrosa ala Derecha	Bueno
111	Preventiva	Derecho	Zonas de Derrumbes	Bueno

3.4.3.4. Evaluación del TCA 3

- Señal preventiva pendiente fuerte de bajada

Figura Nª 3.22. Señal preventiva pendiente fuerte de bajada TCA 3



Fuente: Elaboración Propia

Este tramo se caracteriza por tener una pendiente fuerte de bajada de 6.02%

- Señal reglamentaria de no adelantar

Figura N° 3.23. Señal reglamentaria no adelantar TCA 3



Fuente: Elaboración Propia

Al tratarse de una bajada y con una entrada a una curva se prohíbe los adelantamientos en este tramo.

- Señales preventiva zona de derrumbes

Figura N° 3.24. Señal preventiva zona de derrumbes TCA 3



Fuente: Elaboración Propia

Esta señal se encuentra tanto en el principio como en el final del tramo como se ve en la imagen de señalización del tramo, misma que nos previene de que esta es una zona de derrumbes, en la siguiente imagen podemos apreciar las mallas de protección que existen alrededor del tramo para prevenir que las piedras caigan a la carretera.

Figura N° 3.25. Mallas de protección para derrumbes TCA 3



Fuente: Elaboración Propia

Cabe recalcar que pese a que existe una señal de no adelantar en la siguiente imagen se ve las huellas de frenado que cruzan al carril opuesto lo que significa un grave peligro que puede ocasionar una colisión entre vehículos como se ve en la imagen, esto se debe principalmente a que los conductores tienden a invadir el carril contrario para cortar la curva y así no perder la velocidad, esto se ve en la mayoría de los conductores de vehículos livianos aunque también sucede con los conductores de vehículos pesados.

Figura N° 3.26. Huellas de frenado que muestran invasión de carril TCA 3



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 3.27. Vista aérea lugares de accidentes TCA 3



Fuente: Google Earth

- En el lugar de accidente en base al registro obtenido de tránsito fueron por descarrilamiento debido a exceso de velocidad o un vuelco lateral en el caso de vehículos pesados, se debe tomar en cuenta que esta es una zona de niebla y lluvia lo que provoca poca visibilidad y deslizamientos de los neumáticos.

Se puede evidenciar que las causas de accidentes en este tramo se deben principalmente a exceso de velocidad, pero se debe tomar en cuenta que los factores climáticos también son un gran motivo de accidentes esto principalmente a que esta zona es de neblina y lluvia lo que provoca que la falta de visibilidad y el deslizamiento de los neumáticos, en el caso de los vehículos pesados el problema se agrava debido a que al ser una curva de gran magnitud estos tienden a sufrir vuelcos laterales debido a fallas de los frenos o la mala distribución de la carga que llevan.

3.4.4. TCA 4 prog. 36+500 comunidad Rio Negro

A continuación, se mostrará una imagen del TCA 4 utilizando google Earth para poder apreciar desde una vista aérea el tramo de estudio.

Figura N° 3.28. Vista aérea TCA 4



Fuente: Google Earth

Como se puede apreciar este tramo se encuentra ubicado sobre la carretera que pasa sobre la Comunidad de Rio Negro, para su estudio se procedió a evaluar la velocidad con la transitan los vehículos tomando en cuenta tanto los autos de ida como de vuelta, pero en el análisis de los datos se analizó los datos de ida y vuelta en conjunto para determinar una sola velocidad media del tramo, esto se izó porque este era un tramo recto de gran longitud, a continuación se muestran el lugar donde fueron aforados los datos:

Figura N° 3.29. Vista aérea tramos de aforo de velocidad TCA 4



Fuente: Google Earth

3.4.4.1. Factor humano

El total de 8 accidentes registrados en el TCA 4 en los que el factor humano fue el culpable tenemos:

- 2 accidentes por estado de embriaguez del conductor
- 3 accidentes por imprudencia del conductor
- 3 accidentes por exceso de velocidad

