

CAPÍTULO I
ASPECTOS GENERALES

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

En 1885 Karl Benz y Gottlieb Daimler fabricaron de forma independiente un vehículo autopropulsado con gasolina que revolucionó el mundo, no solo por sus ventajas en los desplazamientos, sino también porque es el motor de la industria. Producto de este invento dio lugar al primer accidente de tránsito del que se tiene registro en el mundo, sucedió en Londres el 17 de agosto de 1896 protagonizado por Bridget Driscoll, una madre de 44 años se convirtió en la primera víctima fatal de un vehículo motorizado.

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 ésta es inadecuada puede llevar a que se presente un alto índice de accidentes. Lo que se pretende es minimizar el problema con la “seguridad vial” que nace como una disciplina que estudia y aplica las acciones y mecanismos necesarios para eliminar los problemas de inseguridad vial en carreteras y calles garantizando el buen funcionamiento de la circulación de la vía pública, tanto para peatones como conductores de manera que se reduzcan los accidentes de tránsito.

Al aceptar nuestra responsabilidad en la seguridad vial surge como objetivo la necesidad de introducir planteamientos o alternativas como parámetros de seguridad ante lo que podría convertirse en riesgos de accidentes. Es por eso que se estudiará una sección de la carretera Tarija-San Lorenzo con una longitud aproximadamente de 9 km iniciando en el puente de Tomatitas para luego terminar en la entrada a San Lorenzo, a través de los diferentes métodos se identificarán los tramos de concentración de accidentes y los puntos peligrosos identificando las posibles causas de los mismos y así poder dar soluciones y planteamientos que vengán a mejorar a la vía de manera que ayuden a prevenir los accidentes de tránsito.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Los accidentes de tránsito corresponden a una de las diez principales causas de mortalidad en el mundo según la Organización Mundial de la Salud (OMS), para lo cual es necesario

ofrecer soluciones debido a la gran trascendencia e impacto que se tiene para los miembros de nuestra sociedad. Por tanto mejorar la seguridad vial en carreteras es una de las principales preocupaciones de cada nación.

Un elemento indispensable para disminuir la siniestralidad vial y sus consecuencias perjudiciales es establecer con precisión la ubicación y magnitud del problema, es por eso importante realizar estudios sobre seguridad vial en nuestro medio de manera que contemple los siguientes elementos:

- El tramo Tarija - San Lorenzo en los últimos años presenta un intenso flujo vehicular de manera que se asocia con los accidentes de tránsito siendo una de las causas de estudio.
- El aumento del parque automotor en los últimos años es significativo en el país, lo que repercute en nuestro departamento e influye particularmente al tramo a estudiar.
- El incremento del parque automotor está vinculado con el incremento de accidentes y disminución de la seguridad vial.
- El incremento del parque automotor da lugar a mayores necesidades de elementos que coadyuven a la seguridad vial del tramo siendo importante inventariar lo existente y proponer nuevas acciones para mejorar las condiciones de la seguridad vial.
- Los accidentes en el tramo se ha incrementado tanto en la cantidad como en la severidad de los mismos, dando lugar a mayor pérdida de vidas, heridos en mayor proporción y daños materiales significativos.
- Por ser un tramo muy poblado se debe cuidar a los usuarios más vulnerables de la vía ya que a medida que se aumenta la velocidad, también aumenta la probabilidad de accidentes y la gravedad de sus consecuencias.

La carretera en estudio forma parte de la red fundamental ruta Nacional 1 que recorre los departamentos de La Paz, Oruro, Potosí, Chuquisaca y Tarija, la misma presenta altos volúmenes de carga y pasajeros. Además del paso de los vehículos del transporte pesado, esta vía comunica zonas turísticas, por lo que existe un alto riesgo para los visitantes al estar expuestos en una ruta troncal departamental. En una vía de esta envergadura se debe

cuidar especialmente la seguridad vial, de manera de ofrecer a los usuarios una circulación segura, confiable y agradable.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1 Situación problemática

Según la OMS cada año mueren cerca de 1,3 millones de personas en las carreteras del mundo entero y entre 20 y 50 millones padecen traumatismos no mortales, la mitad de las personas que mueren por esta causa en todo el mundo son los usuarios vulnerables de la vía pública, es decir, peatones, ciclistas y motociclistas; si bien las estrategias de seguridad vial están salvando vidas, el ritmo del cambio es demasiado lento. Los expertos advierten que si no se aplican medidas para evitarlo, se prevé que de aquí a 2022 los accidentes de tránsito causarán cada año 1,9 millones de muertes.

Un informe de la Asociación Boliviana de Aseguradoras (Aba), dio cuenta que en Bolivia se elevó fuertemente el nivel de siniestralidad, de acuerdo a los datos publicados de la entidad privada, a febrero de 2016 el índice de siniestralidad era de 11,18 %, mientras a ese mismo mes de la gestión 2017 el indicador trepó a 66.27 %. Este indicador nos demuestra que los accidentes de tránsito es el problema más frecuente hoy en día en nuestro país, los diferentes tipos o causas de accidentes de tránsito se inician con la falta de cultura de las personas porque ellas mismas no se comprometen a respetar las normas de tránsito y al no asimilar de forma racional están exponiendo sus vidas a un peligro muy alto.

El tramo Tarija-San Lorenzo se presenta como una carretera donde los accidentes de tránsito se producen debido a diferentes causas como: el exceso de velocidad, imprudencia del conductor, además de otros factores que tienen relación con el diseño de la vía, la presencia de curvas donde la visibilidad para maniobrar acompañada del exceso de velocidad dificulta un tránsito seguro, la superficie de rodadura presenta un deterioro, desintegración y baches de severidad alta, de la misma manera se observa deficiencias en la señalización horizontal y luminosa provocando la ausencia de senderos para la circulación de motociclistas y peatones, la señalización vertical en la mayoría de los casos se encuentra obstruidas, deterioradas, poco visibles a larga distancia y con la ayuda de las inclemencias del clima están incumpliendo con su objetivo, los reductores de velocidad

no cuentan con el adecuado mantenimiento de manera que deberían optar por otros elementos que ayuden a reducir la velocidad.

También existen factores relacionados con el vehículo como el inadecuado mantenimiento de las partes del funcionamiento propio del vehículo como ser el sistema de frenos, la falla en la dirección, elementos que no funcionan adecuadamente durante la conducción que pueden derivar 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 que 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 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

Formulación del problema:

¿De qué manera se puede mejorar la seguridad vial en el tramo Tarija – San Lorenzo de manera que se reduzcan las pérdidas económicas y humanas que son de gran impacto y peligro para los usuarios que circulan la vía?.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Determinar por medio de las diferentes metodologías los tramos de concentración de accidentes (TCA) identificando los posibles puntos peligrosos, para luego realizar una serie de medidas que vengan a mejorar el tránsito vial de acuerdo con los elementos identificados en el inventario vial.

1.4.2 Objetivos específicos

- Investigar sobre seguridad vial y su relación para la prevención de accidentes de tránsito.
- Realizar un diagnóstico del tramo Tarija-San Lorenzo para luego plasmar en un plano la geometría de la misma donde se visualicen sus progresivas de manera que nos sirva para ubicar los elementos de seguridad vial.
- Realizar un levantamiento de la señalización, drenaje y otros elementos que se encuentren dentro del tramo.
- Realizar un aforo de datos para obtener el volumen del tráfico medio diario de la carretera.
- Determinar los TCA a través de métodos basados en el volumen de tráfico y la cantidad de accidentes para generar los posibles puntos peligrosos o puntos negros.
- Analizar las falencias de la seguridad vial en los TCA.
- Plasmar en un plano para tener una mejor visualización de los elementos de seguridad existentes en el tramo.
- Realizar un planteamiento de medidas y soluciones con respecto a la seguridad vial con los resultados obtenidos de la aplicación.

1.5 HIPÓTESIS

Si, se aplica la correcta valoración de las medidas de seguridad vial en los puntos de concentración de accidentes determinaremos las causas principales de los accidentes de tránsito. De manera paralela estaremos brindando un mejor servicio y protegiendo al usuario en la ocurrencia de accidentes de tránsito, además de minimizar los riesgos y

consecuencias de los accidentes, su continuidad y daños en los costos públicos y personales como seguros, gastos hospitalarios, incapacidades, bloqueo del tráfico durante el accidente, ambientes inseguros y sobretodo la pérdida de vidas humanas.

1.5.1 Variables independientes

Volumen del tráfico vehicular.

Accidentalidad.

Señalización.

Superficie de rodadura.

1.5.2 Variable dependiente

Seguridad vial

1.5.3 Definición conceptual de variables

Tabla N° 1 Definición conceptual de variables

Variables independientes	Definición conceptual	Indicador	Valor o acción
Volumen de tráfico vehicular	Se define como volumen de tráfico, a la cantidad de vehículos que circulan en un tramo en un determinado periodo de tiempo.	*Cantidad de vehículos *Tráfico promedio horario	Cálculo TPD en vehículos/hora
Accidentalidad	Se denomina accidente a un evento que ocasiona un daño involuntario o que altera el estado habitual de un suceso.	*Tipos y causas de accidentes	Número de heridos y muertos en un año
Señalización	Las señales de tráfico o tránsito son signos usados en vía pública para impartir información necesaria a los usuarios que transitan por un camino o carretera	*Señalización horizontal *Señalización vertical *Elementos de protección y seguridad	*Tipo de señal *Ubicación / coordenadas *Condición o estado
Superficie de rodadura	Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos, soporta directamente las cargas del tráfico. Compuesta por uno más carriles.	*Calzada *Bermas *Cunetas *Cordón *Alcantarillas	*Grietas *Baches *Piel de cocodrilo *Hundimientos *Exudación *Condición o estado

Variable Dependiente	Definición conceptual	Indicador	Valor o acción
Seguridad vial	La seguridad vial consiste en la prevención de accidentes de tránsito o la minimización de sus efectos, especialmente para la vida y salud de las personas.	*Índice de seguridad vial *Dispositivos de control de tránsito	Formulas pre establecidas de índice de seguridad vial

Fuente: Elaboración propia

1.6 DISEÑO METODOLÓGICO

1.6.1 Componentes

1.6.1.1 Unidad de estudio

Seguridad vial en carreteras

1.6.1.2 Población

Seguridad vial en regiones del departamento de Tarija

1.6.1.3 Muestra

Estudio integral de seguridad vial en el tramo Tarija - San Lorenzo

1.6.1.4 Muestreo

El muestreo se realizará en el tramo en estudio, se obtendrán los datos de nueve kilómetros aproximadamente de carretera en el cual se realizará el desarrollo del inventario vial donde se obtendrán todos los elementos de la carretera, tanto señalización vertical, horizontal, barreras, drenaje y otros elementos que pudiera tener el tramo. Además de realizar el correspondiente aforo para poder determinar el volumen de tránsito se obtendrán los registros de accidentes por parte de tránsito de San Lorenzo de manera que nos permita aplicar las metodologías para determinar los tramos de concentración de accidentes y los puntos negros.

1.8 ALCANCE

Inicialmente el trabajo expone el problema que nos lleva a la elaboración de este tema, el porque lo estamos realizando y el porque de su importancia, planteando los objetivos que cumpliremos a lo largo de la realización del estudio.

Los altos índices de accidentalidad están indicando que la seguridad vial es todavía una asignatura pendiente, no es fácil determinar el efecto que tiene la siniestralidad dada a la gran diversidad de factores. Es por eso que este proyecto tiene como fin realizar un análisis basado fundamentalmente en los accidentes de tránsito (identificación de los TCA) y en el comportamiento del tráfico vehicular, además de otros elementos como la señalización, derecho de vía y el pavimento.

Para la obtención de algunos parámetros se realizarán actividades que consisten en recolectar información de tránsito y establecer los aforos para determinar el tráfico vehicular. Además de un levantamiento con respecto a la señalización y el derecho de vía para verificar el estado de servicio de los elementos y si cumplen con las normas establecidas (problemas y necesidades que se tengan).

Con toda esta información se determinaran los TCA bajo las metodologías del índice de peligrosidad, número o frecuencia de accidentes, tasa de accidentes y del control de calidad de la tasa; para luego ubicar los posibles puntos peligrosos o negros, una vez obtenidos los resultados de la aplicación se podrá recomendar si es necesario la implementación de más señalización o elementos que permitan resguardar la seguridad de las personas. El presente informe constituye un elemento o instrumento orientador para la gestión municipal en temas de tránsito, y para autoridades comprometidas con el ordenamiento de tránsito y transporte ante una gran ocurrencia de accidentes.

CAPÍTULO II

**LA SEGURIDAD VIAL Y LA RELACIÓN CON
ELEMENTOS DE TRÁFICO**

CAPÍTULO II

LA SEGURIDAD VIAL Y LA RELACIÓN CON ELEMENTOS DE TRÁFICO

2.1 NACIMIENTO DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO

Después de la aparición del vehículo automóvil, las carreteras se proyectaban teniendo en cuenta únicamente el movimiento de vehículos aislados, debido a que circulaba un número muy bajo de ellos para entonces y bastaba que cada uno pudiera moverse a una velocidad razonable y segura para que la carretera cumpliera con todos sus objetivos. En la década que siguió al año 1920 se empezó a desarrollar en la Unión Norteamericana una disciplina, una especialidad profesional dentro del campo de la Ingeniería Civil orientada hacia el tránsito.

En 1930 se definió por completo la nueva profesión y sus miembros fundaron el “Institute of Traffic Engineers”; Instituto de Ingenieros de Transito. Al principio su función estaba centrada principalmente en el estudio de los accidentes de tránsito y la forma de evitarlos, pero paulatinamente su campo se fue ensanchando para tratar de abarcar los numerosos factores que intervienen en el complejo fenómeno del tránsito.

Esa rama de la ingeniería se ocupa de estudiar las características de los cuatro elementos fundamentales del tránsito: el conductor, el peatón, el vehículo y la vía; así como las relaciones entre esos elementos. Como instrumentos básicos para adquirir la información necesaria, esta ciencia ha desarrollado métodos sistemáticos de captación de la misma que se denomina estudios de tránsito. Gracias a estos estudios se pueden conocer datos tan importantes como el número de vehículos que circulan por una vía en un tiempo determinado, sus velocidades, los lugares donde sus conductores desean estacionarlos, los sitios donde se concentran los accidentes de tránsito, etc.

La ingeniería de transito puede contestar ahora acertadamente muchas preguntas que siempre se hacían los proyectistas de vías sin que pudieran encontrar respuestas satisfactorias. Entre esas preguntas estaban las siguientes: ¿Cuál debe ser el ancho apropiado de una calle o carretera? ¿Cuáles son los efectos de las distintas clases de vehículos sobre la circulación? ¿Qué iluminaciones nocturnas son apropiadas para distintos volúmenes de vehículos y peatones?

Todo lo expuesto ha tenido como fin tratar de dar una idea general sobre lo que es la ingeniería de tránsito, de la necesidad de su existencia y del vasto campo que abarca.

Es una nueva ciencia que está en pleno desarrollo, y es de esperar que ocurran grandes cambios en ella, pero su objetivo ya está perfectamente definido. Quizás la manera de expresar lo que significa la ingeniería de tránsito sea repetir la definición del “Institute of Traffic Engineers” que dice que es: “la rama de la ingeniería que trata del planeamiento de calles, carreteras y zonas anexas a ellas, del proyecto de sus características geométricas y de la circulación del tránsito en las mismas; con vistas a su empleo para transportar personas y cosas en forma segura económica y cómoda”.

2.1.1 Elementos del tránsito

Existen 3 elementos básicos que componen la ingeniería de tráfico que son:

2.1.1.1 El usuario

Es muy importante tener en cuenta el comportamiento del usuario para la planeación, estudio, proyecto y operación de un sistema de transporte automotor. El usuario está relacionado con los peatones y conductores, que son los elementos principales a ser estudiados para mantener el orden y seguridad de las calles y carreteras.

El conductor

Ya sea considerado de forma individual o colectiva el conductor constituye el elemento de tránsito más importante, ya que el movimiento y calidad de circulación de los vehículos dependerá fundamentalmente de ellos para adaptarse a las características de la carretera y de la circulación. Los factores que pueden modificar las facultades del individuo en el tiempo de reacción son: la fatiga, las enfermedades o deficiencias físicas, el alcohol y las drogas, su estado emocional, la época del año, las condiciones del tiempo, la altura sobre el nivel del mar, el cambio del día a la noche y viceversa.

La destreza del conductor se manifiesta en el mejor dominio del vehículo y la mayor exactitud para apreciar distancias y velocidades. Depende de cualidades propias del individuo, pero también de la manera y a la edad en que éste aprende a manejar.

Las actitudes del conductor influyen en su comportamiento en la vía y pueden crear situaciones peligrosas tanto para él como para los demás.

El peatón

El segundo elemento fundamental del tránsito es el peatón. El peatón es generalmente más indisciplinado aún que el conductor, no obstante su falta de protección física lo expone a mayor riesgo cuando tiene que compartir la vía con los vehículos. Por eso un gran porcentaje de las personas muertas en accidentes de tránsito son peatones.

Por lo tanto se deberá estudiar al peatón no solamente por ser víctima, sino porque también es una de las causas, para la cual es necesario conocer las características del movimiento de los peatones y la influencia que tienen ciertas características como ser la edad, sexo, motivo de recorrido, etc.

2.1.1.2 El vehículo

Las dimensiones y características de funcionamiento de los vehículos, son factores básicos para reglamentar el tránsito y proyectar vías y terminales. 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.

Tabla N° 1 Parque automotor según tipo de vehículo

Clase de vehículo	2015		2016		Variación porcentual
	Número de vehículos	Participación porcentual	Número de vehículos	Participación porcentual	
Total	1574552	100,000	1711005	100,000	8,700
Automóvil	283690	18,000	303733	17,800	7,100
Camión	116130	7,410	123929	7,200	6,700
Camioneta	158567	10,100	173211	10,100	9,200
Furgón	9686	0,600	11360	0,700	17,300
Jeep	58421	3,700	60871	3,600	4,200
Microbus	19330	1,200	19584	1,100	1,300
Minibús	85124	5,400	94358	5,500	10,800
Motocicleta	336221	21,400	391219	22,900	16,400
Ómnibus	9874	0,600	10863	0,600	10,000
Quadra track	3716	0,200	4239	0,200	14,100
Torpedo	99	0,000	98	0,000	1,000
Tracto-camión	21252	1,300	22756	1,300	7,100
Trimóvil-camión	18	0,000	18	0,000	0,000
Vagoneta	472424	30,000	494766	28,900	4,700

Fuente: Actualidad estadística parque automotor Bolivia 2016 (RUAT)

2.1.1.3 La vía

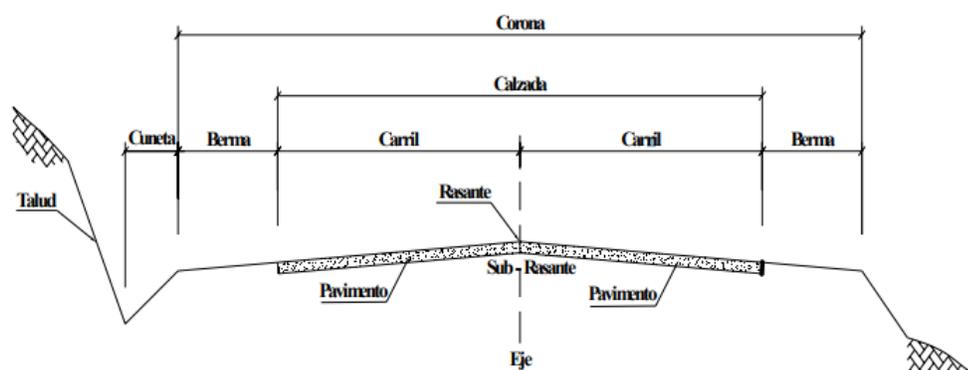
La vía es una infraestructura de transporte especialmente acondicionada dentro de toda una faja de terreno, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua en el espacio y en el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y comodidad.

El elevado nivel de vida de un país se relaciona con un excelente sistema vial o viceversa. La clasificación para diseño consulta seis categorías divididas en dos grupos, ellas son:

Carreteras: Autopistas, autorrutas y primarias.

Caminos: Colectores, locales y de desarrollo.

Figura N° 1 Partes integrantes de la vía



Fuente: Diseño geométrico de carreteras de James Cárdenas Grisales

2.2 CARACTERÍSTICAS DEL TRÁNSITO

El ingeniero vial debe conocer las características del tránsito, ya que esto le será útil durante el desarrollo de proyectos viales y planes de transporte, en el análisis del comportamiento económico, en el establecimiento de criterios de diseño, en la selección e implantación de medidas de control de tránsito y en la evaluación del desempeño de las instalaciones de transporte.

2.2.1 Velocidad del proyecto

La velocidad de proyecto o velocidad de diseño, es la velocidad máxima a la cual pueden circular los vehículos con seguridad sobre una sección específica de una vía, cuando las condiciones atmosféricas y del tráfico son tan favorables que las características geométricas del proyecto gobiernan la circulación. La velocidad de proyecto debe ser seleccionada de acuerdo a: la importancia o categoría de la futura vía, los volúmenes de tráfico, la topografía de la región, uso del suelo y la disponibilidad de recursos económicos. Es conveniente mantener constante la velocidad de proyecto, pero dadas las limitaciones topográficas que se puedan presentar, la velocidad de proyecto puede variar en distintos tramos de la vía. No se debe usar velocidades de proyecto muy altas, debido a que se encarece la obra y el ahorro de tiempo de viaje no es muy significativo.