Con el aforo correspondiente se pudo determinar la velocidad con la que transitaban los vehículos en el TCA 4 con lo que obtuvimos los siguientes resultados:

Tabla N° 3.21. Velocidades TCA 4

TCA 4	Km/hr
Velocidad Media Livianos	75,39
Velocidad Media Pesados	53,06

Fuente: Elaboración Propia

Se puede apreciar que las velocidades de tránsito de los vehículos livianos son elevadas pese a ser un paso a través de una comunidad, más adelante analizaremos a profundidad el efecto de la velocidad en los accidentes sobre este tramo.

3.4.4.2. Factor vehicular

El total de accidentes registrados en el TCA 4 no se cuenta con ningún accidente en el que el factor vehicular fue el culpable.

3.4.4.3. Factor meteorológico - La vía pública y su entorno

El total de accidentes registrados en el TCA 4 en los que el factor Meteorológico - La Vía Pública y Su Entorno no se cuenta con ningún accidente en el que las condiciones meteorológicas o el estado de la vía hayan tenido la culpa de algún accidente

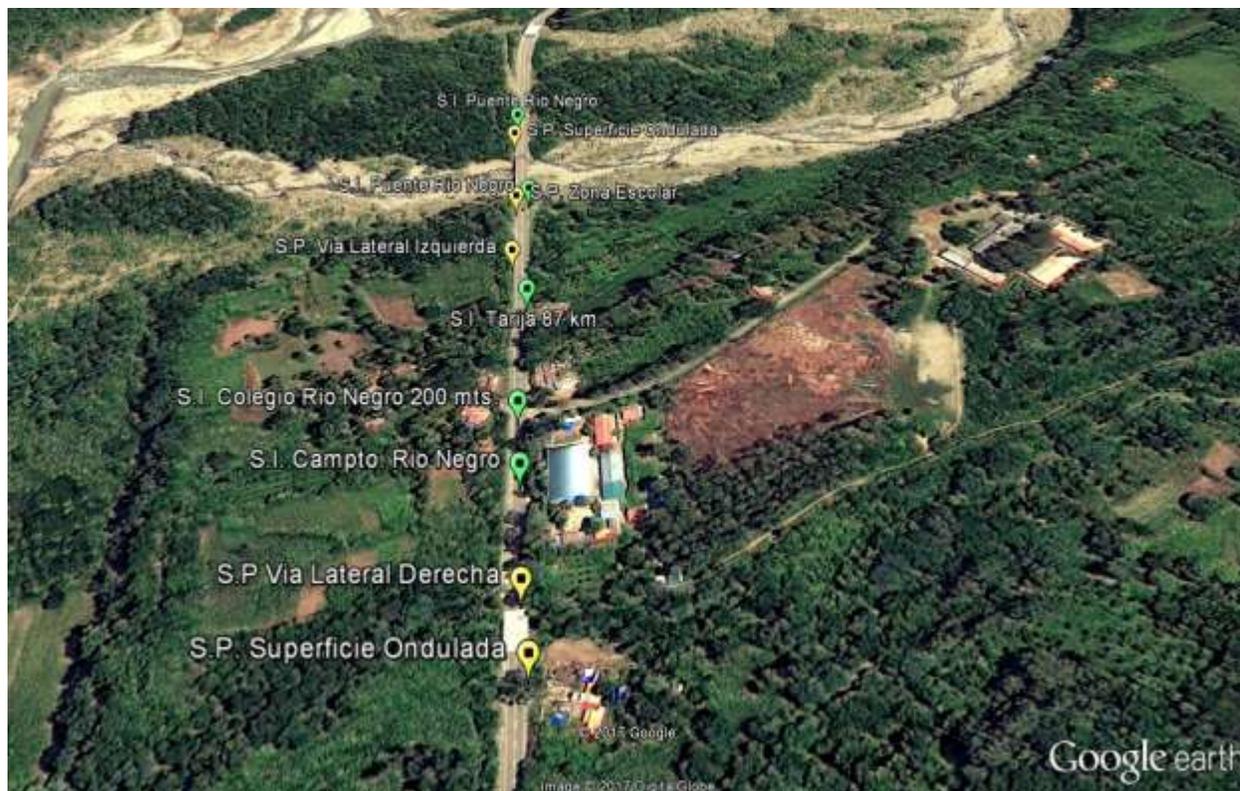
3.4.4.3.1. Condiciones meteorológicas del TCA 4