2.2.2 Volumen de tráfico

Entendemos por volumen de tránsito o tráfico al número total de vehículos que pasa por un punto o sección transversal o por un tramo de un carril o carretera durante un intervalo

de tiempo dado; los volúmenes pueden expresarse en términos anuales, diarios, horarios o en periodos inferiores de una hora.

El volumen es una variable utilizada para cuantificar la demanda, esto se refiere al número de viajeros o conductores (normalmente expresados como números de vehículos) que desean usar una infraestructura viaria dada durante un periodo específico. La variación del volumen con relación al tiempo ha dado origen a otros parámetros, para mayor conocimiento definiremos los mismos solamente orientados a las infraestructuras viarias en estudio, que son las carreteras y calles.

2.2.2.1 Tránsito promedio diario (TPD)

Se entiende por tránsito promedio diario a la cantidad de vehículos que circulan por una carretera o calle en un periodo de tiempo de 24 horas. Este parámetro es un valor indicativo muy importante de la intensidad del volumen de tráfico, sin embargo no muestra las variaciones en tiempos más cortos por lo que su utilización no es recomendable en el diseño.

Si los aforos corresponden a todos los días de un año, suele conocerse al valor promedio como tránsito promedio diario anual (TPDA).

2.2.2.2 Tránsito promedio horario (TPH)

Es la cantidad de vehículos que circulan por una sección de una carretera en un periodo de tiempo de una hora, a diferencia del TPD el TPH nos permite conocer las variaciones del volumen en tiempos cortos de una hora que muestra más claramente la intensidad del volumen de tráfico y sus variaciones.

Si no es posible realizar aforamientos del TPH, de acuerdo a varios estudios en carreteras se podría considerar que el TPH está entre el 12% al 15% del TPD. Si el TPH ha sido aforado en todas las horas correspondientes a los 365 días del año, se puede considerar a este valor como TPHA.

Tampoco es aplicable para fines de diseño este parámetro, ya que de aplicarse se tomaría el TPH máximo considerando a este como el más desfavorable, pero debido a que este valor máximo, se presenta en muy pocas horas dentro del registro anual, esto implicaría

un sobredimensionamiento, por ello se establece otro parámetro para fines de diseño denominado volumen directriz.

2.2.2.3 Volumen directriz

Es un parámetro que refleja la cantidad de vehículos por hora que circula normalmente por la sección de una carretera o calle. Este parámetro no es medible directamente, sino que se establece por definición que es el valor máximo trigésimo de orden descendente de los volúmenes horarios máximos correspondientes los 365 días del año.

En países donde el tráfico no es muy alto también suele usarse los valores 50 y 80 de este orden descendente como volumen directriz.

2.2.2.4 Composición del volumen

Con el fin de diseñar o planificar la circulación vehicular en carreteras y calles no solo interesa la cantidad de vehículos que circulan por la carretera, sino la composición de esa cantidad, de tal manera que se ha visto conveniente clasificar el tráfico que circula en:

Tabla N° 2 Composición del volumen

Livianos			Medianos			Pesados			
Autos	Jeeps	Camionetas	Microbus 12 a 15 asientos	Bus 15 a 21 asientos	Camiones medianos de carga	Camión remolque	Camión semi remolque	Buses >35 asientos	Camiones grandes

Fuente: Elaboración propia

2.2.3 Aforos de volumen

Los aforos de volumen realizados en un punto o sección de una vía nos permiten obtener datos relacionados con el movimiento de automóviles respecto al tiempo y espacio, las características de los aforos dependen del tipo de análisis solicitado en una vía. Los aforos de volumen sirven para efectuar:

Estudios prioritarios de conservación (mantenimiento).

Estudios prioritarios de construcción.

Estudios prioritarios de señalización.

Estudios de accidentes en la zona.

2.2.3.1 Métodos de aforo

Método manual

Este método de aforo consiste en el llenado de planillas elaboradas de acuerdo al tipo de datos a recabar en la vía, a cargo de una o varias personas. Los tipos de datos pueden ser: composición vehicular, flujo direccional y por carriles o volúmenes totales.

El tiempo de aforo pueden ser periodos de una hora o menos, un día, un mes o un año.

Método mecánico

Se realiza mediante dispositivos mecánicos instalados en la vía, estos dispositivos son:

Detectores neumáticos: Consiste en un tubo neumático colocado en forma transversal sobre la calzada que registra mediante impulsos causados por las ruedas de los vehículos el conteo de los ejes del mismo.

Contacto eléctrico: Consiste en una placa de acero recubierta por una capa de hule que contiene una tira de acero flexible, que al accionar de las ruedas del vehículo cierra circuito y procede al conteo respectivo, con este dispositivo se pueden realizar conteos por carril y sentido.

Fotoeléctrico: Consiste en una fuente emisora de luz colocada a un lado de la vía, realiza el conteo de vehículos cuando estos interfieren con la luz del dispositivo.

Encuestas de origen y destino

Se utilizan para recopilar datos sobre números y tipos de viajes incluyendo movimiento de vehículos y pasajeros, desde varias zonas de origen hacia zonas de destino. Se utiliza este tipo de encuestas para propósitos de planeación de mejoras o aperturas de vías.

2.3 LEYES Y REGLAMENTO DE TRÁNSITO

Es evidente que el tránsito de vehículos y la circulación de peatones deben regularse por medios eminentemente restrictivos a fin de prevenir los conflictos que de otro modo se producirían. Para ello es necesario:

Dictar reglas generales de circulación, dárselas a conocer a los usuarios de las vías y hacerlas cumplir.

Establecer restricciones específicas para el tránsito en las vías de acuerdo con las reglas generales y dispositivos especiales tales como señales, marcas, semáforos, etc.

Muchas veces los municipios o ciudades dictan sus propias reglas para el tránsito, en forma de ordenanzas municipales que complementan las leyes estatales, sus reglamentos o ambos.

2.4 DISPOSITIVOS DEL TRÁNSITO SEÑALES Y MARCAS

Los dispositivos para regular el tránsito son los medios físicos que se emplean para indicar detalladamente a los usuarios de las vías públicas la forma correcta y segura de transitar por ellas a fin de evitar accidentes y demoras innecesarias. Entre las funciones de estos dispositivos se encuentra prevenir a los conductores y peatones sobre peligros existentes y guiarlos en sus recorridos por las vías, los dispositivos que se usan para regular la circulación son las llamadas señales de tránsito, las marcas en las vías y sus inmediaciones, los semáforos y otros.

2.4.1 Requisitos de la señalización de tránsito

Toda señal de tránsito debe satisfacer los siguientes requisitos mínimos para cumplir integralmente su objetivo:

Debe ser necesaria.

Debe ser visible y llamar la atención.

Debe ser legible y fácil de entender.

Debe dar tiempo suficiente al usuario para responder adecuadamente.

Debe infundir respeto.

Debe ser creíble.

2.4.2 Aspectos claves de la señalización

El cumplimiento de los requisitos mínimos a que se refiere el párrafo anterior supone que, a su vez, las señales deben satisfacer determinadas condiciones respecto de los siguientes aspectos claves:

2.4.2.1 Diseño

El diseño y la apariencia exterior de un dispositivo son fundamentales para que éste desempeñe satisfactoriamente su función. El tamaño, contraste, colores, forma y composición de un dispositivo son factores muy importantes para favorecer la interpretación del mensaje del dispositivo a mayor distancia y en menos tiempo.

2.4.2.2 Emplazamiento

Toda señal debe ser instalada de tal manera que capte oportunamente la atención de usuarios de distintas capacidades visuales, otorgando a éstos la facilidad y el tiempo suficiente para distinguirla de su entorno, leerla, entenderla, seleccionar la acción o maniobra apropiada y realizarla con seguridad y eficacia. Un conductor que viaja a la velocidad máxima que permite la vía, debe tener siempre el tiempo suficiente para realizar todas estas acciones.

2.4.2.3 Conservación y mantenimiento

Toda señalización tiene una vida útil que es función de los materiales utilizados en su fabricación, de la acción del medio ambiente, de agentes externos y de la permanencia de las condiciones que la justifican. Por ello, resulta imprescindible que las autoridades responsables de la instalación y mantenimiento de las señales cuenten con un catastro de ellas y con un programa de mantenimiento e inspección que asegure su oportuna limpieza, reemplazo o retiro.

2.4.2.4 Justificación

En general, se recomienda usar un número razonable y conservador de señales, ya que su uso excesivo reduce su eficacia.

2.5 SEÑALES DE TRÁNSITO

Son los dispositivos para regular el tránsito que comunican un mensaje al usuario de una vía por medio de inscripciones o signos convencionales. Estas señales deben cumplir con los cinco requisitos fundamentales que se exigen a esos dispositivos; es decir, desempeñar una función necesaria, llamar la atención, ser claras y sencillas, dar tiempo suficiente para responder e infundir respeto.

2.5.1 Señalización vertical

2.5.1.1 Función

Las señales verticales son placas fijadas en postes o estructuras instaladas sobre la vía o adyacentes a ella, que mediante símbolos o leyendas determinadas cumplen la función de prevenir a los usuarios sobre la existencia de peligros y su naturaleza, reglamentar las prohibiciones o restricciones respecto del uso de las vías, así como brindar la información necesaria para guiar a los usuarios de las mismas.

De acuerdo con la función que cumplen, las señales verticales se clasifican en:

Señales preventivas: Las señales de advertencia de peligro (preventivas) tienen como propósito advertir a los usuarios la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal.

Señales reglamentarias o restrictivas: Tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías las prioridades en el uso de las mismas, así como las prohibiciones, restricciones y autorizaciones existentes. Su trasgresión constituye infracción a las normas del tránsito.

Señales informativas: Las señales informativas tienen como propósito orientar y guiar a los usuarios del sistema vial, entregándoles información necesaria para que puedan llegar a sus destinos de la forma más segura, simple y directa posible.

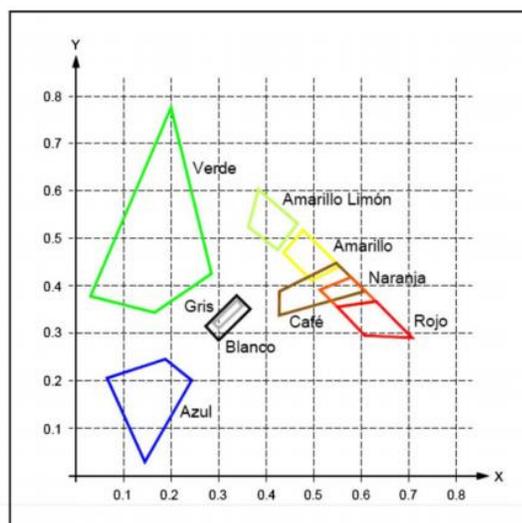
2.5.1.2 Color y retrorreflectancia

Las señales que se instalen deberán ser visibles para los usuarios, con el fin de permitir que se produzca una pronta y adecuada reacción, aun cuando el usuario se acerque a la señal a alta velocidad. Los dispositivos deben cumplir con las siguientes características:

buena visibilidad, tamaño de letras adecuado, leyenda corta, símbolos y leyendas acordes, formas acordes con lo especificado.

Colores: Las señales verticales se deben construir con los colores especificados para cada una de ellas. Los colores se definirán sobre la base de coordenadas cromáticas y deben estar dentro de los polígonos correspondientes, especificados en el diagrama cromático CIE 1931.

Figura N° 2 Diagrama cromático CIE 1931 para señales verticales



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la ABC

Retroreflectancia: La retroreflexión corresponde a uno de los parámetros más importantes de una señal vertical, ya que ésta debe ser visualizada tanto de día como de noche. Así, en períodos nocturnos, la lámina retroreflectiva con que cuenta una señal, permite que tenga la propiedad de devolver parte de la luz a su fuente de origen, lo que se traduce en que los conductores al iluminarla con los focos del vehículo, puedan apreciarla con mayor claridad.

2.5.1.3 Emplazamiento

La ubicación de una señal vertical corresponde a un tema de gran relevancia, considerando que de esto dependerá la visibilidad adecuada y la reacción oportuna de los diferentes usuarios de una vía. Como criterio general, toda señalización de tránsito deberá instalarse dentro del cono visual del usuario de la vía, de manera que atraiga su atención y facilite

su interpretación, tomando en cuenta la velocidad del vehículo, en el caso de los conductores.

Ubicación longitudinal: La ubicación de una señal debe garantizar que un usuario que se desplaza a la velocidad máxima que permite la vía, será capaz de interpretar y comprender el mensaje que se le está transmitiendo, con el tiempo suficiente para efectuar las acciones que se requieran para una eficiente y segura operación.

En lo que se refiere a la separación que debe respetarse entre cada tipo de señal, en el sentido longitudinal, es decir, paralelo al eje de la vía, la Tabla N° 3 entrega distancias mínimas de separación entre diferentes tipos de señales, con la finalidad que el conductor del vehículo cuente con el tiempo suficiente para efectuar las maniobras adecuadas.

Tabla N° 3 Distancia mínima (m) entre señales

Orden en que el conductor vera las señales	Velocidad (km/h)			
	120-110	100-90	80-60	50-30
Reglamentaria ó advertencia →Reglamentaria ó advertencia	50	50	30	20
Reglamentaria ó advertencia →Informativa	90	80	60	40
Informativa →Reglamentaria ó advertencia	60	50	40	30
Informativa →Informativa	110	90	70	50

Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la ABC

Ubicación lateral: La ubicación lateral de una señal vertical, dependerá a la distancia, medida desde el borde de la calzada, a la cual será instalada. Para esto, es importante tener presente que el conductor de un vehículo tiene una visibilidad en la forma de un cono de proyección, el que se abre en un ángulo de alrededor de 10° con respecto a su eje visual. Por lo tanto, se deberá asegurar que la señal quedará instalada en esa zona.

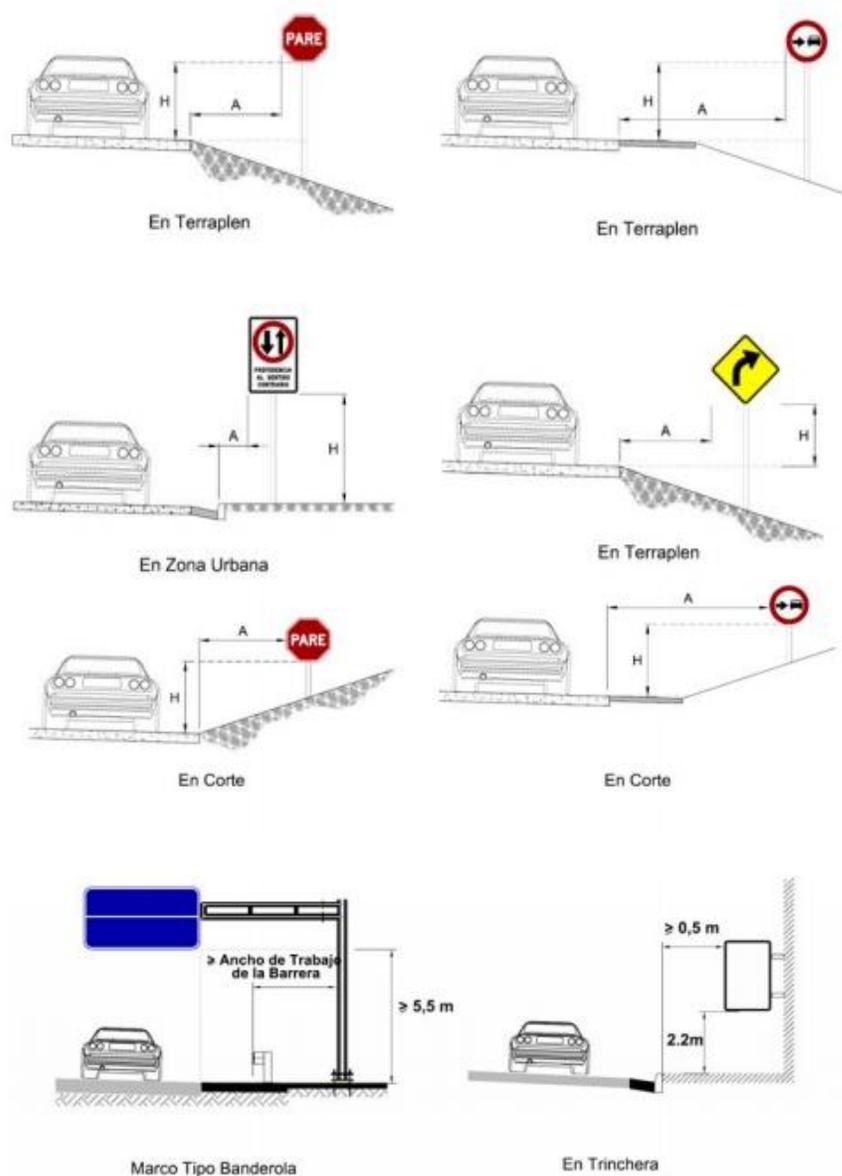
Para una mejor interpretación de la ubicación lateral de una señal vertical, tanto en distancia desde la calzada como en altura, se incluye a continuación Figura N° 3 y la Tabla N° 4.

Tabla N° 4 Ubicación transversal de señales verticales (distancia y altura)

Tipo de vía	A (m)	H(m)	
	Mínimo	Mínimo	Máximo
Carreteras	2,00	1,50	2,20
Caminos	1,50	1,51	2,20
Vías urbanas	0,60	2,00	2,20

Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la ABC

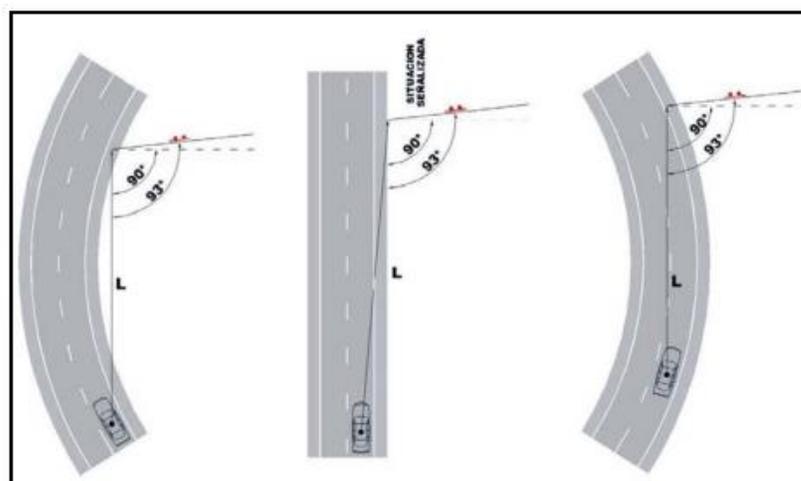
Figura N° 3 Ubicación transversal de señales verticales (distancia y altura)



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la ABC

Orientación: Considerando que una lámina retrorreflectante, al ser iluminada por los focos de un vehículo, podría devolver demasiada cantidad de luz al conductor, ocasionando encandilamiento o dificultades para una adecuada comprensión del mensaje de la señal, se deberá instalar la placa de manera tal, que ésta y una línea paralela al eje de la calzada, formen un ángulo levemente superior a los 90° (ángulo recto), recomendándose un valor de 93° , según se puede apreciar en la Figura N° 4.

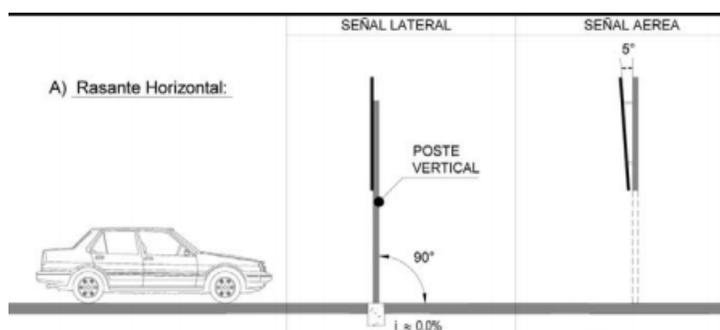
Figura N° 4 Orientación de la señal (perspectiva horizontal)

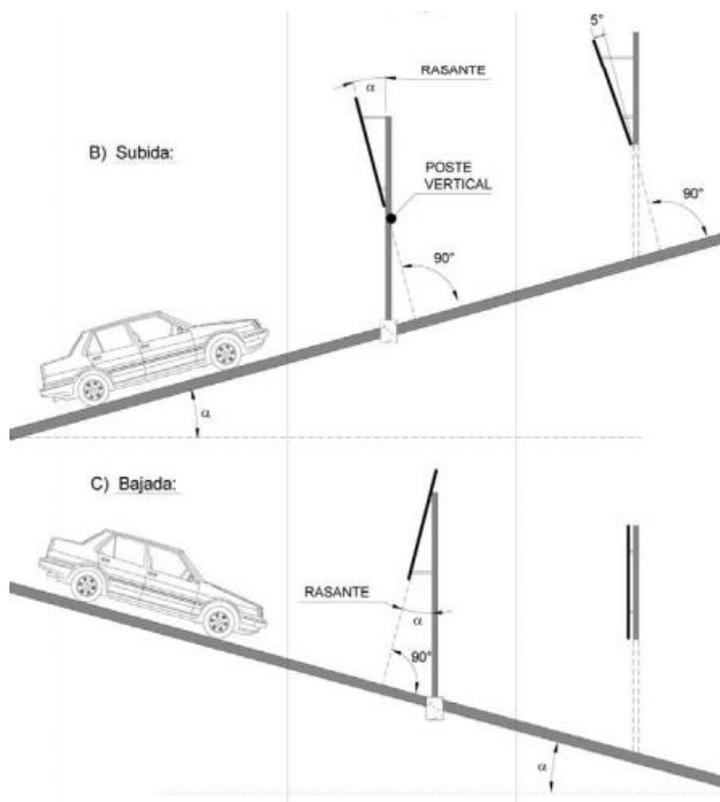


Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la ABC

Por otro lado, se debe considerar la orientación de la señal, desde una perspectiva vertical, los criterios anteriores, son válidos para todas las señales verticales, incluyendo señales tipo elevadas.

Figura N° 5 Orientación de la señal (perspectiva vertical)





Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la ABC

2.5.1.4 Tableros

Los tableros de las señales verticales serán elaborados en lámina de acero galvanizado, aluminio o poliéster reforzado con fibra de vidrio. Los mensajes de las señales serán elaborados sobre figuras retrorreflectivas que cumplan con los requisitos y adheridos a la lámina metálica cumpliendo con las especificaciones. Las dimensiones de los tableros de las señales verticales son distintas de acuerdo a qué tipo de señal pertenezcan.

2.5.1.5 Estructuras de soporte

Tan importante como la ubicación de una señal vertical, es la sustentación de la placa, la que debe mantenerse estable para diferentes condiciones climáticas, además de acciones vandálicas que pudieren modificar su correcta posición.

2.5.1.6 Señales preventivas

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. 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.

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 ANDRÉS (SP-33). En la Figura N° 6 se presenta las formas básicas que caracterizan a este tipo de señales.

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.

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 retroreflexión mínimo.

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

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).

Clasificación

Figura N° 6 Señales preventivas 1-68





SP-26
BIFURCACIÓN
DERECHA EN "Y" INVERTIDA



SP-27
BIFURCACIÓN ESCALONADA
IZQUIERDA



SP-28
BIFURCACIÓN ESCALONADA
DERECHA



SP-29
INCORPORACIÓN DE TRÁNSITO
IZQUIERDA



SP-30
INCORPORACIÓN DE TRÁNSITO
DERECHA



SP-31
CRUCE FERROVIARIO A NIVEL
SIN BARRERAS



SP-32
BARRERA



SP-33
PASO FERROVIARIO A NIVEL
(CRUZ DE SAN ANDRÉS)



SP-34
SEMÁFORO



SP-35
PREVENCIÓN DE PARE



SP-36
PREVENCIÓN DE CEDA EL PASO



SP-37
ROTONDA



SP-38
REDUCCIÓN SIMÉTRICA
DE LA CALZADA



SP-39
REDUCCIÓN ASIMÉTRICA
DE LA CALZADA DERECHA



SP-40
REDUCCIÓN ASIMÉTRICA
DE LA CALZADA IZQUIERDA



SP-41
ENSANCHE SIMÉTRICO
DE LA CALZADA



SP-42
ENSANCHE ASIMÉTRICO
DE LA CALZADA IZQUIERDA



SP-43
ENSANCHE ASIMÉTRICO
DE LA CALZADA DERECHA



SP-44
PUENTE
ANGOSTO



SP-45
TÚNEL



SP-46
TRABAJOS EN LA VÍA



SP-47
MAQUINARIA EN LA VÍA



SP-48
CIRCULACIÓN EN
AMBOS SENTIDOS



SP-49
ZONAS DE
DERRUMBES



SP-50
SUPERFICIE
DESIZANTE



SP-51
MAQUINARIA
AGRICOLA EN LA VÍA



SP-52
PEATONES EN LA VÍA



SP-53
ZONA ESCOLAR



SP-54
ZONA DE JUEGOS



SP-55
ANIMALES EN LA VÍA



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la ABC

2.5.1.7 Señales reglamentarias o restrictivas

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. Estas señales se identifican con el código SR.

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.

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 CICLO VÍA, 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-28a PROHIBIDO ESTACIONARSE Y DETENERSE, llevará adicionalmente otra franja diagonal, desde el cuadrante superior derecho hasta el cuadrante inferior izquierdo.

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 retrorreflexión.

Clasificación

A continuación se representa un resumen con todas las señales.

Figura N° 7 Señales reglamentarias 1-43





Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la ABC

2.5.1.8 Señales informativas

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.

Forma

En general, las señales informativas tendrán forma rectangular o cuadrada. En el caso en que se requiera adosar placas que amplíen la información de las señales, éstas serán de forma rectangular.

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.

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 para vías convencionales, verde.

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. Dependiendo de las características y jerarquía de la vía.

Los conductores no deben distraer su atención de la vía por más de un instante, es por eso que una señal informativa no debe contener un texto de más de 3 líneas.

Clasificación

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

a.- Señales que guían al usuario a su destino

De preseñalización (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).

c.- Otras (IO)

Informativas de control (ICO).

Tamaño especial (IT(E) - IS (E)).

En las ilustraciones se pueden apreciar, en forma resumida, algunos de los tipos de señales indicadas anteriormente.

Figura N° 8 Señales informativas



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la ABC

Figura N° 9 Señales informativas de control ICO



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la ABC

Figura N° 10 Señales informativas de atractivo turístico





Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la ABC

Figura N° 11 Señales informativas de tamaño especial



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la ABC

2.5.1.9 Dispositivos de canalización

Estos elementos tienen por objetivo guiar y advertir al usuario en la conducción, respecto de los bordes de la plataforma de un camino durante la noche o en condiciones de escasa visibilidad, o mostrar la dirección de una curva, cuya geometría imponga una restricción en la velocidad de circulación. Los elementos de canalización son los siguientes:

Hito de arista doble cara (DC – 1).

Hito de arista derecho (DC – 2a).

Hito de arista izquierdo (DC – 2b).

Hito de vértice (DC – 3).

Hito delineador (DC – 4).

Delineador direccional simple derecho (DC – 5a).

Delineador direccional simple izquierdo (DC – 5b).

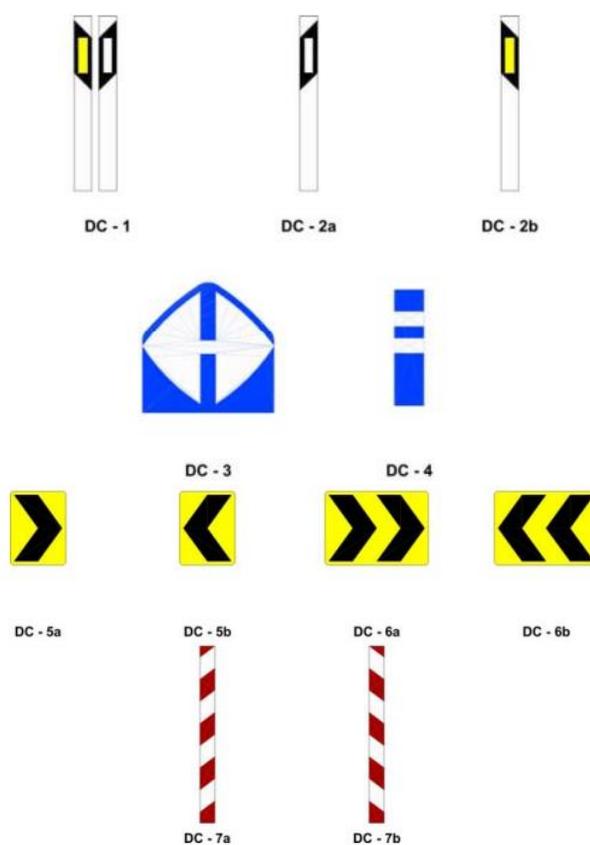
Delineador direccional doble derecho (DC – 6a).

Delineador direccional doble izquierdo (DC – 6b).

Delineador vertical derecho (DC – 7a).

Delineador vertical izquierdo (DC – 7b).

Figura N° 12 Dispositivos de canalización DC



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la ABC

2.5.2 Señalización de tránsito horizontal (demarcación)

Se abordan los conceptos involucrados en la señalización horizontal de tránsito, la que corresponde a demarcaciones tipo líneas, símbolos, letras u otras, entre las que se incluyen

las tachas retroreflectantes complementarias, con la finalidad de informar, prevenir y regular el tránsito.

Considerando que la señalización horizontal se ubica sobre la calzada, presenta la ventaja frente a otros tipos de señales de transmitir su mensaje al conductor sin que éste distraiga su atención de la pista en que circula. Desde este punto de vista, el lograr una mejor señalización horizontal constituye un objetivo prioritario de la seguridad vial.

No obstante, como desventaja, la visibilidad se ve afectada por variables ambientales, tales como nieve, lluvia, polvo, alto tránsito y otros. Por lo tanto, frente a maniobras de alto riesgo tales como zonas de no adelantar, o de detención PARE, deben siempre ser reforzadas con la señalización vertical correspondiente.

2.5.2.1 Función

Las señales horizontales o demarcaciones, son marcas o elementos instalados sobre el pavimento, que mediante el uso de símbolos y leyendas determinadas cumplen la función de ordenar y regular el uso de la calzada.

La demarcación mediante líneas de pista, de eje y de borde otorga un mensaje continuo al usuario, definiendo inequívocamente el espacio por el cual debe circular, otorgando al conductor la seguridad de estar transitando por el espacio destinado para tal efecto. Por el contrario, la ausencia de demarcación, genera comportamientos erráticos e inesperados en los conductores.

Las señales no son necesarias ni deben ser usadas para confirmar prescripciones contempladas en la ley; por el contrario, deben ser instaladas previo análisis técnico, solo en aquellos lugares donde estas se justifiquen.

2.5.2.2 Color y retrorreflectancia

2.5.2.2.1 Visibilidad nocturna (retrorreflectancia)

Demarcaciones planas: Las demarcaciones deberán ser visibles en cualquier período del día y bajo toda condición climática, por ello se confeccionan con materiales apropiados, como pinturas que junto a micro esferas de vidrio, se someten a procedimientos que aseguran su retrorreflexión. Esta propiedad, permitirá que las micro esferas sean visibles

en la noche al ser iluminadas por las luces de los vehículos, ya que una parte significativa de la luz que reflejan retorna hacia la fuente luminosa.

Demarcaciones elevadas: Tratándose de demarcaciones elevadas (tachas), la superficie retrorreflectante debe ser siempre a lo menos de 10 cm^2 . Cuando el elemento instalado pierda parte de dicha superficie, no alcanzando el mínimo señalado, se deberá retirar e instalar uno nuevo. Se establece que los valores mínimos de retrorreflexión serán los considerados en la Tabla N° 5.

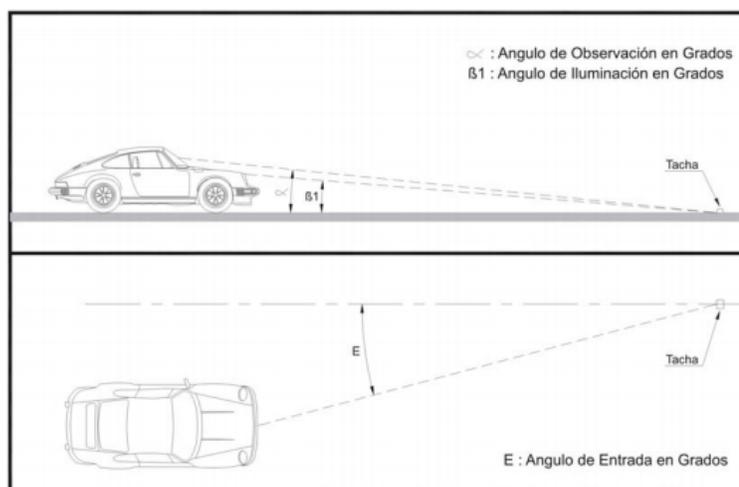
Tabla N° 5 Coeficiente de intensidad luminosa retrorreflectante R_L

Ángulo de entrada E	Ángulo de observación α	Mínimo valor R_L ; mili candelas por luz (mcd/lx)				
		Blanca	Amarilla	Roja	Verde	Azul
0°	$0,20^\circ$	279	167	70	93	26
$+20^\circ - 20^\circ$	$0,20^\circ$	112	67	28	37	10

Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la ABC

Los ángulos de entrada y observación a que se refiere la tabla anterior, son representados en las figuras siguientes:

Figura N° 13 Ángulo de entrada y de observación



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la ABC

2.5.2.2.2 Visibilidad diurna (color y factor de luminancia)

Color de demarcaciones planas: Las líneas longitudinales y marcas deben ser:

Amarillo: El color amarillo define la separación de corrientes de tránsito de sentido opuesto en caminos de doble sentido con calzadas de uno o varios carriles y líneas de barrera. Este color se utiliza también en las islas divisorias y en las marcas para prevenir el bloqueo de una intersección.

Blanco: El blanco define la separación entre tránsito en el mismo sentido y la demarcación de borde de calzada, pasos peatonales y espacios de estacionamiento. Las flechas, símbolos y letras serán de color blanco.

Demarcaciones elevadas: Las demarcaciones elevadas (tachas) pueden ser blancas, amarillas o rojas, debiendo coincidir el color de la superficie o lámina retrorreflectante con el del cuerpo del elemento que la contiene, con la excepción de las tachas bicolor. Se utiliza el blanco para indicar líneas que pueden ser traspasadas, el amarillo para señalar líneas que no pueden ser traspasadas.

2.5.2.3 Clasificación de señales horizontales

La señalización horizontal, en función de su altura, podrá ser de alguno de los siguientes tipos:

Planas: Son las de hasta 6 mm de altura.

Elevadas: Son las de más de 6 mm y hasta 21 mm de altura, utilizadas para complementar a las primeras. Una demarcación elevada aumenta su visibilidad, especialmente, al ser iluminada por la luz proveniente de los focos de los vehículos, aún en condiciones de lluvia, situación en la cual, generalmente, la demarcación plana pierde eficacia.

2.5.2.3 Características básicas de las demarcaciones

2.5.2.4.1 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 es traspasable por cualquier conductor.

Líneas de eje

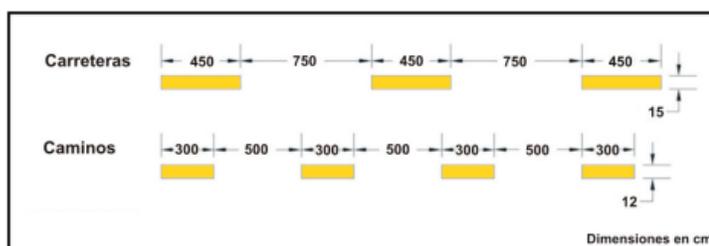
Las líneas de eje central se utilizan en calzadas bidireccionales para indicar donde se separan los flujos de circulación opuestos. Se ubican generalmente en el centro de dichas calzadas; sin embargo, cuando la asignación de pistas para cada sentido de circulación es desigual, dicha ubicación no coincide con el centro.

Dada la importancia de ésta 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.

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/h. El ancho de la línea continua será de 12 cm, para rutas con velocidades mayores su ancho será de 15 cm.

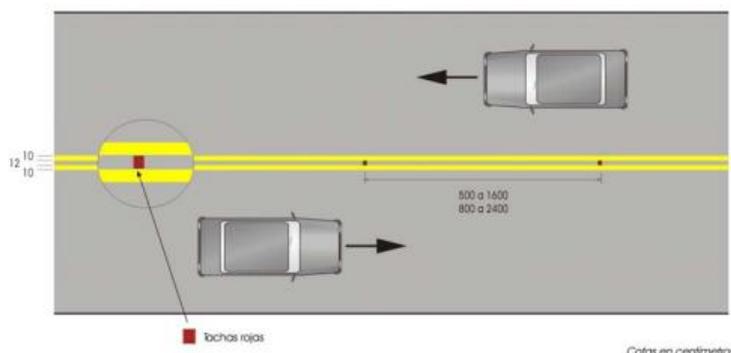
Figura N° 14 Diseño de líneas discontinuas



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la ABC

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

Figura N° 15 Líneas continuas dobles



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la ABC

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.

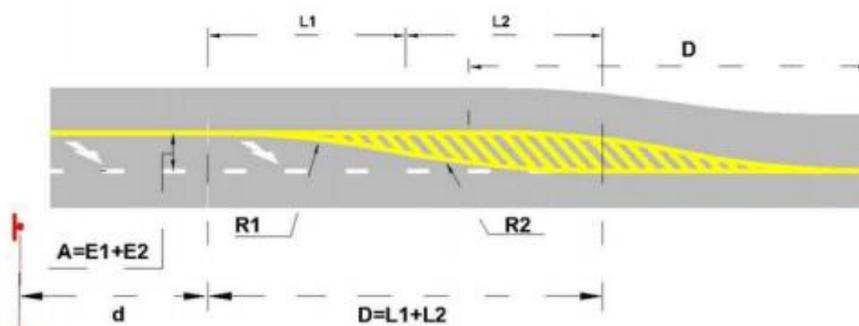
Línea doble amarilla discontinua: Se utiliza para indicar carriles reversibles.

Otras líneas longitudinales

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.

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.

Figura N° 16 Reducción de pista



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la ABC

2.5.2.4.2 Líneas de carril

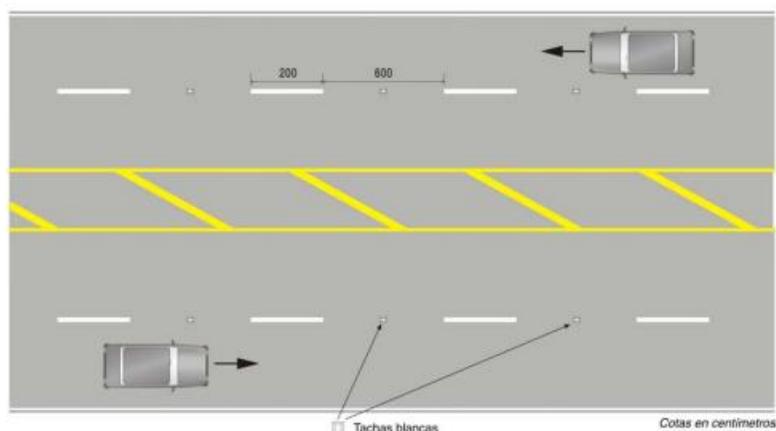
La función principal de las líneas de pista es ordenar el tránsito y posibilitar un uso más seguro y eficiente de las vías, especialmente en zonas congestionadas. Estas líneas separan flujos de tránsito en la misma dirección, y pueden ser de dos tipos; continuas o segmentadas.

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.

Línea segmentada normal: Se dispondrán en tramos de una vía, donde se permite reglamentariamente la maniobra de cambio de pista, desde una pista normal de circulación a otra de circulación normal.

Figura N° 17 Líneas de pistas segmentadas



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la ABC

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, pistas de viraje, pistas de salidas directas, pistas de incorporación, pistas lentas, etc.

Línea blanca continua

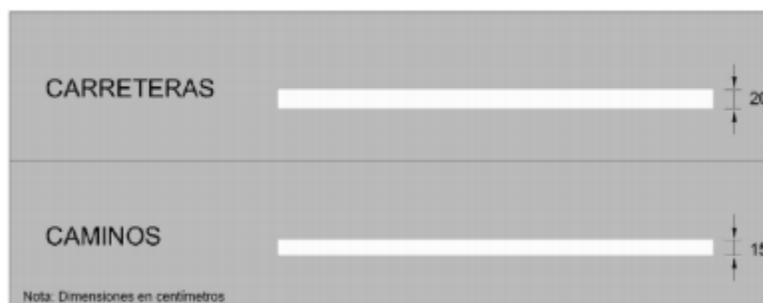
Como ya se ha indicado, la línea continua sobre la calzada significa que ningún conductor con su vehículo debe atravesarla ni circular sobre ella. La línea continua se utiliza para:

Demarcar la separación de carriles, de un mismo sentido de flujo en donde no es permitida la maniobra de adelantamiento.

Demarcar el borde derecho de la calzada, indicando el término de la calzada estas líneas indica 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 líneas deberán disponerse de los anchos indicados en el esquema siguiente, en función del tipo de vía. Para velocidades menores a 60 km/h el ancho de la línea continua será de 12 cm.

Figura N° 18 Dimensiones demarcación continua



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la ABC

2.5.2.4.3 Líneas transversales

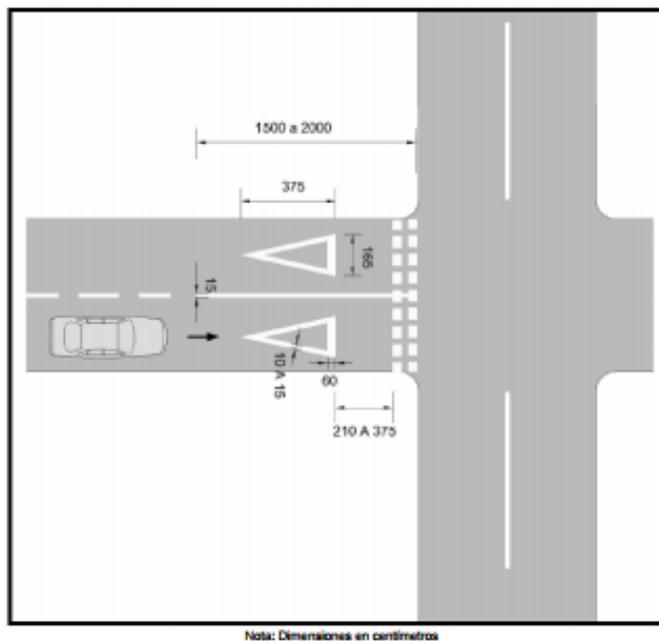
Estas líneas tienen la función de definir puntos de detención y/o sendas de cruce de peatones y ciclistas, pueden ser de dos tipos; líneas de detención y líneas de cruce.