En base a los datos obtenidos del SENAMHI y reportes de periódicos se puede considerar que esta zona no presenta condiciones atmosféricas que afecten la seguridad vial de la carretera, se presenta un resumen de los datos obtenidos

- Días de lluvia promedio por año=55
- Días de Granizo promedio por año=0
- Días de Niebla promedio por año=0

3.4.4.3.2. Señalización del TCA 4

Figura N° 3.30. Vista Aérea Señalización TCA 4



Fuente: Google Earth

N°	TIPO DE SEÑAL VERTICAL	LADO	DESCRIPCION	ESTADO
159	Informativa	Derecho	Rio Negro	Bueno
160	Preventiva	Derecho	Superficie Ondulada	Bueno
161	Informativa	Derecho	Puente Rio Negro	Bueno
162	Informativa	Izquierdo	Puente Rio Negro	Bueno
163	Preventiva	Derecho	Via lateral izquierda	Bueno
164	Informativa	Izquierdo	Tarija 87	Bueno
165	Informativa	Izquierdo	La Merced 10	Bueno
166	Informativa	Izquierdo	Colegio Rio Negro 200 mts	Bueno
167	Informativa	Izquierdo	Campo. Rio Negro	Bueno
168	Preventiva	Izquierdo	Via Lateral Derecha	Bueno
169	Preventiva	Izquierdo	Superficie Ondulada	Bueno

3.4.4.4. Evaluación del TCA 4

- Señal preventiva vía lateral derecha

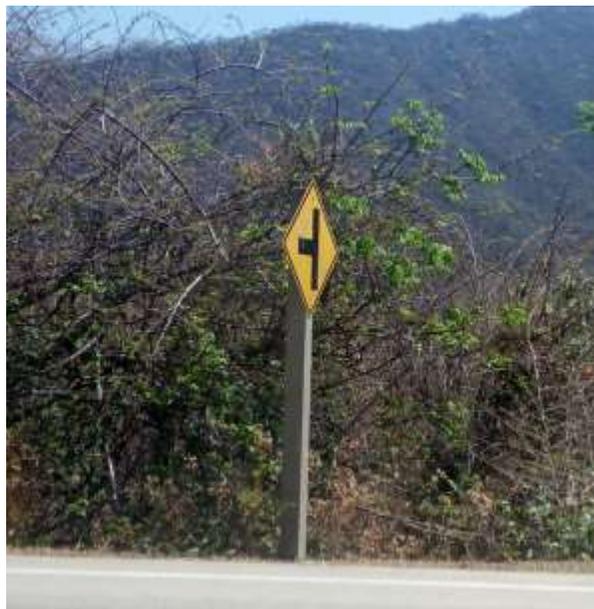
Figura N^o 3.31. Señal preventiva vía lateral derecha TCA 4



Fuente: Elaboración Propia

- Señal preventiva vía lateral izquierda

Figura N^o 3.32. Señal preventiva vía lateral izquierda TCA 4



Fuente: Elaboración Propia

Podemos notar que estas señales nos previenen de un cruce al costado de la carretera, mismo que se aprecia en la imagen de google Earth que sirve de entrada a la calle principal de la comunidad de Rio negro

- Señales preventivas superficie ondulada

Figura N^a 3.33. Señal preventiva superficie ondulada TCA 4



Fuente: Elaboración Propia

Esta señal se encuentra tanto en el principio como en el final del tramo como se ve en la imagen de señalización del tramo, misma que nos previene de los reductores de velocidad que se encuentran más adelante, se puede apreciar que estos no cumplen con la función adecuada mismo que no sirven para reducir la velocidad puesto que no tienen la altura adecuada que haga que los conductores reduzcan la velocidad, esto se aprecia en la siguiente imagen.

Figura N° 3.34. Reductores de velocidad en mal estado TCA 4



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 3.35. Vista aérea lugares de accidentes TCA 4



Fuente: Google Earth

- En el lugar de accidente 1 y 2 en base al registro obtenido de tránsito fueron atropellos a peatón, la mayoría de los accidentes en este tramo son de este tipo, esto se debe a que no existe una correcta iluminación de este tramo que permita a los conductores en horas de la noche poder divisar a los peatones que transitan sobre la vía, también como se vio en los puntos anteriores los reductores de velocidad no cumplen la función para la que fueron diseñados y finalizando se pudo apreciar que no existe una calzada de ancho adecuado para que los peatones transiten los que los obliga a estar muy cerca a la vía.

Figura N° 3.36. Falta de iluminación del TCA 4



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 3.36 Calzada para el tránsito de peatones angosta TCA 4



Fuente: Elaboración Propia

Se puede evidenciar que las causas de accidentes en este tramo se deben principalmente a un exceso de velocidad, a un mal funcionamiento de los reductores de velocidad, a una calzada pequeña para el tránsito de peatones y principalmente a una falta de iluminación adecuada de este tramo, cabe recalcar que el peligro en este tramo es que es una recta de gran longitud lo que hace que los conductores tiendan a ganar velocidad y sean menos precavidos en el paso a través de esta comunidad.

3.5. Análisis y valoración de resultados

Con los resultados obtenidos del estudio de seguridad vial en el tramo carretero Padcaya-La Mamora podemos analizar lo siguiente:

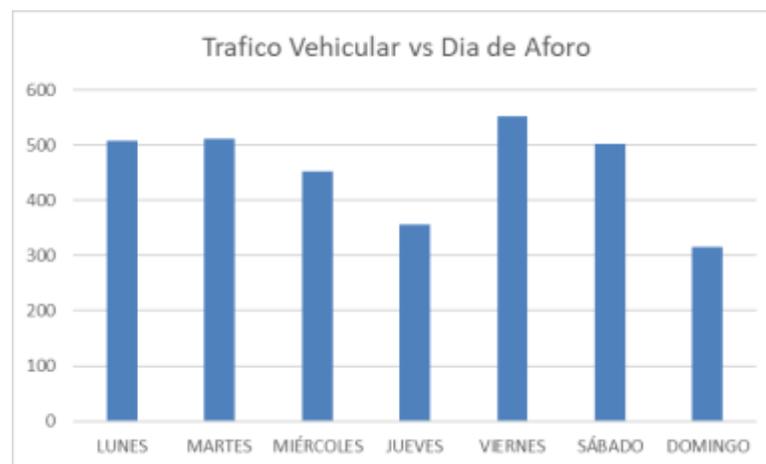
3.5.1. Volumen de tráfico

El tráfico vehicular de esta carretera es importante debido a que la misma cuenta con un volumen importante de circulación, para la determinación del tráfico medio diario se analizó un punto de aforo ubicado en la Comunidad de la Mamora de donde se obtuvo el Tráfico Medio Diario Total de la carretera tomando en cuenta ambos carriles.

	Veh/día
TPDS	457
TPDA	520

Del anterior análisis se puede ver que esta carretera tiene un importante volumen de tráfico, esto puede deberse a diversos factores principalmente debido a que esta ruta esta parte de la carretera que une a la comunidad fronteriza de Bermejo con la ciudad de Tarija haciendo de esta una ruta principal para el comercio y contrabando.