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.

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.

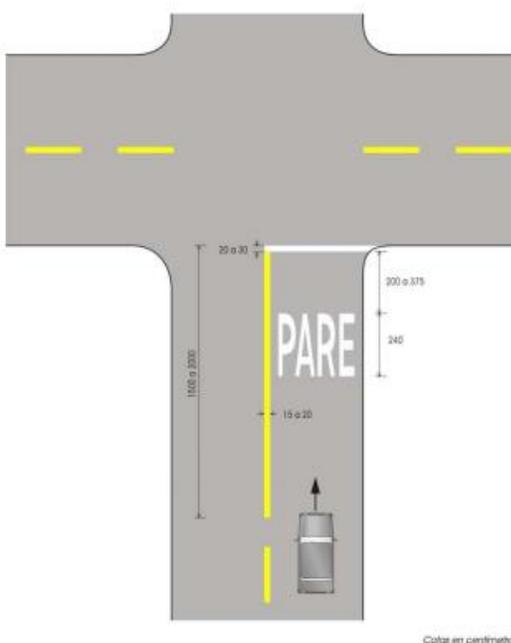
Figura N° 19 Demarcación en cruce regulado señal ceda el paso



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la ABC

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 y deberá presentar las características en cuanto a ancho mostradas en la Figura N° 20.

Figura N° 20 Señalización horizontal en cruce regulado señal pare

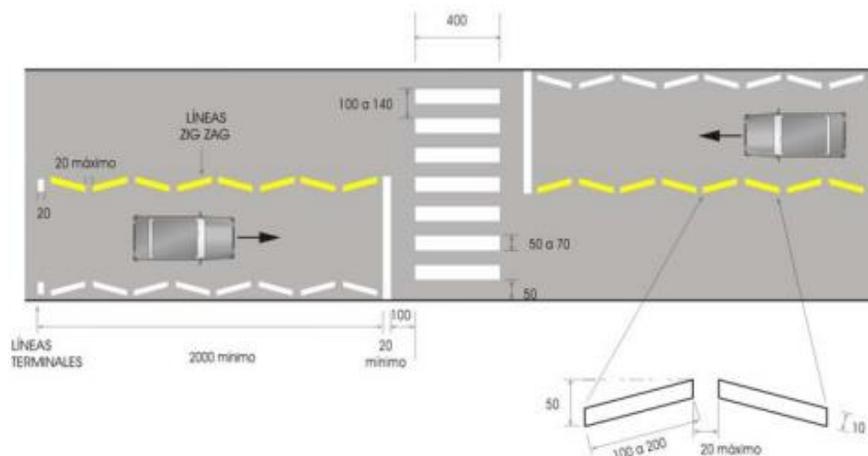


Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la ABC

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, 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 el volumen del flujo peatonal. 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.

Figura N° 21 Señalización horizontal en cruce peatonal tipo paso de cebra



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la ABC

Líneas para cruce peatonal semaforizadas: Corresponde a las líneas de demarcación, que delimitan el sector de la calzada empleada por los peatones, para realizar el atravesado en cruces regulado por semáforo. La demarcación está conformada por dos líneas paralelas de color blanco, cuyo ancho es de 30 cm. y 50 cm. En caso que la intersección presente desalineamientos geométricos, dichas líneas de demarcación podrán no ser paralelas. El ancho “A” de la senda peatonal será de 2 m como mínimo.

2.5.2.4.4 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.

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.

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.

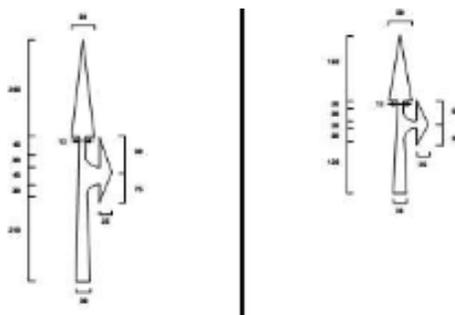
Según las maniobras asociadas a ellas se tienen los siguientes tipos de flechas:

Flecha recta: Ésta 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: Ésta 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: Ésta 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.

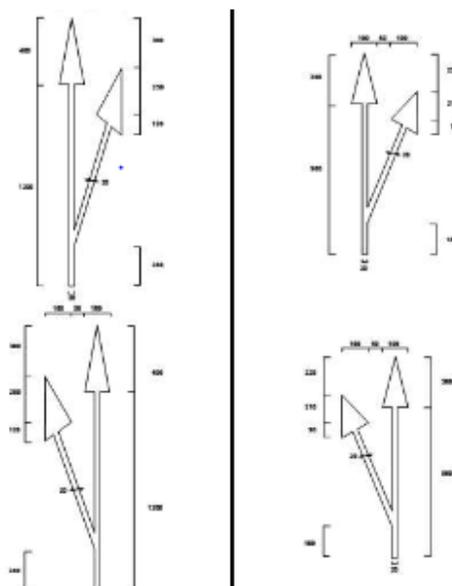
Figura N° 22 Flecha recta y de viraje



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la ABC

Flecha recta y de salida: Ésta 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.

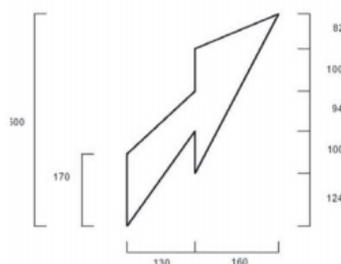
Figura N° 23 Flecha recta y de salida



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la ABC

Flecha de incorporación: Ésta 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 al menos una vez.

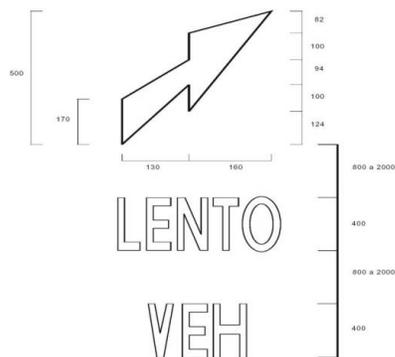
Figura N° 24 Flecha de incorporación



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la ABC

Flecha de incorporación a pistas de tránsito lento: Ésta 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”.

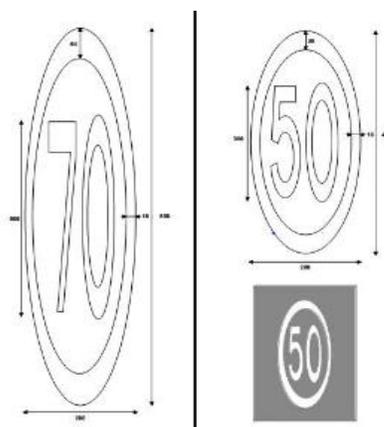
Figura N° 25 Flecha de incorporación a pistas de tránsito lento



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la ABC

Velocidad máxima: Éste símbolo indica la velocidad máxima permitida en la pista en que se ubica.

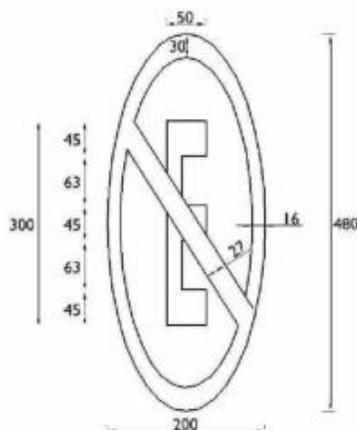
Figura N° 26 Símbolos (velocidad máxima)



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la ABC

Prohibido estacionar: Éste símbolo indica la prohibición de estacionar en la pista en que se ubica. Su color es blanco.

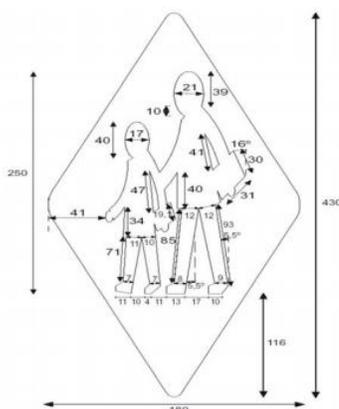
Figura N° 27 Símbolo (prohibido estacionar)



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la ABC

Zona de escuela: Éste símbolo advierte la probable presencia de escolares en la vía.

Figura N° 28 Símbolo (zona escolar)



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la ABC

2.5.2.5 Otras demarcaciones

2.5.2.5.1 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:

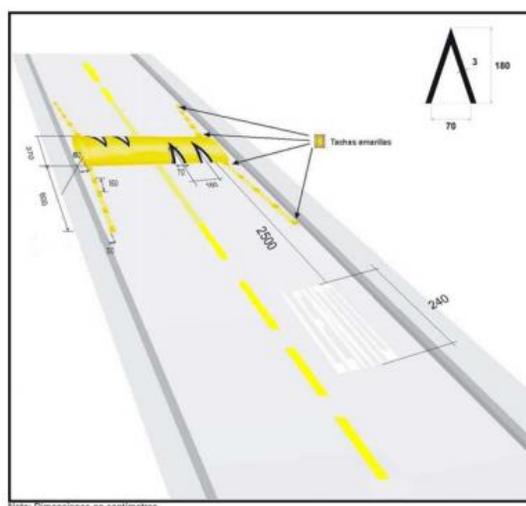
En cruces de vías de acceso no regulados, donde se requiere reducir la velocidad.

Tramos de caminos donde se registra exceso de velocidad.

En cruces y vías para proteger el flujo peatonal.

Zonas de escuela y plazas de juegos infantiles.

Figura N° 29 Resalto



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la ABC

2.5.2.5.2 Distanciadores

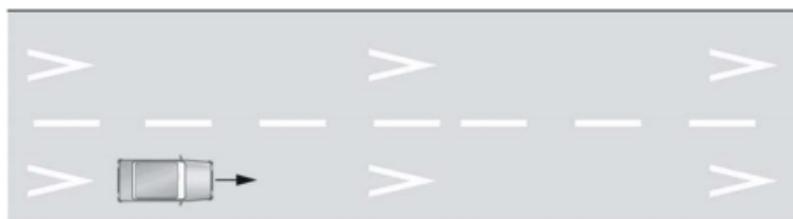
Corresponde a un símbolo empleado para indicar al conductor la distancia al vehículo que lo antecede, con la finalidad de disponer del tiempo suficiente para reaccionar en caso de frenadas en forma intempestiva, esta distancia de seguridad corresponde a la comprendida entre dos distanciadores. Ésta demarcación tiene la forma de una punta de flecha y cuenta con las dimensiones indicadas en la Figura N° 30. Se demarcan en cada pista de circulación a una distancia entre sí que depende de la velocidad máxima permitida en la vía, se indica en la Tabla N° 6.

Tabla N° 6 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 de la ABC

Figura N° 30 Distanciadores



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la ABC

2.5.2.5.3 Tachas

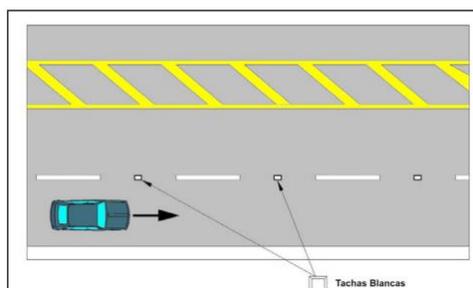
Las tachas se ubican paralelas a una línea de demarcación con la finalidad de confirmar la instrucción entregada por dicha línea, principalmente en la conducción nocturna y bajo condiciones de lluvia. Presenta los siguientes colores:

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.

Figura N° 31 Demarcación elevada tachas



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la ABC

2.5.3 Otros dispositivos de control

2.5.3.1 Semáforos

La principal función de un semáforo en el control de una intersección es el dar el paso a distintos grupos de vehículos (y peatones), de manera de que éstos pasen a través de la intersección con un mínimo de problemas, riesgos y demoras. Los objetivos del diseño de una intersección controlada por semáforos pueden resumirse en:

Reducir y prevenir accidentes en la intersección y su cercanía inmediata.

Reducir las demoras que sufren peatones y vehículos al cruzar la intersección, incluyendo evitar el bloqueo de cruces por largas colas.

Reducir el consumo de combustible en la intersección.

Reducir la emisión de contaminación del aire y otros factores que deterioran el medio como el ruido.

2.5.3.2 Flex-beam o guardavías

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 galvanizadas.

El propósito 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.

CAPÍTULO III
ANÁLISIS DE ACCIDENTALIDAD

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DE ACCIDENTALIDAD

Incuestionablemente el siglo XX se ha destacado como el siglo de la tecnología, el inicio de una era totalmente distinta donde el avance científico le ha permitido al hombre alcanzar los beneficios de los mayores logros tecnológicos jamás pensados ni aún por los escritores de ciencia ficción del ayer.

Gran parte del esfuerzo realizado por el hombre en esta evolución fue aplicado al logro de formas cada vez más rápidas y confortables de desplazamiento, que le permitiera alcanzar grandes distancias en tiempos cada vez menores y a su vez permitir al viajero gozar del máximo confort.

Como es de suponer, estos avances tecnológicos aplicados a la industria automotriz, permitieron la aparición en el mercado de vehículos que no siempre se adecuan a la infraestructura vial existente, a la legislación específica y particularmente a la educación e idiosincrasia de los pueblos, arrojando como consecuencia un índice cada vez mayor de accidentes de tránsito dejando secuelas en lesiones, muertes y pérdidas materiales.

La accidentología vial es una disciplina científica, que estudia las causas y efectos de los accidentes de tráfico terrestre y propone las medidas adecuadas para atenuarlos, vale decir, estudia integralmente el fenómeno con la finalidad de establecer sus causas y paliar sus efectos nocivos a partir de los principios y datos aportados por otras disciplinas científicas.

Se encarga del estudio de accidente de tránsito, considerándose a este tipo de accidentes como aquel que ocurre en la vía pública, en el cual se ven involucrados los diferentes usuarios, tales como peatones, los vehículos de toda clase, los animales que por ella se desplazan y todos los elementos que se encuentran inmersos en el espacio considerado como vía pública, como lo es la calzada, las aceras, los árboles, la lluvia, el agua, etc.

3.1 ACCIDENTE DE TRÁFICO

Según la real academia española, accidente es “un suceso eventual del que involuntariamente resulta daño para las personas o las cosas”, por lo que podemos decir que un accidente de tránsito es un acontecimiento inesperado donde pueden interactuar automóviles, peatones, motocicletas, buses etc., y cualquier otro usuario de las vías, donde se desarrolla un hecho no premeditado, que contiene un elemento de azar y cuyos resultados son indeseables e infortunados.

En un accidente de tráfico cualquiera, siempre debe tomarse el factor imprevisión y las causales que condujeron a él.

3.2 CLASIFICACIÓN DE LOS ACCIDENTES

Existen varias formas de clasificar los accidentes y definir los distintos tipos, desde el punto de vista estadístico, los accidentes pueden adoptar diversas formas o modalidades, de acuerdo al evento que los caracteriza.

3.2.1 Colisión

Designase con tal expresión a los accidentes que se producen entre dos vehículos en movimiento cuando sus trayectorias se encuentran. En ésta familia de accidentes la condición suficiente y necesaria es el movimiento en que deben encontrarse los vehículos.

Colisión frontal: Es aquella en embestimiento o impacto se da y recibe con las partes frontales delanteras de los móviles, estando estos en movimiento. Ellas pueden ser centrales, cuando los ejes longitudinales de los vehículos coinciden, o excéntricas, cuando los ejes longitudinales no coinciden en una recta.

Alcance: Es aquella en que el embestimiento o impacto se da y recibe con las partes frontales delanteras contra la parte frontal posterior de otro y se produce cuando un vehículo que transita a mayor velocidad que otro que le precede le da alcance, igual que la colisión frontal, puede ser central o excéntrico.

Colisión lateral: Es aquella en que el embestimiento o impacto se da con las partes frontales de un vehículo contra el forro lateral de la carrocería o contra el chasis de otro. Las colisiones laterales pueden ser perpendiculares u oblicuas o diagonales, según sea la

posición de los ejes longitudinales de los vehículos en el momento inmediatamente anterior al impacto.

Raspado: Es el roce violento entre los laterales de los vehículos comprometidos en la colisión; si ellos transitan en el mismo sentido de dirección el raspado es negativo y si el sentido de dirección entre ellos es contrario, el raspado es positivo.

3.2.2 Atropello

Ocurre entre un vehículo en movimiento y al menos una persona, donde este puede ocurrir golpes, volteos, aplastamientos, o diferentes grados de atropello.

3.2.3 Choque a objetos fijos

Ocurre entre un vehículo en movimiento y un objeto inerte que puede ser una casa, un poste, un boulevard, una acera, o un vehículo estacionado.

3.2.4 Vuelco

Es un accidente que envuelve un solo vehículo a motor en transporte y donde el conductor de un vehículo pierde el control del mismo, ocurriendo a éste un volteo o vuelcos de campana.

3.3 ACCIDENTES DE TRÁFICO Y SUS CAUSAS

En el estudio de los accidentes de tránsito no resulta fácil averiguar cuáles son las causas que los producen principalmente por dos motivos:

Accidentes con análogas características pueden tener causas muy diferentes.

Sucesos que se consideran como causas ciertas en determinados accidentes no necesariamente son causas que siempre producen accidentes.

La mayoría de los accidentes no son el producto de un único suceso identificado como la causa, sino que son producidos por una cadena de sucesos.

3.3.1 Causas directas

Son aquellos sucesos, acciones o condiciones capaces de alterar irreversiblemente la normal circulación del vehículo produciendo el accidente. Entre ellos podemos citar:

Adelantamiento inadecuado.

Reventón de neumáticos.

Exceso de velocidad en una curva.

3.3.2 Causas indirectas

Son aquellos sucesos, acciones o condiciones que, sin considerarse responsables del accidente, influyeron en el proceso que precedió al mismo. Podemos citar:

Cansancio o estado de ánimo del conductor.

Señalización inapropiada en un determinado lugar.

Defectos mecánicos del vehículo.

Irregularidad en la calzada.

Haciendo un análisis teórico de las causas de los accidentes se establece que, mientras las capacidades del conductor sean superiores a las demandas que plantean la vía y el vehículo, el sistema de circulación será estable. Cuando el equilibrio se rompa, sobrevendrá el accidente.

3.4 PUNTOS NEGROS O 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 100 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.

3.5 TRAMOS DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES (TCA)

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.

3.6 MÉTODOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE TCA

3.6.1 Método del índice de peligrosidad

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

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

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

Dónde:

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.

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

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

Tipología= Autopista, autovía, vía rápida, ruta convencional.

Zona= Urbana, interurbana.

Se identificarán como tramos de concentración de accidentes (TCA), aquellos en que se verifiquen las condiciones contenidas en la Tabla N° 7.

Tabla N° 7 Parámetros para identificar TCA

Tipología	Zona	Rangos de TMDA (veh/día)	Condiciones por tramo de 1 km
Autopistas auto rutas vía rápida	Llana Ondulada Montañosa	> 80000	IP > 30 ó ACV/año > 9
		> 40000 y < 80000	IP > 35 ó ACV/año > 5
		< 40000	IP > 40 ó ACV/año > 3
Ruta convencional	Urbana ó rural llana, ondulada ó montañosa	> 7000	IP > 70 ó ACV/año > 3
		< 7000	IP > 100 ó ACV/año > 3

Fuente: Seguridad vial Universidad Nacional de Córdoba

3.6.2 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 éste 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.

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

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

Un tramo será considerado TCA cuando se cumpla que:

$$N_i \geq k * N_m$$

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

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

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 qué:

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

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

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

Dónde:

n= Es la cantidad de tramos considerados

N_σ = Es el desvío

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

$$S = \Phi(k)$$

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

Dónde 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:

$$N_i \geq N_{lim} \text{ o bien } N_i \geq k * N_\sigma + N_m$$

Tabla N° 8 Nivel de confianza en función del valor de k

Nivel de confianza	Valor de k
0,999	3,575
0,995	3,077
0,950	1,645
0,900	1,282

Fuente: Tabla de distribución normal

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.

3.6.3 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

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

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

$$T_m = \frac{\sum \text{Accidentes}}{\text{TMDA}_{\text{medio}} * \text{N}^\circ \text{ de días} * \text{longitud del tramo}} * 10^6$$

Para definir un TCA debe cumplirse que:

$$T_i \geq k * T_m \text{ con } k \geq 1$$

Dónde “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.

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 Gráfica N° 1.

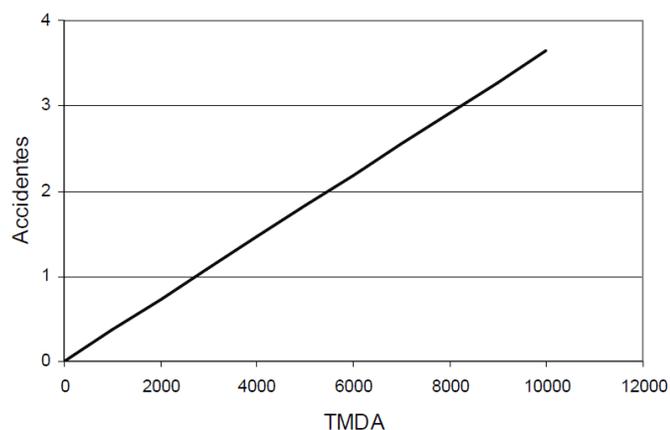
$$T_i = \frac{\text{Accidentes en el tramo}}{\text{TMDA} * \text{N}^\circ \text{ de días} * \text{longitud del tramo}} * 10^6$$

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

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

Accidentes en el tramo = TMDA cte.