Figura N° 3.37 Tráfico vehicular en función al día de aforo



Fuente: Elaboración Propia

como se puede apreciar en la tabla los días con mayor tráfico vehicular son los días viernes y martes esto se debe principalmente a que esos días existe una feria en la argentina en aguas blancas lo que hace que mucha gente viaje para abastecerse de productos argentinos.

3.5.2. Análisis comparativo y de consistencia de los resultados de los distintos métodos de identificación de TCA

- El método del Índice de Peligrosidad si bien tiene una metodología sencilla tiene muchas incongruencias en sus resultados y los mismo difieren en gran medida de los obtenidos por los demás métodos, y considerando las inconsistencias propias de la técnica, se recomienda desecharlo como criterio para definir tramos con concentración de accidentes en nuestro medio esto se

debe principalmente a que al tener un TPDA pequeño para la aplicación de este método produce resultados incorrectos.

- Nuevo Método del Índice de Peligrosidad como bien vimos la incongruencia de los resultados obtenidos por el método predecesor a este, si bien este método implica mejoras en su nueva versión y se han realizado nuevos ajustes de tránsito y tipos de vías, para obtener mejores resultados, estos fueron ajustados para las características de vías y tránsito de España lo que genera cierta insensibilidad respecto de los bajos tránsitos que comparativamente se registran en los caminos de nuestro país.
- El método del “Número” y la “Tasa” bajo el criterio de la media no determinaron ningún TCA en la carretera y bajo el criterio del nivel de confianza solo se obtuvo que el TCA 1 cumple como un tramo de concentración de accidentes como se aprecia en los resultados obtenidos anteriormente.

Tabla N° 3.22. Identificación de TCA bajo el criterio de la media

TRAMOS CONSIDERADOS TCA CON EL CRITERIO DE LA MEDIA			
TRAMOS	INDICE DE PELIGROSIDAD	NUMERO	TASA
1	TCA	-	-
2	TCA	-	-
3	TCA	-	-
4	TCA	-	-

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 3.23. Identificación de TCA bajo el criterio del nivel de confianza

TRAMOS CONSIDERADOS TCA CON EL CRITERIO DEL NIVEL DE CONFIANZA		
TRAMOS	NUMERO	TASA
1	-	-
2	-	-
3	-	-
4	-	-

Fuente: Elaboración Propia

- La priorización en la utilización de los métodos para la identificación de TCA se da a los métodos del Numero y Tasa, debido a que estos métodos cumplen con las exigencias y el cual es adaptable a nuestro medio de acuerdo con los datos requeridos en su utilización además de tomar mayor cantidad de parámetros en su cálculo, lo cual lo hace más confiable, por lo cual estos dos métodos son los más adecuados al momento de determinar un TCA, ya que ambos utilizan parámetros disponibles o que se pueden determinar en nuestro medio, además de tener mayor consistencia en sus resultados, siendo los más adecuados para su utilización en la determinación de TCA en rutas en nuestro país.
- Obteniendo el resumen de los resultados de cada metodología y teniendo un enfoque y visión adecuada al momento de realizar la comparación de los métodos y el análisis de los resultados no se identificaron con certeza TCA esto se debe principalmente a que al ser tramos pequeños que no cuentan con una gran cantidad de accidentes hace q los resultados arrojados no los muestren como Tramos de concentración d accidentes.

3.5.3. Velocidad de recorrido y velocidad de proyecto

La velocidad de recorrido en la Carretera Padcaya-La Mamora, se determinó mediante aforos de 12 horas en todos los posibles tramos de concentración de accidentes, determinando la velocidad media de los vehículos. Se tomó como velocidad media de recorrido la que se obtuvo en el aforo del TCA 4 ubicado en la comunidad de Rio Negro debido a que era un tramo en donde la velocidad era constante y estable en un tramo recto dándonos una velocidad media de recorrido de 75.39 km/hora en vehículos livianos y 53.06 km/hora en vehículos pesados la cual es menor a la velocidad de diseño de 60 km/hora pero en el caso de vehículos livianos es mayor, también se pudo observar que existen tramos en los cuales los vehículos superan la velocidad de diseño tal es el caso del aforo en TCA 1 donde los vehículos livianos llegan a velocidades de 86.95 km/hora lo cual es un factor de riesgo en cuanto a seguridad vial se refiere, esta situación puede estar ligada a varios aspectos, por ejemplo la educación vial y

costumbres de los usuarios de la carretera, dispositivos de control de velocidad, señalización vertical con límites de velocidades de recorrido.

Tabla N^a 3.24. Velocidad de diseño en comparación con la velocidad media de recorrido

Velocidad Media de Recorrido	Km/hr
Livianos	75,39
Pesados	53,06
TCA 1	Km/hr
Velocidad Media Subida Livianos TCA 1	86,95
Velocida de Proyecto	60,00

Fuente: Elaboración Propia

Figura N^a 3.38 Grafico de velocidad de diseño y media de recorrido



Fuente: Elaboración Propia

3.5.4. Dispositivos de seguridad vial

Se puede observar a lo largo de todo el tramo de concentración de accidentes que si bien existen algunos dispositivos como ser señales verticales y horizontales y dispositivos de seguridad como ser los reductores de velocidad algunos no cumplen con las condiciones para las cuales fueron diseñadas, principalmente hablando de los reductores de velocidad ubicados en la comunidad de Rio Negro mismo que ya no

tienen color y están en pésimo estado sin tomar en cuenta que no tienen la altura necesaria.

En resumen, se cuenta con las siguientes señales verticales y reductores de velocidad:

- Señales verticales preventivas 109 Pza.
- Señales verticales reglamentarias 57 Pza.
- Señales verticales Informativas 22 Pza.
- Reductores de Velocidad 4 Pza.

3.5.5. Valoración de las medidas de seguridad en los TCA

En la tabla 3.25 podemos apreciar claramente un resumen de los resultados obtenidos en la valoración de las medidas de seguridad en todos los tramos de concentración de accidentes evaluados en el presente proyecto de grado, se puede notar que esta carretera no tiene una concentración grande de accidentes pese a ser una carretera de topografía montañosa, esto se debe principalmente a que en la mayoría de los accidentes estos se produjeron principalmente por exceso de velocidad debido a la imprudencia de los conductores, la señalización en la mayoría de los TCA se encuentra en perfectas condiciones pero como se puede apreciar sería necesario adicionar otras señales preventivas y regulatorias que contribuirían a mejorar la seguridad vial, principalmente señales que normaran la velocidad de tránsito, en el caso del TCA 3 se puede también añadir que es un tramo en el que las condiciones climatológicas juegan también un papel importante puesto que es una zona de neblina que dificulta la visibilidad de los conductores, en el caso del TCA 4 se puede decir que un mejoramiento en los reductores de velocidad disminuiría de gran manera los accidentes en ese tramo puesto que en su mayoría son atropellamiento a peatones

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Se identificó el área de estudio de la carretera Padcaya- La Mamora tomando en cuenta 43.1 km de carretera que comienzan desde la puerta de Salida de Padcaya hasta la entrada a la comunidad de la Mamora.
- En base al cálculo del TPDA se pudo determinar que en la semana de aforo se tuvo un total de 3198 vehículos de los cuales 1503 correspondieron a autos y minivans con un porcentaje del 49 % principalmente debido a que esta es una carretera utilizada para el comercio entre la ciudad de Tarija y la ciudad fronteriza de Bermejo.
- Se realizó el procesamiento de los datos de accidentes de tránsito en base a información obtenida de tránsito y registros de accidentes en el tramo en internet y periódicos que nos determinó un total de 36 accidentes de tránsito en los 5 años de estudio 2013 al 2017 en la carretera Padcaya-La Mamora que nos determinó 4 puntos de peligrosidad en los que se aplicó los métodos para determinar si corresponden a un tramo de concentración de accidentes.
- Después de realizar un análisis comparativo a los métodos de identificación de TCA en la ruta en estudio, se determinó que el método del Índice de Peligrosidad y su nueva versión no son adaptables a nuestro medio, ya que nos arroja resultados que están fuera de la realidad como se puede apreciar con índices de peligrosidad que arrojaron resultados desde 527 a 2109 a difieren mucho a los rangos que nos presenta la tabla 3.5 esto se debe a que son aplicados a carreteras de mayor volumen de tráfico.
- En nuestro estudio y aplicando los métodos correspondientes no se logró determinar con certeza ningún TCA esto se debe principalmente a los pocos accidentes registrados en 5 años en cada tramo con un total de 36 accidentes y al poco volumen de tráfico con un Trafico Promedio Anual de 520 vehículos