Gráfico N° 1 Relación entre el número de accidentes y TMDA para tasa cte



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 tráficos bajos en algunos tramos y tráficos 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 de la T_i se aproximan cada vez más al

valor de la 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.

3.6.4 Método de control de calidad de la tasa

El método del control de calidad de la tasa, que es aplicable a toda la gama de volúmenes de tránsito y a los distintos tipos de vía, controla la calidad de los análisis aplicando “tests” estadísticos para determinar si la tasa de accidentes de un lugar en particular es inusualmente alta en relación con una tasa media predeterminada correspondiente a lugares de características similares.

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

$$P_{(n)} = \frac{e^{-\lambda m} * (\lambda m)^n}{n!}$$

Dónde:

$P(n)$ = Probabilidad de que ocurran “n” accidentes en un sitio dado durante un período de tiempo determinado.

λ = Tasa de accidentes esperada (en accidentes por millón de veh-Km).

m = Tránsito en el lugar durante el período de análisis (en millón de veh-Km).

El objetivo del método es encontrar dentro de esta distribución aquel valor de “n” para el cual la probabilidad de ocurrencia es particularmente baja (menor al 5%). Con ello busca

que los tramos detectados como peligrosos no sean producto del azar, sino de un defecto importante en la vía que contribuya a la inusual concentración de accidentes.

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

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

Dónde:

X= Número observado de accidentes

U= Límite superior de control

P= Probabilidad límite predefinida

El límite crítico o límite superior de control, puede ser calculado a partir de las tablas para la distribución de Poisson pero esto es muy trabajoso y poco práctico, por lo que habitualmente se utiliza una aproximación. De este modo, el límite crítico del sistema se calcula a través de la siguiente ecuación:

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

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

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

La tasa crítica del sistema se define como:

$$T_{ci} = T_m + k * \sqrt{\frac{T_m}{t_i} + \frac{0.5}{t_i}}$$

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

Dónde:

T_{ci} = Tasa crítica de accidentes para el tramo i , expresada en millón de vehículos – km.

T_m = Tasa media de accidentes del sistema vial en conjunto, correspondiente a la categoría de la vía en estudio, expresada en millón de veh-Km.

$$T_m = \frac{\sum \text{Accidentes}}{\text{TMDA}_{\text{medio}} * \text{N}^\circ \text{ de días} * \text{longitud del tramo}} * 10^6$$

t_i = Cantidad de tránsito en el lugar durante el período de análisis, expresado en millón de veh-Km.

$$t_i = \frac{\text{TMDA}_i * \text{N}^\circ \text{ de días} * \text{Long. del tramo}_i}{10^6}$$

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

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

Análisis del método

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

Admitiendo que para cualquier tramo de un camino de la red el valor de la tasa media del sistema se mantiene constante, el cálculo de la tasa crítica del sistema depende solo de la

variable “ t_i ”. Luego si a todos los tramos se les asigna la misma longitud, la tasa crítica será función solo del tránsito del tramo.

$$t_i = \frac{\text{TMDA}_i * \text{N}^\circ \text{ de días} * \text{Long. del tramo}_i}{10^6}$$

Entonces:

$$T_{ci} \rightarrow f(\text{TMDA}_i)$$

Siendo:

$$T_{ci} = T_m + k * \sqrt{\frac{T_m}{t_i}} + \frac{0.5}{t_i}$$

Resulta evidente que el valor de T_c depende de una función con la fórmula siguiente:

$$T_c \approx \frac{1}{2t} + \frac{1}{\sqrt{t_i}} + \text{cte}$$

Entonces, en el límite para un valor de “ t_i ” que tiende a cero, la tasa crítica tiende a infinito, mientras que para valores de “ t_i ” que tienden a infinito, el valor de “ T_{ci} ” tiende al valor de la constante, es decir la tasa media del sistema. Esto significa que para tránsitos bajos, la tasa crítica será alta, mientras que para tránsitos altos, la tasa crítica se aproximará a la tasa media del sistema.

Recordando que: Existe un TCA solo si:

$$t_i \geq T_{ci}$$

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

$$T_i = \frac{\text{Número de accidentes}}{t_i}$$

Siendo:

$$T_{ci} = T_m + k * \sqrt{\frac{T_m}{t_i} + \frac{0.5}{t_i}}$$

Simplificando se llega a que un tramo será TCA sí:

$$\text{Número de accidentes} \geq T_m * t_i + k * \sqrt{T_m * t_i + 0.5}$$

CAPÍTULO IV
APLICACIÓN PRÁCTICA

CAPÍTULO IV

APLICACIÓN PRÁCTICA

En el proceso de la búsqueda de información, se logró encontrar documentación con información muy valiosa que sirvió para guiar el proceso de evaluación de la accidentalidad, además de la metodología en la determinación de tramos de concentración de accidentes, la inspección de campo y el relevamiento del inventario vial de acuerdo a las características y limitaciones fueron la base para realizar la valoración de las medidas de seguridad vial del tramo.

4.1 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA RUTA

La carretera en estudio se encuentra ubicada en la provincia Eustaquio Méndez, siendo una de las seis provincias del departamento de Tarija, se encuentra entre los $20^{\circ} 57' 21,36''$ de latitud sur y entre los $64^{\circ} 23' 65,15''$ de longitud oeste. Cuenta con una extensión territorial de 2.742 km^2 de superficie; se halla rodeada al norte por el departamento de Chuquisaca, al sur por las provincias Avilez y Cercado, al este con las provincias Cercado y O'Connor y al oeste con el departamento de Chuquisaca. La provincia se extiende sobre una longitud de 90 kilómetros de norte a sur y más de 105 kilómetros de este a oeste.

El tramo en estudio consiste de una vía ya pavimentada (flexible), constituida por dos carriles de sentido opuesto, con un ancho de calzada de 7 metros y bermas de 1 metro. Radio mínimo de curvatura 40 metros y una longitud aproximadamente de 9 kilómetros, la velocidad máxima de circulación oscila desde los 35 a 60 km/h esto varia por la geometría que presenta. Se optó por valorar las medidas de seguridad desde el puente de Tomatitas hasta la entrada a San Lorenzo debido a la complejidad que representaba inventariar todos los elementos físicos del tramo.

Figura N° 32 Ruta en estudio



Fuente: Google earth

Para poder aplicar las metodologías en la identificación de estos tramos de concentración de accidentes TCA, se valoró una distancia de estudio de 1 Km lo que asegura la representatividad de la muestra en cuanto a las características de geometría, diseño y en función de los datos disponibles de los registros de accidentes. Dentro de la ruta en estudio se identificaron 5 tramos bajo las siguientes características:

El tramo 1 se encuentra ubicado entre las progresivas 0+000 y 1+000 para una mejor visualización ver el ANEXO IV, es decir, desde el puente de Tomatitas hasta el cruce Erquiz además de ser uno de los tramos más poblados cuenta con un centro educativo, dos intersecciones donde el flujo vehicular es representativo y conflictivo. Este tramo presenta un registro de accidentes considerable, siendo uno de los parámetros más importantes y relevantes para identificarlo como un TCA.

El tramo 2 se ubica en las progresivas 2+600 y 3+600 para una mejor referenciación podemos mencionar la estación de servicios Moto Mendez en Rancho Sud, dentro del diseño geométrico se observan 3 curvas donde las maniobras de adelantamiento están restringidas, se debe resaltar que en este tramo el exceso de velocidad, los cambios de pendiente, los accesos tanto a los barrios como al surtidor resultan peligrosos además que

los accidentes se dan por la imprudencia del conductor de acuerdo a los registros de accidentes.

El tramo 3 está entre las progresivas 4+400 y 5+400 para poder identificarlo de mejor manera podemos mencionar que este tramo cuenta con centro educativo, una iglesia, una estación de servicios (El Molle), además comprende las comunidades de Rancho Sud y Rancho Norte. Dentro del diseño geométrico se tiene una sola curva horizontal, es un tramo recto donde las maniobras de adelantamiento están permitidas, el exceso de velocidad, la presencia de peatones y animales sobre la vía, además que se ha verificado que el derecho de vía no corresponde a lo estipulado en el Decreto Supremo 25134 donde define un ancho de 50 metros medidos desde el eje de la carretera. Todos estos parámetros son muy importantes al momento de identificar un TCA además de la accidentalidad que presente.

El tramo 4 se ubica entre las progresivas 6+440 y 7+440, exactamente en Rancho Norte, se caracteriza por tener una rotonda y ser un tramo recto, llega a un punto donde la calzada se divide por jardineras aumentando los carriles en el mismo sentido, también cuenta con dos intersecciones donde el transporte pesado es masivo, está restringido las maniobras de adelantamiento, el exceso de velocidad es característico en este punto además de la accidentalidad.

El tramo 5 está entre las progresivas 7+600 y 8+600 en la comunidad de Bordo Mollar, el diseño geométrico que presenta el tramo es totalmente recto, las maniobras de adelantamiento están permitidas, además cuenta con dos puentes vehiculares y una variedad de accesos que con el exceso de velocidad han dado lugar a los accidentes.

4.2 PARÁMETROS Y DATOS NECESARIOS PARA EL ESTUDIO

Para este análisis de evaluación de riesgo de accidentes se debe disponer necesariamente de datos de volúmenes de tráfico, un registro de accidentes ocurridos en toda la carretera con disponibilidad de varios años para una mejor adaptación de los métodos a utilizar, además de una identificación de todas las señales verticales y dispositivos de seguridad encontrados a lo largo de toda la carretera la misma se verá reflejada en un inventario vial.

4.2.1 Determinación de los volúmenes de tráfico

Para determinar el volumen de tráfico en el tramo, primeramente se ubicó un punto fijo dentro del tramo para luego iniciar el conteo manual de vehículos, el mismo empezó a las 6:00 para concluir a las 19:00 horas. El propósito de este conteo fue para determinar en qué horas del día se presenta el mayor volumen de vehículos y así obtener las horas pico que nos servirán para los 15 días siguientes de aforación.

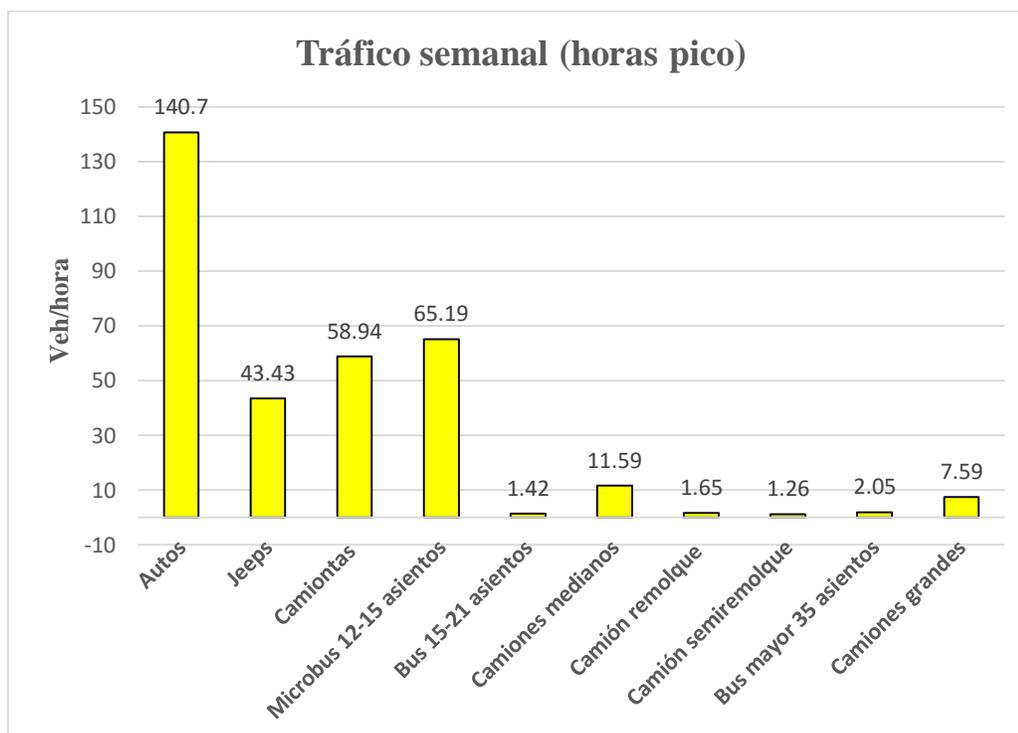
El resultado determinó que las horas de aforación serán de: 7:00 a 8:00 am, de 12:00 a 13:00 pm y de 18:00 a 19:00 pm. Se contó con tres puntos de aforo los mismos fueron: pasando el acceso a Iscayachi, pasando el acceso a Falda la Queñua y en la entrada a San Lorenzo durante 15 días para luego obtener el TMD (tráfico medio diario) ver detalle de cálculo en ANEXO I.

Tabla N° 9 Tráfico medio diario, tramo en estudio

Lugar	Horas pico		
	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00
Iscayachi	458,000	305,000	367,000
Falda la Queñua	421,000	268,000	311,000
San Lorenzo	413,000	254,000	306,000
TMH (veh/h)	421,000	268,000	311,000
TMD (veh/día)	2803,000	1783,000	2070,000
Media	2219,000 veh/día		

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 2 Tráfico diferenciado por tipo de vehículos



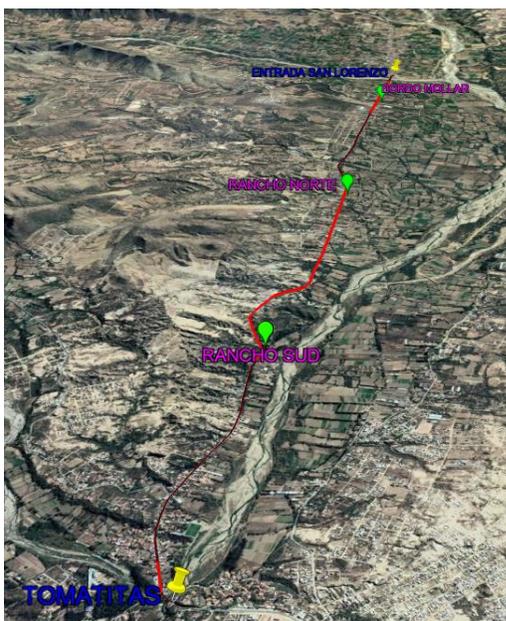
Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Recopilación de accidentes de tránsito

La recolección de datos de accidentes se realizó de forma digital, bajo la autorización de las respectivas autoridades de tránsito en San Lorenzo, de donde se recabó información bajo el siguiente detalle: lugar del hecho, causa, tipo de accidente, número de heridos y muertos; durante los últimos 8 años y así tener una base de datos más confiables. Los datos de accidentes fueron recabados de las gestiones 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 y 2018; ver ANEXO II.

Después de obtener dichos registros se procedió a la digitalización de los accidentes, esto consiste en ubicar los tramos de mayor concentración de accidentes sobre un mapa indicando aquellos sitios donde la cantidad de siniestros resulta elevada y por ende pueden considerarse como tramos de concentración de accidentes. Dentro de la Figura N° 33 se visualizan líneas rojas las mismas representan tramos de mayor ocurrencia de accidentes.

Figura N° 33 Tramos de concentración de accidentes



Fuente: Google earth

4.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS TCA

Además de la localización de accidentes, se realizó un detalle del número de accidentes ocurridos de acuerdo a la disposición que presentaban dentro de la ruta, donde se dividieron en sub tramos para poder aplicar la prueba de bondad de ajuste de Chi-2 para verificar si son TCA.

Tabla N° 10 Detalle de accidentes en los posibles TCA en los últimos 8 años

Localización del accidente	N° de accidentes ocurridos
0+000 - 1+000	9
1+000 - 2+600	2
2+600 - 3+600	11
3+600 - 4+400	3
4+400 - 5+400	10
5+400 - 6+440	2
6+440 - 7+440	9
7+440 - 7+600	0
7+600 - 8+600	10

Fuente: Elaboración propia

1.- Progresivas 0+000 - 1+000 distancias entre progresivas 1 km.

Figura N° 34 Tramo entre las progresivas 0+000-1+000



Fuente: Google earth

a.- Ordenando los registros de accidentes por año.

Tabla N° 11 Número de accidentes

Año	N° Datos accidentes	Ordenando Datos
2012	1	1
2013	2	1
2014	1	1
2015	1	1
2016	1	1
2017	1	2
2018	2	2
Media	1,286	
Desviación	0,488	

Fuente: Elaboración propia

b.- Estimación de parámetros

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{xi}^n X = 1,286$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0,488$$

c.- Número de intervalos

$$NC = 1 + 1,33 * \ln(N) = 3,588 \text{ se asume } 4$$

$$\Delta = \frac{\text{Dato max-Dato min}}{NC - 1} = 0,333$$

$$\frac{\Delta}{2} = 0,167$$

Tabla N° 12 Cálculo de la frecuencia observada y la variable reducida

Intervalo de clase		Marca de clase	Frecuencia observada	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	Variable reducida
Límite inferior	Límite superior		ni	fs(xi)	Fs(xi)	z
0,833	1,167	1,000	5	0,714	0,714	-0,586
1,167	1,500	1,333	0	0,000	0,714	0,098
1,500	1,833	1,667	0	0,000	0,714	0,781
1,833	2,167	2,000	2	0,286	1,000	1,464
Sumatoria			7	1,000		

Fuente: Elaboración propia

d.- Cálculo de la función de distribución acumulada y la función incremental

Tabla N° 13 Determinación de la probabilidad esperada

Marca de clase	Variable reducida(z)	Valor de la tabla	F(xi)	P(xi)
1,000	-0,586	0,719	0,281	0,281
1,333	0,098	0,536	0,536	0,255
1,667	0,781	0,782	0,782	0,246
2,000	1,464	0,928	0,928	0,146

Fuente: Elaboración propia

e.- Cálculo del valor de Chi-2

$$X_C^2 = \sum_{i=1}^m \frac{n[fs(xi-p(xi))]^2}{p(xi)}$$

Tabla N° 14 Cálculo del chi-2

Frecuencia observada (ni)	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	Función incremental esperada p(xi)	Chi-2 X_C^2
	fs(xi)	Fs(xi)		
5	0,714	0,714	0,281	3,341
0	0,000	0,714	0,2549	0,000
0	0,000	0,714	0,2464	0,000
2	0,286	1,000	0,1455	0,270
7	1	Sumatoria		3,611

Fuente: Elaboración propia

f.- Cálculo del Chi-2 de tabla

Se determina el grado de libertad con la fórmula:

$$\mu = k - h - 1$$

Donde:

k= Número de intervalos 4.

h= Para la ley normal se utiliza 2.

$$X_C^2 \leq X^2 \quad \text{Buen ajuste}$$

v= Grado de libertad 1

$$3,610 \leq 3,810$$

X^2 de la tabla (M. Thompson)  3,810

Se concluye que los datos para el tramo comprendido entre las Progresivas 0+000 - 1+000 se ajustan a la prueba de bondad por Chi-2 con un nivel de significación del 5% que se denominara como Tramo 1 para el presente estudio.

2.- Progresivas 1+000 - 2+600 distancias entre progresivas 1.6 km.

Figura N° 35 Tramo entre las progresivas 1+000-2+600



Fuente: Google earth

a.- Ordenando los registros de accidentes por año.

Tabla N° 15 Número de accidentes

Año	N° datos accidentes
2013	1
2016	1
Media	1,000
Desviación	0,000

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que los parámetros de forma y escala no existen para el conjunto de datos observados en el tramo entre las progresivas 1+000 – 2+600 por tanto se tiene un bajo nivel de confiabilidad y se descarta su análisis.

3.- Progresivas 2+600 - 3+600 distancias entre progresivas 1 km.

Figura N° 36 Tramo entre las progresivas 2+600-3+600



Fuente: Google earth

a.- Ordenando los registros de accidentes por año.

Tabla N° 16 Número de accidentes

Año	N° Datos accidentes	Ordenando datos
2011	1	1
2012	1	1
2013	2	1
2015	3	1
2016	1	2
2017	2	2
2018	1	3
Media	1,571	
Desviación	0,787	

Fuente: Elaboración propia

b.- Estimación de parámetros

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{xi}^n X = 1.571$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n-1}} = 0,787$$

c.- Número de intervalos

$$NC = 1 + 1,33 * \ln(N) = 3,588 \text{ se asume } 4$$

$$\Delta = \frac{\text{Dato max} - \text{Dato min}}{NC - 1} = 0,333$$

$$\frac{\Delta}{2} = 0,167$$

Tabla N° 17 Cálculo de la frecuencia observada y la variable reducida

Intervalo de clase		Marca de clase	Frecuencia observada	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	Variable reducida
Límite inferior	Límite superior		ni	fs(xi)	Fs(xi)	z
0,667	1,333	1,000	4	0,571	0,571	-0,726
1,333	2,000	1,667	2	0,286	0,857	0,121
2,000	2,667	2,333	0	0,000	0,857	0,968
2,667	3,333	3,000	1	0,143	1,000	1,816
Sumatoria			7	1,000		

Fuente: Elaboración propia

d.- Cálculo de la función de distribución acumulada y la función incremental

Tabla N° 18 Determinación de la probabilidad esperada

Marca de clase	Variable reducida(z)	Valor de la tabla	F(xi)	P(xi)
1,000	-0,726	0,764	0,236	0,236
1,667	0,121	0,548	0,548	0,312
2,333	0,968	0,832	0,832	0,284
3,000	1,816	0,965	0,965	0,133

Fuente: Elaboración propia

e.- Cálculo del valor de Chi-2

$$X_C^2 = \sum_{i=1}^m \frac{n[fs(xi-p(xi))]^2}{p(xi)}$$

Tabla N° 19 Cálculo del chi-2

Frecuencia observada (ni)	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	Función incremental esperada p(xi)	Chi-2 X_c^2
	fs(xi)	Fs(xi)		
4	0,571	0,571	0,235	1,911
2	0,286	0,857	0,312	0,004
0	0,000	0,857	0,283	0,000
1	0,143	1,000	0,133	0,001
7	1,000	Sumatoria		1,916

Fuente: Elaboración propia

f.- Cálculo del Chi-2 de tabla

Se determina el grado de libertad con la fórmula:

$$\mu = k - h - 1$$

Donde:

k= Número de intervalos 4.

h= Para la ley normal se utiliza 2.

$$X_c^2 \leq X^2 \quad \text{Buen ajuste}$$

v= Grado de libertad 1

$$1,916 \leq 3,810$$

X^2 de la tabla (M. Thompson)  3,810

Se concluye que los datos para el tramo comprendido entre las Progresivas 2+600 - 3+600 se ajustan a la prueba de bondad por Chi-2 con un nivel de significación del 5% que se denominara como Tramo 2 para el presente estudio.

4.- Progresivas 3+600 - 4+400 distancias entre progresivas 1,04 km.

Figura N° 37 Tramo entre las progresivas 3+600-4+400



Fuente: Google earth

a.- Ordenando los registros de accidentes por año.

Tabla N° 20 Número de accidentes

Año	N° datos accidentes
2013	1
2014	1
2017	1
Media	1,000
Desviación	0,000

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que los parámetros de forma y escala no existen para el conjunto de datos observados en el tramo entre las progresivas 3+600 – 4+400 por tanto se tiene un bajo nivel de confiabilidad y se descarta su análisis.

5.- Progresivas 4+400 - 5+400 distancias entre progresivas 1,00 Km.

Figura N° 38 Tramo entre las progresivas 4+400-5+400



Fuente: Google earth

a.- Ordenando los registros de accidentes por año.

Tabla N° 21 Número de accidentes

Año	N° datos accidentes	Ordenando datos
2012	2	1
2013	2	1
2014	1	1
2015	2	1
2016	1	2
2017	1	2
2018	1	2
Media	1,429	
Desviación	0,535	

Fuente: Elaboración propia

b.- Estimación de parámetros

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{xi}^n X = 1,429$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n-1}} = 0,535$$

c.- Número de intervalos

$$NC = 1 + 1,33 * \ln(N) = 3,588 \text{ se asume } 4$$

$$\Delta = \frac{\text{Dato max-Dato min}}{NC - 1} = 0,333$$

$$\frac{\Delta}{2} = 0,167$$

Tabla N° 22 Cálculo de la frecuencia observada y la variable reducida

Intervalo de clase		Marca de clase	Frecuencia observada	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	Variable reducida
Límite inferior	Límite superior		ni	fs(xi)	Fs(xi)	z
0,833	1,167	1,000	4	0,571	0,571	-0,802
1,167	1,500	1,333	0	0,000	0,571	-0,178
1,500	1,833	1,667	0	0,000	0,571	0,445
1,833	2,167	2,000	3	0,429	1,000	1,069
Sumatoria			7	1,000		

Fuente: Elaboración propia

d.- Cálculo de la función de distribución acumulada y la función incremental

Tabla N° 23 Determinación de la probabilidad esperada

Marca de clase	Variable reducida(z)	Valor de la tabla	F(xi)	P(xi)
1,000	-0,802	0,788	0,212	0,212
1,333	-0,178	0,566	0,432	0,221
1,667	0,445	0,670	0,670	0,236
2,000	1,069	0,855	0,855	0,185

Fuente: Elaboración propia

e.- Cálculo del valor de Chi-2

$$X_C^2 = \sum_{i=1}^m \frac{n[fs(xi-p(xi))]^2}{p(xi)}$$

Tabla N° 24 Cálculo del chi-2

Frecuencia observada (ni)	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	Función incremental esperada p(xi)	Chi-2 χ^2_c
	fs(xi)	Fs(xi)		
4	0,571	0,571	0,212	2,440
0	0,000	0,571	0,221	0,000
0	0,000	0,571	0,236	0,000
3	0,429	1,000	0,185	0,957
7	1,000	Sumatoria		3,397

Fuente: Elaboración propia

f.- Cálculo del Chi-2 de tabla

Se determina el grado de libertad con la fórmula:

$$\mu = k - h - 1$$

Donde:

k= Número de intervalos 4.

h= Para la ley normal se utiliza 2.

$$\chi^2_c \leq \chi^2 \quad \text{Buen ajuste}$$

v= Grado de libertad 1

$$3,397 \leq 3,810$$

χ^2 de la tabla (M. Thompson)  3,810

Se concluye que los datos para el tramo comprendido entre las Progresivas 4+400 - 5+400 se ajustan a la prueba de bondad por Chi-2 con un nivel de significación del 5% que se denominara como Tramo 3 para el presente estudio.

6.- Progresivas 5+400 - 6+440 distancias entre progresivas 1,04 Km.

Figura N° 39 Tramo entre las progresivas 5+400-6+440



Fuente: Google earth

a.- Ordenando los registros de accidentes por año.

Tabla N° 25 Número de accidentes

Año	N° datos accidentes
2013	1
2015	1
Media	1,000
Desviación	0,000

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que los parámetros de forma y escala no existen para el conjunto de datos observados en el tramo entre las progresivas 5+400 – 6+440 por tanto se tiene un bajo nivel de confiabilidad y se descarta su análisis.

7.- Progresivas 6+440 - 7+440 distancias entre progresivas 1,04 Km.

Figura N° 40 Tramo entre las progresivas 6+440-7+440



Fuente: Google earth

a.- Ordenando los registros de accidentes por año.

Tabla N° 26 Número de accidentes

Año	N° datos accidentes	Ordenando datos
2011	1	1
2012	1	1
2014	2	1
2015	2	1
2016	1	1
2017	1	2
2018	1	2
Media	1,286	
Desviación	0,488	

Fuente: Elaboración propia

b.- Estimación de parámetros

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{xi}^n X = 1,286$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n-1}} = 0,488$$

c.- Número de intervalos

$$NC = 1 + 1,33 * \ln(N) = 3,588 \text{ se asume } 4$$

$$\Delta = \frac{\text{Dato max} - \text{Dato min}}{NC - 1} = 0,333$$

$$\frac{\Delta}{2} = 0,167$$

Tabla N° 27 Cálculo de la frecuencia observada y la variable reducida

Intervalo de clase		Marca de clase	Frecuencia observada	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	Variable reducida
Límite inferior	Límite superior		ni	fs(xi)	Fs(xi)	z
0,833	1,167	1,000	5	0,714	0,714	-0,586
1,167	1,500	1,333	0	0,000	0,714	0,098
1,500	1,833	1,667	0	0,000	0,714	0,781
1,833	2,167	2,000	2	0,286	1,000	1,464
Sumatoria			7	1,000		

Fuente: Elaboración propia

d.- Cálculo de la función de distribución acumulada y la función incremental

Tabla N° 28 Determinación de la probabilidad esperada

Marca de clase	Variable reducida(z)	Valor de la tabla	F(xi)	P(xi)
1,000	-0,586	0,719	0,281	0,281
1,333	0,098	0,536	0,536	0,255
1,667	0,781	0,782	0,782	0,246
2,000	1,464	0,928	0,928	0,146

Fuente: Elaboración propia

e.- Cálculo del valor de Chi-2

$$X_c^2 = \sum_{i=1}^m \frac{n[fs(xi) - p(xi)]^2}{p(xi)}$$

Tabla N° 29 Cálculo del chi-2

Frecuencia observada (ni)	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	Función incremental esperada p(xi)	Chi-2 X_c^2
	fs(xi)	Fs(xi)		
5	0,714	0,714	0,281	3,341
0	0,000	0,714	0,255	0,000
0	0,000	0,714	0,246	0,000
2	0,286	1,000	0,146	0,270
7	1,000	Sumatoria		3,341

Fuente: Elaboración propia

f.- Calculo del Chi-2 de tabla

Se determina el grado de libertad con la fórmula:

$$\mu = k - h - 1$$

Donde:

k= Número de intervalos 4.

h= Para la ley normal se utiliza 2.

$$X_c^2 \leq X^2 \quad \text{Buen ajuste}$$

v= Grado de libertad 1

$$3,341 \leq 3,810$$

X^2 de la tabla (M. Thompson)  3,810

Se concluye que los datos para el tramo comprendido entre las Progresivas 6+440 - 7+440 se ajustan a la prueba de bondad por Chi-2 con un nivel de significación del 5% que se denominara como Tramo 4 para el presente estudio.

8.- Progresivas 7+440 - 7+600 distancias entre progresivas 160 m.

Figura N° 41 Tramo entre las progresivas 7+440-7+600



Fuente: Google earth

No existen datos en este tramo.

9.- Progresivas 7+600 - 8+600 distancias entre progresivas 1,04 Km.

Figura N° 42 Tramo entre las progresivas 7+600-8+600



Fuente: Google earth

a.- Ordenando los registros de accidentes por año.

Tabla N° 30 Número de accidentes

Año	N° datos accidentes	Ordenando datos
2011	1	1
2012	2	1
2013	2	1
2015	1	1
2016	2	2
2017	1	2
2018	1	2
Media	1,429	
Desviación	0,535	

Fuente: Elaboración propia

b.- Estimación de parámetros

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{xi}^n X = 1,429$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n-1}} = 0,535$$

c.- Número de intervalos

$$NC = 1 + 1,33 * \ln(N) = 3,588 \text{ se asume } 4$$

$$\Delta = \frac{\text{Dato max} - \text{Dato min}}{NC - 1} = 0,333$$

$$\frac{\Delta}{2} = 0,167$$

Tabla N° 31 Cálculo de la frecuencia observada y la variable reducida

Intervalo de clase		Marca de clase	Frecuencia observada	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	Variable reducida
Límite inferior	Límite superior		ni	fs(xi)	Fs(xi)	z
0,833	1,167	1,000	4	0,571	0,571	-0,802
1,167	1,500	1,333	0	0,000	0,571	-0,178
1,500	1,833	1,667	0	0,000	0,571	0,445
1,833	2,167	2,000	3	0,429	1,000	1,069
Sumatoria			7	1,000		

Fuente: Elaboración propia

d.- Cálculo de la función de distribución acumulada y la función incremental

Tabla N° 32 Determinación de la probabilidad esperada

Marca de clase	Variable reducida(z)	Valor de la tabla	F(xi)	P(xi)
1,000	-0,802	0,7881	0,212	0,212
1,333	-0,178	0,5675	0,432	0,221
1,667	0,445	0,670	0,670	0,238
2,000	1,069	0,858	0,858	0,188

Fuente: Elaboración propia

e.- Cálculo del valor de Chi-2

$$X_C^2 = \sum_{i=1}^m \frac{n[fs(xi-p(xi))]^2}{p(xi)}$$

Tabla N° 33 Cálculo del chi-2

Frecuencia observada (ni)	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	Función incremental esperada p(xi)	Chi-2 X_c^2
	fs(xi)	Fs(xi)		
4	0.571	0.571	0.212	2.440
0	0.000	0.571	0.221	0.000
0	0.000	0.571	0.238	0.000
3	0.429	1.000	0.188	0.927
7	1.000	Sumatoria		2.440

Fuente: Elaboración propia

f.- Cálculo del Chi-2 de tabla

Se determina el grado de libertad con la fórmula:

$$\mu = k - h - 1$$

Donde:

k= Número de intervalos 4.

h= Para la ley normal se utiliza 2.

$$X_c^2 \leq X^2 \quad \text{Buen ajuste}$$

v= Grado de libertad 1

$$2,440 \leq 3,810$$

X^2 de la tabla (M. Thompson)  3,810

Se concluye que los datos para el tramo comprendido entre las Progresivas 7+600 - 8+600 se ajustan a la prueba de bondad por Chi-2 con un nivel de significación del 5% que se denominara como Tramo 5 para el presente estudio.

En resumen se identificaron los siguientes TCA:

Tabla N° 34 Tramos identificados como TCA

Tramo	N° de accidentes ocurridos	Progresivas
1	9	0+000 - 1+000
2	11	2+600 - 3+600
3	10	4+400 - 5+400
4	9	6+440 - 7+440
5	10	7+600 - 8+600

Fuente: Elaboración propia

4.3.1 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 8 años del periodo de estudio, además se adecuó los cálculos para la longitud de 1 Km.

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

Tabla N° 35 ACV de cada tramo en cada año del periodo de estudio

Tramos	Año 2011	Año 2012	Año 2013	Año 2014	Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018	TMDA (veh/día)	Vol. anual
1		1	2	1	1	1	1	2	2219,000	809935,000
2	1	1	2		3	1	2	1		
3		2	2	1	2	1	1	1		
4	1	1		2	2	1	1	1		
5	1	2	2		1	2	1	1		

Fuente: Elaboración propia

Resultados del índice de peligrosidad.

Tabla N° 36 Resultado del IP

Índices de peligrosidad (IP)								
Tramos	Año 2011	Año 2012	Año 2013	Año 2014	Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018
1		123	247	123	123	123	123	247
2	123	123	247		370	123	247	123
3		247	247	123	247	123	123	123
4	123	123		247	247	123	123	123
5	123	247	247		123	247	123	123

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° 37 Parámetros para identificar TCA

Tipología	Zona	Rangos de TMDA (veh/día)	Condiciones por tramo de 1 km
Autopistas autorutas vía rápida	Llana	> 80000	IP > 30 ó ACV/año > 9
	Ondulada	> 40000 y < 80000	IP > 35 ó ACV/año > 5
	Montañosa	< 40000	IP > 40 ó ACV/año > 3
Ruta convencional	Urbana ó rural llana, ondulada ó montañosa	> 7000	IP > 70 ó ACV/año > 3
		< 7000	IP > 100 ó ACV/año > 3

Fuente: Seguridad vial – Universidad Nacional de Córdoba

Resumen de verificación de TCA - el método del índice de peligrosidad.

Tabla N° 38 Verificación TCA - método del IP

Tramos	Año 2011	Año 2012	Año 2013	Año 2014	Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018
1		TCA						
2	TCA	TCA	TCA		TCA	TCA	TCA	TCA
3		TCA						
4	TCA	TCA		TCA	TCA	TCA	TCA	TCA
5	TCA	TCA	TCA		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 lo cual verifica TCA a lo largo de toda la carretera.

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 lo cual verificaremos con los posteriores métodos de identificación de TCA.

4.3.2 Aplicación del número de accidentes

Este método se aplica considerando los dos criterios (media y nivel de confianza) a partir del cual se detecta un TCA, para la aplicación de este método se utilizarán las longitudes de los sub-tramos considerados, la cantidad de accidentes en cada uno de ellos y el volumen de tráfico, como se mostró en el resumen de la Tabla N° 35.

Identificación de TCA según el criterio de la media:

a.- Determinamos la frecuencia de accidentes para cada sub-tramo presentando estas a continuación en la Tabla N° 39.

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

Tabla N° 39 Frecuencia de accidentes determinados en cada tramo

Frecuencia de accidentes	
Tramo	N _i
1	9,000
2	11,000
3	10,000
4	9,000
5	10,000
Frecuencia media N_m	9,800

Fuente: Elaboración propia

b.- Verificación de TCA, criterio de la media.

$$N_i \geq k * N_m$$

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

Tabla N° 40 Identificación de TCA criterio de la media

Tramo	Ni	K	Nm	k*Nm	Ni ≥ k*Nm
1	9,000	2,000	9,800	19,600	no cumple
2	11,000				no cumple
3	10,000				no cumple
4	9,000				no cumple
5	10,000				no cumple

Fuente: Elaboración propia

Identificación de TCA según el criterio del nivel de confianza:

a.- Determinación de valores de desviación estándar.

Tabla N° 41 Determinación de la desviación estándar

Desviación estándar de la frecuencia (Nd)	
Nd	0,837

Fuente: Elaboración propia

b.- Verificación de TCA, criterio del nivel de confianza.

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

Para el criterio del nivel de confianza se toma un 90% (k = 1,282) sacado de la Tabla N° 8 (capítulo III).

Tabla N° 42 Identificación TCA según el criterio nivel de confianza

Tramo	Ni	K	Nm	Nd	k*Nd	k*Nd+Nm	Ni ≥ k*Nd+Nm
1	9,000	1,282	9,800	0,837	1,073	10,873	no cumple
2	11,000						cumple
3	10,000						no cumple
4	9,000						no cumple
5	10,000						no cumple

Fuente: Elaboración propia

El método identificó un TCA, bajo el nivel de confianza.

4.3.3 Aplicación de la tasa de accidentes

Al igual que el método de la frecuencia o número de accidentes este método se aplica considerando los 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 mostró en el resumen de la Tabla N° 35.

Localización de TCA según el criterio de la media:

a.- Determinación de la tasa de accidentes

Para esta aplicación el número de días corresponde a los 5 años de periodo del estudio.

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

Tabla N° 43 Tasa de accidentes determinados en cada tramo

Tasa de accidentes			
Tramo	Longitud (km)	Accidentes	Ti
1	1	9,000	1,389
2	1	11,000	1,698
3	1	10,000	1,543
4	1	9,000	1,389
5	1	10,000	1,543

Fuente: Elaboración propia

b.- Determinación de los valores de la tasa media:

Tabla N° 44 Valores de tasa media

Tramo	Ti
1	1,389
2	1,698
3	1,543
4	1,389
5	1,543
Tm	1,512

Fuente: Elaboración propia

c.- Verificación de TCA, criterio de la media:

$$T_i \geq k * T_m$$

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 se identificó que todos no son TCA bajo el criterio de la media.

Tabla N° 45 Identificación de TCA criterio de la media

Tramo	Ti	K	Tm	k*Tm	Ti ≥ k*Tm
1	1,389	2,000	1,512	3.024	no cumple
2	1,698				no cumple
3	1,543				no cumple
4	1,389				no cumple
5	1,543				no cumple

Fuente: Elaboración propia

Localización de TCA según el criterio del nivel de confianza:

a.- Determinación de valores de desviación estándar:

Tabla N° 46 Valor de la desviación estándar

Desviación estándar de la tasa (Td)	
Td	0,129

Fuente: Elaboración propia

b.- Verificación de TCA, criterio del nivel de confianza:

$$T_i \geq k * T_d + T_m$$

Para el criterio del nivel de confianza se toma un 90% ($k = 1,282$) sacado de la Tabla N° 8 (capítulo III).

Tabla N 47 Identificación de TCA criterio nivel de confianza

Tramo	Ti	K	Tm	Td	k*Td	k*Td+Tm	Ti≥k*Td+Tm
1	1,389	1,282	1,512	0,129	0,165	1,677	no cumple
2	1,698						cumple
3	1,543						no cumple
4	1,389						no cumple
5	1,543						no cumple

Fuente: Elaboración propia

El método mediante este criterio, identificó un TCA.

4.3.4 Aplicación del control de la calidad de la tasa

El método aplica un control estadístico sobre los valores de las tasas de cada tramo, en el caso de este estudio ese control se dará a cada tramo donde la longitud del camino se considera como la longitud de cada tramo que es estudiado.

Considerando que el método exige el cálculo de la tasa media del sistema, lo que requiere de una significativa cantidad de información y la adecuada categorización de los caminos, se trató de categorizar en lo posible los tramos en estudio, además de tomar un nivel de confianza del 95% ($k=1,645$). Teniendo así mayor confiabilidad de los resultados.

Determinación de la tasa y la tasa crítica de accidentes:

En la Tabla N° 48 presentamos la determinación del tránsito (millón de veh-Km) con lo que posteriormente determinaremos las tasas críticas de cada tramo

$$t_i = \frac{TMDA * N^{\circ} \text{ de días} * \text{longitud}}{10^6}$$

Tabla N° 48 Valores de tránsito en millón de veh-km

Tránsito (millón de veh-km)	
Tramo	t_i
1	6,47
2	6,47
3	6,47
4	6,47
5	6,47

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo del T_{ci} utilizamos los resultados de tasa media determinada anteriormente para cada tramo en estudio en la Tabla N° 23 con estos valores procedemos al cálculo de las tasas críticas de cada tramo.

$$T_{ci} = T_m + k * \sqrt{\frac{T_m}{t_i} + \frac{0.5}{t_i}}$$

Tabla N° 49 Valores de tasa crítica

Tasa crítica de accidentes	
Tramo	T_{ci}
1	2,43
2	2,43
3	2,43
4	2,43
5	2,43

Fuente: Elaboración propia

Verificación de TCA en los tramos de estudio:

$$t_i \geq T_{ci}$$

Tabla N° 50 Verificación de TCA - control de calidad de tasa

Tramo	ti	Tci	ti ≥ Tci
1	6,47	2,43	cumple
2			cumple
3			cumple
4			cumple
5			cumple

Fuente: Elaboración propia

4.4 RESUMEN DE RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN DE LOS TCA

Con los resultados obtenidos de las metodologías señalados anteriormente para la identificación de tramos de concentración de accidentes, se tendrá una visión más adecuada al momento de realizar una comparación, se identificó como TCA aquellos tramos que cumplieron las condiciones exigidas por los métodos.