por día en relación al tráfico para los que fueron estudiados los métodos aplicados.

- Con el estudio de la velocidad de recorrido de la carretera se pudo comprobar que esta es mayor a los 60 km/hr que es la velocidad de diseño de la carretera en algunos tramos de estudio, y como se observa en la velocidad del TCA 1 que es la mayor de todos los tramos con 86.95 km/hr esta sobrepasa de gran manera a los 60 km/hr que es la velocidad de diseño que es la velocidad de diseño lo que puede llevar a situaciones de inseguridad en la carretera.
- Se pudo observar que la señalización en los tramos de estudio se encuentra en adecuado estado con un total de 188 señales verticales y 4 reductores de velocidad, aunque se pudo determinar que sería aconsejable implementar algunas señales que normen la velocidad para prevenir los accidentes en estos tramos.
- También se analizó que en el caso del TCA 4 uno de los principales problemas de seguridad vial es la falta de iluminación y el mal funcionamiento de los reductores de velocidad pese a ser este un tramo que pasa por el centro de una comunidad lo que lleva a accidentes de tránsito en su mayoría de atropellamiento a peatones.
- Se pudo determinar que en la mayoría de los casos los accidentes en los tramos de estudio se deben principalmente al factor humano que en un total de 36 accidentes en los tramos de estudios 31 se debieron a causa de errores humanos (10 por conductores en estado de ebriedad, 12 por exceso de velocidad y 9 por imprudencia del conductor) lo que nos lleva a concluir que la mayoría de los accidentes de tránsito se deben a un mal control de estado de los conductores en los puestos de control de tránsito y a la falta de educación y seguridad vial de los mismos.
- La evaluación de seguridad vial resulta de gran utilidad para señalar las mejoras necesarias en el aspecto de seguridad de las carreteras, tanto rurales como urbanas y el uso apropiado de las herramientas existentes ayudarán a contar con carreteras más seguras Bolivia.

4.2. RECOMENDACIONES

- Realizar un mantenimiento preventivo de las condiciones que afecten los dispositivos y el entorno de la seguridad de las carreteras, con planes estratégicos y con un costo bajo, evitando así el incremento de accidentes por el aparente abandono de las autoridades
- Los conductores de vehículos: ciclos, motos, tractores, etc. deben estar capacitados para utilizar nuestras vías. Incluir estos vehículos en los planes de Seguridad Vial debe ser uno de los objetivos de trabajo de las Comisiones Municipales y Provinciales de Vialidad y Tránsito.
- A partir del presente estudio se recomienda continuar profundizando en el tema de la accidentalidad, evaluando los aspectos geométricos de la vía.
- Se recomienda analizar de manera objetiva y con el conocimiento adecuado cada metodología nueva que se quiera adaptar a nuestro medio, para tener resultados favorables y confiables.
- El uso de las metodologías aquí planteadas pueden ser una guía para la evaluación de la seguridad vial a través de la identificación de TCA y su relación con los dispositivos de la carretera y la velocidad de recorrido del tramo en estudio.