El método del índice de peligrosidad si bien tiene una metodología muy sencilla a la vez difiere en gran medida a los demás métodos, se recomienda desecharlo como criterio para definir tramos de concentración de accidentes en nuestro medio. El método del “Número”, “Tasa” bajo el criterio de nivel de confianza reconoce al tramo 2 como un TCA, si bien un cálculo a través del criterio de la media no es muy garantizado al identificar los TCA pues se comprueba con mayor confiabilidad realizando bajo el criterio del nivel de confianza.

Cuando se aplica el método de “control de calidad de la tasa” bajo sus exigencias y condiciones se obtiene que todos los tramos son TCA, si comparamos con los demás métodos difieren en la identificación de los TCA entonces los métodos más adecuados al momento de determinar un TCA en rutas de nuestro país son bajo el criterio del número y la tasa.

En resumen de acuerdo a cada una de las metodologías se identificó con certeza un TCA, es decir el tramo 2. La causa principal para no identificar los demás tramos se debe a que los mismos no cuentan con una gran cantidad de accidentes además que las metodologías están diseñadas para carreteras de mayor volumen de tráfico sin embargo en este análisis se decidió evaluar a detalle los 5 tramos de estudio tomando en cuenta la velocidad de

diseño, la geometría del tramo los dispositivos de control y el derecho de vía lo que hace que los resultados arrojados no los muestren como tramos de concentración de accidentes.

4.5 IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS NEGROS

De los resultados obtenidos en la distribución espacial de accidentes en el mapa y la identificación de TCA mediante las metodologías adoptadas se localizaron los puntos negros tomando como un punto negro aquellos que tienen una aglomeración de accidentes y se encuentran dentro de un TCA además de una distancia igual a 100 metros.

Tramo 1

Dentro del tramo 1 se ubicaron dos posibles puntos negros, el primero a la altura del puente de Tomatitas como se visualiza en la Figura N° 43, este punto presenta 4 accidentes de tránsito según los datos obtenidos por tránsito, es una intersección donde el flujo vehicular es representativo y la carencia de una buena señalización horizontal se torna dificultosa, es necesario delimitar áreas en el pavimento para organizar el tránsito, las condiciones del pavimento como del puente no son buenas. El reductor de velocidad que se tiene en este punto no cuenta con señalización horizontal ni vertical.

Figura N° 43 Ubicación del punto negro



Fuente: Google earth

El segundo punto negro está dentro una curva horizontal estrecha, como se muestra en la Figura N° 44, el exceso de velocidad, las maniobras de adelantamiento acompañado con

la poca visibilidad y la impudencia del conductor además de accesos importantes a la ruta han provocado 3 hechos de tránsito.

Figura N° 44 Ubicación del punto negro



Fuente: Google earth

Tramo 2

El tramo 2 se caracteriza por la presencia de varias curvas horizontales, con algunos accesos a barrios como también a la estación de servicios. Se identificó un punto negro como se muestra en la Figura N° 45, en este punto se tienen 3 accidentes registrados, los cambios de pendiente longitudinalmente acompañado del exceso de velocidad y la imprudencia del conductor han contribuido a la ocurrencia de accidentes. La implementación de señales verticales en algunos puntos ayudaría a mejorar la seguridad del tramo.

Figura N° 45 Ubicación del punto negro



Fuente: Google earth

Tramo 3

En este tramo se identificó un punto negro, a la altura de la escuela en Rancho Sud, se caracteriza por ser un tramo recto, la presencia de accesos como de peatones es de consideración, las maniobras de adelantamiento están permitidas pero el exceso de velocidad y la imprudencia del conductor ante los reductores de velocidad han contribuido a la accidentalidad. El derecho de vía es muy importante en este punto ya q no cumple con lo que enmarca la normativa, la señalización vertical en este punto se encuentra mayormente obstruida o poco visible.

Figura N° 46 Ubicación del punto negro



Fuente: Google earth

Tramo 4

Es un tramo recto, cuenta con varios accesos y una intersección donde se tiene un alto volumen del tráfico mayormente pesado. El exceso de velocidad en este punto es un problema, las maniobras de adelantamiento están permitidas además que se tiene un flujo muy importante de peatones. La señalización en este punto es buena pero no cumple con el derecho de vía, se deberían implementar algunas señales para ayudar a un tránsito más seguro.

Figura N° 47 Ubicación del punto negro



Fuente: Google earth

Tramo 5

Este tramo es completamente recto, en este punto es donde más se imprime la velocidad, cuenta con varios accesos y dos puentes vehiculares que han dado lugar varios hechos de tránsito, la señalización en estos puntos se encuentra obstruidas de manera que se deberían implementar otras señales que ayuden a las anteriores.

Figura N° 48 Ubicación del punto negro



Fuente: Google earth

4.6 VALORACIÓN DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD VIAL

Dentro de las alternativas de solución que ayuden a minimizar los efectos de la inseguridad vial podemos mencionar:

Mejor manejo de la infraestructura vial

- Utilizar métodos de control automatizados que puedan vigilar los flujos viales de manera más efectiva. En particular, utilizar cámaras de video automáticas para detectar vehículos que circulan en exceso de velocidad e incumplan con las normas de tránsito. Al menos, esto permitiría crear conciencia y educación en los conductores.
- Proteger más efectivamente a los ciclistas con vías exclusivas y señalamiento adecuado.
- Crear vías alternas para el tráfico pesado de manera que conecte con otras ciudades para descongestionar el tráfico vehicular.
- Construir puentes peatonales en lugares estratégicos, donde se tiene altos volúmenes tráfico.

Mejoras de bajo costo en la infraestructura

- Mejorar la calidad del señalamiento vial (horizontal y vertical).
- Crear aceras continuas y cómodas en la mayor cantidad posible, especialmente en las zonas urbanas, que permitan caminar de manera segura.

- Instalar barreras laterales donde se tengan altas velocidades.
- Las actividades comerciales que atraen mucho tráfico continuamente como bancos y restaurantes deben proveer alternativas de estacionamientos fuera de las calles y carreteras.
- Restringir al mínimo los desarrollos comerciales lineales en las carreteras de alto tránsito. Dar cumplimiento a las normativas del derecho de vía.

Dadas las alternativas mencionadas anteriormente se optó por aumentar la seguridad vial del tramo en estudio con un señalamiento vial de bajo costo, estas medidas son más fáciles y toman menor tiempo para su instalación. La creación de carriles o vías alternas al tramo están fuera de nuestro alcance, además se pudo constatar que no se respetó el derecho de vía y desalojar todas las viviendas que se encuentran en nuestra ruta resultaría antieconómico para su construcción.

Dentro de los TCA se implementarán las respectivas señales de manera que ayuden a reforzar a las anteriores ya sea por falta de mantenimiento o deterioro.

Tramo 1 prog. 0+000 – 1+000

De acuerdo a lo inventariado se cuenta con los siguientes elementos:

Tabla N° 51 Elementos de seguridad vial

Elementos	Descripción
Señal preventiva SP 1	Puente vehicular
Señal preventiva SP 2	Peatones en la vía
Señal preventiva SP 3	Vía lateral derecha
Señal preventiva SP 4	Reductor de velocidad
Señal preventiva SP 5	Curva prolongada izquierda
Señal preventiva SP 6	Zona escolar
Señal restrictiva SR 1	Prohibido estacionar
Señal restrictiva SR 2	Prohibido adelantar
Señal restrictiva SR 3	Velocidad máxima
Señal informativa SI 1	De destino
Señal informativa SI 2	De servicio (primeros auxilios)
RV	Reductor de velocidad

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 49 Señales de tránsito en el tramo 1



Fuente: Google earth

En total se tienen 9 accidentes registrados en el TCA 1 en los que el factor humano es el más representativo dentro del registro. En base a lo inventariado se optó por colocar algunos elementos de seguridad con el objetivo de reforzar y mejorar las señales anteriores.

Dentro de las señales horizontales se colocaron las líneas de eje para dividir el carril (línea amarilla doble continua espesor 12 cm) en una longitud de 1000 metros y 200 tachas reflectivas (amarillas, separación entre ellas de 5 metros). Las líneas de borde (blanca continua espesor 15 cm) se emplazaran en una longitud de 2000 metros con 400 tachas blancas reflectivas (separación entre ellas de 5 metros).

En la intersección cruce la Victoria se realizó un achurado en el pavimento (SH 2), este achurado consiste en líneas amarillas inclinadas de 12 cm de espesor con un área de 6,330 m² y 58 delineadores verticales para poder realizar maniobras seguras. También se optó por colocar flechas en ambos sentidos (rectas y de viraje, SH 3) de color blanco con un área de 2,040 m² tanto en el cruce la Victoria como en Erquiz para tener un flujo vehicular más ordenado y seguro, además que se colocó la señal vertical (SP 7, señal preventiva vía lateral izquierda) antes del puente vehicular. El exceso de colocación de reductores de velocidad pueden ser un problema es por eso que se recomienda quitar el segundo reductor de velocidad y complementar con la señal vertical (SP 2, peatones en la vía). Para el primer reductor de velocidad se optó por colocar la señal vertical (SP 4, señal preventiva reductor de velocidad) en ambos sentidos para mejor visibilidad del mismo, para el reductor de velocidad número 6 se implementó la señal vertical (SP 4, señal preventiva reductor de velocidad). Para el resto de reductores de velocidad se podrían colocar símbolos en el pavimento en ambos sentidos (SH 1) que ayuden a reducir la velocidad, se tiene un total de 3,136 m².

En la curva horizontal se debería implementar defensas laterales metálicas (Flex beam) o postes protectores para evitar que los vehículos se salgan de la vía, se necesitaran 35 metros lineales de material. Además de colocar la señal vertical (SP 8, curva prolongada derecha) en el lado derecho ya que en el otro sentido si cuenta con la señal.

Figura N° 50 Implementación de las señales de tránsito



Fuente: Google earth

Tramo 2 prog. 2+600 – 3+600

Se tienen los siguientes elementos de seguridad vial:

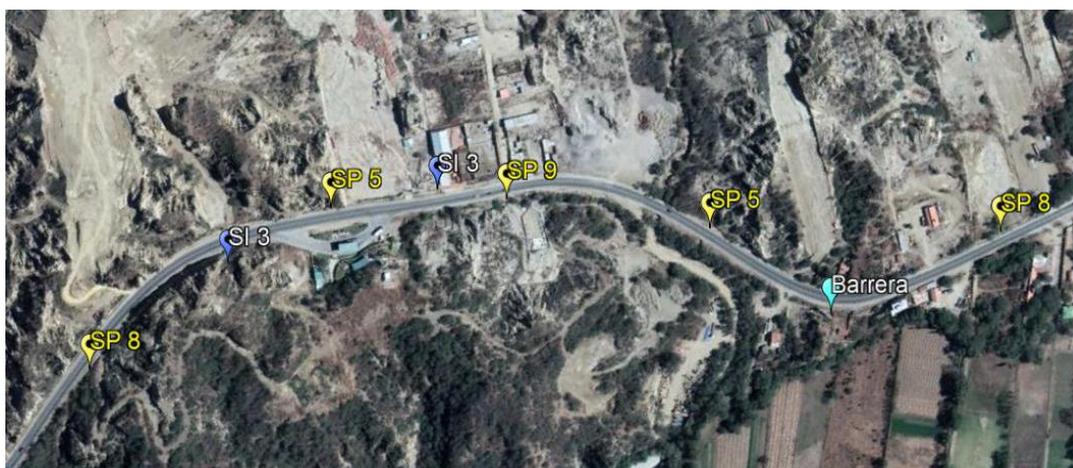
Tabla N° 52 Elementos de seguridad vial

Elementos	Descripción
Señal preventiva SP 5	Curva prolongada izquierda
Señal preventiva SP 8	Curva prolongada derecha
Señal preventiva SP 9	Curvas sucesivas primera derecha
Señal informativa SI 3	De servicio (estación)

Fuente: Elaboración propia

En este tramo se cuenta con 11 accidentes de tránsito, 3 de ellos dentro del punto negro. El exceso de velocidad acompañado por la imprudencia del conductor han dado lugar a estos hechos de tránsito.

Figura N° 51 Señales de tránsito en el tramo 2



Fuente: Google earth

Entre las señales verticales que fueron implementadas tenemos las señales informativas de localización (SI 1) en ambos sentidos, señales preventivas (SP 7, señal preventiva vía lateral izquierda) y (SP 3, señal preventiva vía lateral derecha) ya que se tiene un desvío del tráfico importante. También se tiene la señal vertical (SP 10, pendiente fuerte de subida); se optó por colocar en ambos sentidos las señales restrictivas (SR 2, prohibido adelantar) para ayudar a estas señales se recomienda reemplazar las tachas reflectivas que se encuentran en el eje por tachones para que las maniobras de adelantamiento queden

restringidas, se necesitan 1020 tachones para 340 metros longitud separados entre sí a 50 cm.

Se implementó la señal vertical (SR 3, velocidad máxima) por los cambios de pendiente dando lugar a que se aumente la velocidad, la condición de la señalización horizontal en este tramo es buena.

Figura N° 52 Implementación de las señales de tránsito



Fuente: Google earth

Tramo 3 prog. 4+400 – 5+400

Se tienen los siguientes elementos:

Tabla N° 53 Elementos de seguridad vial

Elementos	Descripción
Señal preventiva SP 4	Reductor de velocidad
Señal preventiva SP 6	Zona escolar
Señal informativa SI 1	De destino
Señal informativa SI 4	Informativa (iglesia)
RV	Reductor de velocidad

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 53 Señales de tránsito en el tramo 3



Fuente: Google earth

Este tramo presenta 10 accidentes de tránsito, 4 de ellos se ubican dentro del punto negro, para reforzar las anteriores señales se decidió colocar los siguientes dispositivos: entre las señales verticales se colocaron las señales informativas (SI 1, de localización) en uno de los sentidos ya que se cuenta con dicho elemento en el sentido opuesto, también se colocó la señal informativa (SI 4, iglesia). Entre las señales restrictivas se optó por colocar (SR 3, señal restrictiva velocidad máxima) de manera que los conductores reduzcan la velocidad. Dentro de las señales preventivas se colocaron (SP 6, zona escolar) para reforzar la anterior y la señal (SP 5, curva pronunciada izquierda).

Entre las señales horizontales transversales se colocaron los símbolos (SH 1) que ayudaran a reducir la velocidad ante la presencia de reductores de velocidad con un área de 1,568 m². También se implementó un reductor de velocidad (RV) con tachones para reemplazar al primer reductor ya que el mismo se encontraba fuera de funcionamiento, este consiste en 3 filas de tachones rojos distanciados cada 30 cm colocados en zigzag de manera que se necesitaran un total de 53 tachones. Cuando se cuenta con centros educativos emplazados sobre los márgenes de una carretera es necesario contar con algún elemento de protección es por eso que se decidió colocar una barrera lateral (Flex beam, de 15 metros de longitud) para evitar algún tipo de accidente, además se debería contar con un puesto de policías para resguardar la seguridad de los escolares.

Figura N° 54 Implementación de las señales de tránsito



Fuente: Google earth

Tramo 4 prog. 6+440 – 7+440

En el tramo 4, se tienen los siguientes elementos:

Tabla N° 54 Elementos de seguridad vial

Elementos	Descripción
Señal preventiva SR 5	Ceda el paso
Señal preventiva SP 11	Rotonda
Señal preventiva SP 3	Vía lateral derecha
Señal preventiva SP 7	Vía lateral izquierda
Señal restrictiva SR 3	Velocidad máxima
Señal informativa SI 1	De destino
Señal restrictiva SR 4	Prohibido botar basura
Señal horizontal SH 3	Flechas y flechas con viraje

Fuente: Elaboración propia

En este trayecto se cuenta con 9 accidentes registrados por tránsito, donde 3 de ellos se ubican en el punto negro identificado anteriormente.

Figura N° 55 Señales de tránsito en el tramo 4



Fuente: Google earth

Se debe destacar que la señalización horizontal es buena en este trayecto, por eso se trató de ayudar a las señales verticales con algunos elementos mínimos. En la intersección cruce Falda la Queñua se optó por colocar la señal vertical restrictiva (SR 6, pare) para complementar a la señal vertical se colocó la señal horizontal transversal de color blanco (SH 4, PARE) con un área de 2,860 m², para evitar futuros choques y realizar maniobras seguras. También se incluyó la señal restrictiva (SR 3, velocidad máxima) en un sentido.

Se observó que en este tramo se tiene bastante circulación de peatones y ciclistas de ahí se tomó la decisión de incluir las señales preventivas (SP 2, peatones en la vía) y la señal (SP 12, ciclistas en la vía), también se colocó la señal vertical (SP 13, reducción simétrica de la calzada) esta reducción se refiere al número de carril en mismo sentido.

La señal vertical (SR 5, ceda el paso) se encuentra deteriorada por lo que se optó por colocar la señal horizontal (SH 5, ceda el paso) de color blanco con un área de 0,960 m².

Figura N° 56 Implementación de las señales de tránsito



Fuente: Google earth

Tramo 5 prog. 7+600 – 8+600

Este tramo presenta los siguientes elementos de seguridad vial:

Tabla N° 55 Elementos de seguridad vial

Elementos	Descripción
Señal preventiva SP 1	Puente vehicular
Señal preventiva SP 3	Vía lateral derecha
Señal preventiva SP 7	Vía lateral izquierda
Señal restrictiva SR 3	Velocidad máxima

Fuente: Elaboración propia

Se tienen registrados 10 hechos de tránsito durante los últimos 8 años, donde 4 de ellos se encuentran dentro del punto negro.

Figura N° 57 Señales de tránsito en el tramo 5



Fuente: Google earth

Este tramo se caracteriza por ser recto, donde las maniobras de adelantamiento están permitidas dando lugar al exceso de velocidad. Es por eso que se trató de implementar elementos que ayuden a realizar maniobras seguras, además se observó la presencia de animales y ciclistas que pueden ser un factor determinante en la ocurrencia de accidentes; entre las señales verticales preventivas tenemos (SP 14, animales en la vía), (SP 12, ciclistas en la vía), (SP 1, puente angosto) y (SP 3, vía lateral derecha).

Entre las señales restrictivas se optó por (SR 3, velocidad máxima), además de una defensa lateral (Flex beam, 5 metros de longitud) al costado derecho del puente vehicular para evitar que los vehículos se precipiten al río.

Figura N° 58 Implementación de las señales de tránsito



Fuente: Google earth

4.7 PRESUPUESTO PARA LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

En las tablas siguientes se detalla el costo de la propuesta como los precios unitarios de cada elemento de seguridad vial que se implementó en los TCA.

Tabla N° 56 Presupuesto general de la alternativa de solución

Actividad	Unidad	Cantidad	PU	Total
Señal vertical preventiva cuadrada 60x60 cm	pza	20	1325,569	26511,380
Señal vertical informativa de dirección 180x55 cm	pza	3	2865,216	8595,648
Señal vertical restrictiva, rectangular 60x90 cm	pza	8	1594,216	12753,728
Señal informativa de servicio 60x80 cm	pza	1	1444,620	1444,620
Pintado de calzada doble línea continua amarilla (e=0.12 cm)	ml	1000	18,890	18890,000
146-pintado de calzada línea continua blanca (e=0.15 cm)	ml	2000	10,940	21880,000
Tachas reflectivas bidireccionales	pza	600	55,310	33186,000
Tachones	pza	1073	238,740	256168,020
Delineadores verticales de calzada	pza	58	470,970	27316,260
Defensas laterales metálicas incluye terminales	ml	55	502,800	27654,000
Marcas viales	m2	16,894	50,940	860,580
Total				435.260,236 bs

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 57 Análisis de precio unitario

Actividad: Señal vertical preventiva cuadrada 60 x 60 cm

Unidad: pza

Cantidad: 20

Moneda: Bolivianos

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
1.- Materiales				
Arena común	m3	0,035	130,000	4,620
Cemento portland	Kg	14,720	1,140	16,780
Grava clasificada	m3	0,059	140,000	8,240
Poste para señalización vertical	ml	3,500	129,500	453,250
Señal cuadrada 60 x 60 cm	pza	1,000	433,000	433,000
Total materiales				915,890
2.- Mano de obra				
Chofer	hra	0,520	16,440	8,550
Maestro albañil	hra	0,288	16,440	4,730
Obrero	hra	0,736	13,180	9,700
Subtotal mano de obra				22,980
Beneficios sociales = % Del subtotal de mano de obra (55-71.18%)			55,00%	12,640
Impuesto al valor agregado = 14,94% Subtotal M.O.+ Cargas sociales			14,94%	16,073
Total mano de obra				51,693
3.- Equipo y herramientas				
Camión de servicio	hra	0.520	178,580	92,860
Herramientas = % Del total de la mano de obra			5,000%	2,584
Total equipo y herramientas				95,444
4.- Gastos generales				
Gastos generales = % De 1+2+3			12,000%	127,563
Total gastos generales				127,563
5.- Utilidad				
Utilidad = % De 1+2+3 +4			8,000%	95,247
Total utilidad				95,247
6.- Impuestos				
Impuesto a las transacciones = % De 1+2+3+4+5			3,090%	39,310
Total impuestos				39,732
Total precio unitario				1.325,569

Fuente: SEDECA-Tarija

Tabla N° 58 Análisis de precio unitario

Actividad: Señal vertical informativa de dirección, una línea 120 x 55 cm

Unidad: pza

Cantidad: 3

Moneda: Bolivianos

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
1.- Materiales				
Arena común	m3	0,071	130,000	9,240
Cemento portland	Kg	29,440	1,140	33,560
Grava clasificada	m3	0,118	140,000	16,490
Poste para señalización vertical	ml	7,000	129,500	906,500
Señal de tráfico 180 x 55 cm	pza	1,000	1.190,000	1.190,000
Total materiales				2.155,780
2.- Mano de obra				
Chofer	hra	0,520	16,440	8,550
Maestro albañil	hra	0,576	16,440	9,470
Obrero	hra	1,472	13,180	19,400
Subtotal mano de obra				37,420
Beneficios sociales = % Del subtotal de mano de obra (55-71.18%)			55,00%	20,581
Impuesto al valor agregado = 14,94% Subtotal M.O.+ Cargas sociales			14,94%	26,171
Total mano de obra				46,752
3.- Equipo y herramientas				
Camión de servicio	hra	0.520	178,580	92,860
Herramientas = % Del total de la mano de obra			5,000%	2,338
Total equipo y herramientas				95,198
4.- Gastos generales				
Gastos generales = % De 1+2+3			12,000%	275,728
Total gastos generales				275,728
5.- Utilidad				
Utilidad = % De 1+2+3 +4			8,000%	205,877
Total utilidad				205,877
6.- Impuestos				
Impuesto a las transacciones = % De 1+2+3+4+5			3,090%	85,881
Total impuestos				85,881
Total precio unitario				2.865,216

Fuente: SEDECA-Tarija

Tabla N° 59 Análisis de precio unitario

Actividad: Señal vertical restrictivas, rectangular 60 x 90 cm

Unidad: pza

Cantidad: 8

Moneda: Bolivianos

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
1.- Materiales				
Arena común	m3	0,036	130,000	4,618
Cemento portland	Kg	14,720	1,140	16,781
Grava clasificada	m3	0,059	140,000	8,243
Poste para señalización vertical	ml	3,500	129,500	453,250
Señal rectangular 60 x 90 cm	pza	1,000	649,500	649,500
Total materiales				1.132,39
2.- Mano de obra				
Chofer	hra	0,520	16,440	8,549
Maestro albañil	hra	0,288	16,440	4,735
Obrero	hra	0,736	13,180	9,700
Subtotal mano de obra				22,980
Beneficios sociales = % Del subtotal de mano de obra (55-71.18%)			55,00%	12,641
Impuesto al valor agregado = 14,94% Subtotal M.O.+ Cargas sociales			14,94%	16,080
Total mano de obra				51,700
3.- Equipo y herramientas				
Camión de servicio	hra	0.520	178,580	92,860
Herramientas = % Del total de la mano de obra			5,000%	2,050
Total equipo y herramientas				94,909
4.- Gastos generales				
Gastos generales = % De 1+2+3			12,000%	153,480
Total gastos generales				153,480
5.- Utilidad				
Utilidad = % De 1+2+3 +4			8,000%	114,600
Total utilidad				114,600
6.- Impuestos				
Impuesto a las transacciones = % De 1+2+3+4+5			3,090%	47,805
Total impuestos				47,805
Total precio unitario				1.594,216

Fuente: SEDECA-Tarija

Tabla N° 60 Análisis de precio unitario

Actividad: Señal vertical informativa de servicios 60 x 80 cm

Unidad: pza

Cantidad: 1

Moneda: Bolivianos

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
1.- Materiales				
Arena común	m3	0,035	130,000	4,620
Cemento portland	Kg	14,720	1,140	16,780
Grava clasificada	m3	0,059	140,000	8,240
Poste para señalización vertical	ml	3,500	129,500	453,250
Señal cuadrada 60 x 80 cm	pza	1,000	529,000	529,000
Total materiales				1.011,890
2.- Mano de obra				
Chofer	hra	0,520	16,440	8,550
Maestro albañil	hra	0,288	16,440	4,730
Obrero	hra	0,736	13,180	9,700
Subtotal mano de obra				22,980
Beneficios sociales = % Del subtotal de mano de obra (55-71.18%)			55,00%	12,640
Impuesto al valor agregado = 14,94% Subtotal M.O.+ Cargas sociales			14,94%	16,073
Total mano de obra				51,700
3.- Equipo y herramientas				
Camión de servicio	hra	0.520	178,580	92,860
Herramientas = % Del total de la mano de obra			5,000%	2,047
Total equipo y herramientas				94,909
4.- Gastos generales				
Gastos generales = % De 1+2+3			12,000%	139,020
Total gastos generales				139,020
5.- Utilidad				
Utilidad = % De 1+2+3 +4			8,000%	103,800
Total utilidad				103,800
6.- Impuestos				
Impuesto a las transacciones = % De 1+2+3+4+5			3,090%	43,301
Total impuestos				43,301
Total precio unitario				1.444,620

Fuente: SEDECA-Tarija

Tabla N° 61 Análisis de precio unitario

Actividad: Pintado de calzada doble línea continua amarilla (e=0.12 m)

Unidad: ml

Cantidad: 1000

Moneda: Bolivianos

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
1.- Materiales				
Glóbulos de vidrio p/pintura	Kg	0,074	18,00	1,320
Pintura reflectiva	lt	0,105	75,00	7,880
Total materiales				9,200
2.- Mano de obra				
Ayudante	hra	0,024	13,180	0,316
Operador	hra	0,050	18,020	0,901
Subtotal mano de obra				1,22
Beneficios sociales = % Del subtotal de mano de obra (55-71.18%)			55,00%	0,670
Impuesto al valor agregado = 14,94% Subtotal M.O.+ Cargas sociales			14,94%	0,851
Total mano de obra				2,740
3.- Equipo y herramientas				
Equipo pintador de pavimentos autoprop.	hra	0,050	62,000	3,100
Herramientas = % Del total de la mano de obra			5,000%	0,110
Total equipo y herramientas				3,210
4.- Gastos generales				
Gastos generales = % De 1+2+3			12,000%	1,820
Total gastos generales				1,820
5.- Utilidad				
Utilidad = % De 1+2+3 +4			8,000%	1,360
Total utilidad				1,360
6.- Impuestos				
Impuesto a las transacciones = % De 1+2+3+4+5			3,090%	0,57
Total impuestos				0,57
Total precio unitario				18,890

Fuente: SEDECA-Tarija

Tabla N° 62 Análisis de precio unitario

Actividad: 146 - Pintado de calzada línea continua blanca (e=0.15 m)

Unidad: ml

Cantidad: 2000

Moneda: Bolivianos

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
1.- Materiales				
Glóbulos de vidrio p/pintura	Kg	0,047	18,00	0,846
Pintura reflectiva	lt	0,066	75,00	4,950
Total materiales				5,796
2.- Mano de obra				
Ayudante	hra	0.012	13.180	0,160
Operador	hra	0.025	18.020	0,450
Subtotal mano de obra				0,61
Beneficios sociales = % Del subtotal de mano de obra (55-71.18%)			55,00%	0,330
Impuesto al valor agregado = 14,94% Subtotal M.O.+ Cargas sociales			14,94%	0,430
Total mano de obra				1,370
3.- Equipo y herramientas				
Equipo pintador de pavimentos autoprop.	hra	0,025	62,000	1,550
Herramientas = % Del total de la mano de obra			5,000%	0,050
Total equipo y herramientas				1,600
4.- Gastos generales				
Gastos generales = % De 1+2+3			12,000%	1,050
Total gastos generales				1,050
5.- Utilidad				
Utilidad = % De 1+2+3 +4			8,000%	0,790
Total utilidad				0,790
6.- Impuestos				
Impuesto a las transacciones = % De 1+2+3+4+5			3,090%	0,33
Total impuestos				0,33
Total precio unitario				10,940

Fuente: SEDECA-Tarija

Tabla N° 63 Análisis de precio unitario

Actividad: Tachas reflectivas bidireccionales

Unidad: pza

Cantidad: 600

Moneda: Bolivianos

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
1.- Materiales				
Ojos de gato	pza	1,000	13,500	13,500
Pegamento (bitumen)	Kg	0,150	61,700	9,255
Total materiales				22,755
2.- Mano de obra				
Chofer	hra.	0,025	16,440	0,411
Maestro albañil	hra.	0,100	16,440	1,644
Obrero	hra.	0,400	13,180	5,272
Subtotal mano de obra				7,327
Beneficios sociales = % Del subtotal de mano de obra (55-71.18%)			55,00%	4,030
Impuesto al valor agregado = 14,94% Subtotal M.O.+ Cargas sociales			14,94%	5,125
Total mano de obra				16,481
3.- Equipo y herramientas				
Camión de servicio	hra	0,025	178,580	4,465
Herramientas = % Del total de la mano de obra			5,000%	0,653
Total equipo y herramientas				5,117
4.- Gastos generales				
Gastos generales = % De 1+2+3			12,000%	5,322
Total gastos generales				5,322
5.- Utilidad				
Utilidad = % De 1+2+3 +4			8,000%	3,974
Total utilidad				3,974
6.- Impuestos				
Impuesto a las transacciones = % De 1+2+3+4+5			3,090%	1,658
Total impuestos				1,658
Total precio unitario				55,310

Fuente: SEDECA-Tarija

Tabla N° 64 Análisis de precio unitario

Actividad: Tachones

Unidad: pza

Cantidad: 1073

Moneda: Bolivianos

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
1.- Materiales				
Tachones	pza	1,000	135,000	135,000
Pegamento (bitumen)	Kg	0,525	61,700	32,390
Total materiales				167,390
2.- Mano de obra				
Chofer	hra.	0,025	16,440	0,411
Maestro albañil	hra.	0,140	16,440	2,300
Obrero	hra.	0,430	13,180	5,667
Subtotal mano de obra				8,380
Beneficios sociales = % Del subtotal de mano de obra (55-71.18%)			55,00%	4,609
Impuesto al valor agregado = 14,94% Subtotal M.O.+ Cargas sociales			14,94%	5,861
Total mano de obra				18,850
3.- Equipo y herramientas				
Camión de servicio	hra	0,025	178,580	4,465
Herramientas = % Del total de la mano de obra			5,000%	0,746
Total equipo y herramientas				5,211
4.- Gastos generales				
Gastos generales = % De 1+2+3			12,000%	22,974
Total gastos generales				22,974
5.- Utilidad				
Utilidad = % De 1+2+3 +4			8,000%	17,154
Total utilidad				17,154
6.- Impuestos				
Impuesto a las transacciones = % De 1+2+3+4+5			3,090%	7,156
Total impuestos				7,156
Total precio unitario				238,740

Fuente: SEDECA-Tarija

Tabla N° 65 Análisis de precio unitario

Actividad: Delineadores verticales de calzada

Unidad: pza

Cantidad: 58

Moneda: Bolivianos

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
1.- Materiales				
Arena común	m3	0,043	130,000	5,554
Cemento portland	Kg	17,710	1,140	20,189
Delineadores de calzada	pza	1,000	195,400	195,400
Grava clasificada	m3	0,071	140,000	9,940
Total materiales				231,083
2.- Mano de obra				
Chofer	hra.	0,520	16,440	8,549
Maestro albañil	hra.	0,288	16,440	4,735
Obrero	hra.	0,736	13,180	9,700
Subtotal mano de obra				22,980
Beneficios sociales = % Del subtotal de mano de obra (55-71.18%)			55,00%	12,641
Impuesto al valor agregado = 14,94% Subtotal M.O.+ Cargas sociales			14,94%	16,075
Total mano de obra				51,700
3.- Equipo y herramientas				
Camión de servicio	hra	0,520	178,580	92,862
Herramientas = % Del total de la mano de obra			5,000%	2,047
Total equipo y herramientas				94,909
4.- Gastos generales				
Gastos generales = % De 1+2+3			12,000%	22,974
Total gastos generales				22,974
5.- Utilidad				
Utilidad = % De 1+2+3 +4			8,000%	33,841
Total utilidad				33,841
6.- Impuestos				
Impuesto a las transacciones = % De 1+2+3+4+5			3,090%	14,117
Total impuestos				14,117
Total precio unitario				470,970

Fuente: SEDECA-Tarija

Tabla N° 66 Análisis de precio unitario

Actividad: Defensas laterales metálicas incluye terminales

Unidad: ml

Cantidad: 55

Moneda: Bolivianos

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
1.- Materiales				
Arena común	m3	0,041	130,000	5,330
Cemento portland	Kg	16,910	1,140	19,277
Grava clasificada	m3	0,039	140,000	5,460
Guardavías (Flex beam) inc. terminales	ml	1,020	304,000	310,080
Total materiales				340,147
2.- Mano de obra				
Chofer	hra.	0,060	16,440	0,986
Maestro albañil	hra.	0,500	16,440	8,220
Obrero	hra.	1,000	13,180	13,180
Subtotal mano de obra				22,386
Beneficios sociales = % Del subtotal de mano de obra (55-71.18%)			55,00%	12,313
Impuesto al valor agregado = 14,94% Subtotal M.O.+ Cargas sociales			14,94%	15,657
Total mano de obra				50,356
3.- Equipo y herramientas				
Camión de servicio	hra	0,060	178,580	10,715
Herramientas = % Del total de la mano de obra			5,000%	1,994
Total equipo y herramientas				12,709
4.- Gastos generales				
Gastos generales = % De 1+2+3			12,000%	48,385
Total gastos generales				48,385
5.- Utilidad				
Utilidad = % De 1+2+3 +4			8,000%	36,128
Total utilidad				36,128
6.- Impuestos				
Impuesto a las transacciones = % De 1+2+3+4+5			3,090%	15,071
Total impuestos				15,071
Total precio unitario				502,800

Fuente: SEDECA-Tarija

Tabla N° 67 Análisis de precio unitario

Actividad: Marcas viales

Unidad: m2

Cantidad: 16,894

Moneda: Bolivianos

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
1.- Materiales				
Glóbulos de vidrio p/pintura	Kg	0,241	18,000	4,343
Pintura reflectiva	lt	0,336	75,000	25,200
Total materiales				29,543
2.- Mano de obra				
Ayudante	hra	0,200	13,180	2,636
Maestro albañil	hra	0,120	16,440	1,973
Subtotal mano de obra				4,609
Beneficios sociales = % Del subtotal de mano de obra (55-71.18%)			55,00%	2,535
Impuesto al valor agregado = 14,94% Subtotal M.O.+ Cargas sociales			14,94%	3,223
Total mano de obra				10,367
3.- Equipo y herramientas				
Herramientas = % Del total de la mano de obra			5,000%	0,411
Total equipo y herramientas				0,411
4.- Gastos generales				
Gastos generales = % De 1+2+3			12,000%	4,839
Total gastos generales				4,839
5.- Utilidad				
Utilidad = % De 1+2+3 +4			8,000%	3,613
Total utilidad				3,613
6.- Impuestos				
Impuesto a las transacciones = % De 1+2+3+4+5			3,090%	1,507
Total impuestos				1,507
Total precio unitario				50,940

Fuente: SEDECA-Tarija

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se identificó el área de estudio tomando en cuenta 8,710 km de carretera que comienzan desde el puente de Tomatitas hasta la entrada a San Lorenzo, para una mejor visualización de la geometría ver (ANEXO 4, lámina 1 al 4).
- Se logró realizar el inventario vial identificando todos los elementos del tramo, además de calificar la condición o estado. Se puede verificar que la condición de la señalización puede ser una condicionante en la ocurrencia de accidentes.

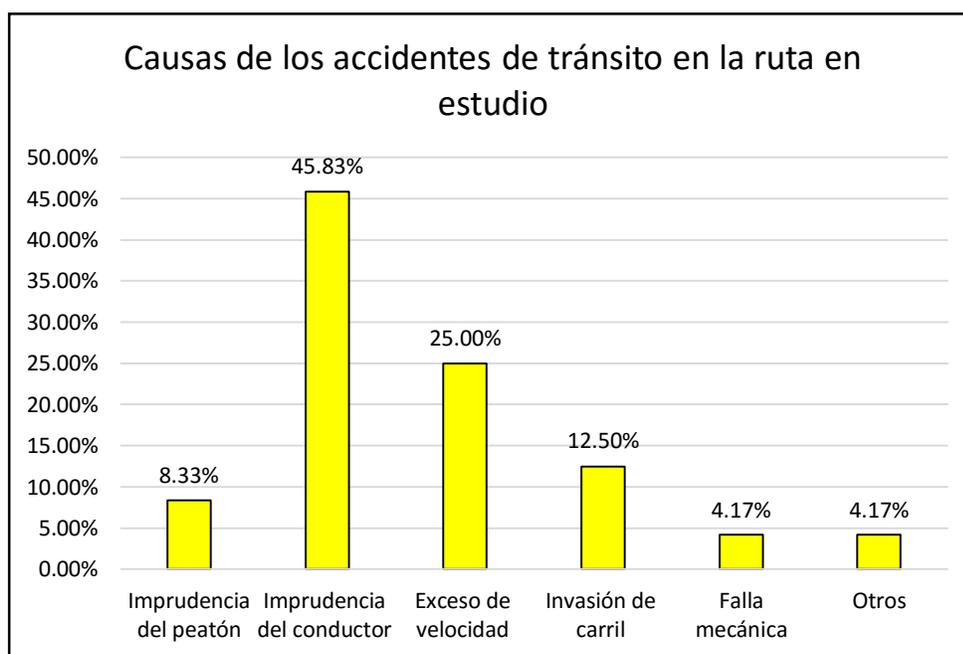
Tabla N° 68 Inventario vial

Elemento	Condición			Total
	Buena	Regular	Mala	
Superficie de Rodadura		x		Regular
Bermas		x		Regular
Cunetas		x		Regular
Señales Horizontales		x		Regular
Señales Verticales	22	43	10	75 Señales
Cordón		x		Regular
Reductor de Velocidad		12	1	13 Reductores
Barrera	x			Buena
Alcantarilla		x		7 Alcantarillas
Puente		x		5 Puentes
Muro de Contención	x			Bueno
Boca de Tormenta		2		2 boca de tormenta
Paso de Quebrada		7		7 Paso de quebrada

Fuente: Elaboración propia

- En base al TPD se determinó que en las semanas de aforo se obtuvo un total de 2219 vehículos/día.
- Se realizó el procesamiento de los datos de accidentes de tránsito en base a la información obtenida durante las gestiones 2011 al 2018. En el gráfico se visualiza que el mayor porcentaje de accidentes de tránsito se dan por la imprudencia del conductor y el exceso de velocidad.

Gráfico N° 3 Causas de los accidentes de tránsito



Fuente: Elaboración propia

- Se identificaron 5 TCA bajo la metodología de χ^2 , después de realizar un análisis comparativo a los métodos de identificación de TCA se determinó que el método del índice de peligrosidad no son adaptables a nuestro medio, esto se debe a que son aplicados a carreteras de alto volumen de tráfico. El tramo 2 es el más representativo en su registro de accidentes, es decir, cumple con los métodos de identificación de TCA. En base a algunos parámetros se pudo determinar los puntos negros de cada TCA, estos parámetros son: el exceso de velocidad, la presencia de intercesiones y accesos, curvas geométricas con poca visibilidad para realizar maniobras, y los hechos de tránsito.

- El derecho de vía es un factor determinante en la seguridad de una carretera mientras más cerca de la vía se encuentren las viviendas mayor es el riesgo de accidentes, en la tabla se muestra las longitudes donde se verifica que no se le dado cumplimiento, de acuerdo al decreto supremo donde estipula que son 50 metros medidos desde el eje de la calzada.

Tabla N° 69 Derecho de vía de la ruta en estudio

Tramos	Derecho de vía (metros)
0+000-1+000	6,800
1+000-2+000	10,600
2+000-3+000	14,900
3+000-4+000	18,100
4+000-5+000	10,500
5+000-6+000	15,500
6+000-7+000	12,400
7+000-8+740	14,800

Fuente: Elaboración propia

- Se determinó las falencias que presenta el tramo en cuestión de la superficie de rodadura, la señalización y elementos de protección. Los mismos fueron la base al momento de formular medidas que ayuden a reducir el riesgo de accidentes.
- Dentro de los dispositivos de seguridad se optaron por colocar elementos que ayuden a las anteriores señales debido a la condición que presentaban además de restringir maniobras peligrosas.
- Todos los elementos de seguridad vial se plasmaron en un plano para una mejor visualización y de los elementos que fueron implementados.
- 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.

5.2 RECOMENDACIONES

- Para satisfacer las expectativas de los conductores y lograr una circulación segura y confortable, es objetivo primordial mantener la velocidad de operación lo más uniforme posible, se debe prever a la carretera de una señalización asociada a dicho fin.
- Realizar un mantenimiento preventivo de los dispositivos de tránsito de acuerdo al entorno de la seguridad vial de las carreteras, además de planes estratégicos y de bajo costo.
- Crear rutas alternas que intersecten directamente con otras rutas de la red fundamental para descongestionar el tráfico vehicular de la ruta en estudio.
- La implementación de cámaras digitales que permitan el control de la velocidad de los vehículos, además de un puesto de tránsito en los puntos de mayor concentración de población.
- Se recomienda analizar de manera objetiva y con el conocimiento adecuado cada metodología nueva que se quiera adaptar a nuestro medio, para identificar a los TCA para lograr 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.
- Se deberían implementar y promocionar medidas de seguridad, tales como el uso del cinturón de seguridad, respeto a las restricciones de adelantamiento y velocidad máxima. Para casos de visibilidad reducida es recomendable la utilización de tachas reflectivas que mejoran la visibilidad de los bordes y ejes a fin de que los conductores pueden mantener la circulación dentro de su carril.